

**OPTIMISASI PRODUKSI SYAHFIRA BAKERY DENGAN
MENGUNAKAN METODE *TAGUCHI-PRINCIPAL*
COMPONENT ANALYSIS(PCA)**

SKRIPSI

RODIANI DONGORAN

NIM. 0703163051



**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UIN SUMATERA UTARA MEDAN
MEDAN
2021**

**OPTIMISASI PRODUKSI SYAHFIRA BAKERY DENGAN
MENGUNAKAN METODE *TAGUCHI-PRINCIPAL*
COMPONENT ANALYSIS(PCA)**

SKRIPSI

*Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Merahi Gelar Sarjana Matematika
Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Sumatera Utara*

RODIANI DONGORAN

NIM. 0703163051



**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UIN SUMATERA UTARA MEDAN
MEDAN
2021**

PERSETUJUAN SKRIPSI

Hal : Surat Persetujuan Skripsi

Lamp : -

Kepada Yth.,
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan

Assalamu'alaykum Wr.Wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk, dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi saudara:

Nama : Rodiani Dongoran

Nomor Induk Mahasiswa : 0703163051

Program Studi : Matematika

Judul : Optimisasi Produksi Syahfira Bakery dengan
Menggunakan Metode Taguchi *Principal*
Component Analysis (PCA)

Dapat disetujui untuk segera *dimunaqasyahkan*. Atas perhatian kami ucapkan terimakasih.

Disetujui oleh:

Pembimbing I,

Pembimbing II,

Dr. Sajaratud Dur, M.T.
NIDN. 2013107302

Rina Widvasari, M.Si
NIDN. 0118078801



KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUMATERA UTARA MEDAN
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jl. IAIN No. 1 Medan 20235
Telp. (061) 6615683-6622925, Fax. (061)6615683
Url: <http://saintek.uinsu.ac.id>, E-mail: saintek@uinsu.ac.id

PENGESAHAN SKRIPSI

Nomor: B.137/ST/ST.V.2/PP.01.1/08/2021

Judul : Optimisasi Produksi Syahfira Bakery dengan
Menggunakan Metode Taguchi *Principal*
Component Analysis(PCA)
Nama : Rodiani Dongoran
Nomor Induk Mahasiswa : 0703163051
Program Studi : Matematika
Fakultas : Sains dan Teknologi

Telah dipertahankan di hadapan Dewan Penguji Skripsi Program Studi
Matematika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sumatera Utara Medan dan
dinyatakan **LULUS**.

Pada hari/tanggal : Senin, 29 Maret 2021
Tempat : Ruang Sidang Fakultas Sains dan Teknologi

Tim Ujian Munaqasyah,
Ketua,

Riri Syafitri Lubis, S.Pd, M.Si
NIDN. 2013078401

Dewan Penguji,

Penguji I,

Penguji II,

Dr.Fibri Rakhmawati, M.Si
NIDN. 2011028002

Dr. Ismail Husein, M.Si
NIDN. 2022049101

Penguji III,

Penguji IV,

Dr. Sajaratud Dur, MT.
NIDN. 2013107302

Rina Widayari, M.Si.
NIDN. 0118078801

Mengesahkan,
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sumatera Utara Medan,

Dr. Mhd. Syahnan, MA
NIP.196609051991031002

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Rodiani Dongoran
NIM : 0703163051
Prodi : Matematika
Judul : Optimisasi Produksi Syahfira Bakery dengan
Menggunakan Metode *Taguchi-Principal Component
Analysis* (PCA)

Menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri, kecuali beberapa kutipan dan ringkasan yang masing-masing disebutkan sumbernya. Apabila dikemudian hari ditemukan plagiat skripsi ini maka saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi lainnya sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Hormat Saya,

Rodiani Dongoran
NIM. 0703163051

ABSTRAK

Usaha pembuatan roti merupakan bagian dari industri makanan jadi yang memanfaatkan tepung terigu sebagai bahan baku utama proses produksinya. Kombinasi Metode *Taguchi-Principal Component Analysis* digunakan untuk optimisasi produk roti dengan tujuan mendapatkan kondisi optimal kombinasi antara faktor dan level pada produksi roti. Berdasarkan faktor yang berpengaruh terhadap respon kualitas produksi roti secara signifikan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan metode ini dapat meningkatkan kualitas produksi roti dalam mempengaruhi kekasaran permukaan roti dan laju pengerjaan bahan yang signifikan ialah lama waktu pencampuran dan adonan 40 menit, fermentasi ragi 90 menit, lama waktu pemanggangan 35 menit.

Kata kunci: Produksi roti ,Optimasi, Metode Taguchi, Principal Component Analysis.

ABSTRACT

Bread making business is part of the food industry that uses wheat flour as the main raw material for its production process. The combination of Taguchi-Principal Component Analysis method is used for optimization of bakery products with the aim of obtaining optimal conditions for the combination of factors and levels in bread production. Based on the factors that significantly affect the response to the quality of bread production. The results showed that this method could improve the quality of bread production in influencing the surface roughness of the bread and the significant rate of material processing was 40 minutes of mixing and dough time, 90 minutes of yeast fermentation, 35 minutes of baking time.

Keywords: Bread Production, Optimization, Taguchi Method, Principal Component Analysis

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Wr. Wb

Dengan mengucapkan syukur Alhamdulillah atas rahmat Allah SWT yang telah memberikan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal skripsi guna memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Starata Satu (S1) Fakultas Sains dan Teknologi Prodi Matematika UIN Sumatera Utara Medan.

Dalam penyusunan proposal skripsi ini, penyusun banyak menerima bantuan dan bimbingan yang sangat berharga dari segala pihak baik moril maupun materil. Untuk itu penyusun ingin menyampaikan ucapan terimakasih kepada yang terhormat:

1. Kedua Orang Tua Saya yangtercinta Ayah saya Amil Dongoran dan Ibu saya Normah yang telah membesarkan, mendidik, membimbing, melindungi, memberikan semangat yang tinggi, dan selalu memberikan dukungan kepada penulis, motivasi untuk terus berkarya, doa yang tidak pernah putus danabang saya Hasanul Basri Dongoran, kakak saya Erfina Sari Dongoran, Manja Sari Dongoran, Dede Efriani Dongoran yang selalu menjadi penyemangat.
2. Ibu Dr. Sajaratud Dur, MT Selaku Dosen Pembimbing 1 tugas akhir yang telah sabar tanpa mengenal lelah memberikan bimbingan dan pengarahan dalam penyusunan tugas akhir ini.
3. Ibu Rina Widyasari, M.Si. Selaku Dosen Pembimbing 2 tugas akhir yang telah sabar tanpa mengenal lelah memberikan bimbingan dan pengarahan dalam penyusunan tugas akhir ini.
4. Bapak Prof. Dr. Syahrin Harahap, M.A. selaku Rektor Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan.

5. Bapak Dr. Muhammad Syahnun, M.A. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan.
6. Ibu Dr. Riri Syahfitri Lubis, S.Pd., M.Si selaku Ketua Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sumatera Utara.
7. Ibu Rima Aprilia, M.Si. Selaku Sekretaris Program Studi Matematika, yang telah membantu dan mengarahkan penyusun dalam melakukan penyusunan proposal skripsi ini.
8. Bapak/Ibu Dosen dan para staff pengajar di Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan yang telah memberikan pendidikan dan pengetahuan kepada penyusun.
9. Toko Roti Syahfira Bakery yang telah memberikan ijin dan memberikan bantuan dalam proses pelaksanaan penelitian tugas akhir sehingga dapat berjalan dengan lancar.
10. Keluarga Matematika-2 stambuk 2016, Teman seperjuangan saya selama kurang lebih empat tahun bersama, semoga kita bisa bersama melewati zona aman dan meraih impian kita masing-masing.

Akhirnya kepada semua pihak yang membantu penulisan ini, penulis mengucapkan terima kasih dan hanya Allah SWT yang dapat memberikan balasan atas jasa dan bantuan yang telah diberikan kepada penulis. Semoga bermanfaat bagi yang membaca dan memperluas cakrawala pemikiran, kritik dan saran dibutuhkan untuk penelitian selanjutnya yang lebih baik. Aamiin.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb

Medan, Maret 2021

Penyusun,

Rodiani Dongoran
NIM.0703163051

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL	
LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI	
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	
PENGESAHAN SKRIPSI	
ABSTRAK.....	i
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Optimisasi	6
2.2 Produk.....	6
2.2.1 Proses produksi roti	6
2.3 Kualitas.....	7
2.4 Rancangan Percobaan.....	9
2.5 Metode Taguchi	10
2.6 Orthogonal Array	12
2.7 Karakteristik Kualitas dan <i>Singal to Noise Ratio</i>	13
2.8 <i>Principal Componen Analysis</i> (PCA)	14
2.9 Optimasi Multi-Respon Menggunakan Metode Taguchi dan PCA	16
2.10 <i>Analysis Variance</i> (ANAVA)	18

2.11 Persentase Kontribusi	21
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	23
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	23
3.2 Jenis Penelitian dan Sumber Data.....	23
3.3 Variabel Penelitian	23
3.4 Analisis data yang digunakan	24
3.5 Prosedur Penelitian.....	24
3.6 Alur Penelitian	27
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	28
4.1 Tahap Persiapan	28
4.2 Pemilihan Matriks Orthogonal.....	28
4.3 Signal Noise to Ratio.....	30
4.4 Normalisasi Ratio	32
4.5 Menghitung <i>Principal Component Analysis</i> (PCA).....	35
4.6 Menghitung nilai <i>Multi-response Performance Index</i> (MPI).....	36
4.7 Analisis Varians (ANAVA).....	38
4.8 Pembahasan	49
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	51
5.1 Kesimpulan	51
5.2 Saran.....	51
DAFTAR PUSTAKA.....	52
LAMPIRAN	
CURICULUM VITAE	

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Variabel Faktor Penelitian.....	23
Tabel 4.1 Variabel-variabel yang diteliti.....	28
Tabel 4.2 Matriks Orthogonal tiga taraf.....	28
Tabel 4.3 Penempatan faktor pada Tabel matriks Orthogonal	29
Tabel 4.4 Matriks orthogonal $L_9(3^4)$	29
Tabel 4.5 Data hasil penelitian	30
Tabel 4.6 Perhitungan S/N ratio.....	31
Tabel 4.7 Hasil perhitungan Normalisasi	33
Tabel 4.8 Koefisien Korelasi Pearson	34
Tabel 4.9 Hasil dari PCA.....	34
Tabel 4.10 Principal Component dan MPI	37
Tabel 4.11 Rata-rata Ratio S/N MPI	37
Tabel 4.12 Kombinasi faktor untuk Respon Optimum	38
Tabel 4.13 Hasil Perhitungan ANAVA.....	44
Tabel 4.14 ANAVA Setelah faktor Takaran Air dihilangkan	47

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Diagram Rancangan Penelitian.....	27
Gambar 4.2 Plot Ratio S/N MPI pada masing-masing Level Variabel Proses....	36

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Nilai S/N Ratio pada masing-masing karakteristik respon.....	54
Lampiran 2 Perhitungan Normalisasi pada masing-masing respon.....	57
Lampiran 3 Menghitung <i>Principal Component Analysis</i> (PCA).....	60
Lampiran 4 Surat Balasan Izin Riset.....	62
Lampiran 5 Hasi perhitungan data korelasi	63
Lampiran 6 Gambar wawancara di toko Syahfira Bakery	64
Lampiran 7 Data Produksi Roti Syahfira Bakery pada bln Januari 2021	66

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia memiliki jumlah penduduk yang banyak. Menurut Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2020 jumlah penduduk tercatat 270.203.911 jiwa. dengan jumlah penduduk yang terus meningkat menjadikan usaha dibidang kuliner sangat diminati dan berkembang pesat. Usaha kuliner merupakan usaha yang cukup menjanjikan karena untuk mendirikan usaha ini tidak memerlukan banyak modal dan pangsa pasarnya besar. Hal tersebut mendorong banyak orang untuk memulai bisnis dibidang kuliner(Zayendra, 2016).

Salah satu usaha kuliner yang cukup diminati saat ini adalah usaha pembuatan roti. Usaha pembuatan roti merupakan bagian dari industri makanan jadi yang memanfaatkan tepung terigu sebagai bahan baku utama proses produksinya. Usaha pembuatan roti merupakan salah satu usaha yang berkembang cukup pesat di kota medan dibanding usaha dibidang lainnya. Toko Syahfira bakery merupakan salah satu UKM roti di kota Medan. Awal berdirinya toko Syahfira Bakery pada tahun 2015 sampai dengan sekarang. Ruang lingkup bidang usaha Syahfira Bakery adalah memproduksi roti, donat, dan kue bolu. Roti yang diproduksi dengan beraneka rasa antara lain rasa original, rasa coklat, keju, kelapa, *mocca*, dan lain-lain. Pengusaha dibidang tersebut bermunculan sehingga membuat produsen harus melakukan strategi-strategi untuk menarik pelanggan membeli produknya. Hal ini yang harus diperhatikan oleh suatu usaha agar dapat sukses dalam persaingan untuk menciptakan dan mempertahankan konsumen dengan meningkatkan atau paling tidak mempertahankan kualitas produk agar tercipta kepuasan konsumen(Zayendra, 2016).

Suatu penelitian yang berkaitan dengan rancangan produk dan pengoptimalan proses produksi menjadi hal yang sangat penting untuk dapat meningkatkan produktivitas dan kualitas produk. Kualitas dicapai melalui optimasi desain untuk meminimalkan biaya dalam memperoleh dan mempertahankan posisi persaingan di dunia pasar. Pemanfaatan metode rancangan percobaan pada tahap-tahap tersebut sangat penting untuk meningkatkan kualitas dengan pengoptimalan faktor-faktor yang berpengaruh dalam proses produksi secara keseluruhan (Wulandari, 2016).

Produksi Syahfira Bakery belum diketahui faktor dan level yang mempengaruhi kualitas produksi rotinya. Produksi yang dilakukan perusahaan selama ini hanya berdasarkan pengalaman tanpa adanya perencanaan terlebih dahulu. Sehingga dengan metode Taguchi digunakan untuk menghasilkan kombinasi yang optimal pada faktor dan level untuk meningkatkan produksi roti Syahfira Bakery. Kombinasi Metode Taguchi-*Principal Component Analysis* (PCA) digunakan untuk optimisasi produksi roti. Metode Taguchi hanya mampu untuk optimasi satu respon, sehingga dengan untuk multirespon maka digunakan metode *Principal Component Analysis* (PCA).

Konsep Islam mengajarkan bahwa dalam memberikan layanan dari usaha yang dijalankan baik itu berupa barang atau jasa jangan memberikan yang buruk atau tidak berkualitas, melainkan yang berkualitas kepada orang lain. Hal ini tampak dalam Al-Quran surat As- Saff ayat 10 dan 11, yang menyatakan bahwa:

يٰۤاَيُّهَا الَّذِيْنَ ءَامَنُوْا هَلْ اَدْلٰكُمْ عَلٰى تِجْرَةٍ تَنْجِيْكُمْ مِّنْ عَذَابِ اَلِيْمٍ تُوْمِنُوْنَ بِاللّٰهِ
وَرَسُوْلَةٍ وَتُجٰهِدُوْنَ فِيْ سَبِيْلِ اللّٰهِ بِاَمْوَالِكُمْ وَاَنْفُسِكُمْ ذٰلِكُمْ خَيْرٌ لَّكُمْ اِنْ كُنْتُمْ تَعْلَمُوْنَ

Artinya : Wahai orang-orang yang beriman! Maukah kamu Aku tunjukkan sesuatu perdagangan yang dapat menyelamatkan kamu dari azab yang pedih? Yaitu kamu beriman kepada Allah dan Rasul-Nya dan berjihad di jalan Allah

dengan harta dan jiwamu. Itulah yang lebih baik bagi kamu jika kamu mengetahui.

Maksud ayat diatas dimana pun dan pada zaman apapun hidup, melalui bimbingan rasulullah suatu perdagangan/bisnis dapat menyelamatkan dari azab yang pedih di akhirat, dimana kita beriman kepada Allah dan Rasul-Nya dengan memantapkan, kokoh dan berjihad di jalan Allah, yaitu dengan berusaha sekuat tenaga untuk mengharumkan islam dengan harta dan jiwa hingga mati syaid. Itulah yang lebih baik bagi kamu dalam berbisnis dengan Allah, jika kamu mengetahui, kebaikan dan keuntungan beriman dan berjihad dengan benar.

Menurut Hamid (2017), dengan judul penelitian optimasi multi-respon menggunakan kombinasi metode *Taguchi-Weighted Principal Component Analysis* (WPCA) pada proses bubut material ST 60 sebagai objek penelitian dengan pendinginan *MinimumQuantity Lubrication* (MQL). Rancangan percobaan yang digunakan adalah matriks ortogonal L_{27} . Seting Parameter proses yang ditentukan adalah kecepatan potong, gerak makan, kedalaman potong dan jenis cairan pendingin. Parameter-parameter tersebut masing-masing memiliki 3 level. Kekasaran permukaan memiliki karakteristik respon yang optimal adalah semakin kecil semakin baik dan laju pengerjaan bahan memiliki karakteristik respon semakin besar semakin baik. Penelitian ini menunjukkan bahwa metode ini dapat menurunkan kekasaran permukaan serta meningkatkan laju pengerjaan bahan secara signifikan. Menurut Winarni (2017), dalam penelitiannya, Ia menggunakan metode taguchi yang dikombinasikan dengan metode Gray Relational Analysis dan metode TOPSIS karena metode Taguchi tidak dapat digunakan untuk optimasi dengan satu respon. Penelitian ini menunjukkan bahwa agar sesuai dengan kriteria dengan metode Gray-Taguchi, menunjukkan bahwa kecepatan potong diatur pada 41,7 mm/menit dan laju umpan ditetapkan sebesar 0,22 mm/put, faktor pengabaian tidak signifikan. Sedangkan menurut Mulyadi (2016) Penelitian dengan metode PCA untuk Optimalisasi hasil proses Wire-

Cut EDM juga pernah dilakukan bahwasanyamelaluioptimasi multiple response pada pemotongan materialSKD-11 (HRC 60) sepanjang 15 mm dicapai waktutersingkat 5 menit 21 detik, lebar pemotongantersempit 0,481 mm, kekasaran permukaan palingminimum dalam Ra sebesar 6,0 μm dan MRRmaksimum adalah 13,93(mm^3/mnt).Keempat nilaitersebut diperoleh dengan menetapkan nilai Pulseinterval sebesar 9, electric current sebesar 10, Wirespeed sebesar 5 dan variabel frequency sebesar 80.

Berdasarkan data dan beberapa uraian diatas, bahwa perlunya tindakan yang lebih lanjut dalam optimisasi produksi roti yang berkembang pesat saat ini dengan banyak bermunculan pengusaha dibidang tersebut untuk meningkatkan kualitas produk yang lebih tangguh. Keberadaan Metode*Taguchi-Principal Component Analysis* (PCA) yang dapat memberikan respon optimal dengan faktor dan level yang signifikan. Diharapkan dapat menjadi salah satu metode yang tepat dan lebih akurat untuk mengoptimisasi produksi roti. Oleh karena itu, dilakukan penelitian mengenai **Optimisasi Produksi Roti Syahfira Bakery dengan Menggunakan metode *Taguchi-Principal Component Analysis*(PCA).**

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah dapat dirumuskan bahwa pembuatan Roti yang diminati dengan pangsa pasar yang cukup besar banyak usaha produksi roti yang harus melakukan strategi untuk mengendalikan kualitas produk. Sehingga, perusahaan harus mengantisipasi produksi roti yang lebih tangguh dan berupaya mengoptimalkan rancangan produk serta proses sehingga performansi akhir akan sesuai dengan targe.

1.3 Batasan Masalah

Agar pembahasan dapat diselesaikan dengan baik dan terarah, maka penelitian ini dibatasi sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan di Toko Roti Syahfira Bakery
2. Faktor-faktor yang berpengaruh proses produksi roti yaitu lama pencampuran dan pengadonan, fermentasi ragi, takaran air, lama waktu

pemanggangan, pada masing-masing faktor memiliki 3 level dengan respon optimum kekasaran permukaan roti dan laju pengerjaan bahan

3. Analisis yang dilakukan dengan menggunakan metode *Taguchi-Principal Component Analysis* (PCA)

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan kondisi optimal kombinasi antara faktor dan level pada proses produksi Roti Syahfira Bakery dengan menggunakan metode *Taguchi-Principal Component Analysis* (PCA).

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Bagi peneliti menambah pengetahuan tentang metode *Taguchi-Principal Component Analysis* (PCA)
2. Bagi pembaca sebagai tambahan informasi dan referensi bacaan menggunakan metode *Taguchi-Principal Component Analysis* (PCA) pada permasalahan optimisasi Produksi Roti.
3. Bagi instansi bersangkutan sebagai masukan atau informasi yang bermanfaat bagi Toko Roti Syahfirah Bakery

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Optimisasi

Optimisasi adalah proses penentuan variabel-variabel dengan berbagai keterbatasan untuk memenuhi kriteria. Kriteria umum yang harus dipenuhi adalah biaya atau berat. Akan tetapi kriteria dapat berupa sifat atau rasio sifat yang relevan dengan desain (Hurst, 2006). Optimisasi merupakan suatu teknik yang digunakan dalam pencarian nilai-nilai variabel yang dianggap optimal, efektif, dan efisien untuk mencapai hasil yang diinginkan. Dalam bidang industri, optimisasi menjadi kebutuhan yang penting untuk meningkatkan kualitas suatu produk yang dihasilkan. Proses optimisasi ini dilakukan untuk memperoleh *setting* atau kombinasi *level* (taraf) faktor percobaan yang menghasilkan respon yang optimal, sehingga kualitas dapat meningkat. Optimisasi dapat melibatkan respon tunggal maupun multirespon. Ketika percobaan yang dilakukan melibatkan multirespon, maka seluruh respon tersebut harus dioptimalkan secara simultan (Devi, 2016)

2.2 Produk

Produk merupakan suatu barang atau jasa yang dapat memenuhi dan memuaskan kebutuhan konsumen. Adapun yang dimaksud dengan kualitas produk adalah keseluruhan ciri dari suatu produk yang berpengaruh terhadap kemampuan untuk memuaskan konsumen (Kotler, 2009). Mengenai hal ini beberapa indikator yang mempengaruhi kualitas produk bakery, seperti warna, penampilan, porsi, aroma dan rasa (Japarianto, 2012).

2.2.1 Proses Produksi Roti

Tahapan proses produksi yang dilakukan pada Syahfira Bakery adalah sebagai berikut:

a. Pengadonan

Proses pertama yang dilakukan adalah memasukkan bahan-bahan yang telah ditimbang takarannya, seperti tepung,

mentega, garam, dan air, kedalam mesin pengadonan untuk dicampur/diadon.

b. Pemotongan

Proses selanjutnya adalah membawa adonan ke lokasi pemotongan untuk dipotong-potong. Biasanya dipotong dalam ukuran sedang.

c. Pembentukan

Tiap-tiap adonan yang telah dipotong, selanjutnya ditipiskan dengan menggunakan rol. Proses selanjutnya adalah mengisi adonan yang telah dipres dengan isi yang diinginkan. Misalnya jika ingin membuat roti coklat maka diisi dengan coklat, jika ingin rasa keju diisi dengan keju dan lain-lain. Agar tampilan roti nantinya lebih menarik bagi konsumen, setelah diberi isi dan digulung, roti tersebut perlu diberi bentuk dengan menggunakan cetakan yang tersedia.

d. Fermentasi

Di dalam ruang fermentasi ini, adonan-adonan yang tersusun dalam loyang diuapkan agar mengembang dengan waktu yang telah ditentukan.

e. Pemanggangan

Setelah dilakukan fermentasi, adonan-adonan yang sudah mengembang selanjutnya dimasukkan kedalam mesin pemanggangan. Setelah pemanggangan selesai maka roti tersebut sudah siap untuk di jual.

2.3 Kualitas

Menurut Feigenbaum (1991) Kualitas merupakan karakteristik produk dan jasa yang meliputi *marketing, engineering, manufacture*, dan *maintance*, dimana produk dan jasa tersebut dalam pemakaiannya akan sesuai dengan kebutuhan dan harapan pelanggan. Secara umum dapat dikatakan bahwa kualitas produk atau jasa itu akan dapat diwujudkan bila orientasi seluruh

kegiatan perusahaan atau organisasi tersebut berorientasi pada kepuasan pelanggan (*Customer Satisfaction*)(Ginting, 2007).

Menurut Montgomery (2009) Definisi dari kualitas adalah gambaran keseluruhan dari suatu produk atau pelayanan jasa yang berhubungan dengan kemampuannya untuk memenuhi standar, keinginan, dan harapan konsumen. Kualitas menjadi salah satu hal yang terpenting yang mempengaruhi keputusan dalam memilih produk atau jasa (Wulandari, 2016).

Pengendalian kualitas adalah sistem verifikasi dan penjagaan dari suatu derajat atau tingkat kualitas produk atau proses yang dikehendaki dengan perencanaan seksama, pemakaian peralatan yang sesuai, inspeksi terus menerus dan tindakan korektif bila diperlukan. Tujuan dilakukannya pengendalian kualitas adalah untuk memperbaiki kualitas produk dan menurunkan biaya kualitas secara keseluruhan.

Menurut Mitra (2008) ada dua macam pendekatan dalam pengendalian kualitas yaitu :

1. *On-line Quality Control*

Pengendalian kualitas secara *on-line quality control* adalah usaha-usaha yang berlangsung saat proses produksi sedang berjalan. Usaha-usaha yang termasuk dalam *on-line quality control* adalah pendiagnosaan dan penyesuaian proses, pengontrolan proses, dan inspeksi hasil proses.

2. *Off-line Quality Control*

Pengendalian kualitas secara *off-line quality control* adalah usaha-usaha yang bertujuan mengoptimalkan rancangan proses dan produk sebagai pendukung *on-line quality control*. Salah satu metode pengendalian kualitas off-line adalah metode Taguchi. Metode ini bertujuan untuk menghasilkan produk yang lebih tangguh dan berupaya mengoptimalkan rancangan produk dan proses sehingga performansi akhir akan sesuai dengan target (Ispriyanti, 2016)

Menurut Montgomery (2009), faktor-faktor yang mempengaruhi pengendalian kualitas yang dilakukan perusahaan adalah:

1. Kemampuan proses

Batas-batas yang ingin dicapai harus disesuaikan dengan kemampuan proses yang ada. Tidak ada gunanya mengendalikan suatu proses dalam batas-batas yang melebihi kemampuan atau kesanggupan proses yang ada.

2. Spesifikasi yang berlaku

Hasil produksi yang ingin dicapai harus dapat berlaku, bila ditinjau dari segi kemampuan proses dan keinginan atau kebutuhan konsumen yang ingin dicapai dari hasil produksi tersebut. dapat dipastikan dahulu apakah spesifikasi tersebut dapat berlaku sebelum pengendalian kualitas pada proses dapat dimulai.

3. Tingkat ketidaksesuaian yang dapat diterima

Tingkat pengendalian yang diberikan tergantung pada banyaknya produk yang berada dibawah standar.

4. Biaya kualitas

Tingkat pengendalian dalam menghasilkan produk dengan biaya yang minimal untuk menghasilkan produk yang berkualitas. (Wuryandari, 2016)

2.4 Rancangan Percobaan

Menurut Montgomery (2009), rancangan percobaan adalah suatu tes atau serangkaian tes dengan maksud mengamati dan mengidentifikasi perubahan-perubahan yang dilakukan pada variabel input dari suatu proses. Rancangan percobaan bertujuan untuk memperoleh atau mengumpulkan informasi sebanyak yang diperlukan dan berguna dalam melakukan penelitian dengan persoalan yang akan diteliti yang berkaitan dengan produk, perbaikan produk, penggunaan alat dan lain sebagainya.

Jika suatu percobaan melibatkan banyak faktor dan dengan kombinasi perlakuan percobaan, maka diperlukan biaya, tenaga dan waktu yang besar. Salah satu cara untuk mengurangi banyak pengulangan percobaan adalah dengan rancangan percobaan faktorial. Rancangan ini digunakan untuk menurunkan jumlah kombinasi perlakuan yang besar. Salah satu penggunaan rancangan percobaan faktorial sebagian dijumpai pada metode Taguchi (Zayendra, 2016). Rancangan faktorial digunakan karena kondisi untuk percobaan melibatkan faktor-faktor lain dalam penelitian yang terdiri atas beberapa tingkat, tingkat yang dimaksud yaitu dalam taraf atau level. Dalam suatu percobaan dengan K faktor dengan beberapa tingkat untuk masing-masing faktornya disebut dengan percobaan faktorial n^k (Merdekawati, 2017).

2.5 Metode Taguchi

Metode Taguchi dikembangkan oleh Genechi Taguchi, yang digunakan untuk memperbaiki penerapan *Total Quality Control* di Jepang. Metode Taguchi merupakan metodologi dalam bidang teknik yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses dalam waktu yang bersamaan untuk menekan biaya dan sumber daya seminimal mungkin (Silaban, 2017). Metode ini merupakan suatu metode pengendalian kualitas sebelum proses berlangsung atau sering juga dinamakan *off-quality control*. Metode ini sangat efektif dalam peningkatan kualitas dan juga mengurangi biaya. Rakayasa kualitas yang diusulkan Taguchi bertujuan agar performansi produk/prosesnya tidak sensitif atau tangguh terhadap faktor yang sulit dikendalikan (Zayendra, 2016).

Metode Taguchi merupakan pendekatan yang efisien dengan menggunakan perencanaan percobaan untuk menghasilkan kombinasi faktor atau level yang dapat dikendalikan dengan memperhatikan biaya yang kecil namun tetap memenuhi permintaan konsumen (Wuryandari, 2016)

Taguchi adalah peningkatan kualitas produk dengan mencari faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kualitas, kemudian memisahkan kedalam faktor kendali dan tidak terkendali (*Noise*). Masing-masing dibagi berdasarkan level kemudian dipilih *Orthogonal Array* berdasarkan jumlah faktor dan level yang dipilih. Hasil eksperimen dianalisis dengan *Signal to Noise Ratio*(SNR) dan ANAVA untuk menentukan faktor-faktor dan level faktor yang paling signifikan berpengaruh pada kualitas produk(Hayati, 2018).

Menurut Soejanto (2009), beberapa keunggulan dalam metode taguchi adalah sebagai berikut :

1. Desain eksperimen taguchi lebih efisien, karena memungkinkan untuk melaksanakan penelitian yang melibatkan banyak faktor dan level.
2. Desain eksperimen taguchi memungkinkan diperolehnya suatu proses yang menghasilkan produk yang konsisten dan kokoh terhadap faktor yang tidak dikontrol.
3. Metode taguchi menghasilkan kesimpulan mengenai respon faktor-faktor kontrol yang menghasilkan nilai optimum (Haryanto, 2019).

Liao (2003) mengatakan terdapat tiga tahapan dalam penerapan metode taguchi untuk pengoptimalan suatu produk atau proses yaitu:

1. Rancangan sistem
Rancangan sistem digunakan untuk menyeleksi metode produksi yang baik dalam menyelesaikan proses produksi. Penurunan biaya produksi dan penurunan *noise* adalah pertimbangan utama dalam memilih metode produksi yang baik.
2. Rancangan parameter
Rancangan parameter digunakan untuk mencari faktor atau level yang dapat dikendalikan dan meminimalkan pengaruh

dari faktor *noise*. Hal tersebut dikarenakan pengaturan parameter dengan tujuan untuk menjaga variasi di dalam karakteristik kualitas produk menjadi minimum dengan artian untuk mendekati target yang diinginkan.

3. Rancangan toleransi

Rancangan toleransi adalah efek utama di dalam kualitas produk dalam hubungan kerugian kualitas dan efektifitas penjualan biaya produksi.

Metode Taguchi biasa hanya dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah optimalisasi satu respon. Sedangkan untuk menyelesaikan kasus multirespon dapat digunakan metode taguchi dengan pendekatan dengan metode lain yaitu *Principal Component Analysis* (Liao, 2003)

2.6 *Orthogonal Array*

Orthogonal Array digunakan untuk menganalisis data eksperimen dan digunakan untuk merancang eksperimen yang efisien sehingga dapat menentukan jumlah eksperimen minimal yang dapat memberikan informasi sebanyak mungkin semua faktor yang mempengaruhi parameter. Pemilihan jenis *Orthogonal Array* yang digunakan pada eksperimen tergantung pada jumlah derajat bebas. Penentuan derajat bebas bermaksud untuk melihat berapa minimum banyak percobaan yang dilakukan. Perumusan dapat dilihat sebagai berikut:

$$\text{Derajat bebas} = \sum_{k=1}^n (l_k - 1) \quad (2.1)$$

dengan, $k = 1, 2, \dots, n$

dimana

$l =$ banyak level pada setiap faktor ke- k

banyak nya percobaan yang dipilih dalam *Orthogonal Array* harus lebih besar atau setidaknya sama dengan banyaknya percobaan yang diperoleh dari hasil perhitungan derajat bebas. Penulisan *Orthogonal Array* dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$L_i = (l^k) \quad (2.2)$$

dimana:

i = Banyak eksperimen atau percobaan

l = Banyak level pada setiap faktor

k = Banyak kolom yang juga berarti banyak faktor

(Winarni, 2017).

2.7 Karakteristik Kualitas dan *Signal to Noise Ratio*

Karakteristik kualitas menurut taguchi ada tiga, yaitu *Nominal is the Best*, *Smaller is Better*, dan *Large is Better*. Menurut Belavendram (1995) beberapa tipe karakteristik kualitas S/N Ratio dari respon adalah sebagai berikut:

1. *Nominal is the best*

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

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

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \mu)^2$$
(2.3)

dengan:

n = Banyaknya ulangan dalam tiap eksperimen

y = Nilai pada setiap run

μ = Rata-rata dari setiap run

σ_2 = Deviasi dari setiap run

2. *Smaller is Better*

Karakteristik kualitas dimana semakin rendah nilainya, maka kualitas semakin baik. S/N Ratio untuk karakteristik ini dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut :

$$SNR = -10 \log_{10} \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right] \quad (2.4)$$

3. *Larger is Better*

Karakteristik kualitas dimana semakin besar nilainya, maka kualitas semakin baik. S/N Ratio untuk karakteristik ini dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut :

$$SNR = -10 \log_{10} \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right] \quad (2.5)$$

(Hayati, 2018).

2.8 *Principal Component Analysis*

Menurut Lu, H.S. *et al.*, (2009) *Principal Component Analysis* (PCA) digunakan untuk menaksir nilai pembobot yang sesuai, sehingga beberapa karakteristik yang relatif penting dapat dijelaskan secara tepat dan objektif (Wulandari, 2016). *Principal Component Analysis* (PCA) adalah cara untuk mengidentifikasi pola-pola dalam data berkorelasi, dan mengekspresikan data sedemikian rupa sehingga menyoroiti persamaan dan perbedaan, Johnson dan Wichem (2002). Keuntungan utama dari PCA adalah bahwa sekali pola dalam data telah diidentifikasi, data dapat dikompresi, yaitu dengan mengurangi jumlah dimensi, tanpa banyak kehilangan informasi (Mulyadi, 2016).

Principal Component Analysis atau analisis komponen utama adalah sebuah metode statistika multivariat yang memilih sejumlah kecil komponen untuk menjelaskan varian dari beberapa respon yang asli. Menurut Johnson dan Wichern (2007) *Principal Components Analysis* (PCA) merupakan suatu teknik statistika untuk mentransformasi variabel-variabel asli yang masih

saling berkorelasi atau dengan yang lain menjadi satu set variabel baru yang tidak berkorelasi lagi. Komponen utama merupakan kombinasi linier dari k variabel random X_1, X_2, \dots, X_k dan tergantung pada matriks kovarian Σ atau matriks korelasi ρ . Misalkan vektor random $X^T = [X_1, X_2, \dots, X_k]$ mempunyai matriks kovarian Σ dengan nilai eigen λ dan vektor eigen a dimana $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_k \geq 0$ maka bentuk kombinasi linier sebagai berikut:

$$\begin{aligned} PC_1 &= a_1^T X = a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1k}X_k \\ PC_2 &= a_2^T X = a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \dots + a_{2k}X_k \\ &\vdots \\ PC_k &= a_k^T X = a_{k1}X_1 + a_{k2}X_2 + \dots + a_{kk}X_k \end{aligned} \quad (2.6)$$

dengan

$$Var(PC_j) = a_j^T \Sigma a_j \quad j = 1, 2, \dots, k$$

Menurut Jhonson dan Winchen (2007) komponen utama tidak berkorelasi dan memiliki varian sama dengan nilai eigen dari matriks kovarian Σ . Maka, nilai eigen yang terbesar menggambarkan nilai variansi yang terbesar.

Komponen utama pertama adalah kombinasi linier dari X_1, X_2, \dots, X_k yang dapat menerangkan variansi terbesar.

$$PC_1 = a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1k}X_k = a_1^T X$$

$$Var(PC_1) = a_1^T \Sigma a_1 \text{ dengan } a_1^T a_1 = 1$$

Sedangkan komponen utama kedua adalah kombinasi linier dari X_1, X_2, \dots, X_k yang tidak berkorelasi dengan komponen utama pertama, serta memaksimalkan sisa variansi setelah diterangkan komponen utama pertama.

$$PC_2 = a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \dots + a_{2k}X_k = a_2^T X$$

$$Var(PC_2) = a_2^T \Sigma a_2 \text{ dengan } a_2^T a_2 = 1 \text{ dan } Cov(PC_2, PC_1) = a_2^T \Sigma a_1 = 0$$

Selanjutnya cara yang sama untuk komponen utama ke- j ($j = 1, 2, \dots, k$) sebagai berikut:

$$PC_j = a_{j1}X_1 + a_{j2}X_2 + \dots + a_{jk}X_k = a_j^T X$$

$$Var(PC_j) = a_j^T \Sigma a_j \text{ dengan } a_j^T a_j = 1 \text{ dan } Cov(PC_j, PC_l) = a_j^T \Sigma a_l = 0$$

untuk $l < j$

(Wulandari, 2016).

Menurut Jhonson dan Winchen (2007) ada tiga kriteria dalam pemilihan komponen utama yang digunakan yaitu :

- a) Dipilih nilai eigen yang lebih besar dari satu ($\lambda_i > 1$) Nilai eigen yang mendekati nol dianggap tidak memberikan pengaruh yang penting.
- b) Melihat sudut pada scree plot. Scree plot merupakan plot yang menggambarkan nilai eigen dan menunjukkan perubahan nilai eigen yang besar.
- c) Proporsi variansi yang dianggap cukup untuk mewakili total variansi kumulatif mencapai 70 persen sampai dengan 80 persen (Wulandari, 2016).

2.9 Optimasi Multi Respon Menggunakan Metode Taguchi dan PCA

Pada penelitian ini metode optimasi multirespon yang digunakan adalah metode taguchi yang dikombinasikan dengan metode PCA. Langkah-langkah optimasi adalah sebagai berikut:

1. Penentuan S/N Ratio dari Respon

Karakteristik respon dari MRR adalah *Larger-is-Better* dan SR adalah *Smaller-is-Better*, S/N ratio untuk masing karakteristik respon dihitung mengikuti persamaan sebagai berikut.

Larger is Better :

$$S/N = -10 \log \left[\sum_{i=1}^n \frac{y_i^2}{n} \right] \quad (2.7)$$

Smaller is Better:

$$S/N = -10 \log \left[\sum_{i=1}^n \frac{\left(\frac{1}{y_i^2} \right)}{n} \right] \quad (2.8)$$

2. Normalisasi S/N Ratio

Proses normalisasi data respon adalah proses mengubah nilai respon menjadi nilai yang besarnya antara 0 dan 1. Proses normalisasi juga dilakukan berdasarkan karakteristik kualitas respon. Normalisasi S/N rasio untuk masing karakteristik respon dihitung mengikuti persamaan sebagai berikut.

Larger is Better :

$$X_i^*(k) = \frac{X_i(k) - \min_{\forall k} X_i(k)}{\max_{\forall k} X_i(k) - \min_{\forall k} X_i(k)} \quad (2.9)$$

Smaller is Better :

$$X_i^*(k) = \frac{\max_{\forall k} X_i(k) - X_i(k)}{\max_{\forall k} X_i(k) - \min_{\forall k} X_i(k)}$$

3. Menghitung *Principal Components Analysis (PCA)*

Untuk melakukan PCA, terlebih dahulu dihitung nilai principal component dengan menggunakan persamaan berikut.

$$Z_j = \sum_{i=1}^p a_{ji} Y_i \quad (2.10)$$

$$\sum_{i=1}^p a_{ji}^2 = 1$$

dengan : $j = 1, \dots, k$

a adalah eigen faktor

4. Menghitung nilai *Multi-Response Performance Index (MPI)*

Menghitung nilai *Multi-Response Performance Index (MPI)* dengan menggunakan persamaan berikut.

$$MPI = \sum_{j=1}^k W_j Z_j, \quad (2.11)$$

dengan : W adalah akuntabilitas proporsi yang digunakan sebagai bobot prioritas individual.

2.10 Analisis Variance (ANOVA)

Analisis ragam pada metode taguchi digunakan sebagai metode statistik untuk menginterpretasikan data hasil percobaan. Analisis ragam adalah teknik perhitungan yang memungkinkan secara kuantitatif mengestimasi kontribusi dari setiap faktor pada semua pengukuran respon (Zayendra, 2016).

Menurut Vivin (2013) tujuan utama dari ANOVA adalah untuk mengetahui parameter secara signifikan yang dipengaruhi terhadap respon atau tidak (Wulandari, 2016). ANOVA atau analisis varian, digunakan untuk mencari besarnya pengaruh setiap parameter kendali terhadap suatu proses. Besarnya efek tersebut dapat diketahui dengan membandingkan nilai *Sum of Square* dari suatu parameter kendali terhadap seluruh parameter kendali. Langkah perhitungan ANOVA sebagai berikut:

1) Jumlah Kuadrat Faktor (SS_{X_1})

$$SS_X = \left[\sum_{i=1}^{K_A} \left(\frac{X_{1i}^2}{n_{A_i}} \right) \right] - \frac{T^2}{N} \quad (2.12)$$

dimana:

SS_{X_1} = Jumlah kuadrat faktor X_1

X_{1i} = Level ke i dari faktor ke X_1

K_{X_1} = Jumlah level faktor X_1

n_{X_i} = Jumlah eksperimen level ke i dari faktor X_1

T = Jumlah data keseluruhan
 N = Jumlah total eksperimen

2) Jumlah kuadrat faktor X_2 (SS_{X_2})

$$SS_{X_2} = \left[\sum_{i=1}^{K_{X_2}} \left(\frac{X_{2i}^2}{n_{X_2i}} \right) \right] - \frac{T^2}{N} \quad (2.13)$$

dimana:

SS_{X_2} = Jumlah kuadrat faktor X_2
 X_{2i} = Level ke i dari faktor ke X_2
 K_{X_2} = Jumlah level faktor X_2
 n_{X_2i} = Jumlah eksperimen level ke i dari faktor X_2
 T = Jumlah data keseluruhan
 N = jumlah total eksperimen

3) Jumlah kuadrat faktor X_3 (SS_{X_3})

$$SS_{X_3} = \left[\sum_{i=1}^{K_{X_3}} \left(\frac{X_{3i}^2}{n_{X_3i}} \right) \right] - \frac{T^2}{N} \quad (2.14)$$

dimana:

SS_{X_3} = Jumlah kuadrat faktor X_3
 X_{3i} = Level ke i dari faktor X_3
 K_{X_3} = Jumlah level faktor X_3
 n_{X_3i} = Jumlah eksperimen level ke i dari faktor X_3
 T = Jumlah data keseluruhan
 N = Jumlah total eksperimen

4) Derajat Kebebasan (DK)

$$DK = (b - 1) \quad (2.15)$$

dimana:

DK = Derajat Kebebasa

b = Banyak level yang diteliti

5) Rata-rata kuadrat faktor X_1

$$MS_{X_1} = \frac{SS_{X_1}}{DK_{X_1}} \quad (2.16)$$

dimana:

MS_{X_1} = Rata-rata kuadrat faktor X_1

SS_{X_1} = Jumlah kuadrat faktor X_1

DK_{X_1} = Derajat Kebebasan faktor X_1

6) Rata-rata kuadrat faktor X_2

$$MS_{X_2} = \frac{SS_{X_2}}{DK_{X_2}} \quad (2.17)$$

dimana:

MS_{X_2} = Rata-rata kuadrat faktor X_2

SS_{X_2} = Jumlah kuadrat faktor X_2

DK_{X_2} = Derajat Kebebasan faktor X_2

7) Rata-rata kuadrat faktor X_3

$$MS_{X_3} = \frac{SS_{X_3}}{DK_{X_3}} \quad (2.18)$$

dimana:

MS_{X_3} = Rata-rata kuadrat faktor X_3

SS_{X_3} = Jumlah kuadrat faktor X_3

DK_{X_3} = Derajat Kebebasan faktor X_3

8) Jumlah kuadrat total (SS_T)

$$SS_T = \sum_{i=1}^N Y_i^2 \quad (2.19)$$

dimana:

SS_T = Jumlah kuadrat total

N = Jumlah total eksperimen

T = Rata-rata data yang diperoleh dari eksperimen ke i

9) Jumlah Kuadrat Error (SS_e)

$$\begin{aligned} SS_{faktor} &= SS_{X_1} + SS_{X_2} + SS_{X_3} \\ SS_e &= SS_T - SS_{faktor} \end{aligned} \quad (2.20)$$

dimana:

SS_{faktor} = Jumlah kuadrat seluruh kuadrat

SS_e = Jumlah kuadrat error

(Haryanto, 2019).

2.11 Persentase Kontribusi

Ross (1996) Persentase kontribusi adalah sebuah fungsi dari jumlah kuadrat (*sum of square*) untuk setiap item yang signifikan. Persentase kontribusi mengindikasikan kekuatan relatif dari sebuah faktor atau interaksi untuk mengurangi keragaman. Jika taraf faktor atau interaksi dikontrol dengan tepat, maka keragaman total dapat dikurangi dengan menggunakan jumlah yang diindikasikan melalui persentase kontribusi.

Rumus menghitung persentase kontribusi setiap faktor :

$$\begin{aligned} SS'_{X_1} &= SS_X - (MS_{error} \times db_{X_1}) \\ P_{X_1} &= \frac{SS'_{X_1}}{SS_T} \times 100\% \end{aligned} \quad (2.21)$$

dimana :

SS'_{X_1} = Jumlah kuadrat asli untuk faktor X_2

SS_{X_1} = Jumlah kuadrat dari faktor X_2

MS_{error} = Jumlah rata-rata kuadrat error

db_a = Derajat bebas faktor A

SS_T = Jumlah kuadrat total

P = Persen kontribusi

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan 12 bulan dan tempat penelitian ini dilakukan di Toko Roti Syahfira Bakery di Jl.Ibrahim Umar No.18, Sei Kera Hilir, Kec. Medan Perjuangan, Kota Medan, Sumatera Utara.

3.2 Jenis Penelitian dan Sumber Data

Jenis penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah penelitian kuantitatif dengan desain eksperimen yang digunakan untuk mengetahui pengaruh variabel bebas terhadap variabel respon dalam kondisi yang terkendalikan. Penelitian ini mengambil faktor yang berpengaruh terhadap produksi roti Syahfira Bakery yaitu lama waktu adonan, fermentasi ragi, lama waktu pemanggangan, dan takaran air dengan respon kekasaran permukaan roti dan laju pengerjaan bahan.

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder. Data sekunder ialah data yang diperoleh atau dikumpulkan oleh perusahaan. Data ini bersumber dari perusahaan Syahfira Bakery.

3.3 Variabel Penelitian

Variabel yang diteliti yaitu faktor-faktor yang berpengaruh terhadap proses produksi roti yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari dan kemudian ditarik kesimpulannya. Dalam studi kasus ini digunakan empat faktor pada **Tabel 3.1** masing-masing faktor tersebut tiga level.

Tabel 3.1 Variabel Faktor Penelitian

Faktor kontrol	Level		
	1	2	3
Lama waktu pencampuran dan pengadonan	20	40	60
Fermentasi ragi	45	90	135
Lama pemanggangan	35	70	105
Takaran air	650	1500	2150

Dalam studi kasus ini digunakan dua variabel respon yaitu:

1. Kekasaran Permukaan roti
Memiliki karakteristik respon yang optimal adalah semakin kecil semakin baik *Smaller-is- Better*.
2. Laju Pengerjaan Bahan
Memiliki karakteristik respon semakin besar semakin baik *Larger-is- Better*.

3.4 Analisis Data yang digunakan

3.4.1 Orthogonal Array untuk menentukan jumlah eksperimen minimal yang dapat memberikan informasi sebanyak mungkin pada faktor yang mempengaruhi parameter

3.4.2 Software yang digunakan

Software yang digunakan dalam penyusunan tugas akhir ini menggunakan Software Microsoft Excel dan Minitab.

3.5 Prosedur Penelitian

Langkah- langkah (prosedur) yang akan dilakukan dalam penelitian ini sebagai berikut:

I. Pengambilan data

Untuk penelitian ini data yang dibutuhkan adalah :

- a. Lama pencampuran dan pengadonan (menit)
- b. Fermentasi ragi (menit)
- c. Takaran air (ml)
- d. Lama waktu pemanggangan (menit)

II. Analysis Data

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kombinasi optimal tiap faktor-faktor yang berpengaruh dalam proses produksi roti. Data yang dibutuhkan yaitu:

a. Pengumpulan Data

Peneliti mencatat semua data secara obyektif dan apa adanya sesuai dengan hasil observasi dan dokumen (*Schedule*) dari lapangan. Dalam melakukan analisis terhadap data yang sudah diperoleh dilakukan dengan pengkajian data-data berdasarkan teori yang ada khususnya yang berkaitan dengan metode *Taguchi-Principal Component Analysis* (PCA) untuk menentukan kombinasi optimum produksi roti.

b. Metode Taguchi merupakan metodologi dalam bidang teknik yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses dalam waktu yang bersamaan untuk menekan biaya dan sumber daya seminimal mungkin.

c. Ortogonal Array untuk merancang eksperimen yang efisien sehingga dapat menentukan jumlah eksperimen minimal yang dapat memberikan informasi sebanyak mungkin semua faktor yang mempengaruhi parameter.

d. Menghitung Karakteristik Kualitas dan *Signal to Noise Ratio (S/N Ratio)*

1. *Nominal is the best*

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

2. *Smaller is Better*

Karakteristik kualitas dimana semakin rendah nilainya, maka kualitas semakin baik.

3. *Larger is Better*

Karakteristik kualitas dimana semakin besar nilainya, maka kualitas semakin baik.

III. Pengolahan Data

Optimasi Multi Respon Menggunakan Metode Taguchi dan PCA

a) Penentuan S/N Ratio dari Respon

Karakteristik respon dari MRR adalah *Larger-is-Better* dan SR adalah *Smaller-is- Better*.

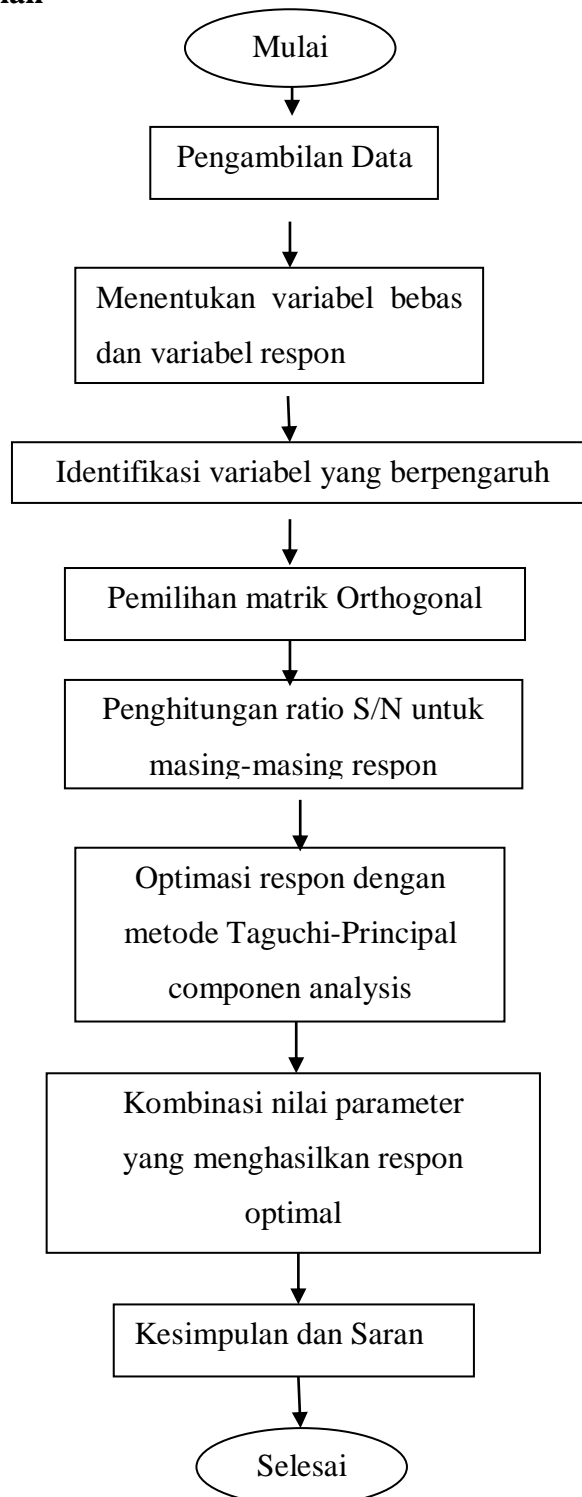
b) Normalisasi S/N Ratio

Proses Normalisasi data respon adalah proses mengubah nilai respon menjadi nilai yang besarnya antara 0 dan 1. Proses normalisasi juga dilakukan berdasarkan karakteristik kualitas respon.

c) Menghitung *Principal Components Analysis (PCA)*

d) Menghitung Nilai *Multi-Response Performance Index (MPI)*

3.6 Alur Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Rancangan Penelitian

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Tahap Persiapan

Data yang digunakan dalam penelitian ini ialah data produksi roti dengan respon optimal yaitu kekasaran permukaan dan laju pengerjaan bahan. Ada empat faktor dimana setiap faktor terdapat tiga level. Metode *Taguchi-Principal Component Analysis* (PCA) ini digunakan untuk mengoptimalkan faktor dan level sehingga menghasilkan respon yang lebih baik.

Tabel 4.1 Variabel-Variabel yang Diteliti

Faktor Kontrol	Level		
	1	2	3
Lama Waktu Pencampuran dan pengadonan (X_1)	20	40	60
Fermentasi Ragi (X_2)	45	90	135
Lama Waktu Pemanggangan (X_3)	35	70	105
Takaran Air (X_4)	650	1500	2150

Sumber: Data Toko Syahfira Bakery

4.2 Pemilihan Matriks Orthogonal

Matriks orthogonal standart dengan tiga taraf mempunyai beberapa pilihan matriks orthogonal seperti pada **Tabel 4.2**

Tabel 4.2 Matriks Orthogonal Tiga Taraf

Matriks Orthogonal Tiga Taraf		
$L_9(3^4)$	$L^{27}(3^{13})$	$L_{81}(3^{40})$

Perhitungan untuk $L_9(3^4)$ ialah

Derajat Bebas = (banyak faktor) × (banyak taraf - 1) = $4 \times (3-1) = 8$
 banyaknya derajat bebas pada saat percobaan = derajat bebas pada $L_9(3^4)$.
 Sehingga $L_9(3^4)$ telah sesuai dan mencukupi karena matriks orthogonal $L_9(3^4)$ mempunyai derajat bebas yang sama dengan derajat bebas yang digunakan pada saat percobaan sebanyak 9 percobaan.

1. Kolom 1 dan 2 merupakan kolom pokok yang berisi:

Dimana kolom 1 merupakan kolom pertama pada kolom faktor matriks orthogonal. Kolom 2 merupakan kolom kedua pada kolom faktor matriks orthogonal

2. Kolom ketiga berisi : (kolom 1 + kolom 2) (mod 3)

Kolom 3 merupakan kolom ketiga pada kolom faktor matriks orthogonal. Menggunakan mod 3 karena pada percobaan menggunakan 3 taraf pada masing-masing faktor.

3. Kolom 4 berisi : (2 x kolom 1 + kolom 2) (mod)

Kolom 4 merupakan kolom keempat pada kolom faktor matriks orthogonal.

Tabel 4.3 Penempatan Faktor pada Tabel Matriks Orthogonal

Kolom	Penempatan Faktor
1	Lama Waktu Pencampuran dan pengadonan
2	Fermentasi Ragi
3	Lama WaktuPemanggangan
4	Takaran Air

Sumber: Data penempatan faktor matriks orthogonal

Setelah penempatan masing-masing faktor ke kolom telah ditentukan, maka penempatan faktor di interpretasikan ke dalam matrik orthogonal seperti pada **Tabel 4.4**

Tabel 4.4 Matriks Orthogonal $L_9(3^4)$

Lama waktu pencampuran dan pengadonan	Faktor		
	Fermentasi ragi	Lama pemanggangan	Takaran air
20	45	35	650
20	90	70	1500
20	135	105	2150
40	45	70	2150
40	90	105	650
40	135	35	1500
60	45	105	1500
60	90	35	2150
60	135	70	650

Sumber: Hasil Matriks Orthogonal

Tabel 4.5 Data Hasil Penelitian

Faktor				Level		
X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	1	2	3
20	45	35	650	0,18	0,16	0,26
20	90	70	1500	0,08	0,08	0,16
20	135	105	2150	0,2	0,24	0,3
40	45	70	2150	0,14	0,1	0,18
40	90	105	650	0,06	0,08	0,06
40	135	35	1500	0,04	0,14	0,1
60	45	105	1500	0,28	0,32	0,36
60	90	35	2150	0,12	0,16	0,2
60	135	70	650	0,34	0,38	0,4

Sumber: Data yang diolah

Setelah melakukan percobaan sesuai matriks orthogonal yang diberikan kemudian diperoleh pada percobaan pertama produksi roti pada level 1 sebesar 0,18, level ke 2 0,16, level ke 3 0,26, hasil seluruh percobaan dapat dilihat pada **Tabel 4.5**

4.3 Signal Noise to Ratio (SNR)

Nilai S/N Ratio merupakan nilai transformasi dari beberapa pengulangan data yang nilainya mewakili kualitas penyajian pada produksi roti. Pada kasus ini terdapat 2 karakter respon. Pertama karakter respon dari kekasaran permukaan (*Smaller is Better*) dapat dihitung mengikuti persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 S / N &= -10 \log \left[\sum_{i=1}^n \frac{y_i^2}{n} \right] \\
 &= -10 \log \left[\frac{(0,18)^2 + (0,16)^2 + (0,26)^2}{3} \right] \\
 &= -10 \log \left[\frac{0,0324 + 0,0256 + 0,0676}{3} \right] \\
 &= -10 \log \frac{0,1256}{3} \\
 &= -10 \log 0,041866666 \\
 &= 13,78132
 \end{aligned}$$

Sehingga diperoleh hasil S/N Ratio untuk kekasaran permukaan roti sebesar 13,78132 pada awal percobaan.

Kedua karakteristik respon laju pengerjaan bahan (*Larger is Better*) dapat dihitung mengikuti persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 S/N &= -10 \log \left[\sum_{i=1}^n \frac{1/y_i^2}{n} \right] \\
 &= -10 \log \left[\frac{1/0,0324 + 1/0,0256 + 1/0,00676}{3} \right] \\
 &= -10 \log \left[\frac{30,86419753 + 39,0625 + 14,79289941}{3} \right] \\
 &= -10 \log \frac{84,71959694}{3} \\
 &= -10 \log 28,23986565 \\
 &= -14,50863
 \end{aligned}$$

Sehingga diperoleh hasil S/N Ratio untuk laju pengerjaan bahan sebesar -14,50862626 pada awal percobaan.

Hasil perhitungan secara selengkapnya untuk karakter respon pada masing-masing respon dimana kekasaran permukaan (*smaller is better*) dan laju pengerjaan bahan (*larger is better*) ditunjukkan pada **Tabel 4.6**

Tabel 4.6 Perhitungan S/N Ratio

S/N Ratio	
<i>Larger</i>	<i>Smaller</i>
13,78132	-14,50863
18,92790	-20,68881
12,03888	-12,51007
16,84730	-17,82675
23,43582	-23,75240
19,82967	-24,12752
9,85200	-10,03414
15,74031	-16,48383
8,53872	-8,61847

Sumber: Hasil Perhitungan masing-masing Respon

Sehingga pada masing-masing respon pada **Tabel 4.6** diperoleh hasil kekasaran permukaan (*smaller is better*) dengan nilai maksimum sebesar -8,61847 dan minimum sebesar -24,12752 kemudian pada laju pengerjaan bahan (*larger is better*) diperoleh hasil maksimum sebesar 23,43582 dan minimum sebesar 8,53872.

4.4 Normalisasi Rasio

Normalisasi bertujuan untuk mentransformasi nilai S/N Ratio sehingga bernilai antara 0 dan 1. Proses normalisasi juga dilakukan berdasarkan karakteristik kualitas respon. Normalisasi S/N Ratio pada respon kekerasan permukaan roti (*Smaller is Better*) dengan nilai S/N Ratio -8,61847 nilai S/N Ratio minimum -24,12752 dan S/N Ratio Maksimum -14,50863.

Smaller is Better

$$\begin{aligned} X_i^*(k) &= \frac{\max_{\forall k} X_i(k) - X_i(k)}{\max_{\forall k} X_i(k) - \min_{\forall k} X_i(k)} \\ &= \frac{-8,61847 - (-14,50863)}{-8,61847 - (-24,12752)} \\ &= \frac{5,89016}{15,50905} \\ &= 0,379788575 \end{aligned}$$

Sehingga hasil Normalisasi S/N Ratio untuk kekasaran permukaan roti (*smaller is better*) sebesar 0,379788575 pada awal percobaan. Sedangkan untuk respon laju pengerjaan bahan (*larger is better*) dengan nilai S/N Ratio 13,78132 nilai S/N Ratio minimum 8,53872 dan nilai S/N Ratio maksimum 23,43582

Larger is Better

$$\begin{aligned}
 X_i^*(k) &= \frac{X_i(k) - \min_{\forall k} X_i(k)}{\max_{\forall k} X_i(k) - \min_{\forall k} X_i(k)} \\
 &= \frac{13,78132 - 8,53872}{23,43582 - 8,53872} \\
 &= \frac{5,2426}{14,8971} \\
 &= 0,351920843
 \end{aligned}$$

Sehingga hasil Normalisasi S/N Ratio untuk laju pengerjaan bahan (*larger is better*) sebesar 0,351920843 pada awal percobaan

Hasil perhitungan secara selengkapnya Normalisasi S/N Ratio untuk kekasaran permukaan roti (*smaller is better*) dan laju pengerjaan bahan (*larger is better*) ditunjukkan pada **Tabel 4.7**

Tabel 4.7. Hasil Perhitungan Normalisasi

Normalisasi	
Larger	Smaller
0,35192	0,37979
0,69740	0,77828
0,23496	0,25092
0,55773	0,59374
1,00000	0,97581
0,75793	1,00000
0,08816	0,09128
0,48342	0,50715
0,00000	0,00000

Sumber: Hasil Perhitungan Normalisasi Respon

S/N Rasio dari masing-masing respon dinormalisasikan terlebih dahulu sesuai dengan jenis karakteristik yaitu semakin kecil semakin baik. Dalam penelitian ini jumlah baris pada matriks orthogonal (*i*) ialah sebanyak $m = 9$ dan banyak respon (*k*) ialah sebanyak $n = 2$

Setelah dilakukan normalisasi data respon pada kondisi ideal selanjutnya dilakukan pemeriksaan adanya korelasi atau tidak antar respon.

$$r = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2} \sqrt{\sum (y - \bar{y})^2}}$$

$$r = \frac{0,932049}{1,055557 \times 3,38318}$$

$$r = \frac{0,932049}{1,889746}$$

$$r = 0,493214$$

Korelasi antara kekasaran permukaan roti dan laju pengerjaan bahan korelasi antar respon sebesar = 0,4932

Tabel 4.8 Koefisien Korelasi Pearson

Variable	PC ₁	PC ₂
X _i *Sn	0,707	0,707
X _i *Ln	0,707	-0,707

Sumber: Hasil Koefisien Korelasi

Berdasarkan **Tabel 4.8** menunjukkan koefisien korelasi Pearson antar respon. Pada semua kasus, nilai koefisien korelasi non-nol menunjukkan bahwa ada korelasi diantara semua respon. Nilai korelasi sebesar 0,707 menunjukkan adanya korelasi antara kekasaran permukaan roti dan laju pengerjaan bahan terhadap produksi roti. Untuk mengurangi bahkan menghilangkan korelasi antara respon tersebut diterapkan *Principal Component Analysis* (PCA). **Tabel 4.9** menunjukkan hasil dari PCA.

Tabel 4.9 Hasil dari PCA

	Z1	Z2
Eigen Value	1,9789	0,0211
Eigen Vector	0,707	0,707
	0,707	-0,707
Proportion	0,989	0,011
Cumulative	0,989	1

Sumber: Hasil dari Nilai PCA

Berdasarkan pada **Tabel 4.9** Eigen faktor digunakan untuk mencari nilai *Principal Component Analysis* (PCA), kemudian pada Eigen value digunakan untuk memeriksa adanya atau tidak antar respon sedangkan untuk proportion untuk mencari nilai pada *Multi-Response Performance Index* (MPI).

4.5 Menghitung *Principal Component Analysis* (PCA)

Selanjutnya nilai korelasi antar respon dikonversi menjadi kualitas yang disebut sebagai komponen utama (*principal component*) dengan menggunakan persamaan 2.10. sebagai contoh proses perhitungan untuk mencari nilai dari PC₁ dan juga PC₂. Pada percobaan pertama PC₁

$$\begin{aligned} Z_j &= \sum_{i=1}^p a_{ji} Y_i \\ &= (0,707 \times 0,35192) + (0,707 \times 0,37979) \\ &= 0,24880744 + 0,26851153 \\ &= 0,517318 \end{aligned}$$

Maka diperoleh hasil komponen utama (PC₁) sebesar 0,517318 guna untuk mengurangi bahkan menghilangkan korelasi antar respon pada respon kekasaran permukaan.

Pada percobaan PC₂ dilakukan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Z_j &= \sum_{i=1}^p a_{ji} Y_i \\ &= (0,707 \times 0,35192) + (-0,707 \times 0,37979) \\ &= 0,24880744 + 0 + (-0,26851153) \\ &= -0,01970 \end{aligned}$$

Maka diperoleh hasil komponen utama (PC₂) sebesar -0,01970 guna untuk mengurangi bahkan menghilangkan korelasi antar respon pada laju pengerjaan bahan. Sehingga dengan cara yang sama dapat dihitung PC₁ dan juga PC₂ pada masing-masing komponen utama ditunjukkan pada **Tabel 4.10**

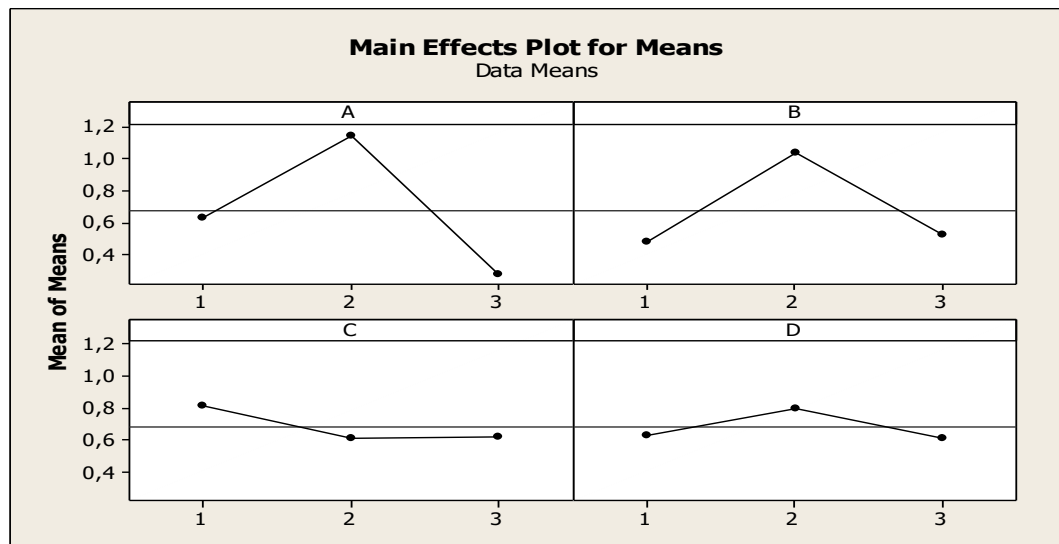
4.6 Menghitung Nilai *Multi-Response Performance Index* (MPI)

Pada nilai komponen utama ini digunakan untuk menghitung MPI dengan menggunakan persamaan 2.11 hasil perhitungan untuk MPI ditunjukkan pada **Tabel 4.10**

$$\begin{aligned} MPI &= \sum_{i=1}^k W_j Z_i \\ &= (0,989 \times 0,517318) + (0,011 \times -0,019702) \\ &= 0,511627502 + (-0,000216722) \\ &= 0,51141 \end{aligned}$$

Maka hasil perhitungannya MPI awal ialah 0,5114. Adapun hasil MPI digunakan untuk setting optimal pada level dan faktor pada produksi roti.

Sesuai dengan analisis menggunakan Minitab, nilai rata-rata dari rasio S/N untuk setiap level dan faktor ditunjukkan oleh **Tabel 11**. Plot untuk nilai rasio S/N MPI untuk setting optimal pada masing-masing level dari faktor yaitu lama waktu adonan, fermentasi ragi, lama waktu pemanggangan, dan takaran air ditunjukkan pada **Gambar 4.2**.



Gambar 4.2 Plot Ratio S/N MPI pada masing-masing Level Variabel Proses

Pada **Gambar 4.2** Plot untuk nilai rasio S/N pada masing-masing level dari faktor yang optimal yaitu Lama waktu adonan (X_1) ditunjukkan pada level 2, Fermentasi Ragi (X_2) pada level 2. Lama waktu pemanggangan (X_3) pada level 1 dan takaran air (X_4) pada level 2.

Tabel 4.10 Principal Component dan MPI

PC1	PC2	MPI
0,517318	-0,019702	0,5114108
1,0433011	-0,057183	1,0311958
0,3435174	-0,01129	0,3396145
0,8140869	-0,025455	0,8048519
1,3968998	0,0171002	1,3817220
1,2428558	-0,171144	1,2273018
0,1268617	-0,002208	0,1254419
0,7003319	-0,016773	0,6924438
0	0	0

Sumber: Hasil Perhitungan PC dan MPI

Tabel 4.11 Rata-rata Ratio S/N MPI

Level	X_1	X_2	X_3	X_4
1	0,6274	0,4806	0,81040,	0,6310
2	1,138	1,0351	0,612	0,7946
3	0,2726	0,5223	0,6156	0,6123

Sumber: Data Hasi Rata-rata ratio S/N MPI

Berdasarkan **Tabel 4.11** rata-rata nilai rasio S/N MPI dan plotting nilai tersebut pada masing-masing level dan faktor, dapat ditentukan nilai level untuk kombinasi faktor yang menghasilkan respon yang optimum. Dimana pada faktor lama waktu adonan (X_1) respon optimumnya ialah pada level 2 sebesar 1,138 pada faktor fermentasi ragi (X_2) respon optimumnya pada level 2 sebesar 1,0351 pada faktor lama waktu pemanggangan (X_3) respon optimumnya pada level 1 yaitu sebesar

0,81040 dan pada faktor takaran air (X_4) respon optimumnya pada level 2 sebesar 0,7946.

Tabel 4.12 Kombinasi Faktor untuk Respon Optimum

Varibel Proses	Level	Satuan
Lama Waktu Pencampuran dan pengadonan	2	40 menit
Fermentasi Ragi	2	90 menit
Lama Waktu Pemanggangan	1	35 menit
Takaran Air	2	1500 ml

Sumber: Data Hasil Kombinasi Respon Optimum

Pada Tabel 4.12 Kombinasi faktor dengan respon optimum pada variabel proses lama waktu adonan (X_1) terletak pada level 2 dengan waktu 40 menit, fermentasi ragi (X_2) pada level 2 dengan waktu 90 menit, lama waktu pemanggangan (X_3) pada level 1 dengan waktu 35 menit, dan takaran air (X_4) pada level 2 dengan waktu 1500 ml.

4.7 Analisis Varians (ANOVA)

ANOVA atau analisis varians, digunakan untuk mencari besarnya pengaruh setiap parameter kendali terhadap suatu proses. Besarnya efek tersebut dapat diketahui dengan membandingkan nilai *Sum of Square* dari suatu parameter kendali terhadap seluruh parameter kendali hasil dalam perhitungan ANOVA ialah sebagai berikut.

1. Menentukan derajat bebas total, error dan setiap Factor

$$\text{Jumlah derajat bebas total } db_T = N - 1 = 27 - 1 = 26$$

$$\text{Jumlah derajat bebas } X_1 (db_{x_1}) = x_1 - 1 = 3 - 1 = 2$$

$$\text{Jumlah derajat bebas } X_2 (db_{x_2}) = x_2 - 1 = 3 - 1 = 2$$

$$\text{Jumlah derajat bebas } X_3 (db_{x_3}) = x_3 - 1 = 3 - 1 = 2$$

$$\text{Jumlah derajat bebas } X_4 (db_{x_4}) = x_4 - 1 = 3 - 1 = 2$$

Jumlah derajat bebas error

$$\begin{aligned}
 (db_{error}) &= db_T - db_{x_1} - db_{x_2} - db_{x_3} - db_{x_4} \\
 &= 26 - 2 - 2 - 2 - 2 = 18
 \end{aligned}$$

1. Menentukan jumlah kuadrat factor

Jumlah Kuadrat Faktor X_1 (SS_{X_1})

$$\begin{aligned}
 SS_{X_1} &= \left[\frac{K}{N} \sum X_{1i}^2 \right] - \frac{T^2}{N} \\
 &= \left[\frac{3}{27} (1,66^2 + 0,9^2 + 2,56^2) \right] - \frac{5,12^2}{27} \\
 &= \left[\frac{3}{27} (2,7556 + 0,81 + 6,5536) \right] - \frac{26,2144}{27} \\
 &= \frac{3}{27} (10,1192) - \frac{26,2144}{27} \\
 &= \frac{30,3576 - 26,2144}{27} \\
 &= \frac{4,1432}{27} \\
 &= 0,15345
 \end{aligned}$$

Jumlah Kuadrat Faktor X_2 (SS_{X_2})

$$\begin{aligned}
 SS_{X_2} &= \left[\frac{K}{N} \sum X_{2i}^2 \right] - \frac{T^2}{N} \\
 &= \left[\frac{3}{27} (1,92^2 + 1,56^2 + 1,64^2) \right] - \frac{5,12^2}{27} \\
 &= \left[\frac{3}{27} (3,6864 + 2,4336 + 2,6896) \right] - \frac{26,2144}{27} \\
 &= \frac{3}{27} (8,8096) - \frac{26,2144}{27} \\
 &= \frac{26,4288 - 26,2144}{27} \\
 &= \frac{0,2144}{27} \\
 &= 0,00794
 \end{aligned}$$

Jumlah Kuadrat Faktor X_3 (SS_{X_3})

$$\begin{aligned}
SS_{X_3} &= \left[\frac{K}{N} \sum X_{3i}^2 \right] - \frac{T^2}{N} \\
&= \left[\frac{3}{27} (1,36^2 + 1,86^2 + 1,9^2) \right] - \frac{5,12^2}{27} \\
&= \left[\frac{3}{27} (1,8496 + 3,4596 + 3,61) \right] - \frac{26,2144}{27} \\
&= \frac{3}{27} (8,9192) - \frac{26,2144}{27} \\
&= \frac{26,7576 - 26,2144}{27} \\
&= \frac{0,5432}{27} \\
&= 0,02011
\end{aligned}$$

Jumlah Kuadrat Faktor X_4 (SS_{X_4})

$$\begin{aligned}
SS_{X_4} &= \left[\frac{K}{N} \sum X_{4i}^2 \right] - \frac{T^2}{N} \\
&= \left[\frac{3}{27} (1,92^2 + 1,56^2 + 1,64^2) \right] - \frac{5,12^2}{27} \\
&= \left[\frac{3}{27} (3,6864 + 2,4336 + 2,6896) \right] - \frac{26,2144}{27} \\
&= \frac{3}{27} (8,8096) - \frac{26,2144}{27} \\
&= \frac{26,4288 - 26,2144}{27} \\
&= \frac{0,2144}{27} \\
&= 0,00794
\end{aligned}$$

2. Menghitung Rata-rata Kuadrat

Rata-rata kuadrat diperoleh dengan membagi nilai jumlah kuadrat dengan derajat bebasnya.

$$\begin{aligned} MS_{X_1} &= \frac{SS_{X_1}}{DK_{X_1}} \\ &= \frac{0,153452}{2} \\ &= 0,076726 \end{aligned}$$

Rata-rata Kuadrat Faktor X_2

$$\begin{aligned} MS_{X_2} &= \frac{SS_{X_2}}{DK_{X_2}} \\ &= \frac{0,084652}{2} \\ &= 0,042326 \end{aligned}$$

Rata-rata Kuadrat Faktor X_3

$$\begin{aligned} MS_{X_3} &= \frac{SS_{X_3}}{DK_{X_3}} \\ &= \frac{0,020119}{2} \\ &= 0,010059 \end{aligned}$$

Rata-rata Kuadrat Faktor X_4

$$\begin{aligned} MS_{X_4} &= \frac{SS_{X_4}}{DK_{X_4}} \\ &= \frac{0,007941}{2} \\ &= 0,00397 \end{aligned}$$

3. Jumlah Kuadrat Total (SS_T)

$$\begin{aligned} SS_T &= \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^n y_{ij}^2 - \frac{T^2}{N \times n} \\ &= 0,297896 \end{aligned}$$

4. Jumlah Kuadrat Error

$$\begin{aligned}
 SS_e &= SS_T - SS_{faktor} \\
 &= 0,297896 - (0,153452 + 0,084652 + 0,020119 + 0,007941) \\
 &= 0,297896 - 0,266164 \\
 &= 0,03173
 \end{aligned}$$

5. Rata-rata kuadrat Error

$$\begin{aligned}
 MS_E &= \frac{SS_e}{Dk_E} \\
 &= \frac{0,031733}{18} \\
 &= 0,00176
 \end{aligned}$$

6. F-hitung setiap Faktor

Nilai F-hitung diperoleh dengan membagi nilai rata-rata kuadrat factor terhadap rata-rata kuadrat *error*. Nilai F-hitung pada masing-masing faktor bahwa pada faktor lama waktu pemanggangan diperoleh sebesar 43,521 sangat berpengaruh terhadap produksi roti, faktor fermentasi ragi diperoleh sebesar 24,0084 faktor lama waktu pemanggangan diperoleh sebesar 5,7058 dan takaran air diperoleh sebesar 2,252.

$$\begin{aligned}
 F_{X_1} &= \frac{MS_{X_1}}{MS_E} \\
 &= \frac{0,076726}{0,001763} \\
 &= 43,521
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{X_2} &= \frac{MS_{X_2}}{MS_E} \\
 &= \frac{0,042326}{0,001763} \\
 &= 24,0084
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{X_3} &= \frac{MS_{X_3}}{MS_E} \\
 &= \frac{0,010059}{0,001763} \\
 &= 5,7058
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{X_4} &= \frac{MS_{X_4}}{MS_E} \\
 &= \frac{0,003970}{0,001763} \\
 &= 2,252
 \end{aligned}$$

7. Persentase Kontribusi

Persentase kontribusi mengindikasikan kekuatan relative dari sebuah faktor terhadap respon. Berdasarkan **Tabel 4.13** persen kontribusi pada masing-masing faktor menunjukkan bahwa faktor lama waktu adonan memberikan kontribusi terbesar terhadap produksi roti sebesar 51,51%, faktor fermentasi ragi sebesar 28,41%, faktor lama waktu pemanggangan sebesar 6,75% dan takaran air sebesar memberikan kontribusi terkecil pada produksi roti sebesar 2,66.

$$\begin{aligned}
 P_{x_1} &= \frac{SS_x}{SS_T} \times 100\% \\
 &= \frac{0,153452}{0,297896} \times 100\% \\
 &= 51,51\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{x_2} &= \frac{SS'_{x_2}}{SS_T} \times 100\% \\
 &= \frac{0,084652}{0,297896} \times 100\% \\
 &= 28,41\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{x_3} &= \frac{SS'_{x_3}}{SS_T} \times 100\% \\
 &= \frac{0,020119}{0,297896} \times 100\% \\
 &= 6,75\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{x_4} &= \frac{SS'_{x_4}}{SS_T} \times 100\% \\
 &= \frac{0,007941}{0,297896} \times 100\% \\
 &= 2,66\%
 \end{aligned}$$

Tabel 4.13 Hasil Perhitungan ANAVA

Sumber	Derajat kebebasan	Jumlah kuadrat	Rata-rata kuadrat	F-hitung	P-value	Keterangan	P	Contribusi
Lama waktu pencampuran dan pengadonan	2	0,1534519	0,076726	43,521008	3,55	Signifikan	0,5151	51,51183609
Fermentasi ragi	2	0,084651852	0,042326	24,008403	3,55	Signifikan	0,2841	28,41655063
Lama waktu pemanggangan	2	0,020118519	0,010059	5,705882	3,55	Signifikan	0,675	6,753530933
Takaran air	2	0,007940741	0,003970	2,252101	3,55	Tidak Signifikan	0,266	2,665605729
Error	18	0,031733333	0,001763					10,65247663
Total	26	0,297896296						

Sumber: Hasil perhitungan ANAVA

Pada **Tabel 4.13** Menunjukkan bahwa nilai P-value untuk variable proses dengan taraf signifikan yang digunakan ialah 0,05 artinya F_{hitung} yang lebih besar dari F_{tabel} berdasarkan hitungan diperoleh hasil untuk faktor lama waktu adonan diperoleh F-hitung dengan hasil 43,52 (Signifikan) fermentasi ragi diperoleh F-hitung dengan hasil 24,00 (Signifikan) lama waktu pemanggangan F-hitung dengan hasil 5,70 (Signifikan) takaran air F-hitung dengan 2,25 (Tidak Signifikan). Sehingga pada taraf yang signifikan diperoleh hasil yang berpengaruh terhadap respon kualitas produksi roti yaitu faktor lama waktu adonan, fermentasi ragi, dan lama waktu pemanggangan. Sedangkan pada faktor takaran air tidak signifikan artinya tidak mempengaruhi respon kualitas pada produksi roti.

Berdasarkan hasil yang diperoleh terdapat faktor yang tidak signifikan yaitu faktor untuk takaran air, maka dilakukan analisis varians kembali tanpa menggunakan faktor takaran air (X_4)

1). Jumlah Kuadrat Faktor Lama waktu adonan (SS_{x_1})

$$\begin{aligned}
 SS_{x_1} &= \left[\frac{K}{N} \sum X_{1i}^2 \right] - \frac{T^2}{N} \\
 &= \left[\frac{3}{27} (1,66^2 + 0,9^2 + 2,56^2) \right] - \frac{5,12^2}{27} \\
 &= \left[\frac{3}{27} (2,7556 + 0,81 + 6,5536) \right] - \frac{26,2144}{27} \\
 &= \frac{3}{27} (10,1192) - \frac{26,2144}{27} \\
 &= \frac{30,3576 - 26,2144}{27} \\
 &= \frac{4,1432}{27} \\
 &= 0,15345
 \end{aligned}$$

2). Jumlah Kuadrat Faktor Fermentasi ragi (SS_{x_2})

$$\begin{aligned}
 SS_{x_2} &= \left[\frac{K}{N} \sum X_{2i}^2 \right] - \frac{T^2}{N} \\
 &= \left[\frac{3}{27} (1,92^2 + 1,56^2 + 1,64^2) \right] - \frac{5,12^2}{27} \\
 &= \left[\frac{3}{27} (3,6864 + 2,4336 + 2,6896) \right] - \frac{26,2144}{27} \\
 &= \frac{3}{27} (8,8096) - \frac{26,2144}{27} \\
 &= \frac{26,4288 - 26,2144}{27} \\
 &= \frac{0,2144}{27} \\
 &= 0,00794
 \end{aligned}$$

3) Jumlah Kuadrat Faktor X_3 (SS_{X_3})

$$\begin{aligned}
 SS_{X_3} &= \left[\frac{K}{N} \sum X_{3i}^2 \right] - \frac{T^2}{N} \\
 &= \left[\frac{3}{27} (1,36^2 + 1,86^2 + 1,9^2) \right] - \frac{5,12^2}{27} \\
 &= \left[\frac{3}{27} (1,8496 + 3,4596 + 3,61) \right] - \frac{26,2144}{27} \\
 &= \frac{3}{27} (8,9192) - \frac{26,2144}{27} \\
 &= \frac{26,7576 - 26,2144}{27} \\
 &= \frac{0,5432}{27} \\
 &= 0,02011
 \end{aligned}$$

4) Rata-rata Kuadrat Faktor X_1

$$\begin{aligned}
 MS_{X_1} &= \frac{SS_{X_1}}{DK_{X_1}} \\
 &= \frac{0,153452}{2} \\
 &= 0,076726
 \end{aligned}$$

5) Rata-rata Kuadrat Faktor X_2

$$\begin{aligned}
 MS_{X_2} &= \frac{SS_{X_2}}{DK_{X_2}} \\
 &= \frac{0,084652}{2} \\
 &= 0,042326
 \end{aligned}$$

6) Rata-rata Kuadrat Faktor X_3

$$\begin{aligned}
 MS_{X_3} &= \frac{SS_{X_3}}{DK_{X_3}} \\
 &= \frac{0,020119}{2} \\
 &= 0,010059
 \end{aligned}$$

7) Jumlah Kuadrat Error

$$\begin{aligned}
 SS_e &= SS_T - SS_{faktor} \\
 &= 0,297896 - (0,1534519 + 0,0846519 + 0,0201185) \\
 &= 0,297896 - 0,2582223 \\
 &= 0,03967
 \end{aligned}$$

8) Rata-rata Kuadrat Error

$$\begin{aligned}
 MS_E &= \frac{SS_e}{Dk_E} \\
 &= \frac{0,0396741}{20} \\
 &= 0,001984
 \end{aligned}$$

9) F hitung Faktor

$$\begin{aligned}
 F_{X_1} &= \frac{MS_{X_1}}{MS_E} \\
 &= \frac{0,076726}{0,001984} \\
 &= 38,678
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{X_2} &= \frac{MS_{X_2}}{MS_E} \\
 &= \frac{0,042326}{0,001984} \\
 &= 21,336
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{X_3} &= \frac{MS_{X_3}}{MS_E} \\
 &= \frac{0,010059}{0,001984} \\
 &= 5,070
 \end{aligned}$$

10) Persentase Kontribusi

$$P_{X_1} = \frac{SS_{X_1}}{SS_T} \times 100\%$$

$$= \frac{0,153452}{0,297896} \times 100\%$$

$$= 51,51\%$$

$$P_{X_2} = \frac{SS_{X_2}}{SS_T} \times 100\%$$

$$= \frac{0,084652}{0,297896} \times 100\%$$

$$= 28,41\%$$

$$P_{X_3} = \frac{SS_{X_3}}{SS_T} \times 100\%$$

$$= \frac{0,020119}{0,297896} \times 100\%$$

$$= 6,75\%$$

Tabel 4.14 ANAVA setelah Faktor Takaran air (X_4) dihilangkan

Sumber	Derajat kebebasan	Jumlah kuadrat	Rata-rata kuadrat	F-hitung	P-value	Keterangan	P	Contribusi
Lama waktu pencampuran dan pengadonan	2	0,1534519	0,076726	38,678118	3,49	Signifikan	0,5151	51,512
Fermentasi ragi	2	0,0846519	0,042326	21,3368185	3,49,	Signifikan	0,2841	28,417
Lama waktu pemanggangan	2	0,0201185	0,010059	5,07094847	3,49	Signifikan	0,675	6,754
Error	20	0,0396741	0,001984					13,318
Total	26	0,2978963						

Sumber: Hasil Perhitungan ANAVA

Pada **Tabel 4.14** Menunjukkan bahwa nilai P-value untuk variable proses dengan taraf signifikan yang digunakan ialah 0,05 artinya F_{hitung} yang lebih besar dari F_{tabel} maka dengan dilakukan analisis varians kembali tanpa menggunakan faktor yang tidak signifikan yaitu takaran air (X_4) berdasarkan hitungan diperoleh hasil untuk faktor lama waktu pencampuran dan pengadonan (X_1) diperoleh F-hitung dengan hasil 38,67 (Signifikan) fermentasi ragi (X_2) diperoleh F-hitung dengan

hasil 21.33 (Signifikan) lama waktu pemanggangan (X_3) F-hitung dengan hasil 5,07 (Signifikan) artinya dari faktor-faktor yang signifikan memiliki pengaruh terhadap hasil produksi roti yaitu lama waktu pencampuran dan pengadonan (X_1) fermentasi ragi (X_2) dan lama waktu pemanggangan (X_3).

4.8 Pembahasan

Pada awal proses digunakan 4 faktor dimana faktor-faktor tersebut ialah lama waktu pencampuran dan pengadonan (X_1) dengan hasil signifikan pada level 2, fermentasi ragi (X_2) dengan hasil signifikan pada level 2, lama waktu pemanggangan (X_3) dengan hasil signifikan pada level 1 dan takaran air (X_4) dengan hasil signifikan pada level 2. Namun ketika dilakukan uji ANAVA pada takaran air (X_4) tidak signifikan sebab pada takaran air tidak berpengaruh terhadap respon kualitas produksi roti di toko Syahfira Bakery. Kemudian dilakukan analisis varians kembali tanpa menggunakan faktor takaran air (X_4), diperoleh faktor lama waktu pencampuran dan pengadonan (X_1) fermentasi ragi (X_2) lama waktu pemanggangan (X_3) ialah Signifikan artinya dari faktor-faktor yang signifikan memiliki pengaruh terhadap hasil produksi roti yang berkualitas baik. Dengan demikian kondisi takaran air di Roti Syahfira Bakery tidak memiliki pengaruh besar terhadap kualitas hasil produksi roti. Sehingga jika dikaitkan dengan ayat-ayat al-quran dalam surah Ali-Imran ayat 190 yang menyatakan bahwa:

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ وَاخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ لَآيَاتٍ لِأُولِي الْأَلْبَابِ

"sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, dan silih bergantinya malam dan siang terdapat tanda-tanda bagi orang-orang yang berakal".
(Ali Imran :190)

Dalam ayat ini menerangkan bahwa alam semesta yang senantiasa berproses tanpa henti dan menyajikan banyak sekali gejala dalam seluruh dimensi ruang dan waktu yang terus berkembang. Perputaran bumi pada porosnya (rotasi bumi) yang secara ilmiah telah dijelaskan oleh ilmuwan membawa suatu akibat pada sisi-sisi bumi yang berbeda pada saat-saat tertentu mengalami keadaan gelap dan pada saat-saat yang lain mengalami keadaan terang, hal ini disebabkan karena pada saat tertentu posisi permukaan bumi mengalami perubahan terhadap posisi matahari sebagai sumber cahaya bagi bumi. Dimana dalam suatu keadaan gelap dikarenakan faktor ketiadaan cahaya, sementara terang merupakan keadaan dimana cahaya sampai pada sisi ruang sehingga mata mendapat pantulan cahaya dari berbagai benda yang ada disekitarnya, kondisi terang inilah dimaksud dengan siang dan kondisi gelap dinamakan dengan malam.

Proses kejadian tersebut terjadi sesuai dengan tahapan yang telah Allah tetapkan. Adapun dengan demikian proses produksi roti yang dilakukan manusia bergantung pada faktor-faktor berpengaruh terhadap kualitas produksi roti, yang mana pada faktor-faktor tersebut menghasilkan kualitas produksi yang optimal.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Metode Taguchi dengan pendekatan *Principal Component Analysis*(PCA) dapat digunakan untuk optimisasi produksi roti,dimana metode Taguchi bertujuan untuk memperbaiki kualitas produk serta dapat menekan biaya dan sumberdaya seminimal mungkin yang umumnya memiliki satu respon,sebaliknya dengan pendekatan *Principal Component Analysis* (PCA) digunakan dalam optimasi untuk mengubah beberapa respon sehingga rancangan percobaan menjadi lebih efektif dan efisien.Faktor yang berpengaruh terhadap respon kualitas produksi roti secara signifikan ialah lama waktu pencampuran danpengadonan 40 menit, fermentasi ragi 90 menit, lama waktu pemanggangan 35 menit. Sehingga kombinasi yang optimum pada faktor dan level dapat diterapkan untuk meningkatkan kualitas produksi roti. Adapun takaran ragi tidak signifikan terhadap respon kekasaran permukaan roti dan laju pengerjaan bahan.Besarnya Kontribusi variable-variabel produksi roti dalam mengurangi total variansi dari respon kualitas produksi roti ialah lama waktu pencampuran danpengadonan 51,51%,fermentasi ragi 28,41%, lama waktu pemanggangan 6,75% .

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan kepada pemilik usaha produksi dapat mengaplikasikan metode ini untuk meningkatkan hasil produksi dan lebih memperhatikan takaran bahan yang jelas. Untuk peneliti lain yang tertarik pada permasalahan yang sama diharapkan dapat menggunakan metode lain untuk optimisasi produksi roti. Sehingga diketahui metode mana yang lebih baik digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Devi, S. W., & Handoko, B. 2016. Penerapan Metode Grey Relation Analysis PCA pada Optimisasi Multirespon Desain Taguchi. *Seminar pendidikan matematika SPs UPI*. ISBN 978-602-60794-0-4
- Ginting, Rosnani. 2007. Sistem produksi. Yogyakarta: Graha Ilmu
- Hayati, N. 2018. Optimasi Kondisi Pirolisis dan Pengeringan Pada Proksimat Arang Tempurung Kelapa dengan Metode Taguchi. *Jurnal Tekni Mesin ISTAKPRIND Yogyakarta*. 12(1), No. 6-12
- Hurst, K. S. 2006. Prinsip-prinsip Perancangan Teknik. Jakarta: Penerbit Erlangga
- Isnanta, M. 2015. Penerapan Metode Taguchi pada proses fermentasi pupuk Guano cair untuk menghasilkan kandungan NPK yang Optimal. *Jurnal Matrik*. Vol. 15. No.2
- Liao, H.C. 2003. *Using PCR-TOPSIS to Optimize Taguchi's Multi-response*. Int J Adv Manuf 22: 649-655.
- Kotler, P. 2009. Manajemen Pemasaran. Jakarta: Erlangga
- Merdekawati, Y. 2017. Penerapan Metode Permukaan Respon Optimalisasi Kualitas Produk. *Skripsi. Sains dan Teknologi, Matematik Statistika, Universitas Islam Negeri Alauddin. Makassar*.
- Mulyadi, A. P., & Suryanto. A. P. 2016, Optimalisasi Hasil Proses Wire-Cut EDM dengan Metode Principal Component Analysis (PCA). *Jurnal Rotor*. Vol. 9 No.1
- Syafaat, W. U. 2016. Optimasi Produksi Roti menggunakan metode rancangan percobaan Response Surface pada industri rumah tahun 2015. *Skripsi. Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah, Jakarta*.
- Silaban, F. P., & Soepangkat, B.O.P. 2017. Optimasi Penentuan Level Parameter Proses Pencetakan Rotogravure Menggunakan Metode Taguchi Untuk Menurunkan Persentase Cacat. *Technology Science and Engineering Journal*, Vol. 1 No. 3

- Wahid, M. A., Ridlo, D., & Rahman, A. 2017. Optimasi Multi Respon Menggunakan Metode Taguchi-Weighted Principal Component Analysis (WPCA) pada Proses Bubut Material st 60 dengan Pendinginan Minimum Quantity Lubrication (MQL). *Elemen: Jurnal Tekni Mesin*, Vol. 4 No. 2
- Winarani, S., Sunengsih, N., & Amzaina, T. 2017. Penerapan Optimasi Multirespon dengan Metode Grey Taguchi Topsis. *Seminar Nasional Statistika*. FMIPA, Statistik, UNPAD. Vol. 6, No.1
- Wulandari, A. A. 2016. Penerapan Metode Taguchi Untuk Kasus Neneng Multirespon Menggunakan Pendekatan Grey Relational Analysis dan Principal Component Analysis. *Skripsi*. Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Siska, Z. 2016. Penerapan metode taguchi untuk Optimalisasi hasil produksi roti di usaha roti Meyza Bakery. *Jurnal Matematika, UNAND*. Vol. 5 No.3
- Soejanto, I. 2009. *Desain Eksperimen dengan Metode Taguchi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

<http://repository.usu.ac.id/bitstream/handle/123456789/67971/Chapter%20II.pdf?sequence=4&isAllowed=y> diakses 8 september 2020.

Lampiran Nilai SN Ratio pada masing-masing karakteristik respon.

Smaller is better

$$\begin{aligned}
 S / N &= -10 \log \left[\frac{\sum_{i=1}^n y_i^2}{n} \right] \\
 &= -10 \log \left[\frac{(0,18)^2 + (0,16)^2 + (0,26)^2}{3} \right] \\
 &= -10 \log \left[\frac{0,0324 + 0,0256 + 0,0676}{3} \right] \\
 &= -10 \log \frac{0,1256}{3} \\
 &= -10 \log 0,041866666 \\
 &= 13,78132
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S / N &= -10 \log \left[\frac{\sum_{i=1}^n y_i^2}{n} \right] \\
 &= -10 \log \left[\frac{(0,08)^2 + (0,08)^2 + (0,16)^2}{3} \right] \\
 &= -10 \log \left[\frac{0,0064 + 0,0064 + 0,0256}{3} \right] \\
 &= -10 \log \frac{0,0384}{3} \\
 &= -10 \log 0,0128 \\
 &= 18,92790
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S / N &= -10 \log \left[\frac{\sum_{i=1}^n y_i^2}{n} \right] \\
 &= -10 \log \left[\frac{(0,2)^2 + (0,24)^2 + (0,3)^2}{3} \right] \\
 &= -10 \log \left[\frac{0,04 + 0,0576 + 0,09}{3} \right] \\
 &= -10 \log \frac{0,1876}{3} \\
 &= -10 \log 0,062533333 \\
 &= 12,03888
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S / N &= -10 \log \left[\frac{\sum_{i=1}^n y_i^2}{n} \right] \\
 &= -10 \log \left[\frac{(0,14)^2 + (0,1)^2 + (0,18)^2}{3} \right] \\
 &= -10 \log \left[\frac{0,0196 + 0,01 + 0,0324}{3} \right] \\
 &= -10 \log \frac{0,062}{3} \\
 &= -10 \log 0,020666666 \\
 &= 16,84730
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S / N &= -10 \log \left[\frac{\sum_{i=1}^n y_i^2}{n} \right] \\
 &= -10 \log \left[\frac{(0,06)^2 + (0,08)^2 + (0,06)^2}{3} \right] \\
 &= -10 \log \left[\frac{0,0036 + 0,0064 + 0,0036}{3} \right] \\
 &= -10 \log \frac{0,0136}{3} \\
 &= -10 \log 0,00453333333 \\
 &= 23,43582
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S / N &= -10 \log \left[\frac{\sum_{i=1}^n y_i^2}{n} \right] \\
 &= -10 \log \left[\frac{(0,04)^2 + (0,14)^2 + (0,1)^2}{3} \right] \\
 &= -10 \log \left[\frac{0,0016 + 0,0196 + 0,01}{3} \right] \\
 &= -10 \log \frac{0,0312}{3} \\
 &= -10 \log 0,0104 \\
 &= 19,82967
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
S/N &= -10 \log \left[\sum_{i=1}^n \frac{y_i^2}{n} \right] \\
&= -10 \log \left[\frac{(0,28)^2 + (0,32)^2 + (0,36)^2}{3} \right] \\
&= -10 \log \left[\frac{0,0784 + 0,1024 + 0,1296}{3} \right] \\
&= -10 \log \frac{0,3104}{3} \\
&= -10 \log 0,103466666 \\
&= 9,85199
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
S/N &= -10 \log \left[\sum_{i=1}^n \frac{y_i^2}{n} \right] \\
&= -10 \log \left[\frac{(0,12)^2 + (0,16)^2 + (0,2)^2}{3} \right] \\
&= -10 \log \left[\frac{0,0144 + 0,0256 + 0,04}{3} \right] \\
&= -10 \log \frac{0,08}{3} \\
&= -10 \log 0,026666666 \\
&= 15,74031
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
S/N &= -10 \log \left[\sum_{i=1}^n \frac{y_i^2}{n} \right] \\
&= -10 \log \left[\frac{(0,34)^2 + (0,38)^2 + (0,4)^2}{3} \right] \\
&= -10 \log \left[\frac{0,01156 + 0,1444 + 0,16}{3} \right] \\
&= -10 \log \frac{0,42}{3} \\
&= -10 \log 0,14 \\
&= 8,53872
\end{aligned}$$

Larger is better

$$\begin{aligned}
S/N &= -10 \log \left[\sum_{i=1}^n \frac{1/y_i^2}{n} \right] \\
&= -10 \log \left[\frac{1/0,0324 + 1/0,0256 + 1/0,00676}{3} \right] \\
&= -10 \log \left[\frac{30,86419753 + 39,0625 + 14,79289941}{3} \right] \\
&= -10 \log \frac{84,71959694}{3} \\
&= -10 \log 28,23986565 \\
&= -14,50863
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
S/N &= -10 \log \left[\sum_{i=1}^n \frac{1/y_i^2}{n} \right] \\
&= -10 \log \left[\frac{1/0,0064 + 1/0,0064 + 1/0,0256}{3} \right] \\
&= -10 \log \left[\frac{156,25 + 156,25 + 39,0625}{3} \right] \\
&= -10 \log \frac{351,5625}{3} \\
&= -10 \log 117,1875 \\
&= -20,68881
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
S/N &= -10 \log \left[\sum_{i=1}^n \frac{1/y_i^2}{n} \right] \\
&= -10 \log \left[\frac{1/0,04 + 1/0,0567 + 1/0,09}{3} \right] \\
&= -10 \log \left[\frac{25 + 17,36111111 + 11,11111111}{3} \right] \\
&= -10 \log \frac{53,47222222}{3} \\
&= -10 \log 17,82407407 \\
&= -12,51007
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
S/N &= -10 \log \left[\sum_{i=1}^n \frac{1/y_i^2}{n} \right] \\
&= -10 \log \left[\frac{1/0,0196 + 1/0,01 + 1/0,0324}{3} \right] \\
&= -10 \log \left[\frac{51,02040816 + 100 + 30,86419753}{3} \right] \\
&= -10 \log \left[\frac{181,8846057}{3} \right] \\
&= -10 \log 60,6282019 \\
&= -17,82675
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
S/N &= -10 \log \left[\sum_{i=1}^n \frac{1/y_i^2}{n} \right] \\
&= -10 \log \left[\frac{1/0,0036 + 1/0,0064 + 1/0,0036}{3} \right] \\
&= -10 \log \left[\frac{277,7777778 + 156,25 + 277,7777778}{3} \right] \\
&= -10 \log \left[\frac{711,80555556}{3} \right] \\
&= -10 \log 237,2685185 \\
&= -23,75240
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
S/N &= -10 \log \left[\sum_{i=1}^n \frac{1/y_i^2}{n} \right] \\
&= -10 \log \left[\frac{1/0,0016 + 1/0,0196 + 1/0,01}{3} \right] \\
&= -10 \log \left[\frac{625 + 51,02040816 + 100}{3} \right] \\
&= -10 \log \frac{776,0204082}{3} \\
&= -10 \log 258,6673469 \\
&= -24,12752
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
S/N &= -10 \log \left[\sum_{i=1}^n \frac{1/y_i^2}{n} \right] \\
&= -10 \log \left[\frac{1/0,0784 + 1/0,1024 + 1/0,1296}{3} \right] \\
&= -10 \log \left[\frac{12,75510204 + 9,765625 + 7,71609383}{3} \right] \\
&= -10 \log \frac{30,23677642}{3} \\
&= -10 \log 10,07892547 \\
&= -10,03414
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
S/N &= -10 \log \left[\sum_{i=1}^n \frac{1/y_i^2}{n} \right] \\
&= -10 \log \left[\frac{1/0,0144 + 1/0,0256 + 1/0,04}{3} \right] \\
&= -10 \log \left[\frac{69,44444444 + 39,0625 + 25}{3} \right] \\
&= -10 \log \frac{133,5069444}{3} \\
&= -10 \log 44,5023148 \\
&= -16,48383
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
S/N &= -10 \log \left[\sum_{i=1}^n \frac{1/y_i^2}{n} \right] \\
&= -10 \log \left[\frac{1/0,1156 + 1/0,1444 + 1/0,16}{3} \right] \\
&= -10 \log \left[\frac{8,650519031 + 6,925207756 + 6,25}{3} \right] \\
&= -10 \log \frac{21,82572679}{3} \\
&= -10 \log 7,275242262 \\
&= -8,61847
\end{aligned}$$

Lampiran 2

Perhitungan Normalisasi pada masing-masing respon perhitungan Normalisasi

Normalisasi larger is better

$$\begin{aligned} X_i^*(k) &= \frac{X_i(k) - \min_{\forall k} X_i(k)}{\max_{\forall k} X_i(k) - \min_{\forall k} X_i(k)} \\ &= \frac{13,78132 - 8,53872}{23,43582 - 8,53872} \\ &= \frac{5,2426}{14,8971} \\ &= 0,35192 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_i^*(k) &= \frac{X_i(k) - \min_{\forall k} X_i(k)}{\max_{\forall k} X_i(k) - \min_{\forall k} X_i(k)} \\ &= \frac{18,92790 - 8,53872}{23,43582 - 8,53872} \\ &= \frac{10,38918}{14,8971} \\ &= 0,69740 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_i^*(k) &= \frac{X_i(k) - \min_{\forall k} X_i(k)}{\max_{\forall k} X_i(k) - \min_{\forall k} X_i(k)} \\ &= \frac{12,03888 - 8,53872}{23,43582 - 8,53872} \\ &= \frac{3,50016}{14,8971} \\ &= 0,23496 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_i^*(k) &= \frac{X_i(k) - \min_{\forall k} X_i(k)}{\max_{\forall k} X_i(k) - \min_{\forall k} X_i(k)} \\ &= \frac{16,84730 - 8,53872}{23,43582 - 8,53872} \\ &= \frac{8,30858}{14,8971} \\ &= 0,55773 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_i^*(k) &= \frac{X_i(k) - \min_{\forall k} X_i(k)}{\max_{\forall k} X_i(k) - \min_{\forall k} X_i(k)} \\ &= \frac{23,43582 - 8,53872}{23,43582 - 8,53872} \\ &= \frac{14,8971}{14,8971} \\ &= 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_i^*(k) &= \frac{X_i(k) - \min_{\forall k} (k)}{\max_{\forall k} (k) - \min_{\forall k} (k)} \\ &= \frac{19,82967 - 8,53872}{23,43582 - 8,53872} \\ &= \frac{11,29095}{14,8971} \\ &= 0,75793 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_i^*(k) &= \frac{X_i(k) - \min_{\forall k} (k)}{\max_{\forall k} (k) - \min_{\forall k} (k)} \\ &= \frac{9,85200 - 8,53872}{23,43582 - 8,53872} \\ &= \frac{1,31328}{14,8971} \\ &= 0,08816 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_i^*(k) &= \frac{X_i(k) - \min_{\forall k} (k)}{\max_{\forall k} (k) - \min_{\forall k} (k)} \\ &= \frac{15,74031 - 8,53872}{23,43582 - 8,53872} \\ &= \frac{7,20159}{14,8971} \\ &= 0,48342 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
X_i^*(k) &= \frac{X_i(k) - \min(k)}{\max(k) - \min(k)} \\
&= \frac{8,53872 - 8,53872}{23,43582 - 8,53872} \\
&= \frac{0}{14,8971} \\
&= 0
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
X_i^*(k) &= \frac{\max(k) - X_i(k)}{\max(k) - \min(k)} \\
&= \frac{-8,61847 - (-17,82675)}{-8,61847 - (-24,12752)} \\
&= \frac{9,20828}{15.50905} \\
&= 0,59374
\end{aligned}$$

Normalisasi Smaller is better

$$\begin{aligned}
X_i^*(k) &= \frac{\max(k) - X_i(k)}{\max(k) - \min(k)} \\
&= \frac{-8,61847 - (-14,50863)}{-8,61847 - (-24,12752)} \\
&= \frac{5,89016}{15.50905} \\
&= 0,37979
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
X_i^*(k) &= \frac{\max(k) - X_i(k)}{\max(k) - \min(k)} \\
&= \frac{-8,61847 - (-20,68881)}{-8,61847 - (-24,12752)} \\
&= \frac{12,07034}{15.50905} \\
&= 0,77828
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
X_i^*(k) &= \frac{\max(k) - X_i(k)}{\max(k) - \min(k)} \\
&= \frac{-8,61847 - (-12,51007)}{-8,61847 - (-24,12752)} \\
&= \frac{3,8916}{15.50905} \\
&= 0,25092
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
X_i^*(k) &= \frac{\max(k) - X_i(k)}{\max(k) - \min(k)} \\
&= \frac{-8,61847 - (-23,75240)}{-8,61847 - (-24,12752)} \\
&= \frac{15,13393}{15.50905} \\
&= 0,97581
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
X_i^*(k) &= \frac{\max(k) - X_i(k)}{\max(k) - \min(k)} \\
&= \frac{-8,61847 - (-24,12752)}{-8,61847 - (-24,12752)} \\
&= \frac{15,50905}{15.50905} \\
&= 1
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
X_i^*(k) &= \frac{\max(k) - X_i(k)}{\max(k) - \min(k)} \\
&= \frac{-8,61847 - (-10,03414)}{-8,61847 - (-24,12752)} \\
&= \frac{1,41567}{15.50905} \\
&= 0,09128
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
X_i^*(k) &= \frac{\max_k(k) - X_i(k)}{\max_k(k) - \min_k(k)} \\
&= \frac{-8,61847 - (-16,48383)}{-8,61847 - (-24,12752)} \\
&= \frac{7,86536}{15.50905} \\
&= 0,50715
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
X_i^*(k) &= \frac{\max_k(k) - X_i(k)}{\max_k(k) - \min_k(k)} \\
&= \frac{-8,61847 - (-8,61847)}{-8,61847 - (-24,12752)} \\
&= \frac{0}{15.50905} \\
&= 0
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Z_1 &= \sum_{i=1}^p a_{ji} Y_i \\
&= (0,707 \times 0,35192) + (0,707 \times 0,37979) \\
&= 0,24880744 + 0,26851153 \\
&= 0,517318
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Z_2 &= \sum_{i=1}^p a_{ji} Y_i \\
&= (0,707 \times 0,69740) + (0,707 \times 0,77828) \\
&= 0,4930618 + 0,55024396 \\
&= 1,043311
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Z_3 &= \sum_{i=1}^p a_{ji} Y_i \\
&= (0,707 \times 0,23496) + (0,707 \times 0,25092) \\
&= 0,16611672 + 0,17740044 \\
&= 0,343517
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Z_4 &= \sum_{i=1}^p a_{ji} Y_i \\
&= (0,707 \times 0,55773) + (0,707 \times 0,59374) \\
&= 0,39431511 + 0,41977418 \\
&= 0,814089
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Z_5 &= \sum_{i=1}^p a_{ji} Y_i \\
&= (0,707 \times 1,00000) + (0,707 \times 0,97581) \\
&= 0,707 + 0,68989767 \\
&= 1,39689
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Z_6 &= \sum_{i=1}^p a_{ji} Y_i \\
&= (0,707 \times 0,75793) + (0,707 \times 1) \\
&= 0,53585651 + 0,707 \\
&= 1,24285
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Z_7 &= \sum_{i=1}^p a_{ji} Y_i \\
&= (0,707 \times 0,08816) + (0,707 \times 0,09128) \\
&= 0,06232912 + 0,06453496 \\
&= 0,12686
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Z_8 &= \sum_{i=1}^p a_{ji} Y_i \\
&= (0,707 \times 0,48342) + (0,707 \times 0,50715) \\
&= 0,34177794 + 0,35855505 \\
&= 0,70033
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Z_9 &= \sum_{i=1}^p a_{ji} Y_i \\
&= (0,707 \times 0) + (0,707 \times 0) \\
&= 0 + 0 \\
&= 0
\end{aligned}$$

Menghitung Principal Component
Analysis PC2

$$\begin{aligned}
Z_1 &= \sum_{i=1}^p a_{ji} Y_i \\
&= (0,707 \times 0,35192) + (-0,707 \times 0,37979) \\
&= 0,24880744 + 0 + (-0,26851153) \\
&= -0,01970
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Z_2 &= \sum_{i=1}^p a_{ji} Y_i \\
&= (0,707 \times 0,69740) + (-0,707 \times 0,77828) \\
&= 0,4930618 + (-0,55024396) \\
&= -0,05718
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Z_7 &= \sum_{i=1}^p a_{ji} Y_i \\
&= (0,707 \times 0,08816) + (-0,707 \times 0,09128) \\
&= 0,06232912 + (-0,06453496) \\
&= -0,00220
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Z_3 &= \sum_{i=1}^p a_{ji} Y_i \\
&= (0,707 \times 0,23496) + (-0,707 \times 0,25092) \\
&= 0,16611672 + (-0,17740044) \\
&= -0,01128
\end{aligned}$$

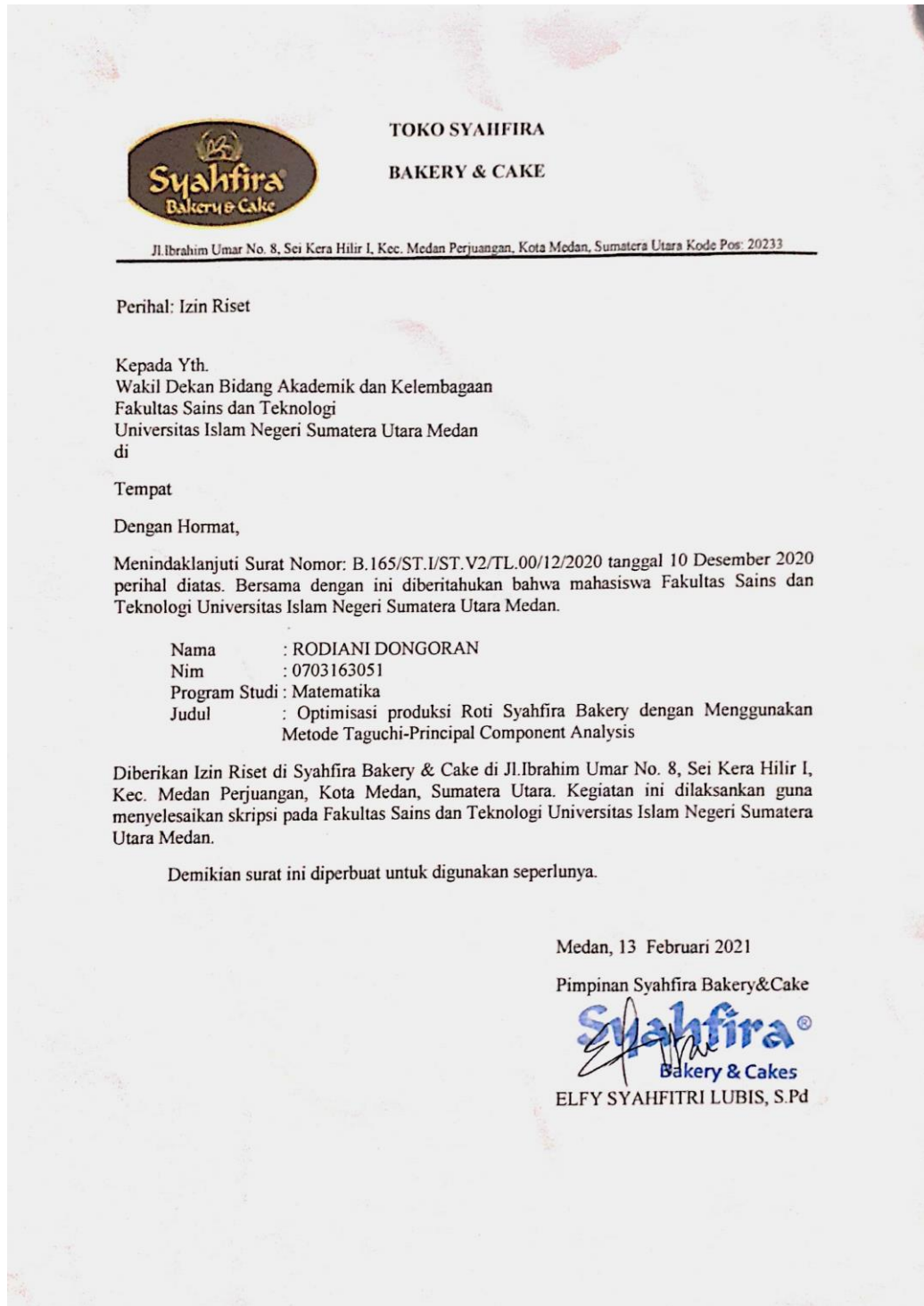
$$\begin{aligned}
Z_8 &= \sum_{i=1}^p a_{ji} Y_i \\
&= (0,707 \times 0,48342) + (-0,707 \times 0,50715) \\
&= 0,34177794 + (-0,35855505) \\
&= -0,01677
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Z_4 &= \sum_{i=1}^p a_{ji} Y_i \\
&= (0,707 \times 0,55773) + (-0,707 \times 0,59374) \\
&= 0,39431511 + (-0,41977418) \\
&= -0,02545
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Z_9 &= \sum_{i=1}^p a_{ji} Y_i \\
&= (0,707 \times 0) + (-0,707 \times 0) \\
&= 0 + 0 \\
&= 0
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Z_5 &= \sum_{i=1}^p a_{ji} Y_i \\
&= (0,707 \times 1) + (-0,707 \times 0,97581) \\
&= 0,707 + (-0,68989767) \\
&= -0,01710
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Z_6 &= \sum_{i=1}^p a_{ji} Y_i \\
&= (0,707 \times 0,75793) + (-0,707 \times 1) \\
&= 0,53585651 + (-0,707) \\
&= -0,17114
\end{aligned}$$

Lampiran 4 Surat Balasan Izin Riset

Lampiran 5 Hasi perhitungan data korelasi

$x - \bar{x}$	$y - \bar{y}$	$(x - \bar{x})(y - \bar{y})$	$(x - \bar{x})^2$	$(y - \bar{y})^2$
-0,11158	-0,12876	0,014368	0,01658	0,14424
0,23389	0,26973	0,063087	0,07275	0,60572
-0,22855	-0,25763	0,05888	0,06637	0,06296
0,09423	0,08518	0,008027	0,00726	0,35252
0,53650	0,46726	0,250685	0,21833	0,95221
0,29443	0,49145	0,144696	0,24152	1,00000
-0,37534	-0,41727	0,156621	0,17412	0,00833
0,01992	-0,00141	-2,8E-05	0,00000	0,25720
-0,46350	-0,50855	0,235714	0,25862	0,00000
		0,932049	1,055557	3,38318
			1,02740	1,83934
			1,889746	

Lampiran 6 Gambar wawancara di toko Syahfira Bakery



Hasil wawancara di Toko Syahfira Bakery

Ibu Elfy Syahfitri Lubis atau sering di dapanggil ibu fitri adalah seorang pengusaha roti/bakery, ibu fitri melanjutkan usaha roti yang didirikan oleh ayahnya sebelumnya. Namun karena ayahnya sudah tua ibu fitri mengambil alih untuk memimpin toko roti tersebut. Berdirinya toko roti tersebut pada tahun 2015 sampai dengan sekarang. Pada awalnya berjualan roti/bakery karena masalah ekonomi yang semakin menurun dan juga kebutuhan hidup yang semakin banyak maka beliau memberanikan diri untuk membuka usaha roti/bakery.

Sebelum membuka usaha beliau merupakan guru PNS, dan sekarang beliau sudah memberikan kepercayaan kepada anaknya yaitu ibu Elfy Syahfitri Lubis sebagai pemilik toko Syahfira Bakery. Karyawan yang bekerja sekarang kurang lebih berjumlah 50 orang karyawan yang lebih dominan yang perempuan dari pada laki-laki. Roti yang diproduksi oleh perusahaan ibu Elfy Syahfitri sampai sekarang ialah roti tawar, roti isi (rasa coklat, keju, kacang), Roti manis, donat, dan lain sebagainya. Roti yang dikemas dan siap dipasarkan biasanya didistribusikan ke toko-toko dan didagangkan oleh para pedagang keliling. Harga yang diberikan tergantung pada jenis rotinya, kisaran harga mulai dari Rp.3000-, Rp.4000-, Rp.5000-, sampai dengan Rp 40.000, untuk produksi roti setiap hari dilakukan, dan pada saat produksi ada beberapa roti yang gagal/cacat sehingga tidak layak untuk dijual roti gagal/cacat tidak bisa diperkirakan setiap harinya.

Lampiran 7 Data Produksi Roti Syahfira Bakery pada bln Januari 2021.

N0	Tgl-Bln	Jumlah produksi roti/hari	Jumlah roti yang cacat/gagal
1	01-Jan	50	9
2	02-Jan	50	4
3	03-Jan	50	10
4	04-Jan	50	7
5	05-Jan	50	3
6	06-Jan	50	2
7	07-Jan	50	14
8	08-Jan	50	6
9	09-Jan	50	17
10	10-Jan	50	8
11	11-Jan	50	4
12	12-Jan	50	12
13	13-Jan	50	5
14	14-Jan	50	4
15	15-Jan	50	7
16	16-Jan	50	16
17	17-Jan	50	8
18	18-Jan	50	19
19	19-Jan	50	13
20	20-Jan	50	8
21	21-Jan	50	15
22	22-Jan	50	9
23	23-Jan	50	3
24	24-Jan	50	5
25	25-Jan	50	18
26	26-Jan	50	10
27	27-Jan	50	20

Pimpinan Syahfira Bakery&Cake



Elfy Syahfitri Lubis, S.Pd