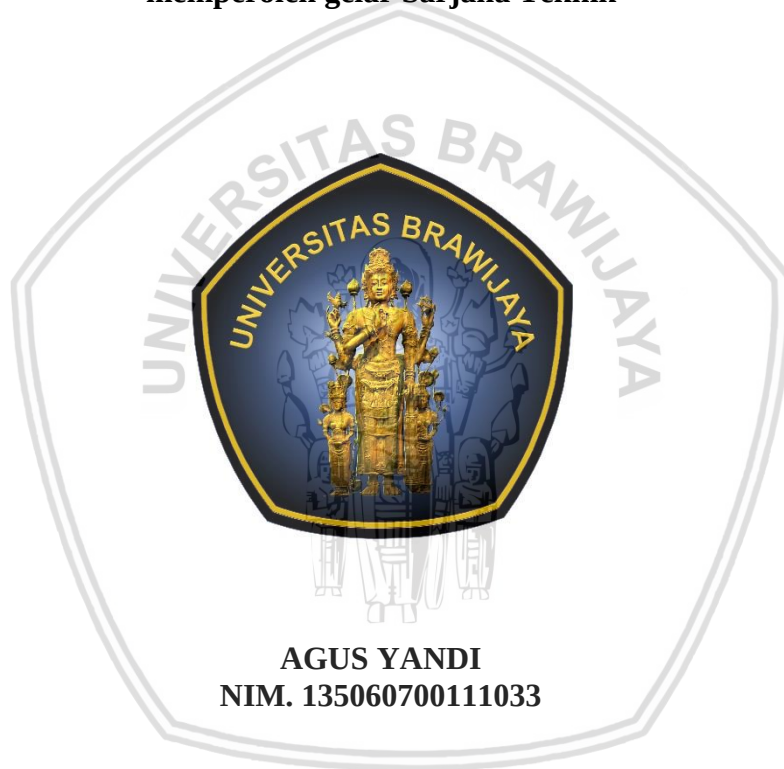


**PENINGKATAN KUALITAS YOGHURT DENGAN MENGGUNAKAN
DESAIN EKSPERIMEN *TAGUCHI***

SKRIPSI

TEKNIK INDUSTRI

**Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik**



**AGUS YANDI
NIM. 135060700111033**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2018**

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT. Karena berkat rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi dengan judul **“peningkatan kualitas yoghurt dengan menggunakan desain eksperimen Taguchi”**. Skripsi ini disusun sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan studi dan memperoleh gelar sarjana Strata Satu (S-1) di Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

Dalam penyusunan skripsi ini tentu banyak hambatan yang dialami. Namun, berkat bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak, hambatan-hambatan tersebut dapat teratasi. Oleh karena itu, pada kesempatan kali ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Allah SWT atas rahmat, nikmat, dan berkah sehingga penelitian skripsi ini dapat terselesaikan
2. Kedua orang tua tercinta, (Alm) Bapak Ramsesdi, dan Ibu Yanti Virgo Rita yang telah memberikan segala doa, petunjuk, bantuan, motivasi, dan semangat serta kasih sayang yang tidak pernah putus. Terima kasih atas nasihat sehingga membentuk diri penulis hingga saat ini, dan terima kasih karena tidak pernah lelah menemani penulis dalam keadaan apapun.
3. Bapak Oyong Novareza, ST., MT., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Teknik Industri Fakultas Universitas Brawijaya dan Ibu Rahmi Yuniarti, ST., MT., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Brawijaya yang memberi ilmu yang bermanfaat kepada penulis.
4. Ibu Ceria Farela Mada Tantrika, ST., MT. selaku Dosen Pembimbing Skripsi, atas waktu, petunjuk, dan motivasi selama menjalani seluruh rangkaian proses hingga saat ini. Terima kasih atas waktu yang diberikan untuk membimbing penulis dan memberikan masukan dan solusi ketika penulis membutuhkan bimbingan. Terima kasih karena telah menjadi guru yang baik bagi penulis.
5. Bapak Ir. Purnomo Budi Santoso, M.Sc., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Proyek Pelaksanaan Skripsi, atas waktu, petunjuk, dan menemani selama menjalani kunjungan ke KUD Susu Batu dan seluruh rangkaian kegiatan disana. Terima kasih karena telah menjadi guru yang baik bagi penulis.
6. Bapak Ir. Mochamad Choiri, MT. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang selama waktu perkuliahan penulis selalu memberikan bimbingan dan arahan terhadap kegiatan akademik maupun non akademik penulis.

7. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Industri yang telah dengan ikhlas memberikan ilmu yang sangat berharga bagi penulis selama menuntut ilmu di Jurusan Teknik Industri serta Bapak dan Ibu Staff Jurusan Teknik Industri yang sedikit banyak membantu dalam urusan kegiatan akademik maupun non akademik penulis.
8. Ibu Drh. Yusnia, Mba Tabita dan Mas Golda dari pihak KSA dan LSIH-UB yang telah banyak memberikan bimbingan, arahan, tenaga dan waktunya dalam membantu menyelesaikan skripsi penulis.
9. Sahabat penulis Tria Syafitri Arsyaf yang telah memberi semangat, dan senantiasa menemani selama pelaksanaan penelitian serta memberi dukungan dan doa kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi.
10. Sahabat penulis Sulthon, Rakhalifa, Andyan, Frans, Aldo, Chosy, Tyto, Aris, Yudha, mas Amek, mba Ardita yang telah memberikan dukungan, semangat, dan bersama-sama mendampingi penulis dalam menyelesaikan skripsi.
11. Sahabat penulis keluarga 481, Payakumbuh 13 S., Foto Studio Grup dan Keluarga Cemara yang telah memberikan dukungan, semangat, dan motivasi ironi kepada penulis dalam perkuliahan dan menyelesaikan skripsi.
12. Sahabat penulis Semoga Langgeng yang telah memberikan dukungan, semangat, dan motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi.
13. Seluruh teman-teman Teknik Industri Angkatan 2013 dan khususnya teman-teman kelas C semester 1 yang telah memberikan dukungan dan doa dalam penyelesaian skripsi penulis.
14. Seluruh pihak yang belum disebutkan satu persatu oleh penulis atas keterlibatan dan dukungannya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.

Penulis juga mengucapkan permohonan maaf atas kesalahan dan kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat dikembangkan dan bermanfaat bagi ilmu pengetahuan kedepannya.

Malang, Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	xi
RINGKASAN	xiii
SUMMARY	xv

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	6
1.3 Rumusan Masalah.....	6
1.4 Batasan Masalah	7
1.5 Asumsi Penelitian	7
1.6 Tujuan Penelitian	7
1.7 Manfaat Penelitian	7

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu	9
2.2 Yoghurt	10
2.2.1 Pengertian Yoghurt	11
2.2.2 Macam-macam Yoghurt	12
2.2.3 Manfaat Yoghurt.....	13
2.3 Bahan-bahan Pembuatan Yoghurt	15
2.3.1 Susu.....	15
2.3.2 Bakteri Asam Laktat (BAL).....	16
2.4 Nilai pH.....	16
2.5 Analisis Proksimat	17
2.5.1 Protein	18
2.5.2 Lemak.....	19
2.5.3 Karbohidrat	19
2.6 Kualitas	20
2.7 Desain Eksperimen	21
2.8 Metode Taguchi	22

2.8.1 <i>Orthogonal Array</i>	24
2.8.2 Klasifikasi Karakteristik Kualitas.....	25
2.8.3 Klasifikasi Parameter.....	25
2.8.4 <i>Signal to Noise Ratio</i> (S/N Ratio).....	26
2.8.5 <i>Analysis of Variance</i> (ANOVA).....	26
2.8.6 Derajat Bebas.....	28
2.8.7 Interval Kepercayaan	28
2.8.8 Eksperimen konfirmasi.....	29

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian	31
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian.....	31
3.3 Alat dan Bahan Penelitian	31
3.4 Pengumpulan Data.....	34
3.4.1 Langkah-langkah Penelitian	34
3.4.2 Metode Pengumpulan Data.....	37
3.5 Langkah-langkah Pengolahan Data.....	37
3.6 Langkah-langkah Penelitian.....	37
3.6.1 Diagram Alir Penelitian.....	38
3.6.2 Diagram Alir Metode Taguchi.....	39

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum Produk.....	41
4.2 Bahan Baku Pembuatan Yoghurt.....	41
4.3 Proses Produksi Yoghurt	43
4.4 Penetapan Karakteristik Kualitas.....	45
4.5 Penetapan Faktor dan Level Kontrol	45
4.6 Penetapan <i>Orthogonal Array</i>	51
4.7 Penerapan pada <i>Orthogonal Array</i>	52
4.8 Pengumpulan Data Eksperimen Taguchi.....	53
4.9 Pengolahan Data Eksperimen Taguchi	53
4.9.1 Pengolahan Data Uji Kandungan Protein	54
4.9.1.1 Perhitungan <i>Analysis of Variance</i> (ANOVA) Nilai Rata-rata Protein.....	54
4.9.1.2 Perhitungan <i>Analysis of Variance</i> (ANOVA) untuk <i>Signal Noise to Ratio</i> (SNR) Protein.....	60

4.9.1.3 Penentuan Setting Level Optimal Protein.....	65
4.9.1.4 Perkiraan Kondisi Optimal dan Interval Kepercayaan Nilai Protein.....	66
4.9.2 Pengolahan Data Uji Kandungan Lemak.....	68
4.9.2.1 Perhitungan <i>Analysis of Variance</i> (ANOVA) Nilai Rata-rata Lemak.....	68
4.9.2.2 Perhitungan <i>Analysis of Variance</i> (ANOVA) untuk <i>Signal Noise to Ratio</i> (SNR) Lemak.....	75
4.9.2.3 Penentuan Setting Level Optimal Lemak	80
4.9.2.4 Perkiraan Kondisi Optimal dan Interval Kepercayaan Nilai Lemak	81
4.9.3 Pengolahan Data Uji Kandungan Karbohidrat	84
4.9.3.1 Perhitungan <i>Analysis of Variance</i> (ANOVA) Nilai Rata-rata Karbohidrat	84
4.9.3.2 Perhitungan <i>Analysis of Variance</i> (ANOVA) untuk <i>Signal Noise to Ratio</i> (SNR) Karbohidrat	91
4.9.3.3 Penentuan Setting Level Optimal Karbohidrat	95
4.9.3.4 Perkiraan Kondisi Optimal dan Interval Kepercayaan Nilai Karbohidrat	96
4.10 Eksperimen Konfirmasi	99
4.10.1 Eksperimen Konfirmasi Parameter Penilaian Protein.....	100
4.10.2 Eksperimen Konfirmasi Parameter Penilaian Lemak	103
4.10.3 Eksperimen Konfirmasi Parameter Penilaian Karbohidrat.....	106
4.11 Parameter Nilai pH.....	110
4.11.1 Peninjauan Parameter Nilai pH terhadap Hasil Eksperimen	110
4.11.2 Peninjauan Parameter Nilai pH terhadap Eksperimen Konfirmasi.....	111
4.12 Analisis dan Pembahasan	112
BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	117
5.2 Saran	118
DAFTAR PUSTAKA	119
LAMPIRAN	121



Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 1.1	Frekuensi Konsumsi <i>Junk-Food</i> Hasil <i>Survey Qraved</i> di Jakarta	1
Tabel 1.2	<i>Food Weight Yoghurt</i> 100gr.....	3
Tabel 1.3	Perbandingan Kandungan Gizi Yoghurt Produksi Malang Raya dengan Yoghurt Produksi Skala Nasional.....	3
Tabel 1.4	Hasil Kuisioner Tanggapan <i>Customer</i> Yoghurt Produksi Malang Raya	5
Tabel 2.1	Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Saat Ini	10
Tabel 2.2	Perbandingan Metode Desain Eksperimen	21
Tabel 2.3	<i>Orthogonal Array</i> Standar	25
Tabel 2.4	Klasifikasi Karakteristik Kualitas	25
Tabel 2.5	Tabel Data Variabel	26
Tabel 2.6	<i>Response Table Faktor Effect</i>	27
Table 2.7	Perbandingan Interval Kepercayaan untuk Kondisi Optimal dan Konfirmasi	29
Tabel 3.1	Alat Penelitian.....	32
Tabel 4.1	Bahan Baku Proses Produksi Yoghurt.....	41
Tabel 4.2	Alasan Pemilihan Bahan Baku.....	42
Tabel 4.3	Tahapan Proses Produksi Set Yoghurt.....	43
Tabel 4.4	Daftar Faktor Berpengaruh	46
Tabel 4.5	Penentuan Faktor Kontrol	49
Tabel 4.6	Perhitungan <i>Degree of Freedom</i>	51
Tabel 4.7	<i>Orthogonal Array</i>	51
Tabel 4.8	Desain Eksperimen	52
Tabel 4.9	Penerapan pada <i>Orthogonal Array</i>	52
Tabel 4.10	Hasil Pengukuran pH dan Uji Proksimat.....	53
Tabel 4.11	Hasil Pengukuran Uji Proksimat Kandungan Protein Eksperimen Taguchi	54
Tabel 4.12	Tabel Respon Nilai Rata-rata Parameter Protein	55
Tabel 4.13	<i>Analysis of Variance (ANOVA)</i> Nilai Rata-Rata Protein	57
Tabel 4.14	<i>Analysis of Variance (ANOVA)</i> Nilai Rata-Rata <i>Pooling</i> Protein	59

Tabel 4.15	<i>Analysis of Variance (ANOVA)</i> Nilai Rata-Rata Protein Setelah <i>Pooling</i> ...	60
Tabel 4.16	Hasil Perhitungan <i>Signal Noise to Ratio</i> Protein.....	61
Tabel 4.17	Tabel Respon <i>Signal to Noise Ratio</i> Protein	62
Tabel 4.18	<i>Analysis of Variance (ANOVA)</i> Nilai SNR- <i>Pooling</i> Protein	64
Tabel 4.19	Perbandingan Pengaruh Faktor Nilai Rata-rata dan SNR Protein.....	66
Tabel 4.20	Hasil Pengukuran Uji Proksimat Kandungan Lemak Eksperimen Taguchi.	69
Tabel 4.21	Tabel Respon Nilai Rata-rata Parameter Lemak	69
Tabel 4.22	<i>Analysis of Variance (ANOVA)</i> Nilai Rata-Rata Lemak	72
Tabel 4.23	<i>Analysis of Variance (ANOVA)</i> Nilai Rata-Rata <i>Pooling</i> Lemak.....	74
Tabel 4.24	<i>Analysis of Variance (ANOVA)</i> Nilai Rata-Rata Lemak Setelah <i>Pooling</i>	75
Tabel 4.25	Hasil Perhitungan <i>Signal Noise to Ratio</i> Lemak	76
Tabel 4.26	Tabel Respon <i>Signal to Noise Ratio</i> Lemak	77
Tabel 4.27	<i>Analysis of Variance (ANOVA)</i> Nilai SNR- <i>Pooling</i> Lemak	79
Tabel 4.28	Perbandingan Pengaruh Faktor Nilai Rata-rata dan SNR Lemak	81
Tabel 4.29	Hasil Pengukuran Uji Proksimat Kandungan Karbohidrat Eksperimen Taguchi	84
Tabel 4.30	Tabel Respon Nilai Rata-rata Parameter Karbohidrat.....	85
Tabel 4.31	<i>Analysis of Variance (ANOVA)</i> Nilai Rata-Rata Karbohidrat	87
Tabel 4.33	<i>Analysis of Variance (ANOVA)</i> Nilai Rata-Rata <i>Pooling</i> Karbohidrat	89
Tabel 4.34	<i>Analysis of Variance (ANOVA)</i> Nilai Rata-Rata Karbohidrat Setelah <i>Pooling</i>	90
Tabel 4.35	Hasil Perhitungan <i>Signal Noise to Ratio</i> Karbohidrat	92
Tabel 4.36	Tabel Respon <i>Signal to Noise Ratio</i> Karbohidrat.....	92
Tabel 4.37	<i>Analysis of Variance (ANOVA)</i> Nilai SNR- <i>Pooling</i> Karbohidrat	95
Tabel 4.38	Perbandingan Pengaruh Faktor Nilai Rata-rata dan SNR Karbohidrat	96
Tabel 4.39	<i>Setting Level</i> Optimal Eksperimen Konfirmasi	99
Tabel 4.40	Data Rata-rata Hasil Eksperimen Konfirmasi Parameter Protein	101
Tabel 4.41	Data Rata-rata Hasil Eksperimen Konfirmasi Parameter Lemak	104
Tabel 4.42	Data Rata-rata Hasil Eksperimen Konfirmasi Parameter Karbohidrat.....	107
Tabel 4.43	Peninjauan Nilai pH Terhadap Hasil Penelitian Eksperimen Taguchi	110
Tabel 4.44	Nilai pH Hasil Eksperimen Konfirmasi.....	111
Tabel 4.45	Peninjauan Nilai pH terhadap Eksperimen Konfirmasi	111
Tabel 4.46	Interpretasi Hasil Perhitungan Interval Kepercayaan Prediksi dan Optimasi.....	114



DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 1.1	Perbandingan Kandungan Protein, Lemak, & Karbohidrat Yoghurt Malang Raya dan Yoghurt Produksi Nasional	4
Gambar 2.1	SNI Yoghurt 2981:2009	11
Gambar 2.2	SNI Susu Segar 3141.1:2011	15
Gambar 2.3	Skema Analisis Proksimat Bahan Pakan	17
Gambar 2.4	Ikatan Peptida	18
Gambar 2.5	Ikatan Penyusun Lemak.....	19
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian.....	38
Gambar 3.2	Diagram Alir Metode Taguchi	39
Gambar 4.1	Kurva Linear terhadap Parameter Penilaian Protein Yoghurt	65
Gambar 4.2	Kurva Linear terhadap Parameter Penilaian Lemak Yoghurt	80
Gambar 4.3	Kurva Linear terhadap Parameter Penilaian Karbohidrat Yoghurt	96
Gambar 4.4	Perbandingan Interval Kepercayaan Eksperimen Konfirmasi dan Prediksi pada Nilai Rata-rata Parameter Penilaian Protein	102
Gambar 4.5	Perbandingan Interval Kepercayaan Eksperimen Konfirmasi dan Prediksi pada Nilai SNR Parameter Penilaian Protein	103
Gambar 4.6	Perbandingan Interval Kepercayaan Eksperimen Konfirmasi dan Prediksi pada Nilai Rata-rata Parameter Penilaian Lemak	105
Gambar 4.7	Perbandingan Interval Kepercayaan Eksperimen Konfirmasi dan Prediksi pada Nilai SNR Parameter Penilaian Lemak.....	106
Gambar 4.8	Perbandingan Interval Kepercayaan Eksperimen Konfirmasi dan Prediksi pada Nilai Rata-rata Parameter Penilaian Karbohidrat.....	109
Gambar 4.9	Perbandingan Interval Kepercayaan Eksperimen Konfirmasi dan Prediksi pada Nilai SNR Parameter Penilaian Karbohidrat	109



DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul	Halaman
Lampiran 1	Hasil Uji Proksimat Lengkap Eksperimen Taguchi	121
	A. Hasil Pengujian Tanggal 06 April 2018	121
	B. Hasil Pengujian Tanggal 12 April 2018	122
	C. Hasil Pengujian Tanggal 17a April 2018.....	123
	D. Hasil Pengujian Tanggal 17b April 2018	124
	E. Hasil Pengujian Tanggal 17c April 2018.....	125
Lampiran 2	Hasil Uji Proksimat Lengkap Eksperimen Konfirmasi.....	126
Lampiran 3	Hasil Pengukuran Niali pH Eksperimen Taguchi	127
Lampiran 4	Hasil Pengukuran Nilai pH Eksperimen Konfirmasi	128





Halaman ini sengaja dikosongkan

RINGKASAN

Agus Yandi, Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Juli 2018, peningkatan kualitas yoghurt dengan menggunakan desain eksperimen Taguchi, Dosen Pembimbing: Ceria Farela Mada Tantrika, ST., MT.

Yoghurt adalah produk yang diperoleh dari fermentasi susu dan atau susu rekonstitusi dengan menggunakan bakteri *Lactobacillus bulgaricus* dan *Streptococcus thermophilus* dan atau bakteri asam laktat lain yang sesuai. Berdasarkan SNI Yoghurt 2981:2009 dan publikasi Kemenkes RI 2016 tentang kandungan yoghurt terdapat beberapa unsur utama yang dapat dioptimalkan untuk meningkatkan kualitas kandungan yoghurt diantaranya kandungan protein, lemak dan karbohidrat. Dalam upaya menjadikan yoghurt sebagai konsumsi harian masyarakat Malang Raya perlu dilakukan penelitian untuk peningkatan kandungan ketiga unsur tersebut sehingga dapat meningkatkan kualitas yoghurt di Malang Raya agar dapat bersaing dengan yoghurt yang produksinya sudah mencakup skala Nasional.

Metode Taguchi merupakan sebuah metode yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses dalam waktu yang bersamaan dengan menekan biaya serta meminimalkan sumber daya. Langkah-langkah metode taguchi terbagi menjadi 11 tahap, yang pertama yaitu penetapan karakteristik kualitas (*Larger the Better*), kedua proses identifikasi faktor yang berpengaruh terhadap kualitas yoghurt selama proses produksi berlangsung, ketiga penetapan jumlah faktor kontrol dan level faktor yang digunakan pada eksperimen, keempat perhitungan derajat kebebasan untuk menghitung jumlah minimum eksperimen yang dilakukan, kelima pemilihan matrix *orthogonal array* sebagai acuan pelaksanaan eksperimen, keenam pelaksanaan eksperimen, ketujuh melakukan pengolahan data dengan perhitungan Anova rata-rata dan S/N Ratio, kedelapan penentuan *setting* faktor dan level faktor yang optimal, kesembilan menentukan prediksi kondisi optimal, kesepuluh melakukan Eksperimen Konfirmasi dan terakhir melakukan pengolahan data dengan menggunakan Anova S/N Ratio data variabel untuk hasil data dari Eksperimen Konfirmasi.

Penelitian ini menggunakan desain eksperimen Taguchi dengan 4 faktor dan 3 level. *Orthogonal Array* yang digunakan adalah $L_9 (3^4)$. Pada tahap identifikasi faktor terdapat 7 faktor yang berpengaruh, kemudian dipilih 4 faktor kontrol dengan 3 level masing-masingnya, kemudian 3 faktor lainnya juga tetap digunakan tapi tidak memiliki variasi perlakuan (level faktor) karena berdasarkan penelitian sebelumnya faktor pada faktor tersebut sudah diketahui perlakuan terbaiknya. Berdasarkan perhitungan rata-rata dan SNR didapatkan *setting level* faktor optimal yaitu faktor A level 2 (waktu inkubasi = 8 jam), faktor B level 2 (suhu inkubasi = 44°C), faktor C level 2 (lama penyimpanan setelah inkubasi = 4 hari), faktor D level 3 (pasteurisasi = 85 °C selama 8 detik). Faktor optimal tersebut telah dilakukan eksperimen konfirmasi dan peninjauan nilai pH yoghurt yang baik untuk dikonsumsi. Hasil dari eksperimen konfirmasi rata-rata μ (protein = 3,14%, lemak = 6,54% dan karbohidrat = 7,99%) menunjukkan bahwa rata-rata nilai setiap parameter pengukuran masih berada dalam interval hasil optimal/interval kepercayaan eksperimen Taguchi diprediksi yang artinya hasil dari eksperimen Taguchi dapat digunakan. Hasil peninjauan nilai pH eksperimen konfirmasi tersebar dalam *range* nilai pH antara 4,06 – 4,63 dan *range* tersebut berada pada *range* pH yoghurt yang baik untuk dikonsumsi yaitu 3,8 – 5,0, sehingga nilai pH dari yoghurt hasil eksperimen konfirmasi tersebut dinyatakan baik untuk dikonsumsi.

Kata Kunci: Metode Taguchi, Yoghurt, Uji Proksimat, Protein, Lemak, Karbohidrat, pH



Halaman ini sengaja dikosongkan

SUMMARY

Agus Yandi, Departement of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Brawijaya, Juli 2018, Quality Improvement of Yogurt by using Taguchi Experimental Design, Lecture : Ceria Farela Mada Tantrika, ST., MT.

Yogurt is dairy products that obtained from the fermentation of milk and reconstruction milk using *Lactobacillus bulgaricus* dan *Streptococcus thermophilus* bacteria or another suitable lactic bacteria. Based on SNI Yoghurt 2981:2009 and Publication of RI Ministry of Health 2016 about contents of the yogurt, there are some main elements that can be optimized to improve the quality of yogurt contents such as proteins, fats and carbohydrate. In order to make yogurt as daily consumption for Malang Raya society, a research is needed to be conducted to improve the quality of those three elements so that it can increase the quality of yogurt in Malang Raya and compete with yogurt whose its production already covers the National scale.

Taguchi method is a method that used to improve the quality of products and processes at the same time by reducing costs and minimizing resources. The steps for using Taguchi method is divide into 11 stages where the first stage is determination of the quality characteristics (Larger the Better), the second step is factor identification process that will affects the quality of yoghurt during the production process, the third step is determination of the number of control factors and the level of factors used in the experiment, the fourth step is calculation of degrees of freedom to calculate the minimum number of experiments performed, the fifth step is selection of orthogonal array matrix as the reference of experimental implementation, the six step is experiments, the seventh step is doing data processing with the ANOVA calculation to its data average and S / N Ratio, the eight steps is determination of factor setting and the level of the optimal factor , the ninth step is determines the optimal condition prediction, the tenth step is performs the Confirmation Experiment and last step is data processing by using ANOVA to its data result from the Confirmation Experiment.

This research is conducted by using 4 factors with 3 levels. The orthogonal arrays that will be used is L_9 (3^4). On identification step there are 7 factors that can influence Proximate test, then 3 of 7 factors that not be control factor are the factors that was have best treatment in the other word not have variation that commensurate based on science reference. Based on the data calcution of its average and SNR, optimal level setting factor are obtained which is Level 2 of A factor (Incubation time – 8 hours), Level 2 of B factor (Incubation time = 44°C), Level 2 of C factor (Storage duration = 4 days) and level 3 of D factor (Pasteurization = 85 °C for 8 seconds). The confirmation experiment is already conducted on the optimal factors with review of pH value of yogurt which is good for consumption. The result of confirmation experiment (protein = 3,14%, fats = 6,54% and carbohydrate = 7,99%) is shown that the average values of each parameters were still within on the optimum yield interval or predicted interval of the taguchi experiment which means that the result of the taguchi experiment can be used. The result of pH values review of confirmation experiment is within range of 4,06 – 4,63 and the range and the range still within on the range of good yoghurt pH to be consumed (3.8 - 5.0), so the pH value of the yogurt produced by the confirmation experiment is declared good for consumption.

Keyword : Taguchi Method, Yoghurt, Proximate Test, Protein, Fats, Carbohydrate, pH



Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB I PENDAHULUAN

Penelitian ini memerlukan hal-hal penting yang digunakan sebagai dasar dalam pelaksanaannya. Bab ini akan menjelaskan mengenai latar belakang mengapa permasalahan ini diteliti, perumusan masalah, pembatasan masalah, tujuan penelitian dan manfaat penelitian yang dilakukan.

1.1 Latar Belakang

Makanan merupakan kebutuhan utama untuk menunjang segala aktivitas manusia karena berfungsi sebagai sumber energi dan sumber nutrisi yang dibutuhkan oleh tubuh antara lain karbohidrat, lemak, protein, vitamin, dan mineral. Aktivitas yang padat dalam keseharian manusia terutama yang menyangkut aktivitas fisik maupun aktivitas berfikir dapat membuat energi terkuras dan membuat tubuh memerlukan asupan makanan yang bergizi dan sehat secara berkelanjutan. Asupan makanan yang salah (tidak sesuai kebutuhan tubuh) dapat menyebabkan terganggunya sistem kerja tubuh yang akan menghambat aktivitas fisik dari seseorang.

Dewasa ini kecenderungan untuk mengonsumsi makanan ringan dan makanan cepat saji atau yang saat ini dikenal dengan sebutan *junk-food* sangat banyak terjadi di kalangan masyarakat, sebagai contoh Menurut survei yang dilakukan Qraved kepada 13,890 koresponden di Jakarta, diperoleh hasil seperti pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1

Frekuensi Konsumsi *Junk Food* Hasil Survey Qraved di Jakarta

No.	Hasil
1.	45% koresponden mengonsumsi <i>junk food</i> tiga kali/ minggu
2.	20% mengonsumsi <i>junk food</i> dua kali/minggu,
3.	18% mengonsumsi <i>junk food</i> satu kali/minggu,
4.	9% mengonsumsi <i>junk food</i> lebih dari lima kali/minggu
5.	8% mengonsumsi <i>junk food</i> empat kali/minggu

Sumber: Qraved (2016)

Menurut *World Health Organization* *junk-food* adalah makanan yang mengandung jumlah lemak, garam, gula, dan kalori yang besar sedangkan memiliki nutrisi yang rendah seperti, vitamin, mineral dan serat. Contoh dari *junk-food* diantaranya makanan cepat saji, gorengan, makanan kaleng, *soft drink*, permen, asinan dan makanan ringan. Berdasarkan Tabel 1.1 dapat dilihat bahwa *junk-food* telah menjadi konsumsi harian di kalangan masyarakat, dan berdasarkan jenisnya, makanan cepat saji memperoleh persentase tertinggi

yaitu 71%, kemudian gorengan dan makanan ringan memperoleh peringkat kedua sebagai jenis *junk-food* yang paling sering dikonsumsi dengan jumlah 26%, kemudian 3% sisanya adalah jenis *junk-food* lainnya. Padahal menurut hasil diskusi pakar makanan dan beberapa orang dokter dari kutipan “ndtv” terdapat beberapa dampak jangka panjang dari mengonsumsi *junk-food* yang sangat berbahaya bagi kesehatan, diantaranya:

1. Terjadinya obesitas/ kegemukan.
2. Meningkatkan risiko untuk terkena kencing manis tipe 2.
3. Memberikan beban berlebihan pada organ hati.
4. Meningkatkan risiko terjadinya penyakit pada jantung.
5. Menurunkan kolesterol baik dan meningkatkan kolesterol jahat.

Bahaya dari mengonsumsi *junk-food* hanya dapat dihindari dengan mengganti kebiasaan tersebut dengan mengonsumsi makanan yang dapat memenuhi kebutuhan gizi harian. Berdasarkan saran dari Ahli Gizi Nasional yang dikutip dari “<http://www.alodokter.com>” terdapat beberapa makanan sehat yang direkomendasikan untuk menjadi konsumsi harian yaitu; telur, alpukat, ubi, yoghurt dan kacang-kacangan. Makanan tersebut direkomendasikan karena kandungan nutrisi dan manfaatnya terhadap kesehatan, dari kelima makanan tersebut telur, alpukat, ubi dan kacang-kacangan merupakan makanan siap konsumsi atau dengan kata lain bukan produk olahan sedangkan yoghurt merupakan produk olahan, dimana proses yang terjadi selama produksi berlangsung sangat berpengaruh terhadap kualitas dari produk yang dihasilkan.

Dalam upaya melaksanakan saran ahli gizi dari kutipan “aladokter” tersebut untuk masyarakat Indonesia khususnya masyarakat Malang Raya yang perlu disoroti lebih lanjut adalah yoghurt, karena manfaatnya tidak kalah dari telur, alpukat, ubi dan kacang-kacangan tetapi kondisinya sangat rentan jika ditinjau dari proses produksinya.

Yoghurt adalah produk yang diperoleh dari fermentasi susu dan atau susu rekonstitusi dengan menggunakan bakteri *Lactobacillus bulgaricus* dan *Streptococcus thermophilus* dan atau bakteri asam laktat lain yang sesuai, dengan /atau tanpa penambahan bahan pangan lain dan bahan tambahan pangan yang diizinkan (SNI Yoghurt 2981:2009). Yoghurt sangat baik untuk kesehatan, terutama untuk menjaga keasaman lambung dan dapat menekan pertumbuhan bakteri patogen di usus. Selain itu, yoghurt juga mengandung protein dengan kadar yang tinggi, bahkan lebih tinggi daripada protein susu. Hal ini disebabkan penambahan protein dari sintesa mikroba dan kandungan protein dari mikroba tersebut (Winarno, F.G. 2003).

Produk ini dapat memberi nilai tambah pada susu terutama untuk meningkatkan daya cerna susu dan membentuk ekologi dalam sistem digesti untuk menunjang stabilitas sistem pencernaan. Hidrolisis gula susu (laktosa) menjadi asam laktat oleh aktivitas mikroba meningkatkan keasaman susu, Tabel 1.2 merupakan kandungan gizi dari yoghurt menurut Kementerian Kesehatan RI.

Tabel 1.2

Food Weight Yoghurt 100gr

No	Kandungan	Kadar
1.	Jumlah Kandungan Energi Yoghurt	52 kkal
2.	Jumlah Kandungan Protein Yoghurt	3,3 gr
3.	Jumlah Kandungan Lemak Yoghurt	2,5 gr
4.	Jumlah Kandungan Karbohidrat Yoghurt	4 gr
5.	Jumlah Kandungan Kalsium Yoghurt	120 mg
6.	Jumlah Kandungan Fosfor Yoghurt	90 mg
7.	Jumlah Kandungan Vitamin A Yoghurt	73 IU
8.	Jumlah Kandungan Vitamin B1 Yoghurt	0,04 mg

Sumber: Publikasi Kementerian Kesehatan Republik Indonesia (2016)

Berdasarkan paparan pada Tabel 1.2 terbukti bahwa kandungan yoghurt memiliki nutrisi esensial yang hampir sempurna untuk kelangsungan metabolisme sel tubuh. Nutrien esensial yang diperlukan antara lain karbohidrat, protein, lemak, mineral dan vitamin. Sehingga yoghurt sangat baik untuk dijadikan sebagai makanan konsumsi harian bagi masyarakat.

Dalam upaya menjadikan yoghurt sebagai konsumsi harian masyarakat (khususnya masyarakat Malang Raya) dilakukan peninjauan terhadap yoghurt yang diproduksi di Malang Raya yang dibandingkan dengan yoghurt produksi Industri yang telah tersebar keseluruh Indonesia, untuk perbandingannya dapat dilihat pada Tabel 1.3 dan Gambar 1.1.

Tabel 1.3

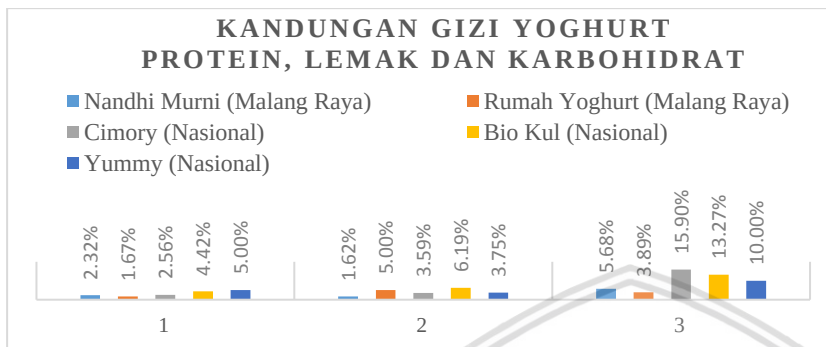
Perbandingan kandungan gizi plain yoghurt produksi Malang Raya dengan yoghurt yang persebarannya telah menyeluruh di Indonesia

No.	Merek Yoghurt	Kandungan Gizi			Energi
		Protein	Lemak	Karbohidrat	
1	Nandhi Murni (Malang Raya)	2.32%	1.62%	5.68%	95kkal/250ml
2	Rumah Yoghurt (Malang Raya)	1.67%	5.00%	3.89%	120kkal/250ml
3	Cimory (Nasional)	2.56%	3.59%	15.90%	200kkal/250ml
4	Bio Kul (Nasional)	4.42%	6.19%	13.27%	90kkal/100ml
5	Yummy (Nasional)	5.00%	3.75%	10.00%	80kkal/100ml

Sumber: Malang Raya: KUD Susu Batu & Disnak Jatim dan Nasional: Fetsecret.co.id (2017)

Dari informasi Tabel 1.3 dan Gambar 1.1 dapat dilihat perbandingan kandungan gizi dari yoghurt produksi Malang Raya dan yoghurt produksi nasional dalam satuan persen (%) yang telah dikonversi (satuan sebelumnya dalam gr/ml dan kemudian dilakukan

penimbangan langsung terhadap berat per kemasan penuh), yang memperlihatkan perbandingan kandungan nutrisi protein, lemak dan karbohidrat dari skala angka bahwa yoghurt produksi Malang Raya masih belum setara dengan yoghurt produksi Nasional untuk mampu bersaing di pasar yoghurt produksi Malang Raya perlu untuk melakukan perbaikan kualitas.



Gambar 1.1 Perbandingan kandungan protein, lemak & karbohidrat yoghurt Malang Raya dan yoghurt produksi Nasional

Jika ditinjau dari ketertarikan warga Malang Raya terhadap yoghurt, dilakukan survei terhadap 45 responden masyarakat Malang Raya usia produktif 20-25 tahun, dimana dari hasil survei tersebut diperoleh informasi bahwa masyarakat Malang Raya telah mengenal yoghurt secara menyeluruh, secara umum mereka menyukai rasanya, 11,1% dari responden yang tidak menyukai rasa dari yoghurt. Tapi yang menjadi masalah adalah hanya 2,2% dari mereka yang telah menjadikan yoghurt sebagai konsumsi harian, padahal 88,9% dari mereka mengaku menyukai rasa yoghurt.

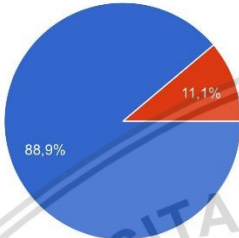
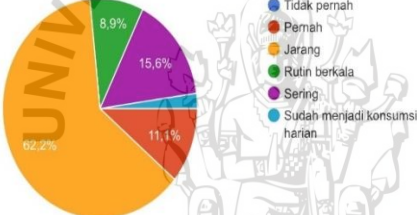
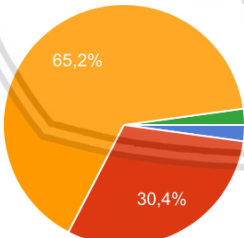
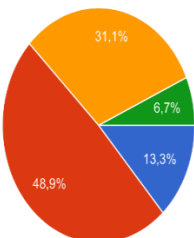
Jika ditinjau dari segi faktor penyebab masyarakat Malang Raya belum menjadikan yoghurt (khususnya yoghurt produksi Malang Raya) sebagai konsumsi harian mereka diantaranya;

1. Kandungan gizi dari yoghurt produksi Malang Raya masih dibawah standar kandungan gizi yoghurt yang diedarkan Kementerian Kesehatan Republik Indonesia dan yoghurt produk Industri skala Nasional.
2. 33,9% (3,5%+ 0,4%) masyarakat Malang Raya tidak mengetahui manfaat yoghurt.
3. 62,2% (48,9%+13,3%) menyatakan kualitas yoghurt produksi Malang Raya masih dibawah kualitas yoghurt produksi Nasional (yang kandungan gizinya sesuai paparan diatas).
4. Dari 48% yang menyatakan kualitas yoghurt lokal Malang Raya belum sebgus kualitas yoghurt standar National mengaku lebih sering mengonsumsi yoghurt merek non-Malang dibanding yoghurt produksi lokal Malang Raya.

Hasil dari survei yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 1.4.

Tabel 1.4

Hasil Kuisioner Tanggapan *Customer* Yoghurt Malang Raya

No	Konten	Persentase	Keterangan
1	Mengenal Yoghurt	 ● Iya ● Tidak	Kenal =100% Tidak kenal = 0%
2	Menyukai Yoghurt	 ● Iya ● Tidak	Suka = 88,9% Tidak suka = 11,1%
3	Frekuensi mengonsumsi Yoghurt	 ● Tidak pernah ● Pernah ● Jarang ● Rutin berkala ● Sering ● Sudah menjadi konsumsi harian	Tidak Pernah= 0% Pernah= 11,1% Jarang= 62,2% Rutin berkala (mingguan)= 8,9% Sering= 15,6% Harian= 2,2%
4	Mengetahui manfaat	 ● Tidak tahu ● Tahu kalau banyak manfaat saja, tapi tidak tahu apa manfaat sebenarnya ● Tahu secara garis besar ● Tahu secara detil	Tidak tahu= 3,5% Tahu kalau banyak manfaat saja, tapi tidak tahu manfaat sebenarnya= 30,4% Tahu secara garis besar= 62,2% Tahu secara detil= 3,9%
5	Kualitas Yoghurt Produksi Malang Raya	 ● Jauh dibawah Yoghurt produksi nasional (industri besar) ● Tidak jauh berbeda ● Sama saja ● Malah lebih baik	Jauh dibawah yoghurt produksi Nasional=13,3% Belum sebgas yoghurt produksi Nasional=48,9% Sama saja=31,1%

Jika ditinjau dari permasalahan industri yoghurt, hal yang perlu dilakukan untuk mewujudkan yoghurt sebagai makanan konsumsi harian masyarakat Malang Raya adalah melakukan peningkatan kualitas kandungan gizi pada yoghurt yaitu kandungan protein, lemak dan karbohidrat, apalagi yoghurt merupakan produk fermentasi yang sangat rentan terhadap kondisi lingkungan produksinya, sehingga perlakuan yang diberikan selama proses produksi sangat berpengaruh terhadap kualitas yoghurt. Untuk itu pada penelitian ini digunakan metode desain eksperimen untuk mendapatkan kombinasi perlakuan tersebut.

Desain eksperimen yang digunakan adalah metode Taguchi Karena memiliki karakteristik memperbaiki kualitas produk dan proses, menekan biaya dan *resources* seminimal mungkin, serta metode Taguchi melakukan lebih sedikit eksperimen dibandingkan eksperimen lain. Penggunaan matriks *orthogonal* yang membuat metode Taguchi menjadi lebih efisien daripada desain eksperimen sejenis yang lain seperti desain faktorial. Matriks *orthogonal* berfungsi untuk menentukan jumlah minimal eksperimen yang harus dilakukan dengan penggunaan faktor yang lebih banyak sehingga kita dapat memperoleh informasi yang lebih maksimal.

Penggunaan metode Taguchi yang dilakukan terhadap faktor yang berpengaruh diharapkan mampu menghasilkan kombinasi level faktor yang optimal untuk mengetahui kandungan gizi yoghurt yang dilakukan pengukuran dengan Uji Proksimat, Uji proksimat sendiri merupakan pengujian kimiawi untuk mengetahui kandungan nutrien suatu bahan baku pakan atau pakan, singkatnya proses pada proksimat tersebut menghasilkan informasi kandungan gizi berupa kadar protein, lemak, karbohidrat, kadar air dan kadar abu dari yoghurt hasil eksperimen, sehingga dapat dilihat peningkatan yang terjadi pada kandungan yoghurt.

1.2 Identifikasi Masalah

Latar belakang di atas dapat menggambarkan beberapa permasalahan yang terjadi, permasalahan yang dapat diidentifikasi adalah:

1. Kualitas yoghurt produksi Malang Raya masih dibawah yoghurt produksi Nasional.
2. Kandungan protein, lemak dan karohidrat yoghurt produksi Malang Raya masih kurang dari kandungan gizi yang dikeluarkan oleh Kementrian Kesehatan Republik Indonesia.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan dan identifikasi masalah yang telah diuraikan diatas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Faktor apa saja yang memberikan pengaruh terhadap kualitas yoghurt?
2. Bagaimanakah *setting level* yang diberikan untuk menghasilkan yoghurt yang berkualitas di Malang Raya?

1.4 Batasan Masalah

Hal yang dibatasi dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan dengan melakukan pengujian kandungan protein, lemak, karbohidrat dan pH
2. Desain eksperimen Taguchi yang dilakukan tidak menggunakan interaksi antar faktor pada maktrix *ortogonal*-nya.
3. Penelitian yang dilakukan menggunakan 4 dari 10 kriteria uji syarat mutu yoghurt sesuai SNI 2981;2009

1.5 Asumsi

Asumsi yang digunakan pada penelitian ini adalah proses pengukuran Uji Proksimat pada Laboratorium dilakukan perlakuan yang sama pada setiap sampel yoghurt.

1.6 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini disusun berdasarkan rumusan masalah yang telah dibuat, tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Memilih faktor kontrol untuk memperoleh yoghurt yang berkualitas.
2. Menentukan kombinasi faktor dan level optimal, sehingga dapat meningkatkan kualitas kandungan protein, lemak dan karbohidrat yoghurt dengan menggunakan metode Taguchi.

1.7 Manfaat Penelitian

Manfaat dilakukannya penelitian ini adalah:

1. Dapat mengetahui faktor kontrol yang memberikan pengaruh terhadap kualitas yoghurt.
2. Dapat mengetahui *setting level* yang optimal dari faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kualitas yoghurt, sehingga dapat menjaga kandungan protein, lemak dan karbohidrat sampai yoghurt siap untuk dikonsumsi dan membuat *customer* memperoleh kepuasan saat mengonsumsi yoghurt.



Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian yang akan dilaksanakan ini memerlukan dasar argumentasi ilmiah yang berhubungan dengan konsep-konsep yang diperlukankan dalam penelitian ataupun yang akan dipakai dalam analisis. Dalam bab ini akan dijelaskan beberapa dasar argumentasi atau teori yang digunakan dalam penelitian.

2.1 Penelitian Terdahulu

Sejumlah penelitian telah dilakukan berhubungan dengan yoghurt dan metode Taguchi yang menjadi referensi dalam penelitian ini. Berikut ini merupakan ulasan dari beberapa penelitian sebelumnya:

1. Pasaribu (2005), tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh temperatur dan jenis susu dalam pembuatan yoghurt dengan menggunakan bakteri *Lactobacillus bulgaricus* dan *Streptococcus thermophilus* terhadap warna, tekstur, rasa, dan uji biologis dari yoghurt yang dihasilkan. Penelitian ini menggunakan rancangan acak kelompok faktorial (RAKF) 4 x 4 dengan 2 ulangan, dimana terdapat 2 faktor perlakuan yaitu faktor temperatur inkubasi (T) dengan taraf T1: 30°C, T2: 37°C, T3: 44°C, T4: 51°C . Faktor berikutnya yaitu jenis susu (S) yaitu S1: penggunaan susu skim sebagai bahan dasar, S2: susu sapi segar, S3: susu *full* krim, S4: susu kerbau segar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa interaksi antara temperatur 44°C dan jenis susu sapi segar berpengaruh sangat nyata terhadap tekstur, warna dari yoghurt yang dihasilkan dan tidak berpengaruh nyata terhadap rasa. Pada uji biologik diperoleh hasil pengamatan bahwa pada tiap temperatur dan jenis susu yang digunakan didapati adanya aktivitas dari bakteri biakan yang ditandai dengan adanya penggumpalan pada masa akhir inkubasi
2. Hakimi (2013), penelitian ini mengolah aplikasi *Design of Experiment* (DOE) dalam pembuatan yoghurt dengan faktor kritikal yang mempengaruhi nilai pH dengan kombinasi faktor yang optimal. Penelitian ini menggunakan 5 faktor dan 2 level faktor, Faktor yang digunakan adalah kadar susu (5g/kg & 45g/kg), suhu inokulasi (50C & 55C), suhu inkubasi (40C & 44C), masa inkubasi (4 jam & 12 jam) dan kadar lemak (15g/kg & 35g/kg). Penelitian ini dilaksanakan sebanyak 16 kali trial dan 2 kali replikasi untuk memperoleh pH optimal dan analisis hasil menggunakan software Minitab

dimana range pH optimal yang diperoleh adalah antar 4.4 sampai 4.6. Kesimpulan dari penelitian ini menyatakan bahwa faktor yang memberikan pengaruh optimal terhadap pH adalah masa inkubasi dan kadar lemak dimana diperoleh pH optimal pada masa inkubasi 12 jam dan kadar lemak 15g/kg (berdasarkan *fractional factorial design* yang dilakukan pada minitab merekomendasikan kadar lemak sebesar 17.8 g/kg).

3. Alesi (2017), menggunakan uji organoleptik sebagai parameter kualitasnya untuk mendapatkan tingkat kesukaan konsumen terhadap abon jamur yang paling sesuai. *Orthogonal Array* yang digunakan adalah $L_9(3^4)$ dimana penelitian dilakukan dengan 9 perlakuan berbeda dari 4 faktor dan 3 level faktor (tekanan uap perebusan jamur: 1 bar, 1,25 bar, 1,5 bar; rasio jumlah kacang: 6:1, 9:1, 12:1; jumlah gula dan garam: 450:33gr, 375:27,52gr, 300:22,02gr; dan jumlah santan: 65ml, 100ml, 130ml). Uji organoleptik yang digunakan pada penelitian ini dengan menggunakan 4 parameter penilaian yaitu rasa, aroma, warna, dan tekstur. Berdasarkan hasil eksperimen dan perhitungan diketahui bahwa kombinasi komposisi proses dan bahan baku yang optimal dan sesuai dengan keinginan konsumen yaitu tekanan uap perebusan jamur 1,5 bar, rasio jumlah kacang 9:1 dengan jamur, jumlah gula 450gr dan garam 33gr, serta jumlah santan 65 ml. Setting faktor tersebut dilakukan validasi dengan melakukan eksperimen konfirmasi dan hasilnya menunjukkan bahwa rata-rata nilai setiap parameter penilaian rasa, aroma, warna dan tekstur berada dalam interval hasil optimal yang artinya hasil dari eksperimen Taguchi dapat digunakan.

Tabel 2.1

Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Penelitian Saat Ini

Karakteristik Penelitian	Pasaribu (2005)	Hakimi (2013)	Alesi (2017)	Penelitian ini
Objek Penelitian	Set Yoghurt	Set Yoghurt	Abon Jamur	Set Yoghurt
Parameter Yang Diamati	Warna, tekstur, rasa, dan uji biologis	pH	Uji Organoleptik (berdasarkan kesukaan Rasa, Aroma, Warna dan tekstur	Kandungan Karbohidrat, Protein, dan Lemak (analisis Proksimat) dan tingkat keasaman (pH)
Metode Penelitian	Rancangan Acak Kelompok Factorial (RAKF)	DOE $2^{(5-1)}$	Taguchi	Taguchi

2.2 Yoghurt

Yoghurt adalah produk yang dihasilkan melalui fermentasi bakteri pada susu. Berbagai jenis susu dapat digunakan untuk membuat yoghurt, tapi produksi yoghurt yang modern kini

didominasi oleh susu sapi. Pembuatan yoghurt merupakan proses fermentasi dari gula susu (laktosa) menjadi asam laktat yang menyebabkan tekstur yoghurt menjadi kental. Berikut merupakan uraian tentang yoghurt.

2.2.1 Pengertian Yoghurt

Kata yoghurt diambil dari bahasa Turki yaitu yoghurt yang berarti susu asam. Yoghurt adalah produk yang diperoleh dari fermentasi susu dan atau susu rekonstitusi dengan menggunakan bakteri *Lactobacillus bulgaricus* dan *Streptococcus thermophilus* dan atau bakteri asam laktat lain (SNI Yoghurt 2981:2009). Hal itu akan meningkatkan keasaman sehingga menyebabkan protein susu menyusut menjadi masa yang padat atau kental (Gilliland, 1985). Peningkatan keasaman (pH 4-5) juga mencegah proliferasi (perbanyakan sel). Gambar 2.1 berikut merupakan informasi SNI Yoghurt 2981:2009.

No.	Kriteria Uji	Satuan	Yogurt tanpa perlakuan panas setelah fermentasi			Yogurt dengan perlakuan panas setelah fermentasi		
			Yogurt	Yogurt rendah lemak	Yogurt tanpa lemak	Yogurt	Yogurt rendah lemak	Yogurt tanpa lemak
1	Keadaan		cairan kental - padat			cairan kental - padat		
1.1	Penampakan	-	normal/khas			normal/khas		
1.2	Bau	-	asam/khas			asam/khas		
1.3	Rasa	-	homogen			homogen		
1.4	Konsistensi	-	min. 3,0			min. 3,0		
2	Kadar lemak (b/b)	%	0,6 - 2,9	maks. 0,5		0,6 - 2,9	maks. 0,5	
3	Total padatan susu bukan lemak (b/b)	%	min. 8,2			min. 8,2		
4	Protein (Nx6,38) (b/b)	%	min. 2,7			min. 2,7		
5	Kadar abu (b/b)	%	maks. 1,0			maks. 1,0		
6	Keasaman (dihitung sebagai asam laktat) (b/b)	%	0,5-2,0			0,5-2,0		
7	Cemaran logam							
7.1	Timbal (Pb)	mg/kg	maks. 0,3			maks. 0,3		
7.2	Tembaga (Cu)	mg/kg	maks. 20,0			maks. 20,0		
7.3	Timah (Sn)	mg/kg	maks. 40,0			maks. 40,0		
7.4	Raksa (Hg)	mg/kg	maks. 0,03			maks. 0,03		
8	Arsen	mg/kg	maks. 0,1			maks. 0,1		
9	Cemaran mikroba							
9.1	Bakteri <i>coliform</i>	APM/g atau koloni/g	maks. 10			maks. 10		
9.2	<i>Salmonella</i>	-	negatif/25 g			negatif/25 g		
9.3	<i>Listeria monocytogenes</i>	-	negatif/25 g			negatif/25 g		
10	Jumlah bakteri starter*	koloni/g	min. 10 ⁷			-		

* sesuai dengan Pasal 2 (istilah dan definisi)

Gambar 2.1 SNI Yoghurt 2981:2009

Secara umum kultur yoghurt melibatkan dua atau lebih bakteri yang berbeda untuk proses fermentasi, yaitu *Streptococcus salivarius* dan *thermophilus* dan genus *Lactobacillus*, seperti *Lacidophilus*, *bulgaricus*, *casei* dan *bifidus*. Secara nutrisi, yoghurt kaya akan protein dan beberapa vitamin B serta mineral penting lainnya (Gilliland, 1985). Mikroorganisme yang dibiakkan untuk protein dan digunakan sebagai sumber protein untuk hewan atau pangan harus mendapat perhatian secara khusus. Mikroorganisme yang cocok antara lain memiliki sifat tidak menyebabkan penyakit terhadap tanaman, hewan, dan manusia (Gilliland, 1985). Pada proses fermentasi terjadi *hidrolisis enzimatis* laktosa menjadi glukosa dan galaktosa. Kemudian glukosa diuraikan melalui beberapa tahap dekomposisi menghasilkan asam laktat. Pada tahap ini belum terjadi perubahan struktur fisik yang nyata pada susu, disebut prefermentasi. Galaktosa tidak akan digunakan selama glukosa dan laktosa masih tersedia untuk fermentasi.

Fermentasi merupakan suatu proses perubahan kimia pada suatu substrat organik melalui aktivitas enzim yang dihasilkan oleh mikroorganisme (Suprihatin, 2010). Proses fermentasi dibutuhkan starter sebagai mikroba yang akan ditumbuhkan dalam substrat. Starter merupakan populasi mikroba dalam jumlah dan kondisi fisiologis yang siap diinokulasikan pada media fermentasi (Prabowo, 2011). Fermentasi dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu spontan dan tidak spontan. Fermentasi spontan adalah yang tidak ditambahkan mikroorganisme dalam bentuk starter atau ragi dalam proses pembuatannya, sedangkan fermentasi tidak spontan adalah yang ditambahkan starter atau ragi dalam proses pembuatannya. Mikroorganisme tumbuh dan berkembang secara aktif merubah bahan yang difermentasi menjadi produk yang diinginkan pada proses fermentasi (Suprihatin, 2010). Proses optimum fermentasi tergantung pada jenis organismenya (Sulistyaningrum, 2008).

2.2.2 Macam-Macam Yoghurt

Berikut merupakan macam-macam yoghurt berdasarkan tingkat kekentalannya:

1. *Set Yoghurt*

Merupakan yoghurt dengan tekstur paling kental (seperti puding tahu atau custard) Proses fermentasi langsung dalam kemasannya. Setelah terbentuk yoghurt, tidak ditambahkan apa pun dan tidak diaduk. Umumnya adalah yoghurt tawar (plain).

2. *Stir Yoghurt*

Merupakan yoghurt dengan tekstur lebih encer karena setelah terbentuk yoghurt, ditambahkan bahan lain (misal pemanis, perasa, atau buah-buahan), kemudian diaduk, baru disimpan dalam kemasan, sehingga teksturnya lebih cair.

3. *Drink Yoghurt*

Merupakan yoghurt berbentuk cair (encer). Setelah terbentuk yoghurt kemudian dicairkan sehingga yoghurt jenis ini bisa langsung diminum.

Ada juga macam lain dari yoghurt yang beredar dipasaran antara lain:

1. Yoghurt Pasteurisasi

Adalah yoghurt yang setelah masa inkubasi selesai dipasteurisasi untuk mematikan bakteri dan memperpanjang umur simpanannya.

2. Yoghurt Beku

Adalah yoghurt yang disimpan pada suhu beku.

3. Dietetic Yoghurt

Adalah yoghurt rendah kalori, rendah laktosa, atau yang ditambah vitamin dan protein.

4. Yoghurt Konsentrat

Adalah yoghurt dengan total padatan sekitar 24%.

5. Kefir

Adalah produk susu yang berasal dari pegunungan Kaukasia. Bibit kefir berasal dari bakteri asam laktat dan khamir (*Lactobacillus lactis* dan *Lactobacillus kefiranofaciens*). *Lactobacillus kefiranofaciens* ini yang menyebabkan penggumpalan sehingga kefir menjadi kental.

Berdasarkan kadar lemaknya, yoghurt dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu yoghurt berlemak penuh (kadar lemak lebih dari 3%), yoghurt setengah berlemak (kadar lemak 0,5-3,0%) dan yoghurt berlemak rendah (lemak kurang dari 0,5%).

2.2.3 Manfaat Yoghurt

Ada beberapa pendapat mengenai manfaat dari mengkonsumsi yoghurt. Pada awal abad ke 20, Metchinkoff mengatakan bahwa mengkonsumsi yoghurt dapat memperpanjang usia.

Yoghurt dapat dikategorikan salah satu makanan yang multifungsional, yaitu makanan yang berfungsi untuk mengatasi berbagai penyakit sehingga dapat mendongkrak kesehatan dan kebugaran tubuh (Iwasaki, 1994).

Beberapa peneliti telah menunjukkan, mengonsumsi yoghurt dapat menurunkan kadar kolesterol darah. Yoghurt mengandung suatu faktor yang dapat menghambat sintesis

kolesterol sehingga kolesterol menurun dan mencegah terjadinya penyumbatan pembuluh darah(asterosklerosis) penyebab penyakit jantung koroner.

Manfaat lain dari Yoghurt antara lain:

1. Meningkatkan pertumbuhan

Hasil penelitian dengan tikus percobaan menunjukkan bakteri yang hidup pada yoghurt terutama *Streptococcus thermophilus*, memiliki kemampuan untuk meningkatkan pertambahan berat badan tikus, yaitu dengan cara meningkatkan daya cerna dan absorpsi pada saluran pencernaannya.

2. Mengatur saluran pencernaan

Asam laktat dari yoghurt dapat merangsang gerakan peristaltic hamper pada semua bagian dalam saluran pencernaan. Rangsangan gerakan peristaltic tersebut dapat memelihara kesehatan tubuh melalui peningkatan proses pencernaan, penyerapan, pembuangan feses, dan pembuangan bakteri pathogen dari saluran pencernaan.

3. Antikanker

Penelitian pada tikus menunjukkan, panggandaan sel-sel kanker pada tikus yang diberi makan yoghurt lebih terhambat daripada tikus percobaan tanpa yoghurt. 7 Bakteri-bakteri yang berperan dalam fermentasi susu dapat mengubah zat-zat prekarsinogenik yang ada dalam saluran pencernaan sehingga dapat menghambat terjadinya kanker.

4. Penghambat pertumbuhan bakteri pathogen

Asam laktat dapat mengurangi atau membunuh bakteri pathogen (bakteri penyebab penyakit) dan menekan produksi senyawa-senyawa berbahaya, seperti amin, fenol, skatol, dan H₂S yang diproduksi oleh bakteri pathogen. Bakteri penghasil asam laktat juga memproduksi antibiotik yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri pathogen. Oleh karena itu, yoghurt mempunyai nilai pengobatan terhadap lambung dan usus yang terluka.

5. Memperbaiki gerakan perut

Suatu penelitian yang dilakukan pada sejumlah lansia menunjukkan, pemberian kultur *Streptococcus thermophilus* dapat meningkatkan gerakan perut dari 4,8 kali dalam 10 hari menjadi 5,7 kali. Gerakan perut ini diperlukan untuk memperlancar proses pengeluaran feses. Pada saat yoghurt melalui saluran pencernaan terjadi peningkatan jumlah bakteri *bifidobacterium* yang ikut berperan dalam menormalkan gerakan perut.

6. Anti diare

Yoghurt dapat mencegah aktivitas dan pertumbuhan berbagai bakteri pathogen penyebab gastroenteritis pemicu penyakit diare. *Lactobacillus bulgaricus* (salah satu

bakteri yang berperan dalam pembentukan yoghurt) dapat memproduksi *bulgarican*, yaitu anti mikroba yang efektif untuk menghambat organism pathogen.

7. Yoghurt juga sering dimanfaatkan bagi orang yang ingin menurunkan berat badan dengan syarat dikonsumsi tanpa pemanis.
8. Yoghurt bermanfaat terutama bagi penderita *lactose intolerance* Minum susu fermentasi seperti yoghurt sangat dianjurkan bagi orang mengalami defisiensi enzim. Bakteri asam laktat dapat memfermentasi laktosa yang ada dalam susu menjadi glukosa dan galaktosa, serta merangsang sekresi *enzim lactase* di dalam saluran pencernaan.

2.3 Bahan-Bahan Pembuatan Yoghurt

Bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan yoghurt yaitu susu, kultur starter bakteri asam laktat (*Lactobacillus bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus*).

2.3.1 Susu

Susu adalah cairan berwarna putih yang disekresi oleh kelenjar mammae (ambing) pada binatang mamalia betina, untuk bahan makanan dan sumber gizi bagi anaknya (Winarno, 1993). Susu merupakan hasil sekresi kelenjer susu hewan mamalia betina sebagai sumber gizi bagi anaknya. Menurut Winarno (1993), susu adalah cairan berwarna putih yang disekresi oleh kelenjer mammae (ambing) pada binatang mamalia betina, untuk bahan makanan dan sumber gizi bagi anaknya. Sebagian besar susu yang dikonsumsi manusia berasal dari sapi. Susu tersebut diproduksi dari unsur darah pada kelenjer susu sapi.

Susu merupakan makanan alami yang hampir sempurna. Sebagian besar zat gizi esensial ada dalam susu, diantaranya protein, kalsium, fosfor, vitamin A dan vitamin B.

Berikut merupakan SNI 3141.1:2011 Syarat Mutu Susu Segar.

Tabel 1 - Syarat mutu susu segar

No.	Karakteristik	Satuan	Syarat
a.	Berat Jenis (pada suhu 27,5 °C) minimum	g/ml	1,0270
b.	Kadar lemak minimum	%	3,0
c.	Kadar bahan kering tanpa lemak minimum	%	7,8
d.	Kadar protein minimum	%	2,8
e.	Warna, bau, rasa, kekentalan	-	Tidak ada perubahan
f.	Derajat asam	°SH	6,0 – 7,5
g.	pH	-	6,3 – 6,8
h.	Uji alkohol (70 %) v/v	-	Negatif
i.	Cemaran mikroba, maksimum:		
	1. <i>Total Plate Count</i>	CFU/ml	1x10 ⁶
	2. <i>Staphylococcus aureus</i>	CFU/ml	1x10 ²
	3. <i>Enterobacteriaceae</i>	CFU/ml	1x10 ³

j	Jumlah sel somatis maksimum	sel/ml	4×10^5
k	Residu antibiotika (Golongan penisilin, Tetrasiklin, Aminoglikosida, Makrolida)	-	Negatif
l	Uji pemalsuan	-	Negatif
m	Titik beku	°C	-0,520 s.d - 0,560
n	Uji peroxidase	-	Positif
o	Cemaran logam berat, maksimum:		
	1. Timbal (Pb)	µg/ml	0,02
	2. Merkuri (Hg)	µg/ml	0,03
	3. Arsen (As)	µg/ml	0,1

Gambar 2.2 SNI Susu Segar 3141.1:2011

Susu merupakan sumber kalsium paling baik, karena disamping kadar kalsium yang tinggi, laktosa di dalam susu membantu absorpsi susu di dalam saluran cerna (Almatsier, 2002).

2.3.2 Bakteri Asam Laktat (BAL)

Pengujian total bakteri asam laktat menggunakan metode cawan (Fardiaz, 1993). Bakteri asam laktat dalam memperbanyak sel memanfaatkan nutrisi seperti laktosa yang nantinya akan dipecah menjadi asam laktat. Bakteri asam laktat dapat mendegradasi berbagai jenis gula menjadi asam laktat. Gula yang terkandung dalam susu maupun buah dalam proses pembuatan yoghurt dapat menstimulasi pertumbuhan serta meningkatkan aktivitas BAL dalam menghasilkan asam laktat. Menurut BSN (2009), yoghurt yang baik mengandung kadar asam 0,5%-2,0% dan mengandung BAL minimal sebanyak 107 CFU/ml. Bakteri asam laktat mempunyai kemampuan untuk memproduksi berbagai substansi antimikrobia yang potensial sebagai agensia pengawet. Proses biokimia pada yoghurt terjadi selama proses fermentasi berlangsung. Laktosa dalam susu akan diubah menjadi asam laktat oleh bakteri asam laktat, pemecahan laktosa menjadi asam laktat oleh aktivitas bakteri asam laktat akan meningkatkan keasaman susu, sehingga menyebabkan yoghurt memiliki rasa asam (Jannah, 2014).

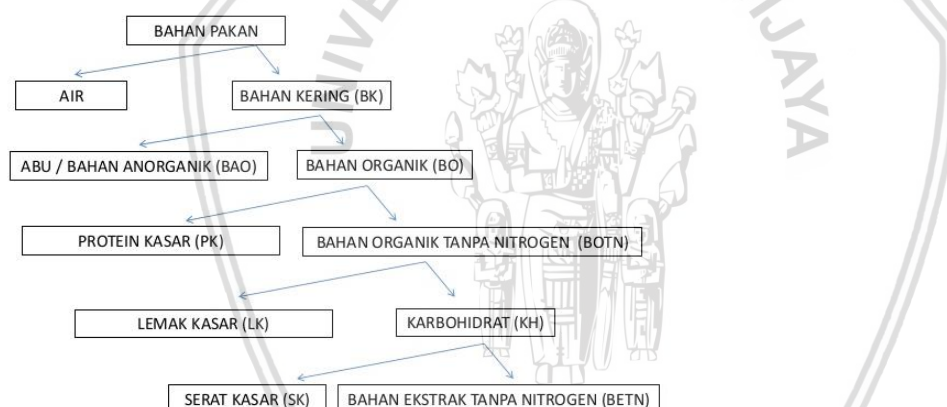
2.4 Nilai pH

Nilai pH merupakan cerminan jumlah ion H^+ dari asam di dalam susu yang diakibatkan oleh pertumbuhan mikroba (Legowo, 2009). Tujuan dari pengujian nilai pH adalah untuk mengetahui tingkat keasaman susu untuk dikonsumsi (Winarno dan Fernandez, 2007). Pengujian dilakukan dengan menggunakan pH meter elektrik. Semakin banyak sumber gula yang dapat dimetabolisir maka semakin banyak pula asam-asam organik yang dihasilkan, sehingga secara otomatis pH juga akan semakin rendah (Jannah, 2014). Terdapat beberapa pendapat mengenai nilai pH dari yoghurt yang baik untuk dikonsumsi, menurut *Food Standards Australia New Zeland* yaitu ~4,5 (mendekati 4,5) karena pada pH tersebut Bakteri

Asam Laktat masih dapat tumbuh dan mampu bertahan hidup untuk melewati lambung (Marteau, 1997). Dari kutipan Susilorini dan Sawitri, (2007) pada komposisi yoghurt secara umum kandungan pH adalah 3,8-4,6. Jika ditinjau dari pandangan konsumen berdasarkan jurnal “*Application of Design Experiments Homemade Yoghurt Production Process*” konsumen lebih menyukai yoghurt dengan pH pada rentang 4,2-4,6.

2.5 Analisis Proksimat

Analisis proksimat merupakan pengujian kimiawi untuk mengetahui kandungan nutrisi suatu bahan baku pakan atau pakan. Metode analisa proksimat pertama kali dikembangkan oleh Henneberg dan Stohman pada tahun 1860 di sebuah laboratorium penelitian di Weende, Jerman (Hartadi, 1997). McDonald, (1995) menjelaskan bahwa analisa proksimat dibagi menjadi enam fraksi nutrisi yaitu kadar air, abu, protein kasar, lemak kasar, serat kasar dan bahan ekstrak tanpa nitrogen (BETN). Berikut skema analisis Proksimat bahan pakan.



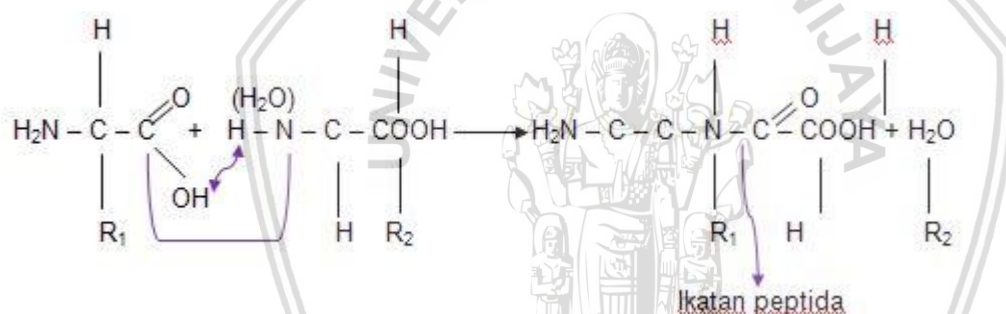
Gambar 2.3 Skema analisis proksimat bahan pakan (McDonald 1995)

Analisis kadar abu bertujuan untuk memisahkan bahan organik dan bahan anorganik suatu bahan pakan. Kandungan abu suatu bahan pakan menggambarkan kandungan mineral pada bahan tersebut. Menurut Cherney (2000) abu terdiri dari mineral yang larut dalam deterjen dan mineral yang tidak larut dalam deterjen. Kandungan bahan organik suatu pakan terdiri protein kasar, lemak kasar, serat kasar dan bahan ekstrak tanpa nitrogen (BETN). Kadar protein pada analisa proksimat bahan pakan pada umumnya mengacu pada istilah protein kasar. Protein kasar memiliki pengertian banyaknya kandungan nitrogen (N) yang terkandung pada bahan tersebut dikali dengan 6,25. Definisi tersebut berdasarkan asumsi bahwa rata-rata kandungan N dalam bahan pakan adalah 16 gram per 100 gram protein (NRC, 2001). Protein kasar terdiri dari protein dan nitrogen bukan protein (NPN) (Cherney, 2000). Cherney (2000) melaporkan bahwa lemak kasar terdiri dari lemak dan

pigmen. Zat-zat nutrien yang bersifat larut dalam lemak seperti vitamin A, D, E dan K diduga terhitung sebagai lemak kasar. Pigmen yang sering terekstrak pada analisa lemak kasar seperti klorofil atau xanthophil. Analisa lemak kasar pada umumnya Bahan Makanan Air Bahan Kering Abu Bahan Organik Protein Kasar Bahan Organik Tanpa Nitrogen Lemak Kasar Karbohidrat Serat Kasar Bahan Ekstrak Tanpa Nitrogen 3 menggunakan senyawa eter sebagai bahan pelarutnya, maka dari itu analisa lemak kasar juga sering disebut sebagai *ether extract*.

2.5.1 Protein

Protein merupakan makromolekul yang menyusun lebih dari separuh bagian dari sel. Protein menentukan ukuran dan struktur sel, komponen utama dari sistem komunikasi antar sel serta sebagai katalis berbagai reaksi biokimia di dalam sel. Karena itulah sebagian besar aktivitas penelitian biokimia tertuju pada protein khususnya hormon, antibodi, dan enzim (Fatchiyah dkk, 2011).



Gambar 2.4 Ikatan peptida (Nabilah 2012)

Protein merupakan makromolekul yang terdiri dari rantai asam amino yang dihubungkan oleh ikatan peptida membentuk rantai peptida dengan berbagai panjang dari dua asam amino (dipeptida), 4-10 peptida (oligopeptida), dan lebih dari 10 asam amino (polipeptida) (Gandy dkk, 2014). Tiap jenis protein mempunyai perbedaan jumlah dan distribusi jenis asam amino penyusunnya. Berdasarkan susunan atomnya, protein mengandung 50-55% atom karbon (C), 20-23% atom oksigen (O), 12-19% atom nitrogen (N), 6-7% atom hidrogen (H), dan 0,2-0,3% atom sulfur (S) (Estiasih, 2016).

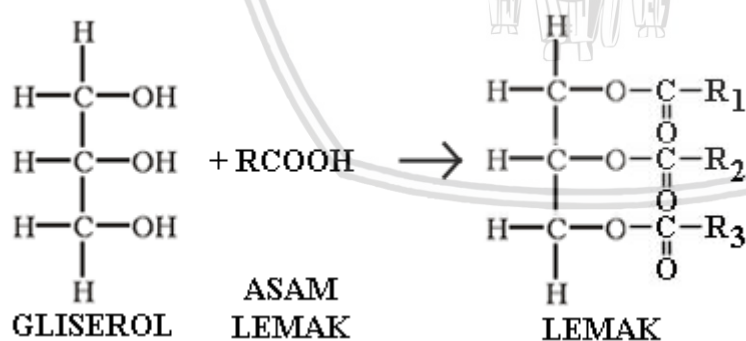
Menurut Fatchiyah (2011), protein dapat dikelompokkan menjadi 4 tingkatan struktur, yaitu:

- a. Struktur primer Struktur primer protein menggambarkan sekuens linear residu asam amino dalam suatu protein. Sekuens asam amino selalu dituliskan dari gugus terminal amino ke gugus terminal karboksil.

- b. Struktur sekunder Struktur sekunder dibentuk karena adanya ikatan hidrogen antara hidrogen amida dan oksigen karbonil dari rangka peptida. Struktur sekunder utama meliputi α -heliks dan β -strands (termasuk β -sheets). <http://repository.unimus.ac.id> 12
- c. Struktur tersier Struktur tersier menggambarkan rantai polipeptida yang mengalami *folded* sempurna dan kompak. Beberapa polipeptida folded terdiri dari beberapa protein globular yang berbeda yang dihubungkan oleh residu asam amino. Struktur tersier distabilkan oleh interaksi antara gugus R yang terletak tidak bersebelahan pada rantai polipeptida. Pembentukan struktur tersier membuat struktur primer dan sekunder menjadi saling berdekatan.
- d. Struktur kuartener Struktur kuartener melibatkan asosiasi dua atau lebih rantai polipeptida yang membentuk multisubunit atau protein oligomerik. Rantai polipeptida penyusun protein oligomerik dapat sama atau berbeda.

2.5.2 Lemak

Lipid atau lemak merupakan salah satu komponen dalam tubuh yang digunakan dalam berbagai proses kimiawi. Lipid berperan sebagai bahan dasar pembuatan hormon, sumber energi, sebagai komponen struktural membran sel, juga berperan dalam membantu proses pencernaan (Suwandi,D 2010). Lipid berasal dari makanan yang dikonsumsi dan disintesis di dalam hati. Kelompok lipid terdiri dari triasilgliserol, fosfolipid, kolesterol, dan asam lemak bebas. Struktur penyusun lipid adalah sebagai berikut.



Gambar 2.5 Ikatan penyusun lemak (Sunarya dan Setiabudi, 2009)

Lipid diangkut melalui aliran darah dengan cara berikatan dengan protein membentuk senyawa yang larut dalam air yang disebut lipoprotein (Beny,A 2013). Kandungan lipid terbesar yang terdapat pada makanan adalah jenis trigliserida (Jim,E.L 2013)

2.5.3 Karbohidrat

Karbohidrat merupakan senyawa yang terbentuk dari molekul karbon, hidrogen dan oksigen. Sebagai salah satu jenis zat gizi, fungsi utama karbohidrat adalah penghasil energi

di dalam tubuh. Tiap 1 gram karbohidrat yang dikonsumsi akan menghasilkan energi sebesar 4 kkal dan energi hasil proses oksidasi (pembakaran) karbohidrat ini kemudian akan digunakan oleh tubuh untuk menjalankan berbagai fungsi-fungsinya seperti bernafas, kontraksi jantung dan otot serta juga untuk menjalankan berbagai aktivitas fisik seperti berolahraga atau bekerja (Irawan, 2007).

Terdapat tiga golongan utama karbohidrat : monosakarida, oligosakarida, dan polisakarida. Monosakarida atau gula sederhana, terdiri dari hanya satu unit polihidroksi aldehida atau keton. Monosakarida paling banyak di alam adalah D-glukosa 6 karbon. Oligosakarida terdiri dari rantai pendek unit monosakarida yang digabungkan oleh ikatan kovalen. Kebanyakan oligosakarida yang mempunyai tiga atau lebih unit tidak terdapat secara bebas, tetapi digabungkan sebagai rantai sampai polipeptida pada glikoprotein dan proteoglikogen. Polisakarida terdiri dari rantai panjang yang mempunyai ratusan atau ribuan unit monosakarida. Polisakarida yang paling banyak dijumpai pada dunia tanaman, yaitu pati dan selulosa, terdiri dari unit berulang D-glukosa, tetapi senyawa tersebut berbeda dalam hal cara unit D-glukosa dikaitkan satu sama lain (Lehninger, 1982).

2.6 Kualitas

Hal pertama yang harus diperhatikan dalam memenuhi kepuasan pelanggan adalah kualitas. Kualitas yang diperhatikan bukan hanya kualitas dari produk akhir tersebut, tetapi seluruh komponen didalamnya, seperti bahan baku, proses produksi, distribusi, penjaminan produk, dan lainnya. Kualitas adalah kata yang sering didengar oleh banyak orang dan kualitas memiliki banyak sekali definisi yang berbeda. Beberapa definisi kualitas yang dikemukakan oleh para ahli yaitu:

1. Juran (1962): "Kualitas adalah kesesuaian dengan tujuan atau manfaatnya".
2. Feigenbaum (1991): "Kualitas merupakan keseluruhan karakteristik produk dan jasa yang meliputi *marketing, engineering, manufacture, dan maintenance*, dalam mana produk dan jasa tersebut dalam pemakaiannya akan sesuai dengan kebutuhan dan harapan pelanggan".
3. Goetch dan Davis (1995): "Kualitas adalah suatu kondisi dinamis yang berkaitan dengan produk, pelayanan, orang, proses, dan lingkungan yang memenuhi atau melebihi apa yang diharapkan".
4. Perbendaharaan istilah *ISO 8402* dan dari Standar Nasional Indonesia (SNI 19-8402-1991): "Kualitas adalah keseluruhan ciri dan karakteristik produk atau jasa yang kemampuannya dapat memuaskan kebutuhan, baik yang dinyatakan secara tegas

maupun tersamar. Istilah kebutuhan diartikan sebagai spesifikasi yang tercantum dalam kontrak maupun kriteria–kriteria yang harus didefinisikan terlebih dahulu.”

Selain itu, definisi kualitas menurut Taguchi adalah dibagi berdasarkan dua segi umum, yaitu kualitas rancangan dan kualitas kecocokan (Soejanto, 2008). Sedangkan definisi kualitas produk menurut Taguchi adalah kerugian minimum yang diperoleh konsumen dari suatu produk sejak produk tersebut dikirim (Belavendram, 1995).

Kualitas rancangan adalah variasi tingkat kualitas yang terdapat pada suatu produk yang memang sengaja direncanakan. Kualitas kecocokan adalah seberapa sesuai suatu produk dengan spesifikasi dan kelonggaran yang telah dibuat. Kualitas kecocokan ini diisyaratkan oleh banyak faktor termasuk pemilihan proses produksi, latihan dan pengawasan produksi, jenis sistem penjamin kualitas (pengendalian proses, uji, aktivitas pemeriksaan) yang digunakan, seberapa jauh prosedur jaminan kualitas ini diikuti serta seberapa besar motivasi kerja untuk mencapai kualitas.

2.7 Desain Eksperimen

Menurut Sudjana (1995), desain eksperimen ialah suatu rancangan percobaan dengan tiap langkah tindakan yang betul-betul terdefinisikan sedemikian rupa sehingga informasi yang berhubungan dengan atau diperlukan untuk persoalan yang diteliti dapat dikumpulkan. Dengan kata lain, desain sebuah eksperimen merupakan langkah-langkah lengkap yang perlu diambil jauh sebelum eksperimen dilakukan agar data yang semestinya diperlukan dapat diperoleh, sehingga muncul suatu analisis objektif dan kesimpulan yang berlaku untuk persoalan yang sedang dibahas. Tabel 2.2 berikut merupakan perbandingan metode Desain Eksperimen menurut Ariani (2004):

Tabel 2.2

Perbandingan Metode Desain Eksperimen

Desain Eksperimen	Karakteristik
Desain Acak Sempurna (DAS)	Perlakuan diterapkan pada semua eksperimen atau sebaliknya dan tidak ada batasan pengacakan atau pemblokkan
Desain Blok Lengkap Acak (DBLA)	Pemblokkan terhadap eksperimen sehingga eksperimen bersifat <i>homogeny</i> dan jumlah blok eksperimen sama dengan banyak perlakuan
Desain Blok Tak Lengkap Acak (DBTLA)	Tidak ada batasan pemblokkan, dikarenakan perlakuan terhadap eksperimen diletakkan didalam dan diluar blok eksperimen
Desain Bujursangkar Latin (DBLS)	Tiap perlakuan terdapat satu dan hanya satu kali dalam setiap baris dan kolom, sehingga memiliki kolom dan baris sama
Desain Bujursangkar Greco Latin (DBSGL)	Sama seperti DBLS, tetapi ada tambahan huruf latin dan huruf greek
Desain Bujursangkar Younden (DBSY)	Memiliki jumlah kolom dan baris yang berbeda dan memiliki nilai dalam nilai setiap kolom atau baris

Desain Eksperimen	Karakteristik
Desain Faktorial	Terdapat kombinasi dari semua atau hampir semua faktor terhadap faktor lain yang ada dalam eksperimen itu, sehingga melakukan eksperimen jauh lebih banyak
Taguchi	Memperbaiki kualitas produk dan proses, menekan biaya dan <i>resources</i> seminimal mungkin, serta metode <i>Taguchi</i> melakukan lebih sedikit eksperimen dibandingkan eksperimen lain

2.8 Metode Taguchi

Metode Taguchi dikembangkan oleh Genichi Taguchi, yang digunakan untuk memperbaiki penerapan *Total Quality Control* di Jepang. Metode Taguchi merupakan metodologi dalam bidang teknik yang memiliki tujuan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses. Dalam waktu yang bersamaan metode ini menekan biaya dan sumber daya seminimal mungkin.

Langkah-langkah desain eksperimen *Taguchi*, menurut (Soejanto, 2008) yaitu:

1. Menyatakan permasalahan
Mendefinisikan permasalahan yang diselesaikan dengan sejelas mungkin agar dapat dilakukan upaya perbaikan dari masalah yang dihadapi.
2. Menentukan tujuan
Untuk menentukan tujuan penelitian diperlukan mengidentifikasi karakteristik kualitas dan tingkat performansi dari suatu eksperimen.
3. Menentukan metode pengukuran
Menentukan parameter yang diamati, bagaimana cara mengukurnya, dan peralatan apa saja yang diperlukan dalam eksperimen.
4. Identifikasi faktor
Untuk mengidentifikasi faktor dilakukan pendekatan yang sistematis dengan tujuan menemukan penyebab permasalahan yang dihadapi.
5. Memisahkan faktor *control* dan faktor *noise*
Untuk memulai desain eksperimen Taguchi, perlu diketahui faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi produk serta membaginya menjadi dua jenis faktor yaitu faktor Kontrol dan faktor *noise*.
6. Menentukan level dari faktor dan nilai faktor
Menentukan level dari faktor dengan jumlah derajat kebebasan yang digunakan sebagai *Orthogonal Array* yang digunakan dalam eksperimen.
7. Mengidentifikasi faktor yang mungkin berinteraksi

Suatu interaksi dapat terjadi apabila pengaruh dari suatu faktor tergantung dari level faktor yang lainnya.

8. Pemilihan *Orthogonal Array*

Memilih *Orthogonal Array* yang sesuai tergantung dari nilai faktor dan interaksi yang diharapkan dan nilai level dari tiap faktor. Derajat kebebasan berguna untuk menentukan *Orthogonal Array* mana yang dipakai pada eksperimen.

9. Memasukkan faktor dan atau interaksi ke dalam kolom

Untuk menempatkan faktor dalam kolom Taguchi menyediakan dua alat bantu yaitu dapat menggunakan *linier graf* atau *triangular tables*.

10. Melakukan eksperimen

Sejumlah percobaan disusun untuk meminimasi kesalahan yang mungkin terjadi pada penyusunan level yang tepat untuk eksperimen.

11. Analisis hasil eksperimen

Hasil eksperimen yang telah dilakukan Taguchi dianalisa menggunakan ANOVA. Ada beberapa hal yang dilakukan pada tahapan ini, yaitu:

a. *Pooling* faktor

Metode ini dilakukan apabila faktor yang diamati tidak signifikan secara statistik setelah pengujian signifikansi.

b. Persen Kontribusi

Bagian dari total variasi yang diamati pada eksperimen Taguchi dari masing-masing faktor yang signifikan dinyatakan dalam persen kontribusi. Menandakan kekuatan relatif dari faktor untuk mereduksi variasi.

c. *Signal to Noise Ratio (S/N Ratio)*

Taguchi memperkenalkan pendekatan S/N untuk mengetahui pengaruh faktor *noise* terhadap variasi yang timbul.

12. Pemilihan level faktor untuk kondisi optimal

Jika eksperimen terdiri dari beberapa faktor terdiri dari beberapa level faktor, maka pemilihan kombinasi level yang optimal dilakukan dengan membandingkan nilai perbedaan rata-rata eksperimen dari level yang ada.

13. Perkiraan rata-rata pada kondisi optimal

Setelah mendapatkan kondisi yang optimal dari eksperimen dengan *orthogonal array*, dapat diperkirakan rata-rata proses untuk prediksi kondisi yang optimal.

14. Menjalankan eksperimen konfirmasi

Dimaksudkan agar faktor dan level yang dipilih dapat memberikan hasil yang diharapkan.

2.8.1 Orthogonal Array

Matriks ortogonal adalah suatu matriks yang elemennya disusun menurut baris (kombinasi level dari faktor eksperimen) dan kolom (faktor eksperimen yang dapat diubah) Soejanto, (2008). Penentuan matriks ortogonal yang sesuai dengan eksperimen perlu dilakukan dengan prosedur sebagai berikut (Soejanto, 2008):

1. Definisikan jumlah faktor dan levelnya.
2. Tentukan derajat kebebasannya

Derajat kebebasan ialah sebuah konsep yang mendeskripsikan seberapa besar eksperimen yang harus dilakukan dan seberapa banyak informasi yang akan didapatkan dari eksperimen tersebut (Soejanto, 2008). Dalam menentukan jumlah eksperimen yang akan diamati adalah sebagai berikut (Soejanto, 2008):

$$DF = \sum_{i=1}^n V_{OA} = V_{fl} \quad (2-1)$$

Sumber: Soejanto (2008)

Dimana: $V_{OA} = (\text{Banyaknya Level} - 1)$

$V_{fl} = (\text{Banyaknya Faktor}) \times (\text{Banyaknya Level} - 1)$

3. Memilih matriks Ortogonal

Untuk memilih matriks ortogonal yang sesuai diperlukan suatu persamaan dari matriks ortogonal tersebut. Persamaan tersebut mempresentasikan jumlah faktor, jumlah level, dan jumlah pengamatan yang akan dilakukan. Bentuk umum dari model matrik sortogonal adalah (Soejanto, 2008):

$$La = (b^c) \quad (2-2)$$

Sumber: Soejanto (2008)

Dimana:

L = Rancangan Bujur Sangkar Latin

A = Banyak Baris/ Eksperimen

B = Banyak Level Faktor

C = Banyak Faktor

Taguchi menyediakan beberapa matriks ortogonal sesuai dengan kebutuhan eksperimen yang dilakukan. Tabel 2.3 merupakan bentuk standar matriks ortogonal menurut Taguchi.

Tabel 2.3
Orthogonal Array Standar

2 Level	3 Level	4 Level	5 Level	Level Gabungan
$L_4=(2^3)$	$L_9=(3^4)$	$L_{16}=(2^5)$	$L_{25}=(5^6)$	$L_{18}(2^1 \times 3^7)$
$L_5=(2^7)$	$L_{27}=(3^{11})$	$L_{64}=(4^{21})$	-	$L_{32}(2^1 \times 4^9)$
$L_{12} = (2^{11})$	$L_{81}=(3^{40})$	-	-	$L_{36}(2^{11} \times 3^{12})$
$L_{16} = (2^{15})$	-	-	-	$L_{36}(2^3 \times 3^{13})$
$L_{32}=(2^{31})$	-	-	-	$L_{54}(2^1 \times 3^{25})$

Sumber: Soejanto (2008)

2.8.2 Klasifikasi Karakteristik Kualitas

Karakteristik kualitas adalah objek yang menarik dari produk, sering disebut sebagai karakteristik fungsional (Belavendram, 1995). Pada dasarnya karakteristik kualitas memiliki target. Tabel 2.4 ini menunjukkan 3 tipe target pada karakteristik kualitas menurut Belavendram (1995).

Tabel 2.4
Klasifikasi Karakteristik Kualitas

Karakteristik	Target
<i>Nominal the best</i>	Terpusat pada nilai tertentu
<i>Smaller the better</i>	Sekecil mungkin (0)
<i>Larger the better</i>	Sebesar mungkin (~)

Sumber: Belavendram (1995)

2.8.3 Klasifikasi Parameter

Banyak faktor yang dapat mempengaruhi karakteristik kualitas dari suatu produk. Faktor tersebut dapat diklasifikasikan menjadi (Soejanto, 2008):

1. Faktor Gangguan, adalah suatu parameter yang dapat menyebabkan penyimpangan karakteristik kualitas dari targetnya. Faktor ini mempengaruhi karakteristik secara tidak terkendali dan sulit diprediksi serta biasanya bersifat sulit, mahal, dan tidak jadi sasaran pengendalian, tetapi untuk tujuan eksperimen, perlu dikendalikan dalam skala kecil.
2. Faktor Kontrol, adalah parameter yang nilainya ditentukan oleh ahli teknik. Faktor ini memiliki satu atau lebih nilai yang disebut level faktor.
3. Faktor Sinyal, faktor ini dapat mengubah nilai karakteristik kualitas yang sebenarnya diukur. Karakteristik kualitas dalam perancangan eksperimen dimana faktor sinyal memiliki nilai konstan disebut karakteristik statis dan dinamis saat dimasukkan ke banyak nilai.

4. Faktor Skala, sering disebut sebagai faktor penyelesaian. Faktor ini digunakan untuk mengubah rata-rata level karakteristik kualitas agar mencapai hubungan fungsional yang dibutuhkan antara faktor sinyal dengan karakteristik kualitas.

2.8.4 Signal Noise to Ratio (S/N Ratio)

Metode Taguchi mengembangkan konsep *S/N Ratio* untuk eksperimen yang memiliki banyak faktor yang disebut dengan eksperimen faktor ganda. *S/N Ratio* diformulasikan sedemikian rupa agar peneliti dapat memilih nilai level faktor terbesar untuk mengoptimalkan karakteristik kualitas dari eksperimen. Tujuan dari *S/N Ratio* ini adalah meminimalkan sensitivitas karakteristik kualitas terhadap faktor gangguan (Soejanto, 2008).

Karakteristik kualitas adalah hasil proses yang berkaitan dengan kualitas. Pada penelitian ini karakteristik dari *S/N Ratio* yang digunakan yaitu *Larger the Better* Nilai *S/N Ratio* untuk *Larger the Better* yaitu:

$$\eta = -10 \log_{10}(\text{MSD}) \quad (2-3)$$

Sumber: Belavendram (1995)

$$\text{MSD (Mean Square Deviation)} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \quad (2-4)$$

Sumber: Belavendram (1995)

2.8.5 Analysis of Variance (ANOVA)

Menurut Belavendram (1995), *Analysis of Variance* (ANOVA) adalah metode pengambilan keputusan berdasarkan statistik untuk mengetahui perbedaan hasil dari suatu perlakuan. Pada metode Taguchi, ANOVA digunakan sebagai metode statistik untuk menginterpretasikan data hasil eksperimen. Penggunaan ANOVA pada metode Taguchi digunakan sebagai metode statistik untuk menginterpretasikan data hasil eksperimen. Dalam perhitungan pengerjaannya sebagai berikut (Belavendram, 1995):

1. Membuat tabel data variabel

Berikut ini adalah Tabel Data Variabel yang ditampilkan pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5

Tabel Data Variabel

Exp	A	B	...	Replikasi 1	Replikasi 2		Total
1							
2							
K							

Sumber: Belavendram (1995)

2. Jumlah Kuadrat Total (ST), dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{SST} = \sum y^2 \quad (2-5)$$

Sumber: Belavendram (1995)

Dimana: y adalah data pada setiap replikasi.

3. Jumlah kuadrat rata-rata (SS_{mean})

$$SS_{mean} = n \cdot \bar{y}^2 \quad (2-6)$$

Sumber: Belavendram (1995)

Dimana: n adalah total seluruh replikasi

4. Jumlah kuadrat faktor ($SS_A, SS_B, \dots$)

Langkah awal dalam menghitung Jumlah Kuadrat Faktor, yaitu membuat tabel respon untuk faktor. Berikut ini adalah *Response Table of Faktor Effects* yang ditampilkan pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6

Response Table of Faktor Effects

Class		A	B	C	N
(I)	Level 1				
	Level 2				
	Level 3				

Sumber: Belavendram (1995)

$$SS_A = [(\bar{A1})^2 \times n1] + [(\bar{A2})^2 \times n2] + \dots + [(\bar{Ai})^2 \times ni] - SS_{mean} \quad (2-7)$$

Sumber: Belavendram (1995)

5. Jumlah kuadrat error (SE)

$$SSE = SST - SS_{mean} - SS_A - SS_B - \dots - SS_n \quad (2-8)$$

Sumber: Soejanto (2008)

6. Membuat Tabel ANOVA

7. Menghitung Derajat Kebebasan Faktor

$$v = (\text{number of levels} - 1) \quad (2-9)$$

Sumber: Belavendram (1995)

8. Menghitung Derajat Kebebasan Total

$$v_r = (\text{number of eksperimen} - 1) \quad (2-10)$$

Sumber: Belavendram (1995)

9. Menghitung Rata-Rata Jumlah Kuadrat (MS)

$$MS = \frac{SS}{v} \quad (2-11)$$

Sumber: Belavendram (1995)

10. Menghitung Rasio (F -Ratio)

$$F \text{ ratio} = \frac{MS \text{ pada masing-masing faktor}}{MS \text{ error}} \quad (2-12)$$

Sumber: Soejanto (2008)

11. Menghitung SS Pada Masing-Masing Faktor

$$SS' \text{ faktor} = SS \text{ faktor} - (v \text{ faktor} \times MS \text{ error}) \quad (2-13)$$

Sumber: Soejanto (2008)

12. Menghitung Rho% (Persentase Rasio Akhir) pada masing-masing faktor

$$\text{Rho\% A} = \frac{\text{SSA}'}{\text{SST}} \quad (2-14)$$

Sumber: Soejanto (2008)

2.8.6 Derajat Bebas (*Degree of Freedom*)

Derajat bebas adalah banyaknya perbandingan yang harus dilakukan antar level faktor (efek utama) atau interaksi yang digunakan dalam menentukan jumlah percobaan minimal yang dilakukan. Perhitungan derajat bebas dilakukan untuk memperoleh pemahaman tentang hubungan antara faktor dengan level yang berbeda terhadap karakteristik kualitas yang dihasilkan. Perbandingan ini akan memberikan informasi tentang faktor dan level yang mempunyai pengaruh signifikan terhadap karakteristik kualitas (Ishak, 2002: 14).

$$\text{DF} = \sum_1^n V_{OA} = V_{fl} \quad (2-15)$$

Sumber: Soejanto (2008)

Dimana:

V_{OA} = Banyaknya Level –1

V_{fl} = (Banyaknya Faktor) x (Banyaknya Level –1)

2.8.7 Interval Kepercayaan

Interval kepercayaan adalah nilai minimum dan maksimum dimana diharapkan nilai rata-rata sebenarnya tetap tercakup dengan presentase kepercayaan tertentu. Berikut ini interval kepercayaan untuk data variabel pada rata-rata yang diprediksi (*predicted mean*) dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$\mu_{\text{predicted}} = \bar{y} + (\text{faktor terpilih 1} - \bar{y}) + \dots + (\text{faktor terpilih n} - \bar{y}) \quad (2-16)$$

Sumber: Belavendram (1995)

Dimana: $\bar{y}$ = rata – rata nilai hasil dari faktor yang terpilih setelah *pooled*

$$\text{Clmean} = \sqrt{\left(F_{\alpha, v1, v2} \times V_e \times \frac{1}{\text{neff}} \right)} \quad (2-17)$$

$\text{neff} = \frac{\text{total number of degree of freedom}}{\text{sum of degree of freedom used in estimate of mean}}$

Sumber: Belavendram (1995)

Dimana:

$F_{\alpha, v1, v2}$ = Nilai *F-Ratio* Dari Tabel

α = 0,05

$v1$ = Derajat Kebebasan Untuk Pembilang Yang Berhubungan Dengan Suatu Rata-Rata.

$v2$ = Derajat Kebebasan Untuk Penyebut Yang Berhubungan Dengan Variasi *Pooled Error*

V_e = Variansi *Pooled Error*

Berikut ini rumus interval kepercayaan pada tahap *predicted mean*.

$$\mu_{\text{predicted}} - CI \leq \mu_{\text{confirmation}} \leq \mu_{\text{confirmation}} + CI \quad (2-18)$$

Sumber: Belavendram (1995)

Berikut ini adalah perhitungan *confidence interval-for a confirmation experiment*.

Perhitungan ini dilakukan setelah dilakukan uji konfirmasi.

$$Cl_{\text{mean}} = \sqrt{\left(F_{\alpha, v1, v2} \times V_e \times \left[\frac{1}{n_{\text{eff}}} + \frac{1}{r} \right] \right)} \quad (2-19)$$

Sumber: Belavendram (1995)

Dimana: $\frac{1}{r}$ = jumlah replikasi yang dilakukan saat uji konfirmasi

Berikut ini rumus interval kepercayaan pada tahap uji konfirmasi.

$$\mu_{\text{predicted}} - CI \leq \mu_{\text{confirmation}} \leq \mu_{\text{confirmation}} + CI \quad (2-20)$$

Sumber: Belavendram (1995)

2.8.8 Eksperimen Konfirmasi

Eksperimen Konfirmasi dilakukan dengan melakukan suatu pengujian menggunakan kombinasi tertentu dari faktor dan level hasil evaluasi sebelumnya. Bertujuan untuk melakukan validasi terhadap kesimpulan yang diperoleh selama tahap analisa (Soejanto, 2008). Eksperimen ini perlu dilakukan bila digunakan percobaan pemeriksaan dengan resolusi rendah dan berbentuk faktorial fraksional. Karena adanya pencampuran didalam kolom, kesimpulan yang diperoleh harus dianggap sebagai kesimpulan yang diperoleh harus dianggap sebagai kesimpulan awal sehingga perlu dilakukannya validasi oleh eksperimen konfirmasi. Ketika eksperimen yang digunakan berbentuk fraksional dan memiliki kontribusi terhadap variasi, terdapat kemungkinan bahwa kombinasi terbaik dari faktor dan level tidak nampak pada kombinasi pengujian matriks *orthogonal*. Pada eksperimen ini, ukuran sampel yang digunakan lebih besar daripada percobaan sebelumnya. Berikut ini adalah penjelasan dari tujuan eksperimen konfirmasi sebagai perbandingan nilai interval kepercayaan untuk kondisi optimal dan konfirmasi ditampilkan pada Tabel 2.7.

Tabel 2.7

Perbandingan Interval Kondisi Optimal dan Konfirmasi

Kondisi	Perbandingan	Keterangan	Keputusan
A	$\longleftrightarrow$	<i>Predicted</i>	Diterima
	$\longleftrightarrow$	Konfirmasi	
B	$\longleftrightarrow$	<i>Predicted</i>	Diterima
	$\longleftrightarrow$	Konfirmasi	
C	$\longleftrightarrow$	<i>Predicted</i>	Diterima
	$\longleftrightarrow$	Konfirmasi	

Sumber: Belavendram (1995)



Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III

METODE PENELITIAN

Metode penelitian adalah tahap yang ditetapkan terlebih dahulu sebelum melakukan penyelesaian masalah yang dibahas. Pada bab ini akan dijelaskan tahap yang dilakukan dalam penelitian agar proses penelitian dapat terarah, terstruktur dan sistematis.

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimental, dimana peneliti menggunakan data primer yang diambil dari penelitian eksperimen. Penelitian eksperimen adalah penelitian dengan pemberian perlakuan atau *treatment* pada suatu objek yang digunakan untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu terhadap yang lain dalam kondisi yang terkendali (Sugiyono, 2012). Tujuan eksperimen adalah memahami cara untuk mengurangi dan mengendalikan variabilitas suatu produk atau proses, lalu menentukan parameter-parameter yang mempengaruhi performansi suatu produk atau proses (Soejanto, 2009). Objek dari penelitian ini adalah yoghurt, dimana eksperimen dilakukan dengan uji pH dan proksimat untuk mendapatkan tingkat keasaman, kadar protein, lemak, dan karbohidrat dari yoghurt menggunakan eksperimen Taguchi yang memberikan perbedaan faktor dan level faktor pada masing-masing perlakuan.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Sentral Ilmu Hayati Universitas Brawijaya (LSIH-UB), Malang Jawa Timur. Penelitian ini berlangsung dari Februari 2018 sampai Mei 2018.

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

Untuk mendukung berjalannya eksperimen penelitian ini alat dan bahan yang diperlukan diantaranya:

1. Alat

Untuk mendukung berjalannya eksperimen penelitian ini alat yang diperlukan adalah seperti ditunjukkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1
Alat Penelitian

Nama Alat	Fungsi	Keterangan
Botol UC 1000 & botol M150 	Sebagai wadah penempatan Susu dan Yoghurt	Kapasitas : 100ml
Autoclave 	Sebagai media sterilisasi uap	Nama : Autoclave No. Kal : SA003123 No. Seri : 42135113
Oven 	Sebagai alat Pasteurisasi	Merk : Memmert Model : Beschickung loading model Dimensi : 50 x 30 x 75 (cm) Berat : 5000gr
Inkubator Shaker 	Sebagai alat untuk melakukan Inkubasi pada yoghurt	Model : SI-600R Dimensi : 50 x 75 x 50 (cm) Voltage : 230VAC 50Hz 5.5A
Spuete 	Untuk mencampurkan BAL ke susu pasteurisasi	Kapasitas : 5ml
Measuring Cup 	Sebagai wadah yang juga menunjukan jumlah atau volume yoghurt	Kapasitas : 1000ml & 250ml
Refrigerator 	Sebagai wadah penyimpanan yoghurt hasil inkubasi dalam suhu 0-10 C	Kapasitas : - Dimensi : - Berat : -

Nama Alat	Fungsi	Keterangan
Kapas 	Digunakan untuk penutup rongga wadah pada saat Autoclave	
Alumuniumfoil  	Digunakan untuk menutup kepala botol yang digunakan sebagai wadah yoghurt	
Akuades 	Digunakan untuk mencuci alat-alat yang digunakan selama penelitian	
Tisu 	Digunakan untuk membersihkan alat-alat dan meja penelitian	
pH Meter 	Untuk mengukur pH Yoghurt	

1. Bahan

Bahan yang diperlukan dalam penelitian ini antara lain:

- Susu sapi segar
- Biakan *Bulgarikus Thermophilus* / BAL

3.4 Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang dilakukan pada penelitian ini berasal dari pengambilan data langsung dari hasil pengujian di Laboratorium LSIH Universitas Brawijaya, Malang Jawa Timur. Berikut ini adalah metode pengumpulan data yang dilakukan pada saat penelitian.

3.4.1 Langkah-langkah Penelitian

Berikut ini merupakan langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini:

1. Studi Lapangan dan Studi Pustaka

Pada tahap ini dilakukan studi/survei lapangan untuk mengetahui permasalahan yang ada pada yoghurt yang ada di Malang Raya. Setelah itu, dilakukan studi pustaka melalui penelitian-penelitian terdahulu berupa jurnal, skripsi yang berhubungan dengan yoghurt serta rekayasa kualitas dengan metode Taguchi. Landasan teori digunakan untuk membantu proses penelitian ini sehingga tujuan dari penelitian ini dapat tercapai.

2. Identifikasi dan Rumusan Masalah

Pada tahap ini dilakukan identifikasi masalah berdasarkan pengamatan yang dilakukan. Identifikasi dilakukan berdasarkan landasan teori yang berkaitan. Dengan pengamatan yang dilakukan masalah yang timbul adalah belum diketahuinya standar perlakuan apa saja yang diberikan selama proses produksi untuk memperoleh pH terbaik dan kandungan protein, lemak dan karbohidrat optimal dari yoghurt Malang Raya. Setelah diperoleh identifikasi masalah, selanjutnya digunakan sebagai acuan dalam menentukan rumusan masalah yang menjadi fokus dalam penelitian ini.

3. Penetapan Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan penelitian didapatkan dari perumusan masalah yang telah diuraikan sebelumnya. Sehingga dapat menjadi acuan dalam menentukan tingkat keberhasilan suatu penelitian. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis faktor perlakuan yang mempengaruhi kualitas yoghurt, sehingga dapat memperoleh pH terbaik dan kandungan protein, lemak dan karbohidrat optimal, sehingga membuat *customer* merasa puas dengan kualitas yoghurt dan yakin dengan kebermanfaatan dari kandungan yoghurt dengan menggunakan metode *Taguchi*.

4. Pengukuran Kondisi Aktual

Pengukuran kondisi aktual bertujuan untuk mengetahui kualitas yoghurt Produksi Malang Raya berdasarkan pengukuran dari penelitian terdahulu dan pengukuran langsung yang dilakukan oleh pihak produsen untuk mengetahui kandungan gizi dari yoghurt serta penilaian dari mata pelanggan terkait pandangan mereka terhadap kondisi yoghurt di Malang Raya. Data yang didapatkan digunakan sebagai perbandingan kualitas yoghurt sesudah diterapkan metode eksperimen Taguchi.

5. Perencanaan Eksperimen

Perencanaan Eksperimen dibagi menjadi beberapa bagian seperti penentuan karakteristik kualitas, identifikasi faktor yang berpengaruh, penentuan jumlah faktor kontrol dan level faktor, perhitungan derajat kebebasan, penentuan *Orthogonal Array* dan jumlah eksperimen. Berikut merupakan penjelasan dari Perencanaan Eksperimen

a. Penentuan Karakteristik Kualitas

b. Identifikasi Faktor yang berpengaruh selama proses produksi

Identifikasi faktor yang berpengaruh terhadap set yoghurt dalam proses produksi yang digunakan dilakukan dengan melihat hasil studi kepustakaan, studi lapangan, penelitian terdahulu, dan diskusi dengan Bapak/ Ibu Dosen dilakukan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kualitas Yoghurt berdasarkan pengukuran pH dan uji proksimat (kandungan protein, lemak dan karbohidrat), kemudian faktor lain yang berpengaruh diberikan perlakuan yang sama, sedangkan faktor yang dianggap tidak berpengaruh tidak diperhatikan.

c. Penetapan Faktor Kontrol dan Level Faktor

Pada penetapan Faktor Kontrol dan level faktor berpengaruh didapatkan dari studi literatur dan penelitian terdahulu. Level faktor yang digunakan dalam eksperimen ini menggunakan tiga *setting level* faktor. Berikut ini merupakan faktor dan level yang berpengaruh terhadap kualitas yoghurt Produksi Malang Raya.

d. Perhitungan Derajat Kebebasan

Pada perhitungan derajat kebebasan digunakan untuk menghitung jumlah minimum eksperimen yang dilakukan.

e. Pemilihan *Orthogonal Array*

Sebelum menetapkan desain *orthogonal array* yang sesuai maka dibutuhkan nilai derajat kebebasan dari faktor-faktor yang akan digunakan. Selanjutnya derajat kebebasan *orthogonal array* yang digunakan minimal sama dengan *degree of freedom* faktor utama tersebut.

6. Pelaksanaan Eksperimen

Pada tahap ini dilakukan eksperimen berdasarkan faktor-faktor dan level faktor yang berpengaruh serta *Orthogonal Array*. Eksperimen yang dilakukan adalah pada proses pembuatan yoghurt, berikut tahapnya:

- a. Sterilisasi alat yang digunakan dengan *Autoclave*
- b. Pemanasan susu dengan oven sesuai level faktor
- c. Pencampuran susu dengan bakteri yang digunakan, *setting* inkubator sesuai level faktor, memasukkan adukan yoghurt kedalam inkubator dan menunggu masa inkubasi.
- d. Penyimpanan yoghurt di refrigerator dengan waktu sesuai level faktor.
- e. Selanjutnya akan dilakukan analisis data dari hasil eksperimen. Data hasil eksperimen diolah dan dianalisis sehingga hasil dapat diinterpretasikan dari pengolahan data eksperimen yang sudah relevan.

Pengolahan data juga menggunakan data yang relevan dari eksperimen yang dilakukan terhadap masalah yang dihadapi. Perhitungan pada pengolahan data antara lain perhitungan ANOVA untuk nilai rata-rata serta perhitungan ANOVA untuk SNR. Perhitungan ANOVA untuk nilai rata-rata digunakan untuk mengetahui faktor yang berpengaruh terhadap nilai rata-rata (respon).

7. Penentuan *Setting Level* Faktor Optimal

Optimasi dilakukan dengan memaksimalkan nilai rata-rata serta meminimasi nilai variansi. Hasil optimal berupa *setting level* optimal dari masing-masing faktor dan level yang ada pada eksperimen *Taguchi*.

8. Prediksi Kondisi Optimal dan Selang Kepercayaan

Setelah menentukan *setting level* optimal maka perlu diketahui bagaimana kondisi optimal rata-rata yang bertujuan untuk memperkirakan kondisi sebenarnya.

9. Eksperimen Konfirmasi

Eksperimen konfirmasi dilakukan terhadap *setting level* optimal yang terpilih, untuk dilakukan eksperimen kembali untuk membandingkan interval kepercayaan sehingga dapat diketahui hasil eksperimen dapat diterima atau tidak.

10. Pembahasan

Pada tahap ini dilakukan pembahasan dilakukan terhadap hasil penelitian.

11. Kesimpulan dan Saran

Tahap ini merupakan tahap terakhir dari penelitian. Tahap ini akan menjawab tujuan pada uraian sebelumnya dan menyimpulkan bagaimana hasil dari pengumpulan, pengolahan dan analisa dari data.

3.4.2 Metode Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan dua jenis data, yaitu data primer dan data sekunder.

1. Data Primer

Data primer merupakan data yang diperoleh langsung melalui pengamatan atau pengukuran secara langsung oleh peneliti terhadap objek penelitian. Data primer yang diambil adalah data dari eksperimen langsung yang dilakukan peneliti berdasarkan pengukuran pH, dan uji proksimat hasil desain eksperimen dengan menggunakan metode Taguchi, serta data lainnya yang mendukung dalam penelitian pada Laboratorium Sentral Ilmu Hayati Universitas Brawijaya.

2. Data Sekunder

Data Sekunder pada penelitian ini adalah data kandungan Yoghurt standar dari Kementerian Kesehatan RI dan SNI Yoghurt 2981:2009, kemudian data kandungan beberapa jenis yoghurt yang beredar di Indonesia yang diperoleh dari situs resmi "fetsecret.co.id", serta data kandungan yoghurt didapatkan melalui KUD Susu Batu dan Omah Yoghurt, kemudian penilaian konsumen terhadap yoghurt Malang Raya diperoleh dari hasil survei penyebaran kuisioner pada sampel konsumen yoghurt Malang Raya, yang dapat memberikan informasi yang berhubungan dengan penelitian, data kualitas yoghurt di Malang Raya.

3.5 Langkah-Langkah Pengolahan Data

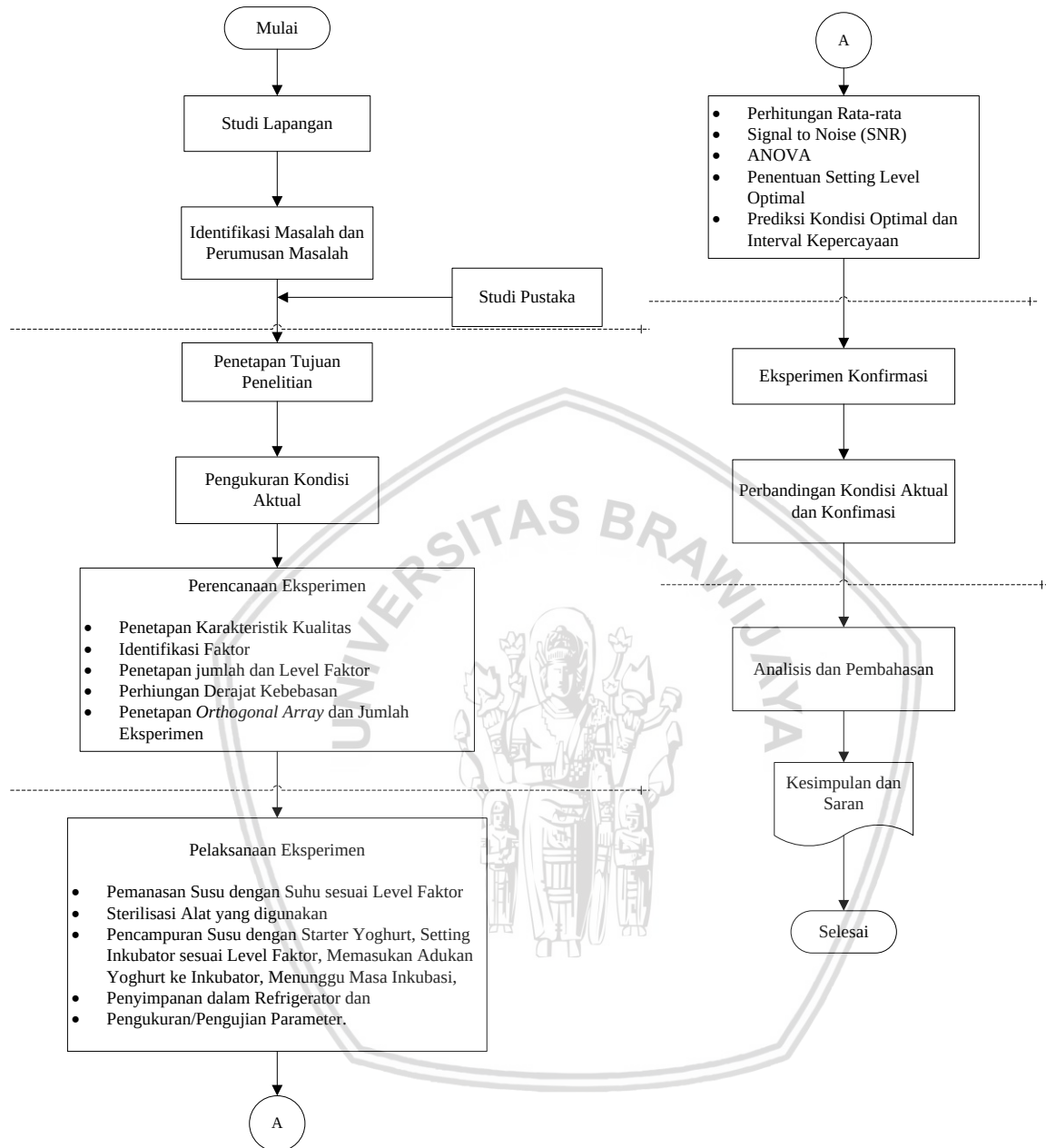
Pengolahan data pada penelitian ini dilakukan berdasarkan prosedur yang telah ditetapkan oleh Taguchi, yaitu dengan melakukan perhitungan *Analisis of Variance* sesuai langkah-langkah yang telah ditentukan serta melakukan uji *after* ANOVA untuk mengetahui faktor mana yang paling memberikan pengaruh sehingga diketahui *setting* faktor optimal yang dapat mempengaruhi kualitas yoghurt Malang Raya.

3.6 Langkah-Langkah Penelitian

Berikut ini adalah langkah-langkah penelitian yang ditampilkan dengan diagram alir pada Gambar 3.1 dan Gambar 3.2.

3.6.1 Diagram Alir Penelitian

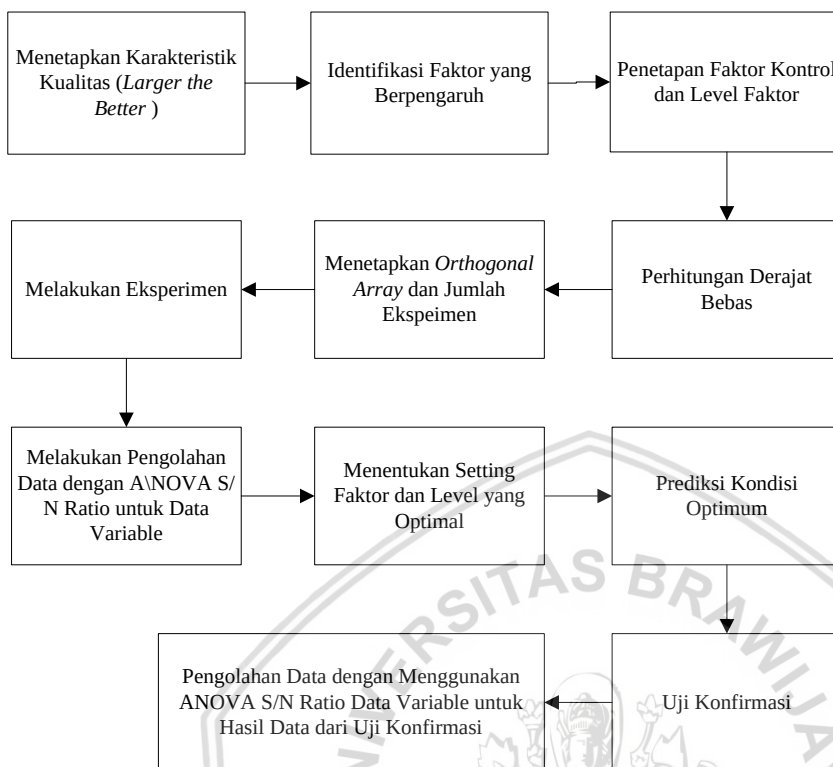
Berikut adalah diagram alir penelitian.



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

3.6.2 Diagram Alir Metode Taguchi

Berikut ini merupakan diagram alir metode Taguchi.



Gambar 3.2 Diagram alir metode Taguchi



Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum Produk

Yoghurt adalah produk yang dihasilkan melalui fermentasi bakteri pada susu. Berbagai jenis susu dapat digunakan untuk membuat yoghurt, dan pada penelitian ini pembuatan yoghurt menggunakan bahan utama susu sapi segar/ susu murni, karena susu sapi segar memiliki kandungan gizi lengkap. Susu sapi segar diperoleh dari Kampung Sapi Adventure (KSA) Batu. Yoghurt yang diproduksi adalah Set yoghurt/ yoghurt tawar yang biasa disebut plain yoghurt, yaitu yoghurt yang tidak mengalami penambahan zat/bahan apapun dan juga tidak diaduk, yoghurt ini bertekstur kental seperti puding. Proses fermentasi susu menggunakan Bakteri Asam Laktat hasil kombinasi biakan *Streptococcus thermophilus* + *Lactobacillus bulgaricus*, karena kombinasi bakteri ini dapat memaksimalkan kandungan gizi seperti protein dan lemak. Rasio perbandingan campuran BAL dan susu yang digunakan adalah 2,5 : 97,5, rasio tersebut dipilih karena biakan BAL yang digunakan mampu berkembang optimal pada rasio tersebut.

4.2 Bahan Baku Pembuatan Yoghurt

Tabel 4.1 berikut ini adalah bahan baku yang digunakan untuk memproduksi Yoghurt di Laboratorium Sentral Ilmu hayati-UB

Tabel 4.1

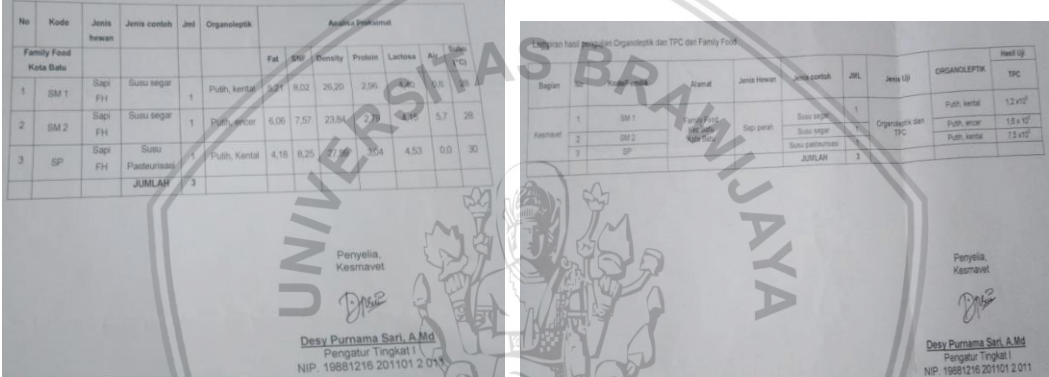
Bahan Baku Proses Produksi Yoghurt

No	Bahan Baku	Keterangan
1.	Susu Murni 	Susu Murni yang digunakan didapatkan Kampung Sapi Adventure (KSA) Batu, Malang Jawa Timur.
2.	Bakteri Asam Laktat (BAL) 	BAL yang digunakan adalah berupa Starter yang biakan dari Mother Culture <i>Lactobacillus bulgaricus</i> dan <i>Streptococcus thermophiles</i> , yang biakan di KSA Batu

Tabel 4.2 berikut merupakan alasan pemilihan bahan baku.

Tabel 4.2

Alasan pemilihan bahan baku

No	Alasan
1.	Susu murni KSA Susu murni KSA dipilih karena telah menerapkan sistem Integrated Farming yaitu penggabungan semua komponen pertanian dalam suatu sistem usaha pertanian yang terpadu dengan kata lain mulai proses pengelolaan ternak sampai produk olahan susu dikelola oleh KSA sendiri dalam satu sistem usaha, sehingga dapat menjamin kondisi susu secara menyeluruh, sapi bebas dari mastitis dan proses pemerahan menggunakan teknologi yang pemerahan sapi yang steril, sehingga tidak mungkin terjadi pencemaran saat pemerahan. Kualitas Susu murni KSA $\pm$ telah memenuhi SNI 3141.1:2011 Syarat Mutu Susu Segar (<i>Gambar 2.2</i>) berdasarkan uji proksimat dan TPC berikut.  Dari informasi gambar dapat diketahui : kandungan lemak = 6,06 ;Solid tanpa lemak = 7,57 ; Densitas = 23,84 ; Protein = 2,79 ; Laktosa = 4,15 ; TPC = $1,6 \times 10^5$ dan bJ 1.028. Sehingga Susu murni yang ada di KSA layak dijadikan bahan baku pembuatan yoghurt Eksperimen Taguchi.
2.	BAL (<i>Lactobacillus bulgaricus</i> dan <i>Streptococcus thermophiles</i>) Kombinasi BAL ini direkomendasi oleh KSA dan KUD Susu Batu karena menurut pengalaman mereka selama memproduksi yoghurt kombinasi ini memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan menggunakan masing-masing dari bakteri tersebut, kemudian mengacu pada Jurnal Hafsah dan Astriana, 2012, kombinasi ini berpengaruh signifikan terhadap parameter protein dan lemak, sehingga mendukung terhadap tujuan penelitian ini.

4.3 Proses Produksi Yoghurt

Produksi set yoghurt terdiri dari beberapa proses. Berikut ini akan dijelaskan proses produksi yoghurt yang dilaksanakan di Laboratorium Sentral Ilmu Hayati Universitas Brawijaya (LSIH-UB) Malang.

Tabel 4.3
Tahapan Proses Produksi Set Yoghurt

No.	Proses	Keterangan
1.	Menyiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan 	Proses pengadaan alat dan bahan penelitian seperti paparan pada bab III
2.	Sterilisasi Wadah dengan <i>Autoclave</i> 	Proses Sterilisasi botol yang akan digunakan sebagai wadah susu dan yoghurt menggunakan <i>Autoclave</i> pada suhu 121°C
3.	Pemindahan Susu ke Wadah Steril 	Proses pemindahan susu murni ke botol steril per 100ml sebagai sampel per Trial

No.	Proses	Keterangan
4.	Pasteurisasi 	Proses pemanasan susu dibawah titik didih dengan menggunakan oven dengan suhu sesuai level faktor.
5.	Pencampuran BAL dengan Susu Pasteurisasi 	Proses penarikan susu sebanyak 2,5ml dari botol, dan kemudian memasukkan 2,5ml BAL ke dalam botol susu 97,5ml sebelum proses inkubasi.
6.	Proses Inkubasi 	Proses pemanasan campuran susu pasteurisasi dengan BAL dengan suhu inkubasi yang konstan sesuai level faktor dan waktu inkubasi sesuai level faktor yang digunakan.
7.	Proses Pengendapan 	Proses penyimpanan yoghurt hasil inkubasi pada refrigerator dengan suhu 4°C untuk pematangan perkembangan bakteri selama waktu tertentu sesuai dengan level faktor.

No.	Proses	Keterangan
8.	Proses pengukuran Parameter (pengukuran pH dan Proksimat) 	Pengukuran pH dilakukan sendiri, dan pengukuran proksimat diserahkan ke analis Laboratorium

4.4 Penetapan Karakteristik Kualitas

Penetapan karakteristik kualitas yang digunakan pada penelitian ini adalah *Larger the Better*. Karakteristik yang nantinya diuji adalah pengukuran uji proksimat (kandungan gizi yaitu protein, lemak dan karbohidrat) dan pengukuran kandungan pH untuk peninjauan apakah pH yoghurt yang diproduksi berada pada *range* nominal pH yoghurt standar untuk dikonsumsi (tidak termasuk dalam parameter metode Taguchi). *Larger the Better* diartikan bahwa semakin besar penilaian yang diperoleh, maka nilainya akan semakin baik. Sehingga penelitian ini dilakukan untuk mengukur kandungan nutrisi (protein, lemak dan karbohidrat) terhadap yoghurt dengan menghasilkan faktor dan *setting level* untuk yoghurt yang optimal, kemudian dilakukan peninjauan terhadap pH yoghurt yang diproduksi apakah berada pada *range* nominal yang diharapkan.

4.5 Penetapan Faktor dan Level Faktor Kontrol

Langkah sebelum melakukan penelitian adalah penetapan faktor dan level faktor yang berpengaruh terhadap kualitas yoghurt. Penetapan faktor dan level faktor ini didapatkan dari studi literatur dan hasil diskusi dengan pihak KUD Susu Batu, Kampung Sapi Adventure (KSA) dan beberapa kompetitor produsen yoghurt Malang Raya. Pada Tabel 4.4 menunjukkan faktor yang berpengaruh terhadap kualitas yoghurt.

Tabel 4.4
Daftar Faktor Berpengaruh

No.	Faktor Berpengaruh	Keterangan
1.	Waktu Inkubasi	Waktu Inkubasi merupakan durasi yang digunakan untuk memfasilitasi BAL berkembang dalam campuran susu didalam inkubator, dan durasi tersebut akan berpengaruh terhadap kualitas yoghurt. • Pengaruh Temperatur Dalam Pembuatan Yoghurt dari Berbagai Jenis Susu Dengan Menggunakan <i>Lactobacillus Bulgaricus</i> dan <i>Streptococcus Thermophilus</i> <i>The effect of Temperature in Making Yoghurt from Various Kind of Milk, Using Lactobacillus Bulgaricus and Streptococcus Thermophilus</i>, • <i>Application of Design of Experiments to Homemade Yogurt Production Process.</i>
2.	Suhu Inkubasi	Merupakan temperature yang digunakan selama inkubasi • <i>Application of Design of Experiments to Homemade Yogurt Production Process</i> • Pengaruh Temperatur Dalam Pembuatan Yoghurt dari Berbagai Jenis Susu Dengan Menggunakan <i>Lactobacillus Bulgaricus</i> dan <i>Streptococcus Thermophilus</i> <i>The effect of Temperature in Making Yoghurt from Various Kind of Milk, Using Lactobacillus Bulgaricus and Streptococcus Thermophilus</i>, • Rekomendasi suhu yang digunakan di KUD Susu Batu
3.	Suhu dan Waktu Pasteurisasi Susu	Pasteurisasi yang dilakukan terhadap Susu Murni bertujuan untuk membunuh patogen yang terdapat pada susu tersebut, tapi perlakuan panas yang diberikan selama pasteurisasi juga akan menentukan kualitas kandungan gizi dari susu tersebut, dan pasteurisasi sendiri terbagi kepada 3 klasifikasi • 62°C Low Temperature Long Time • 72°C High Temperature Short Time • 85°C High Temperature Short Time
4.	Lama Penyimpanan Setelah Inkubasi	Lama penyimpanan Setelah Inkubasi akan mempengaruhi tingkat keasaman dari yoghurt : • jurnal Perubahan Kandungan Beta Karoten, Total Asam, dan Sifat Sensorik Yoghurt Lagu Kuning Berdasarkan Lama Simpan dan Pencahayaan.
5.	Suhu Penyimpanan Setelah Inkubasi	Temperature penyimpanan yang dilakukan setelah inkubasi akan sangat berpengaruh pada kondisi yoghurt, karena selama masa penyimpanan ini perkembangan BAL harus dihentikan (BAL tidak boleh berkembang lagi). • Diskusi bersama pemilik KSA Batu • Jurnal Perubahan Kandungan Beta Karoten, Total Asam, dan Sifat Sensorik Yoghurt Lagu Kuning Berdasarkan Lama Simpan dan Pencahayaan
6.	BAL (Starter)	Pemberian <i>Strater</i> yang bervariasi berpengaruh sangat signifikan terhadap kualitas yoghurt terutama dalam kadar protein, lemak dan laktosa • Jurnal Pengaruh Variasi Starter terhadap kualitas yoghurt susu sapi • Diskusi bersama pemilik KSA Batu
7.	Suhu Penyimpanan BAL sebelum dicampurkan Susu	BAL yang akan digunakan sebagai <i>starter</i> tidak boleh dibiarkan untuk berkembang lagi, maka harus disimpan pada temperatur dimana BAL tidak bisa untuk berkembang lagi • Diskusi bersama pemilik KSA Batu

Semua faktor akan digunakan dalam penelitian ini, karena semua faktor memiliki pengaruh terhadap parameter penilaian yang akan diteliti, tapi tidak semua faktor akan diberikan variasi perlakuan pada penelitian ini, jika faktor memiliki variasi perlakuan dilapangan dan terdapat beberapa sumber yang menggunakan perlakuan yang berbeda, maka akan dilakukan variasi perlakuan pada faktor tersebut untuk membandingkan hasil yang diperoleh dari masing-masing variasi perlakuan (level faktor).

Pada faktor yang tidak diberikan variasi perlakuan berdasarkan pada referensi studi literatur dan diskusi yang dilakukan bersama pakar susu dan yoghurt yang ada di Malang Raya (tim produksi di KUD Susu Batu dan Pemilik dari KSA), jika telah ditemukan kondisi terbaik dari faktor, maka faktor tersebut tidak akan diberikan variasi perlakuan. Kondisi lain yang dapat menyebabkan tidak diberikan variasi perlakuan pada faktor-faktor tertentu adalah keterbatasan sumber daya dan fasilitas yang digunakan. Berikut merupakan penjelasan faktor-faktor terpilih tersebut:

1. Faktor Waktu Inkubasi, Waktu Inkubasi merupakan durasi yang digunakan untuk memfasilitasi BAL berkembang dalam campuran susu didalam inkubator, dan durasi tersebut akan berpengaruh terhadap kualitas yoghurt. Penelitian terdahulu Pasaribu (2005) yang berjudul “Pengaruh Temperatur Dalam Pembuatan Yoghurt dari Berbagai Jenis Susu Dengan Menggunakan *Lactobacillus Bulgaricus* dan *Streptococcus Thermophilus* The effect of Temperature in Making Yoghurt from Various Kind of Milk, Using *Lactobacillus Bulgaricus* and *Streptococcus Thermophilus*, dan penelitian Saeid Hakimi (2014), “Application of Design of Experiments to Homemade Yogurt Production Process”, membuktikan bahwa waktu inkubasi memberikan pengaruh terhadap perkembangan BAL terhadap susu dan itu sangat menentukan kualitas (kandungan gizi dan tingkat keasaman) dari yoghurt yang produksi.
2. Faktor Suhu Inkubasi atau temperatur yang digunakan selama inkubasi berpengaruh terhadap perkembangan BAL selama inkubasi, karena perkembangan BAL sangat bergantung pada temperatur lingkungannya, bukti yang menunjukkan pengaruh suhu inkubasi terhadap kualitas yoghurt adalah penelitian terdahulu Pasaribu (2005) yang berjudul “Pengaruh Temperatur Dalam Pembuatan Yoghurt dari Berbagai Jenis Susu Dengan Menggunakan *Lactobacillus Bulgaricus* dan *Streptococcus Thermophilus* The effect of Temperature in Making Yoghurt from Various Kind of Milk, Using *Lactobacillus Bulgaricus* and *Streptococcus Thermophilus*, dan penelitian Saeid

Hakimi (2014), “*Application of Design of Experiments to Homemade Yogurt Production Process*”.

3. Faktor Lama Penyimpanan setelah Inkubasi mempengaruhi kualitas yoghurt dapat dibuktikan dengan jurnal Yulianawati (2014), “Perubahan Kandungan Beta Karoten, Total Asam, dan Sifat Sensorik Yoghurt Lagu Kuning Berdasarkan Lama Simpan dan Pencahayaan”, dimana perbedaan waktu penyimpanan setelah inkubasi pada temperatur saat BAL tidak dapat berkembang dapat mempengaruhi kualitas yoghurt, terutama pada kadar asam yang diperoleh.
4. Faktor Pasteurisasi sangat menentukan kualitas dari susu, karena pasteurisasi adalah tahap pemanasan susu yang bertujuan untuk membunuh patogen yang terdapat pada susu murni, tapi suhu pasteurisasi berada dibawah titik didih agar nutrisi yang terdapat pada susu tidak menguap, sehingga pasteurisasi yang dilakukan sangat berpengaruh terhadap kualitas kandungan gizi dari susu yang menjadi bahan baku pembuatan yoghurt.
5. Faktor Suhu Penyimpanan setelah Inkubasi, jika pasca inkubasi yoghurt ditempatkan pada lingkungan dengan suhu tertentu dimana BAL masih bisa berkembang, BAL akan tetap berkembang walaupun telah menjadi yoghurt yang telah melewati masa inkubasi, oleh karena itu penekanan suhu yang diberikan pasca inkubasi dapat mempengaruhi kualitas yoghurt.
6. Faktor BAL (*Starter*), BAL adalah bakteri yang berkembang terhadap susu dan mengubahnya menjadi yoghurt, BAL adalah makhluk hidup, bakteri yang dapat dijadikan *Starter* juga ada jenisnya, sehingga perbedaan jenis bakteri yang digunakan dapat mempengaruhi kualitas yoghurt yang dihasilkan
7. Faktor Suhu Penyimpanan BAL sebelum dicampur susu, perkembangan yang telah selesai dibiakan harus ditekan agar perkembangannya dapat diminimalkan hingga perkembangan setiap hari bahkan setiap minggunya menjadi tidak signifikan, karena jika perkembangannya terus terjadi sampai pada batas tertentu maka BAL akan membahayakan terhadap susu bahkan tidak bisa dijadikan *starter* yoghurt.

Kemudian dilakukan pemilihan level faktor untuk masing-masing faktor kontrol tersebut. Pemilihan level faktor dilakukan dengan diskusi bersama pakar susu dan yoghurt KUD Susu Batu dan KSA Batu dan analisis faktor skala dari penelitian terdahulu. Selain itu, untuk faktor-faktor yang tidak diberikan variasi perlakuan akan tetap dimasukkan sebagai faktor yang akan diseragamkan pada semua eksperimen. Dari hasil diskusi dan analisis tersebut maka didapatkan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5
Penentuan Faktor Kontrol

Faktor Kontrol	Level Faktor		
	1	2	3
Waktu Inkubasi	6 jam	8 jam	12 jam
Suhu Inkubasi	37°C	44°C	51°C
Lama Penyimpanan setelah Inkubasi	2 hari	4 hari	6 hari
Pasteurisasi	62°C LTLT (30 menit)	72°C HTST (15 detik)	85°C HTST (8 detik)
Faktor Lain	Keterangan		
BAL (Starter)	<i>Streptococcus thermophilus</i> + <i>Lactobacillus Bulgaricus</i>		
Suhu Penyimpanan setelah Inkubasi	1-10°C		
Suhu Penyimpanan BAL sebelum dicampur dengan Susu	1-10°C		
Porsi pencampuran Susu dan BAL	BAL 2,5% dan Susu 97,5%		

Dari Tabel 4.5 dapat dilihat bahwa faktor terpilih terdapat empat faktor dan setiap faktor memiliki tiga level faktor. Selanjutnya faktor dan level faktor terpilih ini nantinya akan dikombinasikan dalam pelaksanaan eksperimen taguchi. Berikut merupakan penjelasan penentuan level untuk masing-masing faktor kontrol.

1. Level faktor Waktu Inkubasi didapatkan dari diskusi bersama pakar susu dan yoghurt yang ada di KSA berdasarkan pada pengalaman beliau dan sumber dari jurnal (1) “Pengaruh Temperatur Dalam Pembuatan Yoghurt dari Berbagai Jenis Susu dengan Menggunakan *Lactobacillus Bulgaricus* dan *Streptococcus Thermophilus* The effect of Temperature in Making Yoghurt from Various Kind of Milk, Using *Lactobacillus Bulgaricus* and *Streptococcus Thermophilus*”, dan jurnal (2) “Application of Design of Experiments to Homemade Yogurt Production Process”. Dari jurnal pertama (1) menggunakan parameter Organoleptik dan disana terdapat perbedaan tanggapan konsumen terhadap yoghurt dengan beda perlakuan waktu inkubasi (6 jam, 8 jam dan 10-11 jam) tersebut, tapi hasil yang diperoleh juga dipengaruhi oleh faktor lain yang dikombinasikan dengan kedua variasi perlakuan waktu inkubasi tersebut, sehingga belum dapat diidentifikasi mana yang lebih baik dari kedua waktu tersebut. Kemudian jurnal kedua (2) memberikan kesimpulan bahwa tahap optimum masa (waktu) inkubasi terhadap tingkat keasaman (pH) adalah 12 jam. Maka kesimpulan untuk memberikan variasi perlakuan (level faktor) pada faktor waktu inkubasi yaitu (6 jam, 8 jam dan 12 jam)
2. Level faktor Suhu Inkubasi diperoleh dari diskusi bersama pakar susu dan yoghurt yang ada di KUD Susu Batu dan KSA berdasarkan pada pengalaman beliau dan sumber dari jurnal seperti yang tertera pada Tabel 4.4 direkomendasikan beberapa suhu inkubasi

yaitu 30°C, 37°C, 40°C, 44°C dan 51°C. Kesimpulan dari jurnal (1) suhu 30°C, 37°C, 44°C dan 51°C berpengaruh terhadap tekstur dan keasaman dari yoghurt tapi tidak ada suhu yang diprioritaskan, kemudian dari jurnal (2) merekomendasikan suhu 40°C, 44°C, dan menyimpulkan suhu 44°C berpengaruh optimal terhadap tingkat keasaman. Kondisi lain KUD Susu batu menggunakan suhu 37°C untuk produksi yoghurt mereka. Akhirnya diputuskan untuk menggunakan level faktor 37°C (karena digunakan di KUD Susu Batu), 44°C (kesimpulan jurnal (2)) dan 51°C (karena menurut salah satu tokoh di KSA, BAL mampu berkembang baik walaupun pada suhu yang relative lebih tinggi asalkan medianya tidak terlalu cair.

3. Level faktor untuk Lama Penyimpanan setelah Inkubasi. Berdasarkan pada diskusi dan pembahasan yang dilakukan dengan referensi seperti pada jurnal yang tertera pada Tabel 4.4, waktu yang direkomendasikan ada 2 hari, 4 hari, 6 hari, 8 hari dan 10 hari. Kemudian dari pengamatan pakar susu dan yoghurt yang ada di KSA set yoghurt berada dalam kondisi terbaiknya dalam jangka waktu seminggu setelah inkubasi dilakukan. Sehingga ditentukan level faktor yang dipilih adalah 2 hari, 4 hari dan 6 hari.
4. Level faktor Pasteurisasi. Pasteurisasi ada 2 jenis yaitu Low Temperature Long Time (LTLT) dan High Temperature Short Time (HTST) dan pada HTST terdapat 2 nominal suhu yang digunakan yaitu suhu 72°C selama 15 detik dan suhu 85° selama 8 detik. Kemudian untuk LTLT adalah menggunakan suhu 62°C selama 30 menit. Pertimbangan dari ketiga level tersebut adalah kandungan nutrisi yang berkurang ketika suhu tinggi dan bakteri yang tersisa ketika suhu rendah, sehingga sulit untuk menentukan mana yang terbaik, sehingga dijadikan 3 variasi tersebut sebagai level faktor yang digunakan.
5. Faktor BAL. Berdasarkan penelitian sebelumnya yang meneliti perbedaan variasi *starter* yoghurt terhadap kandungan yoghurt yaitu protein lemak dan laktosa, kombinasi *Streptococcus Thermophilus* + *Lactobacillus Bulgaricus* merupakan BAL dengan pengaruh optimal, sehingga diputuskan untuk menggunakan BAL tersebut.
6. Faktor Suhu Penyimpanan setelah Inkubasi. Diketahui seperti jurnal pada faktor BAL (faktor ke5), agar BAL tidak dapat berkembang pasca inkubasi maka harus diletakkan pada suhu yang dingin atau beku, akan tetapi ada ketakutan ketika sampai beku akan terjadi kontaminasi air dr pengembunan, sehingga dipilih suhu 1-10°C.
7. Faktor Suhu Penyimpanan BAL sebelum di campur susu agar BAL tidak dapat berkembang pasca inkubasi maka harus diletakkan pada suhu yang dingin atau beku, akan tetapi ada ketakutan ketika sampai beku akan terjadi kontaminasi air dr pengembunan, sehingga dipilih suhu 1-10°C.

4.6 Penetapan *Orthogonal Array*

Matriks *orthogonal* merupakan sebuah matriks yang elemen-elemennya disusun menurut kolom (faktor yang dapat diubah dalam eksperimen) dan baris (kombinasi level dari faktor dalam eksperimen) (Soejanto, 2008). Sebelum didapatkan desain matriks *orthogonal array* yang sesuai, maka perlu menentukan nilai *degree of freedom* dari masing-masing faktor dalam eksperimen. *Degree of freedom* yang digunakan harus sama dengan *degree of freedom* faktor kontrol eksperimen tersebut. Pada Tabel 4.6 ditunjukkan perhitungan *degree of freedom* untuk faktor yang berpengaruh.

Tabel 4.6
Pehitungan *Degree of Freedom*

Faktor		Df
Kode	Nama	
A	Waktu Inkubasi	(3-1)
B	Suhu Inkubasi	(3-1)
C	Lama Penyimpanan setelah Inkubasi	(3-1)
D	Pasteurisasi	(3-1)
Total		8

Tabel 4.6 menunjukkan bahwa *degree of freedom* dari faktor-faktor yang berpengaruh adalah delapan (8). Berikut adalah perhitungan *degree of freedom orthogonal array* (2-1):

$$\text{DF Faktor A} = (3 - 1) = 2$$

$$\text{DF Faktor B} = (3 - 1) = 2$$

$$\text{DF Faktor C} = (3 - 1) = 2$$

$$\text{DF Faktor D} = (3 - 1) = 2$$

$$L9(3)^4 = (3 - 1) * 4 = 8 \quad (2-2)$$

Setelah menentukan desain *orthogonal array* yang sesuai dengan *degree of freedom* dari masing-masing faktor berpengaruh pada eksperimen, maka Tabel 4.7 merupakan tabel *orthogonal array* yang digunakan dalam penelitian ini.

Tabel 4.7
Orthogonal Array

Eksperimen	Faktor			
	A	B	C	D
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

Sumber: Soejanto (2009)

Pada penelitian ini menggunakan 4 faktor kontrol dengan masing-masing faktor mempunyai 3 level faktor dan tidak ada faktor interaksi. Jumlah eksperimen yang harus dibuat adalah sebanyak 9 kali eksperimen yaitu sesuai dengan *orthogonal array* $L_9(3^4)$. Untuk meningkatkan ketelitian, maka masing-masing eksperimen dilakukan beberapa replikasi. Jumlah replikasi/*trial* yang digunakan yaitu antara 3-5 (Montgommery, 2009:231). Pada penelitian ini dilakukan 3 kali replikasi pada setiap eksperimennya sehingga total keseluruhan data pengamatan adalah 27. Sehingga desain eksperimen penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8
Desain Eksperimen

Eksperimen	A	B	C	D	Replikasi		
					I	II	II
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			

4.7 Penerapan pada *Orthogonal Array*

Setelah dilakukan penetapan *Orthogonal Array* yang akan digunakan, maka dilanjutkan dengan penerapan matriks *Orthogonal Array* pada penelitian. Tabel 4.9 berikut menunjukkan penerapan *Orthogonal Array* dalam penelitian ini. Setiap eksperimen akan menggunakan jumlah bahan baku 100ml (97,5% susu & 2.5% BAL).

Tabel 4.9
Penerapan pada *Orthogonal Array*

Eksperimen	Faktor			
	Waktu Inkubasi	Suhu Inkubasi	Lama Penyimpanan setelah Inkubasi	Pasteurisasi
1	6 jam	37°C	2 hari	62°C (30menit)
2	6 jam	44°C	4 hari	72°C (15detik)
3	6 jam	51°C	6 hari	85°C (8 detik)
4	8 jam	37°C	4 hari	85°C (8 detik)
5	8 jam	44°C	6 hari	62°C (30menit)
6	8 jam	51°C	2 hari	72°C (15detik)
7	12 jam	37°C	6 hari	72°C (15detik)
8	12 jam	44°C	2 hari	85°C (8 detik)
9	12 jam	51°C	4 hari	62°C (30menit)

4.8 Pengumpulan Data Eksperimen Taguchi

Eksperimen Taguchi pada penelitian yoghurt ini akan mengikuti ketentuan dari kombinasi faktor dan level faktor yang telah ditetapkan pada subbab sebelumnya yaitu seperti pada Tabel 4.9. Jumlah eksperimen akan dilakukan sesuai dengan jumlah eksperimen dan replikasi pada matriks *orthogonal array* yang sudah ditentukan sebelumnya yaitu 27 buah. Hasil eksperimen tersebut kemudian akan diuji proksimat untuk mengetahui komposisi terbaik dalam memperoleh yoghurt dengan kandungan gizi yang optimal dari parameter kandungan Protein, Lemak dan Karbohidrat serta dilakukan peninjauan terhadap nilai pH komposisi tersebut apakah berada pada *range* standar pH yoghurt layak untuk konsumsi. Terdapat 3 (tiga) parameter uji proksimat yang akan digunakan dalam pengujian ini yaitu protein, lemak dan karbohidrat.

Data pengujian diperoleh dengan cara melakukan penelitian dengan memproduksi yoghurt secara langsung di Laboratorium Sentral Ilmu Hayati (LSIH-UB) sesuai tabel *trial* pada matriks *orthogonal array*, kemudian dilakukan pengukuran pH dan pengujian Proksimat untuk memperoleh kandungan gizi berupa protein, lemak dan karbohidrat dari yoghurt yang diproduksi untuk nantinya didapatkan faktor dan level faktor yang optimal penyusun yoghurt. Berikut merupakan hasil dari pengukuran pH dan uji Proksimat eksperimen taguchi:

Tabel 4.10

Hasil Pengukuran pH dan Uji Proksimat

Eksp	Faktor dan Level Faktor				pH			Protein			Lemak			Karbohidrat		
	A	B	C	D	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
1	1	1	1	1	5.24	5.43	5.43	3.05	3.11	3.01	2.65	2.16	2.20	4.72	5.00	4.89
2	1	2	2	2	4.30	4.37	4.50	2.99	2.96	2.98	2.46	2.76	3.25	4.83	4.59	3.48
3	1	3	3	3	5.55	5.40	5.78	2.67	2.66	2.76	2.43	2.64	2.35	4.53	4.26	4.28
4	2	1	2	3	4.32	4.04	3.94	3.28	3.06	3.21	7.01	7.38	7.08	4.93	4.92	4.85
5	2	2	3	1	4.00	4.33	4.15	3.19	3.16	3.23	4.31	4.35	4.22	8.51	9.40	9.83
6	2	3	1	2	4.24	4.23	4.46	3.14	2.93	3.12	3.06	3.74	3.91	6.49	5.88	5.87
7	3	1	3	2	4.43	4.43	4.36	2.14	2.10	2.25	1.37	1.51	1.43	4.24	4.87	4.52
8	3	2	1	3	3.88	3.83	3.81	2.58	2.57	2.54	2.48	2.00	1.06	6.79	5.29	6.10
9	3	3	2	1	3.80	4.34	4.10	2.09	2.24	2.17	4.65	4.98	4.42	4.75	4.48	4.20

Setelah data pengukuran kandungan gizi tersebut terkumpul, tahap selanjutnya akan melakukan pengolahan data dengan menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA) untuk data variabel dan *Signal to Noise Ratio* (SNR).

4.9 Pengolahan Data Eksperimen Taguchi

Terdapat 3 (tiga) parameter uji proksimat yang akan digunakan dalam pengujian ini yaitu protein, lemak dan karbohidrat. Pengolahan data eksperimen taguchi akan dilakukan pada masing-masing parameter uji kandungan gizi tersebut.

4.9.1 Pengolahan Data Uji Kandungan Protein

4.9.1.1 Perhitungan *Analysis of Variance* (ANOVA) Nilai Rata-rata Protein

Metode *Taguchi* menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA) data variabel bertujuan untuk mengidentifikasi kontribusi faktor sehingga diperoleh faktor–faktor yang mempengaruhi nilai respon. *Analysis of Variance* (ANOVA) merupakan metode yang digunakan untuk mencari *setting* level optimal guna meminimalkan penyimpangan variansi. Berikut merupakan langkah–langkah perhitungan dalam *Analysis of Variance* (ANOVA) untuk data parameter protein.

1. Mengolah data rata-rata penilaian parameter Uji kandungan protein terhadap hasil eksperimen seperti yang disajikan pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11

Hasil Pengukuran Uji Proksimat kandungan Protein Eksperimen *Taguchi*

Eksp	Faktor dan Level Faktor				Replikasi			Rata-rata
	A	B	C	D	R1	R2	R3	
1	1	1	1	1	3.05	3.11	3.01	3.06
2	1	2	2	2	2.99	2.96	2.98	2.98
3	1	3	3	3	2.67	2.66	2.76	2.70
4	2	1	2	3	3.28	3.06	3.21	3.18
5	2	2	3	1	3.19	3.16	3.23	3.19
6	2	3	1	2	3.14	2.93	3.12	3.06
7	3	1	3	2	2.14	2.10	2.25	2.16
8	3	2	1	3	2.58	2.57	2.54	2.56
9	3	3	2	1	2.09	2.24	2.17	2.17

2. Setelah pengolahan rata-rata, membuat tabel respon dari faktor yang berpengaruh. Berikut merupakan contoh perhitungan faktor A level pertama (A1) pada tabel respon.

$$\begin{aligned}
 \text{Faktor A dengan level pertama } (\bar{A1}) &= \frac{\sum \text{rata-rata level 1 pada faktor A}}{3} \\
 &= \frac{3,05+3,11+3,01}{3} \\
 &= 3,06
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan faktor lainnya dilakukan dengan cara yang sama.

Pembuatan tabel respon berfungsi untuk menghitung perbedaan nilai rata-rata respon antar level suatu faktor kemudian mengurutkan perbedaan level faktor dari yang terbesar hingga terkecil. Pemilihan nilai yang terbaik berdasarkan dari kriteria karakteristik kualitas yaitu *larger the better* yang artinya karakteristik kualitas akan semakin baik apabila semakin tinggi nilainya. Hasil perhitungan tabel respon dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12

Tabel Respon Nilai Rata-rata Parameter Protein

Faktor Level	A	B	C	D
1	3.4100	3.3011	3.3944	3.3056
2	3.6467	3.4111	3.2756	3.2344
3	2.7978	3.1422	3.1844	3.3144
Diff	0.8489	0.2689	0.2100	0.0800
Rank	1	2	3	4

Dari perhitungan Tabel 4.12 didapatkan bahwa level faktor yang terpilih karena nilai rata-ratanya tertinggi dari setiap faktor yaitu Faktor A Level 2 (Waktu Inkubasi 8 jam), Faktor B Level 2 (Suhu Inkubasi 44°C), Faktor C Level 1 (Lama Penyimpanan setelah Inkubasi 2 hari), Faktor D Level 3 (Pasteurisasi 85°C selama 8 detik).

3. Mengolah data dengan ANOVA untuk nilai rata-rata Protein

- a. Menghitung nilai Jumlah Kuadrat Total atau *Sum of Square (SStotal)* (2-5)

$$\begin{aligned}
 SStotal &= \sum y^2 \\
 &= 3,05^2 + 3,11^2 + 3,01^2 + 2,99^2 + 2,96^2 + \dots + 2,24^2 + 2,17^2 \\
 &= 295.4381
 \end{aligned}$$

- b. Menghitung nilai Jumlah Kuadrat karena Rata-Rata atau *Sum of Square due to Mean* atau (*SSmean*) (2-6)

$$\begin{aligned}
 SSmean &= n \cdot \bar{y}^2 \\
 n &= \text{Jumlah eksperimen} \times \text{Jumlah replikasi} \\
 &= 9 \times 3 = 27 \\
 \bar{y} &= \frac{\text{Total rasa}}{n} \\
 &= \frac{3,05 + 3,11 + 3,01 + 2,99 + 2,96 + \dots + 2,24 + 2,17}{27} \\
 &= \frac{75,19}{27} = 2,7848
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 SSmean &= 27 \times (2,7848)^2 \\
 &= 27 \times 7,7551 \\
 &= 209,3880
 \end{aligned}$$

- c. Menghitung nilai Jumlah Kuadrat karena Faktor-Faktor atau *Sum of Square due to Factors (SS_x)* (2-7)

Berikut ini adalah contoh perhitungan untuk *Sum of Square due to Factors A*

$$\begin{aligned}
 SSA &= ((\bar{A1})^2 \times n1) + ((\bar{A2})^2 \times n2) + ((\bar{A3})^2 \times n3) - SSmean \\
 &= (2,91^2 \times 9) + (3,15^2 \times 9) + (2,30^2 \times 9) - 209,3880 = 3,4543
 \end{aligned}$$

Untuk *Sum of Square due to Factors* B, C, dan D dilakukan dengan perhitungan yang sama.

- d. Menghitung nilai Jumlah Kuadrat karena Error atau *Sum of Square due to Error* (SS_e) (2-8)

$$\begin{aligned} SS_e &= SS_{total} - SS_{mean} - SS_A - SS_B - SS_C - SS_D \\ &= 213,4981 - 209,3880 - 3,4543 - 0,3289 - 0,1996 - 0,0346 \\ &= 0,0904 \end{aligned}$$

- e. Membuat Tabel ANOVA untuk nilai rata-rata

- 1) Menentukan Derajat Kebebasan untuk masing-masing faktor (2-9)

Contoh untuk perhitungan derajat kebebasan faktor A sebagai berikut.

$$\begin{aligned} DF_A &= (\text{number of levels} - 1) \\ &= (3 - 1) = 2 \end{aligned}$$

- 2) Menghitung Derajat Kebebasan Total (2-10)

$$\begin{aligned} DF_T &= (\text{number of experiment} - 1) \\ DF_T &= (27 - 1) = 26 \end{aligned}$$

- 3) Menghitung Rata-Rata Jumlah Kuadrat atau *Mean Sum of Square* (MS) (2-11)

Contoh untuk perhitungan *Mean Sum of Square* pada Faktor A (MS_A) sebagai berikut.

$$\begin{aligned} MS_A &= \frac{SS_A}{V_A} \\ &= \frac{3,4543}{2} = 1,7272 \end{aligned}$$

Untuk *Mean Sum of Square* pada faktor B, C, D dan error dilakukan dengan perhitungan yang sama.

- 4) Menghitung Nilai Rasio F (*F-Ratio*) (2-12)

Contoh untuk perhitungan *F-Ratio* pada faktor A sebagai berikut.

$$\begin{aligned} F \text{ ratio } A &= \frac{MS_A}{MS_e} \\ DFe &= DF_T - (DF_A + DF_B + DF_C + DF_D) \\ &= 26 - (2 + 2 + 2 + 2) = 18 \end{aligned}$$

$$MSe = \frac{SS_e}{DF_e} = \frac{0,0904}{18} = 0,0050$$

$$F \text{ ratio } A = \frac{1,7272}{0,0050} = 343,9034$$

Untuk *F-Ratio* pada faktor B, C, dan D dilakukan dengan perhitungan yang sama.

- 5) Menghitung *Pure Sum of Square* pada masing-masing faktor (SS') (2-13)

$$SS' \text{ faktor} = SS \text{ faktor} - (DF \text{ faktor} \times MSe)$$

$$SS'A = SSA - (DFA \times MSe)$$

$$= 3,4543 - (2 \times 0,0050) = 3,4443$$

Untuk *Pure Sum of Square* pada faktor B, C, dan D dilakukan dengan perhitungan yang sama.

Kemudian untuk perhitungan $SS'e$ sebagai berikut.

$$SS'e = SST - (SS'A + SS'B + SS'C + SS'D)$$

$$SST = SS_{total} - SS_{mean}$$

$$= 213,4981 - 209,3902 = 4,1079$$

$$SS'e = 4,1079 - 3,4443 - 0,3189 - 0,1896 - 0,0246)$$

$$= 0,1306$$

- 6) Menghitung *Percent Contribution (Rho%)* untuk masing-masing faktor. (2-14)

Contoh perhitungan *Rho%* untuk faktor A sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Rho \%A} &= \frac{SSA}{SST} \times 100\% \\ &= \frac{3,4443}{4,1079} \times 100\% = 83,85\% \end{aligned}$$

Untuk *Rho %* pada faktor B, C, D dan eror dilakukan dengan perhitungan yang sama.

4. Membuat Tabel *Analysis of Variance* (ANOVA) nilai rata-rata

Pada Tabel 4.13 berikut menunjukkan tabel *Analysis of Variance* (ANOVA) nilai rata-rata parameter protein.

Tabel 4.13

Analysis of Variance (ANOVA) Nilai Rata-rata Protein

Sumber	DF	SS	MS	F-Rat	SS'	% Kontribusi	F table
Faktor A	2	3.4543	1.7272	343.9034	3.4443	83.85%	3.55
Faktor B	2	0.3289	0.1645	32.7485	0.3189	7.76%	3.55
Faktor C	2	0.1996	0.0998	19.8724	0.1896	4.61%	3.55
Faktor D	2	0.0346	0.0173	3.4454	0.0246	0.60%	3.55
Residual	18	0.0904	0.0050	1.0000	0.1306	3.18%	
SSt	26	4.1079	0.1580		4.1079	100.00%	
Mean	1	209.3902					
Total	27	213.4981					

Pengujian hipotesis dan kesimpulan yang diperoleh dari Tabel ANOVA di atas yaitu:

- a. H_0 : Tidak ada pengaruh faktor A (waktu inkubasi) terhadap protein yoghurt

H_1 : Ada pengaruh faktor A (waktu inkubasi) terhadap protein yoghurt

Kesimpulan: $F\text{-Ratio} = 343,9034 > F\text{-Tabel } (F_{0,05;2;18}) = 3,55$; maka H_0 ditolak artinya ada pengaruh faktor A (waktu inkubasi) terhadap protein yoghurt

- b. H_0 : Tidak ada pengaruh faktor B (suhu inkubasi) terhadap protein yoghurt

H_1 : Ada pengaruh faktor B (suhu inkubasi) terhadap protein yoghurt

Kesimpulan: $F\text{-Ratio} = 32,7485 > F\text{-Tabel } (F_{0,05;2;18}) = 3,55$; maka H_0 ditolak artinya ada pengaruh faktor B (suhu inkubasi) terhadap protein yoghurt

- c. H_0 : Tidak ada pengaruh faktor C (lama penyimpanan setelah inkubasi) terhadap protein yoghurt

H_1 : Ada pengaruh faktor C (lama penyimpanan setelah inkubasi) terhadap protein yoghurt

Kesimpulan: $F\text{-Ratio} = 19,8724 > F\text{-Tabel } (F_{0,05;2;18}) = 3,55$; maka H_0 ditolak artinya ada pengaruh faktor C (lama penyimpanan setelah inkubasi) terhadap protein yoghurt

- d. H_0 : Tidak ada pengaruh faktor D (pasteurisasi) terhadap protein yoghurt

H_1 : Ada pengaruh faktor D (pasteurisasi) terhadap protein yoghurt

Kesimpulan: $F\text{-Ratio} = 3,4454 < F\text{-Tabel } (F_{0,05;2;18}) = 3,55$; maka H_0 diterima artinya tidak ada pengaruh faktor D (pasteurisasi) terhadap protein yoghurt

Pada hasil pengujian hipotesis di atas, dapat diketahui bahwa faktor A, B, dan C memiliki nilai $F\text{-Ratio} > F\text{-Tabel } (F_{0,05} (2;18) = 3,55)$. Sehingga menunjukkan bahwa faktor A, B, dan C tersebut memberikan pengaruh terhadap protein yoghurt. Sedangkan untuk nilai persen kontribusi ($Rho\%$) diketahui bahwa faktor yang memiliki persen kontribusi terbesar adalah Faktor A (waktu inkubasi) sebesar 83.85%, selanjutnya diikuti Faktor B (suhu inkubasi) sebesar 7,76%, Faktor C (lama pengendapan setelah inkubasi) sebesar 4,61% dan faktor dengan persen kontribusi terkecil yaitu Faktor D (pasteurisasi) sebesar 0,60%.

Persen kontribusi atau ($Rho\%$) merupakan persentase dari jumlah kuadrat suatu sumber yang sesungguhnya terhadap jumlah kuadrat total (Soejanto, 2009:178). Pada Tabel 4.12 diketahui bahwa $Rho\%$ eror adalah sebesar 3,18% dari jumlah kuadrat total, maka dari itu dapat pula diketahui total persen kontribusi seluruh faktor adalah sebesar 96,82%. Dapat disimpulkan bahwa faktor yang memberikan pengaruh besar terhadap protein yoghurt adalah Faktor A (waktu inkubasi), Faktor B (suhu inkubasi), dan Faktor C (lama pengendapan setelah inkubasi), sedangkan Faktor D (pasteurisasi) tidak memberikan pengaruh terhadap kualitas protein yoghurt.

5. Pooling Up

Tahap *pooling up* bertujuan untuk menghindari kesalahan (eror) berlebih dalam penelitian. Dalam *Pooling Up* disarankan hanya menggunakan separuh jumlah derajat kebebasan dari *orthogonal array* yang digunakan agar nantinya dapat menghasilkan desain yang kokoh. Pada perhitungan *Analysis of Variance* (ANOVA) sebelumnya, diketahui bahwa F-ratio masing-masing faktor A, B, dan C > F tabel ($F_{0,05}(2; 18) = 3,35$) yang menunjukkan bahwa faktor tersebut memberikan pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan kualitas protein yoghurt. Sedangkan faktor D memiliki F-ratio $\leq$ F tabel ($F_{0,05}(2; 18) = 3,35$) yang menunjukkan bahwa faktor tersebut tidak memberikan pengaruh terhadap peningkatan kualitas protein yoghurt. Kemudian dari keempat faktor kontrol eksperimen terdapat satu faktor memiliki pengaruh paling kecil yaitu Faktor D (pasteurisasi) sebesar 0,60%, sehingga faktor ini harus di-*pooling up*.

Berikut ini adalah perhitungan untuk *pooling up* faktor A.

$$\begin{aligned} \text{a. } SS(\text{pooled } e) &= SS_e + SS_B + SS_C + SS_D \\ &= 0,0904 + 0,3289 + 0,1996 + 0,0346 \\ &= 0,6536 \\ \text{b. } DF(\text{pooled } e) &= DF_e + DF_B + DF_C + DF_D \\ &= 18 + 2 + 2 + 2 = 24 \\ \text{c. } MS(\text{pooled } e) &= \frac{SS(\text{pooled } e)}{DF(\text{pooled } e)} = \frac{0,6536}{24} = 0,0272 \end{aligned}$$

Tabel 4.14 dibawah ini merupakan hasil perhitungan ANOVA untuk data variabel yang telah dilakukan *pooling up*.

Tabel 4.14

Analysis of Variance (ANOVA) Nilai Rata-rata Pooling Protein

Sumber	Pooled	DF	SS	MS	F-Rat	SS'	% Kontribusi	F table
Faktor A		2	3.4543	1.7272	63,4251	3.3999	82.76%	3.49
Faktor B	Y							
Faktor C	Y							
Faktor D	Y							
Residual	Y							
Pooled Res		24	0.6536	0.0272		0.7080	17.24%	
SSt		26	4.1079	0.1580		4.1079	100.00%	
Mean		1	209.3902					
Total		27	213.4981					

Pengujian hipotesis dan kesimpulan yang diperoleh dari Tabel ANOVA di atas setelah dilakukan *pooling* terhadap faktor D adalah:

1. H_0 : Tidak ada pengaruh faktor A (waktu inkubasi) terhadap protein yoghurt

H_1 : Ada pengaruh faktor A (waktu inkubasi) terhadap protein yoghurt

Kesimpulan: $F\text{-Ratio} = 63,4251 > F\text{-Tabel} (F_{0,05} (2;20) = 3,49)$; maka H_0 ditolak artinya ada pengaruh faktor A (waktu inkubasi) terhadap protein yoghurt

Pada hasil pengujian hipotesis di atas, dapat diketahui bahwa Faktor A memiliki nilai $F\text{-Ratio} > F\text{-Tabel} (F_{0,05} (2;20) = 3,49)$. Sehingga menunjukkan bahwa Faktor A memberikan pengaruh terhadap protein yoghurt. Berdasarkan hasil perhitungan ulang *Analysis of Variance (ANOVA)* yang telah dipooling pada Tabel 4.15 dapat diketahui bahwa faktor-faktor tersebut memberikan pengaruh yang signifikan. Hal itu dapat dilihat pula dari persen kontribusi (*Rho %*) faktor yaitu 82,76%.

Tabel 4.15

Analysis of Variance (ANOVA) Nilai Rata-rata Protein Setelah Dipooling

Sumber	DF	SS	MS	F-Rat	SS'	% Kontribusi	F table
Faktor A	2	3.4543	1.7272	63,4251	3.3999	82.76%	3.49
Pooled Res	24	0.6536	0.0272		0.7080	17.24%	
SSt	26	4.1079	0.1580		4.1079	100.00%	
Mean	1	209,3902					
Total	27	213.4981					

Menurut Belavendram (1995: 255), tidak terdapat faktor yang berpengaruh signifikan hilang dari eksperimen apabila persen kontribusi kurang dari 50% (error rendah) maka dapat diasumsikan. Namun apabila persen kontribusi 50% atau lebih (error tinggi) maka dapat diasumsikan beberapa faktor yang berpengaruh signifikan telah hilang dan dapat disimpulkan terdapat perhitungan kesalahan atau error yang besar dalam eksperimen tersebut. Dari teori tersebut, dapat disimpulkan bahwa eksperimen ini tidak terdapat faktor berpengaruh signifikan yang hilang karena persen kontribusi eror pada hasil perhitungan ANOVA yang telah dipooling kurang dari 50% yaitu 17,24% dari jumlah kuadrat total dan persentase jumlah kuadrat/persen kontribusi (*Rho%*) dari faktor-faktor berpengaruh signifikan sebesar 82,76%.

4.9.1.2 Perhitungan *Analysis of Variance (ANOVA)* untuk *Signal Noise to Ratio (SNR)* Protein

Perhitungan nilai *Signal to Noise to Ratio (SNR)* dilakukan untuk mengetahui faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi nilai variansi pada eksperimen ini. SNR yang digunakan dalam penelitian ini yaitu SNR – *Larger the better* yang memiliki karakteristik semakin besar semakin baik. Dalam konsep *Signal to Noise to Ratio (SNR)*, menurut Belavendram (1995:507) apapun karakteristik kualitas yang dipilih dalam suatu eksperimen, interpretasi dari SNR selalu ditransformasikan sama yaitu semakin besar nilai SNR maka semakin baik.

Berikut merupakan langkah-langkah pengujian ANOVA untuk nilai *Signal to Noise to Ratio* (SNR).

1. Menghitung nilai *Signal Noise to Ratio* (SNR) masing – masing eksperimen

Berikut ini adalah contoh perhitungan *Signal Noise to Ratio* (SNR) untuk eksperimen pertama.

- a. Menghitung nilai MSD (2-4)

Berikut ini adalah contoh perhitungan MSD pada eksperimen pertama.

$$\text{MSD} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2}$$

$$= \frac{1}{3} \times \left(\frac{1}{3,05^2} + \frac{1}{3,11^2} + \frac{1}{3,01^2} \right) = 0,1071$$

Untuk MSD eksperimen selanjutnya dilakukan dengan perhitungan yang sama.

- b. Menghitung *Signal Noise to Ratio* (SNR) (2-3)

Berikut ini adalah contoh perhitungan *Signal Noise to Ratio* (SNR) pada eksperimen pertama.

$$\eta = -10 \log_{10} \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right]$$

$$\eta_1 = -10 \log_{10} [0,1071] = 9,7026$$

Untuk *Signal Noise to Ratio* (SNR) eksperimen selanjutnya dilakukan dengan perhitungan yang sama. Hasil perhitungan SNR ditunjukkan pada Tabel 4.16.

Tabel 4.16

Hasil Perhitungan *Signal Noise to Ratio* Protein

Exp	Faktor dan Level Faktor				Replikasi			1/n	$\sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2}$	MSD	SN (LTB)
	A	B	C	D	R1	R2	R3				
1	1	1	1	1	3.05	3.11	3.01	0.33	0.3213	0.1071	9.7026
2	1	2	2	2	2.99	2.96	2.98	0.33	0.3386	0.1129	9.4744
3	1	3	3	3	2.67	2.66	2.76	0.33	0.4129	0.1376	8.6130
4	2	1	2	3	3.28	3.06	3.21	0.33	0.2968	0.0989	10.0466
5	2	2	3	1	3.19	3.16	3.23	0.33	0.2943	0.0981	10.0838
6	2	3	1	2	3.14	2.93	3.12	0.33	0.3206	0.1069	9.7111
7	3	1	3	2	2.14	2.10	2.25	0.33	0.6426	0.2142	6.6915
8	3	2	1	3	2.58	2.57	2.54	0.33	0.4566	0.1522	8.1755
9	3	3	2	1	2.09	2.24	2.17	0.33	0.6406	0.2135	6.7054

2. Setelah penghitungan SNR pada setiap eksperimen, membuat tabel respon faktor yang berpengaruh dari *Signal Noise Ratio* (SNR) parameter protein

$$\text{Faktor A dengan level pertama } (\overline{A1}) = \frac{\sum \text{SNR level 1 pada faktor A}}{3}$$

$$= \frac{9,7026 + 9,4744 + 8,6130}{3}$$

$$= 9,2633$$

Untuk perhitungan faktor lainnya dilakukan dengan cara yang sama. Hasil perhitungannya dapat dilihat pada tabel respon yang ditunjukkan pada Tabel 4.17.

Tabel 4.17

Tabel Respon *Signal Noise to Ratio Protein*

Faktor Level	A	B	C	D
1	9.2633	8.8136	9.1964	8.8306
2	9.9472	9.2446	8.7421	8.6256
3	7.1908	8.3431	8.4628	8.9450
Diff	2.7564	0.9014	0.7336	0.3194
Rank	1	2	3	4

Tabel respon rata-rata digunakan untuk mencari level faktor optimal yang mempengaruhi rata-rata nya, sedangkan tabel respon *Signal Noise to Ratio* digunakan untuk mencari level faktor yang mempengaruhi variansinya.

3. Mengolah data dengan ANOVA untuk nilai *Signal Noise to Ratio (SNR) Pooled*

a. Menghitung nilai Jumlah Kuadrat Total atau *Sum of Square (SStotal)*

$$\begin{aligned}
 SStotal &= \sum y^2 \\
 &= 9,7026^2 + 9,4744^2 + 8,6130^2 + \dots + 6,7054^2 \\
 &= 958,1202
 \end{aligned}$$

b. Menghitung nilai Jumlah Kuadrat karena Rata-Rata atau *Sum of Square due to Mean* atau (*SSmean*)

$$\begin{aligned}
 SSmean &= n \cdot \bar{y}^2 \\
 n &= \text{Jumlah eksperimen} = 9 \\
 \bar{y} &= \frac{\text{Total Nilai SNR}}{n} \\
 &= \frac{9,7026 + 9,4744 + 8,6130 + \dots + 6,7054}{9} \\
 &= \frac{79,2039}{9} = 8,8004
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 SSmean &= 9 \times (8,8004)^2 \\
 &= 9 \times 77,4477 \\
 &= 711,5890
 \end{aligned}$$

c. Menghitung nilai Jumlah Kuadrat karena Faktor-Faktor atau *Sum of Square due to Factors (SS_x)*

Berikut ini adalah contoh perhitungan untuk *Sum of Square due to Factors A*

$$\begin{aligned}
 SS_A &= ((\bar{A1})^2 \times n1) + ((\bar{A2})^2 \times n2) + ((\bar{A3})^2 \times n3) - SSmean \\
 &= (9,2633^2 \times 3) + (9,9472^2 \times 3) + (7,1908^2 \times 3) - 697,0289 \\
 &= 12,3607
 \end{aligned}$$

Untuk *Sum of Square due to Factors* B, dan C dilakukan dengan perhitungan yang sama.

- d. Menghitung nilai Jumlah Kuadrat karena Error yang telah dipooling atau *Sum of Square due to Pooled Error* (SS pooled e)

$$SS(\text{pooled } e) = SST - SS_A$$

Untuk perhitungan SST adalah sebagai berikut.

$$SST = SS_{\text{total}} - SS_{\text{mean}}$$

$$= 711,5890 - 697,0289 = 14,5601$$

$$SS(\text{pooled } e) = 14,5601 - 12,3607$$

$$= 2,1994$$

- e. Membuat Tabel ANOVA untuk nilai SNR

- 1) Menentukan Derajat Kebebasan untuk masing-masing faktor

Contoh untuk perhitungan derajat kebebasan faktor A adalah sebagai berikut.

$$DF_A = (\text{number of levels} - 1)$$

$$= (3 - 1) = 2$$

- 2) Menghitung Derajat Kebebasan Total

$$DF_T = (\text{number of experiment} - 1)$$

$$= (9 - 1) = 8$$

- 3) Menghitung Derajat Kebebasan *Pooled e*

$$DF(\text{pooled } e) = DF_T - DF_A$$

$$= 8 - 2 = 6$$

- 4) Menghitung Rata-rata Jumlah Kuadrat atau *Mean Sum of Square* (MS)

Contoh untuk perhitungan *Mean Sum of Square* pada Faktor A (MS_A) adalah sebagai berikut.

$$MS_A = \frac{SS_A}{V_A}$$

$$= \frac{12,3607}{2} = 6,1804$$

Untuk *Mean Sum of Square* pada faktor B, dan C dilakukan dengan perhitungan yang sama.

Untuk *MS (Pooled e)* dilakukan dengan cara perhitungan seperti berikut.

$$MS(\text{pooled } e) = \frac{SS(\text{pooled } e)}{DF(\text{pooled } e)} = \frac{2,1994}{6} = 0,3666$$

- 5) Menghitung Nilai Rasio F (*F-Ratio*) - *Pooled*

Contoh untuk perhitungan *F-Ratio* pada faktor A setelah dipooling adalah sebagai berikut.

$$F \text{ ratio } A = \frac{MS_A}{MS \text{ (pooled } e)} \\ = \frac{6,1804}{0,3666} = 16,8600$$

Untuk *F-Ratio* pada faktor B, dan C dilakukan dengan perhitungan yang sama.

- 6) Menghitung *Pure Sum of Square* pada masing-masing faktor (*SS'*) - *Pooled*

$$SS' \text{ faktor} = SS \text{ faktor} - (DF \text{ faktor} \times MS \text{ (pooled } e))$$

$$SS'_A = SS_A - (DFA \times MS \text{ (pooled } e))$$

$$= 12,3607 - (2 \times 0,3666) = 11,6276$$

Untuk *Pure Sum of Square* pada faktor B, dan C dilakukan dengan perhitungan yang sama.

Kemudian untuk perhitungan *SS' (pooled e)* adalah sebagai berikut.

$$SS' \text{ (pooled } e) = SST - SS'_A$$

$$= 14,5601 - 11,6276$$

$$= 2,9326$$

- 7) Menghitung *Percent Contribution (Rho%)* masing-masing faktor

Contoh perhitungan *Rho%* untuk faktor A adalah sebagai berikut.

$$\text{Rho \%B} = \frac{SS'_A}{SST} \times 100\% \\ = \frac{11,6276}{14,5601} \times 100\% = 79,86\%$$

Tabel 4.18 dibawah ini merupakan hasil perhitungan ANOVA nilai *Signal Noise to Ratio (SNR)* untuk data variabel setelah *pooling up*.

Tabel 4.18

Analysis of Variance (ANOVA) Nilai SNR – Pooling Protein

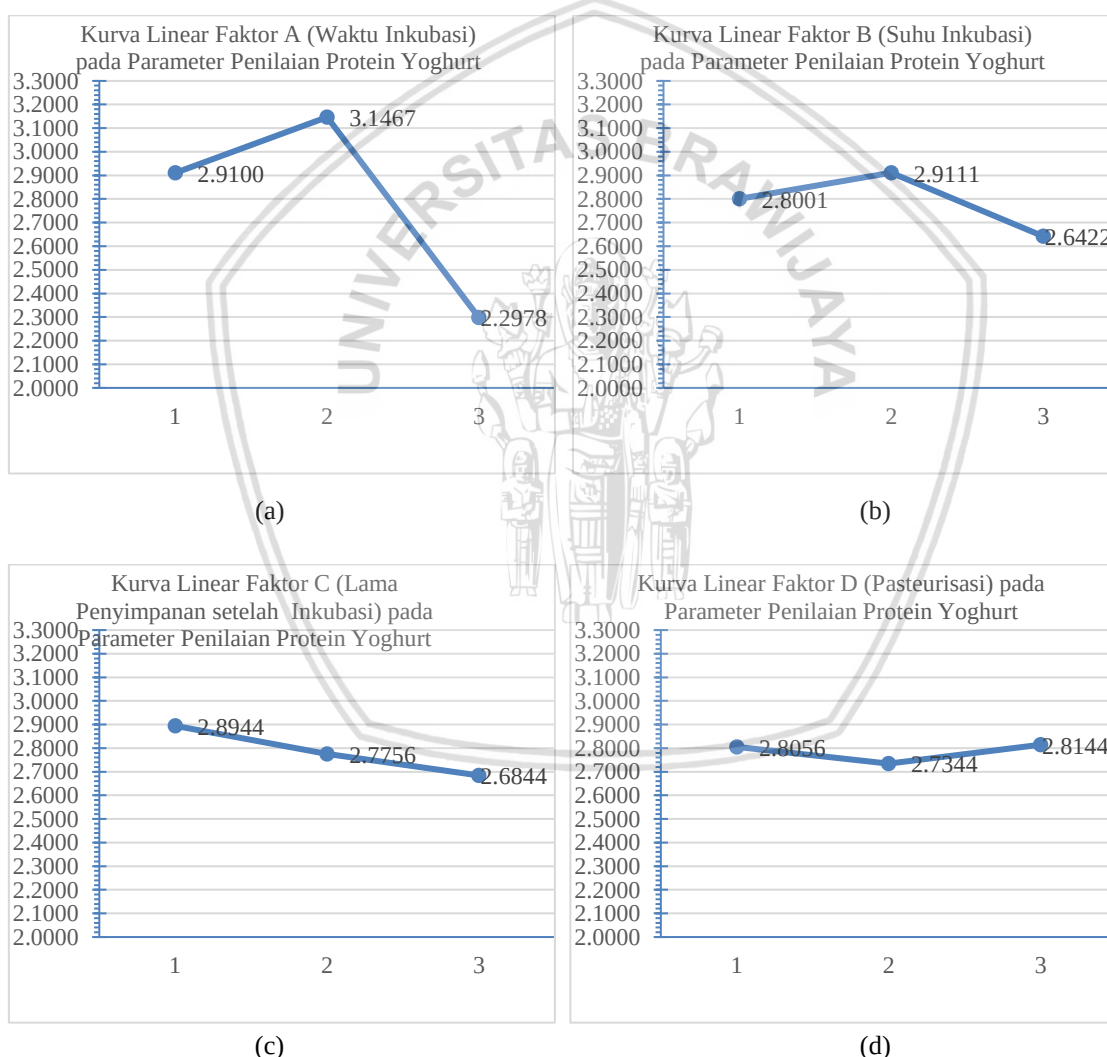
SUMBER	SS	DF	MS	Fratio	SS'	Rho %
A	12.3607	2	6.1804	16.8600	11.6276	79.86%
pooled e	2.1994	6	0.3666		2.9326	20.14%
SST	14.5601	8			14.5601	100.00%
Mean	697.0289	1				
SStotal	711.5890	9				

Berdasarkan hasil perhitungan ANOVA untuk nilai SNR parameter rasa tersebut, dapat diketahui bahwa faktor yang paling berpengaruh dengan kontribusi besar adalah Faktor A.. Dalam metode ini, perhitungan SNR berguna untuk mengoptimalkan faktor yang mempengaruhi variansi. Kemudian pada perhitungan persentase kontribusi ditunjukkan

bahwa persen kontribusi *pooled error* adalah sebesar 19,88% yang artinya tidak ada faktor berpengaruh signifikan yang hilang dari eksperimen dan berarti faktor-faktor penting dalam eksperimen tersebut dilibatkan dalam perancangan *robust design*.

4.9.1.3 Penentuan *Setting Level Optimal Protein*

Karakteristik kualitas yang digunakan untuk penelitian ini adalah *larger the better*. Dimana kualitas yang paling baik adalah dari level faktor yang nilainya paling tinggi. Gambar 4.1 di bawah ini menunjukkan kurva linear faktor-faktor kontrol eksperimen terhadap parameter penilaian protein yoghurt. Dari gambar tersebut pula dapat ditarik kesimpulan level faktor mana saja yang dapat mempengaruhi kualitas yoghurt.



Gambar 4.1 Kurva linear terhadap parameter penilaian protein yoghurt dari a) faktor A (waktu inkubasi), b) faktor B (suhu inkubasi), c) faktor C (lama penyimpanan setelah inkubasi), dan d) faktor D (pasteurisasi)

Selanjutnya berikut merupakan perbandingan pengaruh faktor-faktor dari nilai rata-rata dan SNR pada parameter Protein. Dimana pada tabel di bawah ini level faktor pada perhitungan nilai rata-rata dan nilai SNR menghasilkan level faktor terbaik yang sama.

Sehingga dapat diambil kesimpulan dari tabel di atas bahwa kombinasi level faktor yang optimal untuk parameter protein yoghurt adalah Faktor A Level 2 (Waktu Inkubasi= 8 jam), Faktor B Level 2 (Suhu Inkubasi= 44°C), Faktor C Level 1 (Lama Penyimpanan setelah Inkubasi= 2 hari), dan Faktor D Level 3 (Pasteurisasi= 85°C selama 30 menit).

Tabel 4.19

Tabel Perbandingan Pengaruh Faktor Nilai Rata-rata dan SNR Protein

Faktor	Rata-rata($\bar{y}$)		Variansi (σ)		Pengaruh (<i>effect</i>)	Setting Level yang dipilih
	Rank	Level	Rank	Level		
A	1	2	1	2	Berpengaruh dan kontribusi besar	A2
B	2	2	2	2	Berpengaruh dan kontribusi kecil	B2
C	3	1	3	1	Berpengaruh dan kontribusi kecil	C1
D	4	3	4	3	Tidak berpengaruh dan kontribusi kecil	D3

4.9.1.4 Perkiraan Kondisi Optimal dan Interval Kepercayaan Nilai Protein

Setelah mengetahui *setting* level optimum, maka tahap selanjutnya yaitu membuat perkiraan kondisi optimal dan interval kepercayaan parameter protein yoghurt. Perkiraan ini dilakukan dengan cara membandingkan nilai prediksi nilai rata-rata eksperimen dan *signal to noise ratio* (SNR) eksperimen yang diharapkan pada level optimal dengan hasil eksperimen konfirmasi nantinya. Jika nilai prediksi dan hasil eksperimen nilainya hampir sama atau mendekati, maka dapat disimpulkan bahwa rancangan eksperimen *Taguchi* sudah memenuhi syarat eksperimen *Taguchi*. Sedangkan perhitungan interval kepercayaan bertujuan untuk mengetahui perkiraan dari level faktor optimal yang didapat.

Berdasarkan hasil perhitungan *Analysis of Variance* (ANOVA), faktor yang berpengaruh dan memiliki kontribusi besar pada protein yoghurt adalah Faktor A Level 2 (waktu inkubasi= 8 jam (84,06%)). Berikut ini merupakan perhitungan perkiraan kondisi optimal dan interval kepercayaan parameter protein.

1. Perkiraan kondisi optimal dan interval kepercayaan untuk nilai rata-rata seluruh data.

a) Perkiraan kondisi optimal untuk nilai rata-rata seluruh data

$$\text{Nilai rata-rata seluruh data } (\bar{y}) = 3,2848$$

b) Perhitungan nilai prediksi rata-rata (2-16)

$$\begin{aligned} \mu_{\text{predicted}} &= \bar{y} + (\text{faktor terpilih} - \bar{y}) \\ &= \bar{y} + (A2 - \bar{y}) \\ &= 2,7848 + (3,1467 - 2,7848) \\ &= 3,1467 \end{aligned}$$

c) Perhitungan interval kepercayaan nilai rata-rata (2-17)

$$CI_{\text{mean}} = \pm \sqrt{\left(F_{\alpha, v1, v2} \times MSpooled \times \frac{1}{n_{\text{eff}}} \right)}$$

Perhitungan untuk n_{eff} :

$$\begin{aligned} n_{\text{eff}} &= \frac{\text{total number of experiments}}{\text{sum of degree of freedom used in estimate of mean}} \\ &= \frac{9 \times 3}{V_{\mu} + V_A} \\ &= \frac{27}{1+2} = 9 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} CI_{\text{mean}} &= \pm \sqrt{\left(F_{\alpha, v1, v2} \times MSpooled \times \frac{1}{n_{\text{eff}}} \right)} \\ &= \pm \sqrt{\left(F_{0,05,2,24} \times 0,0272 \times \left[\frac{1}{9} \right] \right)} \\ &= \pm \sqrt{(3,400 \times 0,0272 \times 0,1111)} \\ &= \pm 0,1014 \end{aligned}$$

Sehingga interval kepercayaan nilai rata-rata untuk proses optimal yaitu:

$$\begin{aligned} \mu_{\text{predicted}} - CI_{\text{mean}} &\leq \mu_{\text{predicted}} \leq \mu_{\text{predicted}} + CI_{\text{mean}} \quad (2-18) \\ 2,7848 - 0,1014 &\leq \mu_{\text{predicted}} \leq 2,7848 + 0,1014 \\ 3,0452 &\leq \mu_{\text{predicted}} \leq 3,2481 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan prediksi kondisi optimum diperoleh nilai μ_{prediksi} sebesar 2,7848, maka didapatkan bahwa rentang selang kepercayaan yaitu $3,0452 \leq \mu_{\text{predicted}} \leq 3,2481$. Apabila nilai eksperimen konfirmasi berada pada batas rentang penilaian protein tersebut, maka eksperimen Taguchi dapat diterima.

2. Perkiraan kondisi optimal dan interval kepercayaan untuk nilai *signal to ratio* (SNR) seluruh data eksperimen *Taguchi*

- a) Perkiraan kondisi optimal untuk nilai *signal to ratio* (SNR) seluruh data

Nilai SNR seluruh data ($\bar{\eta}$) = 10,2625

- b) Perhitungan nilai prediksi rata-rata

$$\begin{aligned} \mu_{\text{predicted}} &= \bar{\eta} + (\text{faktor terpilih} - 1 - \bar{\eta}) \\ &= \bar{\eta} + (A_2 - \bar{\eta}) \\ &= 8,8004 + (9,9472 - 8,004) \\ &= 9,9472 \end{aligned}$$

- c) Perhitungan interval kepercayaan nilai rata-rata

$$CI_{SNR} = \pm \sqrt{\left(F_{\alpha, v1, v2} \times MSpooled \times \frac{1}{neff} \right)}$$

Perhitungan untuk neff:

$$\begin{aligned} neff &= \frac{\text{total number of experiments}}{\text{sum of degree of freedom used in estimate of mean}} \\ &= \frac{9 \times 3}{V_{\mu} + V_A} \\ &= \frac{9 \times 3}{1+2} = 9 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} CI_{SNR} &= \pm \sqrt{\left(F_{\alpha, v1, v2} \times MSpooled \times \frac{1}{neff} \right)} \\ &= \pm \sqrt{\left(F_{0,05,2,6} \times 0,2545 \times \left[\frac{1}{9} \right] \right)} \\ &= \pm \sqrt{(5,14 \times 0,3666 \times 0,1111)} \\ &= \pm 0,4575 \end{aligned}$$

Sehingga interval kepercayaan untuk proses optimal yaitu:

$$\begin{aligned} \mu_{\text{predicted}} - CI_{SNR} &\leq \mu_{\text{predicted}} \leq \mu_{\text{predicted}} + CI_{SNR} \\ 9,9472 - 0,4575 &\leq \mu_{\text{predicted}} \leq 9,9472 + 0,4575 \\ 9,4896 &\leq \mu_{\text{predicted}} \leq 10,4047 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan prediksi kondisi optimum diperoleh nilai $\mu_{\text{predicted}}$ sebesar 11,2306 maka didapatkan rentang selang kepercayaan yaitu $9,4896 \leq \mu_{\text{predicted}} \leq 10,4047$. Apabila nilai eksperimen konfirmasi berada pada batas rentang penilaian protein proksimat tersebut, maka eksperimen Taguchi dapat diterima.

4.9.2 Pengolahan Data Uji Kandungan Lemak

4.9.2.1 Perhitungan *Analysis of Variance* (ANOVA) Nilai Rata-rata Lemak

Metode *Taguchi* menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA) data variabel bertujuan untuk mengidentifikasi kontribusi faktor sehingga diperoleh faktor-faktor yang mempengaruhi nilai respon. *Analysis of Variance* (ANOVA) merupakan metode yang digunakan untuk mencari *setting* level optimal guna meminimalkan penyimpangan variansi.

Berikut merupakan langkah–langkah perhitungan dalam *Analysis of Variance* (ANOVA) untuk data parameter lemak.

1. Mengolah data rata-rata penilaian parameter Uji kandungan lemak terhadap hasil eksperimen seperti yang disajikan pada Tabel 4.20.

Tabel 4.20

Hasil Pengukuran Uji Proksimat kandungan Lemak Eksperimen *Taguchi*

Eksp	Faktor dan Level Faktor				Replikasi			Rata-rata
	A	B	C	D	R1	R2	R3	
1	1	1	1	1	2.65	2.16	2.20	2.34
2	1	2	2	2	2.46	2.76	3.25	2.82
3	1	3	3	3	2.43	2.64	2.35	2.47
4	2	1	2	3	7.01	7.38	7.08	7.16
5	2	2	3	1	4.31	4.35	4.22	4.29
6	2	3	1	2	3.06	3.74	3.91	3.57
7	3	1	3	2	1.37	1.51	1.43	1.44
8	3	2	1	3	2.48	2.00	1.06	1.85
9	3	3	2	1	4.65	4.98	4.42	4.68

2. Setelah pengolahan rata-rata, membuat tabel respon dari faktor yang berpengaruh. Berikut merupakan contoh perhitungan faktor A level pertama (A1) pada tabel respon.

$$\begin{aligned}
 \text{Faktor A dengan level pertama } (\bar{A1}) &= \frac{\sum \text{rata-rata level 1 pada faktor A}}{3} \\
 &= \frac{2,65+2,16+2,20}{3} \\
 &= 2,34
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan faktor lainnya dilakukan dengan cara yang sama.

Pembuatan tabel respon berfungsi untuk menghitung perbedaan nilai rata-rata respon antar level suatu faktor dan mengurutkan perbedaan level faktor dari yang terbesar hingga terkecil. Pemilihan nilai yang terbaik berdasarkan pada kriteria karakteristik kualitas yaitu *larger the better* yang artinya semakin baik apabila semakin tinggi nilainya. Hasil perhitungan tabel respon dapat dilihat pada Tabel 4.21.

Tabel 4.21

Tabel Respon Nilai Rata-rata Parameter Lemak

Faktor Level	A	B	C	D
1	2.54	3.64	2.58	3.77
2	5.01	2.99	4.89	2.61
3	2.66	3.58	2.73	3.83
Diff	2.46	0.66	2.30	1.22
rank	1	4	2	3

Dari perhitungan tabel respon tersebut, didapatkan bahwa level faktor yang terpilih karena nilai rata-ratanya tertinggi dari setiap faktor yaitu Faktor A Level 2 (Waktu Inkubasi 8 jam), Faktor C Level 1 (Lama Penyimpanan setelah Inkubasi 4 hari), Faktor

D Level 3 (Pasteurisasi 85°C selama 8 detik) dan Faktor B Level 2 (Suhu Inkubasi 37°C).

3. Mengolah data dengan ANOVA untuk nilai rata-rata Lemak

- a. Menghitung nilai Jumlah Kuadrat Total atau *Sum of Square (SStotal)* (2-5)

$$\begin{aligned} SStotal &= \sum y^2 \\ &= 2,65^2 + 2,16^2 + 2,20^2 + 2,46^2 + 2,76^2 + \dots + 4,98^2 + 4,42^2 \\ &= 390,27 \end{aligned}$$

- b. Menghitung nilai Jumlah Kuadrat karena Rata-Rata atau *Sum of Square due to Mean* atau (*SSmean*) (2-6)

$$SSmean = n \cdot \bar{y}^2$$

n = Jumlah eksperimen x Jumlah replikasi

$$= 9 \times 3 = 27$$

$$\bar{y} = \frac{\text{Total rasa}}{n}$$

$$= \frac{2,65 + 2,16 + 2,20 + 2,46 + 2,76 + \dots + 4,98 + 4,42}{27}$$

$$= \frac{91,86}{27} = 3,4022$$

$$SSmean = 27 \times (3,4022)^2$$

$$= 27 \times 11,5751$$

$$= 312,5281$$

- c. Menghitung nilai Jumlah Kuadrat karena Faktor-Faktor atau *Sum of Square due to Factors (SS_x)* (2-7)

Berikut ini adalah contoh perhitungan untuk *Sum of Square due to Factors A*

$$SSA = ((\bar{A1})^2 \times n1) + ((\bar{A2})^2 \times n2) + ((\bar{A3})^2 \times n3) - SSmean$$

$$= (2,54^2 \times 9) + (5,01^2 \times 9) + (2,66^2 \times 9) - 312,5281 = 34,8078$$

Untuk *Sum of Square due to Factors B, C, dan D* dilakukan dengan perhitungan yang sama.

- d. Menghitung nilai Jumlah Kuadrat karena Error atau *Sum of Square due to Error (SSE)* (2-8)

$$SSE = SStotal - SSmean - SSA - SSB - SSC - SSD$$

$$= 390,2692 - 312,5281 - 34,8078 - 2,3395 - 29,8941 - 8,4862$$

$$= 2,2135$$

- e. Membuat Tabel ANOVA untuk nilai rata-rata

- 1) Menentukan Derajat Kebebasan untuk masing-masing faktor (2-9)

Contoh untuk perhitungan derajat kebebasan faktor A adalah sebagai berikut.

$$DF_A = (\text{number of levels} - 1) \\ = (3 - 1) = 2$$

- 2) Menghitung Derajat Kebebasan Total (2-10)

$$DF_T = (\text{number of experiment} - 1) \\ DF_T = (27 - 1) = 26$$

- 3) Menghitung Rata-rata Jumlah Kuadrat atau *Mean Sum of Square (MS)* (2-11)

Contoh untuk perhitungan *Mean Sum of Square* pada Faktor A (MS_A) adalah sebagai berikut.

$$MS_A = \frac{SS_A}{V_A} \\ = \frac{34,8078}{2} = 17,4039$$

Untuk *Mean Sum of Square* pada faktor B, C, D dan eror dilakukan dengan perhitungan yang sama.

- 4) Menghitung Nilai Rasio F (*F-Ratio*) (2-12)

Contoh untuk perhitungan *F-Ratio* pada faktor A adalah sebagai berikut.

$$F \text{ ratio } A = \frac{MS_A}{MS_e} \\ DFe = DF_T - (DF_A + DF_B + DF_C + DF_D) \\ = 26 - (2 + 2 + 2 + 2) = 18$$

$$MSe = \frac{SS_e}{DF_e} = \frac{2,2135}{18} = 0,1230$$

$$F \text{ ratio } A = \frac{17,4039}{0,1230} = 141,5250$$

Untuk *F-Ratio* pada faktor B, C, dan D dilakukan dengan perhitungan yang sama.

- 5) Menghitung *Pure Sum of Square* pada masing-masing faktor (SS') (2-13)

$$SS' \text{ faktor} = SS \text{ faktor} - (DF \text{ faktor} \times MSe)$$

$$SS'A = SSA - (DFA \times MSe)$$

$$= 34,8078 - (2 \times 0,1230) = 34,5619$$

Untuk *Pure Sum of Square* pada faktor B, C, dan D dilakukan dengan perhitungan yang sama.

Kemudian untuk perhitungan $SS'e$ dengan sebagai berikut.

$$SS'e = SST - (SS'A + SS'B + SS'C + SS'D)$$

$$\begin{aligned}
 SST &= SS_{total} - SS_{mean} \\
 &= 390,2692 - 312,5281 = 77,7411 \\
 SS'e &= 77,7411 - 34,8078 - 2,3395 - 29,8941 - 8,4862) \\
 &= 2,2135
 \end{aligned}$$

- 6) Menghitung *Percent Contribution (Rho%)* untuk masing-masing faktor. (2-14)
Contoh perhitungan *Rho%* untuk faktor A adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Rho \%A} &= \frac{SS'A}{SST} \times 100\% \\
 &= \frac{34,5619}{77,7411} \times 100\% = 44,46\%
 \end{aligned}$$

Untuk *Rho %* pada faktor B, C, D dan eror dilakukan dengan perhitungan yang sama.

4. Membuat Tabel *Analysis of Variance (ANOVA)* nilai rata-rata
Pada Tabel 4.22 berikut menunjukkan tabel *Analysis of Variance (ANOVA)* nilai rata-rata parameter lemak.

Tabel 4.22
Analysis of Variance (ANOVA) Nilai Rata-Rata Lemak

Sumber	DF	SS	MS	F-Rat	SS'	% Kontribusi	F table
Faktor A	2	34.8078	17.4039	141.5250	34,5619	44.46%	3.55
Faktor B	2	2.3395	1.1697	9.5121	2.0935	2.69%	3.55
Faktor C	2	29.8941	14.9470	121.5462	29.6481	38.14%	3.55
Faktor D	2	8.4862	4.2431	34.5038	8.2402	10.60%	3.55
Residual	18	2.2135	0.1230	1.0000	3.1973	4.11%	
SSt	26	77.7411	2.9900		77.7411	100.00%	
Mean	1	312.5281					
Total	27	390.2692					

Pengujian hipotesis dan kesimpulan yang diperoleh dari Tabel ANOVA di atas yaitu:

- H_0 : Tidak ada pengaruh faktor A (waktu inkubasi) terhadap lemak yoghurt
 H_1 : Ada pengaruh faktor A (waktu inkubasi) terhadap lemak yoghurt
Kesimpulan: F-Ratio = 141,5250 > F-Tabel ($F_{0,05;2;18}$) = 3,55; maka H_0 ditolak artinya ada pengaruh faktor A (waktu inkubasi) terhadap lemak yoghurt.
- H_0 : Tidak ada pengaruh faktor B (suhu inkubasi) terhadap lemak yoghurt
 H_1 : Ada pengaruh faktor B (suhu inkubasi) terhadap lemak yoghurt
Kesimpulan: F-Ratio = 9,5121 > F-Tabel ($F_{0,05;2;18}$) = 3,55; maka H_0 ditolak artinya ada pengaruh faktor B (suhu inkubasi) terhadap lemak yoghurt.

c. H_0 : Tidak ada pengaruh faktor C (lama penyimpanan setelah inkubasi) terhadap lemak yoghurt

H_1 : Ada pengaruh faktor C (lama penyimpanan setelah inkubasi) terhadap lemak yoghurt.

Kesimpulan: $F\text{-Ratio} = 121,5462 > F\text{-Tabel} (F_{0,05;2;18}) = 3,55$; maka H_0 ditolak artinya ada pengaruh faktor C (lama penyimpanan setelah inkubasi) terhadap lemak yoghurt.

d. H_0 : Tidak ada pengaruh faktor D (pasteurisasi) terhadap lemak yoghurt

H_1 : Ada pengaruh faktor D (pasteurisasi) terhadap lemak yoghurt

Kesimpulan: $F\text{-Ratio} = 34,5038 > F\text{-Tabel} (F_{0,05;2;18}) = 3,55$; maka H_0 ditolak artinya ada pengaruh faktor D (pasteurisasi) terhadap lemak yoghurt.

Pada hasil pengujian hipotesis di atas, dapat diketahui bahwa faktor A, B, C dan D memiliki nilai $F\text{-Ratio} > F\text{-Tabel} (F_{0,05} (2;18) = 3,55)$. Sehingga menunjukkan bahwa faktor A, B, C dan D tersebut memberikan pengaruh terhadap lemak yoghurt. Sedangkan untuk nilai persen kontribusi ($Rho\%$) diketahui bahwa faktor yang memiliki persen kontribusi terbesar adalah Faktor A (waktu inkubasi) sebesar 44,46%, selanjutnya diikuti Faktor C (lama penyimpanan setelah inkubasi) sebesar 38,14%, Faktor D (pasteurisasi) sebesar 10,60% dan faktor dengan persen kontribusi terkecil yaitu Faktor B (suhu inkubasi) sebesar 2,69%.

Persen kontribusi atau ($Rho\%$) merupakan persentase dari jumlah kuadrat suatu sumber yang sesungguhnya terhadap jumlah kuadrat total (Soejanto, 2009:178). Pada Tabel 4.22 diketahui bahwa $Rho\%$ eror adalah sebesar 4,11% dari jumlah kuadrat total, maka dari itu dapat pula diketahui total persen kontribusi seluruh faktor adalah sebesar 95,89%. Dapat disimpulkan bahwa faktor yang memberikan pengaruh besar terhadap lemak yoghurt adalah Faktor A (waktu inkubasi), Faktor C (lama pengendapan setelah inkubasi), dan Faktor D (pasteurisasi) sedangkan Faktor B (suhu inkubasi) memberikan pengaruh kecil terhadap kualitas lemak yoghurt.

5. *Pooling Up*

Tahap *Pooling Up* bertujuan untuk menghindari kesalahan (eror) berlebih dalam penelitian. Dalam *Pooling Up* disarankan hanya menggunakan separuh jumlah derajat kebebasan dari *orthogonal array* yang digunakan agar nantinya dapat menghasilkan desain yang kokoh. Pada perhitungan *Analysis of Variance* (ANOVA) sebelumnya, diketahui bahwa $F\text{-ratio}$ masing-masing faktor A, B, C dan D $> F\text{ tabel} (F_{0,05} (2; 18) = 3,35)$ yang menunjukkan bahwa faktor tersebut memberikan pengaruh yang signifikan

terhadap peningkatan kualitas lemak yoghurt. Sedangkan untuk melakukan *pooling up* karena menggunakan separuh jumlah derajat kebebasan dari *orthogonal array* yaitu satu, maka dipilih faktor yang memiliki nilai *Rho* % paling kecil yaitu faktor B(suhu inkubasi) untuk di-*pooling up*.

Berikut ini adalah perhitungan untuk *pooling up* faktor A.

$$\begin{aligned} \text{a. } SS(\text{pooled } e) &= SSe + SSB + SSD \\ &= 2,2135 + 2,3395 + 8,4862 \\ &= 13,0392 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. } DF(\text{pooled } e) &= DFe + DF_B + DF_D \\ &= 18 + 2 + 2 = 22 \end{aligned}$$

$$\text{c. } MS(\text{pooled } e) = \frac{SS(\text{pooled } e)}{DF(\text{pooled } e)} = \frac{13,0392}{22} = 0,5927$$

Tabel 4.23 merupakan hasil perhitungan ANOVA untuk data variabel yang telah dilakukan *pooling up*.

Tabel 4.23

Analysis of Variance (ANOVA) Nilai Rata-rata Pooling Lemak

Sumber	Poole	D	SS	MS	F-Rat	SS'	%	F
Faktor A		2	34.8078	17.403	76.449	33.622	43.25%	3.49
Faktor B	Y							
Faktor C		2	29.8941	14.947	65.657	28.707	36.93%	3.49
Faktor D	Y							
Residual	Y							
Pooled		22	4.5530	0.2277	1.0000	15.409	19.82%	
SSt		26	77.7411	2.9900		77.741	100.00%	
Mean		1	312.528					
Total		27	390.269					

Pengujian hipotesis dan kesimpulan yang diperoleh dari Tabel ANOVA di atas setelah dilakukan *pooling* terhadap faktor B dan D adalah sebagai berikut.

- H_0 : Tidak ada pengaruh faktor A (waktu inkubasi) terhadap lemak yoghurt

H_1 : Ada pengaruh faktor A (waktu inkubasi) terhadap lemak yoghurt

Kesimpulan: F-Ratio = 17,4039 > F-Tabel ($F_{0,05}(2;20)$) = 3,49; maka H_0 ditolak artinya ada pengaruh faktor A (waktu inkubasi) terhadap lemak yoghurt.
- H_0 : Tidak ada pengaruh faktor C (lama penyimpanan setelah inkubasi) terhadap lemak yoghurt

H_1 : Ada pengaruh faktor C (lama penyimpanan setelah inkubasi) terhadap lemak yoghurt.

Kesimpulan: F-Ratio = 25,2190 > F-Tabel ($F_{0,05;2;18}$) = 3,49; maka H_0 ditolak artinya ada pengaruh faktor C (lama penyimpanan setelah inkubasi) terhadap lemak yoghurt.

Pada hasil pengujian hipotesis di atas, dapat diketahui bahwa Faktor A dan C memiliki nilai $F\text{-Ratio} > F\text{-Tabel}$ ($F_{0,05}(2;20) = 3,49$). Sehingga menunjukkan bahwa Faktor A dan C memberikan pengaruh terhadap lemak yoghurt. Berdasarkan hasil perhitungan ulang *Analysis of Variance* (ANOVA) yang telah dipooling pada Tabel 4.24 dapat diketahui bahwa faktor-faktor tersebut memberikan pengaruh yang signifikan. Hal itu dapat dilihat pula dari persen kontribusi ($Rho\%$) masing-masing faktor yaitu 43,25% dan 36,93%.

Tabel 4.24

Analysis of Variance (ANOVA) Nilai Rata-Rata Lemak Setelah Dipooling

Sumber	DF	SS	MS	F-Rat	SS'	% Kontribusi	F table
Faktor A	2	34.8078	17.4039	76.4499	33.6224	43.25%	3.49
Faktor C	2	29.8941	14.9470	65.6576	28.7078	36.93%	3.49
Pooled Res	22	13.0392	0.5927	1.0000	15.4099	19.82%	
SSt	26	77.7411	2.9900		77.7411	100.00%	
Mean	1	312.5281					
Total	27	390.2692					

Menurut Belavendram (1995: 255), tidak terdapat faktor yang berpengaruh signifikan hilang dari eksperimen apabila persen kontribusi kurang dari 50% (error rendah) maka dapat diasumsikan. Namun apabila persen kontribusi 50% atau lebih (error tinggi) maka dapat diasumsikan beberapa faktor yang berpengaruh signifikan telah hilang dan dapat disimpulkan terdapat perhitungan kesalahan atau error yang besar dalam eksperimen tersebut. Dari teori tersebut, dapat disimpulkan bahwa eksperimen ini tidak terdapat faktor berpengaruh signifikan yang hilang karena persen kontribusi eror pada hasil perhitungan ANOVA yang telah dipooling kurang dari 50% yaitu 19,82% dari jumlah kuadrat total dan persentase jumlah kuadrat/persen kontribusi ($Rho\%$) dari faktor-faktor berpengaruh signifikan sebesar 80,18%.

4.9.2.2 Perhitungan *Analysis of Variance* (ANOVA) untuk *Signal Noise to Ratio* (SNR)

Lemak

Perhitungan nilai *Signal to Noise to Ratio* (SNR) dilakukan untuk mengetahui faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi nilai variansi pada eksperimen ini. SNR yang digunakan dalam penelitian ini yaitu SNR – *Larger the better* yang memiliki karakteristik semakin besar semakin baik. Dalam konsep *Signal to Noise to Ratio* (SNR), menurut Belavendram (1995:507) apapun karakteristik kualitas yang dipilih dalam suatu eksperimen, interpretasi dari SNR selalu ditransformasikan sama yaitu semakin besar nilai SNR maka semakin baik.

Berikut merupakan langkah-langkah pengujian ANOVA untuk nilai *Signal to Noise to Ratio* (SNR).

1. Menghitung nilai *Signal Noise to Ratio (SNR)* masing – masing eksperimen

Berikut ini adalah contoh perhitungan *Signal Noise to Ratio (SNR)* untuk eksperimen pertama.

- a. Menghitung nilai MSD (2-4)

Berikut ini adalah contoh perhitungan MSD pada eksperimen pertama.

$$\text{MSD} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2}$$

$$= \frac{1}{3} \times \left(\frac{1}{2,65^2} + \frac{1}{2,16^2} + \frac{1}{2,20^2} \right) = 0.1878$$

Untuk MSD eksperimen selanjutnya dilakukan dengan perhitungan yang sama.

- b. Menghitung *Signal Noise to Ratio (SNR)* (2-3)

Berikut ini adalah contoh perhitungan *Signal Noise to Ratio (SNR)* pada eksperimen pertama.

$$\eta = -10 \log_{10} \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right]$$

$$\eta_1 = -10 \log_{10} [0,1878] = 7,2635$$

Untuk *Signal Noise to Ratio (SNR)* eksperimen selanjutnya dilakukan dengan perhitungan yang sama. Hasil perhitungan SNR ditunjukkan pada Tabel 4.25 berikut ini.

Tabel 4.25

Hasil Perhitungan *Signal Noise to Ratio* Lemak

Exp	Faktor dan Level Faktor				Replikasi			1/n	$\sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2}$	MSD	SN (LTB)
	A	B	C	D	R1	R2	R3				
1	1	1	1	1	2.65	2.16	2.20	0.33	0.5633	0.1878	7.2635
2	1	2	2	2	2.46	2.76	3.25	0.33	0.3912	0.1304	8.8473
3	1	3	3	3	2.43	2.64	2.35	0.33	0.4939	0.1646	7.8347
4	2	1	2	3	7.01	7.38	7.08	0.33	0.0587	0.0196	17.0878
5	2	2	3	1	4.31	4.35	4.22	0.33	0.1628	0.0543	12.6538
6	2	3	1	2	3.06	3.74	3.91	0.33	0.2437	0.0812	10.9027
7	3	1	3	2	1.37	1.51	1.43	0.33	1.4604	0.4868	3.1265
8	3	2	1	3	2.48	2.00	1.06	0.33	1.3026	0.4342	3.6231
9	3	3	2	1	4.65	4.98	4.42	0.33	0.1378	0.0459	13.3801

2. Setelah penghitungan SNR pada setiap eksperimen, membuat tabel respon faktor yang berpengaruh dari *Signal Noise Ratio (SNR)* parameter rasa

$$\text{Faktor A dengan level pertama } (\overline{A1}) = \frac{\sum \text{SNR level 1 pada faktor A}}{3}$$

$$= \frac{7,2635 + 8,8473 + 7,8347}{3}$$

$$= 7,9818$$

Untuk perhitungan faktor lainnya dilakukan dengan cara yang sama. Hasil perhitungannya dapat dilihat pada tabel respon yang ditunjukkan pada Tabel 4.26.

Tabel 4.26

Tabel Respon *Signal Noise to Ratio* Lemak

Faktor Level	A	B	C	D
1	7.9818	9.1593	7.2631	11.0991
2	13.5481	8.3747	13.1050	7.6255
3	6.7099	10.7058	7.8717	9.5152
Diff	6.8382	2.3311	5.8420	3.4736
Rank	1	4	2	3

Tabel respon rata-rata digunakan untuk mencari level faktor optimal yang mempengaruhi rata-rata nya, sedangkan tabel respon *Signal Noise to Ratio* digunakan untuk mencari level faktor yang mempengaruhi variansinya.

3. Mengolah data dengan ANOVA untuk nilai *Signal Noise to Ratio* (SNR) *Pooled*

a. Menghitung nilai Jumlah Kuadrat Total atau *Sum of Square* (*SStotal*)

$$\begin{aligned}
 SStotal &= \sum y^2 \\
 &= 11,0191^2 + 10,8231^2 + 10,0914^2 + \dots + 8,5125^2 \\
 &= 958,1202
 \end{aligned}$$

b. Menghitung nilai Jumlah Kuadrat karena Rata-Rata atau *Sum of Square due to Mean* atau (*SSmean*)

$$\begin{aligned}
 SSmean &= n \cdot \bar{y}^2 \\
 n &= \text{Jumlah eksperimen} = 9 \\
 \bar{y} &= \frac{\text{Total Nilai SNR}}{n} \\
 &= \frac{7,2635 + 8,8473 + 7,8347 + \dots + 13,3801}{9} \\
 &= \frac{84,7195}{9} = 9,4133
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Ssmean &= 9 \times (9,4133)^2 \\
 &= 9 \times 88,6098 \\
 &= 797,4879
 \end{aligned}$$

c. Menghitung nilai Jumlah Kuadrat karena Faktor-Faktor atau *Sum of Square due to Factors* (*SS_x*)

Berikut ini adalah contoh perhitungan untuk *Sum of Square due to Factors A*

$$\begin{aligned}
 SSA &= ((\bar{A1})^2 \times n1) + ((\bar{A2})^2 \times n2) + ((\bar{A3})^2 \times n3) - SSmean \\
 &= (7,9818^2 \times 3) + (13,5481^2 \times 3) + (6,7099^2 \times 3) - 797,4879 \\
 &= 79,3614
 \end{aligned}$$

Untuk *Sum of Square due to Factors* C dan D menggunakan perhitungan yang sama.

- d. Menghitung nilai Jumlah Kuadrat karena Error yang telah dipooling atau *Sum of Square due to Pooled Error* (SS pooled e)

$$SS(\text{pooled } e) = SST - SS_A - SS_C - SS_D$$

Untuk perhitungan SST adalah sebagai berikut.

$$SST = SS_{\text{total}} - SS_{\text{mean}}$$

$$= 965,3236 - 797,4879 = 167,8356$$

$$\begin{aligned} SS(\text{pooled } e) &= 167,8356 - 79,3614 - 61,8869 \\ &= 26,5873 \end{aligned}$$

- e. Membuat Tabel ANOVA untuk nilai SNR

- 1) Menentukan Derajat Kebebasan untuk masing-masing faktor

Contoh untuk perhitungan derajat kebebasan faktor A adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} DF_A &= (\text{number of levels} - 1) \\ &= (3 - 1) = 2 \end{aligned}$$

- 2) Menghitung Derajat Kebebasan Total

$$\begin{aligned} DF_T &= (\text{number of experiment} - 1) \\ &= (9 - 1) = 8 \end{aligned}$$

- 3) Menghitung Derajat Kebebasan *Pooled e*

$$\begin{aligned} DF(\text{pooled } e) &= DF_T - DF_A - DF_C \\ &= 8 - 2 - 2 = 4 \end{aligned}$$

- 4) Menghitung Rata-rata Jumlah Kuadrat atau *Mean Sum of Square* (MS)

Contoh untuk perhitungan *Mean Sum of Square* pada Faktor A (MS_A) adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} MS_A &= \frac{SS_A}{V_A} \\ &= \frac{79,3614}{2} = 39,6807 \end{aligned}$$

Untuk *Mean Sum of Square* pada faktor B dan C menggunakan perhitungan yang sama.

Untuk MS (*Pooled e*) dilakukan dengan cara perhitungan seperti berikut.

$$MS(\text{pooled } e) = \frac{SS(\text{pooled } e)}{DF(\text{pooled } e)} = \frac{26,5873}{4} = 6,6468$$

- 5) Menghitung Nilai Rasio F (*F-Ratio*) - *Pooled*

Contoh untuk perhitungan *F-Ratio* pada faktor A setelah dipooling adalah sebagai berikut.

$$F \text{ ratio } A = \frac{MS_A}{MS(\text{pooled } e)}$$

$$= \frac{39,6807}{6,6468} = 5,9699$$

Untuk *F-Ratio* pada faktor C dilakukan dengan perhitungan yang sama.

- 6) Menghitung *Pure Sum of Square* pada masing-masing faktor (*SS'*) - *Pooled*

$$SS' \text{ faktor} = SS \text{ faktor} - (DF \text{ faktor} \times MS(\text{pooled } e))$$

$$SS'_A = SS_A - (DFA \times MS(\text{pooled } e))$$

$$= 79,3614 - (2 \times 6,6468) = 66,0678$$

Untuk *Pure Sum of Square* pada faktor C dilakukan dengan perhitungan yang sama.

Kemudian untuk perhitungan *SS'(pooled e)* adalah sebagai berikut.

$$SS'(\text{pooled } e) = SST - SS'_A - SS'_C$$

$$= 167,8356 - 66,0678 - 48,5933$$

$$= 53,1745$$

- 7) Menghitung *Percent Contribution (Rho%)* masing-masing faktor

Contoh perhitungan *Rho%* untuk faktor A adalah sebagai berikut.

$$Rho \%B = \frac{SS'_A}{SST} \times 100\%$$

$$= \frac{66,0678}{167,8356} \times 100\% = 39,36\%$$

Untuk *Rho %* pada faktor C dan *pooled eror* dilakukan dengan perhitungan yang sama.

Tabel 4.27 dibawah ini merupakan hasil perhitungan ANOVA nilai *Signal Noise to Ratio (SNR)* untuk data variabel setelah *pooling up*.

Tabel 4.27

Analysis of Variance (ANOVA) Nilai SNR – Pooling Lemak

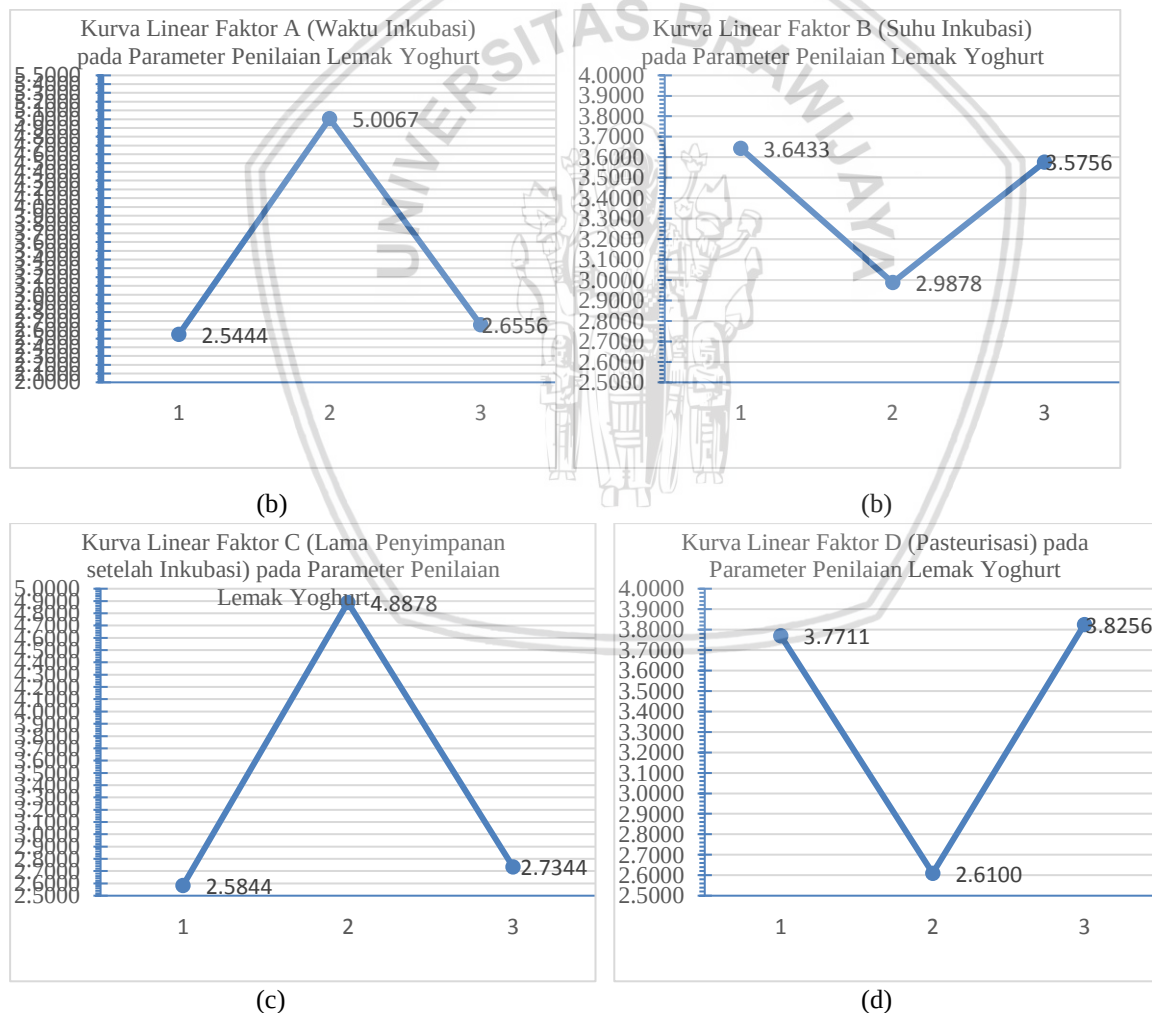
SUMBER	SS	DF	MS	Fratio	SS'	Rho%
A	79.3614	2.0000	39.6807	5.9699	66.0678	39.36%
C	61.8869	2.0000	30.9435	4.6554	48.5933	28.95%
<i>pooled e</i>	26.5873	4.0000	6.6468		53.1745	31.68%
SST	167.8356	8.0000			167.8356	100.00%
Mean	797.4879	1.0000				
SStotal	965.3236	9.0000				

Berdasarkan hasil perhitungan ANOVA untuk nilai SNR parameter lemak tersebut, dapat diketahui bahwa faktor yang paling berpengaruh dengan kontribusi besar adalah Faktor A selanjutnya Faktor C. Dalam metode ini, perhitungan SNR berguna untuk

mengoptimalkan faktor yang mempengaruhi variansi. Kemudian pada perhitungan persentase kontribusi ditunjukkan bahwa persen kontribusi *pooled error* adalah sebesar 31,68%, yang artinya tidak ada faktor berpengaruh signifikan yang hilang dari eksperimen dan berarti faktor-faktor penting dalam eksperimen tersebut dilibatkan dalam perancangan *robust design*.

4.9.2.3 Penentuan *Setting Level Optimal Lemak*

Karakteristik kualitas yang digunakan untuk penelitian ini adalah *larger the better*. Dimana kualitas yang paling baik adalah dari level faktor yang nilainya paling tinggi. Gambar 4.3 di bawah ini menunjukkan kurva linear faktor-faktor kontrol eksperimen terhadap parameter penilaian lemak yoghurt. Dari gambar tersebut pula dapat ditarik kesimpulan level faktor mana saja yang dapat mempengaruhi kualitas yoghurt.



Gambar 4.2 Kurva linear terhadap parameter penilaian lemak yoghurt dari a) faktor A (waktu inkubasi), b) faktor B (suhu inkubasi), c) faktor C (lama penyimpanan setelah inkubasi), dan d) faktor D (pasteurisasi)

Selanjutnya berikut merupakan perbandingan pengaruh faktor-faktor dari nilai rata-rata dan SNR pada parameter Lemak. Dimana pada tabel di bawah ini level faktor pada perhitungan nilai rata-rata dan nilai SNR menghasilkan level faktor terbaik yang berbeda. Sehingga untuk mengambil kesimpulan dari tabel di atas bahwa kombinasi level faktor yang optimal untuk parameter lemak yoghurt adalah Faktor A Level 2 (Waktu Inkubasi= 8 jam), Faktor C Level 2 (Lama Penyimpanan setelah Inkubasi= 4 hari), sedangkan Faktor C dan D terdapat faktor optimal yang berbeda antara rata-rata dan variansi, pada rata-rata terpilih level 1 dan variansi level 3 untuk faktor B, kemudian untuk faktor D terpilih rata-rata level 3 dan variansi level 1, tapi kedua faktor tersebut berpengaruh kecil, pada analisis rata-rata memberikan kontribusi kecil dan pada analisis variansi tidak memberikan kontribusi, maka dipilih level faktor pada rata-rata, yaitu level 1 pada Faktor B dan level 3 pada Faktor D.

Tabel 4.28

Tabel Perbandingan Pengaruh Faktor Nilai Rata-rata dan SNR Lemak

Faktor	Rata-rata ($\bar{y}$)		Variansi (σ)		Pengaruh (effect)	Setting Level yang dipilih
	Rank	Level	Rank	Level		
A	1	2	1	2	Berpengaruh dan kontribusi besar	A2
B	4	1	4	3	Berpengaruh dan kontribusi kecil	B2
C	2	2	2	2	Berpengaruh dan kontribusi besar	C1
D	3	3	3	1	Berpengaruh dan kontribusi kecil	D3

4.9.2.4 Perkiraan Kondisi Optimal dan Interval Kepercayaan Nilai Lemak

Setelah mengetahui *setting level optimum*, maka tahap selanjutnya yaitu membuat perkiraan kondisi optimal dan interval kepercayaan parameter lemak yoghurt. Perkiraan ini dilakukan dengan cara membandingkan nilai prediksi nilai rata-rata eksperimen dan *signal to noise ratio* (SNR) eksperimen yang diharapkan pada level optimal dengan hasil eksperimen konfirmasi nantinya. Jika nilai prediksi dan hasil eksperimen nilainya hampir sama atau mendekati, maka dapat disimpulkan bahwa rancangan eksperimen *Taguchi* sudah memenuhi syarat eksperimen *Taguchi*. Sedangkan perhitungan interval kepercayaan bertujuan untuk mengetahui perkiraan dari level faktor optimal yang didapat.

Berdasarkan hasil perhitungan *Analysis of Variance* (ANOVA), faktor yang berpengaruh dan memiliki kontribusi besar pada lemak yoghurt adalah Faktor A Level 2 (waktu inkubasi= 8 jam (84,06%)) dan Faktor C level 2 (lama penyimpanan setelah inkubasi = 4 hari). Berikut ini merupakan perhitungan perkiraan kondisi optimal dan interval kepercayaan parameter lemak.

3. Perkiraan kondisi optimal dan interval kepercayaan untuk nilai rata-rata seluruh data.

a) Perkiraan kondisi optimal untuk nilai rata-rata seluruh data

Nilai rata-rata seluruh data ($\bar{y}$) = 3,402

- b) Perhitungan nilai prediksi rata-rata (2-16)

$$\begin{aligned}
 \mu_{\text{predicted}} &= \bar{y} + (\text{faktor terpilih 1} - \bar{y}) + (\text{faktor terpilih n} - \bar{y}) \\
 &= \bar{y} + (A_2 - \bar{y}) + (C_2 - \bar{y}) \\
 &= 3,4022 + (5,0067 - 3,4022) + (4,8878 - 3,4022) \\
 &= 6,4922
 \end{aligned}$$

- c) Perhitungan interval kepercayaan nilai rata-rata (2-17)

$$Cl_{\text{mean}} = \pm \sqrt{\left(F_{\alpha, v_1, v_2} \times MS_{\text{pooled}} \times \frac{1}{n_{\text{eff}}} \right)}$$

Perhitungan untuk n_{eff} :

$$\begin{aligned}
 n_{\text{eff}} &= \frac{\text{total number of experiments}}{\text{sum of degree of freedom used in estimate of mean}} \\
 &= \frac{9 \times 3}{V_{\mu} + V_A + V_C} \\
 &= \frac{27}{1+2+2} = 5,4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Cl_{\text{mean}} &= \pm \sqrt{\left(F_{\alpha, v_1, v_2} \times MS_{\text{pooled}} \times \frac{1}{n_{\text{eff}}} \right)} \\
 &= \pm \sqrt{\left(F_{0,05,2,22} \times 0,5927 \times \left[\frac{1}{5,4} \right] \right)} \\
 &= \pm \sqrt{(3,440 \times 0,5927 \times 0,1852)} \\
 &= \pm 0,6145
 \end{aligned}$$

Sehingga interval kepercayaan nilai rata-rata untuk proses optimal yaitu:

$$\mu_{\text{predicted}} - Cl_{\text{mean}} \leq \mu_{\text{predicted}} \leq \mu_{\text{predicted}} + Cl_{\text{mean}} \quad (2-18)$$

$$6,4922 - 0,6145 \leq \mu_{\text{predicted}} \leq 6,4922 + 0,6145$$

$$5,8778 \leq \mu_{\text{predicted}} \leq 7,1067$$

Berdasarkan hasil perhitungan prediksi kondisi optimum diperoleh nilai $\mu_{\text{predicted}}$ sebesar 6,4922, maka didapatkan bahwa rentang selang kepercayaan yaitu $5,8778 \leq \mu_{\text{predicted}} \leq 7,1067$. Apabila nilai eksperimen konfirmasi berada pada batas rentang penilaian lemak tersebut, maka eksperimen Taguchi dapat diterima.

4. Perkiraan kondisi optimal dan interval kepercayaan untuk nilai *signal to ratio* (SNR) seluruh data eksperimen *Taguchi*

- a) Perkiraan kondisi optimal untuk nilai *signal to ratio* (SNR) seluruh data

Nilai SNR seluruh data ($\bar{\eta}$) = 9,4133

b) Perhitungan nilai prediksi rata-rata

$$\begin{aligned}\mu_{\text{predicted}} &= \bar{\eta} + (\text{faktor terpilih 1} - \bar{\eta}) + (\text{faktor terpilih n} - \bar{\eta}) \\ &= \bar{\eta} + (A2 - \bar{\eta}) + (C2 - \bar{\eta}) \\ &= 9,4133 + (13,5481 - 9,4133) + (13,1050 - 9,4133) \\ &= 17,2399\end{aligned}$$

c) Perhitungan interval kepercayaan nilai rata-rata

$$Cl_{\text{SNR}} = \pm \sqrt{\left(F_{\alpha, v1, v2} \times MSpooled \times \frac{1}{n_{\text{eff}}} \right)}$$

Perhitungan untuk n_{eff} :

$$\begin{aligned}n_{\text{eff}} &= \frac{\text{total number of experiments}}{\text{sum of degree of freedom used in estimate of mean}} \\ &= \frac{9 \times 3}{V_{\mu} + V_A + V_C} \\ &= \frac{9 \times 3}{1+2+2} = 9\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Cl_{\text{SNR}} &= \pm \sqrt{\left(F_{\alpha, v1, v2} \times MSpooled \times \frac{1}{n_{\text{eff}}} \right)} \\ &= \pm \sqrt{\left(F_{0,05,2,4} \times 6,6468 \times \left[\frac{1}{5,4} \right] \right)} \\ &= \pm \sqrt{(6,94 \times 6,6468 \times 0,1852)} \\ &= \pm 2,9227\end{aligned}$$

Sehingga interval kepercayaan untuk proses optimal yaitu:

$$\begin{aligned}\mu_{\text{predicted}} - Cl_{\text{SNR}} &\leq \mu_{\text{predicted}} \leq \mu_{\text{predicted}} + Cl_{\text{SNR}} \\ 17,2399 - 2,9227 &\leq \mu_{\text{predicted}} \leq 17,2399 + 2,9227 \\ 14,3171 &\leq \mu_{\text{predicted}} \leq 20,1626\end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan prediksi kondisi optimum diperoleh nilai $\mu_{\text{predicted}}$ sebesar 17,2399 maka didapatkan rentang selang kepercayaan yaitu $14,3171 \leq \mu_{\text{predicted}} \leq 20,1626$. Apabila nilai eksperimen konfirmasi berada pada batas rentang penilaian lemak proksimat tersebut, maka eksperimen Taguchi dapat diterima.

4.9.3 Pengolahan Data Uji Kandungan Karbohidrat

4.9.3.1 Perhitungan *Analysis of Variance* (ANOVA) Nilai Rata-rata Karbohidrat

Metode *Taguchi* menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA) data variabel bertujuan untuk mengidentifikasi kontribusi faktor sehingga diperoleh faktor–faktor yang mempengaruhi nilai respon. *Analysis of Variance* (ANOVA) merupakan metode yang digunakan untuk mencari *setting* level optimal guna meminimalkan penyimpangan variansi. Berikut merupakan langkah–langkah perhitungan dalam *Analysis of Variance* (ANOVA) untuk data parameter karbohidrat.

1. Mengolah data rata-rata penilaian parameter Uji kandungan karbohidrat terhadap hasil eksperimen seperti yang disajikan pada Tabel 4.29.

Tabel 4.29

Hasil Pengukuran Uji Proksimat kandungan Karbohidrat Eksperimen *Taguchi*

Eksp	Faktor dan Level Faktor				Replikasi			Rata-rata
	A	B	C	D	R1	R2	R3	
1	1	1	1	1	4.72	5.00	4.89	4.87
2	1	2	2	2	4.83	4.59	3.48	4.30
3	1	3	3	3	4.53	4.26	4.28	4.36
4	2	1	2	3	4.93	4.92	4.85	4.90
5	2	2	3	1	8.51	9.40	9.83	9.25
6	2	3	1	2	6.49	5.88	5.87	6.08
7	3	1	3	2	4.24	4.87	4.52	4.54
8	3	2	1	3	6.79	5.29	6.10	6.06
9	3	3	2	1	4.75	4.48	4.20	4.48

2. Setelah pengolahan rata-rata, membuat tabel respon dari faktor yang berpengaruh. Berikut merupakan contoh perhitungan faktor A level pertama (A1) pada tabel respon.

$$\begin{aligned}
 \text{Faktor A dengan level pertama } (\bar{A1}) &= \frac{\sum \text{rata-rata level 1 pada faktor A}}{3} \\
 &= \frac{4,72+5,00+34,89}{3} \\
 &= 4,87
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan faktor lainnya dilakukan dengan cara yang sama.

Pembuatan tabel respon berfungsi untuk menghitung perbedaan nilai rata-rata respon antar level suatu faktor kemudian mengurutkan perbedaan level faktor dari yang terbesar hingga terkecil. Pemilihan nilai yang terbaik berdasarkan dari kriteria karakteristik kualitas yaitu *larger the better* yang artinya karakteristik kualitas akan semakin baik apabila semakin tinggi nilainya. Hasil perhitungan tabel respon dapat dilihat pada Tabel 4.30.

Tabel 4.30

Tabel Respon Nilai Rata-rata Parameter Karbohidrat

Faktor Level	A	B	C	D
1	12.97	13.55	14.97	15.33
2	16.24	15.73	13.06	13.72
3	13.87	13.80	15.05	14.03
Diff	3.27	2.18	1.99	1.62
Rank	1	2	4	3

Dari perhitungan tabel respon tersebut, didapatkan bahwa level faktor yang terpilih karena nilai rata-ratanya tertinggi dari setiap faktor yaitu Faktor A Level 2 (Waktu Inkubasi 8 jam), Faktor B Level 2 (Suhu Inkubasi 44°C), Faktor C Level 3 (Lama Penyimpanan setelah Inkubasi 6 hari), Faktor D Level 1 (Pasteurisasi 62°C selama 30 menit).

3. Mengolah data dengan ANOVA untuk nilai rata-rata Karbohidrat

- a. Menghitung nilai Jumlah Kuadrat Total atau *Sum of Square (SStotal)* (2-5)

$$\begin{aligned}
 SStotal &= \sum y^2 \\
 &= 4,72^2 + 5,00^2 + 4,89^2 + 4,83^2 + 4,59^2 + \dots + 4,48^2 + 4,20^2 \\
 &= 858,9750
 \end{aligned}$$

- b. Menghitung nilai Jumlah Kuadrat karena Rata-Rata atau *Sum of Square due to Mean* atau (*SSmean*) (2-6)

$$\begin{aligned}
 SSmean &= n \cdot \bar{y}^2 \\
 n &= \text{Jumlah eksperimen} \times \text{Jumlah replikasi} \\
 &= 9 \times 3 = 27 \\
 \bar{y} &= \frac{\text{Total rasa}}{n} \\
 &= \frac{4,72 + 5,00 + 4,89 + 4,83 + 4,59 + \dots + 4,48 + 4,20}{27} \\
 &= \frac{146,50}{27} = 5,4259 \\
 SSmean &= 27 \times (5,4259)^2 \\
 &= 27 \times 29,4407 \\
 &= 794,8981
 \end{aligned}$$

- c. Menghitung nilai Jumlah Kuadrat karena Faktor-Faktor atau *Sum of Square due to Factors (SS_x)* (2-7)

Berikut ini adalah contoh perhitungan untuk *Sum of Square due to Factors A*

$$SS_A = ((\bar{A1})^2 \times n_1) + ((\bar{A2})^2 \times n_2) + ((\bar{A3})^2 \times n_3) - SS_{mean}$$

$$= (4,72^2 \times 9) + (5,00^2 \times 9) + (4,89^2 \times 9) - 794,8981 = 24,5970$$

Untuk *Sum of Square due to Factors* B, C, dan D dilakukan dengan perhitungan yang sama.

- d. Menghitung nilai Jumlah Kuadrat karena Error atau *Sum of Square due to Error* (SSe) (2-8)

$$\begin{aligned} SSe &= SS_{total} - SS_{mean} - SS_A - SS_B - SS_C - SS_D \\ &= 858,9750 - 794,8981 - 24,5970 - 16,8023 - 10,7947 - 8,1201 \\ &= 3,7629 \end{aligned}$$

- e. Membuat Tabel ANOVA untuk nilai rata-rata

- 1) Menentukan Derajat Kebebasan untuk masing-masing faktor (2-9)

Contoh untuk perhitungan derajat kebebasan faktor A adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} DF_A &= (\text{number of levels} - 1) \\ &= (3 - 1) = 2 \end{aligned}$$

- 2) Menghitung Derajat Kebebasan Total (2-10)

$$\begin{aligned} DF_T &= (\text{number of experiment} - 1) \\ DF_T &= (27 - 1) = 26 \end{aligned}$$

- 3) Menghitung Rata-Rata Jumlah Kuadrat atau *Mean Sum of Square* (MS) (2-11)

Contoh untuk perhitungan *Mean Sum of Square* pada Faktor A (MS_A) adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} MS_A &= \frac{SS_A}{V_A} \\ &= \frac{24,5970}{2} = 12,2985 \end{aligned}$$

Untuk *Mean Sum of Square* pada faktor B, C, D dan error dilakukan dengan perhitungan yang sama.

- 4) Menghitung Nilai Rasio F (*F-Ratio*) (2-12)

Contoh untuk perhitungan *F-Ratio* pada faktor A adalah sebagai berikut.

$$F \text{ ratio } A = \frac{MS_A}{MS_e}$$

$$\begin{aligned} DF_e &= DF_T - (DF_A + DF_B + DF_C + DF_D) \\ &= 26 - (2 + 2 + 2 + 2) = 18 \end{aligned}$$

$$MS_e = \frac{SS_e}{DF_e} = \frac{3,7629}{18} = 0,2090$$

$$F \text{ ratio } A = \frac{12,2985}{0,2090} = 58,8310$$

Untuk *F-Ratio* pada faktor B, C, dan D dilakukan dengan perhitungan yang sama.

- 5) Menghitung *Pure Sum of Square* pada masing-masing faktor (*SS'*) (2-13)

$$SS' \text{ faktor} = SS \text{ faktor} - (DF \text{ faktor} \times MSe)$$

$$SS'A = SSA - (DFA \times MSe)$$

$$= 24,5970 - (2 \times 0,2090) = 24,1789$$

Untuk *Pure Sum of Square* pada faktor B, C, dan D dilakukan dengan perhitungan yang sama.

Kemudian untuk perhitungan *SS'e* dengan sebagai berikut.

$$SS'e = SST - (SS'A + SS'B + SS'C + SS'D)$$

$$SST = SStotal - SSmean$$

$$= 858,9750 - 794,8981 = 64,0769$$

$$SS'e = 64,0769 - (24,1789 + 16,3842 + 10,3766 + 7,7020)$$

$$= 5,4353$$

- 6) Menghitung *Percent Contribution (Rho%)* untuk masing-masing faktor. (2-14)

Contoh perhitungan *Rho%* untuk faktor A adalah:

$$\begin{aligned} Rho \%A &= \frac{SS'A}{SST} \times 100\% \\ &= \frac{24,1789}{64,0769} \times 100\% = 37,73\% \end{aligned}$$

Untuk *Rho %* pada faktor B, C, D dan eror dilakukan dengan perhitungan yang sama.

4. Membuat Tabel *Analysis of Variance (ANOVA)* nilai rata-rata

Pada Tabel 4.31 berikut menunjukkan tabel *Analysis of Variance (ANOVA)* nilai rata-rata parameter karbohidrat.

Tabel 4.31

Analysis of Variance (ANOVA) Nilai Rata-Rata Karbohidrat

Sumber	DF	SS	MS	F-Rat	SS'	% Kontribusi	F table
Faktor A	2	24.5970	12.2985	58.8310	24.1789	37.73%	3.55
Faktor B	2	16.8023	8.4011	40.1875	16.3842	25.57%	3.55
Faktor C	2	10.7947	5.3973	25.8186	10.3766	16.19%	3.55
Faktor D	2	8.1201	4.0600	19.4215	7.7020	12.02%	3.55
Residual	18	3.7629	0.2090	1.0000	5.4353	8.48%	
SSt	26	64.0769	2.4645		64.0769	100.00%	
Mean	1	794.8981					
Total	27	858.9750					

Pengujian hipotesis dan kesimpulan yang diperoleh dari Tabel ANOVA di atas yaitu:

- a. H_0 : Tidak ada pengaruh faktor A (waktu inkubasi) terhadap karbohidrat yoghurt
 H_1 : Ada pengaruh faktor A (waktu inkubasi) terhadap karbohidrat yoghurt
 Kesimpulan: $F\text{-Ratio} = 58,8310 > F\text{-Tabel} (F_{0,05;2;18}) = 3,55$; maka H_0 ditolak artinya ada pengaruh faktor A (waktu inkubasi) terhadap karbohidrat yoghurt.
- b. H_0 : Tidak ada pengaruh faktor B (suhu inkubasi) terhadap karbohidrat yoghurt
 H_1 : Ada pengaruh faktor B (suhu inkubasi) terhadap karbohidrat yoghurt
 Kesimpulan: $F\text{-Ratio} = 40,1875 > F\text{-Tabel} (F_{0,05;2;18}) = 3,55$; maka H_0 ditolak artinya ada pengaruh faktor B (suhu inkubasi) terhadap karbohidrat yoghurt.
- c. H_0 : Tidak ada pengaruh faktor C (lama penyimpanan setelah inkubasi) terhadap karbohidrat yoghurt
 H_1 : Ada pengaruh faktor C (lama penyimpanan setelah inkubasi) terhadap karbohidrat yoghurt.
 Kesimpulan: $F\text{-Ratio} = 25,8186 > F\text{-Tabel} (F_{0,05;2;18}) = 3,55$; maka H_0 ditolak artinya ada pengaruh faktor C (lama penyimpanan setelah inkubasi) terhadap karbohidrat yoghurt.
- d. H_0 : Tidak ada pengaruh faktor D (pasteurisasi) terhadap karbohidrat yoghurt
 H_1 : Ada pengaruh faktor D (pasteurisasi) terhadap karbohidrat yoghurt
 Kesimpulan: $F\text{-Ratio} = 19,4215 < F\text{-Tabel} (F_{0,05;2;18}) = 3,55$; maka H_0 diterima artinya tidak ada pengaruh faktor D (pasteurisasi) terhadap karbohidrat yoghurt.

Pada hasil pengujian hipotesis di atas, dapat diketahui bahwa faktor A, B, C dan D memiliki nilai $F\text{-Ratio} > F\text{-Tabel} (F_{0,05} (2;18) = 3,55)$. Sehingga menunjukkan bahwa faktor A, B, C dan D tersebut memberikan pengaruh terhadap karbohidrat yoghurt. Sedangkan untuk nilai persen kontribusi ($Rho\%$) diketahui bahwa faktor yang memiliki persen kontribusi terbesar adalah Faktor A (waktu inkubasi) sebesar 37,73%, selanjutnya diikuti Faktor B (suhu inkubasi) sebesar 25,57%, Faktor C (lama pengendapan setelah inkubasi) sebesar 16,19% dan faktor dengan persen kontribusi terkecil yaitu Faktor D (pasteurisasi) sebesar 12,02%.

Persen kontribusi atau ($Rho\%$) merupakan persentase dari jumlah kuadrat suatu sumber yang sesungguhnya terhadap jumlah kuadrat total (Soejanto, 2009:178). Pada Tabel 4.32 diketahui bahwa $Rho\%$ eror adalah sebesar 4,48% dari jumlah kuadrat total, maka dari itu dapat pula diketahui total persen kontribusi seluruh faktor adalah sebesar 95,52%, Dapat disimpulkan bahwa faktor yang memberikan pengaruh terhadap karbohidrat yoghurt adalah Faktor A (waktu inkubasi), Faktor B (suhu inkubasi), Faktor C (lama pengendapan setelah

inkubasi) dan Faktor D (pasteurisasi) tidak memberikan pengaruh terhadap kualitas karbohidrat yoghurt.

5. Pooling Up

Tahap *Pooling Up* bertujuan untuk menghindari kesalahan (eror) berlebih dalam penelitian. Dalam *Pooling Up* disarankan hanya menggunakan separuh jumlah derajat kebebasan dari *orthogonal array* yang digunakan agar nantinya dapat menghasilkan desain yang kokoh. Pada perhitungan *Analysis of Variance* (ANOVA) sebelumnya, diketahui bahwa F-ratio masing-masing faktor A, B, C dan D > F tabel ($F_{0,05}(2; 18) = 3,35$) yang menunjukkan bahwa faktor tersebut memberikan pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan kualitas karbohidrat yoghurt. Kemudian untuk melakukan *pooling-up* dilakukan terhadap setengah derajat bebas atau dengan batasan kurang dari 50% *error* kontribusi, dimana dari keempat faktor kontrol eksperimen terdapat satu faktor memiliki pengaruh paling kecil yaitu Faktor D (pasteurisasi) sebesar 12,02%, sehingga faktor ini harus di-*pooling up*.

Berikut ini adalah perhitungan untuk *pooling up* faktor A.

$$\begin{aligned} \text{a. } SS(\text{pooled } e) &= SSe + SS_D \\ &= 3,7629 + 8,1201 \\ &= 11,8829 \\ \text{b. } DF(\text{pooled } e) &= DFe + DF_D \\ &= 18 + 2 = 20 \\ \text{c. } MS(\text{pooled } e) &= \frac{SS(\text{pooled } e)}{DF(\text{pooled } e)} = \frac{11,8829}{20} = 0,5941 \end{aligned}$$

Tabel 4.33 dibawah ini merupakan hasil perhitungan ANOVA untuk data variabel yang telah dilakukan *pooling up*.

Tabel 4.33

Analysis of Variance (ANOVA) Nilai Rata-rata *Pooling* Karbohidrat

Sumber	Pooled	DF	SS	MS	F-Rat	SS'	% Kontribusi	F table
Faktor A		2	24.5970	12.2985	20.6995	23.4087	36.53%	3.49
Faktor B		2	16.8023	8.4011	14.1398	15.6140	24.37%	3.49
Faktor C		2	10.7947	5.3973	9.0842	9.6064	14.99%	3.49
Faktor D	Y							
Residual	Y							
Pooled Res		20	11.8829	0.5941	1.0000	15.4478	24.11%	
SSt		26	64.0769	2.4645		64.0769	100.00%	
Mean		1	794.8981					
Total		27	858.9750					

Pengujian hipotesis dan kesimpulan yang diperoleh dari Tabel ANOVA di atas setelah dilakukan *pooling* terhadap faktor D adalah sebagai berikut.

1. H_0 : Tidak ada pengaruh faktor A (waktu inkubasi) terhadap karbohidrat yoghurt
 H_1 : Ada pengaruh faktor A (waktu inkubasi) terhadap karbohidrat yoghurt
 Kesimpulan: $F\text{-Ratio} = 20,6995 > F\text{-Tabel} (F_{0,05} (2;20) = 3,49$; maka H_0 ditolak artinya ada pengaruh faktor A (waktu inkubasi) terhadap karbohidrat yoghurt.
 2. H_0 : Tidak ada pengaruh faktor B (suhu inkubasi) terhadap karbohidrat yoghurt
 H_1 : Ada pengaruh faktor B (suhu inkubasi) terhadap karbohidrat yoghurt
 Kesimpulan: $F\text{-Ratio} = 14,1398 > F\text{-Tabel} (F_{0,05;2;18}) = 3,55$; maka H_0 ditolak artinya ada pengaruh faktor B (suhu inkubasi) terhadap karbohidrat yoghurt.
 3. H_0 : Tidak ada pengaruh faktor C (lama penyimpanan setelah inkubasi) terhadap karbohidrat yoghurt
 H_1 : Ada pengaruh faktor C (lama penyimpanan setelah inkubasi) terhadap karbohidrat yoghurt.
 Kesimpulan: $F\text{-Ratio} = 10,3766 > F\text{-Tabel} (F_{0,05;2;18}) = 3,55$; maka H_0 ditolak artinya ada pengaruh faktor C (lama penyimpanan setelah inkubasi) terhadap karbohidrat yoghurt.
- Pada hasil pengujian hipotesis di atas, dapat diketahui bahwa Faktor A, B dan C memiliki nilai $F\text{-Ratio} > F\text{-Tabel} (F_{0,05} (2;20) = 3,49)$. Sehingga menunjukkan bahwa Faktor A, B dan C memberikan pengaruh terhadap karbohidrat yoghurt. Berdasarkan hasil perhitungan ulang *Analysis of Variance (ANOVA)* yang telah dipooling pada Tabel 4.34 dapat diketahui bahwa faktor-faktor tersebut memberikan pengaruh yang signifikan. Hal itu dapat dilihat pula dari persen kontribusi (*Rho %*) faktor yaitu 75,89%.

Tabel 4.34

Analysis of Variance (ANOVA) Nilai Rata-rata Karbohidrat Setelah Dipooling

Sumber	DF	SS	MS	F-Rat	SS'	% Kontribusi
Faktor A	2	24.5970	12.2985	20.6995	23.4087	36.53%
Faktor B	2	16.8023	8.4011	14.1398	15.6140	24.37%
Faktor C	2	10.7947	5.3973	9.0842	9.6064	14.99%
Pooled Res	20	11.8829	0.5941	1.0000	15.4478	24.11%
SSt	26	64.0769	2.4645		64.0769	100.00%
Mean	1	794.8981				
Total	27	858.9750				

Menurut Belavendram (1995: 255), tidak terdapat faktor yang berpengaruh signifikan hilang dari eksperimen apabila persen kontribusi kurang dari 50% (*error* rendah) maka dapat diasumsikan. Namun apabila persen kontribusi 50% atau lebih (*error* tinggi) maka dapat diasumsikan beberapa faktor yang berpengaruh signifikan telah hilang dan dapat disimpulkan terdapat perhitungan kesalahan atau *error* yang besar dalam eksperimen tersebut. Dari teori tersebut, dapat disimpulkan bahwa eksperimen ini tidak terdapat faktor berpengaruh signifikan yang hilang karena persen kontribusi eror pada hasil perhitungan

ANOVA yang telah dipooling kurang dari 50% yaitu 24,11% dari jumlah kuadrat total dan persentase jumlah kuadrat/persen kontribusi (*Rho%*) dari faktor-faktor berpengaruh signifikan sebesar 75,89%.

4.9.3.2 Perhitungan *Analysis of Variance* (ANOVA) untuk *Signal Noise to Ratio* (SNR) Karbohidrat

Perhitungan nilai *Signal to Noise to Ratio* (SNR) dilakukan untuk mengetahui faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi nilai variansi pada eksperimen ini. SNR yang digunakan dalam penelitian ini yaitu SNR – *Larger the better* yang memiliki karakteristik semakin besar semakin baik. Dalam konsep *Signal to Noise to Ratio* (SNR), menurut Belavendram (1995:507) apapun karakteristik kualitas yang dipilih dalam suatu eksperimen, interpretasi dari SNR selalu ditransformasikan sama yaitu semakin besar nilai SNR maka semakin baik.

Berikut merupakan langkah-langkah pengujian ANOVA untuk nilai *Signal to Noise to Ratio* (SNR).

1. Menghitung nilai *Signal Noise to Ratio* (SNR) masing – masing eksperimen

Berikut ini adalah contoh perhitungan *Signal Noise to Ratio* (SNR) untuk eksperimen pertama.

- a. Menghitung nilai MSD (2-4)

Berikut ini adalah contoh perhitungan MSD pada eksperimen pertama.

$$\text{MSD} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2}$$

$$= \frac{1}{3} \times \left(\frac{1}{4,72^2} + \frac{1}{5,00^2} + \frac{1}{4,89^2} \right) = 0,0422$$

Untuk MSD eksperimen selanjutnya dilakukan dengan perhitungan yang sama.

- b. Menghitung *Signal Noise to Ratio* (SNR) (2-3)

Berikut ini adalah contoh perhitungan *Signal Noise to Ratio* (SNR) pada eksperimen pertama.

$$\eta = -10 \log_{10} \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right]$$

$$\eta_1 = -10 \log_{10} [0,0422] = 13,7432$$

Untuk *Signal Noise to Ratio* (SNR) eksperimen selanjutnya dilakukan dengan perhitungan yang sama. Hasil perhitungan SNR ditunjukkan pada Tabel 4.35:

Tabel 4.35

Hasil Perhitungan *Signal Noise to Ratio* Karbohidrat

Exp	Faktor dan Level Faktor				Replikasi			1/n	$\sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2}$	MSD	SN (LTB)
	A	B	C	D	R1	R2	R3				
1	1	1	1	1	4.72	5.00	4.89	0.33	0.1267	0.0422	13.7432
2	1	2	2	2	4.83	4.59	3.48	0.33	0.1729	0.0576	12.3932
3	1	3	3	3	4.53	4.26	4.28	0.33	0.1584	0.0528	12.7730
4	2	1	2	3	4.93	4.92	4.85	0.33	0.1250	0.0417	13.8032
5	2	2	3	1	8.51	9.40	9.83	0.33	0.0355	0.0118	19.2720
6	2	3	1	2	6.49	5.88	5.87	0.33	0.0817	0.0272	15.6497
7	3	1	3	2	4.24	4.87	4.52	0.33	0.1467	0.0489	13.1059
8	3	2	1	3	6.79	5.29	6.10	0.33	0.0843	0.0281	15.5130
9	3	3	2	1	4.75	4.48	4.20	0.33	0.1508	0.0503	12.9862

2. Setelah penghitungan SNR pada setiap eksperimen, membuat tabel respon faktor yang berpengaruh dari *Signal Noise Ratio* (SNR) parameter karbohidrat

$$\begin{aligned}
 \text{Faktor A dengan level pertama } (\bar{A1}) &= \frac{\sum \text{SNR level 1 pada faktor A}}{3} \\
 &= \frac{13,7432 + 12,3932 + 12,7730}{3} \\
 &= 12,9698
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan faktor lainnya dilakukan dengan cara yang sama. Hasil perhitungannya dapat dilihat pada tabel respon yang ditunjukkan pada Tabel 4.36 :

Tabel 4.36

Tabel Respon *Signal Noise to Ratio* Karbohidrat

Faktor Level	A	B	C	D
1	12.9698	13.5508	14.9686	15.3338
2	16.2417	15.7261	13.0609	13.7162
3	13.8683	13.8030	15.0503	14.0297
Diff	3.2719	2.1753	1.9894	1.6176
Rank	1	2	4	3

Tabel respon rata-rata digunakan untuk mencari level faktor optimal yang mempengaruhi rata-rata nya, sedangkan tabel respon *Signal Noise to Ratio* digunakan untuk mencari level faktor yang mempengaruhi variansinya.

3. Mengolah data dengan ANOVA untuk nilai *Signal Noise to Ratio* (SNR) *Pooled*

- a. Menghitung nilai Jumlah Kuadrat Total atau *Sum of Square* (SS_{total})

$$\begin{aligned}
 SS_{total} &= \sum y^2 \\
 &= 13,7432^2 + 12,3932^2 + 12,7730^2 + \dots + 12,9862^2 \\
 &= 1893,5275
 \end{aligned}$$

- b. Menghitung nilai Jumlah Kuadrat karena Rata-Rata atau *Sum of Square due to Mean* atau (SS_{mean})

$$c. SS_{mean} = n \cdot \bar{y}^2$$

$$d. n = \text{Jumlah eksperimen} = 9$$

$$\begin{aligned}
 e. \quad \bar{y} &= \frac{\text{Total Nilai SNR}}{n} \\
 &= \frac{13,7432 + 12,3932 + 12,7730 + \dots + 12,9862}{9} \\
 &= \frac{129,2394}{9} = 14,3599
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 SS_{\text{mean}} &= 9 \times (14,3599)^2 \\
 &= 9 \times 206,2077 \\
 &= 1855,8689
 \end{aligned}$$

- f. Menghitung nilai Jumlah Kuadrat karena Faktor-Faktor atau *Sum of Square due to Factors* (SS_x)

Berikut ini adalah contoh perhitungan untuk *Sum of Square due to Factors A*

$$\begin{aligned}
 SS_A &= ((\bar{A1})^2 \times n1) + ((\bar{A2})^2 \times n2) + ((\bar{A3})^2 \times n3) - SS_{\text{mean}} \\
 &= (12,9698^2 \times 3) + (16,2417^2 \times 3) + (13,8683^2 \times 3) - 1855,8689 \\
 &= 17,1452
 \end{aligned}$$

Untuk *Sum of Square due to Factors B*, dan *C* dilakukan dengan perhitungan yang sama.

- g. Menghitung nilai Jumlah Kuadrat karena Error yang telah dipooling atau *Sum of Square due to Pooled Error* ($SS_{\text{pooled e}}$)

$$SS(\text{pooled e}) = SST - SS_A - SS_B - SS_C$$

Untuk perhitungan SST adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 SST &= SS_{\text{total}} - SS_{\text{mean}} \\
 &= 1893,5275 - 1855,8689 = 37,6586
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 SS(\text{pooled e}) &= 37,6586 - 17,1452 - 8,4938 - 7,6042 \\
 &= 4,4155
 \end{aligned}$$

- h. Membuat Tabel ANOVA untuk nilai SNR

- 1) Menentukan Derajat Kebebasan untuk masing-masing faktor

Contoh untuk perhitungan derajat kebebasan faktor A adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 DF_A &= (\text{number of levels} - 1) \\
 &= (3 - 1) = 2
 \end{aligned}$$

- 2) Menghitung Derajat Kebebasan Total

$$\begin{aligned}
 DF_T &= (\text{number of experiment} - 1) \\
 &= (9 - 1) = 8
 \end{aligned}$$

- 3) Menghitung Derajat Kebebasan *Pooled e*

$$DF(\text{pooled e}) = DF_T - DF_A - DF_B - DF_C$$

$$= 8 - 2 - 2 - 2 = 2$$

- 4) Menghitung Rata-rata Jumlah Kuadrat atau *Mean Sum of Square (MS)*

Contoh untuk perhitungan *Mean Sum of Square* pada Faktor A (MS_A) adalah sebagai berikut.

$$MS_A = \frac{SS_A}{V_A} \\ = \frac{17,1452}{2} = 8,5726$$

Untuk *Mean Sum of Square* pada faktor B, dan C dilakukan dengan perhitungan yang sama.

Untuk *MS (Pooled e)* dilakukan dengan cara perhitungan seperti berikut.

$$MS(\text{pooled } e) = \frac{SS(\text{pooled } e)}{DF(\text{pooled } e)} = \frac{4,4155}{2} = 2,2077$$

- 5) Menghitung Nilai Rasio F (*F-Ratio*) - *Pooled*

Contoh untuk perhitungan *F-Ratio* pada faktor A setelah dipooling adalah sebagai berikut.

$$F \text{ ratio } A = \frac{MS_A}{MS(\text{pooled } e)} \\ = \frac{8,5726}{2,207} = 3,883$$

Untuk *F-Ratio* pada faktor B, dan C dilakukan dengan perhitungan yang sama.

- 6) Menghitung *Pure Sum of Square* pada masing-masing faktor (SS') - *Pooled*

$$SS' \text{ faktor} = SS \text{ faktor} - (DF \text{ faktor} \times MS(\text{pooled } e))$$

$$SS'_A = SS_A - (DFA \times MS(\text{pooled } e)) \\ = 17,1452 - (2 \times 2,2077) = 12,7297$$

Untuk *Pure Sum of Square* pada faktor B, dan C dilakukan dengan perhitungan yang sama.

Kemudian untuk perhitungan $SS'(\text{pooled } e)$ adalah sebagai berikut.

$$SS'(\text{pooled } e) = SST - SS'_A - SS'_B - SS'_C \\ = 37,6586 - 12,7297 - 4,0783 - 3,1887 \\ = 17,6619$$

- 7) Menghitung *Percent Contribution (Rho%)* masing-masing faktor

Contoh perhitungan *Rho%* untuk faktor A adalah sebagai berikut.

$$\text{Rho \%B} = \frac{SS'_A}{SST} \times 100\%$$

$$= \frac{12,7297}{37,6586} \times 100\% = 33,80\%$$

Tabel 4.37 dibawah ini merupakan hasil perhitungan ANOVA nilai *Signal Noise to Ratio* (SNR) untuk data variabel setelah *pooling up*.

Tabel 4.37

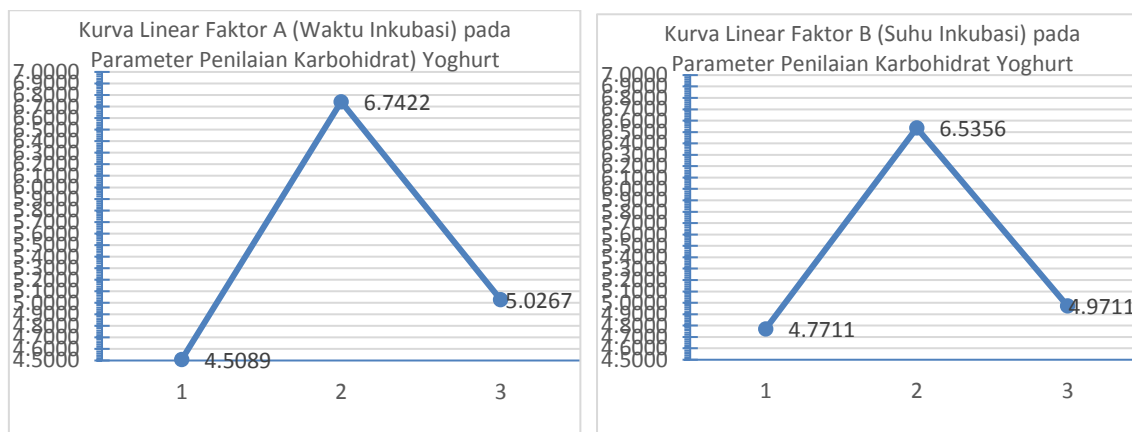
Analysis of Variance (ANOVA) Nilai SNR – Pooling Karbohidrat

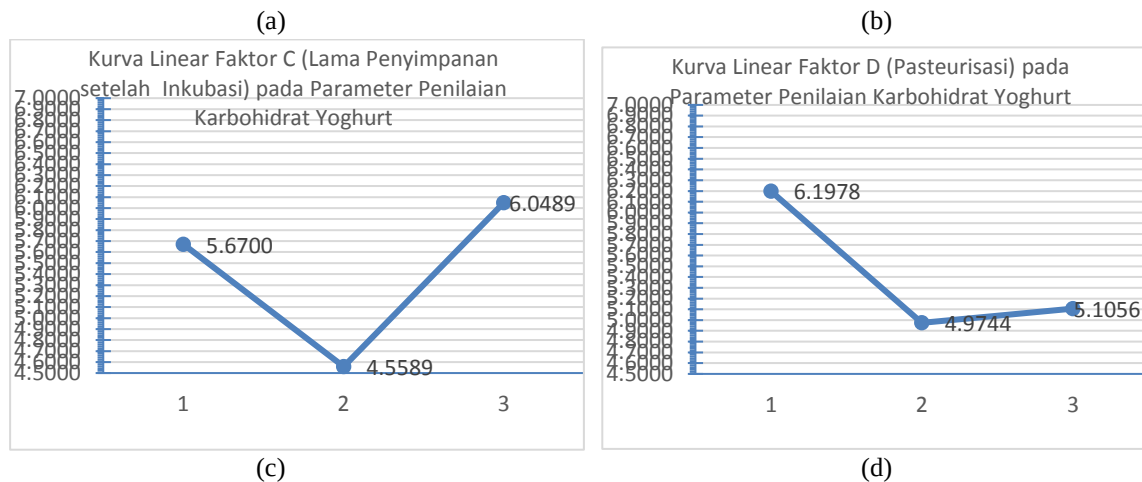
SUMBER	SS	DF	MS	Fratio	SS'	Rho%
A	17.1452	2	8.5726	3.8830	12.7297	33.80%
B	8.4938	2	4.2469	1.9236	4.0783	10.83%
C	7.6042	2	3.8021	1.7222	3.1887	8.47%
pooled e	4.4155	2	2.2077		17.6619	46.90%
SST	37.6586	8			37.6586	100.00%
Mean	1855.8689	1				
SStotal	1893.5275	9				

Berdasarkan hasil perhitungan ANOVA untuk nilai SNR parameter rasa tersebut, dapat diketahui bahwa faktor yang paling berpengaruh dengan kontribusi besar adalah Faktor A selanjutnya Faktor B dan Faktor C.. Dalam metode ini, perhitungan SNR berguna untuk mengoptimalkan faktor yang mempengaruhi variansi. Kemudian pada perhitungan persentase kontribusi ditunjukkan bahwa persen kontribusi *pooled error* adalah sebesar 46,90% yang artinya tidak ada faktor berpengaruh signifikan yang hilang dari eksperimen dan berarti faktor-faktor penting dalam eksperimen tersebut dilibatkan dalam perancangan *robust design*.

4.9.3.3 Penentuan *Setting Level Optimal Karbohidrat*

Karakteristik kualitas yang digunakan untuk penelitian ini adalah *larger the better*. Dimana kualitas yang paling baik adalah dari level faktor yang nilainya paling tinggi. Gambar 4.3 di bawah ini menunjukkan kurva linear faktor-faktor kontrol eksperimen terhadap parameter penilaian karbohidrat yoghurt. Dari gambar tersebut pula dapat ditarik kesimpulan level faktor mana saja yang dapat mempengaruhi kualitas yoghurt.





Gambar 4.3 Kurva linear terhadap parameter penilaian karbohidrat yoghurt dari a) faktor A (waktu inkubasi), b) faktor B (suhu inkubasi), c) faktor C (lama penyimpanan setelah inkubasi), dan d) faktor D (pasteurisasi)

Selanjutnya berikut merupakan perbandingan pengaruh faktor-faktor dari nilai rata-rata dan SNR pada parameter Karbohidrat. Dimana pada tabel di bawah ini level faktor pada perhitungan nilai rata-rata dan nilai SNR menghasilkan level faktor terbaik yang sama. Sehingga dapat diambil kesimpulan dari tabel di atas bahwa kombinasi level faktor yang optimal untuk parameter karbohidrat yoghurt adalah Faktor A Level 2 (Waktu Inkubasi= 8 jam), Faktor B Level 2 (Suhu Inkubasi= 44°C), Faktor D Level 3 (Pasteurisasi= 85°C selama 30 menit) dan Faktor C Level 1 (Lama Penyimpanan setelah Inkubasi= 2 hari).

Tabel 4.38

Tabel Perbandingan Pengaruh Faktor Nilai Rata-rata dan SNR Karbohidrat

Faktor	Rata-rata ($\bar{y}$)		Variansi (σ)		Pengaruh (effect)	Setting Level yang dipilih
	Rank	Level	Rank	Level		
A	1	2	1	2	Berpengaruh dan kontribusi besar	A2
B	2	2	2	2	Berpengaruh dan kontribusi besar	B2
C	4	3	4	3	Berpengaruh dan kontribusi besar	C3
D	3	1	3	1	Berpengaruh dan kontribusi kecil	D1

4.9.3.4 Perkiraan Kondisi Optimal dan Interval Kepercayaan Nilai Karbohidrat

Setelah mengetahui *setting* level optimum, maka tahap selanjutnya yaitu membuat perkiraan kondisi optimal dan interval kepercayaan parameter karbohidrat yoghurt. Perkiraan ini dilakukan dengan cara membandingkan nilai prediksi nilai rata-rata eksperimen dan *signal to noise ratio* (SNR) eksperimen yang diharapkan pada level optimal dengan hasil eksperimen konfirmasi nantinya. Jika nilai prediksi dan hasil eksperimen nilainya hampir sama atau mendekati, maka dapat disimpulkan bahwa rancangan eksperimen *Taguchi* sudah memenuhi syarat eksperimen *Taguchi*. Sedangkan perhitungan interval kepercayaan bertujuan untuk mengetahui perkiraan dari level faktor optimal yang

didapat. Interval kepercayaan merupakan nilai maksimum dan minimum dimana diharapkan nilai rata-rata sebenarnya akan tercakup dengan beberapa persentase kepercayaan tertentu.

Berdasarkan hasil perhitungan *Analysis of Variance* (ANOVA), faktor yang berpengaruh dan memiliki kontribusi besar pada karbohidrat yoghurt adalah Faktor A Level 2 (waktu inkubasi= 8 jam), Faktor B Level 2 (suhu Inkubasi = 44°C) dan Faktor C Level 3 (lama penyimpanan setelah inkubasi = 6 hari). Berikut ini merupakan perhitungan perkiraan kondisi optimal dan interval kepercayaan parameter karbohidrat.

Perkiraan kondisi optimal dan interval kepercayaan untuk nilai rata-rata seluruh data.

- a) Perkiraan kondisi optimal untuk nilai rata-rata seluruh data

Nilai rata-rata seluruh data ($\bar{y}$) = 5,4295

- b) Perhitungan nilai prediksi rata-rata (2-16)

$$\begin{aligned}\mu_{\text{predicted}} &= \bar{y} + (\text{faktor terpilih 1} - \bar{y}) + \dots + (\text{faktor terpilih n} - \bar{y}) \\ &= \bar{y} + (A2 - \bar{y}) + (B2 - \bar{y}) + (D1 - \bar{y}) \\ &= 5,4295 + (6,7422 - 5,4295) + (6,5356 - 5,4295) + (6,1978 - 5,4295) \\ &= 8,6237\end{aligned}$$

- c) Perhitungan interval kepercayaan nilai rata-rata (2-17)

$$CI_{\text{mean}} = \pm \sqrt{\left(F_{\alpha, v1, v2} \times MS_{\text{pooled}} \times \frac{1}{n_{\text{eff}}} \right)}$$

Perhitungan untuk n_{eff} :

$$\begin{aligned}n_{\text{eff}} &= \frac{\text{total number of experiments}}{\text{sum of degree of freedom used in estimate of mean}} \\ &= \frac{9 \times 3}{V_{\mu} + V_A + V_B + V_D} \\ &= \frac{27}{1+2+2+2} = 3,8571\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}CI_{\text{mean}} &= \pm \sqrt{\left(F_{\alpha, v1, v2} \times MS_{\text{pooled}} \times \frac{1}{n_{\text{eff}}} \right)} \\ &= \pm \sqrt{\left(F_{0,05,2,20} \times 0,5941 \times \left[\frac{1}{3,8671} \right] \right)} \\ &= \pm \sqrt{(3,490 \times 0,5941 \times 0,1667)} \\ &= \pm 0,7332\end{aligned}$$

Sehingga interval kepercayaan nilai rata-rata untuk proses optimal yaitu:

$$\mu_{\text{predicted}} - CI_{\text{mean}} \leq \mu_{\text{predicted}} \leq \mu_{\text{predicted}} + CI_{\text{mean}} \quad (2-18)$$

$$8,6237 - 0,7332 \leq \mu_{\text{predicted}} \leq 8,6237 + 0,7332$$

$$7,8905 \leq \mu_{\text{predicted}} \leq 9,3569$$

Berdasarkan hasil perhitungan prediksi kondisi optimum diperoleh nilai $\mu_{\text{predicted}}$ sebesar 8,6237, maka didapatkan bahwa rentang selang kepercayaan yaitu $7,890 \leq \mu_{\text{predicted}} \leq 9,3569$. Apabila nilai eksperimen konfirmasi berada pada batas rentang penilaian karbohidrat tersebut, maka eksperimen Taguchi dapat diterima.

5. Perkiraan kondisi optimal dan interval kepercayaan untuk nilai *signal to ratio* (SNR) seluruh data eksperimen *Taguchi*

- a) Perkiraan kondisi optimal untuk nilai *signal to ratio* (SNR) seluruh data

$$\text{Nilai SNR seluruh data } (\bar{\eta}) = 14,3599$$

- d) Perhitungan nilai prediksi rata-rata

$$\begin{aligned} \mu_{\text{predicted}} &= \bar{\eta} + (\text{faktor terpilih 1} - \bar{\eta}) + \dots + (\text{faktor terpilih n} - \bar{\eta}) \\ &= \bar{\eta} + (A2 - \bar{\eta}) + (B2 - \bar{y}) + (D1 - \bar{y}) \\ &= 14,3599 + (16,2417 - 14,3599) + (15,7261 - 14,3599) + \\ &\quad (15,3338 - 14,3599) \\ &= 8,5817 \end{aligned}$$

- e) Perhitungan interval kepercayaan nilai SNR

$$CI_{\text{SNR}} = \pm \sqrt{\left(F_{\alpha, v1, v2} \times MSpooled \times \frac{1}{n_{\text{eff}}} \right)}$$

Perhitungan untuk n_{eff} :

$$\begin{aligned} n_{\text{eff}} &= \frac{\text{total number of experiments}}{\text{sum of degree of freedom used in estimate of mean}} \\ &= \frac{9 \times 3}{V_{\mu} + V_A + V_B + V_D} \\ &= \frac{9 \times 3}{1+2+2+2} = 3,8571 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} CI_{\text{SNR}} &= \pm \sqrt{\left(F_{\alpha, v1, v2} \times MSpooled \times \frac{1}{n_{\text{eff}}} \right)} \\ &= \pm \sqrt{\left(F_{0,05,2,2} \times 2,2077 \times \left[\frac{1}{3,8571} \right] \right)} \\ &= \pm \sqrt{(19 \times 0,2545 \times 0,1111)} \\ &= \pm 3,2977 \end{aligned}$$

Sehingga interval kepercayaan untuk proses optimal yaitu:

$$\mu_{\text{predicted}} - \text{Cl}_{\text{SNR}} \leq \mu_{\text{predicted}} \leq \mu_{\text{predicted}} + \text{Cl}_{\text{SNR}}$$

$$18,5817 - 3,2977 \leq \mu_{\text{predicted}} \leq 18,5817 + 3,2977$$

$$15,2839 \leq \mu_{\text{predicted}} \leq 21,8794$$

Berdasarkan hasil perhitungan prediksi kondisi optimum diperoleh nilai $\mu_{\text{predicted}}$ sebesar 18,5817 maka didapatkan rentang selang kepercayaan yaitu $15,2839 \leq \mu_{\text{predicted}} \leq 21,8794$. Apabila nilai eksperimen konfirmasi berada pada batas rentang penilaian karbohidrat proksimat tersebut, maka eksperimen Taguchi dapat diterima.

4.10 Eksperimen Konfirmasi

Eksperimen konfirmasi merupakan tahap validasi hasil dari *setting* faktor dan level yang telah dihasilkan pada perhitungan sebelumnya. Dalam melakukan eksperimen konfirmasi penentuan *setting* level terbaik dari faktor-faktor yang signifikan merupakan tugas utama dari eksperimen ini. Untuk faktor-faktor yang mempunyai kontribusi yang kecil tetap dimasukkan dalam eksperimen ini dengan mengambil level yang terbaik. Eksperimen konfirmasi didalamnya terdapat perhitungan rata-rata, *signal to noise ratio*, perkiraan selang kepercayaan dan analisis hasil eksperimen konfirmasi.

Eksperimen konfirmasi dilakukan dengan menggunakan *setting level* optimal yang sudah didapatkan sebelumnya seperti yang terlihat dalam Tabel 4.39:

Tabel 4.39

Setting Level Optimal Eksperimen Konfirmasi

Faktor	Level Parameter Penilaian			Level Konfirmasi
	Protein	Lemak	Karbohidrat	
A	2	2	2	2
B	2	1	2	2
C	1	2	3	2
D	3	3	1	3

Sebelum melakukan eksperimen konfirmasi, perlu menentukan *setting level* yang akan digunakan nantinya. Dari eksperimen sebelumnya telah didapatkan *setting level* untuk setiap parameter penilaian proksimat seperti yang ditunjukkan pada di Tabel 4.39. Dengan beberapa pertimbangan maka dapat disimpulkan bahwa *setting* faktor yang akan dilanjutkan untuk eksperimen konfirmasi yaitu Faktor A2 (waktu inkubasi= 8 jam), Faktor B2 (suhu inkubasi= 44°C), Faktor C2 (lama penyimpanan setelah inkubasi= 4 hari), dan Faktor D3

(pasteurisasi= 85°C selama 8 detik). Berikut merupakan penjelasan dari alasan penentuan faktor-faktor tersebut.

1. Level faktor A yang terpilih dalam ketiga parameter penilaian yaitu Level 2. Sehingga Faktor A Level 2 dipilih sebagai faktor kontrol eksperimen konfirmasi.
2. Level faktor B yang terpilih dalam parameter penilaian yaitu Level 2 dan Level 1. Untuk parameter penilaian protein, dan karbohidrat terpilih Level 2, sedangkan untuk lemak terpilih Level 1. Akan tetapi Level 2 terpilih karena merupakan level faktor yang mendominasi. Sehingga Faktor B Level 2 dipilih sebagai faktor kontrol eksperimen konfirmasi.
3. Level faktor C yang terpilih dari semua parameter penilaian yaitu Level 1, Level 2 dan Level 3. Untuk parameter penilaian protein terpilih Level 1 dengan kondisi berpengaruh dan kontribusi kecil, kemudian untuk penilaian lemak terpilih Level 2 dengan kondisi berpengaruh dan kontribusi besar, dan untuk penilaian karbohidrat terpilih Level 3 dengan kondisi berpengaruh dan kontribusi kecil. Maka Level 2 terpilih karena merupakan level faktor dengan pengaruh dan kontribusi yang besar terhadap parameter. Sehingga Faktor C Level 2 dipilih sebagai faktor kontrol eksperimen konfirmasi.
4. Level faktor D yang terpilih dari masing-masing parameter penilaian yaitu Level 1, dan Level 3 dan kedua Level Faktor memiliki kontribusi yang kecil terhadap parameternya. Tapi untuk Level 3 terpilih sebanyak dua kali yaitu untuk parameter protein dan parameter karbohidrat, sedangkan Level 1 hanya terpilih sekali pada parameter lemak, maka Level 3 terpilih karena merupakan level faktor yang mendominasi. Sehingga Faktor D Level 3 dipilih sebagai faktor kontrol eksperimen konfirmasi.

4.10.1 Eksperimen Konfirmasi Parameter Penilaian Protein

Eksperimen konfirmasi dilakukan dengan tahapan yang sama seperti halnya eksperimen taguchi di bagian awal. Eksperimen konfirmasi ini dilakukan dengan kombinasi faktor dan level faktor hasil eksperimen taguchi.

Eksperimen konfirmasi dilakukan sebanyak 10 kali dan selanjutnya dilakukan pengujian proksimat mengukur kandungan gizi berupa protein, lemak dan karbohidrat pada Yoghurt. Berikut ini merupakan data hasil eksperimen konfirmasi parameter protein.

Tabel 4.40

Data Rata-rata Hasil Eksperimen Konfirmasi Parameter Protein

Eksperimen	Hasil Eksperimen
1	3.11
2	3.14
3	3.19
4	3.18
5	3.13
6	3.11
7	3.16
8	3.16
9	3.13
10	3.11

Selanjutnya dilakukan perhitungan rata-rata yang ditransformasikan ke nilai SNR, perhitungan interval kepercayaan dan membandingkan interval kepercayaan kondisi optimal dengan eksperimen konfirmasi.

1. Perhitungan *signal to noise* (SNR)

a. Menghitung nilai MSD

$$\begin{aligned} \text{MSD} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \\ &= \frac{1}{10} \times \left(\frac{1}{3,11^2} + \frac{1}{3,14^2} + \frac{1}{3,19^2} + \dots + \frac{1}{3,11^2} \right) = 0,1034 \end{aligned}$$

b. Menghitung *Signal Noise to Ratio* (SNR) *larger the better*

$$\begin{aligned} \eta &= -10 \log_{10} \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right] \\ \eta &= -10 \log_{10} [0,1034] = 9,9431 \end{aligned}$$

2. Perhitungan interval kepercayaan eksperimen konfirmasi

a. Interval kepercayaan eksperimen konfirmasi untuk nilai rata-rata (2-19)

$$Cl_{\text{mean}} = \pm \sqrt{\left(F_{\alpha, v1, v2} \times MS \text{ (pooled e)} \times \left[\frac{1}{n_{\text{eff}}} + \frac{1}{r} \right] \right)}$$

$$Cl_{\text{mean}} = \pm \sqrt{\left(F_{0,05,2,24} \times 0,0272 \times \left[\frac{1}{9} + \frac{1}{10} \right] \right)}$$

$$Cl_{\text{mean}} = \pm \sqrt{(3,40 \times 0,0272 \times 0,2111)}$$

$$Cl_{\text{mean}} = \pm 0,1398$$

Sehingga, interval kepercayaan untuk nilai rata-rata eksperimen konfirmasi protein abon jamur adalah

$$\mu_{\text{predicted}} - Cl_{\text{mean}} \leq \mu_{\text{predicted}} \leq \mu_{\text{predicted}} + Cl_{\text{mean}}$$

$$3,1420 - 0,1398 \leq \mu_{\text{predicted}} \leq 3,1420 + 0,1398$$

$$3,0022 \leq \mu_{\text{predicted}} \leq 3,2818$$

Berdasarkan hasil perhitungan prediksi kondisi optimum diperoleh nilai $\mu_{\text{predicted}}$ sebesar 3,2420, nilai tersebut berada pada rentang selang kepercayaan yaitu $3,0022 \leq \mu_{\text{predicted}} \leq 3,2818$ yang artinya penilaian protein uji proksimat tersebut berada pada batas rentang penilaian protein uji proksimat yang optimal.

b. Interval kepercayaan eksperimen konfirmasi untuk *signal to noise ratio* (SNR)

$$CI_{\text{SNR}} = \pm \sqrt{\left(F_{\alpha, v1, v2} \times MS (\text{pooled } e) \times \left[\frac{1}{n_{\text{eff}}} + \frac{1}{r} \right] \right)}$$

$$CI_{\text{SNR}} = \pm \sqrt{\left(F_{0,05,2,6} \times 0,2545 \times \left[\frac{1}{9} + \frac{1}{10} \right] \right)}$$

$$CI_{\text{SNR}} = \pm \sqrt{(5,14 \times 0,3666 \times 0,2111)}$$

$$CI_{\text{SNR}} = \pm 0,6307$$

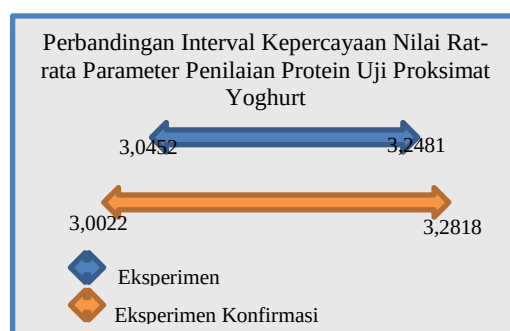
Maka interval kepercayaan eksperimen konfirmasi untuk *signal to noise ratio* (SNR) adalah:

$$\begin{aligned} \mu_{\text{predicted}} - CI_{\text{SNR}} &\leq \mu_{\text{predicted}} \leq \mu_{\text{predicted}} + CI_{\text{SNR}} \\ 9,9431 - 0,6307 &\leq \mu_{\text{predicted}} \leq 9,9431 + 0,6307 \\ 9,3124 &\leq \mu_{\text{predicted}} \leq 10,5738 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan prediksi kondisi optimum diperoleh nilai $\mu_{\text{predicted}}$ sebesar 9,9431, nilai tersebut berada pada rentang selang kepercayaan yaitu $9,3124 \leq \mu_{\text{predicted}} \leq 10,5738$ yang artinya penilaian protein uji proksimat tersebut berada pada batas rentang penilaian protein uji proksimat yang optimal.

3. Membandingkan interval kepercayaan kondisi optimal dan eksperimen konfirmasi

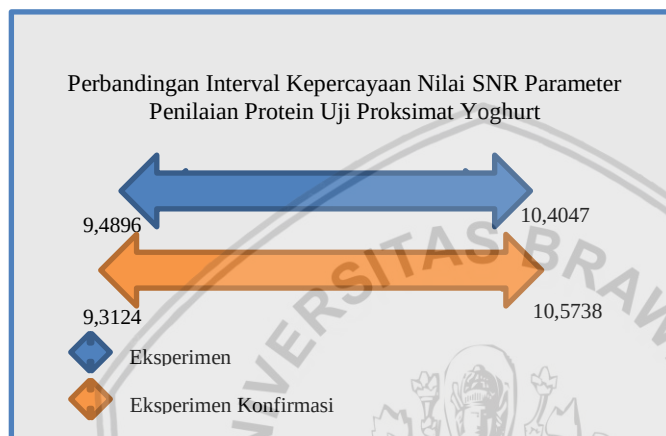
a. Membandingkan interval kepercayaan kondisi optimal dan eksperimen konfirmasi untuk nilai rata-rata.



Gambar 4.4 Perbandingan interval kepercayaan eksperimen konfirmasi dan prediksi pada nilai rata-rata parameter penilaian protein

Berdasarkan Gambar 4.4 menunjukkan bahwa terdapat irisan antara interval kepercayaan eksperimen konfirmasi dan prediksi pada nilai rata-rata parameter penilaian protein. Gambar tersebut menjelaskan bahwa hasil dari eksperimen konfirmasi berada di dalam interval hasil optimal maka keputusan diterima. Sehingga dapat disimpulkan bahwa hasil eksperimen konfirmasi untuk nilai rata-rata dapat diterima dengan pertimbangan selang kepercayaan.

- b. Membandingkan interval kepercayaan kondisi optimal dan eksperimen konfirmasi untuk nilai *signal noise to ratio* (SNR).



Gambar 4.5 Perbandingan interval kepercayaan eksperimen konfirmasi dan prediksi pada nilai SNR parameter penilaian protein

Gambar 4.5 menunjukkan bahwa terdapat irisan antara interval kepercayaan prediksi dan eksperimen konfirmasi pada nilai SNR. Maka dapat disimpulkan bahwa hasil eksperimen konfirmasi untuk nilai SNR diterima dengan pertimbangan selang kepercayaan. Berdasarkan perbandingan interval kepercayaan eksperimen konfirmasi dan prediksi berdasarkan nilai rata-rata maupun SNR, dapat disimpulkan bahwa keputusan diterima. Artinya hasil dari eksperimen *Taguchi* dapat digunakan dan *setting* level telah optimal.

4.10.2 Eksperimen Konfirmasi Parameter Penilaian Lemak

Eksperimen konfirmasi dilakukan dengan tahapan yang sama seperti halnya eksperimen *Taguchi* di bagian awal. Eksperimen konfirmasi ini dilakukan dengan kombinasi faktor dan level faktor hasil eksperimen *Taguchi*.

Eksperimen konfirmasi dilakukan sebanyak 10 kali dan selanjutnya dilakukan pengujian proksimat mengukur kandungan lemak pada Yoghurt. Berikut ini merupakan data hasil eksperimen konfirmasi parameter lemak.

Tabel 4.41

Data Rata-rata Hasil Eksperimen Konfirmasi Parameter Lemak

Eksperimen	Hasil Eksperimen
1	6.52
2	6.72
3	6.15
4	6.48
5	6.46
6	6.87
7	6.33
8	6.50
9	6.59
10	6.71

Selanjutnya dilakukan perhitungan rata-rata yang ditransformasikan ke nilai SNR, perhitungan interval kepercayaan dan membandingkan interval kepercayaan kondisi optimal dengan eksperimen konfirmasi.

1. Perhitungan *signal to noise* (SNR)

a. Menghitung nilai MSD

$$\begin{aligned} \text{MSD} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \\ &= \frac{1}{10} \times \left(\frac{1}{6,52^2} + \frac{1}{6,72^2} + \frac{1}{6,15^2} + \dots + \frac{1}{6,71^2} \right) = 0,0235 \end{aligned}$$

b. Menghitung *Signal Noise to Ratio* (SNR) *larger the better*

$$\begin{aligned} \eta &= -10 \log_{10} \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right] \\ \eta &= -10 \log_{10} [0,0235] = 16,2899 \end{aligned}$$

2. Perhitungan interval kepercayaan eksperimen konfirmasi

a. Interval kepercayaan eksperimen konfirmasi untuk nilai rata-rata (2-19)

$$CI_{\text{mean}} = \pm \sqrt{\left(F_{\alpha, v1, v2} \times MS \text{ (pooled e)} \times \left[\frac{1}{n_{\text{eff}}} + \frac{1}{r} \right] \right)}$$

$$CI_{\text{mean}} = \pm \sqrt{\left(F_{0,05,2,22} \times 0,5927 \times \left[\frac{1}{5,4} + \frac{1}{10} \right] \right)}$$

$$CI_{\text{mean}} = \pm \sqrt{(3,44 \times 0,5927 \times 0,2851)}$$

$$CI_{\text{mean}} = \pm 0,7625$$

Sehingga, interval kepercayaan untuk nilai rata-rata eksperimen konfirmasi lemak abon jamur adalah

$$\begin{aligned} \mu_{\text{predicted}} - CI_{\text{mean}} &\leq \mu_{\text{predicted}} \leq \mu_{\text{predicted}} + CI_{\text{mean}} \\ 6,5300 - 0,7625 &\leq \mu_{\text{predicted}} \leq 6,5300 + 0,7625 \end{aligned}$$

$$5,7700 \leq \mu_{\text{predicted}} \leq 7,2951$$

Berdasarkan hasil perhitungan prediksi kondisi optimum diperoleh nilai $\mu_{\text{predicted}}$ sebesar 6,5300, nilai tersebut berada pada rentang selang kepercayaan yaitu $5,7700 \leq \mu_{\text{predicted}} \leq 7,2951$ yang artinya penilaian lemak uji proksimat tersebut berada pada batas rentang penilaian lemak uji proksimat yang optimal.

c. Interval kepercayaan eksperimen konfirmasi untuk *signal to noise ratio* (SNR)

$$CI_{\text{SNR}} = \pm \sqrt{\left(F_{\alpha, v1, v2} \times MS (\text{pooled } e) \times \left[\frac{1}{n_{\text{eff}}} + \frac{1}{r} \right] \right)}$$

$$CI_{\text{SNR}} = \pm \sqrt{\left(F_{0,05,2,4} \times 6,6468 \times \left[\frac{1}{5,4} + \frac{1}{10} \right] \right)}$$

$$CI_{\text{SNR}} = \pm \sqrt{(6,94 \times 6,6468 \times 0,2111)}$$

$$CI_{\text{SNR}} = \pm 3,6270$$

Maka interval kepercayaan eksperimen konfirmasi untuk *signal to noise ratio* (SNR) adalah:

$$\mu_{\text{predicted}} - CI_{\text{SNR}} \leq \mu_{\text{predicted}} \leq \mu_{\text{predicted}} + CI_{\text{SNR}} \quad (2-20)$$

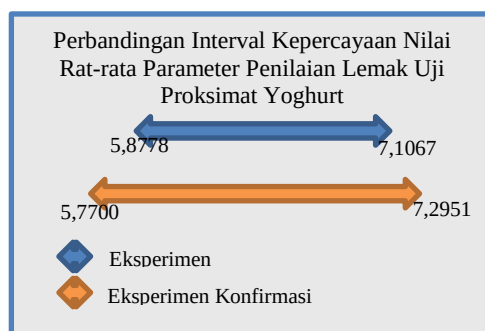
$$16,2899 - 3,6270 \leq \mu_{\text{predicted}} \leq 16,2899 + 3,6270$$

$$12,6628 \leq \mu_{\text{predicted}} \leq 19,9169$$

Berdasarkan hasil perhitungan prediksi kondisi optimum diperoleh nilai $\mu_{\text{predicted}}$ sebesar 16,2899, nilai tersebut berada pada rentang selang kepercayaan yaitu $12,6628 \leq \mu_{\text{predicted}} \leq 19,9169$ yang artinya penilaian lemak uji proksimat tersebut berada pada batas rentang penilaian lemak uji proksimat yang optimal.

3. Membandingkan interval kepercayaan kondisi optimal dan eksperimen konfirmasi

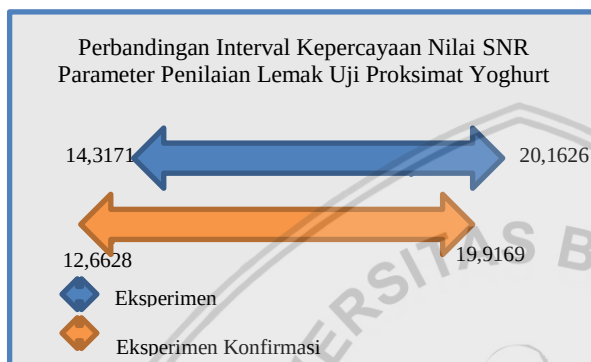
a. Membandingkan interval kepercayaan kondisi optimal dan eksperimen konfirmasi untuk nilai rata-rata.



Gambar 4.6 Perbandingan interval kepercayaan eksperimen konfirmasi dan prediksi pada nilai rata-rata parameter penilaian lemak

Berdasarkan Gambar 4.6 menunjukkan bahwa terdapat irisan antara interval kepercayaan eksperimen konfirmasi dan prediksi pada nilai rata-rata parameter penilaian lemak. Gambar tersebut menjelaskan bahwa hasil dari eksperimen konfirmasi berada di dalam interval hasil optimal maka keputusan diterima. Sehingga dapat disimpulkan bahwa hasil eksperimen konfirmasi untuk nilai rata-rata dapat diterima dengan pertimbangan selang kepercayaan.

- b. Membandingkan interval kepercayaan kondisi optimal dan eksperimen konfirmasi untuk nilai *signal noise to ratio* (SNR).



Gambar 4.7 Perbandingan interval kepercayaan eksperimen konfirmasi dan prediksi pada nilai SNR parameter penilaian lemak

Gambar 4.7 menunjukkan bahwa terdapat irisan antara interval kepercayaan prediksi dan eksperimen konfirmasi pada nilai SNR. Maka dapat disimpulkan bahwa hasil eksperimen konfirmasi untuk nilai SNR diterima dengan pertimbangan selang kepercayaan. Berdasarkan perbandingan interval kepercayaan eksperimen konfirmasi dan prediksi berdasarkan nilai rata-rata maupun SNR, dapat disimpulkan bahwa keputusan diterima. Artinya hasil dari eksperimen *Taguchi* dapat digunakan dan *setting* level telah optimal.

4.10.3 Eksperimen Konfirmasi Parameter Penilaian Karbohidrat

Eksperimen konfirmasi dilakukan dengan tahapan yang sama seperti halnya eksperimen *taguchi* di bagian awal. Eksperimen konfirmasi ini dilakukan dengan kombinasi faktor dan level faktor hasil eksperimen *taguchi*.

Eksperimen konfirmasi dilakukan sebanyak 10 kali dan selanjutnya dilakukan pengujian proksimat mengukur kandungan karbohidrat pada Yoghurt.

Tabel 4.42 merupakan data hasil eksperimen konfirmasi parameter karbohidrat.

Tabel 4.42

Data Rata-rata Hasil Eksperimen Konfirmasi Parameter Karbohidrat

Eksperimen	Hasil Eksperimen
1	8.36
2	8.15
3	8.31
4	8.38
5	8.40
6	7.88
7	7.75
8	7.60
9	7.41
10	7.64

Selanjutnya dilakukan perhitungan rata-rata yang ditransformasikan ke nilai SNR, perhitungan interval kepercayaan dan membandingkan interval kepercayaan kondisi optimal dengan eksperimen konfirmasi.

1. Perhitungan *signal to noise* (SNR)

a. Menghitung nilai MSD

$$\begin{aligned} \text{MSD} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \\ &= \frac{1}{10} \times \left(\frac{1}{8,36^2} + \frac{1}{8,15^2} + \frac{1}{8,31^2} + \dots + \frac{1}{7,64^2} \right) = 0,0158 \end{aligned}$$

b. Menghitung *Signal Noise to Ratio* (SNR) *larger the better*

$$\eta = -10 \log_{10} \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right]$$

$$\eta = -10 \log_{10} [0,0158] = 18,0227$$

2. Perhitungan interval kepercayaan eksperimen konfirmasi

a. Interval kepercayaan eksperimen konfirmasi untuk nilai rata-rata (2-19)

$$Cl_{\text{mean}} = \pm \sqrt{\left(F_{\alpha, v1, v2} \times MS \text{ (pooled e)} \times \left[\frac{1}{n_{\text{eff}}} + \frac{1}{r} \right] \right)}$$

$$Cl_{\text{mean}} = \pm \sqrt{\left(F_{0,05,2,24} \times 0,5941 \times \left[\frac{1}{3,8571} + \frac{1}{10} \right] \right)}$$

$$Cl_{\text{mean}} = \pm \sqrt{(3,49 \times 0,5941 \times 0,3592)}$$

$$Cl_{\text{mean}} = \pm 0,8631$$

Sehingga, interval kepercayaan untuk nilai rata-rata eksperimen konfirmasi karbohidrat abon jamur adalah

$$\mu_{\text{predicted}} - Cl_{\text{mean}} \leq \mu_{\text{predicted}} \leq \mu_{\text{predicted}} + Cl_{\text{mean}}$$

$$7,9881 - 0,8631 \leq \mu_{\text{predicted}} \leq 7,9881 + 0,8631$$

$$7,1250 \leq \mu_{\text{predicted}} \leq 8,8512$$

Berdasarkan hasil perhitungan prediksi kondisi optimum diperoleh nilai $\mu_{\text{predicted}}$ sebesar 7,9881, nilai tersebut berada pada rentang selang kepercayaan yaitu $7,1250 \leq \mu_{\text{predicted}} \leq 8,8512$ yang artinya penilaian karbohidrat uji proksimat tersebut berada pada batas rentang penilaian karbohidrat uji proksimat yang optimal.

b. Interval kepercayaan eksperimen konfirmasi untuk *signal to noise ratio* (SNR)

$$CI_{\text{SNR}} = \pm \sqrt{\left(F_{\alpha, v1, v2} \times MS (\text{pooled } e) \times \left[\frac{1}{n_{\text{eff}}} + \frac{1}{r} \right] \right)}$$

$$CI_{\text{SNR}} = \pm \sqrt{\left(F_{0,05,2,2} \times 2,2077 \times \left[\frac{1}{3,8571} + \frac{1}{10} \right] \right)}$$

$$CI_{\text{SNR}} = \pm \sqrt{(7,71 \times 6,6468 \times 0,3592)}$$

$$CI_{\text{SNR}} = \pm 2,4729$$

Maka interval kepercayaan eksperimen konfirmasi untuk *signal to noise ratio* (SNR) adalah:

$$\mu_{\text{predicted}} - CI_{\text{SNR}} \leq \mu_{\text{predicted}} \leq \mu_{\text{predicted}} + CI_{\text{SNR}} \quad (2-20)$$

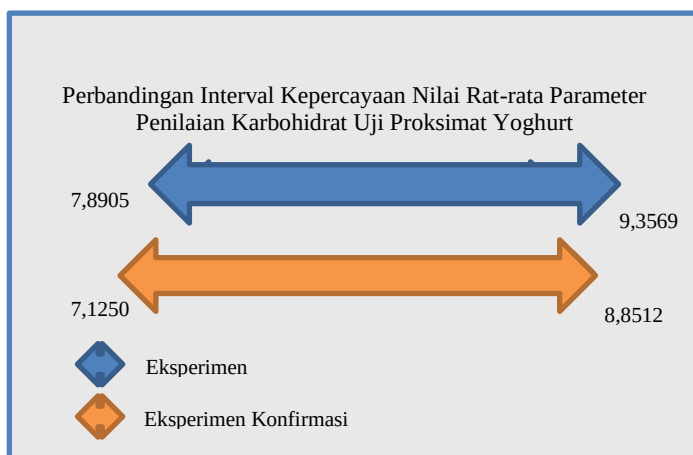
$$18,0227 - 2,4729 \leq \mu_{\text{predicted}} \leq 18,0227 + 2,4729$$

$$15,5498 \leq \mu_{\text{predicted}} \leq 20,4956$$

Berdasarkan hasil perhitungan prediksi kondisi optimum diperoleh nilai $\mu_{\text{predicted}}$ sebesar 18,0227, nilai tersebut berada pada rentang selang kepercayaan yaitu $15,5498 \leq \mu_{\text{predicted}} \leq 20,4956$ yang artinya penilaian karbohidrat uji proksimat tersebut berada pada batas rentang penilaian karbohidrat uji proksimat yang optimal.

9. Membandingkan interval kepercayaan kondisi optimal dan eksperimen konfirmasi

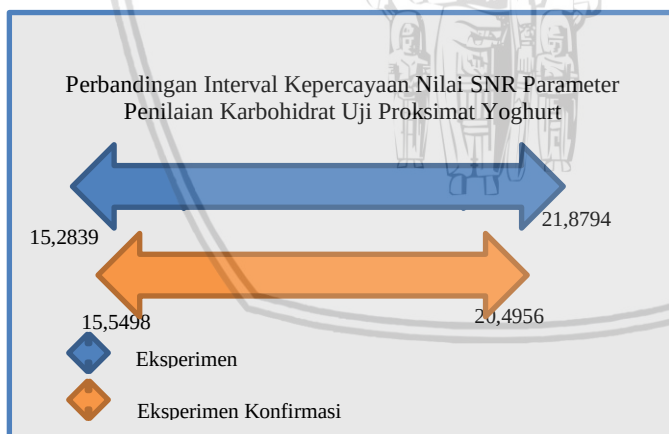
a. Membandingkan interval kepercayaan kondisi optimal dan eksperimen konfirmasi untuk nilai rata-rata.



Gambar 4.8 Perbandingan interval kepercayaan eksperimen konfirmasi dan prediksi pada nilai rata-rata parameter penilaian karbohidrat

Berdasarkan Gambar 4.8 menunjukkan bahwa terdapat irisan antara interval kepercayaan eksperimen konfirmasi dan prediksi pada nilai rata-rata parameter penilaian karbohidrat. Gambar tersebut menjelaskan bahwa hasil dari eksperimen konfirmasi berada di dalam interval hasil optimal maka keputusan diterima. Sehingga dapat disimpulkan bahwa hasil eksperimen konfirmasi untuk nilai rata-rata dapat diterima dengan pertimbangan selang kepercayaan.

- b. Membandingkan interval kepercayaan kondisi optimal dan eksperimen konfirmasi untuk nilai *signal noise to ratio* (SNR).



Gambar 4.9 Perbandingan interval kepercayaan eksperimen konfirmasi dan prediksi pada nilai SNR parameter penilaian karbohidrat

Gambar 4.9 menunjukkan bahwa terdapat irisan antara interval kepercayaan prediksi dan eksperimen konfirmasi pada nilai SNR. Maka dapat disimpulkan bahwa hasil eksperimen konfirmasi untuk nilai SNR diterima dengan pertimbangan selang kepercayaan. Berdasarkan perbandingan interval kepercayaan eksperimen konfirmasi dan prediksi berdasarkan nilai rata-rata maupun SNR, dapat disimpulkan bahwa keputusan diterima. Artinya hasil dari eksperimen *Taguchi* dapat digunakan dan *setting* level telah optimal.

4.11 Parameter Nilai pH

Nilai pH merupakan salah satu parameter pengujian dalam penelitian ini, tujuan dari pengujian nilai pH adalah untuk mengetahui tingkat keasaman dari yoghurt untuk dikonsumsi. Berdasarkan tinjauan pustaka yang diperoleh nilai pH dari yoghurt yang baik untuk dikonsumsi terdapat tiga pandangan yaitu :

- Nilai pH ~4,5 (mendekati 4,5) atau $4,5 \pm 0,5$, menurut *Food Standards Australia New Zeland* yaitu ~4,5 karena pada pH tersebut Bakteri Asam Laktat masih dapat tumbuh dan mampu bertahan hidup untuk melewati lambung, dari Marteau, (1997).
- Nilai pH 3,8-4,6 merupakan komposisi umum dari yoghurt yang baik untuk dikonsumsi yang mengacu pada pernyataan Susilorini dan Sawitri, (2007).
- Nilai pH 4,2-4,6 merupakan nilai pH dari yoghurt yang disukai oleh konsumen, berdasarkan pada pernyataan Hakimi dan Hemmatboland (2014), bahwa konsumen lebih menyukai yoghurt dengan pH pada rentang 4,2-4,6.

Sehingga dapat ditarik kombinasi dari rentang nilai pH tersebut sebagai berikut.

$$3,8 \leq \text{Nilai pH diterima} \leq 5,0$$

Jika Nilai pH yoghurt yang dihasilkan melebihi 5,0 dan kurang dari 3,8 berarti yoghurt tersebut termasuk pada yoghurt yang tidak baik untuk dikonsumsi.

4.11.1 Peninjauan Parameter Nilai pH terhadap Hasil Eksperimen

Pelaksanaan eksperimen taguchi yang dilakukan sebanyak 9 trial dan 3 kali replikasi dilakukan pengukuran terhadap nilai pH dari masing-masing trial tersebut, dan didapat hasil yang dapat dilihat pada Tabel 4.10. berdasarkan hasil tersebut dilakukan peninjauan terhadap pH yoghurt yang baik untuk dikonsumsi yaitu dalam rentang 3,8 – 5,0. Hasil peninjauan nilai pH terhadap penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.43

Tabel 4.43

Peninjauan Nilai pH Terhadap Hasil Penelitian Eksperimen Taguchi

No. Trial	Tabel Penilaian			Rentang pH	Keterangan
	R1	R2	R3		
1	5.24	5.43	5.43	3,8 – 5,0	Tidak
2	4.80	4.87	5.00	3,8 – 5,0	Tepenuhi
3	5.55	5.40	5.78	3,8 – 5,0	Tidak
4	4.32	4.04	3.94	3,8 – 5,0	Tepenuhi
5	4.00	4.33	4.15	3,8 – 5,0	Tepenuhi
6	4.24	4.23	4.46	3,8 – 5,0	Tepenuhi
7	4.43	4.43	4.36	3,8 – 5,0	Tepenuhi
8	3.88	3.83	3.81	3,8 – 5,0	Tepenuhi
9	3.80	4.34	4.10	3,8 – 5,0	Tepenuhi

Dari Tabel 4.43 dapat diidentifikasi bahwa trial 1 dan trial 3 menghasilkan pH yang berada diatas nominal pH yoghurt yang baik untuk dikonsumsi, sedangkan untuk trial lainnya nilai pH berada pada rentang 3,8 – 5,0 yang berarti yoghurt dari hasil trial tersebut baik untuk dikonsumsi. Jika meninjau faktor penyebab dari trial 1 dan 3 menghasilkan pH yang tinggi, keduanya memiliki kesamaan yaitu menggunakan waktu inkubasi level 1 dengan suhu 37°C, kemudian trial lain yang menggunakan waktu inkubasi tersebut adalah trial 2 dan nominal pH yang diperoleh juga mendekati nilai maksimal diterima, sehingga jika ditarik kesimpulan dari kasus ini waktu inkubasi 37°C dapat menghasilkan yoghurt dengan pH diatas nominal yoghurt yang baik untuk dikonsumsi.

4.11.2 Peninjauan Parameter Nilai pH terhadap Eksperimen Konfirmasi

Pelaksanaan eksperimen konfirmasi yang dilakukan sebanyak 10 trial dan dilakukan pengukuran terhadap nilai pH dari masing-masing trial tersebut, kemudian diperoleh hasil yang dapat dilihat pada Tabel 4.44:

Tabel 4.44

Nilai pH Hasil Eksperimen Konfirmasi

Eksperimen	Hasil Eksperimen
1	4.06
2	4.10
3	4.31
4	4.39
5	4.63
6	4.13
7	4.17
8	4.38
9	4.33
10	4.57

Berdasarkan Tabel 4.44 dilakukan peninjaun terhadap pH yoghurt yang baik untuk dikonsumsi yaitu dalam rentang 3,8 – 5,0. Hasil peninjauan nilai pH terhadap penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.45 :

Tabel 4.45

Peninjauan Nilai pH Terhadap Eksperimen Konfirmasi

Eksperimen	Hasil Eksperimen	Rentang pH yang Baik	Keterangan
1	4.06	3,8 – 5,0	Tepenuhi
2	4.10	3,8 – 5,0	Tepenuhi
3	4.31	3,8 – 5,0	Tepenuhi
4	4.39	3,8 – 5,0	Tepenuhi
5	4.63	3,8 – 5,0	Tepenuhi
6	4.13	3,8 – 5,0	Tepenuhi
7	4.17	3,8 – 5,0	Tepenuhi
8	4.38	3,8 – 5,0	Tepenuhi
9	4.33	3,8 – 5,0	Tepenuhi
10	4.57	3,8 – 5,0	Tepenuhi

Dari Tabel 4.45 dapat dilihat nilai pH yoghurt hasil eksperimen konfirmasi berada pada rentang 3,8 – 5,0 yang berarti yoghurt tersebut baik untuk dikonsumsi. Sehingga hasil dari eksperimen konfirmasi telah memenuhi semua parameter pengujian yang dilakukan.

4.12 Analisis dan Pembahasan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan *setting* level faktor yang optimal dari faktor-faktor perlakuan pada proses produksi yoghurt dengan parameter penilaian segi kandungan gizi (protein, lemak dan karbohidrat) dan nilai pH. Parameter nilai pH dari hasil eksperimen berfungsi untuk mengontrol yoghurt hasil eksperimen apakah nilai pH dari hasil eksperimen tersebut masih berada dalam *range* pH yoghurt yang layak untuk dikonsumsi atau tidak, kemudian untuk parameter kandungan gizi menggunakan metode taguchi dengan karakteristik kualitas *larger the better*, dan pengukuran nilai parameter tersebut menggunakan uji proksimat (protein, lemak dan karbohidrat) terhadap yoghurt hasil eksperimen. *Orthogonal array* yang digunakan dalam metode taguchi yaitu $L_9 (3^4)$. Dapat dikatakan bahwa dalam penelitian ini melakukan 9 eksperimen dengan 4 faktor yang dikendalikan dan masing-masing faktor dilakukan dengan 3 level faktor yaitu waktu inkubasi (6 jam, 8 jam dan 12 jam), suhu inkubasi (37°C, 44°C dan 51°C), lama penyimpanan setelah inkubasi (2 hari, 4 hari dan 6 hari) dan pasteurisasi (62°C selama 30 menit, 72°C selama 15 detik dan 85°C selama 8 detik).

Setelah perhitungan ANOVA untuk nilai rata-rata dan nilai *Signal To Noise Ratio* (SNR), hasil menunjukkan bahwa keempat faktor tersebut memberikan pengaruh yang berbeda pada setiap parameter proksimat dan ada faktor yang tidak berpengaruh signifikan terhadap parameter proksimat. Jika ditinjau dari segi parameter faktor tersebut adalah faktor pasteurisasi terhadap parameter protein. Kemudian ada juga faktor yang berpengaruh akan tetapi memiliki persen kontribusi yang kecil terhadap parameter yaitu faktor suhu inkubasi dan lama penyimpanan setelah inkubasi terhadap protein, faktor suhu inkubasi dan pasteurisasi terhadap lemak dan faktor pasteurisasi terhadap karbohidrat. .

Selanjutnya dari hasil tabel respon nilai rata-rata maupun nilai SNR menunjukkan bahwa level faktor yang terpilih sebagai *setting* level optimal adalah Faktor A2 (waktu inkubasi = 8 jam), Faktor B2 (suhu inkubasi = 44°C), Faktor C2 (lama penyimpanan setelah inkubasi = 4 hari), dan Faktor D3 (pasteurisasi = 85°C selama 8 detik). Keputusan tersebut diambil dari hasil perbandingan antara tabel respon nilai rata-rata dan SNR dari setiap parameter penilaian dengan beberapa pertimbangan yang telah dijelaskan sebelumnya.

Level-level faktor tersebut dianggap optimal. Hal itu dapat dilihat dari grafik linearnya, level tersebut merupakan sebagian besar yang mendominasi nilai tertinggi sehingga sesuai dengan karakteristik kualitas *larger the better*. Apabila waktu inkubasi bukan pada 8 jam maka dapat menurunkan kualitas pada semua parameter, sedangkan apabila lama penyipanan lebih cepat atau lebih lama dari 4 hari maka dapat menurunkan kandungan lemak, kemudian apabila suhu inkubasi lebih tinggi atau lebih rendah dari pada 44°C maka dapat menurunkan kandungan dari karbohidrat.

Selanjutnya dilakukan peninjauan terhadap nilai pH dari yoghurt hasil eksperimen. Dari 9 trial yang dilakukan berdasarkan tabel *Orthogonal array* diperoleh bahwa nilai pH dari trial 1 dan trial 3 berada pada *range* nilai pH yoghurt yang tidak baik untuk dikonsumsi (diterima = $3,8 \leq \text{Nilai pH diterima} \leq 5,0$) yaitu > 5 . Jika ditinjau terhadap 3 sumber nilai pH yang digunakan adalah sebagai berikut.

- a) Berdasarkan *Food Standards Australia New Zealand* yang menentukan *range* nilai pH berdasarkan kemampuan BAL dapat bertahan dan berkembang dalam lambung yaitu dengan nilai pH $\sim 4,5$ (mendekati 4,5 dengan interval $\pm 0,5$) pH 4,0-5,0 terdapat 5 trial yang berada diluar *range* nilai tersebut selain trial 1 dan 3 yaitu ; trial 4 R3, trial 8 R1,R2,R3, dan trial 9 R1. Sehingga menurut sumber ini ke-5 trial tersebut menghasilkan yoghurt yang bakterinya tidak dapat berkembang lagi ketika telah berada didalam lambung konsumen.
- b) Berdasarkan komposisi yoghurt secara umum dengan pH 3,8-4,6 terdapat 3 trial yang berada diluar *range* nilai tersebut selain trial 1 dan 3 yaitu ; trial 2 R1,R2,R3. Sehingga ke-3 trial tersebut tidak termasuk pada kategori komposisi yoghurt secara umum bila mengacu pada pernyataan Susilorini dan Sawitri (2007).
- c) Berdasarkan kesukaan konsumen terhadap yoghurt yang mengacu pada pernyataan Hakimi dan Hemmatboland (2014), konsumen lebih menyukai yoghurt dengan pH 4,2-4,6 terdapat 12 trial selain trial 1 dan 3 yang berada diluar *range* dengan kata lain hanya 9 trial yang berada pada *range* nilai pH tersebut yaitu ; trial 4 R1, trial 5 R2, trial 6 R1,R2,R3, trial 7 R1,R2,R3 dan trial 9 R2.

Sehingga yoghurt hasil eksperimen 9 trial 3 replikasi tersebut secara umum telah memenuhi nilai pH yoghurt yang baik untuk dikonsumsi, tapi hanya 1/3 dari keseluruhan yang menghasilkan yoghurt dengan pH yang disukai konsumen.

Selanjutnya untuk trial 1 dan 3 yang nilai pH-nya tidak berada pada *range* pH yoghurt yang baik untuk dikonsumsi memiliki kesamaan dari kedua trial tersebut yaitu sama-sama menggunakan Faktor A level 1 dengan suhu inkubasi 37°, kemudian jika ditinjau dari trial

lain yang menggunakan suhu inkubasi 37°C yaitu trial 2 yang nilai pH nya masih diterima walaupun sudah mendekati atau sama dengan nilai maksimal, sehingga dapat disimpulkan bahwa Faktor A level 1 tersebut potensial menghasilkan yoghurt dengan pH yang cenderung tinggi. Kemudian untuk setting level terpilih yang akan dilakukan eksperimen konfirmasi potensial untuk memperoleh nilai pH yoghurt yang baik untuk dikonsumsi

Selanjutnya dari *setting* faktor dan level yang sudah ditentukan, kemudian digunakan dalam eksperimen konfirmasi untuk memvalidasikannya dengan eksperimen awal. Hal itu dilakukan dengan membandingkan interval kepercayaan dari eksperimen awal dengan eksperimen konfirmasi baik dari nilai rata-rata maupun nilai *Signal Noise To Ratio* (SNR) tiap parameter proksimat.

Tabel 4.46

Interpretasi Hasil Perhitungan Interval Kepercayaan Prediksi dan Optimasi

Parameter Penilaian	Respon		Prediksi	Optimasi
Protein	Eksperimen <i>Taguchi</i>	Rata-rata (μ)	3,1467	3,1467 $\pm$ 0,1014
		Variabilitas (SNR)	9,9472	9,9472 $\pm$ 0,4575
	Eksperimen Konfirmasi	Rata-rata (μ)	3,1420	3,1420 $\pm$ 0,1398
		Variabilitas (SNR)	9,9431	9,9431 $\pm$ 0,6307
Lemak	Eksperimen <i>Taguchi</i>	Rata-rata (μ)	6,4922	6,4922 $\pm$ 0,6145
		Variabilitas (SNR)	17,2399	17,2399 $\pm$ 2,9227
	Eksperimen Konfirmasi	Rata-rata (μ)	6,5325	6,5325 $\pm$ 0,07625
		Variabilitas (SNR)	16,2899	16,2899 $\pm$ 3,6270
Karbohidrat	Eksperimen <i>Taguchi</i>	Rata-rata (μ)	8,6237	8,6237 $\pm$ 0,7332
		Variabilitas (SNR)	18,5817	18,5817 $\pm$ 3,2977
	Eksperimen Konfirmasi	Rata-rata (μ)	7,9881	7,9881 $\pm$ 0,8631
		Variabilitas (SNR)	18,0227	18,0227 $\pm$ 2,4729

Tabel 4.46 menunjukkan hasil selang kepercayaan nilai rata-rata dan SNR pada kondisi optimal maupun pada eksperimen konfirmasi. Sehingga dapat disimpulkan pula bahwa eksperimen konfirmasi penelitian ini dapat diterima karena terdapat irisan dari selang kepercayaan nilai rata-rata dan nilai SNR dengan eksperimen konfirmasi. Dimana hal tersebut membuktikan bahwa eksperimen konfirmasi masih berada pada interval hasil optimal penelitian. Selanjutnya untuk peninjauan terhadap pH yoghurt yang baik untuk dikonsumsi yang mengacu pada 3 sumber, dapat dijabarkan sebagai berikut ;

- Berdasarkan kemampuan BAL dapat bertahan dalam lambung dengan pH 4,0-5,0 semua hasil eksperimen konfirmasi berada pada *range* tersebut.
- Berdasarkan komposisi yoghurt secara umum dengan pH 3,8-4,6 terdapat 1 trial yang berada diluar *range* nilai tersebut yaitu trial 5, sehingga trial 5 tidak memenuhi standar komposisi yoghurt secara umum.

- c) Berdasarkan kesukaan konsumen terhadap yoghurt, konsumen lebih menyukai yoghurt dengan pH 4,2-4,6 dan terdapat 5 trial yang berada diluar *range* tersebut yaitu ; trial 1,2,5,6 dan 7. Yang berarti hanya setengah dari yoghurt hasil eksperimen konfirmasi yang memenuhi nilai pH yoghurt yang disukai oleh konsumen berdasarkan jurnal yang disebutkan diatas.

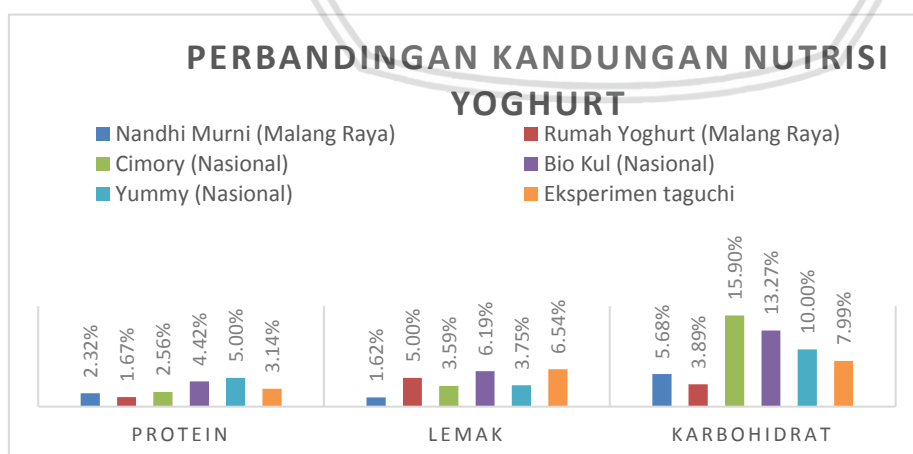
Jika dilakukan peninjauan secara umum dari 10 yoghurt hasil kesperimen konfirmasi semuanya memenuhi *range* nilai pH yoghurt yang baik untuk dikonsumsi berdasarkan gabungan dari 3 sumber tersebut yaitu dengan *range* 3,8-5,0. Sehingga parameter nilai pH juga terpenuhi untuk hasil eksperimen konfirmasi.

Selanjutnya hasil eksperimen ini ditinjau terhadap sampel yoghurt Malang Raya dan sampel yoghurt produksi Nasional yang dipaparkan sebelumnya pada Bab I, untuk melihat posisi yoghurt hasil eksperimen taguchi terhadap sampel tersebut. Perbandingan kandungan gizi yoghurt tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.3 dan Gambar 1.1

Tabel 1.3

Perbandingan Kandungan Gizi Yoghurt Eksperimen Taguchi dengan Sampel Yoghurt Malang Raya dan Yoghurt Produksi Nasional

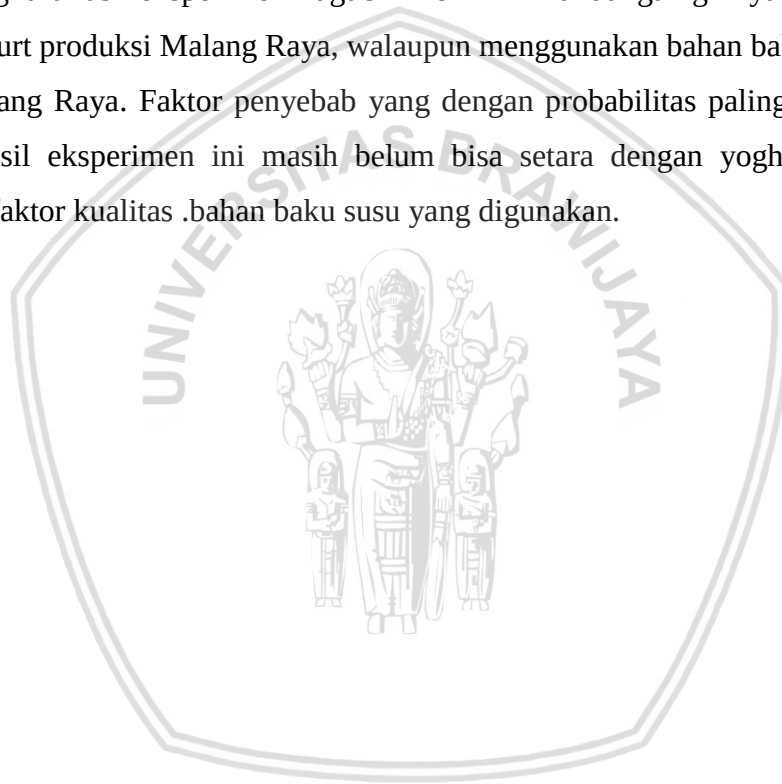
No	Merek Yoghurt	Kandungan Gizi		
		Protein	Lemak	Karbohidrat
1	Nandhi Murni (Malang Raya)	2.32%	1.62%	5.68%
2	Rumah Yoghurt (Malang Raya)	1.67%	5.00%	3.89%
3	Cimory (Nasional)	2.56%	3.59%	15.90%
4	Bio Kul (Nasional)	4.42%	6.19%	13.27%
5	Yummy (Nasional)	5.00%	3.75%	10.00%
6	Eksperimen Taguchi	3.14%	6.54%	7.99%



Gambar 1.1 Perbandingan kandungan gizi yoghurt eksperimen Taguchi dengan sampel yoghurt Malang Raya dan yoghurt produksi Nasional

Dari Tabel 1.3 dan Gambar 1.1 dapat dilihat perbandingan kandungan protein, lemak dan karbohidrat antara yoghurt hasil eksperimen taguchi dengan sampel yoghurt produksi

Malang Raya dan yoghurt produksi Nasional, dimana untuk kandungan protein yoghurt hasil eksperimen taguchi (3,14%) berada diantara sampel yoghurt produksi Nasional dan diatas sampel yoghurt Malang Raya. Tepatnya lebih tinggi dari kandungan protein dari Cimory (2,56%) dan masih dibawah dari Bio Kul dan Yummy (4,42% dan 5,00%). Selanjutnya jika dibandingkan dengan yoghurt produksi Malang Raya yoghurt hasil eksperimen taguchi sudah lebih baik dengan perbandingan 3,14% : 2,32% dan 1,67% . Untuk perbandingan kandungan lemak, hasil eksperimen taguchi memiliki kandungan lemak tertinggi diantara sampel pada Tabel 1.3, sedangkan kandungan karbohidrat yoghurt hasil eksperimen juga lebih baik dari yoghurt produksi Malang Raya dan dibawah dari yoghurt produksi Nasional. Secara umum yoghurt hasil eksperimen Taguchi memiliki kandungan gizi yang lebih baik dari sampel yoghurt produksi Malang Raya, walaupun menggunakan bahan baku susu yang diperoleh di Malang Raya. Faktor penyebab yang dengan probabilitas paling tinggi yang menyebabkan hasil eksperimen ini masih belum bisa setara dengan yoghurt produksi Nasional adalah faktor kualitas .bahan baku susu yang digunakan.



BAB V PENUTUP

Pada bagian penutup akan dijelaskan mengenai kesimpulan dari hasil penelitian dan saran yang diperlukan bagi penelitian selanjutnya.

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pengolahan data dengan metode eksperimen Taguchi dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Faktor-faktor yang terpilih pada penelitian ini adalah sebagai berikut ; a) Faktor Waktu Inkubasi, merupakan durasi yang digunakan untuk memfasilitasi BAL berkembang dalam campuran susu di dalam inkubator, dan durasi tersebut akan berpengaruh terhadap kualitas yoghurt. b) Faktor Suhu Inkubasi, yang digunakan selama inkubasi berpengaruh terhadap perkembangan BAL selama inkubasi, karena perkembangan BAL sangat bergantung pada temperatur lingkungannya. c) Faktor Lama Penyimpanan setelah Inkubasi mempengaruhi kualitas yoghurt, dimana perbedaan waktu penyimpanan setelah inkubasi pada temperatur saat BAL tidak dapat berkembang dapat mempengaruhi kualitas yoghurt. d) Faktor Pasteurisasi sangat menentukan kualitas dari susu, karena pasteurisasi adalah tahap pemanasan susu yang bertujuan untuk membunuh patogen yang terdapat pada susu murni. e) Faktor Suhu Penyimpanan setelah Inkubasi, jika pasca inkubasi yoghurt ditempatkan pada lingkungan dengan suhu tertentu dimana BAL masih bisa berkembang, BAL akan tetap berkembang walaupun telah menjadi yoghurt yang telah melewati masa inkubasi, oleh karena itu penekanan suhu yang diberikan pasca inkubasi dapat mempengaruhi kualitas yoghurt. f) Faktor BAL (Starter), BAL adalah bakteri yang berkembang terhadap susu dan mengubahnya menjadi yoghurt, bakteri yang dapat dijadikan Starter juga ada jenisnya, sehingga perbedaan jenis bakteri yang digunakan dapat mempengaruhi kualitas yoghurt yang dihasilkan. g) Faktor Suhu Penyimpanan BAL sebelum dicampur susu, karena jika perkembangan BAL terus terjadi sampai pada batas tertentu (saat dicampur susu) maka BAL akan membahayakan terhadap susu bahkan tidak bisa dijadikan starter yoghurt.

Pemilihan faktor kontrol produksi yoghurt dilakukan berdasarkan penelitian terdahulu dan diskusi dengan pihak KUD Susu Batu dan Kampung Sapi Adventure (KSA) dengan

pertimbangan bahwa terdapat variasi perlakuan yang dapat diberikan oleh faktor tersebut sehingga perlu dilakukan penelitian untuk menentukan variasi perlakuan terbaik dari faktor tersebut. Dari tujuh variabel yang memiliki kemungkinan berpengaruh terhadap yoghurt didapatkan empat faktor kontrol dan level faktornya, yaitu waktu inkubasi (6 jam, 8 jam dan 12 jam), suhu inkubasi (37°C, 44°C dan 51°C), lama penyimpanan setelah inkubasi (2 hari, 4 hari dan 6 hari) dan pasteurisasi (62°C selama 30 menit, 72°C selama 15 detik dan 85°C selama 8 detik). Pemilihan ini berdasarkan pada studi literatur yang menggunakan faktor tersebut dari penelitian yang serupa dan pengalaman dari pihak KUD Susu Batu dan KSA. Sehingga faktor-faktor tersebut digunakan dalam penelitian ini.

2. *Setting* faktor dan level faktor optimal produksi yoghurt untuk memperoleh kandungan protein, lemak dan karbohidrat yang optimal dilakukan berdasarkan hasil dari tabel respon dan ANOVA data variabel baik untuk nilai rata-rata maupun *Signal Noise to Ratio* (SNR), didapatkan *setting level* optimal dari faktor - faktor terkendali yaitu Faktor A2 (waktu inkubasi = 8 jam), Faktor B2 (suhu inkubasi = 44°C), Faktor C2 (lama penyimpanan setelah inkubasi = 4 hari), dan Faktor D3 (pasteurisasi = 85°C selama 8 detik). Faktor optimal tersebut telah dilakukan validasi dengan eksperimen konfirmasi dan peninjauan nilai pH yoghurt yang baik untuk dikonsumsi. Hasil dari eksperimen konfirmasi rata-rata μ (protein = 3,14%, lemak = 6,54% dan karbohidrat = 7,99%) menunjukkan bahwa rata-rata nilai setiap parameter pengukuran masih berada dalam interval hasil optimal/interval kepercayaan eksperimen *Taguchi* diprediksi yang artinya hasil dari eksperimen *Taguchi* dapat digunakan. Hasil peninjauan nilai pH eksperimen konfirmasi tersebar dalam *range* nilai pH antara 4,06 – 4,63 dan *range* tersebut berada pada *range* pH yoghurt yang baik untuk dikonsumsi yaitu 3,8 – 5,0, sehingga nilai pH dari yoghurt hasil eksperimen konfirmasi tersebut dinyatakan baik untuk dikonsumsi.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan antara lain:

1. Untuk peneliti selanjutnya sebaiknya melakukan penelitian untuk memperoleh susu kualitas optimal terlebih dahulu, agar dapat mengoptimalkan kandungan gizi dari yoghurt, karena kualitas susu yang digunakan sangat berpengaruh terhadap kualitas dari yoghurt yang dihasilkan.
2. Untuk pengusaha yoghurt yang ada di Malang Raya dapat melakukan sosialisasi terkait penggunaan faktor dan level faktor terpilih pada penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Adams, M.R. & Marteau. (1997). "Safety of Lactic Acid Bacteria". *Food. International Journal of Food Microbiology*. Vol. 27: 263-264
- Alesi, T. C., Setyanto, N. W., dan Lukodono, R. P., (2017). "Desain Eksperimen Taguchi pada Abon Jamur". *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri*. Vol. 05 No.07
- Almatsier, S. (2002). *Prinsip Dasar Ilmu Gizi*. Jakarta, PT Gramedia Pustaka Utama.
- Ariani, D.W. (2004). *Pengendalian Kualitas Statistik Pendekatan Kuantitatif dan Manajemen Kualitas*. Yogyakarta, ANDI
- Badan Standardisasi Nasional. (2009). *SNI Yoghurt 2981:2009* . Diperoleh 25 November 2017, dari <http://sisni.bsn.go.id/>
- Badan Standardisasi Nasional. (2011). *SNI Syarat Mutu Susu Segar 3141.1:2011* . Diperoleh 05 Maret 2018, dari <http://sisni.bsn.go.id/>
- Belavendram, N., (1995). *Quality by Design: Taguchi Techniques for Industrial Experimentation*. Prentice-Hall International.
- BSN (Badan Standardisasi Nasional). (1991). *SNI 19-8402-1991 Tentang Kualitas*. Diperoleh 25 November 2017, dari <http://sisni.bsn.go.id/>
- Cherney, D.J.R. (2000). Characterization of forages by chemical analysis. pada: D.I. Given, E. Owen, R.F. E. Axford and H.M. Omed eds. *Forage Evaluation in Ruminant*. Wallingford, CAB International. Hal. 281 – 300.
- Fatsecret Indonesia, (2017). *Kandungan Gizi Plain Yoghurt* . Diperoleh pada tanggal 25 November 2017, dari <https://www.fatsecret.co.id/kalori-gizi/cimory/yogurt-plain/1-porsi/>
- Fardiaz, (1993). *Analisis Mikrobiologi Pangan*. Jakarta, Raja Grafindo Persada.
- Gilliland, S. E., (1985). *Bacterial Starter Cultures for Foods*. Florida, CRC-Press, Inc. Boca Raton.
- Hafsah dan Astriana. (2012). "Pengaruh Variasi Starter Terhadap Kualitas Yoghurt Susu Sapi". *Jurnal Fakultas Sains dan Teknologi*, Vol.13 No 02.
- Hakimi, S., Rohani, J., dan Hemmatboland M., (2014). "Application of Design of Experiments to Homemade Yogurt Production Process". *Jurnal UTM Press* (2014).
- Hartadi, H. S., Reksohadiprodjo, A. D., Tillman, (1997). *Komposisi Bahan Pakan Untuk Indonesia*. Yogyakarta, Gadj Mada University Press.
- Ishmayana, S. (2015). *Pengaruh Konsumsi Yoghurt yang Dibuat dengan Kultur Dua dan Tiga Bakteri Terhadap Kadar Kolesterol Serum Darah Tikus, 'Food Standards Australia New Zealand'* . Diperoleh 16 Mei 2018, dari <https://jurnal.unpad.ac.id/jcena/article/download/9302/4171/>
- Iwasaki, (1994). *Manfaat Yoghurt*. Diperoleh pada tanggal 25 November 2017, dari <http://id.wikipedia.org/wiki/Beras/>

- Jannah, A.M., Legowo, A.M., Pramono, Y.B., Al-Baarri, A.N., dan Abduh, S.B.M. (2014). "Total Bakteri Asam Laktat, pH, Keasaman, Citarasa dan Kesukaan Yoghurt Drink dengan Penambahan Ekstrak Buah Belimbing". *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan* Vol. 3, No. 2.
- Legowo, A. M., S. Mulyani dan Kusrahayu. (2009). *Teknologi Pengolahan Susu*. Semarang, Universitas Diponegoro.
- McDonald, P. (1995). *Animal Nutrition*. 5th Ed. New York, Longman Scientific and Technical.
- Pasaribu, E. (2005). "Pengaruh Temperatur Dalam Pembuatan Yoghurt dari Berbagai Jenis Susu Dengan Menggunakan *Lactobacillus Bulgaricus* dan *Streptococcus Thermophilus*". *Jurnal Agribisnis Peternakan*. Vol. 01 No.03.
- Qraved, (2016). *50% orang Jakarta jadikan Junk-Food sebagai sarapan*. Diperoleh pada tanggal 24 November 2017, dari <https://marketing.co.id/52-orang-jakarta-jadikan-junk-food-alternatif-sarapan/>
- Soejanto, I. (2008), *Desain Eksperimen dengan Metode Taguchi*. Yogyakarta, Graha Ilmu.
- Sugiyono. (2009). *Metode Penelitian Bisnis (Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D)*. Bandung, Alfabeta.
- Susilorini, T. E. dan Sawitri, M. E. (2007). Produk Olahan Susu. 'Komposisi Yoghurt Secara Umum'.. Diperoleh 16 Mei 2018, dari <https://eprints.umm.ac.id/35829/jiptummpg-gdl-dwiwijayan-48023-3-babii.pdf/>
- Winarno, F.G., 1993. *Pangan Gizi Teknologi dan Konsumen*. Jakarta, PT Gramedia Pustaka Utama.
- Winarno, F.G. (2003), *Kimia Pangan dan Gizi*. Jakarta, PT Gramedia Pustaka Utama.
- Winarno, F. G dan I. E. Fernandez. (2007). *Susu dan Produk Fermentasinya*. Bogor, M-Brio Press.
- Yulianawati dan Isworo. (2012). "Perubahan Kandungan Beta Karoten, Total Asam, dan Sifat Sensorik Yoghurt Labu Kuning Berdasarkan Lama Simpan dan Pencahayaan". *Jurnal Pangan dan Gizi*. Vol. 03, No. 38.