

TESIS

**Desain Optimal Produk Tiwul Instan Ubi Kayu Pahit Untuk Meningkatkan
Kandungan Protein Dan Rasa Dengan Metode Taguchi**



DISUSUN OLEH:

BAYU WAHYUDI

18916005

**MAGISTER TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

YOGYAKARTA

2021

TESIS

**Desain Optimal Produk Tiwul Instan Ubi Kayu Pahit Untuk Meningkatkan
Kandungan Protein Dan Rasa Dengan Metode Taguchi**



DISUSUN OLEH:

BAYU WAHYUDI

18916005

**MAGISTER TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

YOGYAKARTA

2021

**Desain Optimal Produk Tiwul Instan Ubi Kayu Pahit
Untuk Meningkatkan Kandungan Protein Dan Rasa
Dengan Metode Taguchi**

**Tesis untuk memperoleh Gelar Magister pada
Program Pasca Sarjana Magister Teknik Industri
Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia**

BAYU WAHYUDI

18916005

**MAGISTER TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

YOGYAKARTA

2021

Lembar Pengesahan Pembimbing

**Desain Optimal Produk Tiwul Instan Ubi Kayu Pahit Untuk
Meningkatkan Kandungan Protein Dan Rasa Dengan Metode
Taguchi**

TESIS



**Disusun Oleh:
Nama: Bayu Wahyudi
NIM: 18916005**

Yogyakarta, 08 September 2021

Dosen Pembimbing 1



Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo, M.T

Dosen Pembimbing 2



Ir. Ali Parkhan, M.T

Lembar Pengesahan Penguji

Desain Optimal Produk Tiwul Instan Ubi Kayu Pahit Untuk Meningkatkan Kandungan Protein Dan Rasa Dengan Metode Taguchi

TESIS

Disusun Oleh:

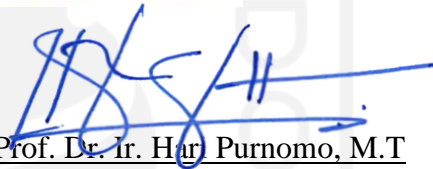
Nama: Bayu Wahyudi

NIM: 18916005

Telah dipertahankan di depan Sidang Penguji sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia


Yogyakarta, 08 September 2021

Ketua Penguji



Prof. Dr. Ir. Har Purnomo, M.T

Anggota
Penguji 1




Dr. Ir. Elisa Kusriani, M.T., CPIM., CSCP

Anggota
Penguji 2



Dr. Taufiq Imhawan, S.T., M.M

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Industri
Program Magister
Universitas Islam Indonesia



Winda Nur Cahyo, S.T., M.T., Ph.D

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur yang tak terhingga kepada Allah *Subhanahu wa ta'ala* atas terselesaikannya tesis dengan judul Desain Optimal Produk Tiwul Instan Ubi Kayu Pahit Untuk Meningkatkan Kandungan Protein Dan Rasa Dengan Metode Taguchi. Shalawat dan salam selalu dicurahkan kepada Nabi Muhammad ﷺ, keluarga, sahabat, pengikutnya hingga akhir zaman kelak. Tesis ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat mendapatkan gelar Magister pada Program Pasca Sarjana Magister Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

Secara khusus penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo, M.T selaku dosen pembimbing I dan Bapak Ir. Alir Parkhan, M.T selaku dosen pembimbing 2 atas arahan dan bimbingannya sehingga tesis dan pendadaran dapat terselesaikan dengan baik. Penulis juga ingin mengucapkan terima kasih kepada Dr. Ir. Elisa Kusri, M.T., CPM., CSCP dan Dr. Taufiq Immawan, S.T., M.M atas kesediannya menjadi penguji dalam pendadaran tesis. Selain itu, penulis juga ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Kedua orangtua dan keluarga besar penulis yang selalu memberikan dukungan serta do'a yang tiada henti-hentinya kepada penulis hingga saat ini.
2. Segenap dosen dan karyawan Magister Teknik Industri Universitas Islam Indonesia yang telah membantu penulis dari segi ilmu, pengalaman, arahan, hingga urusan administrasi selama penulis menjalani perkuliahan baik daring maupun luring.
3. Teman-teman dekat penulis serta teman-teman seperjuangan di Magister Teknik Industri Universitas Islam Indonesia yang selalu memberikan dukungan dan semangat kepada penulis.

Dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang memberikan segala bantuan dan saran-sarannya sehingga tesis ini dapat terselesaikan dengan baik. Semoga amal kebbaikannya mendapat balasan dari Allah *Subhanahu wa ta'ala*. Akhirnya, harapan dari penulis semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi pihak-pihak terkait dan pembaca. Kritik dan saran untuk pengembangan lebih lanjut sangat dibutuhkan penulis.

Yogyakarta, September 2021

Penulis,



ABSTRAK

Tiwul instan merupakan salah satu makanan olahan dari ubi kayu yang dapat digunakan sebagai pengganti nasi. Ketersediaan ubi kayu di Indonesia cukup banyak dengan berbagai jenis pemanfaatannya. Pengembangan pada pengolahan tiwul instan dapat menjadi program ketahanan pangan apabila dilakukan dengan baik, dimulai dari peningkatan kualitas tiwul instan khususnya pada kandungan protein serta rasa yang disukai oleh konsumen, karena pada kondisi saat ini kandungan gizi tiwul instan terutama kandungan proteinnya masih relatif rendah masih di bawah nasi. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kandungan protein dan rasa tiwul instan dari ubi kayu pahit. Ubi kayu pahit dipilih karena masih banyak dibudidayakan karena dapat menghasilkan ubi kayu yang relatif tinggi.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode Taguchi. Perancangan eksperimen taguchi diawali dengan penentuan variabel respon yaitu kandungan protein dan rasa, kemudian dilanjutkan dengan penentuan faktor-faktor dan level faktor yang diduga memberikan pengaruh yang signifikan terhadap variabel respon. Faktor-faktor yang diidentifikasi dan dipilih dalam penelitian ini yaitu kacang koro pedang, gandum, lama fermentasi, dan kalsium hidroksida dengan masing-masing memiliki 3 level. Sampel berupa tiwul instan hasil eksperimen kemudian dilakukan pengujian kadar protein dengan uji Kjeldahl, dan pengujian rasa dilakukan dengan uji Organoleptik terhadap 30 orang sebagai responden.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semua faktor memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kandungan protein tiwul instan dengan faktor kacang koro pedang memberikan pengaruh kontribusi sebesar 85.28%. Kemudian juga semua faktor memberikan pengaruh yang signifikan terhadap rasa tiwul instan dengan faktor tepung gandum memberikan pengaruh kontribusi sebesar 32.31%. Dari hasil eksperimen diperoleh kombinasi level faktor optimal yaitu A3-B1-C1-D1 (kacang koro pedang 30%, gandum 10%, lama fermentasi 24 jam, dan konsentrasi kalsium hidroksida 5%). Hasil ini dapat meningkatkan kandungan protein dari kondisi semula 1.70% menjadi 8.12%, dan meningkatkan rasa tiwul instan dari semula 5.8 menjadi 5.85.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	x
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Penelitian.....	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Kajian Induktif	6
2.2 Kajian Deduktif.....	10
2.2.1 Pengertian Kualitas	10
2.2.2 Desain Eksperimen.....	11
2.2.3 Metode Taguchi	11
2.2.4 Desain Eksperimen Taguchi	13
2.2.5 Matriks Orthogonal Array.....	15
2.2.6 Derajat kebebasan	16
2.2.7 Signal to Noise Ratio (SNR).....	16
2.2.8 Uji Normalitas	17
2.2.9 Uji Homogenitas	23
2.2.10 Analysis of Variance (ANOVA).....	25
2.2.11 Uji F	27
2.2.12 Uji Organoleptik.....	27
2.2.13 Panelis	28
2.2.14 Jenis Uji Organoleptik.....	30

BAB 3 METODE PENELITIAN.....	20
3.1 Objek Penelitian.....	20
3.2 Perancangan Eksperimen.....	20
3.3 Pelaksanaan Eksperimen.....	23
3.3.1 Pembuatan Tiwul Instan.....	23
3.3.2 Uji Organoleptik.....	24
3.3.3 Mengukur Kadar Protein.....	25
3.4 Uji Normalitas.....	26
3.5 Uji Homogenitas.....	27
3.6 ANOVA.....	28
3.7 SNR <i>Larger the better</i> (LTB).....	29
3.8 Penentuan Level Faktor Kondisi Optimal Menggunakan MRSN.....	29
3.9 Diagram Alir Penelitian.....	30
BAB 4 HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	32
4.1 Perencanaan Eksperimen.....	32
4.2 Pengumpulan Data.....	33
4.3 Pengolahan Data.....	35
4.3.1 Uji Statistik.....	36
4.3.2 Signal to Noise Ratio (SNR).....	45
4.3.3 Efek Tiap Faktor.....	46
4.3.4 Prediksi Nilai Variabel Respon.....	47
4.3.5 Penentuan Level Faktor Kondisi Optimal Menggunakan MRSN.....	52
BAB 5 PEMBAHASAN.....	58
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN.....	62
5.1 Kesimpulan.....	62
5.2 Saran.....	62
DAFTAR PUSTAKA.....	63
DAFTAR LAMPIRAN.....	67

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Negara penghasil ubi kayu terbesar di dunia.....	2
Gambar 2.1.	Contoh Histogram	17
Gambar 3.1.	Diagram Alir Penelitian.....	31
Gambar 4. 1	Scatter Diagram Hasil Eksperimen Kandungan Protein	34
Gambar 4. 2	Scatter Diagram Hasil Eksperimen Rasa.....	35



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Array Ortogonal Standar dari Taguchi	15
Tabel 2.2	Contoh tabel distribusi frekuensi	20
Tabel 2.3	Chi-Square χ^2_{hitung}	22
Tabel 2.4	Format tabel standar ANOVA	25
Tabel 3.1	Jumlah level dan nilai level	21
Tabel 3.2	Matriks orthogonal array untuk L_9	23
Tabel 3.3	Tabel skala hedonik	25
Tabel 4.1	Faktor Kendali	33
Tabel 4.2	Data Hasil Pengujian Kadar Protein	33
Tabel 4.3	Data Hasil Pengujian Organoleptik Rasa.....	34
Tabel 4.4	Uji Normalitas Kolmogorov Smirnov Kadar Protein	36
Tabel 4.5	Uji Normalitas Kolmogorov-Smirnov Rasa	37
Tabel 4.6	Data Percobaan Uji Homogenitas Kadar Protein	38
Tabel 4.7	Perhitungan Awal Homogenitas Kadar Protein.....	38
Tabel 4.8	Data Percobaan Uji Homogenitas Rasa	39
Tabel 4.9	Perhitungan Awal Homogenitas Rasa	39
Tabel 4.10	Analisis Variansi Kadar Protein	42
Tabel 4.11	Analisis Variansi Rasa	44
Tabel 4.12	Nilai SNR Kadar Protein	45
Tabel 4.13	Nilai SNR Rasa	46
Tabel 4.14	Efek Tiap Faktor Kadar Protein.....	46
Tabel 4.15	Efek Tiap Faktor Rasa	46
Tabel 4.16	1/9 FFE (Fractional-Factorial Experiment)	47
Tabel 4.17	Model Regresi Linear Berganda Kandungan Protein	48
Tabel 4.18	Penomoran untuk trial 1/9 FFE (Fractional-Factorial Experiment)..	48
Tabel 4.19	Hasil Prediksi Kandungan Protein (%).....	48
Tabel 4.20	Model Regresi Linear Berganda Rasa	50
Tabel 4.21	Hasil Prediksi Rasa	50
Tabel 4.22	Nilai MRSN	54

Tabel 4.23 Level Faktor Optimal.....60
Tabel 5.1 Level Faktor Optimal.....60



BAB 1

PENDAHULUAN

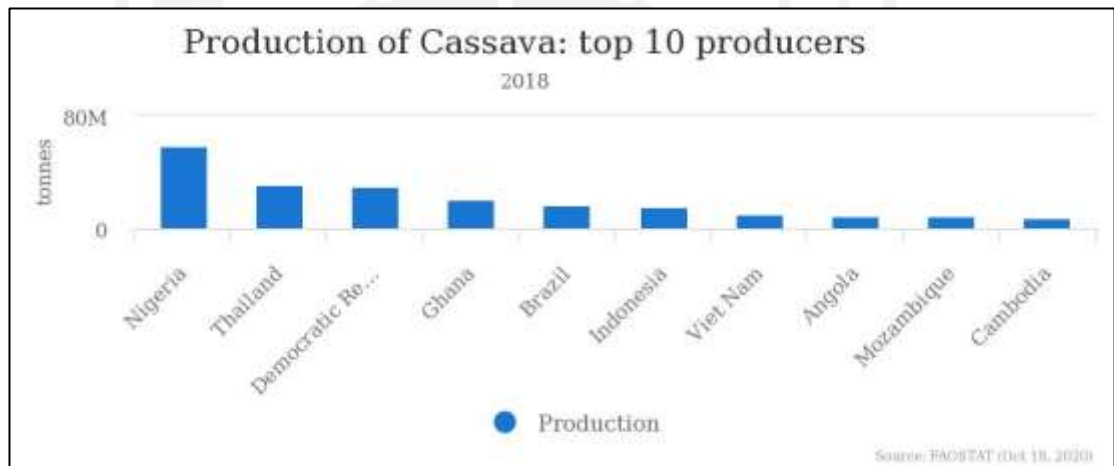
1.1 Latar Belakang

Sektor pertanian memiliki peran yang sangat penting dalam pengembangan sistem ketahanan pangan di Indonesia. Usaha pemerintah Indonesia untuk memenuhi kebutuhan pangan sendiri adalah salah satunya dengan meningkatkan ketahanan pangan (Puspitasari, 2015). Sistem pangan berkelanjutan untuk ketahanan pangan tidak hanya menjadi masalah Indonesia saja, tetapi juga menjadi masalah internasional. Banyak upaya yang dilakukan tetapi hanya fokus pada budidaya, tetapi aspek potensi kewirausahaan belum dikembangkan (Darmadji, 2016). Singkong atau ubi kayu (*Manihot Esculenta Crantz*) adalah salah satu tanaman pangan yang dapat menghasilkan karbohidrat dan protein yang menduduki urutan ke tiga terbesar setelah padi dan jagung, sehingga singkong menjadi sumber utama makanan pokok sebagian masyarakat Indonesia (Minarni, et al., 2017; Berlian, et al., 2016; Muntoha, et al., 2015; Mustafidah, 2017). Tanaman singkong bisa ditanam di hampir semua jenis tanah bahkan dapat tumbuh dengan baik di tanah yang kurus serta kering dan tidak memerlukan pemeliharaan khusus (Handayani & Sundari, 2016).

Rasanya yang enak dan sangat mengenyangkan membuatnya menjadi bahan makanan pokok yang baik. Umbinya dikenal luas sebagai makanan pokok penghasil karbohidrat dan daunnya sebagai sayuran. Akar tunggang dengan sejumlah akar cabang yang kemudian membesar menjadi umbi akar yang dapat dimakan. Umbi singkong tidak tahan simpan meskipun ditempatkan di lemari pendingin. Gejala kerusakan ditandai dengan keluarnya warna biru gelap akibat terbentuknya asam sianida yang bersifat meracun bagi manusia (Muntoha, et al., 2015). Dilihat dari manfaatnya, singkong mempunyai banyak keunggulan karena tidak hanya umbinya yang bermanfaat, namun daunnya yang masih muda dan lunak mengandung protein, lemak, karbohidrat, vitamin A dan B1 (Handayani & Sundari, 2016). Potensi yang melekat pada pengolahan singkong sangat besar. Singkong,

sebagai tanaman pangan, jika dimanfaatkan secara memadai, memiliki prospek industrialisasi (Adejumo, et al., 2020).

Singkong dipercaya dapat mewakili masa depan ketahanan pangan di beberapa negara berkembang. Mayoritas (70%) ubi kayu dunia diproduksi di Nigeria, Brazil, Indonesia, Republik Demokratik Kongo dan Thailand. Singkong adalah tanaman strategis untuk mengentaskan kemiskinan dan untuk ketahanan pangan. Singkong dapat ditanam di daerah yang tanahnya bermasalah atau tidak subur, seperti fiksasi fosfor yang tinggi, erosi, kandungan basa yang rendah dan kandungan aluminium yang tinggi (Morgan & Choct, 2016). Menurut FAO (*Food and Agriculture Organization*), Indonesia merupakan negara penghasil Singkong terbesar ke 6 di dunia, di bawah Thailand yang berada di posisi 2 dan diatas Vietnam di urutan ke 7 (FAOSTAT, 2018).



Gambar 1.1 Negara penghasil ubi kayu terbesar di dunia

Tanaman ubi kayu yang dibudidayakan di daerah ada dua jenis, yaitu ubi kayu manis dan ubi kayu pahit. Ubi kayu pahit banyak dibudidayakan dengan alasan berumur panjang dan menghasilkan umbi yang lebih banyak dengan kandungan pati lebih tinggi dibanding ubi kayu manis, selain itu juga pemilihan dalam pembudidayaan ubi kau pahit adalah pada masa transisi hutan menjadi lahan pertanian dengan penanaman ubi kayu pahit akan lebih aman dari binatang liar seperti babi dan kera. Ubi kayu pahit perlu pengolahan khusus sebelum dikonsumsi, karena mengandung racun glukosida sianogenik (Hidrogen Sianida (HCN)) yang cukup tinggi dan rasanya pahit (Muhiddin, et al., 2014; Kurniawan, 2010). Upaya yang saat ini dilakukan yaitu dengan mengolah ubi kayu pahit dengan

cara tradisional melalui pemeraman (fermentasi) yang dapat menurunkan kandungan HCN dan meningkatkan protein (Muhiddin, et al., 2014; Kurniawan, 2010; Yani & Akbar, 2018).

Di Indonesia, singkong dapat diolah menjadi tiwul, keripik, bolu ubi kukus, brownis, kue talam, cake tape singkong, kroket, dan getuk (Napitupulu & Dewiani, 2020; Mustafidah, 2017). Tiwul adalah salah satu makanan tradisional yang memiliki karakteristik agak kenyal terbuat dari ubi kayu yang dikeringkan dan dibuat tepung, dimakan bersama kelapa parut. Pembuatan tiwul instan berkembang untuk meningkatkan umur simpan dan tingkat kesukaannya (Agustia, et al., 2018; Rukmini & Naufalin, 2015). Di beberapa daerah Indonesia, tiwul merupakan produk pangan pokok berbahan ubi kayu yang dijadikan alternatif sebagai selingan makanan pokok pengganti beras (Hidayat, et al., 2015; Rukmini & Naufalin, 2015). Salah satu keterbatasan produk tiwul instan (Beras Siger) sebagai pangan pokok alternatif beras adalah kandungan gizi khususnya protein yang relatif rendah dibandingkan jagung, gandum, dan beras (Hidayat, et al., 2015). Sebagai produk pangan yang layak sebagai makanan pokok, kandungan protein tiwul perlu ditingkatkan dengan cara menambahkan bahan pangan dengan kandungan protein tinggi sebagai substitusi maupun bahan suplementasi seperti kacang-kacangan, sereal atau umbi-umbian (Aminah, 2004). Penambahan lembaga gandum (*wheat germ*) dan lembaga jagung (*corn germ*) juga terbukti dapat meningkatkan kadar protein tiwul instan (Rukmini & Naufalin, 2015).

Di sub-Sahara Afrika, singkong ditanam oleh petani kecil dan merupakan sumber utama kalori bagi penduduk setempat. Namun, umur simpan ubi kayu yang pendek terkait dengan infrastruktur yang buruk di wilayah tersebut mengakibatkan kerugian pasca panen yang signifikan. Perluasan pengolahan ubi kayu skala kecil dapat mengurangi kerugian ini, tetapi ketersediaan peralatan pengering yang sesuai untuk digunakan dalam operasi tersebut terbatas. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memberikan kontribusi dalam pengembangan pengering ubi kayu yang cocok digunakan oleh petani kecil (Precoppe, et al., 2017).

Beberapa penelitian yang telah dilakukan pada pengolahan tiwul instan dilakukan pada formulasi bahan campuran untuk meningkatkan kualitas tiwul instan. Oleh karena itu, pada penelitian ini bertujuan untuk melakukan eksperimen

pencampuran bahan dan proses pembuatan tiwul instan untuk meningkatkan kandungan protein.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Faktor apa saja yang berpengaruh terhadap kandungan protein tiwul instan?
2. Bagaimana pengoptimalan proses pengolahan tiwul instan dengan metode taguchi?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menentukan faktor-faktor yang mempengaruhi kandungan protein tiwul instan.
2. Untuk mengoptimalkan proses pengolahan tiwul instan dengan metode taguchi.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari dilakukannya penelitian ini adalah:

1. Untuk memperdalam pemahaman serta menambah wawasan peneliti dalam menerapkan dan menganalisis proses peningkatan kualitas menggunakan desain eksperimen Taguchi.
2. Sebagai referensi pembaca mengenai desain eksperimen Taguchi untuk meningkatkan kualitas.

1.5 Batasan Penelitian

Agar penelitian ini sesuai dengan yang dimaksudkan dan tidak menyimpang dari pokok permasalahan, maka perlu diadakan pembatasan-pembatasan masalah penelitian, yaitu sebagai berikut:

1. Ubi kayu yang digunakan adalah ubi kayu jenis pahit.
2. Variabel yang diukur adalah kandungan protein, dan rasa (tanpa turunan seperti warna, aroma, dan tekstur).
3. Faktor noise tidak dimasukkan dalam eksperimen.



BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Induktif

Peneliti melakukan studi pustaka dengan membandingkan penelitian yang akan dilakukan dengan penelitian sebelumnya, adapun beberapa penelitian terdahulu sebagai berikut:

Berdasarkan penelitian terdahulu yang menggunakan metode taguchi yaitu, penelitian yang dilakukan oleh Pundir et al., (2018) tentang penerapan metode taguchi untuk mengoptimalkan proses pengolahan air limbah industri menggunakan parameter biosorpsi dengan pendekatan *Analysis of Mean* (ANOM) untuk memaksimalkan proses penghilangan kandungan tembaga dan nikel dengan menumbuhkan jamur (*Aspergillus sp.*). *Analysis of Variance* (ANOVA) digunakan untuk mengetahui persentase kontribusi faktor-faktor yang berpengaruh. Faktor yang digunakan dalam penelitian ini adalah konsentrasi inokulum, konsentrasi tembaga/nikel, pH, dan suhu. Penelitian ini menggunakan 3 level untuk masing-masing faktor dengan level 1, 2, dan 3 secara berurutan adalah konsentrasi inokulum (5%, 10%, 15%), konsentrasi tembaga/nikel (50 mg/L, 75 mg/L, 100 mg/L), pH (3, 4, 5), suhu (20 °C, 30 °C, 40 °C). Hasil eksperimen taguchi menunjukkan parameter optimal adalah konsentrasi inokulum 15%, konsentrasi tembaga/nikel (50 mg/L, pH 4, dan suhu 30 °C).

Morali et al., (2018) tentang optimalisasi produksi karbon aktif dari tebung biji bunga matahari, bertujuan untuk merancang kondisi aktivasi yang optimal dalam produksi karbon aktif yang diekstraksi melalui aktivasi bahan kimia yaitu seng klorida dan asam fosfat menggunakan metode taguchi dan *Analysis of Variance*. Faktor dalam penelitian ini adalah suhu aktivasi dan rasio impregnasi dengan 3 level yang secara berurutan adalah suhu aktivasi (400 °C, 500°C, 600°C) dan rasio impregnasi (2:1, 3:1, 4:1). Hasilnya menunjukkan suhu aktivasi optimal pada 600 °C dan rasio impregnasi adalah 2:1 dan 3:1, dan penelitian ini juga menunjukkan bahwa suhu aktivasi adalah faktor yang paling signifikan.

Chandrasekar et al., (2015) tentang pengoptimalan faktor dalam proses pengembangan chutney kacang siap makan, parameter kualitas yang diteliti meliputi asam lemak bebas, nilai peroksida, dan kadar fenolik total. Penelitian ini menggunakan 3 faktor dan 2 level untuk masing-masing faktor yaitu cuka (5%, 10%), bahan kemasan (botol kaca, aluminium foil), dan suhu penyimpanan (suhu ruangan 35 ± 2 °C, suhu pendinginan 5 ± 2 °C). Kondisi penanganan yang optimal yaitu persentase cuka 10%, bahan pengemasan botol kaca, dan kondisi penyimpanan pada suhu pendinginan 5 ± 2 °C yang dapat mengoptimalkan untuk penyimpanan chutney kacang siap makan selama 40 hari. Desti et al., (2014) melakukan penelitian tentang menentukan komposisi waktu optimal pada produksi kerupuk, penelitian ini bertujuan untuk meminimalkan waktu pembuatan kerupuk dengan komposisi yang optimal tanpa merusak kualitas produk. Penyelesaian masalah ini menggunakan metode taguchi dengan 4 faktor dan 2 level yang masing-masing adalah pengukusan (22 menit, 19 menit), pengeringan pertama (7 jam, 6 jam), pengeringan kedua (10 jam, 9 jam) dan penggorengan (2 menit 45 detik, 2 menit 30 detik). Dari hasil percobaan tingkat faktor terbaik yang dipilih oleh SNR dan nilai rata-rata dalam hal rasa, warna dan kerenyahan, diperoleh komposisi proses pembuatan kerupuk optimal untuk menghasilkan kerupuk yang paling disukai dipilih dengan mengukus 19 menit, pengeringan pertama 7 jam, pengeringan kedua 9 jam, dan penggorengan 2 menit 30 detik. Eksperimen tersebut dapat meminimalkan waktu pada proses pembuatan kerupuk selama 5 jam 10 menit.

(Agusta & Cahyana, 2016) tentang penentuan komposisi yang tepat pada proses pembuatan kerupuk menggunakan *Fault tree analysis* dan Taguchi mengidentifikasi 4 variabel respon yang meliputi rasa, warna, aroma, dan tekstur. Dalam penelitian ini menggunakan 4 faktor kontrol dan 3 level faktor yang masing-masing adalah tepung terigu (400 gr, 500 gr, 600 gr), air (450 ml, 550 ml, 650 ml), bawang putih (40 gr, 50 gr, 60 gr), dan garam (4 gr, 5 gr, 6 gr). Dari hasil eksperimen didapatkan kombinasi optimum yang telah diuji oleh panelis, hasil uji menunjukkan kombinasi optimum lebih disukai pada variabel rasa, warna, dan aroma, sedangkan untuk variabel tekstur panelis lebih menyukai kombinasi yang diproduksi saat ini. Secara keseluruhan didapatkan nilai rata-rata kombinasi

optimum lebih disukai panelis dengan kombinasi tepung terigu 600 gr, air 650 ml, bawang putih 50 gr, dan garam 4 gr.

Asfar et al., (2018) melakukan penelitian untuk meningkatkan kualitas pada produksi bahan bangunan berupa bata ringan menggunakan metode taguchi. Kualitas yang diteliti adalah *reject* pada *work in process*. Faktor kontrol pada penelitian ini ada 5 dengan 2 level, viskositas *slurry* (160, 180), *binder* (18%, 20%), temperatur kapur (44 °C, 48 °C), pasta (0.08 %, 0.1 %), dan air (5 %, 4%). Faktor *binder* dalam penelitian ini memberikan pengaruh yang dominan terhadap tingkat *reject* bata ringan dibanding faktor lain dengan kombinasi optimumnya adalah viskositas *slurry* 160, *binder* 18%, pasta 0.08 %. Anggraini et al., (2019) tentang desain eksperimen penambahan abu batu bara (*fly ash*) untuk meningkatkan kekuatan tekan *paving block* dengan metode taguchi. Fly ash merupakan bahan pengikat campuran mortar yang dapat mereduksi air sehingga dapat menambah tegang kekuatan dengan porsi yang tepat. Faktor kendali dalam penelitian ini terdapat 3 faktor dengan 3 level yaitu *fly ash* (5%, 7.5%, 10%), semen (25%, 27.5%, 30%), abu batu / agregat halus dan kasar (70%, 65%, 60%). Penelitian dilakukan dengan 4 kali replikasi dengan hasil menunjukkan komposisi pembuatan *paving block* terbaik dengan komposisi bahan *fly ash* 7.5%, semen 30% dan agregat 60%. Pengaruh penambahan *fly ash* mampu meningkatkan kuat tekan *paving block* pada usia 28 hari 401.722 kg (*standart* k-300 = 300 kg/cm²).

Anugraha et al., (2019) tentang optimalisasi proses peremukan kedelai dalam produksi tempe menggunakan metode taguchi yang bertujuan untuk menentukan parameter optimal dan faktor yang paling berpengaruh dalam proses peremukan menggunakan mesin peremuk kedelai. 3 faktor kontrol dan 3 level dalam penelitian ini yaitu jarak antar *stone* (1 mm, 0.9 mm, 0.8 mm), diameter *hopper outlet* (21 mm, 19 mm, 25 mm), dan durasi pengeringan matahari (0 hari, 1 hari, 3 hari). Ekperimen dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan dengan hasil percobaan dianalisis dengan rasio *signal-to-noise* diperoleh parameter optimum jarak antar *stone* 1 mm, diameter *hopper outlet* 25 mm, dan durasi pengeringan matahari 1 hari. Analisis ANOVA untuk menentukan faktor yang paling berpengaruh yaitu diameter *hopper outlet* dengan persentase kontribusi 85%. Hasibuan et al., (2018) tentang pengaplikasian metode taguchi dan AHP pada industri pengecoran logam untuk

mendesain furan dengan variabel responnya kekuatan tekan dan kekuatan geser. Faktor resin, katalis, dan pasir dengan 3 level untuk masing-masing faktor adalah resin (1.3%, 1.5%, 1.7%), katalis (20%, 22.5%, 25%), dan pasir (pasir lama 95% + pasir baru 5%, pasir lama 90% + pasir baru 10%, pasir baru 85% + pasir baru 15%). Dilakukan 3 kali replikasi pada eksperimen ini, semua faktor-faktor berpengaruh terhadap kekuatan tekan dan kekuatan geser furan sedangkan untuk faktor yang paling berpengaruh adalah campuran pasir dengan kombinasi optimalnya adalah Resin 1,3%, Katalis 22.5% dan pasir baru 15% + pasir lama 85%. peningkatan kualitas 0,1018 untuk kekuatan tekan dan 0,2339 untuk kekuatan geser.

Chiu et al., (2019) tentang optimalisasi proses pembuatan anggur merah menggunakan metode taguchi untuk memaksimalkan konsentrasi alkohol, tingkat hasil alkohol, dan kapasitas antioksidan. Faktor suhu fermentasi, kadar gula, kadar ragi, dan durasi fermentasi dipilih sebagai faktor kontrol dengan 3 level faktor yaitu suhu fermentasi (20 °C, 25 °C, 30 °C), kadar gula (0 wt.%, 14.29 wt.%, 28.57 wt.%), kadar ragi (0.014 wt.%, 0.021 wt.%, 0.029 wt.%), dan durasi fermentasi (7 hari, 10 hari, 13 hari). Percobaan dilakukan sebanyak 4 pengulangan dan perhitungan rasio S/N dilakukan dengan *software* Minitab dengan kriteria *Large-the-Better*. Hasil dari penelitian ini menunjukkan kombinasi yang berbeda-beda untuk setiap respon yang diinginkan baik itu konsentrasi alkohol, tingkat hasil alkohol, dan kapasitas antioksidan.

Chen, et al., (2016) tentang mengoptimalkan proses pencetakan injeksi plastik menggunakan metode Taguchi, RSM, dan hibrida GA-PSO dengan *length and warpage* berfungsi sebagai dua karakteristik kualitas utama, yang bertujuan untuk menstabilkan penyesuaian panjang dalam proses manufaktur dan untuk mengurangi jumlah dari *warpage* produk. Penyelesaian masalah ini menggunakan metode taguchi dengan 5 faktor dan 5 level yang masing-masing adalah Suhu leleh (°C) 249, 252, 255, 258, 261, Kecepatan injeksi (mm/s) 30, 34, 38, 42, 46, Tekanan kemasan (mpa) 27, 31, 35, 39, 43, Waktu pengepakan (s) 0.9, 1.2, 1.5, 1.8, 2.1, Waktu pendinginan (s) 11, 14, 17, 20, 23. Rasio *signal-to-noise* (S/N) dan analisis varians (ANOVA) digunakan untuk mendapatkan kombinasi pengaturan parameter, kemudian hasil konfirmasi menunjukkan bahwa model yang diusulkan

dapat meningkatkan stabilitas dalam proses, juga mengurangi biaya dan waktu yang dihabiskan dalam proses.

Penelitian yang dilakukan Ribeiro, et al. (2017) tentang pengoptimalan kombinasi parameter permesinan dengan tujuan meminimalkan kekasaran permukaan sesuai dengan spesifikasi alat penggilingan. Rasio *signal-to-noise* (S/N) yang digunakan dalam uji kekasaran permukaan adalah semakin rendah semakin baik. Empat faktor meliputi *cutting speed* (mm/min), *feed rate* (mm/t), *axial depth* (mm), dan *radial depth* (mm). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kedalaman pemotongan radial (*radial depth*) dan interaksi antara kedalaman potong radial dan aksial (*axial and radial depth*) adalah parameter yang paling penting, karena kontribusinya untuk kekasaran permukaan minimalisasi masing-masing sekitar 30% dan 24%.

2.2 Kajian Deduktif

2.2.1 Pengertian Kualitas

Definisi kualitas berdasarkan nilai berarti kesesuaian harga dengan kinerja dari produk tersebut. Definisi ini didasarkan pada gagasan bahwa konsumen sering mempertimbangkan kualitas dalam kaitannya dengan harga.

Sedangkan pada manufaktur, kualitas didefinisikan sebagai kesesuaian dengan spesifikasi yang berkaitan dengan sejauh mana suatu produk memenuhi standar desain tertentu. Kualitas produk memiliki delapan dimensi yaitu kinerja, fitur, keandalan, kesesuaian, daya tahan, kemudahan servis, estetika dan kualitas yang dirasakan (Sebastianelli & Tamimi, 2002).

Kualitas adalah kemampuan sebuah produk maupun jasa yang bertujuan untuk memenuhi kebutuhan konsumen saat ini dan di masa yang akan datang sesuai dengan nilai uang yang telah dikeluarkan. Arti kualitas menurut Taguchi adalah untuk menghasilkan produk atau jasa yang dapat memenuhi kebutuhan dan harapan konsumen berkaitan dengan umur produk atau jasa.

Definisi kualitas menurut Taguchi adalah kerugian yang diterima oleh masyarakat sejak produk tersebut dikirimkan. Filosofi Taguchi terhadap kualitas terdiri dari beberapa konsep, yaitu: 1. Kualitas harus didesain ke dalam produk dan bukan sekedar memeriksanya. 2. Kualitas terbaik dicapai dengan meminimumkan

deviasi dari target. 3. Produk harus didesain sehingga robust terhadap faktor lingkungan yang tidak dapat dikontrol. 4. Biaya kualitas harus diukur sebagai fungsi deviasi dari standar tertentu dan kerugian harus diukur pada seluruh sistem.

2.2.2 Desain Eksperimen

Eksperimen adalah evaluasi secara serentak terhadap dua atau lebih faktor (parameter) terhadap kemampuannya untuk mempengaruhi rata-rata atau variabilitas hasil gabungan dari karakteristik produk atau proses tertentu. Untuk mencapai hal ini secara efektif dan sesuai secara statistik, level dari faktor kontrol dibuat bervariasi, hasil dari kombinasi pengujian tertentu diamati, dan kumpulan hasil selengkapnya dianalisa untuk menentukan faktor-faktor yang berpengaruh dan tingkatan yang baik dan apakah peningkatan atau pengurangan tingkatan-tingkatan tersebut akan menghasilkan perbaikan lebih lanjut.

Tujuan eksperimen adalah memahami bagaimana mengurangi dan mengendalikan variasi suatu produk atau proses berikutnya harus diambil keputusan berkaitan dengan parameter-parameter yang mempengaruhi performansi suatu produk atau proses. Disain eksperimen terbagi menjadi:

- 1) Disain eksperimen konvensional yang dicirikan oleh penggunaan berbagai metodologi statistik, khususnya rancangan bujur sangkar latin, memerlukan waktu dan biaya yang besar.
- 2) Disain eksperimen Taguchi yang mampu menekan keragaman produk secara ekonomis untuk skala industri, menjamin hasil optimal skala laboratorium dapat diperluas ke skala industri dan ditujukan untuk mendapatkan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap respon dan interaksinya dengan jumlah eksperimen yang minimal dan memilih level faktor yang terbaik dengan kriteria tertentu sebagai parameter yang optimal.

2.2.3 Metode Taguchi

Metode Taguchi merupakan suatu metodologi baru dalam bidang teknik yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses dalam waktu bersamaan menekan biaya dan sumber daya seminimal mungkin. Metode taguchi berupaya mencapai sasaran itu dengan menjadikan produk atau proses “tidak sensitif”

terhadap berbagai faktor seperti misalnya material, perlengkapan manufaktur, tenaga kerja manusia, dan kondisi-kondisi operasional. Metode Taguchi menjadikan produk atau proses bersifat kokoh (robust) terhadap faktor gangguan (noise), karenanya metode ini disebut juga sebagai perancangan kokoh (robust design).

Metode Taguchi merupakan metode pengendalian kualitas *off line* yang terdiri dari 3 konsep taguchi yaitu :

1. *Quality robust product*, yaitu produk yang dihasilkan seragam dan konsisten dalam bentuk mutu, model, dan sebagainya.
2. *A quality Loss Function*, yaitu mengidentifikasi semua biaya yang berkaitan dengan mutu produk dan kerugiannya bila produk yang dihasilkan semakin jauh dari kebutuhan dan harapan konsumen atau dari target yang ditetapkan
3. *Target Oriented Quality*, yaitu filosofi perbaikan secara terus menerus dan berkesinambungan untuk membawa produk mencapai target dengan tepat.

Genichi Taguchi merancang sebuah eksperimen dengan tujuan mendapatkan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap respon dan interaksinya dengan jumlah eksperimen yang minimal dan memilih level faktor yang terbaik dengan kriteria tertentu sebagai parameter yang optimal. Keunggulan dari metode taguchi yaitu :

1. Desain eksperimen taguchi lebih efisien karena memungkinkan untuk melaksanakan penelitian yang melibatkan banyak faktor dan jumlah.
2. Desain eksperimen taguchi memungkinkan diperolehnya suatu proses yang menghasilkan produk-produk yang konsisten dan kokoh terhadap faktor yang tidak dapat dikontrol (faktor gangguan).
3. Metode taguchi menghasilkan kesimpulan mengenai respon faktor-faktor dan level dari faktor-faktor kontrol yang menghasilkan respon optimum.

2.2.4 Desain Eksperimen Taguchi

Pada umumnya desain eksperimen taguchi dibagi menjadi tiga tahap utama yang mencakup semua pendekatan eksperimen, yaitu:

1. Tahap Perencanaan

Tahap perencanaan merupakan tahap yang terpenting yang meliputi:

a. Perumusan masalah

Perumusan masalah harus secara spesifik dan jelas secara teknis dan harus dapat dituangkan ke dalam eksperimen yang dilakukan.

b. Tujuan eksperimen

Tujuan yang melandasi eksperimen harus dapat menjawab apa yang telah dinyatakan pada perumusan masalah, mencari sebab yang menjadi akibat pada masalah yang kita amati.

c. Penentuan variabel tak bebas

Variabel tak bebas merupakan variabel yang perubahannya dipengaruhi atau tergantung dari variabel-variabel lain. Dalam merencanakan suatu eksperimen harus dipilih dan ditentukan dengan jelas variabel tak bebas mana yang akan diselidiki. Dalam eksperimen Taguchi variabel tak bebas adalah karakteristik kualitas yang terdiri dari tiga kategori, yaitu: karakteristik yang dapat diukur, karakteristik atribut dan karakteristik dinamik.

d. Identifikasi faktor-faktor (variabel bebas)

Variabel bebas (faktor) adalah variabel yang perubahannya tidak tergantung pada variabel lain. Pada tahap ini akan dipilih faktor-faktor mana saja yang akan diselidiki pengaruhnya terhadap variabel tak bebas yang bersangkutan. Beberapa metode yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang diteliti adalah *brainstorming*, *flow chart* dan diagram sebab akibat.

- e. Pemisahan faktor kontrol dan gangguan
Faktor-faktor yang diamati terbagi atas faktor kontrol dan faktor gangguan. Dalam metode taguchi keduanya perlu diidentifikasi dengan jelas sebab pengaruh antar kedua faktor tersebut berbeda.
- f. Penentuan jumlah level dan nilai level faktor
Pemilihan jumlah level penting artinya untuk ketelitian hasil eksperimen dan biaya pelaksanaan eksperimen, makin banyak level yang diteliti maka hasil eksperimen akan lebih teliti karena data yang diperoleh lebih banyak tetapi banyaknya level akan meningkatkan jumlah pengamatan sehingga menaikkan biaya eksperimen.
- g. Perhitungan derajat kebebasan
Perhitungan derajat kebebasan dilakukan untuk menghitung jumlah minimum eksperimen yang harus dilakukan untuk menyelidiki faktor yang diamati.
- h. Pemilihan Tabel *Orthogonal Array*
Pemilihan *Orthogonal Array* yang sesuai tergantung dari nilai faktor dan interaksi yang diharapkan dari nilai level dari tiap-tiap faktor. Penentuan ini akan mempengaruhi total jumlah derajat kebebasan yang berguna untuk menentukan jenis matriks *orthogonal* yang dipilih.
- i. Penempatan kolom untuk faktor dan interaksi ke dalam tabel *Orthogonal array*
Untuk memudahkan dikolom mana saja diletakkan interaksi faktor pada setiap tabel *orthogonal array*, taguchi menyatakan grafik linier dan tabel triangular untuk masing-masing tabel *orthogonal array*.

Tahap Pelaksanaan Eksperimen.

- a. Jumlah replikasi.
Jumlah replikasi adalah pengulangan kembali perlakuan yang sama dalam suatu percobaan dalam kondisi yang sama untuk memperoleh ketelitian yang lebih tinggi. Replikasi dilakukan untuk tujuan yaitu menambah ketelitian data eksperimen, mengurangi tingkat kesalahan pada eksperimen

dan memperoleh harga taksiran kesalahan eksperimen sehingga memungkinkan diadakannya uji signifikan hasil eksperimen.

2. Tahap Analisa

Pada tahap analisa ini dilakukan pengumpulan data dan pengolahan data yaitu meliputi pengumpulan data, pengaturan data, perhitungan serta penyajian data dalam suatu *lay out* tertentu yang sesuai dengan desain yang dipilih untuk suatu percobaan yang dipilih. Selain itu, perhitungan dan penyajian data statistik analisis variasi, tes hipotesa dan penerapan rumusan-rumusan empiris pada data hasil percobaan.

2.2.5 Matriks Orthogonal Array

Metode Taguchi menggunakan seperangkat matriks khusus yang disebut *Orthogonal Array*. Matriks standar ini merupakan langkah untuk menentukan jumlah percobaan minimal yang dapat memberikan informasi sebanyak mungkin semua faktor yang mempengaruhi parameter. Matriks *Orthogonal Array* adalah suatu matriks yang elemen-elemennya disusun menurut baris dan kolom. Kolom merupakan faktor yang dapat diubah dalam eksperimen. Baris merupakan kombinasi level dari faktor dalam eksperimen. Dalam memilih matriks *Orthogonal Array* yang cocok atau sesuai, diperlukan suatu persamaan dari matriks *Orthogonal Array* tersebut yang mempresentasikan jumlah faktor, jumlah level dan jumlah pengamatan yang akan dilakukan.

Tabel 2. 1 Array Ortogonal Standar dari Taguchi

2 Tingkat	3 Tingkat	4 Tingkat	5 tingkat	campuran
$L_4(2^3)$	$L_9(3^4)$	$L_{16}(4^5)$	$L_{25}(5^6)$	$L_{16}(2^1 \times 3^7)$
$L_8(2^7)$	$L_{27}(3^{13})$	$L_{64}(4^{21})$		$L_{32}(2^1 \times 4^9)$
$L_{12}(2^{11})$	$L_{81}(3^{40})$			$L_{36}(2^{11} \times 3^{12})$
$L_{16}(2^{15})$				$L_{36}(2^3 \times 3^{13})$
$L_{32}(2^{31})$				$L_{54}(2^1 \times 3^{25})$
$L_{64}(2^{63})$				$L_{50}(2^1 \times 5^{11})$

$$L_a = (b^c)$$

Keterangan:

- L = Rancangan bujur sangkar latin
- a = Banyak baris/eksperimen
- b = Banyak level
- c = Banyak kolom/faktor

2.2.6 Derajat kebebasan

Derajat kebebasan adalah banyaknya pengukuran bebas yang dapat dilakukan untuk menaksir sumber informasi. Angka derajat kebebasan menunjukkan banyak perbandingan bebas yang dapat dilakukan pada sekelompok data. Secara umum, angka derajat kebebasan suatu faktor (V_{ff}) adalah banyaknya level dikurangi satu.

$V_{ff} = \text{banyaknya level} - 1$
 $2 \text{ level} = 2 - 1 = 1 \text{ derajat kebebasan}$

2.2.7 Signal to Noise Ratio (SNR)

SNR adalah logaritma dari suatu fungsi kerugian kuadratik dan digunakan untuk mengevaluasi kualitas suatu produk. Ada beberapa jenis SNR, yaitu:

1. *Nominal the better* (NTB)

Karakteristik kualitas dimana ditetapkan suatu nilai nominal tertentu, jika nilainya semakin mendekati nilai nominal tertentu tersebut maka kualitasnya semakin baik.

$$S/N_{ntb} = -10 \log \left(\frac{\bar{y}^2}{S^2} \right) \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana:

- S/N_{ntb} : Rasio SN untuk *nominal the better*
- \bar{y} : rata-rata
- S^2 : varians

2. *Larger the better* (LTB)

Suatu produk memiliki kualitas yang baik apabila memiliki nilai yang semakin tinggi pada karakteristik kualitas tertentu.

$$S/N_{ltb} = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right) \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana:

- S/N_{ltb} : Rasio SN untuk *larger the better*
- n : jumlah data
- y_i : data ke-i

3. *Smaller the better* (STB)

Karakteristik kualitas dimana semakin rendah nilainya, maka kualitas semakin baik. Meskipun demikian, dalam penentuan level faktor optimal tetap dipilih nilai SNR yang terbesar.

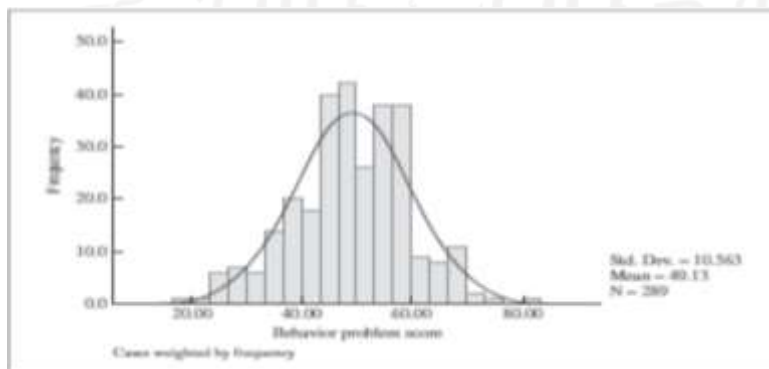
$$S/N_{stb} = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right) \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana:

- S/N_{stb} : Rasio SN untuk *smaller the better*
- n : jumlah data
- y_i : data ke-i

2.2.8 Uji Normalitas

Uji normalitas adalah suatu prosedur yang digunakan untuk mengetahui apakah data berasal dari populasi yang terdistribusi normal atau berada dalam sebaran normal. Distribusi normal adalah distribusi simetris dengan modus, mean dan median berada dipusat. Distribusi normal diartikan sebagai sebuah distribusi tertentu yang memiliki karakteristik berbentuk seperti lonceng jika dibentuk menjadi sebuah histogram sepertipada Gambar 2.1. di bawah ini.



Gambar 2.1. Contoh Histogram

Distribusi normal merupakan salah satu distribusi yang paling penting kita akan hadapi. Ada beberapa alasan untuk ini:

1. Banyak variabel dependen, umumnya diasumsikan terdistribusi secara normal dalam populasi. Artinya, kita sering berasumsi bahwa jika kita mendapatkan seluruh populasi pengamatan, distribusi yang dihasilkan akan sangat mirip dengan distribusi normal.
2. Jika kita dapat mengasumsikan bahwa variabel setidaknya mendekati terdistribusi normal, maka teknik ini memungkinkan kita untuk membuat sejumlah kesimpulan (baik yang tepat atau perkiraan) tentang nilai-nilai variabel itu.
3. Menguji normalitas data kerap kali disertakan dalam suatu analisis statistika inferensial untuk satu atau lebih kelompok sampel. Normalitas sebaran data menjadi sebuah asumsi yang menjadi syarat untuk menentukan jenis statistik apa yang dipakai dalam penganalisaan selanjutnya.

Uji normalitas biasanya digunakan untuk mengukur data berskala ordinal, interval, ataupun rasio. Jika analisis menggunakan metode parametrik, maka persyaratan normalitas harus terpenuhi yaitu data berasal dari distribusi yang normal. Jika data tidak berdistribusi normal, atau jumlah sampel sedikit dan jenis data adalah nominal atau ordinal maka metode yang digunakan adalah statistik non parametrik. Uji normalitas digunakan untuk mengetahui apakah data yang diperoleh terdistribusi normal atau tidak. Dasar pengambilan keputusan adalah jika nilai $L_{hitung} > L_{tabel}$ maka H_0 ditolak, dan jika nilai $L_{hitung} < L_{tabel}$ maka H_0 diterima (Muwarni, 2001).

Hipotesis statistik yang digunakan:

H_0 : sampel berdistribusi normal

H_1 : sampel data berdistribusi tidak normal

Meskipun demikian, apabila sebaran data suatu penelitian yang mengungkapkan kemampuan siswa ternyata diketahui tidak normal hal itu bukan berarti harus berhenti penelitian itu sebab masih ada fasilitas statistik nonparametrik yang dapat dipergunakan apabila data tadi tidak berdistribusi normal. Ada beberapa cara yang dapat dilakukan dalam uji normalitas data, 2 diantaranya yaitu *Lilliefors*, dan *chi square*.

1. Uji Normalitas Menggunakan Uji Liliefors

Menurut Sudjana, (1996), uji normalitas data dilakukan dengan menggunakan uji Liliefors (Lo) dilakukan dengan langkah-langkah berikut. Diawali dengan penentuan taraf sigifikansi, yaitu pada taraf signifikansi 5% (0,05) dengan hipotesis yang diajukan adalah sebagai berikut:

H₀: Sampel berasal dari populasi yang berdistribusi normal

H₁: Sampel tidak berasal dari populasi yang berdistribusi normal

Kriteria pengujian: Jika $L_{hitung} < L_{tabel}$ terima H₀, dan Jika $L_{hitung} > L_{tabel}$ tolak H₀

Adapun langkah-langkah pengujian normalitas adalah:

- a. Data pengamatan $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ dijadikan bilangan baku $z_1, z_2, z_3, \dots, z_n$ dengan menggunakan rumus:

$$z_i = \frac{x_i - \bar{x}}{s} \dots\dots\dots(2.4)$$

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \dots\dots\dots(2.5)$$

$$s = \sqrt{\frac{(x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana:

x_i = data ke-i

\bar{x} = rata-rata

s = simpangan baku

- b. Untuk setiap bilangan baku ini dengan menggunakan daftar distribusi normal baku, kemudian dihitung peluang.

$$F(z_i) = P(z < z_i) \dots\dots\dots(2.7)$$

- c. Selanjutnya dihitung proporsi $z_1, z_2, z_3, \dots, z_n$ yang lebih kecil atau sama dengan z_i . Jika proporsi ini dinyatakan oleh $S(z_i)$ maka:

$$S(z_i) = \frac{\text{banyaknya } z_1, z_2, z_3, \dots, z_n \text{ yang } \leq z_i}{n} \dots\dots\dots(2.8)$$

- d. Hitung selisih $F(z_i) - S(z_i)$, kemudian tentukan harga mutlak nya.
 e. Ambil harga yang paling besar di antara harga-harga mutlak selisih tersebut, misal harga tersebut L_0 .

2. Uji Normalitas Menggunakan Chi Square

Sebelum ke tahap pengujian normalitas, maka perlu menentukan berbagai item berikut:

n = jumlah sampel

Max = sampel dengan nilai terbesar

Min = sampel dengan nilai terkecil

R = rentang (max - min)

BK = Banyak kelas (1+Log n)

i = Panjang kelas (R/BK)

Buat tabel distribusi frekuensi skor baku variabel seperti berikut:

Tabel 2.2. Contoh tabel distribusi frekuensi

Kelas interval	F	x_i	x_i^2	F. x_i	F. x_i^2
56-61	1	58,5	3422,25	58,5	3422.25
62-67	6	64,5	4160,25	387	24961.5
68-73	1	70,5	4970,25	70,5	4970.25
74-79	13	76,5	5852,25	994,5	76079.25
80-85	2	82,5	6806,25	165	13612.5
86-91	7	88,5	7832,25	619,5	54825.75
Jumlah	30			2295	177871,5

Hitung Rata-rata menggunakan formulasi:

$$\bar{x} = \frac{\sum f.x_i}{n} \dots\dots\dots(2.9)$$

Hitung Simpangan baku dengan formulasi:

$$s = \sqrt{\frac{n.\sum f x_i^2 - (\sum f x_i)^2}{n.(n-1)}} \dots\dots\dots(2.10)$$

a. Menentukan batas kelas, yaitu angka skor kiri kelas interval pertama dikurangi 0,5 dan kemudian angka-angka skor kanan kelas interval ditambah 0,5.

b. Mencari nilai z-score untuk batas kelas interval yang telah ditentukan menggunakan formula:

$$z_i = \frac{(\text{batas kelas})_i - \bar{x}}{s} \dots\dots\dots(2.11)$$

c. Luas 0 – z dari tabel kurva normal dari 0 – z. Cara menentukan luas 0 – z, dapat melihat tabel kurva normal 0 – z.

d. Mencari luas tiap kelas interval:

$$\text{luas tiap kelas interval}_i = \text{luas } 0 - z_i - \text{luas } 0 - z_{i+1} \dots\dots\dots(2.12)$$

e. Mencari frekuensi ekspektasi (fe), fe = luas kelas interval x jumlah sampel

$$fe = \text{luas kelas interval} \times n \dots\dots\dots(2.13)$$

f. Mencari chi-square x^2_{hitung} , dengan formulasi:

$$x^2_{hitung} = \sum_{i=1}^k \frac{(fo-fe)^2}{fe} \dots\dots\dots(2.14)$$

g. Bandingkan x^2_{hitung} dengan x^2_{tabel}

Dengan db = 6-3 = 3 dan $\alpha = 0,05$ diperoleh $x^2_{tabel} = 7,815$ 2.

Kaidah keputusan:

Jika $x^2_{hitung} \geq x^2_{tabel}$, maka distribusi data tidak normal, dan

Jika $x^2_{hitung} < x^2_{tabel}$, maka distribusi data normal.

Karena $17.00433 \geq 7,815$, maka distribusi data tidak normal.

Tabel 2.3. Chi-Square x^2_{hitung}

Batas kelas	z-score	Luas 0 - z	Luas tiap kelas interval	fe	fo	fo-fe	$\frac{(fo - fe)^2}{fe}$
55,5	-2,36	0,4909	0,0374	1,122	1	-0.122	0.013266
61,5	-1,68	0,4535	0,1097	3,291	6	2.709	2.229924
67,5	-1,01	0,3438	0,2107	6,321	1	-5.321	4.479203
73,5	-0,34	0,1331	0,2662	7,986	13	5.014	3.148034
79,5	0,34	0,1331	0,2107	6,321	2	-4.321	2.953811
85,5	1,01	0,3438	0,1097	3,291	7	3.709	4.180091
91,5	1,68	0,4535					
						x^2_{hitung}	17.00433

3. Uji Normalitas Menggunakan Kolmogorov-Smirnov

Tes satu sampel Kolmogorov-Smirnov adalah suatu tes *goodness-of-fit*. Artinya, yang diperhatikan adalah tingkat kesesuaian antara distribusi teoritis tertentu. Tes ini menetapkan apakah skor-skor dalam sampel dapat secara masuk akal dianggap berasal dari suatu populasi dengan distribusi tertentu itu. Jadi, tes mencakup perhitungan distribusi frekuensi kumulatif yang akan terjadi di bawah distribusi teoritisnya, serta membandingkan distribusi frekuensi itu dengan distribusi frekuensi kumulatif hasil observasi. Distribusi teoritis tersebut merupakan representasi dari apa yang diharapkan dibawah H_0 . Tes Ini menerapkan suatu titik dimana kedua distribusi itu yakni yang teoritis dan yang terobservasi-memiliki perbedaan terbesar. Dengan melihat distribusi samplingnya dapat kita ketahui apakah perbedaan yang besar itu mungkin terjadi hanya karena kebetulan saja. Artinya distribusi sampling itu menunjukkan apakah perbedaan besar yang diamati itu mungkin terjadi apabila observasi-observasi itu benar-benar suatu sampel random dari distribusi teoritis itu.

Tes Kolmogorov-Smirnov memusatkan perhatian pada penyimpangan (deviasi) terbesar. Harga $F_0(X) - S_N(X)$ terbesar dinamakan deviasi maksimum.

Prosedur pengujian Kolmogorov-Smirnov ini dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Ubah data pengamatan menjadi bilangan baku (Z) dengan rumus:

$$Z = \frac{x_i - \bar{x}}{SD} \dots\dots\dots(2.15)$$

- b. Setiap bilangan baku ditentukan nilai probabilitas kumulatif normal (FT) dengan menggunakan daftar distribusi normal baku.
- c. Selanjutnya dihitung nilai probabilitas kumulatif empiris (FS) dengan persamaan i dibagi dengan n , dimana i dan n masing-masing adalah nomor data Z_i dan jumlah data atau observasi.
- d. Hitung selisih FT-FS, kemudian tentukan nilai absolutnya.
- e. Pilih nilai absolut yang paling besar diantara nilai-nilai absolut tersebut, kemudian bandingkan dengan tabel Kolmogorov-smirnov.

$$D = \text{maksimum } |FT - FS| \dots\dots\dots(2.16)$$

Hipotesis dalam uji Kolmogorov-smirnov yaitu:

H_0 : Sampel berasal dari populasi yang berdistribusi normal

H_1 : Sampel tidak berasal dari populasi yang berdistribusi normal

2.2.9 Uji Homogenitas

Uji homogenitas adalah suatu prosedur uji statistik yang dimaksudkan untuk memperlihatkan bahwa dua atau lebih kelompok data sampel berasal dari populasi yang memiliki variansi yang sama. Pada analisis regresi, persyaratan analisis yang dibutuhkan adalah bahwa galat regresi untuk setiap pengelompokan berdasarkan variabel terikatnya memiliki variansi yang sama. Jadi dapat dikatakan bahwa uji homogenitas bertujuan untuk mencari tahu apakah dari beberapa kelompok data penelitian memiliki variansi yang sama atau tidak. Dengan kata lain, homogenitas berarti bahwa himpunan data yang kita teliti memiliki karakteristik yang sama.

Pengujian homogenitas juga dimaksudkan untuk memberikan keyakinan bahwa sekumpulan data yang dimanipulasi dalam serangkaian analisis memang berasal dari populasi yang tidak jauh berbeda keragamannya. Sebagai contoh, jika kita ingin meneliti sebuah permasalahan misalnya mengukur pemahaman siswa

untuk suatu sub materi dalam pelajaran tertentu di sekolah yang dimaksudkan homogen bisa berarti bahwa kelompok data yang kita jadikan sampel pada penelitian memiliki karakteristik yang sama, misalnya berasal dari tingkat kelas yang sama.

Perhitungan uji homogenitas dapat dilakukan dengan berbagai cara dan metode, beberapa yang cukup populer dan sering digunakan antara lain uji Harley, Cochran, levene, dan Barlett.

Uji Bartlett digunakan untuk menguji homogenitas varians lebih dari dua kelompok data. Langkah-langkah uji homogenitas menggunakan uji Barlett:

- a. Menghitung derajat kebebasan (db) masing-masing kelompok
- b. Memnghitung varians (s) masing-masing kelompok
- c. Menghitung besarnya $\log S^2$ untuk masing-masing kelompok
- d. Menghitung besarnya dk. $\text{Log } S^2$ untuk masing-masing kelompok
- e. Menghitung nilai varians gabungan semua kelompok dengan rumus sebagai berikut:

$$S_{gab}^2 = \frac{(\sum db S_i^2)}{\sum db} \dots\dots\dots(2.17)$$

- f. Menghitung nilai B (nilai Bartlett) dengan rumus sebagai berikut.

$$B = \sum db (\log S_{gab}^2) \dots\dots\dots(2.18)$$

- g. Menghitung nilai χ^2 dengan rumusan sebagai berikut :

$$\chi^2 = (\ln 10) [B - (\sum db \log S_i^2)] \dots\dots\dots(2.19)$$

Dimana:

S_i^2 = varians tiap kelompok data

db_i = $n-1$ = derajat kebebasan tiap kelompok

- h. Setelah nilai Chi-Kuadrat hitung diperoleh, maka nilai Chi-Kuadrat tersebut dibandingkan dengan Chi-Kuadrat tabel. Kriteria Homogen ditentukan jika Chi-Kuadrat hitung < Chi-Kuadrat tabel. Hipotesis pengujian:

$$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_3^2 = \dots = \sigma_n^2$$

Ha: paling sedikit salah satu tanda tidak sama

Kriteria Pengujian:

Jika $x^2_{hitung} \geq x^2_{tabel} (1-\alpha; db=n-1)$, maka Tolak H_0

Jika $x^2_{hitung} < x^2_{tabel} (1-\alpha; db=n-1)$, maka Terima H_0

2.2.10 Analysis of Variance (ANOVA)

Masalah paling kompleks yang sering dihadapi di dalam validitas untuk menentukan kualitas suatu produk/proses dalam industri atau dalam menentukan kepresisian eksperimen adalah munculnya variasi. Karakteristik jaminan kualitas ataupun tingkat presisi selanjutnya diukur dari variansinya. ANOVA pertama kali dikenalkan oleh Sir Ronald A. Fisher (1930) yang merupakan teknik statistika untuk merepresentasikan variasi hasil eksperimen. ANOVA adalah teknik yang digunakan untuk memecahkan total variasi eksperimen kedalam sumber-sumber yang diamati. Total variasi didekomposisi kedalam komponen-komponen pembentuknya berupa faktor utama dan atau interaksi antar faktor. Di dalam ANOVA, derajat bebas, jumlah kuadrat, rata-rata kuadrat dan sebagainya dihitung dan diorganisasikan dalam format tabel standar berikut:

Tabel 2.4. Format tabel standar ANOVA

Sumber Variasi	Derajat Bebas (db)	SS	MS	F Hitung	% Kontibusi
Faktor A	V_A	SS_A	MS_A	MS_A/MS_e	SS'_A/SS_T
Faktor B	V_B	SS_B	MS_B	MS_B/MS_e	SS'_B/SS_T
Interaksi AxB	$V_{A \times B}$	$SS_{A \times B}$	$MS_{A \times B}$	$MS_{A \times B}/MS_e$	$SS'_{A \times B}/SS_T$
Residual	V_e	SS_e	MS_e		SS'_e/SS_T
Total	V_T	SS_T			100%

Dimana:

$$V_T = \text{Derajat bebas total} = N - 1$$

V_A = Derajat bebas faktor A = $k_A - 1$

V_B = Derajat bebas faktor B = $k_B - 1$

$V_{A \times B}$ = Derajat bebas interaksi = $(k_A - 1)(k_B - 1)$

V_e = Derajat bebas kesalahan (error) = $V_T - V_A - V_B - V_{A \times B}$

Persamaan-persamaan yang digunakan dalam ANOVA adalah:

SS_T = jumlah kuadrat total

$$SS_T = \left[\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n y_{ij}^2 \right] - CF \quad \dots\dots\dots(2.20)$$

SS_A = Jumlah kuadrat faktor A

$$SS_A = \left[\sum_{i=1}^k \left(\frac{A_i^2}{n_A} \right) \right] - CF \quad \dots\dots\dots(2.21)$$

SS_B = Jumlah kuadrat faktor B

$$SS_B = \left[\sum_{i=1}^k \left(\frac{B_i^2}{n_B} \right) \right] - CF \quad \dots\dots\dots(2.22)$$

$SS_{A \times B}$ = Jumlah kuadrat interaksi antar faktor

$$SS_{A \times B} = \left[\sum_{i=1}^c \left(\frac{A \times B}{n_{A \times B}} \right)^2 - CF - SS_A - SS_B \right] \quad \dots\dots\dots(2.23)$$

SS_e = jumlah kuadrat kesalahan (error)

$$SS_e = SS_T - SS_A - SS_{A \times B} \quad \dots\dots\dots(2.24)$$

MS_A = rata-rata jumlah kuadrat faktor A

$$MS_A = \frac{SS_A}{V_A} \quad \dots\dots\dots(2.25)$$

MS_B = rata-rata jumlah kuadrat faktor B

$$MS_B = \frac{SS_B}{V_B} \quad \dots\dots\dots(2.26)$$

$MS_{A \times B}$ = rata-rata jumlah kuadrat interaksi faktor A×B

$$MS_{A \times B} = \frac{SS_{A \times B}}{V_{A \times B}} \dots\dots\dots(2.27)$$

MS_e = rata-rata jumlah kuadrat kesalahan faktor (error)

$$MS_e = \frac{SS_e}{V_e} \dots\dots\dots(2.28)$$

T = jumlah seluruh pengamatan

$$T = \left[\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n y_{ij} \right] \dots\dots\dots(2.29)$$

2.2.11 Uji F

Untuk menguji perbedaan pengaruh taraf faktor didasarkan pada hipotesis awal yang menyatakan bahwa efek taraf faktor A adalah sama, sehingga hipotesisnya adalah:

Ho: $\alpha_1 = \alpha_2 \dots \dots = \alpha_m = 0$, tidak ada pengaruh perlakuan.

H1: ada pengaruh perlakuan, paling sedikit ada satu $\alpha_1 \neq 0$

Dalam pengujian hipotesis, statistik uji yang digunakan adalah $F_{hitung} = MS_A/MS_e$ kemudian dibandingkan dengan $F_{tabel}: F_{\alpha} (V_A, V_e)$ Kesimpulan yang diperoleh adalah menolak Ho apabila $F_{hitung} > F_{\alpha} (V_A, V_e)$ dan jika $F_{hitung} < F_{\alpha} (V_A, V_e)$, maka Ho diterima.

2.2.12 Uji Organoleptik

Uji organoleptik adalah cara mengukur, menilai atau menguji mutu komoditas dengan menggunakan kepekaan alat indra manusia, yaitu mata, hidung, mulut, dan ujung jari tangan. Uji organoleptik juga disebut pengukuran subjektif karena didasarkan pada respon subjektif manusia sebagai alat ukur (Soekarto, 1990).

Dalam penilaian bahan pangan, faktor yang menentukan diterima atau tidak suatu produk adalah sifat indrawinya. Penilaian indrawi ini ada enam tahap yaitu pertama menerima bahan, mengenali bahan, mengadakan klarifikasi sifat-sifat bahan, mengingat kembali bahan yang telah diamati, dan menguraikan kembali sifat indrawi produk tersebut. Indra yang digunakan dalam menilai sifat indrawi

suatu produk adalah :

- a. Penglihatan yang berhubungan dengan warna kilap, viskositas, ukuran dan bentuk, volume kerapatan dan berat jenis, panjang lebar dan diameter serta bentuk bahan.
- b. Indra peraba yang berkaitan dengan struktur, tekstur dan konsistensi. Struktur merupakan sifat dari komponen penyusun, tekstur merupakan sensasi tekanan yang dapat diamati dengan mulut atau perabaan dengan jari, dan konsistensi merupakan tebal, tipis, dan halus.
- c. Indra pembau, pembauan juga dapat digunakan sebagai suatu indikator terjadinya kerusakan pada produk, misalnya ada bau busuk yang menandakan produk tersebut telah mengalami kerusakan.
- d. Indra pengecap, dalam hal kepekaan rasa, maka rasa manis dapat dengan mudah dirasakan pada ujung lidah, rasa asin pada ujung dan pinggir lidah, rasa asam pada pinggir lidah dan rasa pahit pada bagian belakang lidah.

2.2.13 Panelis

Rahayu (1998) menjelaskan bahwa untuk melaksanakan penilaian organoleptik diperlukan panel. Dalam penilaian suatu mutu atau analisis sifat-sifat sensorik suatu komoditi, panel bertindak sebagai instrumen atau alat. Panel ini terdiri dari orang atau kelompok yang bertugas menilai sifat atau mutu komoditi berdasarkan kesan subjektif. Orang yang menjadi anggota panel disebut panelis.

Menurut Soekarto (1985), ada 6 macam panel yang biasa digunakan dalam penilaian organoleptik, yaitu sebagai berikut :

- a. Panel pencicip perseorangan

Pencicip perseorangan juga disebut pencicip tradisional. Keistimewaan pencicip ini adalah dalam waktu singkat dapat menilai suatu hasil dengan tepat, bahkan mampu menilai pengaruh macam-macam perlakuan, misalnya bahan baku dan cara pengolahan. Tetapi kemampuan pencicip perseorangan hanya terbatas pada komoditas tertentu, sehingga masing-masing komoditas memerlukan panelis yang berbeda sesuai dengan keahlian masing-masing.

b. Panel pencicip terbatas

Panel pencicip terbatas terdiri dari 3 sampai 5 orang penilai yang memiliki kepekaan tinggi. Syarat untuk bisa menjadi panelis terbatas adalah sebagai berikut:

- 1) Mempunyai kepekaan tinggi terhadap komoditi tertentu.
- 2) Mengetahui cara pengolahan, peranan bahan dan teknik pengolahan, serta mengetahui pengaruhnya terhadap sifat-sifat komoditas.
- 3) Mempunyai pengetahuan dan pengalaman tentang penilaian organoleptik.

c. Panel terlatih

Anggota panel terlatih adalah 15 sampai 25 orang. Tingkat kepekaan yang diharapkan tidak setinggi panel pencicip terbatas. Panel terlatih berfungsi sebagai alat analisis, dan pengujian yang dilakukan terbatas pada kemampuan membedakan. Untuk menjadi seorang panelis terlatih, maka prosedur pengujian yang harus diikuti adalah:

- 1) Uji segitiga (*triangel test*)
- 2) Uji pembandingan pasangan (*paired comparison*)
- 3) Uji penjenjangan (*ranking*)
- 4) Uji pasangan tunggal (*single stimulus test*)

d. Panel agak terlatih

Jumlah anggota panel agak terlatih adalah 15 sampai 25 orang. Panel ini tidak dipilih menurut prosedur pemilihan panel terlatih, tetapi juga tidak diambil dari orang awam yang tidak mengenal sifat sensorik dan penilaian organoleptik. Termasuk di dalam panel agak terlatih adalah sekelompok mahasiswa atau staf peneliti yang dijadikan panelis secara musiman.

e. Panel tak terlatih

Anggota panel tak terlatih tidak tetap. Pemilihan anggotanya lebih mengutamakan segi sosial, misalnya latar belakang pendidikan, asal daerah, dan kelas ekonomi dalam masyarakat. Panel tak terlatih digunakan untuk menguji kesukaan (*preference test*).

f. Panel konsumen

Anggota panel konsumen antara 30 sampai 1000 orang. Pengujiannya mengenai uji kesukaan (*preference test*) dan dilakukan sebelum pengujian

pasar. Dengan pengujian ini dapat diketahui tingkat penerimaan konsumen (Soekarto,1985).

2.2.14 Jenis Uji Organoleptik

Rahayu (1998) menerangkan bahwa pengujian organoleptik memiliki berbagai macam cara yang digolongkan dalam beberapa kelompok. Berikut adalah jenis pengelompokan untuk menguji sifat organoleptik:

a. Uji perbedaan

Pengujian organoleptik yang termasuk di dalam uji perbedaan antara lain sebagai berikut:

1) Uji perbedaan pasangan (*paired comparison*)

Pengujian ini berfungsi untuk menilai ada atau tidaknya perbedaan antara dua macam produk. Digunakan untuk menguji produk baru yang dibandingkan dengan produk terdahulu yang sudah diterima oleh konsumen.

2) Uji Perbedaan segitiga (*triangel test*)

Uji perbedaan segitiga digunakan untuk mengetahui perbedaan yang kecil.

b. Uji hedonik atau uji kesukaan

Dalam uji ini panelis diminta mengungkapkan tanggapan pribadinya tentang kesukaan atau ketidaksukaan, sekaligus tingkatannya. Tingkat kesukaan itu disebut skala hedonik, misalnya amat sangat suka, sangat suka, suka, agak suka, netral, agak tidak suka, tidak suka, sangat tidak suka dan amat tidak suka.

c. Uji mutu hedonik

Uji mutu hedonik adalah uji hedonik yang lebih spesifik untuk suatu jenis mutu tertentu. Contoh penggunaan uji mutu hedonik adalah untuk mengetahui rasa buah dalam permen, sifat pera atau pulen pada nasi, sifat gurih pada kerupuk, dan kelezatan pada daging panggang (Rahayu, 1998).

BAB 3

METODE PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan mengenai rancangan penelitian yang diuraikan dalam beberapa sub bab berikut:

3.1 Objek Penelitian

Objek dari penelitian ini yaitu tiwul instan sebagai hasil pengolahan ubi kayu jenis pahit. Penelitian dilakukan di Kecamatan Lempuing, Kabupaten Ogan Komering Ilir Sumatera Selatan. Masalah kritis yang telah ditetapkan pada tahap sebelumnya adalah kandungan gizi. Produk yang berupa makanan memiliki indikator-indikator kualitas seperti keamanan yang didefinisikan sebagai tidak adanya atau batas maksimum faktor risiko yang dapat diterima dan kandungan gizi yang didefinisikan sebagai manfaat kesehatan dan meningkatkan daya tahan tubuh (Savelli & Murmura, 2017).

3.2 Perancangan Eksperimen

Sebelum melakukan eksperimen, terlebih dahulu ditentukan rancangan eksperimen yang akan dibuat sebagai berikut:

a. Variabel respon

Variabel respon dari eksperimen ini adalah kandungan protein dan rasa dari tiwul instan yang dibuat dari ubi kayu pahit.

b. Fungsi objektif

Savelli & Murmura, (2017) mengatakan produk yang berupa makanan memiliki indikator-indikator kualitas salah satunya kandungan gizi yang didefinisikan sebagai manfaat kesehatan dan meningkatkan daya tahan tubuh, oleh karena itu fungsi objektif penelitian ini adalah LTB (*Larger the Better*) yang berarti semakin tinggi nilai yang didapat maka semakin baik.

c. Identifikasi faktor-faktor

Pada tahap ini akan dipilih faktor-faktor mana saja yang akan diselidiki pengaruhnya terhadap variabel tak bebas yang bersangkutan.

1. Kacang koro pedang: dipilih karena kandungan protein yang tinggi (30,36%) (Agustia, et al., 2018).
2. Gandum: dipilih karena kandungan protein yang tinggi berkisar antara 10-20% (Rukmini & Naufalin, 2015).
3. Lama fermentasi: proses fermentasi dapat menurunkan kadar HCN (Yani & Akbar, 2018; Hidayat, et al., 2015; Kurniawan, 2010)
4. Konsentrasi Kalsium Hidroksida (Ca(OH)_2): penambahan Ca(OH)_2 dapat membantu menghilangkan rasa pahit (Kurniawan, 2010).

d. Penentuan jumlah level dan nilai level faktor

Pemilihan jumlah level penting artinya untuk ketelitian hasil eksperimen dan biaya pelaksanaan eksperimen, makin banyak level yang diteliti maka hasil eksperimen akan lebih teliti karena data yang diperoleh lebih banyak tetapi banyaknya level akan meningkatkan jumlah pengamatan sehingga menaikkan biaya eksperimen.

Tabel 3.1. Jumlah level dan nilai level

Faktor	Level faktor		
	1	2	3
Kacang koro pedang	10%	20%	30%
Gandum	10%	20%	30%
Lama fermentasi	24 jam	48 jam	72 jam
Konsentrasi Ca(OH)_2	5%	10%	15%

1. Kacang koro pedang

- Level 1 (10%): jika substitusi $<10\%$, maka protein tidak meningkatkan dengan signifikan.
- Level 3 (30%): jika substitusi $>30\%$ kandungan protein akan semakin tinggi, tetapi rasa kacang semakin jelas sehingga kurang disukai.

2. Gandum

- Level 1 (10%): jika substitusi $<10\%$, maka protein tidak meningkatkan dengan signifikan.

- Level 3 (30%): jika substitusi >30% kandungan protein akan semakin tinggi, tetapi biaya yang digunakan akan semakin tinggi juga.

3. Lama fermentasi

- Level 1 (24 jam): jika waktu fermentasi <24 jam, maka kandungan HCN masih tinggi.
- Level 3 (72 jam): pada fermentasi >72 jam, pertumbuhan bakteri tidak signifikan/terhenti, serta menurunkan kandungan protein.

4. Konsentrasi Ca(OH)₂

- Level 1 (5%): jika Ca(OH)₂ yang ditambahkan <5%, maka penurunan kandungan HCN kecil/tidak signifikan.
- Level 3 (15%): penambahan Ca(OH)₂ >15%, tidak menurunkan HCN secara signifikan terhadap level di bawahnya, serta kandungan protein semakin turun.

e. Perhitungan derajat kebebasan (*degrees of freedom*)

Perhitungan derajat kebebasan dilakukan untuk menghitung jumlah minimum eksperimen yang harus dilakukan untuk menyelidiki faktor yang diamati. Secara umum, angka derajat kebebasan suatu faktor (V_{ff}) adalah banyaknya level dikurangi satu.

$$V_{ff} = (\text{banyaknya faktor}) \times (\text{banyaknya level} - 1)$$

$$3 \text{ level} = 4 \times (3 - 1) = 8 \text{ derajat kebebasan}$$

f. Pemilihan Tabel *Orthogonal Array*

Pemilihan *Orthogonal Array* yang sesuai tergantung dari nilai faktor dan interaksi yang diharapkan dari nilai level dari tiap-tiap faktor. Dalam penelitian ini menggunakan.

$$L_a(b^c) = L_9(3^4) \dots\dots\dots(3.1)$$

Keterangan:

L = Rancangan bujur sangkar latin

a = Banyak baris/eksperimen

b = Banyak level

c = Banyak kolom/faktor

Tabel 3. 2. Matriks orthogonal array untuk L₉

Nomor Eksperimen	Nomor Kolom/Faktor				Replikasi		
	1	2	3	4	1	2	3
1	1	1	1	1			
2	1	2	2	2			
3	1	3	3	3			
4	2	1	2	3			
5	2	2	3	1			
6	2	3	1	2			
7	3	1	3	2			
8	3	2	1	3			
9	3	3	2	1			

g. Jumlah replikasi.

Jumlah replikasi adalah pengulangan kembali perlakuan yang sama dalam suatu percobaan dalam kondisi yang sama untuk memperoleh ketelitian yang lebih tinggi. Replikasi dilakukan untuk tujuan yaitu menambah ketelitian data eksperimen, mengurangi tingkat kesalahan pada eksperimen, serta mempertimbangkan biaya dan waktu yang diperlukan untuk melakukan eksperimen. Penelitian ini menggunakan replikasi sebanyak 3 kali.

3.3 Pelaksanaan Eksperimen

Pada tahap pelaksanaan eksperimen, akan dilaksanakan sesuai dengan desain yang telah ditetapkan. Hasilnya didokumentasikan untuk kemudian diolah lebih lanjut menjadi nilai-nilai yang dapat diinterpretasikan dan dianalisis.

3.3.1 Pembuatan Tiwul Instan

Proses pembuatan tiwul instan meliputi:

1. Tahap perendaman (fermentasi)

Proses fermentasi yang dimaksud dalam penelitian adalah dilakukan dengan perendaman yang bertujuan untuk menurunkan kadar HCN, berdasarkan penelitian Aisyah (2014) mengatakan bahwa kadar HCN dalam ubi kayu sudah terlihat penurunan kadar HCN mulai dari perendaman selama 1 jam. dilakukan dengan merendam ubi kayu selama

24 jam, 48 jam, dan 72 jam. Pada tahap ini diberikan tambahan kalsium hidroksida sebanyak 5%, 10%, dan 15% untuk menurunkan kadar HCN/rasa pahit yang terkandung dalam ubi kayu pahit.

2. Tahap penggilingan/penepungan

Setelah melalui tahap perendaman, sampel ditiriskan kemudian digiling menggunakan mesin untuk menghasilkan tepung galek.

3. Tahap pencampuran dengan substitusi

Tepung diukur dengan timbangan kemudian dicampur tepung gandum dan tepung kacang koro pedang dengan formulasi tepung gandum 10%, 20%, dan 30%, kacang koro pedang 10%, 20%, dan 30%.

4. Tahap pembuatan butiran

Tepung hasil penggilingan dan pencampuran dibentuk menjadi butiran dengan cara diayak menggunakan ayakan (irig) yang lubangnya berukuran lebih kurang 0,3-0,5 cm. hasil ayakan diputar-putar atau *diinteri* menggunakan tampah dengan untuk memperkuat butiran yang terbentuk serta memisahkan ukuran butiran kecil dan butiran besar.

5. Tahap penjemuran pertama

Butiran tiwul dijemur sampai setengah kering kemudian dikukus.

6. Tahap pengukusan

Proses pengukusan dilakukan sampai matang yang ditandai perubahan warna dari putih menjadi kuning kecoklatan.

7. Tahap penjemuran kedua

Tiwul yang sudah matang kemudian didinginkan dengan meratakan tiwul pada tampah atau tempat yang sudah disediakan. Setelah itu dilakukan penjemuran kedua sampai tiwul benar-benar kering.

8. Tahap pengemasan

Tiwul yang sudah kering dikemas dengan plastik berlabel jenis atau nama sampel.

3.3.2 Uji Organoleptik

Untuk mengukur dan menguji rasa tiwul instan yang diperoleh dari hasil eksperimen dilakukan dengan uji organoleptik dengan jenis uji hedonik atau uji

suka. Uji organoleptik dilakukan dengan menentukan panelis sebagai orang yang bertugas melakukan uji organoleptik dengan cara penginderaan. Panelis adalah orang yang memiliki kemampuan lebih penentuan mutu dengan cara penginderaan pada produk atau komoditas contoh. Panelis yang dipilih dalam penelitian ini adalah panelis yang kurang terlatih, yaitu konsumen dan mahasiswa.

Memilih dan menyiapkan panelis untuk uji organoleptik dilakukan dengan tahapan-tahapan berikut:

- a. Membuat dan menggunakan kuesioner untuk penyeleksian awal potensi panelis.
- b. Menetapkan kemampuan panelis untuk membedakan karakteristik organoleptik yang dituju.
- c. Menganalisis dan melaporkan hasil dalam proses pembentukan tim panelis.
- d. Menjelaskan prosedur uji kepada panelis.
- e. Melaksanakan pelatihan untuk mendeteksi karakteristik yang diuji.
- f. Menginstruksikan panelis dalam merecord dan menyampaikan respon dan data pengujian.

Tabel 3.3. Tabel skala hedonik

Skala Hedonik	Skala Numerik
Amat sangat suka	7
Sangat suka	6
Suka	5
Agak suka	4
Agak tidak suka	3
Tidak suka	2
Sangat tidak suka	1

3.3.3 Mengukur Kadar Protein

Kadar protein dalam penelitian ini diukur dengan metode Kjeldahl di Laboratorium Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Gajah Mada Yogyakarta. Mula-mula sampel ditimbang dan dimasukkan ke dalam labu Kjeldahl, kemudian ditambahkan 50 mg HgO, 2 mg K₂SO₄, 2 ml H₂SO₄, batu didih, dan dididihkan selama 1,5 jam sampai cairan menjadi jernih. Setelah larutan didinginkan dan diencerkan dengan aquades, sampel didestilasi dengan penambahan 8-10 ml larutan NaOH-Na₂S₂O₃. Hasil destilasi ditampung dengan erlenmeyer yang telah berisi 5 ml H₃BO₃ dan 2-4 tetes indikator

(campuran 2 bagian metil merah 0,2% dalam alkohol dan 1 bagian metil biru 0,2 % dalam alkohol). Destilat yang diperoleh dititrasi dengan larutan HCl 0,02 N sampai terjadi perubahan warna dari hijau menjadi abu-abu. Hal yang sama juga dilakukan terhadap blanko. Hasil yang diperoleh adalah dalam total N, yang kemudian dinyatakan dalam factor konversi 6,25. Kadar protein dihitung berdasarkan rumus:

$$Kadar\ protein\ (\%bb) = \frac{(ml\ HCl\ sampel-blanko) \times NHCl \times 14,008 \times 6,25}{berat\ sampel\ awal\ (mg)} \times 100 \quad ..(3.2)$$

$$Kadar\ protein\ (\%bk) = \frac{kadar\ protein\ \%bb}{(100-kadar\ air\ \%bb)} \times 100 \quad ...(3.3)$$

3.4 Uji Normalitas

Uji normalitas adalah uji yang dilakukan untuk mengukur apakah data yang telah dikumpulkan berdistribusi normal atau diambil dari populasi normal sehingga dapat dipakai dalam statistik parametrik (statistik inferensial). Berdasarkan pengalaman empiris beberapa pakar statistik, data yang banyaknya lebih dari 30 angka ($n > 30$), maka sudah dapat diasumsikan berdistribusi normal. Namun untuk memberikan kepastian, apakah data yang dimiliki berdistribusi normal atau tidak, sebaiknya digunakan uji normalitas. Karena belum tentu data yang lebih dari 30 bisa dipastikan berdistribusi normal, demikian sebaliknya data yang kurang dari 30 belum tentu tidak berdistribusi normal, untuk itu perlu pembuktian. Uji statistik normalitas dalam penelitian ini dilakukan dengan metode Kolmogorov-Smirnov.

Prosedur pengujian Kolmogorov-Smirnov ini dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Ubah data pengamatan menjadi bilangan baku (Z) dengan rumus:

$$Z = \frac{x_i - \bar{x}}{SD} \quad \dots\dots\dots(3.4)$$

- b. Setiap bilangan baku ditentukan nilai probabilitas kumulatif normal (FT) dengan menggunakan daftar distribusi normal baku.
- c. Selanjutnya dihitung nilai probabilitas kumulatif empiris (FS) dengan persamaan i dibagi dengan n, dimana i dan n masing-masing adalah nomor data Zi dan jumlah data atau observasi.

- d. Hitung selisih FT-FS, kemudian tentukan nilai absolutnya.
- e. Pilih nilai absolut yang paling besar diantara nilai-nilai absolut tersebut, kemudian bandingkan dengan tabel Kolmogorov-smirnov.

$$D = \text{maksimum } |FT - FS| \dots\dots\dots(3.5)$$

Hipotesis dalam uji Kolmogorov-smirnov yaitu:

H₀ : Sampel berasal dari populasi yang berdistribusi normal

H₁ : Sampel tidak berasal dari populasi yang berdistribusi normal

Kaidah keputusan:

Jika $D_{maks} \geq D_{tabel}$, H₀ ditolak, dan

Jika $D_{maks} < D_{tabel}$, H₀ diterima atau data berdistribusi normal.

3.5 Uji Homogenitas

Uji homogenitas bertujuan untuk mencari tahu apakah dari beberapa kelompok data penelitian memiliki varians yang sama atau tidak. Pengujian homogenitas juga dimaksudkan untuk memberikan keyakinan bahwa sekumpulan data yang dimanipulasi dalam serangkaian analisis memang berasal dari populasi yang tidak jauh berbeda keragamannya.

Perhitungan uji homogenitas dalam penelitian ini menggunakan metode Barlett. Langkah-langkah uji homogenitas menggunakan uji Barlett sebagai berikut:

- a. Menghitung derajat kebebasan (db) masing-masing kelompok
- b. Menghitung varians (S) masing-masing kelompok
- c. Menghitung besarnya $\log S^2$ untuk masing-masing kelompok
- d. Menghitung besarnya $db \log S^2$ untuk masing-masing kelompok
- e. Menghitung nilai varians gabungan semua kelompok dengan rumus sebagai berikut:

$$S_{gab}^2 = \frac{(\sum db S_i^2)}{\sum db} \dots\dots\dots(3.5)$$

- f. Menghitung nilai B (nilai Bartlett) dengan rumus sebagai berikut.

$$B = \sum db (\log S_{gab}^2) \dots\dots\dots(3.6)$$

g. Menghitung nilai χ^2 dengan rumusan sebagai berikut:

$$\chi^2 = (\ln 10) [B - (\sum db \log S_i^2)] \dots\dots\dots(3.7)$$

Dimana:

S_i^2 = varians tiap kelompok data

db_i = $n-1$ = derajat kebebasan tiap kelompok

h. Setelah nilai Chi-Kuadrat hitung diperoleh, maka nilai Chi-Kuadrat tersebut dibandingkan dengan Chi-Kuadrat tabel. Kriteria Homogen ditentukan jika Chi-Kuadrat hitung < Chi-Kuadrat tabel. Hipotesis pengujian:

$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_3^2 = \dots = \sigma_n^2$

H_a : paling sedikit salah satu tanda tidak sama

Kriteria Pengujian:

Jika $\chi^2_{hitung} \geq \chi^2_{tabel} (1-\alpha; db=n-1)$, maka Tolak H_0

Jika $\chi^2_{hitung} < \chi^2_{tabel} (1-\alpha; db=n-1)$, maka Terima H_0

3.6 ANOVA

Analisis ragam atau analysis of variance (ANOVA) digunakan dalam eksperimen dengan menggunakan metode taguchi adalah untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi performa dari nilai respon pada eksperimen yang dilakukan. Pengujian ANOVA dapat dilakukan jika data yang digunakan berdistribusi normal serta varians dan populasi yang diuji sama atau homogen.

Hipotesis:

H_0 : Tidak ada pengaruh perlakuan terhadap kandungan protein atau rasa pada tiwul instan

H_1 : Ada pengaruh perlakuan terhadap kandungan protein atau rasa pada tiwul instan

Pengujian hipotesis:

Jika $F_{hitung} > F_{tabel}$, maka H_0 ditolak, dan

Jika $F_{hitung} < F_{tabel}$, maka H_0 diterima.

3.7 SNR *Larger the better* (LTB)

Suatu produk memiliki kualitas yang baik apabila memiliki nilai yang semakin tinggi pada karakteristik kualitas tertentu. Target dari karakteristik kualitas LTB adalah memperoleh nilai sebesar mungkin. SNR *larger the better* dapat dirumuskan:

$$S/N_{ltb} = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right) \dots\dots\dots(3.8)$$

Dimana:

- S/N_{ltb} : Rasio SN untuk *larger the better*
- n : jumlah data
- y_i : data ke-i

3.8 Penentuan Level Faktor Kondisi Optimal Menggunakan MRSN

Multi Respon Signal to Noise Ratio (MRSN) digunakan untuk mengoptimalkan kondisi yang berbeda dari hasil analisis yang diperoleh.

Langkah-langkah yang sistematis dalam melakukan eksperimen multi respon dengan menggunakan *Multi Respon Signal to Noise Ratio* (MRSN) terdiri dari beberapa tahapan, yaitu (Lestari, 2009):

1. Menghitung *quality loss* (L_{ij}) untuk setiap trial.

Karakteristik kualitas adalah *Larger-the-better* (LTB),

$$L_{ij} = k \frac{1}{n_i} \sum_{k=1}^{n_i} \frac{1}{y_{ijk}^2} \dots\dots\dots(3.9)$$

dengan:

- y_{ijk} = data untuk respon ke-i, trial ke-j, replikasi ke-k;
- n_i = replikasi untuk respon ke-i ;
- k = koefisien dari *quality loss*

2. Menentukan *Multi Respon Signal to Noise Ratio* (MRSN).

- a. Menentukan *quality loss* maksimum untuk tiap respon.
- b. Normalisasi *quality loss* (C_{ij}) tiap eksperimen.

$$C_{ij} = \frac{L_{ij}}{L_i^*} \dots\dots\dots(3.10)$$

dengan $L_i^* = \max \{L_{i1}, L_{i2}, \dots, L_{ij}\}$

b. Menghitung *total normalized quality loss* (TNQL) setiap eksperimen:

$$TNQL_i = \sum_{i=1}^m w_i C_{ij} \dots\dots\dots(3.11)$$

dengan : w_i = bobot dari normalisasi respon ke-i

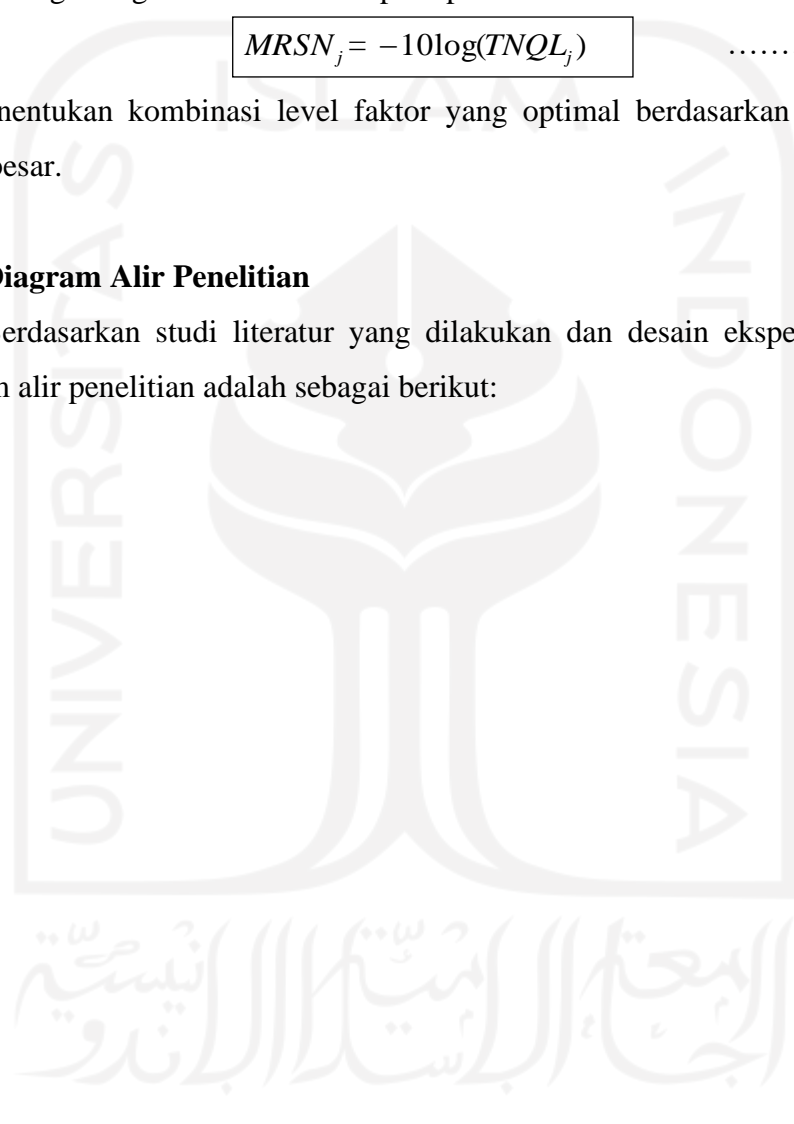
c. Menghitung MRSN ratio setiap eksperimen.

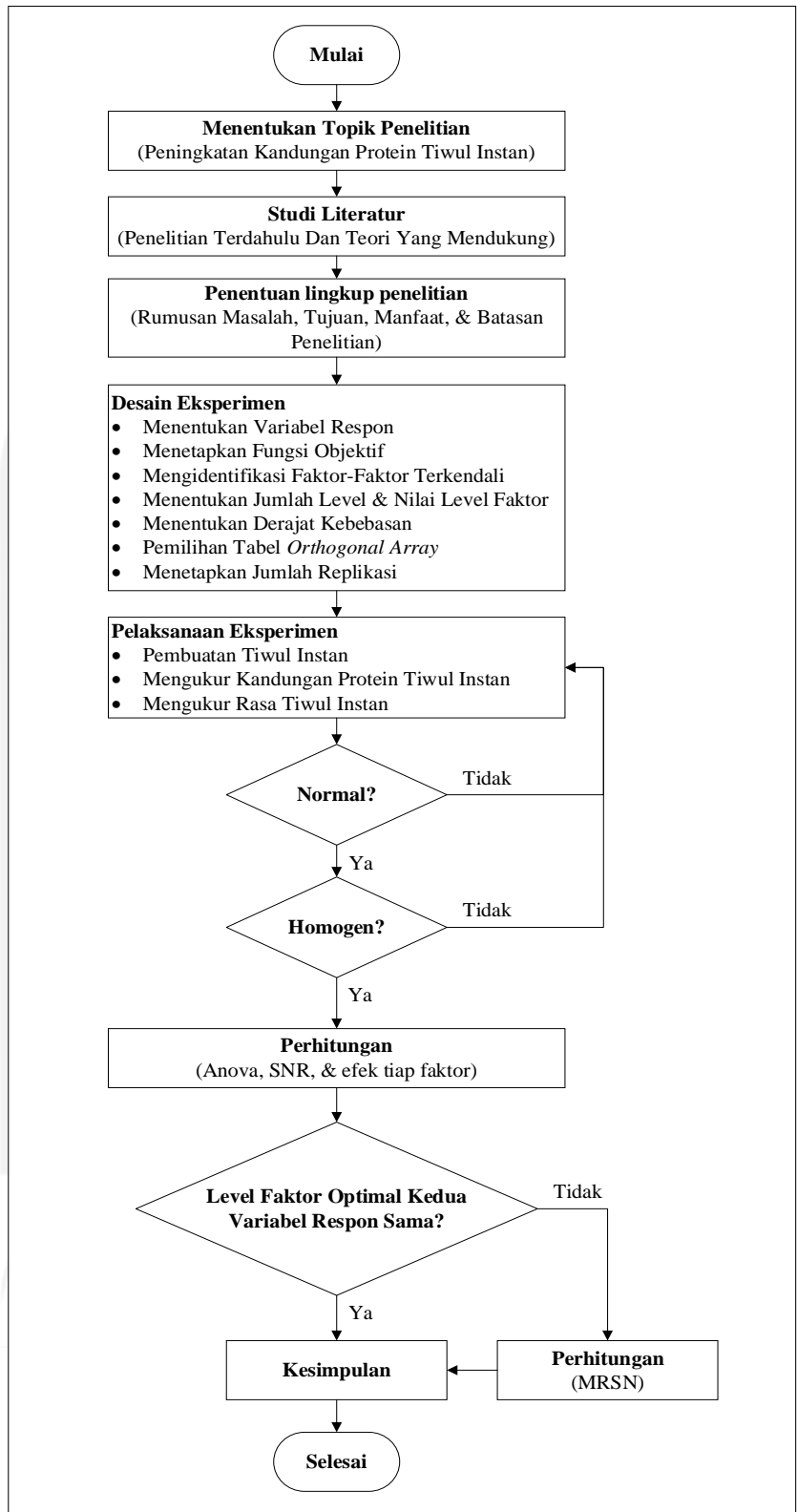
$$MRSN_j = -10\log(TNQL_j) \dots\dots\dots(3.12)$$

3. Menentukan kombinasi level faktor yang optimal berdasarkan nilai MRSN terbesar.

3.9 Diagram Alir Penelitian

Berdasarkan studi literatur yang dilakukan dan desain eksperimen, maka diagram alir penelitian adalah sebagai berikut:





Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian

BAB 4

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Perencanaan Eksperimen

Tahap pertama dalam desain eksperimen taguchi yaitu tahap perencanaan yang berkaitan dengan kebutuhan informasi dalam pelaksanaan eksperimen. Perencanaan eksperimen dalam penelitian ini adalah sebagai berikut (Soejanto, 2019):

1. Pemilihan karakteristik kualitas produk

Penelitian ini dilakukan terhadap tiwul instan yang dibuat dari bahan dasar ubi kayu. Variabel respon (variabel dependen) dalam penelitian adalah kandungan protein dan rasa dari tiwul instan dengan karakteristik kualitasnya adalah semakin tinggi, semakin baik (*Larger the Better/LTB*).

2. Identifikasi dan pemilihan faktor-faktor

Faktor-faktor yang dilibatkan dalam penelitian ini diduga dapat mempengaruhi kualitas produk tiwul instan yaitu tepung gandum dan kacang koro pedang yang memiliki kandungan protein tinggi, lama fermentasi (berfungsi untuk menurunkan kadar racun HCN), konsentrasi kalsium hidroksida (berfungsi untuk membantu menghilangkan rasa pahit).

3. Pemilihan level faktor yang digunakan beserta alasan pemilihan level tersebut adalah sebagai berikut:

- a. Kacang koro pedang: 10%, 20%, dan 30%, dipilihnya level ini yaitu jika substitusi kacang koro pedang <10% maka kandungan protein yang dihasilkan tidak meningkat dengan signifikan, kemudian apabila substitusi kacang koro pedang >30%, kandungan protein akan semakin tinggi tetapi rasa kacang semakin jelas sehingga kurang disukai.
- b. Tepung gandum: 10%, 20%, dan 30%, dipilihnya level ini yaitu jika substitusi tepung gandum <10% maka kandungan protein yang dihasilkan tidak meningkat dengan signifikan, kemudian apabila substitusi tepung gandum >30%, akan menimbulkan biaya yang sangat tinggi meskipun kandungan protein akan semakin tinggi.

- c. Lama fermentasi: 24 jam, 48 jam, dan 72 jam, dipilihnya level ini karena jika waktu fermentasi <24 jam maka kandungan HCN masih tinggi, apabila waktu fermentasi >72 jam pertumbuhan bakteri sudah tidak signifikan/terhenti serta dapat menurunkan kandungan protein dalam ubi kayu.
- d. Konsentrasi kalsium hidroksida (Ca(OH)_2): 5%, 10%, dan 15%, dipilihnya level ini yaitu karena jika Ca(OH)_2 yang ditambahkan <5% maka penurunan kandungan HCN tidak signifikan, apabila penambahan Ca(OH)_2 >15% dapat menurunkan kandungan protein.

Faktor-faktor yang diduga mempengaruhi karakteristik kualitas tiwul instan dapat ditabulasikan sebagai berikut:

Tabel 4. 1 Faktor Kendali

No	Faktor kendali	Kode	Level 1	Level 2	Level 3
1	Kacang koro pedang	A	10%	20%	30%
2	Tepung gandum	B	10%	20%	30%
3	Lama fermentasi	C	24 jam	48 jam	72 jam
4	Konsentrasi Ca(OH)_2	D	5%	10%	15%

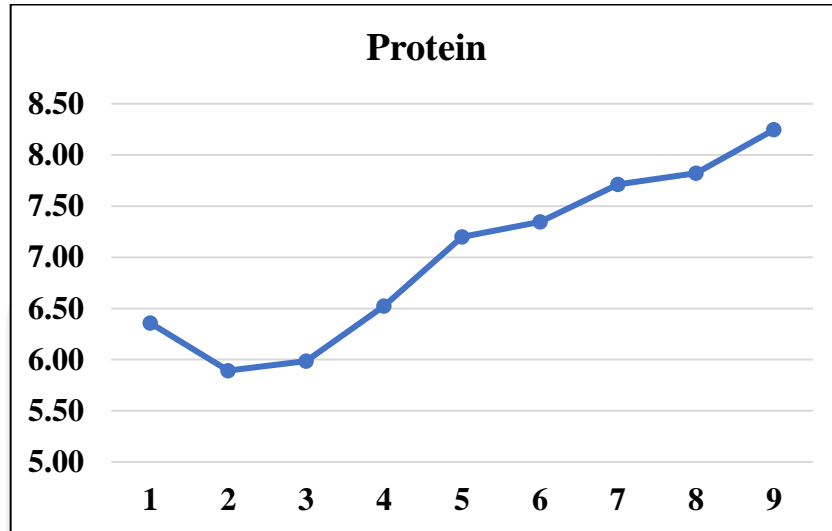
4.2 Pengumpulan Data

Data kadar protein dan rasa tiwul instan hasil eksperimen ditunjukkan pada tabel berikut ini:

Tabel 4. 2 Data Hasil Pengujian Kadar Protein

Trial	Faktor Kendali				Data Hasil Percobaan (%)			Rata-Rata
	A	B	C	D	Replikasi Ke			
	1	2	3	4	1	2	3	
1	1	1	1	1	6.31	6.37	6.39	6.36
2	1	2	2	2	5.99	5.89	5.8	5.89
3	1	3	3	3	5.96	5.97	6.03	5.99
4	2	1	2	3	6.59	6.55	6.43	6.52
5	2	2	3	1	7.28	7.26	7.06	7.20
6	2	3	1	2	7.36	7.46	7.22	7.35
7	3	1	3	2	7.24	7.96	7.94	7.71
8	3	2	1	3	8.05	7.89	7.53	7.82
9	3	3	2	1	8.22	8.19	8.33	8.25

Dari tabel 4.2 dapat dibuat diagram tebar (*scatter diagram*) dan dapat dilihat bahwa rata-rata protein yang diperoleh cenderung meningkat seperti pada gambar 4.1 di bawah.

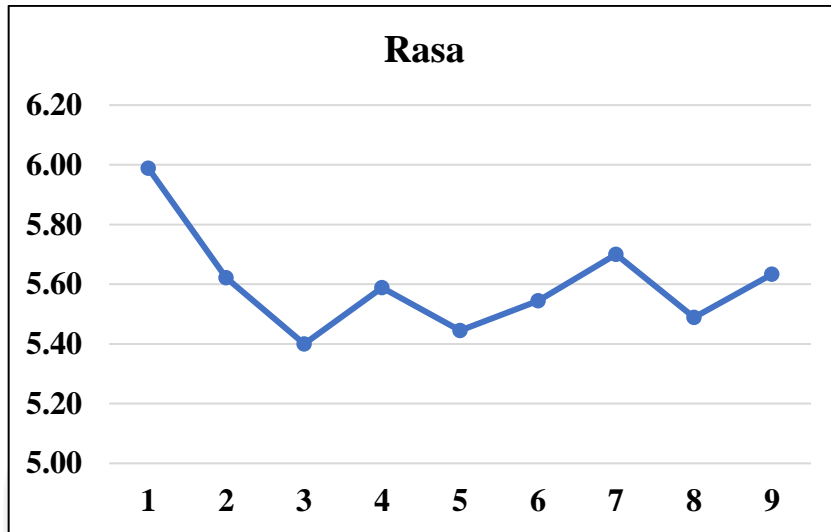


Gambar 4. 1 *Scatter Diagram* Hasil Eksperimen Kandungan Protein

Tabel 4. 3 Data Hasil Pengujian Organoleptik Rasa

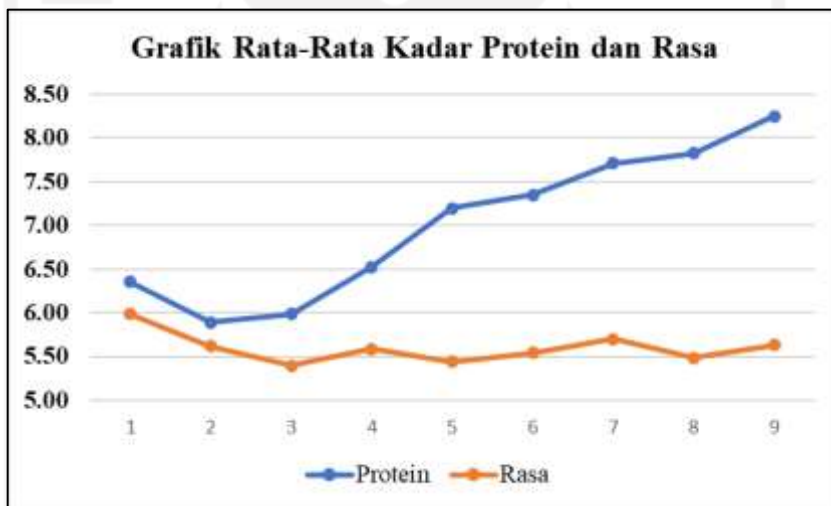
Trial	Faktor Kendali				Data Hasil Percobaan			Rata-Rata
	A	B	C	D	Replikasi Ke			
	1	2	3	4	1	2	3	
1	1	1	1	1	6.13	5.93	5.90	5.99
2	1	2	2	2	5.50	5.63	5.73	5.62
3	1	3	3	3	5.37	5.50	5.33	5.40
4	2	1	2	3	5.80	5.47	5.50	5.59
5	2	2	3	1	5.40	5.50	5.43	5.44
6	2	3	1	2	5.60	5.57	5.47	5.54
7	3	1	3	2	5.87	5.53	5.70	5.70
8	3	2	1	3	5.47	5.60	5.40	5.49
9	3	3	2	1	5.63	5.67	5.60	5.63

Dari tabel 4.3 dapat dibuat diagram tebar (*scatter diagram*) dan dapat dilihat bahwa rata-rata rasa/kesukaan panelis terhadap sampel hasil eksperimen terlihat fluktuatif, ditunjukkan dengan diagram yang turun dan naik pada masing-masing trial seperti pada gambar 4.2.



Gambar 4. 2 Scatter Diagram Hasil Eksperimen Rasa

Apabila kedua hasil eksperimen tersebut dibuat dalam satu grafik, maka hasilnya akan terlihat seperti berikut ini:



Gambar 4. 3 Scatter Diagram Gabungan

4.3 Pengolahan Data

Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil eksperimen, selanjutnya untuk menentukan kombinasi level faktor untuk menghasilkan tiwul instan dengan kualitas yang optimal diperlukan langkah-langkah berikut:

4.3.1 Uji Statistik

Uji normalitas, homogenitas, dan ANOVA dilakukan terhadap hasil eksperimen yang telah dilakukan untuk mengetahui faktor-faktor mana saja yang berpengaruh secara signifikan.

a. Uji Normalitas

Hasil uji normalitas yang telah dilakukan terhadap kedua variabel respon disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 4. 4 Uji Normalitas Kolmogorov Smirnov Kadar Protein

No	x_i	$Z = \frac{x_i - \bar{x}}{SD}$	FT	FS	FT-FS
1	5.8	-0.66	0.2546	0.037	0.2176
2	5.89	-0.58	0.281	0.074	0.2069
3	5.96	-0.52	0.3015	0.111	0.1904
4	5.97	-0.51	0.305	0.148	0.1569
5	5.99	-0.49	0.3121	0.185	0.1269
6	6.03	-0.46	0.3228	0.222	0.1006
7	6.31	-0.21	0.4168	0.259	0.1575
8	6.37	-0.16	0.4364	0.296	0.1401
9	6.39	-0.14	0.4443	0.333	0.1110
10	6.43	-0.11	0.4562	0.370	0.0858
11	6.55	0.00	0.5	0.407	0.0926
12	6.59	0.03	0.512	0.444	0.0676
13	7.06	0.44	0.67	0.481	0.1885
14	7.22	0.58	0.719	0.519	0.2005
15	7.24	0.60	0.7257	0.556	0.1701
16	7.26	0.62	0.7324	0.593	0.1398
17	7.28	0.64	0.7389	0.630	0.1093
18	7.36	0.71	0.7611	0.667	0.0944
19	7.46	0.79	0.7852	0.704	0.0815
20	7.53	0.85	0.8023	0.741	0.0616
21	7.89	1.17	0.879	0.778	0.1012
22	7.94	1.21	0.8869	0.815	0.0721
23	7.96	1.23	0.8907	0.852	0.0388
24	8.05	1.31	0.9049	0.889	0.0160
25	8.19	1.43	0.9236	0.926	0.0023
26	8.22	1.46	0.9279	0.963	0.0351
27	8.33	1.55	0.9394	1.000	0.0606
Jumlah	189.27				
Standar Deviasi (SD)	0.831				
Rata-Rata (\bar{x})	7.01				
D Maksimum					0.2176
D Minimum					0.0023
D Tabel n=27					0.254

Berdasarkan hasil uji normalitas menggunakan metode Kolmogorov Smirnov pada tabel 4.4 di atas, kadar protein memiliki nilai $D_{maks} 0.2176 < D_{tabel} 0.254$ sehingga H_0 diterima artinya bahwa data hasil eksperimen kadar protein berdistribusi normal.

Tabel 4. 5 Uji Normalitas Kolmogorov-Smirnov Rasa

No	x_i	$Z = \frac{x_i - \bar{x}}{SD}$	FT	FS	$D = FT-FS $
1	5.33	-1.39	0.0823	0.0370	0.0453
2	5.37	-1.22	0.1112	0.0741	0.0371
3	5.40	-1.05	0.1469	0.1111	0.0358
4	5.40	-1.05	0.1469	0.1481	0.0012
5	5.43	-0.87	0.1922	0.1852	0.0070
6	5.47	-0.70	0.242	0.2222	0.0198
7	5.47	-0.70	0.242	0.2593	0.0173
8	5.47	-0.70	0.242	0.2963	0.0543
9	5.50	-0.53	0.2981	0.3333	0.0352
10	5.50	-0.53	0.2981	0.3704	0.0723
11	5.50	-0.53	0.2981	0.4074	0.1093
12	5.50	-0.53	0.2981	0.4444	0.1463
13	5.53	-0.35	0.3632	0.4815	0.1183
14	5.57	-0.18	0.4286	0.5185	0.0899
15	5.60	-0.01	0.504	0.5556	0.0516
16	5.60	-0.01	0.504	0.5926	0.0886
17	5.60	-0.01	0.504	0.6296	0.1256
18	5.63	0.17	0.5675	0.6667	0.0992
19	5.63	0.17	0.5675	0.7037	0.1362
20	5.67	0.34	0.6331	0.7407	0.1076
21	5.70	0.51	0.695	0.7778	0.0828
22	5.73	0.69	0.7549	0.8148	0.0599
23	5.80	1.03	0.8485	0.8519	0.0034
24	5.87	1.38	0.9162	0.8889	0.0273
25	5.90	1.55	0.9394	0.9259	0.0135
26	5.93	1.73	0.9582	0.9630	0.0048
27	6.13	2.76	0.9971	1.0000	0.0029
Jumlah	151.23				
Standar Deviasi (SD)	0.19				
Rata-Rata (\bar{x})	5.60				
D Maksimum					0.1463
D Minimum					0.0012
D Tabel n=27					0.254

Berdasarkan hasil uji normalitas menggunakan metode Kolmogorov-Smirnov pada tabel 4.5, variabel rasa memiliki nilai $D_{maks} 0.1463 < D_{tabel} 0.254$ sehingga H_0 diterima artinya bahwa data hasil eksperimen rasa berdistribusi normal.

b. Uji homogenitas

1. Uji homogenitas kadar protein

Data eksperimen yang digunakan untuk melakukan uji homogenitas dengan metode Bartlett adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 6 Data Percobaan Uji Homogenitas Kadar Protein

No	Hasil Percobaan		
	U1	U2	U3
1	6.31	6.37	6.39
2	5.99	5.89	5.8
3	5.96	5.97	6.03
4	6.59	6.55	6.43
5	7.28	7.26	7.06
6	7.36	7.46	7.22
7	7.24	7.96	7.94
8	8.05	7.89	7.53
9	8.22	8.19	8.33
S	0.8368	0.8852	0.8700
n	9	9	9

Tabel 4. 7 Perhitungan Awal Homogenitas Kadar Protein

Sampel	db=n-1	1/db	S	S ²	Log (S ²)	db*(S ²)	db*Log(S ²)
U1	8	0.1250	0.8368	0.7003	-0.1547	5.6024	-1.2377
U2	8	0.1250	0.8852	0.7836	-0.1059	6.2690	-0.8471
U3	8	0.1250	0.8700	0.7569	-0.1210	6.0552	-0.9677
Jumlah	24	0.3750	2.5921	2.2408	-0.3816	17.9266	-3.0526

Setelah diperoleh hasil derajat kebebasan (db), varians (S), LogS², dan db*LogS² untuk masing-masing kelompok, selanjutnya dilakukan perhitungan nilai varians gabungan untuk mendapatkan nilai Bartlett sebagai berikut:

$$S_{gab}^2 = \frac{(\sum dbS_i^2)}{\sum db} = \frac{17.9266}{24} = 0.7469$$

$$\text{Log}S_{gab}^2 = -0.1267$$

$$B = \sum db (\log S_{gab}^2) = 24(-0.1267) = -3.04112$$

$$x^2 = (\ln 10) \left[B - \left(\sum db \log S_i^2 \right) \right] = 2.3026(-3.04112 - (-3.0526)) \\ = 0.0263$$

Berdasarkan hasil uji homogenitas dengan metode Bartlett, diperoleh nilai $x^2_{hitung} 0.0263 < x^2_{tabel(0.05;2)} 5.9915$, sehingga H_0 diterima atau data hasil eksperimen kadar protein homogen.

2. Uji homogenitas rasa

Data eksperimen yang digunakan untuk melakukan uji homogenitas dengan metode Bartlett adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 8 Data Percobaan Uji Homogenitas Rasa

No	Hasil Percobaan		
	U1	U2	U3
1	6.13	5.93	5.90
2	5.50	5.63	5.73
3	5.37	5.50	5.33
4	5.80	5.47	5.50
5	5.40	5.50	5.43
6	5.60	5.57	5.47
7	5.87	5.53	5.70
8	5.47	5.60	5.40
9	5.63	5.67	5.60
S	0.2510	0.1414	0.1844
N	9	9	9

Tabel 4. 9 Perhitungan Awal Homogenitas Rasa

Sampel	db=n-1	1/db	S	S ²	Log (S ²)	db*(S ²)	db*Log(S ²)
U1	8	0.1250	0.2510	0.0630	-1.2007	0.5040	-9.6056
U2	8	0.1250	0.1414	0.0200	-1.6990	0.1600	-13.5918
U3	8	0.1250	0.1844	0.0340	-1.4684	0.2721	-11.7469
Jumlah	24	0.3750	0.5768	0.1170	-4.3680	0.9360	-34.9443

Setelah diperoleh hasil derajat kebebasan (db), varians (S), LogS², dan db*LogS² untuk masing-masing kelompok, selanjutnya dilakukan perhitungan nilai varians gabungan untuk mendapatkan nilai Bartlett sebagai berikut:

$$S_{gab}^2 = \frac{(\sum db S_i^2)}{\sum db} = \frac{0.9360}{24} = 0.0390$$

$$\text{Log} S_{gab}^2 = -1.4089$$

$$B = \sum db (\text{log} S_{gab}^2) = 24(-1.4089) = -33.8139$$

$$\begin{aligned} x^2 &= (\ln 10) \left[B - \left(\sum db \log S_i^2 \right) \right] = 2.3026(-33.8139 - (-34.9443)) \\ &= 2.6028 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil uji homogenitas dengan metode Bartlett, diperoleh nilai $x^2_{hitung} 2.6028 < x^2_{tabel(0.05;2)} 5.9915$, sehingga H_0 diterima atau data hasil eksperimen rasa homogen.

c. ANOVA

1. ANOVA kadar protein

Berdasarkan data hasil eksperimen pada tabel 4.3, maka dapat dilakukan perhitungan Analisis Variansi untuk kadar protein sebagai berikut:

$$T = \left[\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n y_{ij} \right]$$

$$T = (6.31 + 6.37 + 6.39 + \dots + 8.33) = 189.27$$

$$CF = \frac{T^2}{N} = \frac{189.27^2}{27} = 1326.7827$$

$$SS_T = \left[\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n y_{ij}^2 \right] - CF$$

$$SS_T = (6.31^2 + 6.37^2 + 6.39^2 + \dots + 8.33^2) - 1326.7827 = 17.9644$$

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

$$SS_A = \left(\frac{54.71^2}{9} + \frac{63.21^2}{9} + \frac{71.35^2}{9} \right) - 1326.7827 = 15.3852$$

$$SS_B = \left[\sum_{i=1}^k \left(\frac{B_i^2}{n_B} \right) \right] - CF$$

$$SS_B = \left(\frac{61.78^2}{9} + \frac{62.75^2}{9} + \frac{64.74^2}{9} \right) - 1326.7827 = 0.5060$$

$$SS_C = \left[\sum_{i=1}^k \left(\frac{C_i^2}{n_C} \right) \right] - CF$$

$$SS_C = \left(\frac{64.58^2}{9} + \frac{61.99^2}{9} + \frac{62.7^2}{9} \right) - 1326.7827 = 0.3980$$

$$SS_D = \left[\sum_{i=1}^k \left(\frac{D_i^2}{n_D} \right) \right] - CF$$

$$SS_D = \left(\frac{65.42^2}{9} + \frac{62.86^2}{9} + \frac{61^2}{9} \right) - 1326.7827 = 1.0893$$

$$SS_E = SS_T - SS_A - SS_B - SS_C - SS_D = 0.5859$$

$$MS_A = \frac{SS_A}{V_A} = \frac{15.3852}{2} = 7.6926$$

$$MS_B = \frac{SS_B}{V_B} = \frac{0.5060}{2} = 0.2530$$

$$MS_C = \frac{SS_C}{V_C} = \frac{0.3980}{2} = 0.1990$$

$$MS_D = \frac{SS_D}{V_D} = \frac{1.0893}{2} = 0.5446$$

$$MS_e = \frac{SS_e}{V_e} = \frac{0.5859}{18} = 0.0326$$

$$F_{hit.A} = \frac{MS_A}{MS_E} = \frac{7.6926}{0.0326} = 236.3177$$

$$F_{hit.B} = \frac{MS_B}{MS_E} = \frac{0.2530}{0.0326} = 7.7726$$

$$F_{hit.C} = \frac{MS_C}{MS_E} = \frac{0.1990}{0.0326} = 6.1137$$

$$F_{hit.D} = \frac{MS_D}{MS_E} = \frac{0.5446}{0.0326} = 16.7313$$

Untuk mengetahui seberapa besar kontribusi yang diberikan oleh masing-masing faktor terhadap respon dilakukan dengan menghitung *pure sum of square* (SS’):

$$SS' = SS_i - (MS_e \times Df_i)$$

$$SS'A = 15.3852 - (0.0326 \times 2) = 15.32$$

$$SS'B = 0.5060 - (0.0326 \times 2) = 0.4409$$

$$SS'C = 0.3980 - (0.0326 \times 2) = 0.3329$$

$$SS'D = 1.0893 - (0.0326 \times 2) = 1.0242$$

Selanjutnya untuk menghitung persentase kontribusi (% P) dilakukan dengan rumus berikut:

$$\% P = \frac{SS' faktor}{SS_T} \times 100\%$$

$$\%P_A = \frac{15.32}{17.9644} \times 100\% = 85.28\%$$

$$\%P_B = \frac{0.4409}{17.9644} \times 100\% = 2.45\%$$

$$\%P_C = \frac{0.3329}{17.9644} \times 100\% = 1.85\%$$

$$\%P_D = \frac{1.0242}{17.9644} \times 100\% = 5.70\%$$

Tabel 4. 10 Analisis Variansi Kadar Protein

Sumber Variasi	Derajat Bebas (db)	SS	MS	F Hitung	F tabel	SS'	% P
Faktor A	2	15.3852	7.6926	236.3177	3.55	15.32	85.28
Faktor B	2	0.5060	0.2530	7.7726	3.55	0.4409	2.45
Faktor C	2	0.3980	0.1990	6.1137	3.55	0.3329	1.85
Faktor D	2	1.0893	0.5446	16.7313	3.55	1.0242	5.70
Residual	18	0.5859	0.0326				4.71
Total	26	17.9644					

Berdasarkan tabel 4.10 di atas, diketahui bahwa semua faktor (A, B, C, dan D) mempunyai nilai F_{hitung} masing-masing 236.3177, 7.7726, 6.1137, dan 16.7313 $>$ F_{tabel} (3.55) maka H_0 ditolak, berarti ada perbedaan pengaruh yang signifikan antara faktor A, B, C, dan D terhadap kadar protein tiwul instan. Kemudian untuk faktor yang memberikan persentase kontribusi terbesar yaitu faktor A dengan kontribusi sebesar 85.28%.

2. ANOVA rasa

Berdasarkan data hasil eksperimen pada tabel 4.3, maka dapat dilakukan perhitungan Analisis Variansi rasa sebagai berikut:

$$T = \left[\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n y_{ij} \right]$$

$$T = (6.13 + 5.93 + 5.90 + \dots + 5.60 = 151.2333)$$

$$CF = \frac{T^2}{N} = \frac{151.2333^2}{27} = 847.0934$$

$$SS_T = \left[\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n y_{ij}^2 \right] - CF$$

$$SS_T = (6.13^2 + 5.93^2 + 5.90^2 + \dots + 5.60^2) - 847.0934 = 0.9633$$

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

$$SS_A = \left(\frac{51.03^2}{9} + \frac{49.73^2}{9} + \frac{50.47^2}{9} \right) - 847.0934 = 0.0944$$

$$SS_B = \left[\sum_{i=1}^k \left(\frac{B_i^2}{n_B} \right) \right] - CF$$

$$SS_B = \left(\frac{51.83^2}{9} + \frac{49.67^2}{9} + \frac{49.73^2}{9} \right) - 847.0934 = 0.3374$$

$$SS_C = \left[\sum_{i=1}^k \left(\frac{C_i^2}{n_C} \right) \right] - CF$$

$$SS_C = \left(\frac{51.07^2}{9} + \frac{50.53^2}{9} + \frac{49.63^2}{9} \right) - 847.0934 = 0.1166$$

$$SS_D = \left[\sum_{i=1}^k \left(\frac{D_i^2}{n_D} \right) \right] - CF$$

$$SS_D = \left(\frac{51.20^2}{9} + \frac{50.60^2}{9} + \frac{49.43^2}{9} \right) - 847.0934 = 0.1793$$

$$SS_E = SS_T - SS_A - SS_B - SS_C - SS_D = 0.2356$$

$$MS_A = \frac{SS_A}{V_A} = \frac{0.0944}{2} = 0.0472$$

$$MS_B = \frac{SS_B}{V_B} = \frac{0.3374}{2} = 0.1687$$

$$MS_C = \frac{SS_C}{V_C} = \frac{0.1166}{2} = 0.0583$$

$$MS_D = \frac{SS_D}{V_D} = \frac{0.1793}{2} = 0.0897$$

$$MS_e = \frac{SS_e}{V_e} = \frac{0.2356}{18} = 0.0131$$

$$F_{hit.A} = \frac{MS_A}{MS_E} = \frac{0.0472}{0.0131} = 3.6069$$

$$F_{hit.B} = \frac{MS_B}{MS_E} = \frac{0.1687}{0.0131} = 12.8899$$

$$F_{hit.C} = \frac{MS_C}{MS_E} = \frac{0.0583}{0.0131} = 4.4560$$

$$F_{hit.D} = \frac{MS_D}{MS_E} = \frac{0.0897}{0.0131} = 6.8522$$

Untuk mengetahui seberapa besar kontribusi yang diberikan oleh masing-masing faktor terhadap respon dilakukan dengan menghitung *pure sum of square* (SS’):

$$SS' = SS_i - (MS_e \times Df_i)$$

$$SS'A = 0.0944 - (0.0131 \times 2) = 0.0682$$

$$SS'B = 0.3374 - (0.0131 \times 2) = 0.3112$$

$$SS'C = 0.1166 - (0.0131 \times 2) = 0.0905$$

$$SS'D = 0.1793 - (0.0131 \times 2) = 0.1532$$

Selanjutnya untuk menghitung persentase kontribusi (% P) dilakukan dengan rumus berikut:

$$\% P = \frac{SS' faktor}{SS_T} \times 100\%$$

$$\%P_A = \frac{0.0682}{0.9633} \times 100\% = 7.08\%$$

$$\%P_B = \frac{0.3112}{0.9633} \times 100\% = 32.31\%$$

$$\%P_C = \frac{0.0905}{0.9633} \times 100\% = 9.39\%$$

$$\%P_D = \frac{0.1532}{0.9633} \times 100\% = 15.90\%$$

Tabel 4. 11 Analisis Variansi Rasa

Sumber Variasi	Derajat Bebas (db)	SS	MS	F Hitung	F Tabel	SS'	% P
Faktor A	2	0.0944	0.0472	3.6069	3.55	0.0682	7.08
Faktor B	2	0.3374	0.1687	12.8899	3.55	0.3112	32.31

Faktor C	2	0.1166	0.0583	4.4560	3.55	0.0905	9.39
Faktor D	2	0.1793	0.0897	6.8522	3.55	0.1532	15.90
Residual	18	0.2356	0.0131				35.32
Total	26	0.9633					

Berdasarkan tabel 4.11 di atas, diketahui bahwa semua faktor (A, B, C, dan D) mempunyai nilai F_{hitung} masing-masing 3.6069, 12.8899, 4.4560, dan 6.8522 $>$ F_{tabel} (3.55) maka H_0 ditolak, berarti ada perbedaan pengaruh yang signifikan antara faktor A, B, C, dan D terhadap rasa tiwul instan. Kemudian untuk faktor yang memberikan persentase kontribusi terbesar yaitu faktor B dengan kontribusi sebesar 32.31%.

4.3.2 Signal to Noise Ratio (SNR)

Nilai SNR untuk penentuan level faktor optimum dilakukan dengan memilih nilai SNR terbesar. Perhitungan SNR untuk kedua variabel respon didasarkan pada fungsi objektif *Larger the Better* (LTB) dirumuskan dengan:

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

Hasil perhitungan SNR ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 4. 12 Nilai SNR Kadar Protein

Trial	Faktor Kendali				Data Hasil Percobaan (%)			SNR
	A	B	C	D	Replikasi Ke			
	1	2	3	4	1	2	3	
1	1	1	1	1	6.31	6.37	6.39	16.0642
2	1	2	2	2	5.99	5.89	5.8	15.4050
3	1	3	3	3	5.96	5.97	6.03	15.5434
4	2	1	2	3	6.59	6.55	6.43	16.2880
5	2	2	3	1	7.28	7.26	7.06	17.1441
6	2	3	1	2	7.36	7.46	7.22	17.3195
7	3	1	3	2	7.24	7.96	7.94	17.7192
8	3	2	1	3	8.05	7.89	7.53	17.8576
9	3	3	2	1	8.22	8.19	8.33	18.3249

Tabel 4. 13 Nilai SNR Rasa

Trial	Faktor Kendali				Data Hasil Percobaan			SNR
	A	B	C	D	Replikasi Ke			
	Nomor Kolom				1	2	3	
1	1	1	1	1	6.13	5.93	5.90	15.5431
2	1	2	2	2	5.50	5.63	5.73	14.9944
3	1	3	3	3	5.37	5.50	5.33	14.6456
4	2	1	2	3	5.80	5.47	5.50	14.9374
5	2	2	3	1	5.40	5.50	5.43	14.7183
6	2	3	1	2	5.60	5.57	5.47	14.8758
7	3	1	3	2	5.87	5.53	5.70	15.1101
8	3	2	1	3	5.47	5.60	5.40	14.7867
9	3	3	2	1	5.63	5.67	5.60	15.0150

4.3.3 Efek Tiap Faktor

Efek tiap faktor dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui formulasi yang akan menghasilkan kombinasi level faktor terbaik bag masing-masing variabel respon.

1. Kadar Protein

Perhitungan efek tiap faktor untuk variabel respon kadar protein disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 4. 14 Efek Tiap Faktor Kadar Protein

Level	Faktor Kendali			
	A	B	C	D
Level 1	6.0789	6.8644	7.1756	7.2678
Level 2	7.0233	6.9722	6.8878	6.9844
Level 3	7.9278	7.1933	6.9667	6.7778
Maksimum	7.9278	7.1933	7.1756	7.2678
Minimum	6.0789	6.8644	6.8878	6.7778
Selisih	1.8489	0.3289	0.2878	0.4900
Rank	1	3	4	2
Optimal	A3	B3	C1	D1

Karena berdasarkan Analisis Variansi semua faktor kendali untuk variabel respon kadar protein berpengaruh signifikan, maka kombinasi level faktor terbaik adalah A3, B3, C1, dan D1.

2. Rasa

Perhitungan efek tiap faktor untuk variabel respon kadar protein disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 4. 15 Efek Tiap Faktor Rasa

Level	Faktor Kendali			
	A	B	C	D
Level 1	5.6704	5.7593	5.6741	5.6889
Level 2	5.5259	5.5185	5.6148	5.6222
Level 3	5.6074	5.5259	5.5148	5.4926
Maksimum	5.6704	5.7593	5.6741	5.6889
Minimum	5.5259	5.5185	5.5148	5.4926
Selisih	0.1444	0.2407	0.1593	0.1963
Rank	4	1	3	2
Optimal	A1	B1	C1	D1

Karena berdasarkan Analisis Variansi semua faktor kendali untuk variabel respon rasa berpengaruh signifikan, maka kombinasi level faktor terbaik adalah A1, B1, C1, dan D1. Disebabkan oleh kombinasi level optimal pada masing-masing variabel respon berbeda, maka dari itu diperlukan analisis multi respon. Semua faktor yang berpengaruh terhadap kandungan protein dan rasa yaitu A, B, C, dan D diperlukan analisis terhadap 81 alternatif kombinasi sebagaimana tabel berikut:

Tabel 4. 16 1/9 FFE (*Fractional-Factorial Experiment*)

		A1			A2			A3		
		B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B3
C1	D1									
	D2									
	D3									
C2	D1									
	D2									
	D3									
C3	D1									
	D2									
	D3									

4.3.4 Prediksi Nilai Variabel Respon

Berdasarkan data pada tabel 4.2 dan 1/9 FFE (*Fractional-Factorial Experiment*) pada tabel 4.16, dengan 4 faktor yang berpengaruh secara signifikan, menggunakan metode regresi linear berganda dapat disusun tabel model regresi linear berganda kandungan protein (dalam %) berikut:

Tabel 4. 17 Model Regresi Linear Berganda Kandungan Protein

Replikasi ke	Model Regresi
1	$Y = 5.6 + 0.8750 A + 0.2333 B - 0.2067 C - 0.2017 D$
2	$Y = 5.5233 + 0.9683 A + 0.1233 B - 0.0883 C - 0.235 D$
3	$Y = 5.47 + 0.93 A + 0.1367 B - 0.0183 C - 0.2983 D$

Berdasarkan tabel 4.16. dapat disusun penomoran untuk trial 1/9 FFE (*Fractional-Factorial Experiment*) dengan 4 faktor 3 level sebagai berikut :

Tabel 4. 18 Penomoran untuk trial 1/9 FFE (*Fractional-Factorial Experiment*)

		A1			A2			A3		
		B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B3
C1	D1	1	10	19	28	37	46	55	64	73
	D2	2	11	20	29	38	47	56	65	74
	D3	3	12	21	30	39	48	57	66	75
C2	D1	4	13	22	31	40	49	58	67	76
	D2	5	14	23	32	41	50	59	68	77
	D3	6	15	24	33	42	51	60	69	78
C3	D1	7	16	25	34	43	52	61	70	79
	D2	8	17	26	35	44	53	62	71	80
	D3	9	18	27	36	45	54	63	72	81

Berdasarkan model regresi linear berganda pada tabel 4.17 dan penomoran untuk trial 1/9 FFE (*Fractional-Factorial Experiment*) pada tabel 4.18 dapat disusun hasil prediksi daya serap warna sebagaimana tabel 4.19 berikut:

Tabel 4. 19 Hasil Prediksi Kandungan Protein (%)

Trial	Faktor Kendali				Replikasi ke			Rata-rata
	A	B	C	D	1	2	3	
1	1	1	1	1	6.30	6.29	6.22	6.27
2	1	1	1	2	6.10	6.06	5.92	6.03
3	1	1	1	3	5.90	5.82	5.62	5.78
4	1	1	2	1	6.09	6.20	6.20	6.17
5	1	1	2	2	5.89	5.97	5.90	5.92
6	1	1	2	3	5.69	5.73	5.61	5.68
7	1	1	3	1	5.89	6.12	6.18	6.06
8	1	1	3	2	5.69	5.88	5.89	5.82
9	1	1	3	3	5.48	5.65	5.59	5.57
10	1	2	1	1	6.53	6.41	6.36	6.44
11	1	2	1	2	6.33	6.18	6.06	6.19
12	1	2	1	3	6.13	5.94	5.76	5.95
13	1	2	2	1	6.33	6.33	6.34	6.33
14	1	2	2	2	6.13	6.09	6.04	6.09
15	1	2	2	3	5.92	5.86	5.74	5.84
16	1	2	3	1	6.12	6.24	6.32	6.23
17	1	2	3	2	5.92	6.00	6.02	5.98

Trial	Faktor Kendali				Replikasi ke			Rata-rata
	A	B	C	D	1	2	3	
18	1	2	3	3	5.72	5.77	5.72	5.74
19	1	3	1	1	6.77	6.54	6.49	6.60
20	1	3	1	2	6.57	6.30	6.20	6.35
21	1	3	1	3	6.36	6.07	5.90	6.11
22	1	3	2	1	6.56	6.45	6.48	6.50
23	1	3	2	2	6.36	6.21	6.18	6.25
24	1	3	2	3	6.16	5.98	5.88	6.01
25	1	3	3	1	6.35	6.36	6.46	6.39
26	1	3	3	2	6.15	6.13	6.16	6.15
27	1	3	3	3	5.95	5.89	5.86	5.90
28	2	1	1	1	7.18	7.26	7.15	7.20
29	2	1	1	2	6.97	7.02	6.85	6.95
30	2	1	1	3	6.77	6.79	6.55	6.71
31	2	1	2	1	6.97	7.17	7.13	7.09
32	2	1	2	2	6.77	6.94	6.83	6.85
33	2	1	2	3	6.57	6.70	6.54	6.60
34	2	1	3	1	6.76	7.08	7.11	6.99
35	2	1	3	2	6.56	6.85	6.82	6.74
36	2	1	3	3	6.36	6.61	6.52	6.50
37	2	2	1	1	7.41	7.38	7.29	7.36
38	2	2	1	2	7.21	7.15	6.99	7.11
39	2	2	1	3	7.01	6.91	6.69	6.87
40	2	2	2	1	7.20	7.29	7.27	7.26
41	2	2	2	2	7.00	7.06	6.97	7.01
42	2	2	2	3	6.80	6.82	6.67	6.77
43	2	2	3	1	7.00	7.21	7.25	7.15
44	2	2	3	2	6.79	6.97	6.95	6.91
45	2	2	3	3	6.59	6.74	6.65	6.66
46	2	3	1	1	7.64	7.51	7.42	7.52
47	2	3	1	2	7.44	7.27	7.13	7.28
48	2	3	1	3	7.24	7.04	6.83	7.03
49	2	3	2	1	7.44	7.42	7.41	7.42
50	2	3	2	2	7.23	7.18	7.11	7.17
51	2	3	2	3	7.03	6.95	6.81	6.93
52	2	3	3	1	7.23	7.33	7.39	7.32
53	2	3	3	2	7.03	7.09	7.09	7.07
54	2	3	3	3	6.83	6.86	6.79	6.83
55	3	1	1	1	8.05	8.23	8.08	8.12
56	3	1	1	2	7.85	7.99	7.78	7.87
57	3	1	1	3	7.65	7.76	7.48	7.63
58	3	1	2	1	7.84	8.14	8.06	8.02
59	3	1	2	2	7.64	7.90	7.76	7.77
60	3	1	2	3	7.44	7.67	7.47	7.53
61	3	1	3	1	7.64	8.05	8.04	7.91

Trial	Faktor Kendali				Replikasi ke			Rata-rata
	A	B	C	D	1	2	3	
62	3	1	3	2	7.44	7.82	7.75	7.67
63	3	1	3	3	7.23	7.58	7.45	7.42
64	3	2	1	1	8.28	8.35	8.22	8.28
65	3	2	1	2	8.08	8.12	7.92	8.04
66	3	2	1	3	7.88	7.88	7.62	7.79
67	3	2	2	1	8.08	8.26	8.20	8.18
68	3	2	2	2	7.88	8.03	7.90	7.93
69	3	2	2	3	7.67	7.79	7.60	7.69
70	3	2	3	1	7.87	8.17	8.18	8.08
71	3	2	3	2	7.67	7.94	7.88	7.83
72	3	2	3	3	7.47	7.70	7.58	7.59
73	3	3	1	1	8.52	8.47	8.35	8.45
74	3	3	1	2	8.32	8.24	8.06	8.20
75	3	3	1	3	8.11	8.00	7.76	7.96
76	3	3	2	1	8.31	8.39	8.34	8.34
77	3	3	2	2	8.11	8.15	8.04	8.10
78	3	3	2	3	7.91	7.92	7.74	7.85
79	3	3	3	1	8.10	8.30	8.32	8.24
80	3	3	3	2	7.90	8.06	8.02	7.99
81	3	3	3	3	7.70	7.83	7.72	7.75

Berdasarkan data pada tabel 4.2 dan 1/9 FFE (*Fractional-Factorial Experiment*) pada tabel 4.16, dengan 4 faktor yang berpengaruh secara signifikan terhadap rasa tiwul instan, menggunakan metode regresi linear berganda dapat disusun tabel model regresi linear berganda berikut :

Tabel 4. 20 Model Regresi Linear Berganda Rasa

Replikasi ke	Model Regresi
1	$Y = 6.4111 - 0.005 A - 0.2 B - 0.0933 C - 0.0867 D$
2	$Y = 6.1167 - 0.0433 A - 0.0317 B - 0.095 C - 0.0883 D$
3	$Y = 6.2189 - 0.0433 A - 0.1167 B - 0.0517 C - 0.1167 D$

Berdasarkan model regresi linear berganda pada tabel 4.20 dan penomoran untuk trial 1/9 FFE (*Fractional-Factorial Experiment*) pada tabel 4.18 dapat disusun hasil prediksi daya serap warna sebagaimana tabel 4.21 berikut:

Tabel 4. 21 Hasil Prediksi Rasa

Trial	Faktor Kendali				Replikasi ke			Rata-rata
	A	B	C	D	1	2	3	
1	1	1	1	1	6.03	5.86	5.89	5.93
2	1	1	1	2	5.94	5.77	5.77	5.83
3	1	1	1	3	5.85	5.68	5.66	5.73

Trial	Faktor Kendali				Replikasi ke			Rata-rata
	A	B	C	D	1	2	3	
4	1	1	2	1	5.93	5.76	5.84	5.85
5	1	1	2	2	5.85	5.68	5.72	5.75
6	1	1	2	3	5.76	5.59	5.61	5.65
7	1	1	3	1	5.84	5.67	5.79	5.77
8	1	1	3	2	5.75	5.58	5.67	5.67
9	1	1	3	3	5.67	5.49	5.55	5.57
10	1	2	1	1	5.83	5.83	5.77	5.81
11	1	2	1	2	5.74	5.74	5.66	5.71
12	1	2	1	3	5.65	5.65	5.54	5.61
13	1	2	2	1	5.73	5.73	5.72	5.73
14	1	2	2	2	5.65	5.64	5.61	5.63
15	1	2	2	3	5.56	5.56	5.49	5.53
16	1	2	3	1	5.64	5.64	5.67	5.65
17	1	2	3	2	5.55	5.55	5.55	5.55
18	1	2	3	3	5.47	5.46	5.44	5.45
19	1	3	1	1	5.63	5.80	5.66	5.69
20	1	3	1	2	5.54	5.71	5.54	5.60
21	1	3	1	3	5.45	5.62	5.42	5.50
22	1	3	2	1	5.53	5.70	5.61	5.61
23	1	3	2	2	5.45	5.61	5.49	5.52
24	1	3	2	3	5.36	5.52	5.37	5.42
25	1	3	3	1	5.44	5.61	5.55	5.53
26	1	3	3	2	5.35	5.52	5.44	5.44
27	1	3	3	3	5.27	5.43	5.32	5.34
28	2	1	1	1	6.02	5.82	5.85	5.89
29	2	1	1	2	5.93	5.73	5.73	5.80
30	2	1	1	3	5.85	5.64	5.61	5.70
31	2	1	2	1	5.93	5.72	5.80	5.81
32	2	1	2	2	5.84	5.63	5.68	5.72
33	2	1	2	3	5.75	5.54	5.56	5.62
34	2	1	3	1	5.83	5.63	5.74	5.73
35	2	1	3	2	5.75	5.54	5.63	5.64
36	2	1	3	3	5.66	5.45	5.51	5.54
37	2	2	1	1	5.82	5.78	5.73	5.78
38	2	2	1	2	5.73	5.70	5.61	5.68
39	2	2	1	3	5.65	5.61	5.50	5.58
40	2	2	2	1	5.73	5.69	5.68	5.70
41	2	2	2	2	5.64	5.60	5.56	5.60
42	2	2	2	3	5.55	5.51	5.45	5.50
43	2	2	3	1	5.63	5.59	5.63	5.62
44	2	2	3	2	5.55	5.51	5.51	5.52
45	2	2	3	3	5.46	5.42	5.39	5.42
46	2	3	1	1	5.62	5.75	5.61	5.66
47	2	3	1	2	5.53	5.66	5.50	5.56

Trial	Faktor Kendali				Replikasi ke			Rata-rata
	A	B	C	D	1	2	3	
48	2	3	1	3	5.45	5.58	5.38	5.47
49	2	3	2	1	5.53	5.66	5.56	5.58
50	2	3	2	2	5.44	5.57	5.45	5.48
51	2	3	2	3	5.35	5.48	5.33	5.39
52	2	3	3	1	5.43	5.56	5.51	5.50
53	2	3	3	2	5.35	5.47	5.39	5.40
54	2	3	3	3	5.26	5.39	5.28	5.31
55	3	1	1	1	6.02	5.77	5.80	5.86
56	3	1	1	2	5.93	5.68	5.69	5.77
57	3	1	1	3	5.84	5.60	5.57	5.67
58	3	1	2	1	5.92	5.68	5.75	5.78
59	3	1	2	2	5.84	5.59	5.64	5.69
60	3	1	2	3	5.75	5.50	5.52	5.59
61	3	1	3	1	5.83	5.58	5.70	5.70
62	3	1	3	2	5.74	5.49	5.58	5.61
63	3	1	3	3	5.66	5.41	5.47	5.51
64	3	2	1	1	5.82	5.74	5.69	5.75
65	3	2	1	2	5.73	5.65	5.57	5.65
66	3	2	1	3	5.64	5.56	5.45	5.55
67	3	2	2	1	5.72	5.65	5.64	5.67
68	3	2	2	2	5.64	5.56	5.52	5.57
69	3	2	2	3	5.55	5.47	5.40	5.47
70	3	2	3	1	5.63	5.55	5.58	5.59
71	3	2	3	2	5.54	5.46	5.47	5.49
72	3	2	3	3	5.46	5.37	5.35	5.39
73	3	3	1	1	5.62	5.71	5.57	5.63
74	3	3	1	2	5.53	5.62	5.45	5.53
75	3	3	1	3	5.44	5.53	5.34	5.44
76	3	3	2	1	5.52	5.61	5.52	5.55
77	3	3	2	2	5.44	5.53	5.40	5.45
78	3	3	2	3	5.35	5.44	5.29	5.36
79	3	3	3	1	5.43	5.52	5.47	5.47
80	3	3	3	2	5.34	5.43	5.35	5.37
81	3	3	3	3	5.26	5.34	5.23	5.28

4.3.5 Penentuan Level Faktor Kondisi Optimal Menggunakan MRSN

Karena kondisi optimal kandungan protein dan rasa tiwul instan yang diperoleh dari kombinasi level faktor yang berbeda, maka diperlukan analisis untuk mengoptimalkan kondisi yang berbeda tersebut menggunakan taguchi multi respon. Taguchi multi respon yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Multi Respon Signal to Noise Ratio* (MRSN) yang terdiri dari beberapa tahapan berikut:

1. Menghitung *quality loss* (L_{ij}) untuk setiap trial.

Karakteristik kualitas kandungan protein dan rasa adalah *Larger-the-better* (LTB),

$$L_{ij} = k \frac{1}{n_i} \sum_{k=1}^{n_i} \frac{1}{y_{ijk}^2}$$

dengan:

y_{ijk} = data untuk respon ke-i, trial ke-j, replikasi ke-k;

n_i = replikasi untuk respon ke-i ;

k = koefisien dari *quality loss*

Untuk menaikkan kada protein dari 1.70% menjadi 8.45% dibutuhkan tambahan biaya sebesar Rp5050,- sehingga fungsi kerugian (k):

$$k = \frac{6950}{6.74^2} = 152.839$$

Sedangkan untuk menaikkan target rasa tiwul instan dari kondisi awal 5.90 menjadi 5.9205 dibutuhkan tambahan biaya sebesar Rp3150,- sehingga fungsi kerugian (k):

$$k = \frac{3150}{0.0205^2} = 7471221.96$$

2. Menentukan *Multi Respon Signal to Noise Ratio* (MRSN).

a. Menentukan *quality loss* maksimum untuk tiap respon.

b. Normalisasi *quality loss* (C_{ij}) tiap eksperimen.

$$C_{ij} = \frac{L_{ij}}{L_i^*}$$

dengan $L_i^* = \max \{L_{i1}, L_{i2}, \dots, L_{ij}\}$

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

$$TNQL_i = \sum_{i=1}^m w_i C_{ij}$$

dengan : w_i = bobot dari normalisasi respon ke-i

Berdasarkan hasil wawancara yang dilakukan kepada produsen, menyatakan bahwa rasa relatif lebih penting dibanding kandungan protein yang terkandung dalam tiwul istan dan dipilih istilah linguistiknya “High” dan “Medium”. Tingkat kepentingan relatif ditunjukkan dalam tabel linguistic term, kemudian istilah tersebut dikonversikan ke dalam bilangan fuzzy. Berdasarkan tabel crisp scores of fuzzy number, dapat diperoleh kandungan protein sebesar 0.583 dan rasa sebesar 0.750. jadi, bobot kandungan protein (w_1) dan rasa (w_2) yaitu:

$$w_1 = \frac{0.583}{(0.583+0.750)} = 0.437359$$

$$w_2 = \frac{0.750}{(0.583+0.750)} = 0.562641$$

d. Menghitung MRSN ratio setiap eksperimen.

$$MRSN_j = -10\log(TNQL_j)$$

Nilai MRSN dapat dilihat pada tabel 4.22 berikut:

Tabel 4. 22 Nilai MRSN

Trial	Faktor Kendali				TNQLj	MRSN
	A	B	C	D		
1	1	1	1	1	0.79	1.01
2	1	1	1	2	0.84	0.78
3	1	1	1	3	0.88	0.54
4	1	1	2	1	0.82	0.88
5	1	1	2	2	0.86	0.65
6	1	1	2	3	0.91	0.40
7	1	1	3	1	0.84	0.75
8	1	1	3	2	0.89	0.51
9	1	1	3	3	0.94	0.26
10	1	2	1	1	0.79	1.01
11	1	2	1	2	0.83	0.78
12	1	2	1	3	0.88	0.55
13	1	2	2	1	0.82	0.88
14	1	2	2	2	0.86	0.65
15	1	2	2	3	0.91	0.41
16	1	2	3	1	0.84	0.75
17	1	2	3	2	0.89	0.52
18	1	2	3	3	0.94	0.27
19	1	3	1	1	0.80	0.99
20	1	3	1	2	0.84	0.77

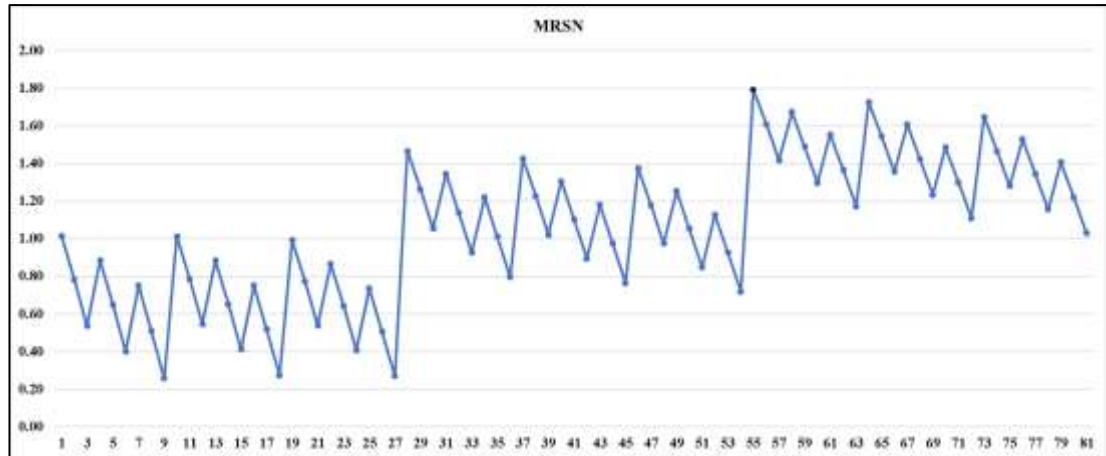
Trial	Faktor Kendali				TNQLj	MRSN
	A	B	C	D		
21	1	3	1	3	0.88	0.54
22	1	3	2	1	0.82	0.87
23	1	3	2	2	0.86	0.64
24	1	3	2	3	0.91	0.41
25	1	3	3	1	0.84	0.73
26	1	3	3	2	0.89	0.51
27	1	3	3	3	0.94	0.27
28	2	1	1	1	0.71	1.47
29	2	1	1	2	0.75	1.26
30	2	1	1	3	0.78	1.05
31	2	1	2	1	0.73	1.34
32	2	1	2	2	0.77	1.14
33	2	1	2	3	0.81	0.93
34	2	1	3	1	0.76	1.22
35	2	1	3	2	0.79	1.01
36	2	1	3	3	0.83	0.80
37	2	2	1	1	0.72	1.43
38	2	2	1	2	0.75	1.23
39	2	2	1	3	0.79	1.02
40	2	2	2	1	0.74	1.31
41	2	2	2	2	0.78	1.10
42	2	2	2	3	0.81	0.89
43	2	2	3	1	0.76	1.18
44	2	2	3	2	0.80	0.98
45	2	2	3	3	0.84	0.76
46	2	3	1	1	0.73	1.37
47	2	3	1	2	0.76	1.18
48	2	3	1	3	0.80	0.97
49	2	3	2	1	0.75	1.25
50	2	3	2	2	0.78	1.05
51	2	3	2	3	0.82	0.85
52	2	3	3	1	0.77	1.13
53	2	3	3	2	0.81	0.93
54	2	3	3	3	0.85	0.72
55	3	1	1	1	0.66	1.79
56	3	1	1	2	0.69	1.61
57	3	1	1	3	0.72	1.42
58	3	1	2	1	0.68	1.67
59	3	1	2	2	0.71	1.49
60	3	1	2	3	0.74	1.30
61	3	1	3	1	0.70	1.55
62	3	1	3	2	0.73	1.37
63	3	1	3	3	0.76	1.17
64	3	2	1	1	0.67	1.73

Trial	Faktor Kendali				TNQLj	MRSN
	A	B	C	D		
65	3	2	1	2	0.70	1.54
66	3	2	1	3	0.73	1.36
67	3	2	2	1	0.69	1.61
68	3	2	2	2	0.72	1.42
69	3	2	2	3	0.75	1.23
70	3	2	3	1	0.71	1.49
71	3	2	3	2	0.74	1.30
72	3	2	3	3	0.77	1.11
73	3	3	1	1	0.68	1.65
74	3	3	1	2	0.71	1.47
75	3	3	1	3	0.74	1.28
76	3	3	2	1	0.70	1.53
77	3	3	2	2	0.73	1.35
78	3	3	2	3	0.77	1.16
79	3	3	3	1	0.72	1.41
80	3	3	3	2	0.75	1.22
81	3	3	3	3	0.79	1.03

3. Menentukan kombinasi level faktor optimal berdasarkan nilai MRSN terbesar.

Berdasarkan tabel 4.22, diperoleh kombinasi level faktor optimal yang menghasilkan respon optimum dengan nilai MRSN terbesar yaitu 1.79 terletak pada trial ke 55. Kombinasi level faktor optimum tersebut yaitu A3, B1, C1, D1 (tepung gandum 30%, kacang koro pedang 10%, lama fermentasi 24 jam, dan konsentrasi kalsium hidroksida 5%). Kombinasi ini mampu menaikkan kandungan protein dari kondisi semula rata-rata sebesar 1.70% menjadi rata-rata 8.12% atau naik 6.42%, dan menaikkan rasa tiwul instan dari kondisi semula rata-rata 5.8 menjadi 5.86 atau naik 0.06. Hasil perhitungan MRSN yang diperoleh kemudian ditampilkan pada grafik berikut ini:

Gambar 4. 4 Grafik Hasil Perhitungan MRSN



BAB 5

PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan di Kecamatan Lempuing, Kabupaten Ogan Komering Ilir, Sumatera Selatan yang bertujuan untuk meningkatkan kandungan protein dan rasa dari tiwul instan dengan perancangan eksperimen taguchi untuk mengetahui faktor-faktor mana saja yang berpengaruh nyata. Faktor-faktor yang dipilih diduga dapat memberikan pengaruh nyata terhadap kandungan protein dan rasa tiwul instan berdasarkan studi literatur yang telah dilakukan sebelumnya. Tahap awal penelitian dilakukan dengan mengumpulkan alat dan bahan yang akan digunakan dalam eksperimen ini. Bahan pokok berupa ubi kayu pahit diperoleh dari petani di lingkungan sekitar yang banyak membudidayakannya, sedangkan bahan substitusi berupa kacang koro pedang, tepung gandum, dan kalsium hidroksida diperoleh dari pasar tradisional, begitu juga dengan alat yang akan digunakan untuk merendam (fermentasi). Setelah tahap pelaksanaan eksperimen selesai dilakukan, diperoleh produk berupa tiwul instan yang kemudian dilakukan pengujian kandungan protein dan rasa. Pengujian kandungan protein dilakukan di laboratorium Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian Universitas Gajah Mada Yogyakarta, sedangkan untuk pengujian rasa tiwul instan dilakukan dengan memilih panelis dari konsumen untuk mencicipi dan memberikan penilaian terhadap masing-masing sampel yang diberikan.

Data hasil pengolahan data kandungan protein dan rasa pada tabel 4.2 dan 4.3, kemudian dilakukan pengujian normalitas dan homogenitas untuk mengetahui apakah data yang diperoleh sudah memenuhi syarat untuk dilakukannya analisis varian. Dari hasil uji normalitas kandungan protein pada tabel 4.4 diketahui bahwa nilai $D_{maks} (0.2176) < D_{tabel} (0.254)$ sehingga hasil eksperimen kandungan protein berdistribusi normal, begitu juga dengan data untuk rasa tiwul instan berdistribusi normal dengan nilai $D_{maks} (0.1463) < D_{tabel} (0.254)$. Selanjutnya uji homogenitas untuk mengetahui apakah data berasal dari populasi yang tidak jauh berbeda keragamannya. Dengan menggunakan metode Bartlett diperoleh nilai $x^2_{hitung} 0.0263 < x^2_{tabel(0.05;2)} 5.9915$, sehingga dinyatakan data hasil eksperimen kadar

protein homogen, begitu juga dengan uji homogenitas rasa dengan nilai x^2_{hitung} $2.6028 < x^2_{tabel(0.05;2)} 5.9915$, sehingga hasil eksperimen pada variabel respon rasa dinyatakan homogen.

Perhitungan Anova yang telah dilakukan untuk mengetahui faktor-faktor mana saja yang berpengaruh terhadap variabel respon. Berdasarkan tabel 4.10 diketahui bahwa semua faktor memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kandungan protein tiwul instan dengan saktor A (kacang koro pedang) memberikan pengaruh terbesar dengan ditunjukkan nilai persentase kontribusi sebesar 85.28%. Kemudian pada tabel 4.11 juga menunjukkan semua faktor memberikan pengaruh yang signifikan terhadap rasa tiwul instan. Faktor B (tepung gandum) memberikan pengaruh terbesar dengan nilai persentase kontribusi sebesar 32.31%.

Nilai SNR *Larger the Better* pada tabel 4.12 diperoleh trial ke 9 (A3-B3-C2-D1) dengan nilai SNR 18.3249, hal ini diduga karena level faktor A3 (kacang koro pedang 30%) dan B3 (tepung gandum 30%) dapat memberikan hasil kadar protein terbaik. Ini dikarenakan kacang koro pedang dan gandum memiliki kandungan protein yang tinggi sehingga jika dijadikan bahan substitusi dapat memberikan peningkatan kadar protein yang tinggi. Sementara pada tabel 4.13 nilai SNR tertinggi 15.5431 pada trial ke 1 (A1-B1-C1-D1), hal ini diduga penambahan substitusi dapat mempengaruhi rasa tiwul instan, sehingga panelis memberikan penilaian terbaik pada trial ke 1.

Perhitunga efek tiap faktor pada variabel respon kandungan protein diperoleh hasil kombinasi optimal A3, B3, C1, dan D1 (kacang koro pedang 30%, gandum 30%, fermentasi 24 jam, dan konsentrasi kalsium hidroksida 5%). Lalu untuk rasa tiwul instan diperoleh hasil kombinasi optimal A1, B1, C1, dan D1 (kacang koro pedang 10%, gandum 10%, fermentasi 24 jam, dan konsentrasi kalsium hidroksida 5%). Perhitungan MRSN diperlukan untuk mengoptimalkan level faktor optimal yang berbeda untuk masing-masing variabel respon.

Karena penelitian ini menggunakan matriks orthogonal $L_9(3^4)$, maka setidaknya terdapat 81 trial yang akan diprediksikan hasilnya menggunakan model persamaan regresi linear berganda, maka sebelum melakukan perhitungan MRSN, terlebih dahulu dibuat model regresi linear berganda untuk memprediksi nilai-nilai yang belum dilakukan eksperimen. Model regresi linear kandungan protein pada

tabel 4.17 diperoleh dari ketiga replikasi atau ulangan, konstanta Y bernilai positif, begitu juga dengan konstanta faktor A (kacang koro pedang) dan faktor B (tepung gandum) sedangkan untuk konstanta faktor C (lama fermentasi) dan faktor D (konsentrasi kalsium hidroksida) bernilai negatif. Hal ini sejalan dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Agustia, et al., (2018), Rukmini & Naufalin, (2015) yang menyatakan bahwa kacang koro pedang dan gandum memiliki kandungan protein yang tinggi sehingga cocok untuk digunakan sebagai bahan substitusi pada pembuatan tiwul instan. Kemudian pada penelitian yang dilakukan oleh Kurniawan, (2010), Hidayat, et al., (2015), Yani & Akbar, (2018) menyatakan bahwa lama fermentasi dapat menurunkan kadar HCN dan membantu menghilangkan rasa pahit dari ubi kayu jenis pahit, tetapi hal ini juga dapat menurunkan kandungan protein yang ada dalam ubi kayu tersebut.

Hasil moder persamaan regresi linear berganda rasa pada tabel 4.20 diketahui nilai konstanta Y untuk ketiga replikasi bernilai positif, sedangkan konstanta semua faktor memiliki nilai negatif. Hal ini juga sejalan dengan penelitian Agustia, et al., (2018), yang menyatakan jika penambahan kacang koro pedang dapat menimbulkan rasa khas kacang pada tiwul instan sehingga kurang disukai oleh panelis. Hal ini juga bisa dilihat pada tabel 4.21 dimana nilai rata-rata hasil prediksi menggunakan persamaan regresi linear berganda menghasilkan trial ke 1 memberikan nilai rata-rata rasa yang tertinggi yaitu 5.93, ini berarti pada variabel respon rasa panelis lebih menyukai tiwul instan dengan paling sedikit penambahan substitusi.

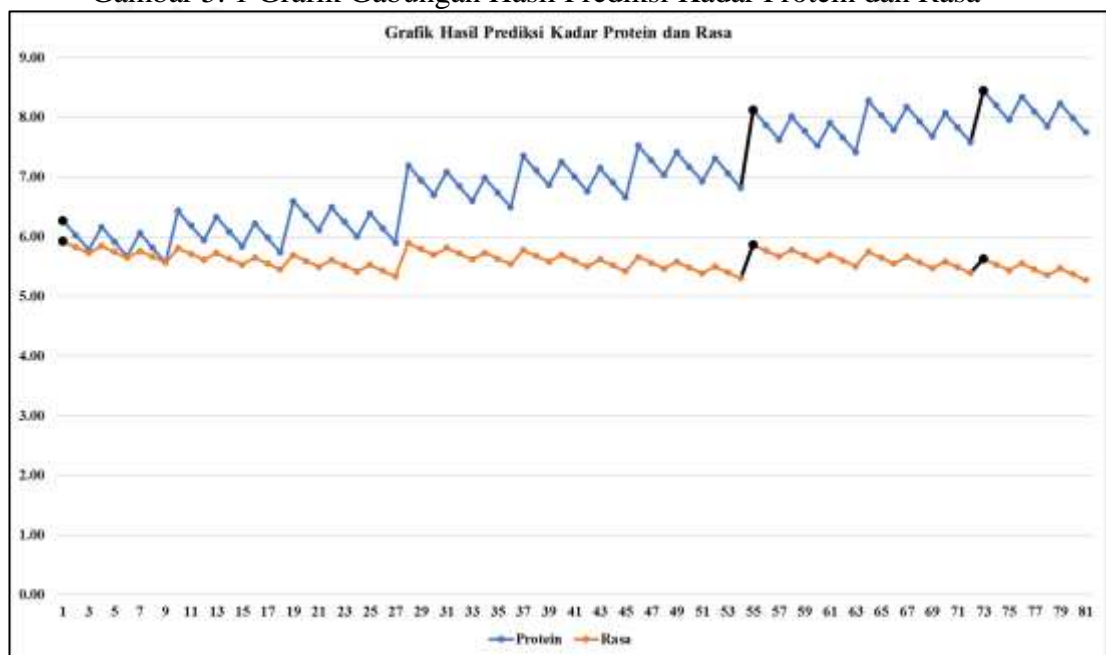
Berdasarkan nilai MRSN sebagaimana tabel 4.22, diperoleh kombinasi level optimal yang menghasilkan respon optimum terletak pada trial ke 55 dengan nilai MRSN 1.79. Berikut penjelasan level faktor optimal dari hasil eksperimen Taguchi pada pembuatan tiwul instan.

Tabel 5. 1 Level Faktor Optimal

No	Faktor Kendali	Kode	Level Optimal
1	Kacang koro pedang	A3	30%
2	Gandum	B1	10%
3	Lama fermentasi	C1	24 jam
4	Konsentrasi Ca(OH) ₂	D1	5%

Berdasarkan hasil prediksi, nilai rasa tertinggi terletak pada trial ke 1 (5.93), tetapi untuk kandungan proteinnya masih rendah (6.27). Sedangkan pada kandungan protein yang tertinggi pada trial ke 73 (8.45), tetapi nilai rasanya rendah (5.63). Level faktor optimal yang diperoleh mampu menaikkan kandungan protein dari kondisi semula rata-rata sebesar 1.70% menjadi rata-rata 8.12% atau naik 6.42%, dan menaikkan rasa tiwul instan dari kondisi semula rata-rata 5.8 menjadi 5.86 atau naik 0.06 terletak pada trial ke 55. Dapat dilihat pada grafik berikut ini:

Gambar 5. 1 Grafik Gabungan Hasil Prediksi Kadar Protein dan Rasa



BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Dari keempat faktor yang digunakan dalam penelitian ini yaitu kacang koro pedang, gandum, lama fermentasi, dan konsentrasi kalsium hidroksida, diperoleh bahwa semua faktor berpengaruh dengan signifikan terhadap kedua variabel respon yaitu kandungan protein dan rasa tiwul instan.
2. Dari hasil eksperimen diperoleh kombinasi level faktor optimal yaitu A3-B1-C1-D1 (kacang koro pedang 30%, gandum 10%, lama fermentasi 24 jam, dan konsentrasi kalsium hidroksida 5%). Hasil ini dapat meningkatkan kandungan protein dari kondisi semula 1.70% menjadi 8.12%, dan meningkatkan rasa tiwul instan dari semula 5.8 menjadi 5.85.

5.2 Saran

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi pertimbangan dan acuan bagi produsen untuk menyusun kombinasi level faktor yang optimal untuk meningkatkan kualitas produk agar dapat bersaing dan meningkatkan kepuasan konsumen.

Penelitian ini masih jauh dari kata sempurna, sehingga terdapat beberapa kelemahan yang dapat diperbaiki. Oleh karena itu penulis menyarankan untuk penelitian selanjutnya agar dapat mengembangkan penelitian ini terkait dengan faktor-faktor yang dapat meningkatkan kualitas tiwul instan terutama pada pemilihan level-level faktor agar lebih detail lagi, tidak hanya dari segi kandungan protein dan rasa. Pada pengujian Organoleptik dapat dikembangkan lagi untuk indikator-indikator rasa yang meliputi warna, aroma, dan tekstur.

DAFTAR PUSTAKA

Adejumo, O., Okoruwa, V., Abass, A. & Salman, K., 2020. Post-harvest technology change in cassava processing: A Choice Paradigm. *Scientific African*, Volume 7, pp. 1-10.

Agusta, D. S. & Cahyana, A. S., 2016. Penentuan komposisi yang tepat pembuatan kerupuk menggunakan fault tree analysis dan taguchi. *Jurnal Saintek*, Volume 13, pp. 117-125.

Agustia, F. C., Rukmini, H. S. & Naufalin, R., 2018. Formulasi Tiwul Instan Tinggi Protein dari Tepung Ubi Kayu yang Disubstitusi. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 7(1), pp. 15-19.

Aminah, S., 2004. Pengaruh Penambahan Tepung Tempe terhadap Kadar Protein, Sifat Fisik dan Organoleptik Tiwul Instan. *Jurnal Litbang Universitas Muhammadiyah Semarang*, 1(1), pp. 16-26.

Anggraini, S. D. et al., 2019. Desain eksperimen kuat tekan paving blok dengan bahan tambah abu batu bara (fly ash) dengan metode taguchi. *Seminar Nasional IENACO*, pp. 193-200.

Anugraha, R. A., Wiraditya, M. Y., Iqbal, M. & Darmawan, N. M., 2019. Application of Taguchi Method for Optimization of Parameter in Improving Soybean Cracking Process on Dry Process of tempeh Production. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Volume 528, pp. 1-8.

Asfar, M., Tjahjaningsih, Y. S. & Haryono, 2018. Pengendalian Kualitas Produk Bata Ringan AAC dengan Metode Taguchi di PT AFU 28. *Jurnal Energy*, Volume 8, pp. 49-58.

Berlian, Z., Fitratul, A. & Resti, U., 2016. Uji Kadar Alkohol Pada Tapai Ketan Putih Dan Singkong Melalui Fermentasi Dengan Dosis Ragi Yang Berbeda. *Jurnal Biota*, 2(1), pp. 106-111.

Chandrasekar, V., Kannan, K., Priyavarshini, R. & Gayathri, R., 2015. Application of taguchi method in optimization of process factors of ready to eat peanut (*Arachis hypogaea*) Chutney. *International Food Research Journal*, Volume 22, pp. 510-516.

Chen, W.-C. et al., 2016. Optimization of the plastic injection molding process using the Taguchi method, RSM, and hybrid GA-PSO. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 83(9), pp. 1873-1886.

Chiu, Y.-C. et al., 2019. Optimization of Red Wine Brewing Processing Condition by using Taguchi Method. *International Journal of Multidisciplinary and Current Research* , Volume 7, pp. 438-445.

Darmadji, 2016. Entrepreneurship as New Approach to Support National Agriculture Development Program to Go Self Sufficient Food. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, Volume 9, pp. 72-82.

David, J., 2018. TEKNOLOGI UNTUK MEMPERPANJANG MASA SIMPAN CABAI. *Jurnal Pertanian Agros* , Volume 20, pp. 22-28.

Desti, A. S., Wuryandari, T. & Sudarno, 2014. Penentuan komposisi waktu optimal produksi dengan metode taguchi (Studi Kasus: Penelitian di Pabrik Kerupuk Rambak Stik Cap Ikan Bawang, Semarang). *Jurnal Gaussian*, Volume 3, pp. 11-20.

Handayani, S. M. & Sundari, M. T., 2016. Pemberdayaan Wanita Tani Melalui Pembuatan Keripik Belut Daun Singkong di Kecamatan Jumantono Kabupaten Karanganyar. *Jurnal Dianmas*, 5(1), pp. 23-34.

Hasibuan, A. et al., 2018. Application of Taguchi and Analysis Hierarchy Process Methods for Furan Design on Metal Casting Industry. *International Journal of Engineering & Technology* , Volume 7, pp. 366-371.

Hidayat, B., Akmal, S. & Surfiana, 2015. *Kajian Potensi Beras Siger (Tiwul Instan) Fortifikasi Sebagai Pangan*. Bandar Lampung, Politeknik Negeri Lampung.

Kurniawan, S., 2010. Pengaruh Lamanya Fermentasi dan Konsentrasi Ca(OH)_2 untuk perendaman terhadap karakteristik tepung mocaf (modified cassava flavour) varietas singkong pahit (Pandemir L-2). *Skripsi. Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret Surakarta*.

Minarni, Warman, I. & Handayani, W., 2017. CAse-Based Reasoning (CBR) pada sistem pakar identifikasi hama dan penyakit tanaman singkong dalam usaha meningkatkan produktivitas tanaman pangan. *Jurnal TEKNOIF*, 5(1), pp. 41-47.

Morali, U., Demiral, H. & Sensoz, S., 2018. Optimization of activated carbon production from sunflower seed extracted meal: Taguchi design of experiment approach and analysis of variance. *Journal of Cleaner Production*, Volume 189, pp. 602-611.

Morgan, N. K. & Choct, M., 2016. Cassava: Nutrient composition and nutritive value in poultry diets. *Animal Nutrition*, Volume 2, pp. 253-261.

Muhiddin, N. H., Djide, M. N. & As'ad, S., 2014. Kandungan Gizi Ubi Kayu Pahit (Manihot aipi Phol.) pada Tahapan Pengolahan sebelum Fermentasi dan “Wikau Maombo” Hasil Fermentasi Tradisional. *Biowallacea*, 1(2), pp. 63-70.

Muntoha, Jamroni & Ummayah, R. U., 2015. Pelatihan Pemanfaatan dan Pengolahan Singkong menjadi Makanan Ringan Tela Rasa. *Jurnal Inovasi dan Kewirausahaan*, 4(3), pp. 188-193.

Mustafidah, A., 2017. Pelatihan Pengolahan Makanan Tradisional Untuk Meningkatkan Potensi Kreasi Olahan Basah Singkong di Desa Gayamharjo Prambanan Sleman. *Jurnal Bakti Saintek: Jurnal Pengabdian Masyarakat Bidang Sains dan Teknologi*, 1(2), pp. 79-83.

Muwarni, F. D., 2001. *Statistik Terapan*. Malang: Fakultas Ekonomi Universitas Negeri Malang.

Napitupulu, B. P. & Dewiani, S., 2020. Variasi Kue Tradisional dengan Bahan Dasar Singkong di Dapur Pastry Hotel el Royale Bandung. *Jurnal Akomodasi Agung*, 7(1), pp. 49-58.

Precoppe, M., Chapuis, A., Muller, J. & Abass, A., 2017. Tunnel Dryer and Pneumatic Dryer Performance Evaluating to Improve Small-Scale Cassava Processing in Tanzania. *Jurnal of Food Processing Engineering*, 40(1), pp. 1-10.

Pundir, R., Chary, G. & Dastiar, M., 2018. Application of Taguchi method for optimizing the process parameters for the removal of copper and nickel by growing *Aspergillus sp.*. *Water Resources and Industry*, Volume 20, pp. 83-92.

Puspitasari, A. W., 2015. Farmer's Prosperity: How to Increase Farmer's Bargain Power (In Islamic Perspective). *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Volume 455-460, p. 211.

Rahayu, W. P., 1998. *Penuntun Praktikum Penelitian Organoleptik*. Bogor: Jurusan Teknologi Pangan dan Gizi Fakultas Teknologi Pertanian.

Ribeiro, J. E., César, M. B. & Lopes, H., 2017. Optimization of machining parameters to improve the surface quality. *Procedia Structural Integrity*, Volume 5, pp. 355-362.

Rukmini, H. S. & Naufalin, R., 2015. Formulasi Tiwul Instan Tinggi Protein Melalui Penambahan Lembaga Serealia Dan Konsentrat Protein Kedelai. *Jurnal Teknologi Pangan*, 25(3), pp. 190-197.

Savelli, E. & Murmura, F., 2017. Food habits and attitudes towards food quality among young students. *International Journal of Quality and Service Sciences*, 9(3), pp. 456-468.

Sebastianelli, R. & Tamimi, N., 2002. How Product Quality Dimensions Related to Defining Quality. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 19(4), pp. 442-453.

Soejanto, I., 2019. *Desain Eksperimen dengan Metode Taguchi*. Edisi Pertama ed. Yogyakarta: Graha Ilmu.

Soekarto, S. T., 1985. *Penilaian Organoleptik untuk Industri Pangan dan Hasil Pertanian*. s.l.:Bharata Karya Aksara.

Soekarto, S. T., 1990. *Penilaian Organoleptik untuk Industri Pangan dan Hasil Pertanian*. Jakarta: Bhatara Karya Aksara.

Sudjana, 1996. *Teknik Analisis Regresi dan Korelasi Bagi Peneliti*. Bandung: Tarsito.

Yani, A. V. & Akbar, M., 2018. Pembuatan Tepung Mocaf (Modified Cassava Flour) dengan Berbagai Varietas Ubi Kayu dan Lama Fermentasi. *Edible*, 7(1), pp. 40-48.



DAFTAR LAMPIRAN

- Pelaksanaan eksperimen



Persiapan Bahan



Pengupasan Ubi Kayu



Pencucian Ubi Kayu



Persiapan untuk fermentasi



Bahan difermentasikan



Persiapan Penepungan



Penepungan



Persiapan Pencampuran



Pencampuran substitusi



Penjemuran pertama



Pengukusan



Penjemuran kedua



Pengemasan



Pengemasan

- Hasil uji Kadar Protein (hasil eksperimen)



Laboratorium Uji
TEKNOLOGI PANGAN DAN HASIL PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
Universitas Gadjah Mada
 Jl. Flora 1, Bulaksumur, Yogyakarta 55281
 Telp.0274-524517, 901311; Fax. 0274-549650

HASIL ANALISA

NO: 295 / PS / 05 / 21

Lab. Penguji : Pangan dan Gizi
 Waktu Pengujian : 21 Mei 2021
 Sampel : Tiwul Instan (9 sampel)
 Pemilik Sampel : Bayu Wahyu

No	Sampel/ Kode	Macam Analisa	Hasil Analisa		
			UL 1	UL 2	UL 3
1	A1	Protein, fk :6,25 (% wb)	6,21	6,36	6,12
2	A2	Protein, fk :6,25 (% wb)	5,60	5,86	5,91
3	A3	Protein, fk :6,25 (% wb)	5,26	5,36	5,16
4	A4	Protein, fk :6,25 (% wb)	6,30	6,33	6,25
5	A5	Protein, fk :6,25 (% wb)	7,47	7,45	7,27
6	A6	Protein, fk :6,25 (% wb)	7,56	7,64	7,42
7	A7	Protein, fk :6,25 (% wb)	7,19	7,38	7,36
8	A8	Protein, fk :6,25 (% wb)	8,25	8,19	8,29
9	A9	Protein, fk :6,25 (% wb)	8,59	8,58	8,63

No	Sampel/ Kode	Macam Analisa	Hasil Analisa		
			UL 1	UL 2	UL 3
1	A1	Protein, fk :6,25 (% db)	6,31	6,37	6,39
2	A2	Protein, fk :6,25 (% db)	5,99	5,89	5,80
3	A3	Protein, fk :6,25 (% db)	5,96	5,97	6,03
4	A4	Protein, fk :6,25 (% db)	6,59	6,55	6,43
5	A5	Protein, fk :6,25 (% db)	7,28	7,26	7,06
6	A6	Protein, fk :6,25 (% db)	7,36	7,46	7,22
7	A7	Protein, fk :6,25 (% db)	7,24	7,96	7,94
8	A8	Protein, fk :6,25 (% db)	8,05	7,89	7,53
9	A9	Protein, fk :6,25 (% db)	8,22	8,19	8,33

Yogyakarta, 4 Juni 2021
 Dilaporkan oleh
 Penyelia Teknis

Teknisi

Anang Juni Yastanto, S.T.P



Dr. Manikharda, S.T.P, M.Agr.

NB : Hasil analisa hanya berlaku untuk sampel yang dianalisa

- Hasil uji Kadar Protein (kondisi awal)



LABORATORIUM
KIMIA DAN MIKROBIOLOGI HASIL PERTANIAN
JURUSAN TEKNOLOGI PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN

Jl. Palembang-Prabumulih Km.32 Indralaya (Ol) Telp. (0711) 580664

LAPORAN ANALISA
No. 127/LABKHP/VIII/2021

Nama Pemesan : Bayu Wahyudi
Tanggal Terima : 09 Juli 2021
Tanggal Selesai : 16 Agustus 2021
Jumlah Sampel : 3
Jenis Analisa : Kadar Protein
Jenis Sampel : Tiwul

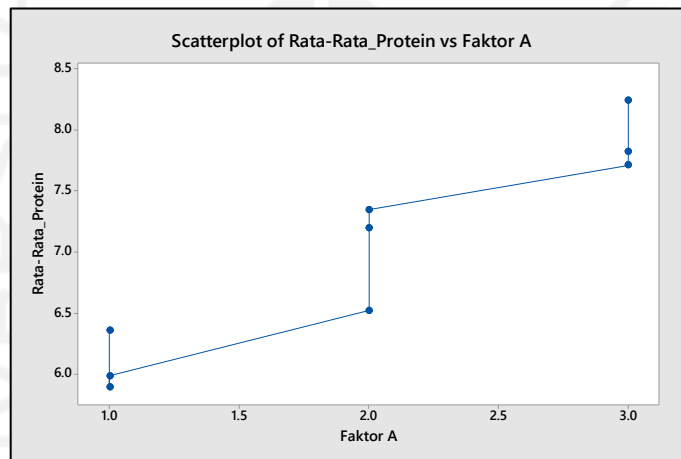
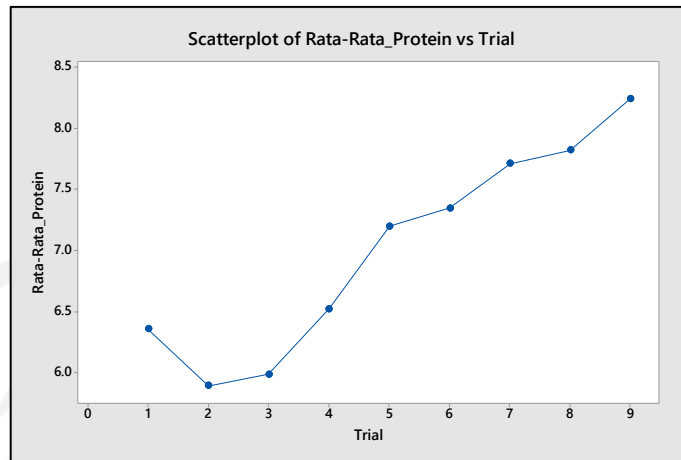
No	Kode	Kadar Protein (%)
1	T1	1,67
2	T2	1,67
3	T3	1,77

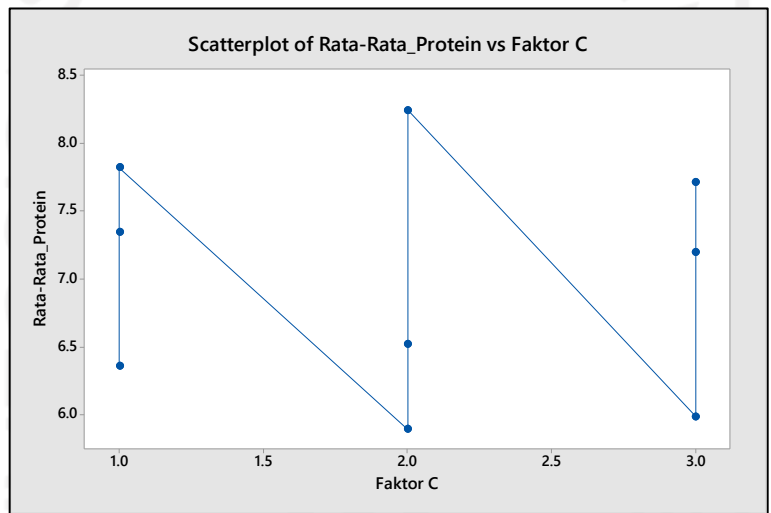
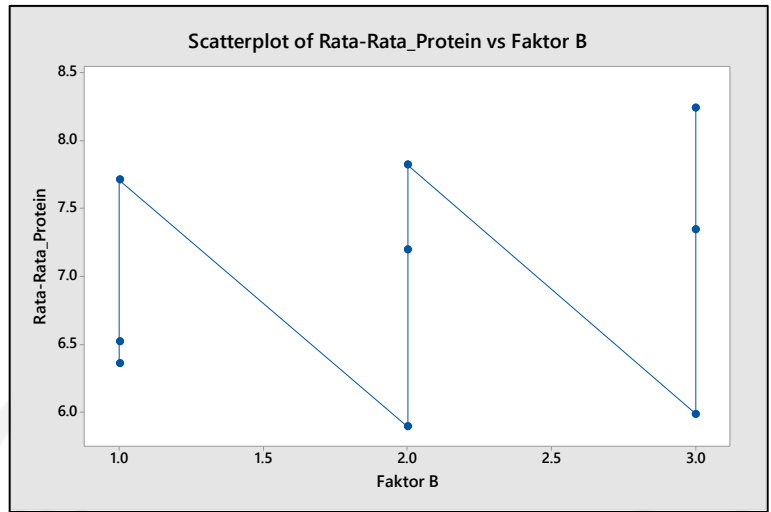
Palembang, 16 Agustus 2021
Koordinator Teknis Laboratorium,



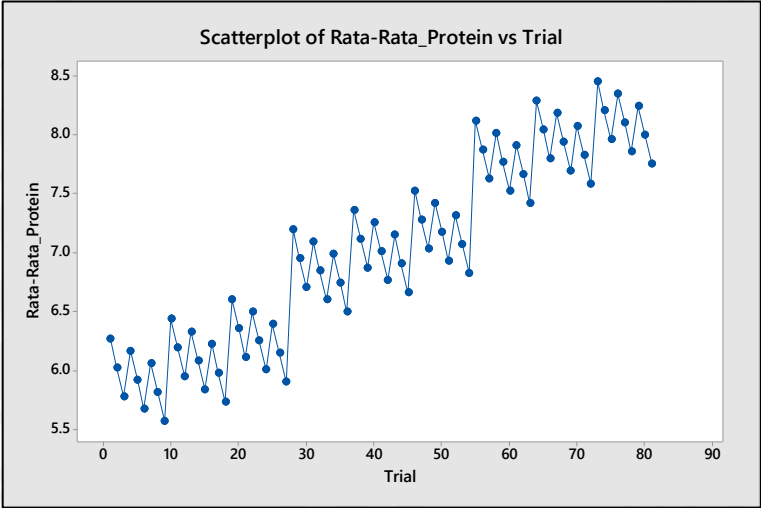
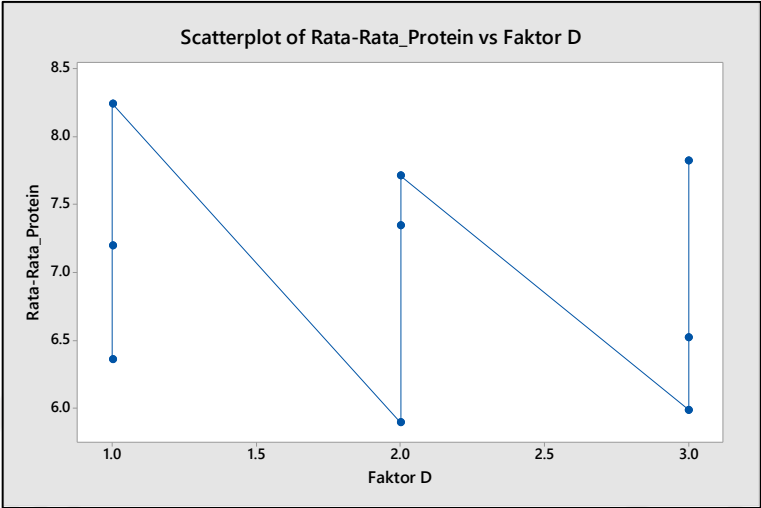
Hafsa, ST., M.T
NIP.198006202001122001

- Scatter Plot Untuk masing-masing hasil eksperimen
- Kadar Protein





UNIVERSITAS AL-AMMAH AL-ANDALUSIA
 الجامعة الإسلامية الأندلسية



- Rasa

