

TESIS-MM2403

**ANALISA FAKTOR-FAKTOR YANG
BERPENGARUH TERHADAP KUALITAS
PRODUKSI KOPI INSTANT DENGAN
METODE TAGUCHI**

OKTAVINA DEWI INDRAWATI
NRP 9105201507

Dosen Pembimbing
Drs. HARYONO, MSIE

PROGRAM STUDI MAGISTER MANAJEMEN TEKNOLOGI
Bidang Keahlian Manajemen Industri
Program Pascasarjana
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2008



TESIS-MM2403

**ANALISA FAKTOR-FAKTOR YANG
BERPENGARUH TERHADAP KUALITAS
PRODUKSI KOPI INSTANT DENGAN
METODE TAGUCHI**

OKTAVINA DEWI INDRAWATI
NRP 9105201507

Dosen Pembimbing
Drs. HARYONO, MSIE

PROGRAM STUDI MAGISTER MANAJEMEN TEKNOLOGI
Bidang Keahlian Managemen Industri
Program Pascasarjana
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2008



THESIS-MM2403

**ANALYSIS OF FACTORS THAT AFFECT TO
AN INSTANT COFFEE QUALITY USING
TAGUCHI METHOD**

OKTAVINA DEWI INDRAWATI
NRP 9105201507

Supervisor
Drs. HARYONO, MSIE

PROGRAM STUDI MAGISTER MANAJEMEN TEKNOLOGI
Bidang Keahlian Managemen Industri
Program Pascasarjana
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2008

**ANALISA FAKTOR-FAKTOR YANG BERPENGARUH
TERHADAP KUALITAS PRODUKSI KOPI INSTANT
DENGAN METODE TAGUCHI**

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Manajemen Teknologi (M.MT)
di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

OKTAVINA DEWI INDRAWATI
NRP. 9105 201 507

Tanggal Ujian : 13 Pebruari 2008
Periode Wisuda : Maret 2008

Disetujui oleh:

1. **Drs. Haryono, MSIE.**
NIP. 130 701 284

(Pembimbing)

2. **Dr. Ir. Abdullah Shahab, M.Sc.**
NIP. 130 781 341

(Penguji)

3. **Ir. Arman Hakim Nasution, M.Eng.**
NIP. 132 085 803

(Penguji)

4. **Dr. Ir. Sekartedjo, M.Sc.**
NIP. 130 701 281

(Penguji)



Direktur Program Pascasarjana,

Prof. Ir. Suparno, MSIE., Ph.D.
NIP. 130.532.035

ANALISA FAKTOR-FAKTOR YANG BERPENGARUH TERHADAP KUALITAS PRODUKSI KOPI INSTANT DENGAN METODE TAGUCHI

Nama Mahasiswa : Oktavina Dewi Indrawati
NRP : 910201507
Pembimbing : Drs. Haryono, MSIE

ABSTRAK

Pada saat ini perkembangan teknologi pengolahan kopi maju dengan pesat, terbukti dengan adanya kopi instant yang menjadi produk populer dan semakin luas konsumsinya di masyarakat, oleh karena itu pengolahannya juga harus dilengkapi dengan upaya peningkatan kualitas produk agar dihasilkan produk yang bermutu tinggi dan memenuhi selera konsumen secara optimal. Mutu kopi instant dipengaruhi oleh faktor-faktor yang dapat dikendalikan antara lain kualitas biji kopi terdiri dari % biji kopi bagus, % kotoran biji kopi dan % kadar air biji kopi, suhu penyangraian (*Roasting*), persentase *particle size* kopi bubuk kasar (*Regular Coffee*), jumlah air ekstraksi, suhu ekstraksi, maupun faktor yang tidak dapat dikendalikan yaitu jenis kopi biji yang digunakan dan umur panen. Penelitian ini bertujuan untuk memperkecil nilai *yield* yaitu rasio antara input yaitu jumlah pemakaian bahan baku biji kopi dengan output yaitu produk kopi instant yang dihasilkan (*QC : Smaller the better*) dan kualitas (cita rasa) kopi yang diharapkan (*QC : Larger the better*).

Dalam penelitian ini, data percobaan tiap respon (rasio antara input dan output serta kualitas yang diharapkan) disusun dalam bentuk *Standard Orthogonal Array (OA)* dari Taguchi. Hasil dari tabel OA kemudian akan dibawa ke Rasio S/N yang merepresentasikan ukuran keragaman yang timbul. Tingkat kepentingan kedua respon diatas dibobot dengan menggunakan metode Entropy. Metode Overall Evaluation Criteria (OEC) kemudian digunakan untuk menghasilkan suatu besaran yang mewakili kedua respon yang dikehendaki berdasarkan bobot yang telah ditentukan. Selanjutnya dilakukan *Analysis of Variance (ANOVA)* untuk mengetahui besar pengaruh variabel perancangan terhadap nilai OEC. Dari Hasil dari perhitungan ANOVA, dapat diperoleh kombinasi variabel perancangan proses produksi kopi Instant yang menghasilkan nilai *yield* yang minimum dan mendapatkan kualitas yang maksimum.

Hasil yang diperoleh adalah persentase biji kopi bagus sebesar 80%, persentase kotoran biji kopi bagus sebesar 2,5%, kadar air biji kopi sebesar 10%, suhu roasting sekitar 200⁰C, partikel kopi regular dengan ukuran medium, jumlah air untuk proses ekstraksi sebanyak 6 liter dan suhu ekstraksi sekitar 130⁰C merupakan faktor-faktor yang mempengaruhi presisi proses dan terjadi peningkatan mutu sebesar 24,87%.

Kata kunci : Nilai Yield, Kualitas Citarasa, *Orthogonal Array*, Taguchi, Entropy, *Overall Evaluation Criteria (OEC)*

ANALYSIS OF FACTORS THAT AFFECT TO AN INSTANT COFFEE QUALITY USING TAGUCHI METHOD

By : Oktavina Dewi Indrawati
Student Identity Number : 9105201507
Supervisor : Drs. Haryono, MSIE

ABSTRACT

An instant coffee quality is affected by some factors such as percentage of good beans and impurities, roasting temperature, particle size of roasted and ground coffee, extraction water quantity, and extraction temperature which is controllable, also some factors such as coffee bean type and variation of mixing composition which is un-controllable. The objective of this study is to minimize yield value, a ratio between raw material of coffee bean and soluble solid in coffee extraction.

In this study, design experiment data each response (input and output ratio including target quality) is modeled using Standard Orthogonal Array (OA) of Taguchi. The result of OA to be analyzed using S/N Ratio to represent diversity. Importance level of both response to be weighted using Entropy Method. Following this method, Overall Evaluation Criteria (OEC) is using to represent both responses based on weight that have been determined . Finally Analysis of Variance (ANOVA) has been applied to determine importance level of design experiment variable to OEC value. Based on the result of ANOVA, combination of design experiment variable to be obtained for determining minimum yield value and taste quality in maximum value.

The analysis conclude that the most factor to determine instant coffee quality is good beans (80%), impurities (2.5%), roasting temperature (200⁰C), particle size of roasted and ground coffee (medium grind), extraction water quantity (6 liters), and extraction temperature (130⁰C) can improved of instant coffee quality amount of 24.87%.

Key word: Yield Value, Quality of Taste, Orthogonal Array, Taguchi, Overall Evaluation Criteria (OEC)

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji dan syukur atas rahmat, berkah dan hidayah yang diberikan Allah SWT sehingga tesis yang berjudul “Analisa Faktor-Faktor Yang Berpengaruh Terhadap Kualitas Produksi Kopi Instant Dengan Metode Taguchi” dapat terselesaikan. Tesis ini merupakan salah satu persyaratan untuk menyelesaikan program Manajemen Teknologi di Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya.

Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Sekartedjo, MSc, selaku koordinator program Pasca Sarjana MMT-ITS.
2. Bapak Drs. Haryono, MSIE, selaku dosen pembimbing atas pemberian bimbingan, semangat serta dorongan sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini.
3. Mr. Decio Augusto Fernandes, selaku Vice President R&D dan Produksi PT. Aneka Coffee Industry, thank you very much for your all support until I could finished my thesis.
4. Orang tua dan adik-adikku tercinta yang telah memberikan semangat dan doa agar tesis ini dapat terselesaikan.
5. My Bebi, terima kasih atas dorongan, doa dan kasihmu.
6. Teman-teman 2005 kelas Sabtu Minggu MMT-ITS, terima kasih atas dorongan dan segala dukungannya selama studi dan sampai tesis ini dapat terselesaikan dengan baik.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN PROPOSAL TESIS.....	ii
ABSTRAK.....	iii
ABSTRACT.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
BAB 1	PENDAHULUAN
1.1	Latar Belakang1
1.2	Perumusan Masalah4
1.3	Tujuan Penelitian4
1.4	Manfaat Penelitian5
1.5	Batasan Permasalahan5
BAB 2	TINJAUAN PUSTAKA
2.1.	Bahan Baku Kopi Instant.....6
2.1.1	Kopi Arabika7
2.1.2	Kopi Robusta7
2.2.	Proses Pengolahan Kopi Instant8
2.3.	Faktor Respon yang Diamati pada Penelitian Kualitas Kopi Instant.....9
2.3.1	Nilai Yield.....10
2.3.2	Kualitas Citarasa Kopi.....11
2.3.2.1	Kriteria Penilaian Organoleptik Kopi15

2.4.	Faktor Kontrol yang Berpengaruh pada Kualitas Kopi Instant.....	17
2.4.1	Kualitas Biji Kopi.....	17
2.4.2	Suhu Penyangraian (<i>Roasting</i>).....	20
2.4.3	Ukuran Partikel Kopi Bubuk.....	22
2.4.4	Parameter Proses Ekstraksi.....	23
2.5	Prosedur Optimasi Multiple Criteria Decision Making menggunakan OEC dan Metode Entropy	25
2.5.1	Matrik Keputusan (Decision Matrix)	26
2.5.2	Metode Entropy	27
2.5.3	Formulasi dan Rasionalisasi Overall Evaluation Criterion (OEC).....	28
2.6	Penerapan Kerja Metode Taguchi pada Kontrol Kualitas..	29
2.6.1	Faktor Terkendali dan Faktor Noise.....	32
2.6.2	Perancangan Eksperimen Taguchi.....	33
2.6.3	Identifikasi Sistem dengan Parameter (P) Diagram.....	34
2.6.4	Derajat Bebas.....	35
2.6.5	Orthogonal Array.....	36
2.6.6	Rasio Signal terhadap Noise (S/N Ratio).....	39
2.6.7	Analisis Variansi (ANOVA).....	41
2.6.8	Persentase Kontribusi.....	43
2.6.9	Interval Keyakinan.....	45
2.6.10	Percobaan Konfirmasi.....	45
2.6.11	Besarnya Peningkatan Mutu (Reduction Loss to Society).....	46

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1.	Observasi Awal dan Perancangan Eksperimen.....	47
3.2.	Melakukan Proses Perancangan Penelitian.....	47
3.2.1	Faktor Respon.....	47
3.2.2	Faktor Pengontrol.....	48

	3.2.3	Faktor Pengganggu.....	49
	3.2.4	Rancangan Orthogonal Array.....	50
	3.3	Melakukan Penelitian.....	51
	3.3.1	Peralatan Penelitian.....	52
	3.3.2	Prosedur Penelitian.....	52
	3.4	Langkah-Langkah Analisa Data.....	53
BAB 4		ANALISIS DAN PEMBAHASAN	
	4.1	Analisis Data Hasil Percobaan.....	55
	4.2	Perhitungan Bobot Masing-Masing Respon dengan Metode Entropy.....	56
	4.3	Perhitungan Overall Evaluation Criteria (OEC).....	58
	4.4	Analisa Signal to Noise Ratio Nilai OEC.....	60
	4.5	Menyusun Tabel Respon Ratio S/N pada Tiap-Tiap Faktor dan Level.....	61
	4.5.1	Grafik Respon Ratio Signal to Noise (S/N).....	61
	4.6.	Analisis Variansi terhadap S/N Ratio Nilai OEC.....	66
	4.6.1	Perumusan Hipotesis.....	67
	4.6.2	Perhitungan ANOVA.....	68
	4.7	Penentuan Kondisi Optimum untuk S/N Ratio Nilai OEC.....	69
	4.8.	Percobaan Konfirmasi.....	70
	4.9.	Besarnya Peningkatan Mutu	72
BAB 5		KESIMPULAN DAN SARAN	
	5.1	Kesimpulan.....	74
	5.2	Saran.....	75
		DAFTAR PUSTAKA	76
		LAMPIRAN.....	78

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 : Pengukuran Kualitas Menggunakan Metode OEC.....	28
Tabel 2.2 : Orthogonal Array dan Taguchi.....	36
Tabel 2.3 : Orthogonal Array $L_8 (2^7)$	37
Tabel 2.4 : Tabel Anova Dua Arah.....	41
Tabel 3.1 : Rancangan Percobaan Orthogonal Array untuk Tiap-Tiap Respon..	51
Tabel 3.2 : Peralatan Pendukung Penelitian.....	52
Tabel 4.1 : Data Hasil Percobaan untuk Response Nilai Yield.....	55
Tabel 4.2 : Data Hasil Percobaan untuk Response Kualitas Citarasa Kopi.....	56
Tabel 4.3 : Perhitungan Pembobotan Masing-Masing Kriteria dengan Metode Entropy.....	57
Tabel 4.4 : Parameter Perhitungan OEC.....	58
Tabel 4.5 : Perhitungan Nilai OEC pada Berbagai Kombinasi Faktor Noise.....	59
Tabel 4.6 : Perhitungan S/N Ratio Nilai OEC pada Tiap-Tiap Percobaan.....	60
Tabel 4.7 : Respon Ratio Signal to Noise (S/N) Berdasarkan Faktor dan Level- Levelnya.....	61
Tabel 4.8 : Perhitungan ANOVA untuk Ratio S/N dari Nilai OEC.....	68
Tabel 4.9 : Percobaan Konfirmasi pada Kondisi Optimum Respon.....	71
Tabel 4.10 : Kondisi Proses Sebelum Dilakukan Optimasi.....	72

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 : Urutan Proses Produksi Kopi Instant.....	9
Gambar 2.2 : Hubungan antara Temperatur dan Hasil Ekstraksi.....	23
Gambar 2.3 : Ekstraktor Sistem RDC (<i>Rotating Disk Contactor</i>).....	25
Gambar 3.1 : Diagram Alir Metodologi Penelitian.....	54
Gambar 4.1 : Grafik Pengaruh Kualitas Biji Kopi Bagus terhadap Ratio S/N dari Nilai OEC.....	63
Gambar 4.2 : Grafik Pengaruh Kotoran (<i>Impurities</i>) dalam Biji Kopi terhadap Ratio S/N dari Nilai OEC.....	63
Gambar 4.3 : Grafik Pengaruh Kadar Air dalam Biji Kopi terhadap Ratio S/N dari Nilai OEC.....	64
Gambar 4.4 : Grafik Pengaruh Suhu Roasting terhadap Ratio S/N dari Nilai OEC.....	65
Gambar 4.5 : Grafik Pengaruh Ukuran Partikel Kopi Regular terhadap Ratio S/N dari Nilai OEC.....	65
Gambar 4.6 : Grafik Pengaruh Jumlah Air Ekstraksi terhadap Ratio S/N dari Nilai OEC.....	66
Gambar 4.7 : Grafik Pengaruh Suhu Ekstraksi terhadap Ratio S/N dari Nilai OEC.....	67

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A	Tabel Hasil Penelitian	77
Lampiran B	Perhitungan S/N Ratio untuk Setiap F pada Tiap-Tiap Level	80
Lampiran C	Perhitungan ANOVA.....	82

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Semakin kompleknya permasalahan, khususnya persaingan global serta pasar bebas dunia, dan tantangan di dunia bisnis akibat dari kondisi perekonomian yang kurang menguntungkan, pelaku bisnis dituntut bekerja lebih efektif dan efisien. Karena tanpa melakukan hal tersebut, pelaku bisnis tidak akan bisa survive dan bahkan berakibat terjadi kebangkrutan. Salah satu faktor yang terpenting agar dapat menyesuaikan atau mengikuti perkembangan dalam bisnis adalah peningkatan kualitas produk.

Perkembangan teknologi pengolahan kopi saat ini sangat pesat, terbukti dengan adanya kopi instant yang menjadi produk yang populer dan semakin luas konsumsinya di masyarakat. Apalagi dalam pengolahannya juga dilengkapi dengan upaya peningkatan kualitas produk agar dihasilkan produk yang bermutu tinggi dan memenuhi selera konsumen secara optimal. Berdasarkan hal tersebut, disamping strategi marketing yang tepat, juga perlu disertai dengan kualitas produk yang konsisten sesuai dengan pangsa pasar yang dituju. Hal tersebut diatas juga dianut oleh PT. Aneka Coffee Industry yang bergerak dibidang minuman dengan pangsa pasar yang beraneka ragam dengan positioning targeting level yang berbeda-beda.

PT. Aneka Coffee Industry merupakan salah satu perusahaan yang bergerak dibidang manufaktur, yaitu membuat atau memproduksi kopi instant. PT. Aneka Coffee Industry merupakan perusahaan PMA yang didirikan oleh PT. Prasadha Aneka Niaga bersama dengan Itochu Corporation, Ueshima Coffee Co. Ltd. dari Jepang dan PT. Citrabuana Tunggal Perkasa pada tahun 1995 untuk menghasilkan kopi bubuk dan kopi instant. Pabriknya berlokasi di Sidoarjo memiliki kapasitas produksi 2400 ton kopi bubuk dan 3600 ton kopi instant. Proses produksi menggunakan mesin-mesin modern terbaik hasil teknologi Jerman, Brasilia, Denmark dan Amerika.

Untuk memberikan nilai tambah lebih besar bagi perusahaan, sebagian besar kopi instant diekspor dan sebagian kecil untuk pasar domestik dengan memperkenalkan “Prasidha Coffee” sebagai umbrella brand dalam berbagai merk dagang dan variasi produknya. Adapun kopi instant yang diproduksi adalah *Spray Dried Powder* dan *Agglomerated Products* dengan kualitas tinggi untuk memenuhi standar ekspor.

Dalam estetika perkopian, rasa adalah hal yang sangat penting disamping bentuk fisik seperti warna dan ukuran. Menurut Clarke dan Macrae (1987), kopi instant merupakan suatu produk minuman dimana kualitas kopi instant dipengaruhi oleh kualitas biji kopi dan parameter proses yang terdiri dari penggorengan, penggilingan, proses ekstraksi dan proses.

Pada saat ini perusahaan mengalami kesulitan untuk mempertahankan citarasa kopi agar tetap stabil sesuai dengan permintaan customer dan kesulitan untuk menurunkan nilai yield dari kopi instant yang dihasilkan. Pada saat ini dari perusahaan menemukan bahwa sekitar 5% dari produk yang dihasilkan tidak memenuhi standar yang ditetapkan oleh perusahaan, dimana standar yang dimaksud adalah nilai yield tidak melebihi standar yield yang ditetapkan dan kualitas citarasa yang sesuai keinginan customer. Oleh karena itu Perusahaan ingin menentukan dan mengendalikan faktor-faktor yang berpengaruh pada terjadinya ketidakstabilan citarasa kopi dan nilai yield yang diperoleh dari produk kopi instant tersebut, dimana nilai *yield* adalah perbandingan pemakaian green bean material sebagai input dengan kandungan padatan kopi (*soluble solid*) dalam larutan ekstrak kopi sebagai output yang dihasilkan.

Untuk itu dilakukan penelitian untuk mendapatkan faktor yang berpengaruh dan mengetahui besar pengaruh dari masing-masing faktor tersebut kemudian mengetahui level yang tepat bagi tiap faktor sehingga proses produksi mencapai nilai yield minimum dan kualitas citarasa kopi yang maksimal. Dengan demikian kualitas hasil produksi tetap terjaga disamping efisiensi dan efektifitas perusahaan dapat ditingkatkan. Hal inilah yang mendasari penelitian dengan metode Taguchi yang bertujuan untuk mendapatkan nilai yield yang kecil dan citarasa yang stabil sesuai permintaan customer.

Dari survey lapangan didapatkan faktor-faktor yang dicurigai berpengaruh dan perusahaan memilih faktor-faktor yang diijinkan untuk dieksperimentasikan. Tujuh faktor yang akan dieksperimentasikan adalah persentase biji kopi bagus (*good bean*), persentase kotoran (*impurities*) dalam biji kopi, persentase kadar air biji kopi, suhu *roasting*, ukuran partikel dari kopi bubuk (*Roasted and Ground Coffee*), jumlah air yang digunakan dan suhu dalam proses ekstraksi.

Untuk itu perlu diupayakan suatu pendekatan untuk memperbaiki mutu produk yang dihasilkan serta memperkecil rasio antara pemakaian bahan baku kopi biji dengan kopi instant yang dihasilkan sesuai dengan target yang ditentukan melalui pengendalian mutu dengan Metode Taguchi untuk memperbaiki kualitas produk dan proses serta dapat menekan biaya dan *resources* seminimal mungkin. Telah banyak penelitian mengenai kualitas dengan menggunakan metode Taguchi, salah satu penelitian yang pernah dilakukan oleh T.Y. Tseng dan C.J. Chou (Material Science Forum Vols. 217-222, 1997) adalah untuk mengetahui pengaruh parameter proses terhadap kandungan (sifat-sifat fisik) dari Al-Mn yang diteliti. Begitu pula penelitian yang dilakukan di Jepang oleh Kenichi dan Tomohiro (Journal Gijutsu Iten Foramu, Vol. 17, 2005) dengan menggunakan Metode Taguchi untuk mencari metode yang efektif untuk *manufacturing development* (*quality engineering*) (studi kasus di Hokkaido Manufacturing Industry Jepang). Sedangkan untuk penelitian mengenai faktor-faktor yang berpengaruh secara keseluruhan terhadap kualitas citarasa kopi masih belum banyak dibahas, dari beberapa penelitian tentang faktor yang mempengaruhi kualitas citarasa kopi dibahas secara terpisah, seperti yang dilakukan oleh Donald Lyman dan Robert Benck (Journal Agric. Food Chem, 2003) yang meneliti pengaruh kondisi *roasting* terhadap kualitas citarasa kopi atau penelitian mengenai kualitas biji kopi yang berpengaruh pada derajat penyangraian oleh Fernando Munes dan Manuel Coimbra (Journal Agric. Food Chem, 2002) . Dari penelitian ini diharapkan bahwa faktor-faktor berpengaruh tersebut dapat meningkatkan kualitas produk kopi instant secara maksimal.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan diatas, dapat dirumuskan masalah sebagai berikut:

1. Apakah faktor-faktor seperti kualitas kopi biji seperti persentase biji kopi bagus (*% Good Beans*), persentase kotoran (*% Impurities*) biji kopi dan persentase kadar air biji kopi, suhu *roasting*, persentase ukuran partikel kopi regular (*roasted and ground coffee*), jumlah air ekstraksi dan suhu ekstraksi mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap nilai rasio yield dan citarasa sekaligus yang dihasilkan.
2. Bagaimana menentukan kombinasi *level factor* yang menghasilkan keluaran yang optimal dan tidak sensitive terhadap faktor noise yaitu jenis biji kopi yang digunakan dan umur panen biji kopi.
3. Bagaimana menentukan bobot masing-masing respon dengan Metode Entropy.
4. Bagaimana menghitung besar peningkatan mutu (akurasi dan presisi) dalam kondisi optimal jika dibandingkan dengan kondisi existing.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Ingin mengetahui apakah faktor-faktor seperti persentase biji kopi bagus (*% Good Beans*), persentase kotoran (*% Impurities*) biji kopi dan persentase kadar air biji kopi, suhu *roasting*, persentase ukuran partikel kopi bubuk (*roasted and ground coffee*), jumlah air ekstraksi dan suhu ekstraksi mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap rasio input dibandingkan output (nilai yield).
2. Menghitung kontribusi level factor yang menghasilkan keluaran yang optimal dengan faktor noise yaitu jenis biji kopi yang digunakan dan umur panen biji kopi.
3. Menentukan bobot masing-masing respon dengan menggunakan metode Entropy.
4. Memperoleh metodologi yang baku dalam menentukan kombinasi level parameter proses yang optimum dan memiliki variasi yang stabil

terhadap gangguan proses (*Noise Variable*) dengan melakukan Robust Design Engineering (*Taguchi Method*)

5. Mengetahui dan menghitung besar peningkatan mutu (akurasi dan presisi) dalam kondisi optimal jika dibandingkan dengan kondisi existing.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan masukan kepada perusahaan tentang hubungan kontribusi variabel-variabel bebas terhadap produk kopi instant yang dihasilkan dan kualitas yang diharapkan, sehingga dapat digunakan untuk mengoptimalkan kondisi saat ini.
2. Memberikan pengetahuan tentang penerapan metode Taguchi untuk masalah-masalah optimasi multirespon bagi peneliti dan mahasiswa.

1.5. Batasan Permasalahan

Penelitian ini menggunakan batasan-batasan sebagai berikut:

1. Faktor utama yang diteliti adalah persentase biji kopi bagus (*% Good Beans*), persentase kotoran (*% Impurities*) biji kopi dan persentase kadar air biji kopi, suhu *roasting*, persentase ukuran partikel kopi bubuk (*roasted & ground coffee*), jumlah air ekstraksi dan suhu ekstraksi. Sedangkan faktor *noise* adalah jenis biji kopi yang digunakan dan umur panen biji kopi.
2. Karakteristik kualitas adalah *smaller the better* terhadap nilai yield dan kualitas rasa yang diharapkan dengan karakteristik kualitas *larger the better*
3. Penelitian dilakukan dalam skala Laboratorium
4. Proses produksi hanya dibatasi sampai pada proses ekstraksi.
5. Peningkatan kualitas yang diharapkan hanya terfokus pada citarasa dan hasil kandungan kopi (*soluble solid*) yang didapatkan dalam larutan kopi hasil ekstraksi.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

Kopi merupakan bahan minuman tidak saja terkenal di Indonesia tapi juga terkenal di seluruh dunia. Hal ini disebabkan karena kopi baik dalam bentuk bubuk maupun seduhannya memiliki aroma yang khas yang tidak dimiliki oleh bahan minuman lainnya.

Sebelum kopi dipergunakan sebagai bahan minuman, maka terlebih dahulu dilakukan proses roasting, "flavor" kopi yang dihasilkan selama proses roasting tergantung dari jenis kopi hijau yang dipergunakan, cara pengolahan biji kopi, penyangraian, penggilingan, penyimpanan dan metoda penyeduhannya (Clarke dan Marcae,1987). Cita rasa kopi akan ditentukan akhirnya oleh cara pengolahan dipabrik-pabrik. Penyangraian biji kopi akan mengubah secara kimiawi kandungan-kandungan dalam biji kopi, disertai susut bobotnya, bertambah besarnya ukuran biji kopi dan perubahan warna bijinya. Kopi biji setelah disangrai akan mengalami perubahan kimia yang merupakan unsur cita rasa yang lezat.

2.1. Bahan Baku Kopi Instant

Kopi adalah suatu jenis tanaman tropis yang dapat tumbuh dimana saja, kecuali pada tempat-tempat yang tidak terlalu tinggi dengan suhu yang sangat dingin, atau daerah-daerah tandus yang memang tidak cocok bagi kehidupan tanaman.

Berdasarkan jenis tanaman kopi, dikenal dua jenis yaitu kopi Arabika (*Coffea Arabica*) dan kopi Robusta (*Coffea Robusta*). Mutu kopi yang baik sangat tergantung pada jenis bibit yang ditanam, keadaan iklim, tinggi tempat, dan lain-lain, kesemuanya ini dapat mempengaruhi perkembangan hama dan penyakit. Cuaca juga dapat mempengaruhi produksi kopi biji.

2.1.1 Kopi Arabika

Kopi Arabika merupakan biji kopi yang paling disukai dan terutama dihasilkan di Brazilia, Colombia, Mexico dan negara-negara Amerika latin lainnya. Di Indonesia, jenis kopi Arabika dihasilkan di daerah Gayo Aceh, Mandheling di Sumatra, Tana Toraja di Sulawesi Selatan, Malang di Jawa Timur dan Dili di Timor Timur. Kopi Arabika berciri-ciri berdaun kecil, halus mengkilat, panjang daun 12-15 cm x 6 cm dan panjang buah 1,5 cm. Jenis ini ditanam pada dataran tinggi yang beriklim kering pada ketinggian sekitar 900 - 2000 meter dari permukaan laut (Illy and Illy, 1992), dapat berproduksi dengan baik di Indonesia, dengan suhu sekitar 16 - 21⁰C (Sulistiyowati, 2005). Biji buah besar, berbau harum, memiliki aroma dan flavor lebih harum dibanding kopi Robusta, rasanya lebih enak dan memiliki karakter cita rasa asam (*acid*) akan tetapi memiliki kekentalan (*body*) lebih lemah.

2.1.2 Kopi Robusta

Kopi Robusta banyak di hasilkan di Indonesia, India dan beberapa Negara Afrika. Berdaun besar, dan panjang daun kecil dari 20 x 10 cm bergelombang, sedangkan panjang buah ± 1,2 cm. Dapat tumbuh dengan baik pada ketinggian sekitar 200 – 300 meter (Illy and Illy, 1992) dengan suhu antara 21 - 24⁰C. Kopi jenis Robusta ini relatif lebih murah harganya dibandingkan dengan kopi Arabika dan pada umumnya dipergunakan sebagai pencampur untuk persaingan harga atau untuk tujuan pengekstraksian bahan-bahan terlarut. Kopi Robusta meskipun aroma dan flavornya lebih rendah dibandingkan kopi Arabika tetapi memiliki kekentalan (*body*) yang kuat.

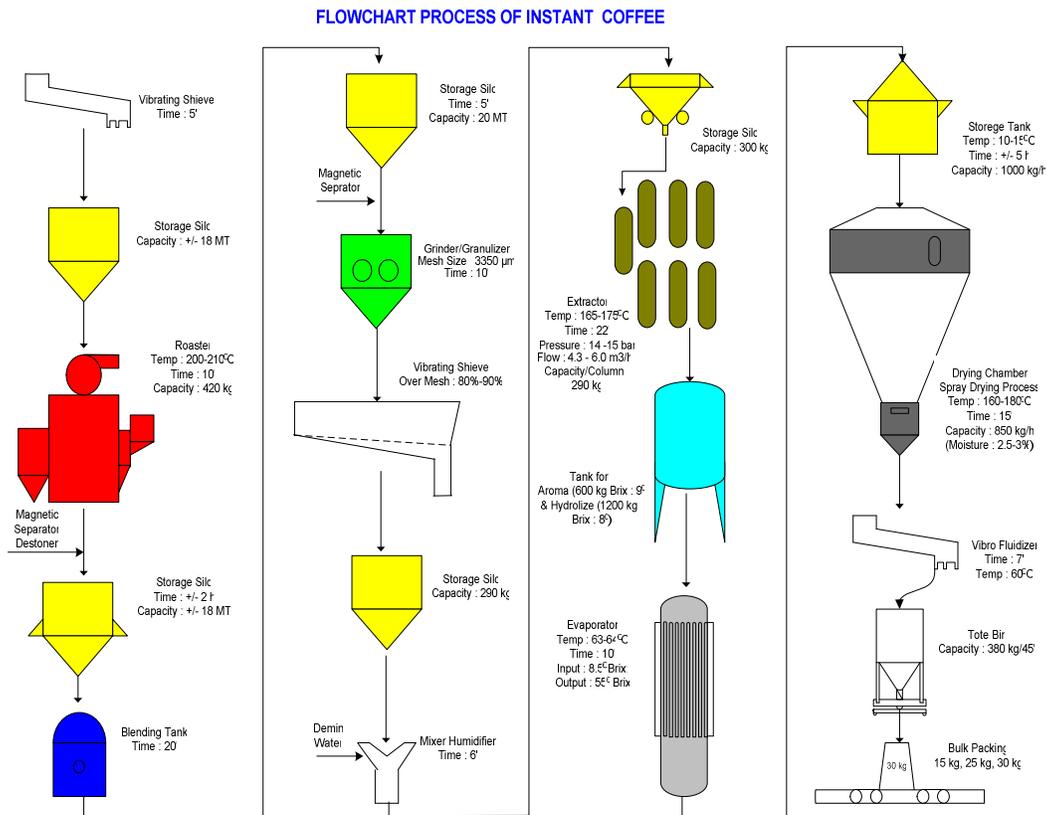
Pada biji kopi mentah, ada 180 senyawa yang mudah menguap dan termasuk dalam senyawa – senyawa hidrokarbon, alifatik, asam, *alcohol*, *tiol*, *furan*, *pisol*, *pirimidin*, *quinolin*, *phenol*, dan amin aromatik. Ragam senyawa-senyawa ini selain dipengaruhi oleh daerah asalnya juga dipengaruhi oleh cara pengolahan (Wahyudi, 2005). Warna biji kopi mentah mempunyai hubungan dengan rasa. Warna biji kopi hijau kebiruan sebagai parameter mutu yang menyangkut kesegaran, sedangkan warna kuning kecoklatan berkaitan dengan umur simpan yang lebih lama, seperti yang dikemukakan oleh Illy and Vianni

(Sulistyowati, 2005) bahwa ISO merekomendasikan penggolongan warna menjadi : biru (*blue*) menunjukkan mutu biji kopi yang sangat baik, untuk warna kehijauan (*greenish*), keputihan (*whitish*) dan kekuningan (*yellowish*) menunjukkan mutu biji kopi tergolong baik sedangkan untuk warna kecoklatan (*brownish*) menunjukkan bahwa mutu biji kopi tersebut tidak bagus.

Kafein adalah komponen yang sangat penting dan memberikan efek fisiologis, serta menentukan tingkat rasa pahit dari kopi. Kandungan kafein dalam kopi robusta sekitar 2,0% – 4,5%, sedangkan kopi arabika 1,0% – 1,7% (Illy and Illy, 1992).

2.2. Proses Pengolahan Kopi Instant

Kopi instant merupakan kopi yang bersifat mudah larut dengan air (*soluble*) tanpa meninggalkan serbuk. Pengolahan kopi instant yang esensial berupa produksi ekstrak kopi melalui tahap : penyangraian (*roasting*), penggilingan (*grinding*), ekstraksi, evaporasi, drying (*spray drying* maupun *freeze drying*) dan pengemasan produk.. Pengolahan kopi instant (*soluble coffee*) sangat tergantung dari proses sebelumnya. Pada tahap penggilingan biji-biji kopi yang berbeda ukuran, partikelnya harus disesuaikan untuk menjamin efisiensi ekstraksi. Hasil penggilingan yang terlalu halus akan mengganggu perjalanan cairan kopi pada kolom ekstraksi, karena itu hasil penggilingan yang agak kasar dan seragam lebih diinginkan (Clarke and Marcae, 1987). Proses pengolahan di pabrik ini menggunakan peralatan dan mesin yang canggih dan pengaturan alat dilakukan secara skematis dan seefisien mungkin. Urutan proses produksi pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.1. Urutan Proses Produksi Kopi Instant

Dalam penelitian ini proses pembuatan kopi hanya sampai pada proses ekstraksi kopi dalam skala laboratorium karena dengan proses ini telah dapat diketahui kandungan kopi padatan (*soluble solid*) yang terkandung dalam larutan ekstrak kopi.

2.3. Faktor Respon yang diamati pada Penelitian Kualitas Kopi Instant

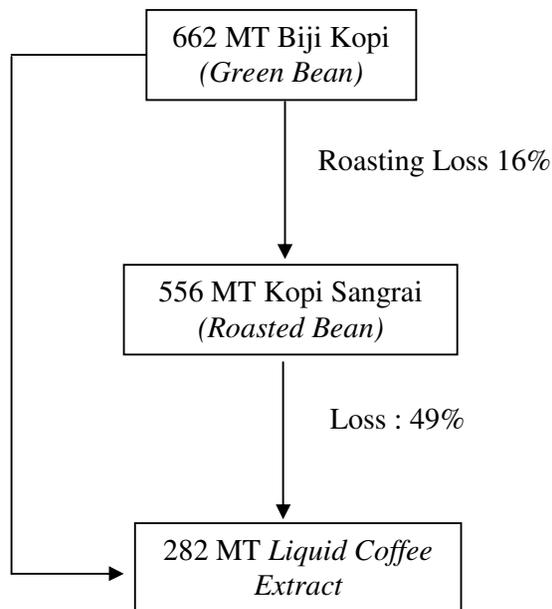
Agar diperoleh hasil yang optimum, maka penelitiann dilakukan untuk memenuhi beberapa kriteria, yaitu

2.3.1. Nilai Yield

Nilai yield adalah kandungan padatan kopi (soluble solid) yang terdapat larutan hasil ekstraksi (*liquid extract coffee*).

Konsentrasi ekstrak adalah sering diartikan dengan hasil ekstraksi, walaupun konsentrasi menunjukkan persentasi jumlah padatan dalam ekstrak. Sebelumnya, hal ini normal dilakukan untuk memproduksi ekstrak secara langsung dalam *Extractor* dengan jumlah padatan 30%. Saat ini dari riset dan pengalaman membuktikan bahwa maksimum persentase kepadatan dari *Extractor* seharusnya jumlah padatan yang terkandung sekitar 20-25%

Dibawah ini adalah contoh yang menunjukkan proporsi antara pemakaian biji kopi (*green bean*) dengan padatan kopi yang dihasilkan (*soluble coffee*)



Jumlah kopi ekstrak dengan konsentrasi (*brix*) 45 akan terkandung padatan kopi (*solid*) 38.1% (data dari tabel brix), sehingga diperoleh :

Padatan ekstrak kopi (SS) = 282 MT x 38.1% = 107 MT dan didapatkan nilai yield sebagai berikut :

$$\text{Yield} = \frac{\text{Pemakaian Biji Kopi}}{\text{Padatan kopi (SS)}} = \frac{662 \text{ MT}}{107 \text{ MT}} = 6.2$$

Keterangan :

Nilai yield 6.2 menunjukkan bahwa dengan pemakaian biji kopi sebanyak 6.2 kg dapat menghasilkan padatan kopi sebanyak 1 kg.

Nilai kandungan padatan (*soluble solid*) ditentukan berdasarkan konsentrasi larutan (*brix*) ekstrak kopi yang dihasilkan. Seperti disebutkan diatas dalam percobaan normal bahwa ekstrak kopi yang melalui *Extractor* memiliki konsentrasi rata-rata 20-25% padatan. Pada bagian pertama ekstrak mempunyai konsentrasi dan kualitas yang lebih tinggi dari bagian terakhir.

Nilai *yield* diperoleh dengan cara membagi berat dari jumlah pemakaian biji kopi material dengan nilai SS (*Soluble Solid*) yang dihasilkan dari larutan kopi hasil ekstrak.

2.3.2. Kualitas Citarasa Kopi

Untuk mengetahui kualitas kopi yang diharapkan tidak hanya ditentukan oleh penilaian secara fisik, akan tetapi lebih ditentukan oleh cita rasanya, maka cara untuk menganalisa citarasa kopi dilakukan dengan test organoleptik atau uji cita rasa. Test organoleptik dikenal juga sebagai uji sensorik adalah pengujian yang menggunakan indera pembau, perasa, peraba, penglihat dan pendengar untuk memberikan penilaian secara subyektif dalam menentukan kualitas rasa kopi.

Penilaian cita rasa bukan sekedar mencicipi atau membau, melainkan suatu proses penilaian menggunakan manusia sebagai alat/instrumen ukur. Sifat-sifat yang dapat diukur dengan uji cita rasa hanyalah sifat-sifat sensori yang dapat ditangkap oleh indera manusia dan dapat menghasilkan rangsangan tertentu pada manusia (panelis). Hal yang paling penting dalam pengujian cita rasa kopi adalah kemampuan untuk mengenal citarasa yang diinginkan dan dapat membedakannya dari citarasa yang menyimpang dan tidak diinginkan sebagai usaha penyeragaman dan peningkatan mutu citarasa kopi, selain itu apabila terjadi perubahan citarasa yang disebabkan misalnya oleh kekeliruan cara pengolahan yang tidak dapat

dilihat dengan penilaian sistem cacat, melalui uji cita rasa hal tersebut akan segera diatasi.

Dengan dukungan panelis yang handal (peka dan konsisten) dan terlatih serta laboratorium yang memadai, pengujian organoleptik yang dulunya hanya merupakan diskripsi kualitatif dapat dikembangkan menjadi besaran kuantitatif yang datanya dapat diolah secara statistik untuk proses penarikan kesimpulan.

Metode pengujian organoleptik dikelompokkan dalam dua kelompok besar, yaitu kelompok pengujian perbedaan (*different test*) dan kelompok pengujian penerimaan (*preference test*). Disamping dua kelompok tersebut juga dikenal kelompok pengujian skalar dan kelompok pengujian diskripsi. Dua kelompok pengujian yang pertama banyak digunakan untuk penelitian analisa proses dan penilaian hasil akhir, sedangkan dua kelompok yang lain banyak digunakan dalam pengawasan mutu (*quality control*).

Uji Perbedaan

Pengujian perbedaan dilakukan untuk menentukan apakah terdapat perbedaan sifat sensorik atau organoleptik antara dua contoh atau lebih. Beberapa macam uji perbedaan adalah :

1. Uji Pasangan

Uji pasangan adalah pengujian dengan dua contoh disajikan bersamaan dengan kode yang berlainan, masing-masing panelis diminta untuk menyatakan ada tidaknya perbedaan dalam hal suatu sifat organoleptik dari contoh yang disajikan tersebut.

2. Uji Segitiga (*Triange Test*)

Uji segitiga adalah digunakan untuk mendeteksi perbedaan yang kecil antara dua sampel dimana masing-masing panelis disajikan tiga contoh secara acak. Dua dari tiga contoh tersebut adalah sama dan panelis diminta untuk memilih satu contoh yang berbeda dari tiga contoh yang disajikan.

3. Uji Duo Trio (*Comparison*)

Uji ini seperti halnya uji segitiga, perbedaannya adalah salah satu dari dua contoh yang sama tersebut dicicip atau dikenali terlebih dahulu. Pada tahap berikutnya panelis diminta untuk mencari contoh yang sama dengan contoh yang terdahulu dari dua contoh berbeda yang disajikan kemudian.

Uji Penerimaan (*Preference Test*)

Uji penerimaan menyangkut penilaian seseorang terhadap suatu sifat atau kualitas suatu bahan yang menyebabkan orang menyenangkannya. Beberapa macam uji penerimaan adalah :

1. Uji Kesukaan (*Hedonik*)

Dalam uji hedonik panelis diminta memberikan tanggapan pribadinya tentang kesukaan atau ketidaksukaan suatu sifat organoleptik. Disamping itu panelis dapat mengemukakan tingkat kesukaannya dalam bentuk skor, misalnya 0 untuk tidak suka, 1 untuk netral, 2 untuk agak suka, 3 untuk suka, 4 untuk sangat suka, dan sebagainya.

2. Uji Mutu Hedonik

Dalam uji ini panelis tidak menyatakan suka atau tidak suka melainkan menyatakan tentang kesan baik dan buruk. Kesan baik atau buruk ini disebut kesan mutu hedonik. Kesan mutu hedonik lebih spesifik dari sekedar kesan suka atau tidak suka. Mutu hedonik dapat bersifat baik-buruk, dan sebagainya.

Uji Skalar

Pada uji skalar panelis diminta untuk menyatakan besaran kesan yang diperolehnya. Besaran ini dapat dinyatakan dalam besaran skalar atau numerik. Skala pengukuran hasil uji organoleptik dibedakan sebagai berikut:

1. Skala Nominal

Dalam skala ini, angka mewakili kategori atau ciri khas dari uji dan tidak berhubungan langsung dengan tingkatan suatu parameter tertentu, sebagai contoh : Skala 1 menggambarkan manis, Skala 2 menggambarkan pahit, Skala 3 menggambarkan sepat, dan sebagainya.

2. Skala Ordinal

Skala ordinal menggambarkan rangking suatu bahan pada suatu parameter uji tertentu. Sebagai contoh dalam pengujian tingkat kesukaan terhadap produk kopi yang dibuat dengan 3 macam resep, yaitu resep A, B dan C. Masing-masing produk dari ketiga resep tersebut dapat dinilai rangkingnya.

3. Skala Interval

Skala interval digunakan untuk menggambarkan intensitas suatu parameter uji tertentu. Skala uji dapat dibuat dari tingkat terendah sampai tertinggi. Sebagai contoh dalam pengujian tingkat kepahitan suatu produk, tingkatannya dapat dibuat dari 1 untuk tidak pahit, 2 untuk agak pahit, 3 untuk pahit, 4 untuk sangat pahit, dan sebagainya.

4. Skala Rasio

Skala rasio hampir sama dengan skala interval. Perbedaannya adalah bahwa skala 0 dalam skala interval tidak harus menggambarkan bahwa karakter yang diamati benar-benar tidak ada. Tetapi dalam skala rasio, skala 0 menggambarkan bahwa karakter yang diamati benar-benar tidak ada. Pada contoh skala interval misalkan didapat nilai 2 dan 4 maka dalam skala rasio hasil tersebut diartikan bahwa nilai 4 pahitnya 2 kali dari nilai 2 yaitu sangat pahit dan agak pahit.

Uji Diskripsi

Pada uji ini panelis langsung mendiskripsikan hasil pengujiannya seperti apa yang dapat ditangkap oleh dindranya. Panelis tidak perlu mengikuti sistem penilaian sistematis seperti hal-halnya pada uji-uji lainnya.

2.3.2.1. Kriteria Penilaian Organoleptik Kopi

Penilaian organoleptik seduhan kopi meliputi dua cara yaitu cara sederhana dan cara kompleks.

1. Penilaian secara sederhana meliputi penilaian sifat :

- Keasaman (acidity)
- Body
- Perisa (Flavor)

Sifat keasaman dan body biasanya dinilai berdasarkan intensitas dari tajam (*pointed*), penuh (*full*), sedang (*medium*), ringan (*light*) sampai kurang (*lacking*). Penilaian perisa biasanya bervariasi dari sangat baik (*fine*), baik (*good*), *fair average quality (FAQ)*, *fair*, sampai jelek (*poor*). Penilaian sederhana lebih mengarah kepada penilaian antara baik dan jelek dengan variasi diantaranya, tetapi tidak sampai merinci sifat-sifat citarasa kopi yang sebenarnya sangat kompleks. Untuk penilaian yang lebih rinci harus menggunakan cara yang lebih kompleks.

2. Penilaian secara kompleks meliputi enam penilaian sifat, yaitu :

- Fragrance

Evaluasi sifat fragrance dilakukan sebelum penyeduhan, yaitu pada waktu kopi belum diseduh air, dengan cara membau sehingga dapat diketahui aroma apa saja yang ada kopi tersebut.

- Aroma

Penilaian aroma suatu kopi dilakukan dengan menuangkan air panas pada kopi. Ketika bubuk kopi diberi air akan terbentuk lapisan bubuk di permukaan air.

Dengan bantuan sendok, seduhan diaduk sambil dicium baunya secara kuat. Komponen aroma yang khas akan menguap bersama uap air panas, sehingga dapat menstimulasi syaraf penciuman. Penciuman bau tersebut dapat mengukur karakter aroma kopi yang bervariasi. Secara umum aroma kopi dapat menggambarkan citarasa kopi tersebut walaupun seduhannya belum dirasakan.

- Citarasa (*taste*)

Langkah selanjutnya adalah mencicip seduhan dengan menggunakan sendok khusus untuk penilaian citarasa kopi (seperti sendok sup). Dengan penyeruputan yang kuat cairan akan memenuhi seluruh permukaan lidah, sehingga syaraf pengecap dapat menangkap rasa dasar yaitu manis (*sweet*), asam (*sour*), dan pahit (*bitter*). Karena panas cairan dapat mempengaruhi proses stimulasi syaraf, maka suhu cairan perlu diatur sekitar 80 – 90⁰C. Umumnya citarasa dapat dikenali setelah cairan ditahan di dalam rongga mulut selama 3 -5 detik. Dengan cara tersebut dapat ditentukan karakteristik citarasa utama (*primary taste*) dan citarasa sekunder (*secondary taste*).

- Hidung (*Nose*)

Menganalisis seduhan kopi dengan organ hidung dan citarasa (*taste*) secara serempak melalui penyeruputan seduhan. Senyawa-senyawa organik yang menguap dari seduhan, ketika disruput kuat-kuat gas yang ada di rongga mulut juga akan menstimulasi syaraf penciuman di rongga hidung (masuk melalui rongga mulut). Pengenalan secara bersama-sama antara bau di hidung (uap yang masuk dalam rongga hidung) dan citarasa (pada lidah dan rongga mulut) akan memberikan kesan perisa (*flavor*) yang khas.

- Aftertaste

Sifat lanjutan dari citarasa kopi (*aftertaste*) biasanya dilakukan dengan menghirup dan menahan cairan kopi di dalam rongga mulut untuk beberapa detik, kemudian dengan memompa *larynx* secara cepat untuk menekan uap ke dalam rongga hidung dan lidah bagian belakang. Dengan demikian *aftertaste* dapat dikenali, seperti 'rasa coklat' (manis), 'arang' (bakar), 'getar' (*pungent*), dan berasa seperti rempah-rempah (*spicy*), atau gabungan dari rasa-rasa tersebut.

- Body

Body merupakan sifat kekentalan (*mouthfeel*) dari kopi, merupakan karakter internal yang dapat dinilai dengan cara menggosokkan lidah dengan langit-langit mulut sehingga ada kesan kekentalan rasa dari cairan. Rasa minyak (*oilness*), kelicinan (*slipperiness*) merupakan gambaran dari kandungan minyak, sedangkan kekentalan atau viscositas menggambarkan kandungan serat dan protein. Kesemuanya akan menentukan *body* dari suatu kopi.

Seluruh proses penilaian diatas dapat dilakukan berulang-ulang (3-5 kali) untuk mendapatkan kesan yang tepat. Untuk mendapatkan hasil yang baik, ada baiknya dilakukan penilaian terhadap beberapa mangkok dari contoh yang sama secara berdampingan, atau digunakan standar yang telah dikenali dengan baik sebagai pembanding (*reference*).

2.4. Faktor Kontrol yang Berpengaruh pada Kualitas Kopi Instant

Variabel kontrol yang berpengaruh terhadap kualitas produksi kopi instant antara lain :

2.4.1 Kualitas Biji Kopi

Pembagian kopi dalam tingkatan-tingkatan tertentu adalah sangat penting pada kopi Arabika dan Robusta karena komoditi tersebut dijual berdasarkan pertimbangan ketidaksempurnaan. Pertimbangan ketidaksempurnaan tersebut biasanya berdasarkan pada biji-biji hitam yang menjadi standar ketidaksempurnaan dan cacat-cacat lain yang ada pada biji-biji hitam tersebut. Cacat lain itu adalah biji muda, biji pecah, biji hitam, perkaman, kepingan-kepingan kulit, batang dan sebagainya. Walaupun biji hitam tersebut secara tradisional digolongkan sebagai standar ketidaksempurnaan, beberapa cacat lain yang digolongkan kurang dari biji hitam tersebut kenyataannya bisa lebih merusak rasa akhir kopi. Dengan mempertimbangkan contoh-contoh diatas, maka diperoleh petunjuk pengeringan dan penakaran kopi. Ini menunjukkan cacat yang

tersembunyi yang tidak bisa dilihat oleh mata telanjang tetapi akan terlihat pada rasa kopi dan jumlah produk kopi yang dihasilkan.

Penilaian karakter biji kopi biasanya meliputi warna, keseragaman ukuran, rupa dan bau. Kondisi fisik tersebut menentukan ada atau tidaknya cacat pada biji kopi. Menurut Clarke dan Marcae, (1987) terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi citarasa kopi, yaitu

1. Biji-biji cacat seperti biji kopi busuk, pecah dan berlubang memberikan citarasa jelek dan bermutu rendah.
2. Umum panen, terdapat istilah *new crop* dan *old crop*
Pada masa panen baru (*new crop*) kualitas kopi masih dalam kondisi bagus baik dari warna biji kopi hijau kebiruan maupun dari segi rasa terutama aroma dan flavor tetapi jika kopi yang telah lama memiliki warna kuning kecoklatan dan bau apek yang akan mengurangi rasa kopi baik dari segi *aroma*, *flavor* dan *body*.
3. Terlalu banyak biji kopi pecah dan terkelupas yang akan menjadi gosong selama digoreng akan menyulitkan proses penggorengan dan mempengaruhi rasanya
4. Persiapan dan kontrol mutu yang baik untuk kopi yang kering maupun yang basah akan menimbulkan rasa kopi yang baik

Jenis bahan baku yang digunakan untuk proses pengolahan kopi bubuk dan kopi instant di PT. Aneka Coffee Industry adalah kopi Robusta dan kopi Arabika, karena dari pencampuran keduanya akan diperoleh bubuk yang dapat meningkatkan aroma dan cita rasa kopi yang tinggi.

Biji kopi merupakan faktor yang sangat menentukan citarasa seduhan kopi, dalam hal ini jenis maupun kualitas serta asal biji kopi sangat berpengaruh (Clarke & Marcae, 1987). Biji kopi yang digunakan oleh perusahaan diperoleh sebagian besar berasal dari perkebunan rakyat, untuk menjamin kualitasnya sesuai dengan standar yang ditentukan oleh perusahaan, maka sebelum dilakukan transaksi, supplier harus memberikan sampel kopi pada perusahaan. Sampel tersebut kemudian diuji kualitasnya dengan uji visual dan uji citarasa / organoleptik. Penentuan kualitas (*grade*) bahan biji kopi (*green bean material*) didasarkan pada analisa secara fisik yang terdiri dari :

1. Analisa nilai cacat (*Defect System*) yang mengacu pada standar perusahaan dan Standar Nasional Indonesia (SNI 01-2907-1992). Perhitungan nilai cacat berdasarkan pada defect system dan triage, misal : 1 biji hitam (*defect bean*) mempunyai nilai cacat adalah 1. Hasil analisa defect system terdiri dari % biji kopi bagus (*good bean*), % biji kopi cacat (*defect bean*), % kotoran (*impurities*) terdiri dari kulit, ranting, batu, dan benda-benda asing maksimum 10% (bobot/bobot). Biji kopi juga harus terbebas dari bau busuk, kapang dan serangga hidup.
2. Uji Penampakan (*Appearance*) secara visual
3. Analisa Kadar Air (*Moisture*) Biji Kopi
Sesuai dengan standar yang ditentukan oleh Standarisasi Nasional Indonesia (1992) untuk kadar air biji maksimal 13% (bobot/bobot). Kadar air dari kopi biji sangat berpengaruh dalam proses penggorengan, kopi dengan kadar air tinggi akan memerlukan waktu sangrai yang lebih lama untuk mencapai derajat sangrai tertentu sehingga menurunkan aliran produktivitas untuk proses selanjutnya dan penurunan citarasa menjadi lebih hambar, meningkatkan konsumsi bahan bakar (Nunes and Coimbra, 2002).
4. Pengayakan (*Screening*) dengan ukuran screen 19 (7,5 mm), 18 (7,1mm), 17 (6,7 mm), 16 (6,4 mm), 15 (6,0 mm), 14 (5,6 mm), 13 (5,2 mm), BTN (0,0 mm) untuk mengetahui persen ukuran kopi biji (Clarke & Macrae, 1987).

Setelah bahan datang maka dilakukan pengecekan lagi untuk ditentukan gradenya dan diuji citarasanya dan dibandingkan dengan sampel sebelumnya. Grade yang ditentukan dari pabrik pada biji kopi didasarkan pada jenis kopi, cara pengolahan saat diperkebunan, nilai mutu, dan asal / daerah biji kopi ditanam. Bahan baku yang sesuai dengan standar akan masuk kedalam gudang raw material. Bahan baku tersebut akan bertahan sampai 2 tahun di gudang dengan penyimpanan dilakukan pada suhu optimum 20⁰C-25⁰C dan kelembaban yang relatif rendah tidak lebih dari 74%, hal tersebut dianjurkan mengingat sifat biji kopi yang pada kelembaban tinggi akan dapat menyerap air sehingga kadar airnya tinggi dan penyimpanan tidak bisa lama, gudang dalam

kondisi bersih, bebas dari hama penyakit serta bau asing, memiliki ventilasi yang cukup dan karung ditumpuk dilantai yang diben alas kayu setinggi 10 cm.

2.4.2. Suhu Penyangraian (*Roasting*)

Penyangraian (*roasting*) merupakan proses penyangraian biji kopi yang tergantung pada waktu dan suhu yang ditandai dengan perubahan kimiawi yang signifikan. Terjadi kehilangan berat kering terutama gas CO₂ dan produk pirolisis volatil lainnya. Kebanyakan produk pirolisis ini sangat menentukan warna, aroma dan cita rasa kopi (Lyman and Benck, 2003). Kehilangan berat kering terkait erat dengan suhu penyangraian. Berdasarkan suhu penyangraian yang digunakan kopi sangrai dibedakan atas 3 golongan yaitu light roast suhu yang digunakan 195 sampai 199⁰C, medium roast suhu yang digunakan 200 sampai 204⁰C dan dark roast suhu yang digunakan 205 sampai 210⁰C. Menurut Varnam dan Sutherland (1994) : *light roast* menghilangkan 3-5% kadar air : *medium roast* 5-8% dan *dark roast* 8-14%.

Penyangraian sangat menentukan warna dan cita rasa produk kopi yang akan dikonsumsi, jika warna gorengan cenderung terlalu terang atau gelap menyebabkan penurunan aroma dan flavor (Sivetz, 1979), perubahan warna biji dapat dijadikan dasar untuk sistem klasifikasi sederhana. Perubahan fisik terjadi termasuk kehilangan densitas ketika pecah.

Derajat penggorengan menentukan sifat-sifat dari *Roasted Coffee Bean*, hasil senyawa terlarut dalam ekstrak, sifat fisik dan kimia dari ekstrak dan efeknya pada proses pengeringan dan taste dari kopi instant (Rothfos, 1986). Gorengan terang memiliki kopi bubuk dengan *spesific gravity* yang lebih berat daripada gorengan yang lebih gelap. Selain itu, juga menyebabkan densitas pengisian yang lebih besar dalam kolom ekstraktor tetapi kopi lebih mudah untuk diekstraksi. Gorengan gelap akan menghasilkan lebih banyak oil (minyak) dan lemak Disamping itu, minyak kopi berkontribusi terhadap penghambatan senyawa aroma menguap selama produksi kopi instant. Umumnya dapat dikatakan bahwa gorengan yang lebih gelap punya pengaruh yang lebih kuat pada flavour seduhan kopi daripada gorengan kopi yang lebih terang (Rothfos, 1986). Selama proses

penggorengan berat kopi akan berkurang (*Roasting Loss*) sekitar 15-20% tergantung dari derajat gorengnya, untuk gorengan terang (*Light Roast*), roasting loss-nya sekitar 15% sedangkan gorengan gelap (*Dark Roast*) roasting loss-nya berkisar 20%, dengan demikian jelas bahwa komposisi kimia senyawa-senyawa yang menguap dan tidak menguap didalam kopi ditentukan oleh derajat penyangraian, begitu pula dengan cita rasanya. Rasio suhu dan lama sangrai akan menentukan cita rasa kopi. Kopi yang disangrai cepat pada suhu sangrai yang lebih tinggi pada derajat sangrai tertentu akan menghasilkan citarasa yang lebih asam (*acidy*) dibandingkan bila disangrai menggunakan suhu yang lebih rendah atau lama sangrai lebih panjang, sebaliknya penyangraian yang lambat akan menghasilkan *body* yang lebih penuh dan citarasa yang lebih kompleks. Penyangraian yang sangat lambat akan menghasilkan cita rasa hambar.

Penyangraian bisa berupa oven yang beroperasi secara batch atau kontinuous. Pemanasan dapat juga dilakukan pada tekanan atmosfer dengan media udara panas atau gas pembakaran. Pemanasan dapat juga dilakukan dengan melakukan kontak dengan permukaan yang dipanaskan, dan pada beberapa desain pemanas, hal ini merupakan faktor penentu pada pemanasan. Desain paling umum yang dapat disesuaikan baik untuk penyangraian secara batch maupun kontinuous merupakan drum horizontal yang dapat berputar. Umumnya, biji kopi dicurahkan sealiran dengan udara panas melalui drum ini, kecuali pada beberapa roaster dimana dimungkinkan terjadi silang dengan udara panas. Udara yang digunakan langsung dipanaskan menggunakan gas atau bahan bakar, dan pada desain baru digunakan sistem udara daur ulang yang dapat menurunkan polusi di atmosfer serta menekan biaya operasional.

Tahap awal roasting adalah membuang uap air pada suhu penyangraian $\pm 180^{\circ}\text{C}$ dan berikutnya tahap pyrolysis pada suhu $\pm 200^{\circ}\text{C}$. Pada tahap pyrolysis terjadi perubahan-perubahan komposisi kimia dan pengurangan berat sebanyak 16%. Proses roasting berlangsung selama 5-11 menit. Sampel segera diambil setelah roasting dan digiling dengan metoda standar sebelum menilai warna.

Perubahan sifat fisik dan kimia terjadi selama proses penyangraian, menurut Ukers dan Prescott dalam Ciptadi dan Nasution (1985) terjadi seperti

swelling, penguapan air, terbentuknya senyawa volatile, karamelisasi karbohidrat, pengurangan serat kasar, denaturasi protein, terbentuknya gas CO₂ sebagai hasil oksidasi dan terbentuknya aroma yang karakteristik pada kopi. Swelling selama penyangraian disebabkan karena terbentuknya gas-gas yang sebagian besar terdiri dari CO₂ kemudian gas-gas ini mengisi ruang dalam sel atau pori-pori kopi.

Dalam proses penyangraian sebagian kecil dari kafein akan menguap dan terbentuk komponen-komponen lain yaitu aseton, furfural, amonia, trimethylamine, asam formiat dan asam asetat. Kafein di dalam kopi terdapat baik sebagai senyawa bebas maupun dalam bentuk kombinasi dengan klorogenat sebagai senyawa kalium kaffein klorogenat.

2.4.3. Ukuran Partikel Kopi Bubuk (*Roasted and Ground Coffee*)

Penggilingan merupakan proses pemecahan massa kopi pada ukuran partikel / kehalusan tertentu. Penggilingan kopi skala luas selalu menggunakan gerinda beroda (roller), gerinda roller ganda dengan gerigi 2 sampai 4 pasang merupakan alat yang paling banyak dipakai. Partikel kopi dihaluskan selama melewati tiap pasang roller. Derajat penggilingan ditentukan oleh nomor seri roller yang diguncikan. Kondisi ideal dimana ukuran partikel giling seragam adalah mustahil, namun variasi lebih rendah jika menggunakan gerinda roller ganda. Alternatif lain adalah penggilingan sistem tertutup berbasis proses satu tahap, dimana jika ukuran partikel melebihi saringan maka partikel dikembalikan ke pengumpan untuk digiling ulang. Hasil penggilingan biji kopi dibedakan menjadi : *coarse* (bubuk kasar), *medium* (bubuk sedang), *fine* (bubuk halus), *very fine* (bubuk amat halus). Penggilingan melepaskan sejumlah kandungan CO₂ dari kopi. Sebagian besar dilepaskan selama proses dan setelah penggilingan (Fernando and Coimbra, 2002).

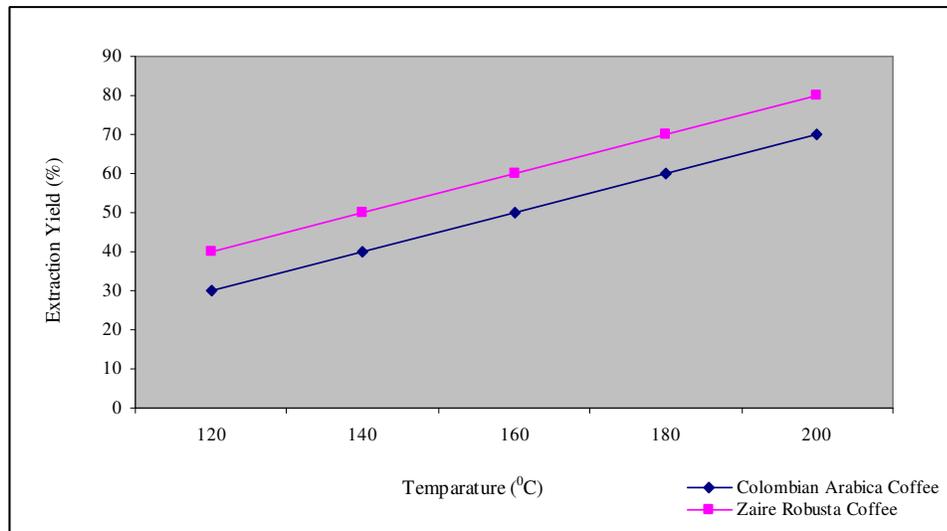
Penggilingan bertujuan untuk meningkatkan efisiensi proses ekstraksi kopi selanjutnya. Jika granula yang dihasilkan terlalu besar akan membutuhkan waktu yang lebih lama dan temperatur lebih tinggi untuk ekstraksi. Jika granula

terlalu kecil menyebabkan serpihan terlalu banyak dan mempengaruhi kandungan sedimen dari produk akhir sehingga kualitas menjadi menurun.

2.4.4. Parameter Proses Ekstraksi

Proses ekstraksi untuk pembuatan kopi instant dipergunakan *Percolator* (penyaring kopi) dan alat sentrifuge untuk mengepres sisa ampas. Proses ini terjadi didalam enam *percolator* menggunakan prinsip *counter current*. Tujuan pengolahan adalah untuk memperoleh ekstraksi optimum dari padatan terlarut tanpa merusak kualitas.

Ekstraksi yang optimum tergantung pada suhu air ekstraksi dan laju alir melalui ampas kopi. Pada prakteknya air panas dimasukkan dengan tekanan suhunya 120⁰C sampai suhu 180⁰C. Penggunaan suhu air tertinggi memungkinkan hasil konsentrasi ekstrak tertinggi (Clarke & Macrae, 1987). seperti yang terdapat pada gambar dibawah ini



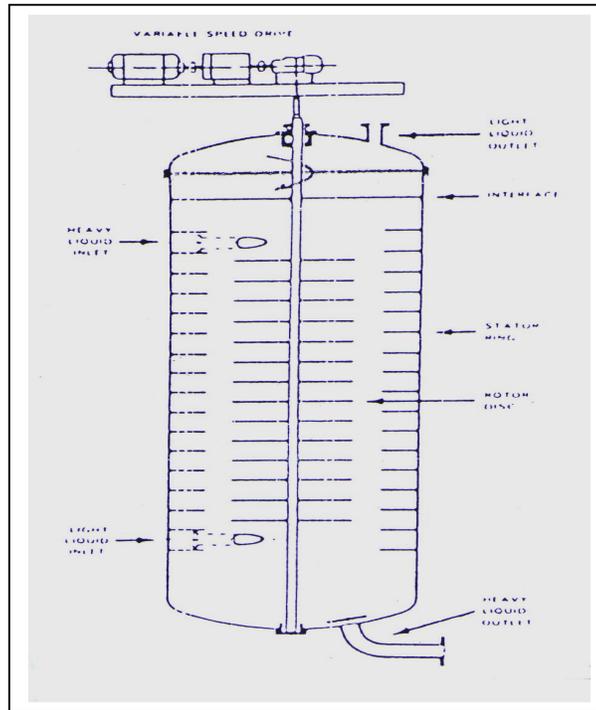
Gambar 2.2. Hubungan antara Temperatur dan Hasil Ekstraksi (Clarke and Marcae, 1987; data diperoleh dari Kroplien)

Akibat penggunaan suhu tinggi adalah menjaga tekanan sistem tetap rendah untuk mempertahankan kondisi hidroulik (suhu air 173⁰C, dibutuhkan tekanan 120 psig atau 828 kPa) dan kolom dihubungkan oleh pipa harus didesai pada tekanan sedemikian rupa sehingga tidak melebihi hidraulik minimum. Air tersebut mengumpulkan sisa padatan larut air pada tekanan tinggi dan sisa padatan terlarut yang tidak terekstraksi akan secara sengaja terbawa ke kolom percolator berikutnya dan terekstraksi, begitu selanjutnya. Setiap penyaring pelarut mengumpulkan padatan larut air lebih banyak. Pada gilingan kopi yang lebih bersih akan meningkatkan ekstraksi dan mengurangi waktu perputaran.

Jumlah air yang digunakan dalam proses ekstraksi sangat berpengaruh karena jika jumlah air yang terlalu rendah akan menghasilkan larutan ekstrak kopi yang sedikit dengan konsentrasi yang tinggi, hal ini bagus dari kualitas tetapi tidak menguntungkan dari segi harga, sedangkan jumlah air yang terlalu besar akan menghasilkan ekstrak kopi dengan konsentrasi rendah artinya akan menghasilkan kandungan padatan (*soluble solid*) kopi yang sedikit serta kualitas kopi terutama taste dan flavor-nya akan rendah

Larutan ekstrak bergerak ke depan secara kontinyu dan pada kolom terakhir keluar berupa *liquid* dengan konsentrasi bahan terlarut 25-35%. Pengisian air panas mengalir secara kontinyu dengan ampas kopi bubuk yang terbanyak.

Setelah mencapai kolom terakhir larutan ekstrak dialirkan, diinginkan dan ditransfer ke tangki penyimpanan (*storage tank*). Kopi hasil ekstraksi kemudian dikeringkan dengan menggunakan metoda spray drying, namun biasanya terlebih dahulu dilakukan penyaringan (*filter*) atau sentrifugasi terhadap cairan tersebut untuk memisahkan koloid berupa ter atau bahan-bahan tidak larut lainnya dan kemudian mengkonsentratkan cairan tersebut dengan cara melewati melalui evaporator dan selanjutnya melakukan proses pengeringan untuk menghasilkan produk kopi instant. Berikut adalah salah satu jenis mesin Percolator dengan tipe (*Rotating Disk Contactor*)



Gambar 2.3. Ekstraktor Sistem RDC (*Rotating Disk Contactor*)

Ampas kopi bubuk (*regular*) yang dikeluarkan dari kolom untuk dibuang, terlebih dahulu dilakukan pengurangan kadar air agar mudah diangkat dengan truk ke tempat pembuangan karena masih mengandung 70% kadar air.

2.5. Prosedur Optimasi Multiple Criteria Decision Making menggunakan OEC dan Metode Entropy

Ketika produk yang diamati harus memenuhi lebih dari satu tujuan, hasil test dari tiap sampel pada tiap-tiap kondisi trial dievaluasi dengan menggunakan evaluasi multikriteria (Roy, 2001). Hasil evaluasi sampel tersebut dapat dikombinasikan menjadi kuantitas tunggal yang disebut *Overall Evaluation Criteria (OEC)*. Evaluasi dari tiap kriteria individual mungkin mempunyai unit pengukuran, karakteristik dan pembobotan relatif berbeda. Untuk mengkombinasikan beberapa kriteria yang berbeda, harus dilakukan normalisasi dan pembobotan (Roy, 2001), sedangkan pembobotan tiap kriteria yang akan dituju dapat digunakan metode *Entropy*.

Langkah-langkah yang dilakukan untuk melakukan multi tujuan adalah :

2.5.1. Matrik Keputusan (*Decision Matrix*)

Jika alternatif percobaan A_i sebanyak n dan jumlah respon yang ada adalah m maka bentuk matrik keputusan $R = \{L_{ij}\}$ adalah sebagai berikut :

$$R = \begin{matrix} & \begin{matrix} C_1 & C_2 & \bullet & \bullet & C_m \end{matrix} \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \bullet \\ \bullet \\ A_n \end{matrix} & \left| \begin{matrix} L_{11} & L_{12} & \bullet & \bullet & L_{1m} \\ L_{21} & L_{22} & \bullet & \bullet & L_{2m} \\ \bullet & \bullet & \bullet & \bullet & \bullet \\ \bullet & \bullet & \bullet & \bullet & \bullet \\ L_{n1} & L_{n2} & \bullet & \bullet & L_{nm} \end{matrix} \right| \end{matrix}$$

dimana :

L_{ij} = fungsi kerugian hasil percobaan yang telah dilakukan untuk masing-masing alternatif percobaan dan masing-masing respon.

Fungsi kerugian untuk respon dengan karakteristik :

a. Nominal the best :

$$L_{ij} = k \cdot \frac{1}{r} \sum_{k=1}^r (Y_{ijk} - m)^2 \quad (2.1)$$

b. The Smaller the better :

$$L_{ij} = k \cdot \frac{1}{r} \sum_{k=1}^r Y_{ijk}^2 \quad (2.2)$$

c. The larger the better :

$$L_{ij} = k \cdot \frac{1}{r} \sum_{k=1}^r \frac{1}{Y_{ijk}} \quad (2.3)$$

Dimana :

L_{ij} = quality loss untuk respon ke j dan kombinasi perlakuan ke i

Y_{ijk} = data pengamatan dari respon ke j , kombinasi perlakuan ke i dan k

k = koefisien fungsi kerugian

r = banyak replikasi (pengulangan)

i = 1,2,.....,m

j = 1,2,.....,n

k = 1,2,.....,r

2.5.2. Metode Entropy

Metoda ini digunakan untuk menentukan respon mana yang akan diprioritaskan dan berapa besar bobot prioritas tersebut. Langkah-langkah metoda *Entropy* adalah :

- a. Menentukan skor yang dimiliki oleh masing-masing alternatif percobaan untuk masing-masing respon.

$$P_{ij} = \frac{y_{ij}}{\sum_{i=1}^n y_{ij}}, i = 1, 2, \dots, n \quad (2.4)$$

dimana , y_{ij} = data pengamatan dari respon ke j, alternatif percobaan i

sehingga akan diperoleh matrik keputusan baru yang telah ternormalkan

$$R = \begin{matrix} & \begin{matrix} C_1 & C_2 & \bullet & \bullet & C_m \end{matrix} \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \bullet \\ A_n \end{matrix} & \left| \begin{matrix} X_{11} & X_{12} & \bullet & \bullet & X_{1m} \\ X_{21} & X_{22} & \bullet & \bullet & X_{2m} \\ \bullet & \bullet & \bullet & \bullet & \bullet \\ X_{n1} & X_{n2} & \bullet & \bullet & X_{nm} \end{matrix} \right| \end{matrix}$$

- b. Menentukan bobot masing-masing respon

Sebelum bobot w ditentukan, dicari nilai entropy E_j untuk masing-masing respon

$$E_j = -\alpha \sum_{i=1}^n P_{ij} \ln P_{ij}, j = 1, 2, \dots, k \quad (2.5)$$

dimana :

$\alpha = 1/\ln(n)$, digunakan untuk menjamin bahwa $0 \leq E_j \leq 1$

Nilai bobot untuk respon dapat dihitung dengan formula sebagai berikut:

$$w_j = \frac{d_j}{\sum_{i=1}^k d_i} \quad (2.6)$$

dimana :

$d_j = 1 - E_j$ adalah merupakan derajat diversity dari rata-rata nilai yang dihitung.

Karena nilai bobot respon dihitung langsung atau tergantung dari matrik keputusan maka nilainya adalah bersifat *unbiased* serta obyektif.

2.5.3. Formulasi dan Rasionalisasi Overall Evaluation Criteria (OEC)

Konsep evaluasi multi kriteria (*Overall Evaluation Criterion*) terjadi ketika terdapat lebih dari satu faktor respon diteliti pada produk atau proses untuk memberikan suatu nilai kepuasan (Roy, 2001).

Sebagai ilustrasi, tabel dibawah ini adalah penelitian yang dilakukan untuk mengevaluasi multi respon dalam penentuan kualitas citarasa kopi instant. Tujuannya untuk memperoleh besaran kriteria tunggal dari beberapa kriteria yang dievaluasi. Pada tabel dibawah, flavor merupakan gabungan antara aroma dan rasa (*taste*), kekentalan (*body*) serta *aftertaste* diukur dengan skala 0 sampai 10 (*Quality Characteristic : bigger is better*) dan kadar air (*moisture*) dari kopi instant diukur dalam bentuk persentase (*Quality Characteristic : smaller is better*). Evaluasi dilakukan pada 2 test sampel dan diukur kualitas citarasanya sesuai dengan kriteria yang akan dinilai diatas. Sedangkan pembobotan tiap-tiap kepentingan dilakukan dengan menggunakan metode entropy.

Tabel 2.1. Pengukuran Kualitas Menggunakan Metode OEC (Roy, 2001)

Kriteria	Pembacaan		Karakteristik	Pembobotan	Uji	
	Terburuk (Y ₁)	Terbaik (Y ₂)			1 (X ₁)	2 (X ₂)
Flavor (1)	0	10	Bigger is better	35	8	6
Kekentalan (2)	0	10	Bigger is better	25	8	4
Aftertaste (3)	0	10	Bigger is better	20	6	3
Kadar Air (4)	3	2	Smaller is better	20	2,5	2

Berikut harga EOC untuk uji 1 dan 2:

$$OEC \text{ test } 1 = \frac{X_{1(1)} - Y_{1(1)}}{Y_{2(1)} - Y_{1(1)}} \cdot \%Bobot_{(1)} + \left(1 - \frac{X_{1(2)} - Y_{1(2)}}{Y_{2(2)} - Y_{1(2)}} \right) \cdot \%Bobot_{(2)} + dst$$

$$\text{OEC test 1} = \frac{8-0}{10-0} \cdot 35 + \left(1 - \frac{8-0}{10-0}\right) \cdot 25 + \left(1 - \frac{6-0}{10-0}\right) \cdot 20 + \left(1 - \frac{2,5-2}{3-2}\right) \cdot 20 = 47$$

$$\text{OEC test 2} = \frac{6-0}{10-0} \cdot 35 + \left(1 - \frac{4-0}{10-0}\right) \cdot 25 + \left(1 - \frac{3-0}{10-0}\right) \cdot 20 + \left(1 - \frac{2-2}{3-2}\right) \cdot 20 = 50$$

Untuk kriteria kedua dan ketiga, harga fraksi (pembacaan/referensi) dikurangkan dengan angka 1 (satu). Hal ini dilakukan untuk kualitas yang dituju adalah *nominal is better* dan *smaller is better* (Roy, 2001).

Sebelum semua kriteria yang akan dievaluasi dikombinasikan, kriteria tersebut harus dinormalisasikan dan besaran kualitasnya dibuat setara. Metoda yang umum untuk evaluasi normalisasi adalah dengan membagi dengan angka referensi yang mempunyai besaran yang sama. (contoh : gr/gr = fraksi tanpa satuan). Angka referensi (contoh 10-0) untuk rasa menunjukkan perbedaan penting antara pembacaan terbaik dan terburuk (selalu berharga positif).

2.6. Penerapan Metode Taguchi pada Kontrol Kualitas

Metode Taguchi pertama kali dikembangkan oleh Dr.Genichi Taguchi pada tahun 1940 yang merupakan metodologi baru dalam bidang teknik untuk menjadikan suatu produk tidak sensitif terhadap berbagai sumber variasi gangguan. Sehingga strategi ini dapat digunakan untuk mengoptimasi desain produk seperti halnya untuk proses desain manufaktur. Metode Taguchi bertujuan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses serta dapat menekan biaya dan resources seminimal mungkin. Sasaran metode Taguchi adalah menjadikan produk *robust* terhadap *noise*, karena itu sering disebut sebagai *Robust Design*. Metode Taguchi merupakan metode perancangan yang berprinsip pada perbaikan mutu dengan memperkecil akibat dari variasi tanpa menghilangkan penyebabnya. Hal ini dapat diperoleh melalui optimasi produk dan perancangan proses untuk membuat unjuk kerja kebal terhadap berbagai penyebab variasi suatu proses yang disebut perancangan parameter. Alat ukur pada metode Taguchi adalah fungsi

kerugian mutu. Fungsi ini dimaksudkan untuk menghitung kerugaian mutu yang terjadi. Bila mutu suatu produk semakin dekat dengan nilai target maka mutu yang dihasilkan semakin baik. Fungsi kerugian mutu dapat digambarkan dengan fungsi kuadratik yang terdiri atas 3 macam yaitu:

a. Jenis Nominal terbaik (*nominal the best*)

Digunakan bila karakteristik mutu mempunyai nilai target tertentu, biasanya bukan nol, dan kerugian utunya simetris pada kedua sisi target.

b. Jenis semakin kecil semakin baik (*smaller the better*)

Digunakan bilamana karakteristik mutunya tidak negatif, idealnya nol.

c. Jenis semakin besar semakin baik (*larger the better*)

Digunakan bilamana karakteristik mutu yang dikehendaki semakin besar nilainya semakin baik.

Pendekatan yang dilakukan dengan desain eksperimen yang berguna untuk:

1. Mendesain produk atau proses yang kualitasnya robust terhadap lingkungan
2. Mengembangkan atau mendesain produk yang kualitasnya robust terhadap variasi proses.
3. Meminimumkan variasi disekitar nilai target.

Robust adalah suatu proses atau produk yang secara konsisten berada pada target, variasi minimal dan tidak sensitive terhadap faktor-faktor yang sulit dikendalikan (*noise*)

Taguchi memperkenalkan (Roy, 2001) beberapa konsep statistik baru yang telah terbukti sebagai alat yang sangat berperan dalam pengembangan kualitas. Taguchi juga memperkenalkan pendekatan metode yang dilandasi oleh tiga konsep dasar, yaitu:

1. Kualitas harus didesain kedalam produk dan tidak sekedar melakukan inspeksi terhadapnya. Kualitas yang buruk tidak dapat dieliminasi melalui pengembangan dengan proses inspeksi, screening dan lain-lain, karena tidak ada keseluruhan inspeksi yang dapat meletakkan kualitas kembali ke dalam produk. Oleh karena itu, Taguchi yakin bahwa cara yang paling baik untuk mengembangkan kualitas adalah dimulai pada saat awal, dari tahap mendesain

produk atau proses sampai melanjutkannya ke fase produksi. Dengan demikian, konsep kualitas dan pengembangannya harus didasarkan pada falsafah pencegahan (*preventive*).

2. Kualitas adalah jangkauan terbaik dalam meminimumkan simpangan dari target tertentu. Produk juga harus didesain agar kebal terhadap faktor-faktor lingkungan yang tidak terkendali. Taguchi menekankan bahwa kualitas adalah apa yang didesain ke dalam suatu produk atau proses dan berkaitan dengan penyimpangan parameter desain dari nilai target, yang disebabkan adanya pengaruh variasi atau *noise*. Selanjutnya konsep ini dikembangkan dalam satu besaran yang disebut *Signal-to-Noise Ratio (S/N)*.
3. Biaya kualitas harus diukur sebagai fungsi simpangan dari standar tertentu dan kerugian harus diukur dalam keseluruhan sistem. Konsep ketiga Taguchi ini menyatakan pengukuran simpangan dari parameter desain dalam batas-batas keseluruhan biaya daur hidup produk. Biaya-biaya ini meliputi biaya sisa bahan, pemeriksaan, pengembalian, jaminan pelayanan panggilan dan pengembalian produk. Konsep ini dikembangkan dalam suatu konsep fungsi kerugian (*Loss Function*).

Dalam rancangan percobaan klasik menganggap bahwa semua faktor sebagai penyebab variasi. Jika faktor-faktor tersebut dikendalikan atau dihilangkan maka variasi dapat dikurangi sehingga kualitas meningkat. Tetapi tidak semua faktor yang berpengaruh dapat dikendalikan tanpa mengeluarkan biaya, sehingga diperlukan pendekatan lain untuk meningkatkan kualitas. Pendekatan yang digunakan oleh Taguchi dinamakan perancangan parameter. Taguchi membagi upaya untuk meningkatkan kualitas atas tiga hal, yaitu:

1. Desain Sistem/Konsep

Adalah upaya dimana konsep-konsep, ide-ide, metoda baru dan lainnya dimunculkan untuk memberikan peningkatan produk. Pemilihan terhadap aplikasi teknologi dan ilmu pengetahuan dengan mengembangkan suatu rangka dasar desain yang memenuhi kebutuhan konsumen. Penekanannya untuk memenuhi target konsumen dengan tingkat biaya rendah.

2. Desain Parameter

Penentuan setting atau mencari kombinasi sejumlah faktor (parameter) sehingga diperoleh hasil yang optimal terhadap upaya untuk memperbaiki (*improvement*) kualitas produk atau proses. Dengan memanfaatkan desain eksperimen sebagai metode untuk menganalisis faktor-faktor yang berpengaruh, akan diperoleh kombinasi faktor desain yang optimum. Tujuan dari tahap ini adalah desain produk atau proses yang tidak peka (Robust) terhadap faktor pengganggu (*Noise*) yang menjadi penyebab variasi pada produk dan keberadaannya sukar untuk dihindarkan. Robust dalam hal ini berarti bahwa produk atau proses mempunyai performansi pada target secara konsisten dan tidak sensitif terhadap faktor-faktor pengganggu yang tidak dapat dikendalikan.

3. Desain Toleransi

Perbaikan kualitas dengan mempersempit lebar toleransi dari parameter produk atau proses untuk mengurangi variabilitas pada performansi produk. Desain toleransi dilakukan setelah pelaksanaan desain parameter.

2.6.1. Faktor Terkendali dan Faktor Noise

Taguchi mengembangkan faktor perancangan dan pengembangan produk atau proses kedalam dua kelompok yaitu faktor terkendali dan faktor *noise*. Faktor terkendali adalah faktor yang ditetapkan (atau dapat dikendalikan) oleh produsen selama tahap perancangan produk/proses dan tidak dapat diubah oleh konsumen. Sedangkan faktor noise adalah faktor yang tidak dapat dikendalikan langsung oleh produsen.

Faktor noise dapat dibagi menjadi tiga, yaitu :

1. Faktor Noise Eksternal

Diartikan sebagai sumber-sumber variabilitas yang berasal dari luar produk.

2. Faktor Noise dari Unit ke Unit

Merupakan hasil dari produksi dimana selalu ada perbedaan dari setiap item yang sejenis yang telah diproduksi. Disebut juga sebagai variasi toleransi

3. Faktor Noise Deteriorasi

Disebut juga noise internal karena faktor ini berasal dari sesuatu (internal) yang berubah dari proses atau degradasi dari komponen mesin yang memasuki *over time*.

Dalam perancangan eksperimen Taguchi, penanganan faktor noise melalui tiga cara, yaitu:

1. Dengan melakukan pengulangan terhadap masing-masing percobaan.
2. Dengan memasukkan faktor noise tersebut kedalam percobaan dengan menempatkannya diluar faktor terkendali
3. Dengan menganggap faktor terkendali bervariasi

2.6.2. Perancangan Eksperimen Taguchi

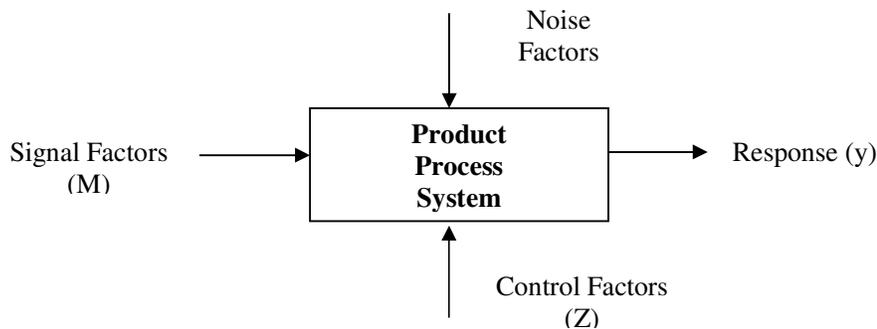
Taguchi menyediakan metodologi yang sistematis yang menjadikan suatu produk tidak sensitif terhadap berbagai sumber variasi gangguan. Sehingga strategi ini dapat digunakan untuk mengoptimasikan desain produk seperti halnya untuk proses desain manufaktur.

Strategi Taguchi pada kontrol kualitas menggunakan beberapa alat sebagai berikut:

1. P-Diagram digunakan untuk mengklasifikasikan variabel yang terkait dengan produk yaitu faktor pengganggu, faktor kontrol, faktor signal (masukan) dan faktor respon (keluaran)
2. Orthogonal Array (OA) digunakan untuk mengumpulkan informasi yang saling bergantung tentang faktor pengontrol (parameter desain) dengan jumlah eksperimen yang sedikit.
3. Fungsi kerugian kuadratis (juga disebut fungsi kualitas kerugian) digunakan untuk menghitung kerugian yang dialami oleh pengguna karena deviasi dari kerja yang ditargetkan
4. Signal to Noise Ratio (SNR) untuk menentukan kondisi operasi yang paling optimum berdasarkan gangguan/noise yang terjadi
5. Analysis of Variance (ANOVA) untuk mengestimasi kontribusi dari setiap faktor pada semua pengukuran respon

2.6.3. Identifikasi Sistem dengan Parameter (P) Diagram

Parameter (P) diagram adalah jalan untuk mengidentifikasi lingkup kerja pengembangan. Pertama kali yang harus dilakukan adalah mengidentifikasi signal (input) dan respon (output) yang berhubungan dengan konsep desain. Sebagai contoh, untuk mendesain sistem pendingin untuk ruangan, setting termostat adalah signal dan suhu ruangan hasil pendinginan adalah respon. Sedangkan faktor yang berada diluar kontrol adalah faktor noise. Suhu udara luar, buka/tutup pintu dan jumlah penghuni adalah faktor pengganggu (*noise factor*). Parameter yang dapat ditetapkan oleh perancang adalah faktor kontrol. Jumlah lubang angin, lokasi lubang angin, ukuran pendingin serta isolasi ruangan adalah contoh faktor kontrol.



Gambar 2.4. Parameter Diagram Suatu Produk/Proses/Sistem (Roy, 2001)

Secara ideal, suhu ruangan yang dihasilkan pada proses pendinginan sama dengan set point suhu, sehingga grafik *signal-response* adalah fungsi ideal yang berupa slope lurus. Hubungan ini harus tetap untuk semua kondisi operasi. Bagaimanapun juga, faktor pengganggu menyebabkan hubungan ini menyimpang dari ideal.

Tugas seorang perancang adalah memilih faktor kontrol yang cocok sehingga deviasi dari keadaan ideal dapat ditekan seminimal mungkin pada tingkat biaya yang rendah. Sehingga suatu desain dapat dikatakan mempunyai sensitifitas rendah atau disebut robust design. Metoda robust design menentukan

prosedur sistematis untuk meminimalkan sensitivitas desain yang disebut desain parameter.

2.6.4. Derajat Bebas (*Degree of Freedom*)

Derajat bebas merupakan banyaknya perbandingan yang harus dilakukan antar level-level faktor (efek utama) atau interaksi yang digunakan untuk menentukan jumlah percobaan minimum yang dilakukan. Perhitungan derajat bebas dilakukan agar diperoleh suatu pemahaman mengenai hubungan antara suatu faktor dengan level yang berbeda-beda terhadap karakteristik kualitas yang dihasilkan. Perbandingan ini sendiri akan memberikan informasi tentang faktor dan level yang mempunyai pengaruh signifikan terhadap karakteristik kualitas.

Dalam melakukan percobaan, efisiensi dan biaya yang harus dikeluarkan merupakan salah satu pertimbangan utama. Berdasarkan pertimbangan tersebut maka sebisa mungkin digunakan *Orthogonal Array* terkecil yang masih dapat memberikan informasi yang cukup untuk dilakukannya percobaan secara komprehensif dan penarikan kesimpulan yang valid. Untuk menentukan *Orthogonal Array* yang diperlukan maka dibutuhkan perhitungan derajat kebebasan

Secara umum angka derajat bebas suatu faktor (V_n) adalah satu kurang dari banyak level faktor tersebut.

$$V_n = \text{jumlah level} - 1 \quad (2.7)$$

Perhitungan derajat bebas dilakukan untuk menghitung jumlah minimum percobaan yang harus dilakukan untuk menyelidiki faktor yang diamati.

Jika dalam eksperimen terdapat 5 faktor yaitu A, B, C, D dan E, maka :

- Derajat bebas faktor A adalah $db_A - 1$
- Derajat bebas faktor B adalah $db_B - 1$
- Derajat bebas faktor C adalah $db_C - 1$
- Derajat bebas faktor D adalah $db_D - 1$
- Derajat bebas faktor E adalah $db_E - 1$

Sehingga, derajat bebas total faktor adalah :

$$V_{A,B,C,D,E} = (db_A-1) + (db_B-1) + (db_C-1) + (db_D-1) + (db_E-1) \quad (2.8)$$

Jika ada interaksi antar variabel bebas, misalkan antara AxB, maka perlu diperhitungkan derajat bebas interaksinya juga :

$$V_{(AxB)} = (db_A-1)(db_B-1) \quad (2.9)$$

Sehingga diperoleh :

$$\text{Total derajat variabel bebas} = V \text{ faktor} + V \text{ interaksi} \quad (2.10)$$

Tabel Orthogonal Array standard yang dipilih harus mempunyai baris minimum yang tidak boleh kurang dari jumlah derajat bebas totalnya.

2.6.5. Orthogonal Arrays

Taguchi (Ross, 1996) mengembangkan *Orthogonal Array* di dalam usaha untuk mengurangi jumlah eksperimen. Perbedaan antara jumlah eksperimen desain faktorial dengan desain eksperimen Taguchi terlihat pada tabel 2.2. dibawah ini :

Tabel 2.2. Orthogonal Array dan Taguchi (Roy, 2001)

Orthogonal Array	Jumlah Faktor	Jumlah Level
$L_4(2^3)$	3	2
$L_8(2^7)$	7	2
$L_9(3^4)$	4	3
$L_{12}(2^{11})$	11	2
$L_{18}(2^1, 3^7)$	1 dan 7	2 dan 3
$L_{64}(4^{21})$	21	4

Orthogonal Array adalah *matrix* dari angka-angka yang disusun dalam kolom dari baris. Setiap kolom memrepresentasikan faktor atau kondisi tertentu yang dapat berubah dari suatu percobaan ke percobaan lainnya. Masing-masing kolom mewakili faktor-faktor yang dari percobaan yang dilakukan. *Array* disebut

Orthogonal karena setiap level dari masing-masing faktor adalah seimbang (*balance*) dan dapat dipisahkan pengaruh faktor yang lain dalam percobaan. Orthogonal Array merupakan suatu matriks faktor dan level yang tidak membawa pengaruh dari faktor atau level yang lain.

Pemilihan jenis OA yang akan digunakan pada percobaan didasarkan pada jumlah derajat bebas total. Penentuan jumlah derajat total berdasarkan pada:

1. Banyaknya faktor utama dan atau interaksi yang diamati
2. Banyaknya taraf faktor (level) yang diamati

Orthogonal Array (OA) merupakan salah satu bagian dari rancangan eksperimen fraksional (REF). Keuntungan dari OA adalah kemampuan untuk menganalisa beberapa faktor dengan jumlah eksperimen minimal. Jika pada eksperimen terhadap tiga faktor dengan dua level dan dua replikasi, maka dengan menggunakan REF lengkap akan memerlukan 16 kali eksperimen. Dengan OA akan dapat dikurangi jumlah eksperimen yang ahrus dilakukan sehingga akan mengurangi biaya dan waktu.

Sebagai contoh tabel Orthogonal Array untuk 7 faktor dengan 2 level ditunjukkan pada tabel 2.3. dibawah ini :

Tabel 2.3. Orthogonal Array $L_8 (2^7)$ (Roy, 2001)

Trial Number	Factors						
	A	B	C	D	E	F	G
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	2	2	2
3	1	2	2	1	1	2	2
4	1	2	2	2	2	1	1
5	2	1	2	1	2	1	2
6	2	1	2	2	1	2	1
7	2	2	1	1	2	2	1
8	2	2	1	2	1	1	2

Array ditunjukkan oleh lambang L_8 , dengan 7 faktor yang terdiri dari 2 level, yaitu satu (1) yang menunjukkan level rendah dan dua (2) yang menunjukkan lebih tinggi. Array mempunyai ukuran 8 baris dan 7 kolom. Nomor (1/2) pada baris menandai adanya tingkatan faktor (dapat berupa viskositas cairan, komposisi kimia, tingkatan voltase, dan lain-lain) dan masing-masing baris menggambarkan suatu kondisi percobaan. Kolom yang vertikal menggambarkan faktor percobaan yang akan dipelajari. Masing-masing kolom pada tiap faktor terdiri dari empat tingkatan satu (1), dan empat tingkatan dua (2), kondisi dengan 27 kemungkinan kombinasi tingkatan. Kolom-kolom tersebut disebut orthogonal atau seimbang, karena kombinasi dari tingkatan terjadi yang sama banyaknya, ketika dua atau lebih kolom, dari suatu array dibentuk, sehingga ketujuh kolom array dari suatu L array, adalah orthogonal/seimbang satu sama lain. Dari tabel diatas, diperlukan delapan percobaan/eksperimen, dengan tingkatan dari tiap faktor untuk masing-masing percobaan yang diindikasikan pada array. Percobaan dicerminkan pada tingkatan pada tingkatan tiap-tiap kondisi. Sebagai contoh, satu (1) menandai adanya faktor tidak diterapkan, dan dua (2) menandai faktor tersebut diterapkan secara penuh. Suatu faktor kemungkinan adalah variasi pada konsentrasi bahan, kemurnian material tekanan mekanik, dan lain sebagainya. Peneliti dapat menggunakan tujuan yang berbeda pada tiap kolom, tetapi delapan percobaan meliputi kombinasi, tidak terikat pada definisi kolom. Dengan cara ini, orthogonal array meyakinkan adanya konsistensi dari desain yang dilaksanakan oleh peneliti yang berbeda. Dengan cara ini, Orthogonal Array meyakinkan adanya konsistensi dari desain yang dilaksanakan oleh peneliti yang berbeda. Orthogonal Array juga memastikan bahwa faktor yang mempengaruhi mutu hasil akhir haruslah diselidiki dan dikontrol sepanjang tahap desain.

Dalam eksperimen desain di samping faktor utama dan interaksinya maka digunakan juga faktor *noise*. Faktor *noise* adalah faktor yang tidak akan dikendalikan dalam penerapannya.

2.6.6. Rasio Signal terhadap Noise (S/N Ratio)

Taguchi memperkenalkan pendekatan S/N Ratio untuk meneliti pengaruh faktor noise terhadap variasi yang timbul.

Ukuran mutu atau kinerja produk yang berdasarkan pendekatan "on target with the smallest variation" dapat diperoleh lewat mengarahkan mutu rerata (average produk) menunjuk nilai nominal dan mereduksi variasi atau mereduksi noise. Kedua aspek persoalan ini dapat dirangkum jadi satu dengan menggunakan *signal to noise ratio* (SNR), yaitu :

$$SNR = \frac{\text{rerata}}{\text{simpangan baku}} \quad (2.11)$$

Cara umum yang digunakan untuk menghitung SNR adalah dengan menggunakan *Mean Squares Deviation* (MSD). Unjuk kerja dikatakan konsisten jika sampel yang diperoleh mendekati target dengan lebih sering. MSD dihitung dengan menambahkan kuadrat (untuk menghindari efek dari perbedaan tanda) dari deviasi antara sampel yang diperoleh dengan target yang ditentukan.

Jika $Y_1, Y_2, Y_3, \dots, Y_n$ adalah n data hasil, maka MSD dapat dihitung sebagai berikut:

$$MSD = \frac{(Y_1 - Y_0)^2 + (Y_2 - Y_0)^2 + (Y_3 - Y_0)^2 + \dots + (Y_n - Y_0)^2}{n} \quad (2.12)$$

$$MSD = \sum_{i=1}^n \frac{(Y_i - Y_0)^2}{n} \quad (2.13)$$

Agar data menjadi linear dan mencakup area yang luas, maka digunakan transformasi log dari MSD yang disebut SNR.

$$SNR = -10 \cdot \log [MSD] \quad (2.14)$$

Kombinasi faktor yang memberikan hasil optimal pada eksperimen tentunya akan memberikan nilai rasio S/N tertinggi. Apabila S/N semakin besar maka nilai MSD menjadi semakin kecil dan sebaliknya.

Perumusan SNR tergantung dari 3 jenis karakteristik kualitas yang dituju, sebagai berikut :

1. Karakteristik kualitas *nominal the better*

Dalam nominal is better terdapat harga nominal atau target yang ingin dicapai, contohnya sampel dilambangkan dengan $Y_1, Y_2, Y_3, \dots, Y_n$ dan harga target adalah Y_0 , maka:

$$MSD = \frac{(Y_1 - Y_0)^2 + (Y_2 - Y_0)^2 + (Y_3 - Y_0)^2 + \dots + (Y_n - Y_0)^2}{n} \quad (2.15)$$

$$MSD = \sum_{i=1}^n \frac{(Y_i - Y_0)^2}{n} \quad (2.16)$$

$$SNR = -10 \cdot \log \left[\sum_{i=1}^n \frac{(Y_i - Y_0)^2}{n} \right] \quad (2.17)$$

2. Karakteristik kualitas lebih kecil lebih baik (*smaller the better*)

Dalam kasus smaller is better, harga yang diinginkan adalah yang paling kecil. Karakteristik kualitas diukur dengan menambahkan kuadrat masing-masing sampel. Contohnya sampel dilambangkan dengan notasi $Y_1, Y_2, Y_3, \dots, Y_n$, maka:

$$MSD = \frac{(Y_1)^2 + (Y_2)^2 + (Y_3)^2 + \dots + (Y_n)^2}{n} \quad (2.18)$$

$$MSD = \sum_{i=1}^n \frac{(Y_i)^2}{n} \quad (2.19)$$

$$SNR = -10 \cdot \log \left[\sum_{i=1}^n \frac{(Y_i)^2}{n} \right] \quad (2.20)$$

3. Karakteristik kualitas lebih besar lebih baik (*bigger the better*)

Dalam kasus bigger is better, harga yang diinginkan adalah harga yang paling besar. Karakteristik kualitas diukur dengan menambahkan kuadrat dari inverse masing-masing sample. Contohnya sample dilambangkan dengan notasi $Y_1, Y_2, Y_3, \dots, Y_n$, maka :

$$MSD = \frac{(1/Y_1)^2 + (1/Y_2)^2 + (1/Y_3)^2 + \dots + (1/Y_n)^2}{n} \quad (2.21)$$

$$MSD = \sum_{i=1}^n \frac{(1/Y_i)^2}{n} \quad (2.22)$$

$$SNR = -10 \cdot \log \left[\sum_{i=1}^n \frac{(1/Y_i)^2}{n} \right] \quad (2.23)$$

2.6.7. Analisis Variansi (ANOVA)

Dalam menganalisa eksperimen, Taguchi juga menggunakan metoda ANOVA (*Analysis of Variance*), digunakan sebagai metode statistik untuk menginterpretasikan data-data hasil percobaan. Analisis variansi adalah teknik perhitungan yang memungkinkan secara kuantitatif mengestimasi kontribusi dari setiap faktor pada semua pengukuran respon. Analisa variansi yang digunakan pada desain parameter berguna untuk membantu mengidentifikasi kontribusi faktor sehingga akurasi perkiraan model dapat ditentukan

ANOVA dua arah adalah data percobaan yang terdiri dari dua faktor atau lebih dan dua level atau lebih. Tabel ANOVA dua arah terdiri dari perhitungan derajat bebas (db), jumlah kuadrat, rata-rata jumlah kuadrat, jumlah kuadrat *error* dan F rasio yang ditabelkan sebagai berikut:

Tabel 2.4. Tabel Anova Dua Arah

Sumber Variasi	Derajat Bebas (db)	SS	MS	F _{hitung}
Faktor A	V _A	SS _A	MS _A	MS _A /Mse
Faktor B	V _B	SS _B	MS _B	MS _B /Mse
Residual	Ve	SSe	MSe	
Total	V _T	S _T		

Dimana:

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

V_A = derajat bebas factor A = $db_A - 1$
 V_B = derajat bebas faktor B = $db_B - 1$
 V_e = derajat bebas error = $V_T - V_A - V_B$
 CF = Faktor koreksi (*Correction Factor*)

$$CF = \frac{T^2}{N} \quad (2.24)$$

T = jumlah seluruh pengamatan

$$T = \sum_{i=1}^N Y_i \quad (2.25)$$

SS_T = jumlah kuadrat total

$$= \sum_{i=1}^N Y_i^2 - CF \quad (2.26)$$

SS_A = jumlah kudrat faktor A

$$= \left[\sum_{i=1}^{k_A} \left(\frac{A_i^2}{n_{A1}} \right) \right] - CF \quad (2.27)$$

SS_B = jumlah kuadrat faktor B

$$= \left[\sum_{i=1}^{k_B} \left(\frac{B_i^2}{n_{B1}} \right) \right] - CF \quad (2.28)$$

SS_e = jumlah kuadrat error

$$= SS_T - SS_A - SS_B \quad (2.29)$$

MS_A = rata-rata jumlah kuadrat faktor A

$$= SS_A / V_A \quad (2.30)$$

MS_B = rata-rata jumlah kuadrat faktor B

$$= SS_B / V_B \quad (2.31)$$

Mse = rata-rata jumlah kuadrat error

$$= SS_e / V_e$$

db_A = jumlah level untuk faktor A

db_B = jumlah level untuk faktor B

N = jumlah total eksperimen

N_{Ai}, N_{Bj} = jumlah pengamatan faktor A dan B

Model persamaan yang mewakili pengamatan diatas adalah:

$$Y_{ik} = \mu + \tau_i + \beta_k + \tau_i \beta_k \varepsilon_{ik} \quad (2.32)$$

dimana :

$i = 1, 2, \dots, n$ dan $\varepsilon_{ik} \sim \text{IIDN}(0, 1)$

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

$\mu =$ mean keseluruhan

$\tau_i =$ efek faktor A level ke-i

$\beta_k =$ efek faktor B level ke-k

$\tau_i \beta_k =$ efek faktor interaksi faktor A level i dan B level ke k

Dengan tabel ANOVA diatas, maka dapat dilakukan pengujian terhadap perbedaan pengaruh level dengan hipotesa sebagai berikut:

Untuk taraf faktor A

$$H_0 : \tau_1 = \tau_2 = \tau_3 = 0$$

H_1 : paling sedikit ada satu τ_i yang tidak sama dengan nol

Statistik uji :

Untuk taraf faktor A

$$F_{\text{hitung}} = \frac{MS_A}{MS_e}$$

Daerah penolakan untuk faktor A :

Tolak H_0 jika $F_{\text{hitung}} > F_{\alpha}(V_A, V_e)$ dan tolak H_1 jika $F_{\text{hitung}} < F_{\alpha}(V_A, V_e)$

2.6.8. Persen Kontribusi

Persentase kontribusi adalah fungsi jumlah kuadrat dari setiap faktor yang signifikan. Persentase kontribusi menunjukkan kekuatan relatif faktor atau interaksi antar faktor untuk mengurangi variansi. Oleh karena itu bagian variansi total yang diamati dalam sebuah percobaan ditunjukkan oleh setiap faktor utama dan atau interaksi yang signifikan dalam prosentase kontribusi.

Perhitungan persentase kontribusi untuk faktor A yang mengacu pada tabel ANOVA dua arah adalah:

$$MS_A = MS'_A + MS_e$$

$$MS'_A = MS_A - MS_e$$

$$\frac{SS'_A}{V_A} = \frac{SS_A}{V_A} - MS_e$$

$$SS'_A = SS_A - (MS_e \times V_A)$$

Sehingga persentase kontribusi terhadap variasi total dapat dihitung sebagai berikut:

$$\rho_A = \frac{SS'_A}{SS_T} \times 100\% \quad (2.33)$$

Dimana :

$$\begin{aligned} SS'_A &= \text{jumlah kuadrat murni dari faktor A} \\ &= SS_A - db_A \cdot MSe \end{aligned} \quad (2.34)$$

$$SS_T = \text{jumlah kudrat total}$$

$$SS_A = \text{jumlah kuadrat faktor A}$$

$$db_A = \text{derajat bebas faktor A}$$

$$MS_e = \text{Mean Square of Error}$$

Sehingga persentase kontribusi untuk faktor- faktor yang lain mengacu pada perhitungan diatas.

Persentase kontribusi karena kesalahan dapat digunakan untuk mengetahui kesesuaian eksperimen. Karena kesalahan berkaitan dengan faktor yang tidak diketahui dan tidak terkontrol, prosentase kontribusi karena error menunjukkan kesesuaian atau tidaknya eksperimen. Sebagai pedoman, jika prosentase kontribusi kurang dari 15% maka dianggap tidak ada faktor-faktor yang diabaikan. Jika prosentase kontribusi melebihi 15% maka diduga ada faktor-faktor penting yang belum dimasukkan dalam eksperimen. Jika lebih dari 50% diandaikan beberapa faktor penting telah diabaikan yaitu suatu kondisi yang tidak terkontrol baik atau terdapat kesalahan pengukuran yang berarti.

2.6.9. Interval Keyakinan

Untuk menguji apakah hasil dari kondisi optimum yang didapatkan sesuai dengan yang diharapkan, maka harus diuji dengan interval keyakinan. Hasil yang didapat harus berada pada interval keyakinan yang ditentukan.

a. Untuk membuat Interval Keyakinan suatu level dari faktor digunakan rumus:

$$CI = \sqrt{\frac{1}{n} x MSe x F_{v_1, v_2, \alpha}} \quad (2.35)$$

dimana :

n = jumlah pengamatan

MSe = Mean Square of Error

$F_{v_1, v_2, \alpha}$ = Nilai pada tabel F sesuai dengan derajat bebas dari faktor dan error

b. Interval Keyakinan untuk merumuskan rata-rata proses optimum digunakan rumus:

$$CI = \sqrt{\frac{1}{n_{eff}} x MSe x F_{v_1, v_2, \alpha}} \quad (2.36)$$

dimana:

n_{eff} = banyak pengamatan efektif

$n_{eff} = \frac{\text{Total banyak eksperimen}}{1 + \text{Jumlah derajat bebas seluruh faktor}}$

2.6.10. Percobaan Konfirmasi

Percobaan konfirmasi adalah tahap akhir dari metode Taguchi yang bertujuan untuk membuktikan apakah faktor dan level optimum yang diperoleh dari percobaan utama dapat mengoptimalkan respon yang diteliti

Interval keyakinan untuk menaksir hasil dari percobaan konfirmasi adalah sebagai berikut :

$$CI = \sqrt{\left[\frac{1}{n_{eff}} + \frac{1}{r} \right] x MSe x F_{v1, v2, \alpha}} \quad (2.37)$$

dimana :

r = banyak replikasi untuk eksperimen (percobaan konfirmasi)

Jika hasil percobaan konfirmasi berada dalam interval percobaan diatas maka faktor dan level yang dihasilkan pada percobaan utama telah sesuai dengan apa yang diharapkan.

2.6.11. Besarnya Peningkatan Mutu (*Reduction Loss to Society*)

Untuk mengetahui peningkatan mutu dalam kondisi optimal jika dibanding dengan kondisi existing dapat digunakan rumus (Balevendram,1995), sebagai berikut:

$$\zeta = kMSD_{Existing} x \left[1 - 0.5 \frac{\eta_{optimum} - \eta_{existing}}{3} \right] \quad (2.38)$$

dimana :

ζ = penurunan fungsi kerugian kondisi optimal dibanding dengan yang sekarang

k = koefisian biaya

MSD = Mean Square Deviation

$\eta_{optimum}$ = rasio S/N kondisi optimal

$\eta_{existing}$ = rasio S/N kondisi sekarang

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah :

3.1. Observasi Awal dan Perancangan Eksperimen

Observasi awal dilakukan oleh penulis dengan melakukan studi pustaka dan melakukan observasi dilapangan yaitu berdiskusi dengan Departemen Produksi, Departemen *Quality Control* dan Departemen *Research and Development* untuk mengetahui kendala-kendala yang dihadapi dalam melakukan proses produksi kopi instant. Diskusi dilakukan terhadap ahli teknik dengan latar belakang yaitu *process engineering, food technology, dan development product*. Tahap ini dilakukan untuk mengetahui skala prioritas dari berbagai tujuan desain yang hendak dicapai, yaitu :

1. Tujuan (multi respon) yang ingin dicapai untuk mendapatkan hasil perancangan optimum.
2. Faktor pengontrol yang berpengaruh dalam desain.
3. Faktor pengganggu (noise) yang mempengaruhi unjuk kerja sistem
4. Jumlah sampel yang layak pada setiap kondisi trial

3.2. Melakukan Proses Perancangan Penelitian

Setelah dilakukan observasi terhadap permasalahan yang ada maka dilakukan proses perancangan percobaan sebagai berikut:

3.2.1. Faktor Respon

Agar diperoleh hasil yang optimum, maka percobaan terhadap kualitas kopi instant dilakukan untuk memenuhi beberapa criteria, yaitu

1. Nilai Yield

Adalah suatu rasio antara jumlah pemakaian bahan baku biji kopi terhadap jumlah padatan kopi yang terkandung dalam larutan hasil ekstraksi.

Karakteristik kualitas yang hendak dicapai adalah "*Smaller the Better*"

2. Kualitas Citarasa Kopi

Kualitas citarasa kopi ditentukan melalui uji organoleptik dengan menganalisa faktor-faktor : *aroma, flavor*, kekentalan (*body*), keasaman (*acidity*), *afertast*.

Karakteristik kualitas yang hendak dicapai adalah "*Larger the Better*"

3.2.2. Faktor Pengontrol

Faktor pengontrol dan level yang akan digunakan dalam percobaan ini adalah sebagai berikut:

1. Persentase *Biji Kopi Bagus (Good Bean)* (Faktor A)

Persentase biji kopi bagus yang diteliti terdiri dari tiga level, yaitu :

A₁ : 80 % (*High Grade*)

A₂ : 70% (*Medium Grade*)

A₃ : 60% (*Low Grade*)

2. Persentase Kotoran (*Impurities*) dalam Biji Kopi (Faktor B)

Persentase kotoran (*impurities*) biji kopi yang diteliti sesuai dengan standar analisa minimum dan maksimum yang telah ditetapkan, terdiri dari tiga level, yaitu :

B₁ : 10%

B₂ : 5,0%

B₃ : 2,5%

3. Persentase Kadar Air Biji Kopi (Faktor C)

Persentase kadar air yang di teliti terdiri dari tiga level, yaitu :

C₁ : 13,0%

C₂ : 11,0%

C₃ : 10,0%

4. Suhu Roasting (Faktor D)

Suhu Roasting yang akan diteliti terdiri dari tiga level, yaitu :

D₁ : 210⁰C

D₂ : 205⁰C

D₃ : 200⁰C

5. Ukuran Partikel Kopi Regular (Faktor E)

Jenis ukuran partikel kopi regular yang akan diteliti terdiri dari 3 level, yaitu:

E₁ : Kasar (*Coarse Grind*)

E₂ : Sedikit Halus (*Medium Grind*)

E₃ : Halus (*Fine Grind*)

6. Jumlah Air Ekstraksi (Faktor F)

Jumlah air yang digunakan dalam proses ekstraksi yang akan diteliti terdiri dari tiga level, yaitu :

F₁ : 6 liter

F₂ : 5 liter

F₃ : 4 liter

7. Suhu Ekstraksi (Faktor G)

Suhu Ekstraksi yang akan diteliti terdiri dari 3 level, yaitu:

G₁ : 140⁰C

G₂ : 130⁰C

G₃ : 120⁰C

3.2.3. Faktor Pengganggu / Noise

Faktor pengganggu dan level yang digunakan dalam percobaan ini adalah sebagai berikut :

1. Jenis biji kopi (Faktor H)

Jenis kopi yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis kopi Arabika dan kopi Robusta dimana kedua jenis kopi ini berpengaruh terhadap rasio yield,

proses penyangraian dan hasil ekstraksi. Untuk menghasilkan produk kopi instant dengan jumlah yang sama dibutuhkan jumlah pemakaian kopi Arabika lebih banyak dibandingkan dengan kopi Robusta dan pada proses penyangraian kehilangan berat (*Roasting Loss*) dari kopi Arabika lebih besar daripada kopi Robusta sedangkan kandungan padatan kopi yang dihasilkan untuk kopi Robusta lebih tinggi dari kopi Arabika seperti grafik yang terlihat pada gambar 2.2.

H₁ : Kopi Arabika

H₂ : Kopi Robusta

2. Umur Panen Biji Kopi

Umur panen pada biji kopi berpengaruh terhadap citarasa kopi yang dihasilkan, semakin lama umur panen akan menurunkan kualitas rasa dan karakteristik dari biji kopi.

Variasi umur panen biji kopi yang diteliti terdiri dari 2 level, yaitu :

I₁ : Panen Baru ($\geq 1,5$ tahun)

I₂ : Panen Lama ($\leq 1,5$ tahun)

3.2.4. Rancangan Orthogonal Array

Dari penentuan variabel proses dan respon yang ada maka perlu dirancang matrik penelitian yang oleh Taguchi dinamakan Orthogonal Array. Untuk menyusun matrik ini, yang harus pertama kali dilakukan adalah menghitung derajat bebas semua faktor pengontrol dengan level-levelnya.

$$\begin{aligned} db &= (\text{jumlah level} - 1) \times \text{jumlah faktor utama} + \text{faktor interaksi} \\ &= (3-1) \times 7 + 0 = 14 \end{aligned}$$

Tidak ada interaksi yang diteliti dalam percobaan ini, sehingga total derajat bebas adalah 14, harus dipilih Orthogonal Array yang jumlah percobaannya minimal 14 kali. Berdasarkan uraian faktor pengontrol dan level yang dipilih, maka matrik orthogonal array yang digunakan dalam percobaan adalah L₁₈ (3⁷), artinya :

L_{18} = jumlah percobaan yang dilakukan

3^7 = 7 faktor pengontrol dengan memiliki 3 level

Sedangkan untuk faktor noise dan level yang ada, maka matrik orthogonal array yang digunakan adalah $L_4(2^2)$, artinya

L_4 = jumlah percobaan yang dilakukan

2^2 = 2 faktor noise dengan 2 level

Tabel 3.1. Rancangan Percobaan Orthogonal Array untuk Tiap – Tiap Respon

$L_{18}(3^7)$

Faktor Kontrol

	A	B	C	D	E	F	G
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	2	2	2	2	2	2
3	1	3	3	3	3	3	3
4	2	1	1	2	2	3	3
5	2	2	2	3	3	1	1
6	2	3	3	1	1	2	2
7	3	1	2	1	3	2	3
8	3	2	3	2	1	3	1
9	3	3	1	3	2	1	2
10	1	1	3	3	2	2	1
11	1	2	1	1	3	3	2
12	1	3	2	2	1	1	3
13	2	1	2	3	1	3	2
14	2	2	3	1	2	1	3
15	2	3	1	2	3	2	1
16	3	1	3	2	3	1	2
17	3	2	1	3	1	2	3
18	3	3	2	1	2	3	1

$L_4(2^2)$

Faktor Noise

	H ₁ I ₁	H ₁ I ₂	H ₂ I ₁	H ₂ I ₂
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				

3.3. Melakukan Penelitian

Penelitian dilakukan pada skala Laboratorium dengan bahan utama yang dipakai dalam penelitian adalah biji kopi Arabika dan Robusta sedangkan bahan pendukung lainnya adalah air demineralisasi untuk mengekstraksi kopi dalam mesin Percolator.

3.3.1 Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan untuk mendukung penelitian ini dapat dilihat dalam tabel dibawah ini,

Tabel 3.2. Peralatan Pendukung Penelitian

Nama Alat	Spesifikasi	Kegunaan
Timbangan	Digital	Menimbang kopi biji untuk analisa dan menimbang liquid coffee hasil ekstraksi
Cera Tester	Satu set alat	Mengukur kadar air kopi biji mentah
Screen	Satu set alat pengayak dengan ukuran screen 19, 18, 17, 14, 13, BTN	Mengayak kopi biji
Roaster	Satu set mesin skala percobaan buatan Probat Japan, kapasitas goreng per kolom : 100 g	Mengoreng kopi biji
Grinder	Satu set mesin skala percobaan buatan Probat Jepang, skala grinder 0-10	Menggiling kopi biji goreng (<i>roasted bean</i>) untuk menghasilkan kopi regular sesuai dengan ukuran yang diinginkan
Percolator	Satu set mesin ekstraksi skala kecil buatan Melita Jerman, Kapasitas maksimal 6 liter	Sebagai alat induk untuk melakukan percobaan
Stop Watch	Digital	Mengukur waktu proses ekstraksi
Pemanas Air	Elektrik	Memanaskan air sebelum masuk percolator
Gelas Ukur	1000 ml	Mengukur jumlah air yang digunakan
Bak Penampung		Menampung hasil ekstraksi
Refraktometer	Digital	Mengukur kekentalan (brix) liquid coffee hasil ekstraksi

3.3.2 Prosedur Penelitian

Prosedur percobaan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

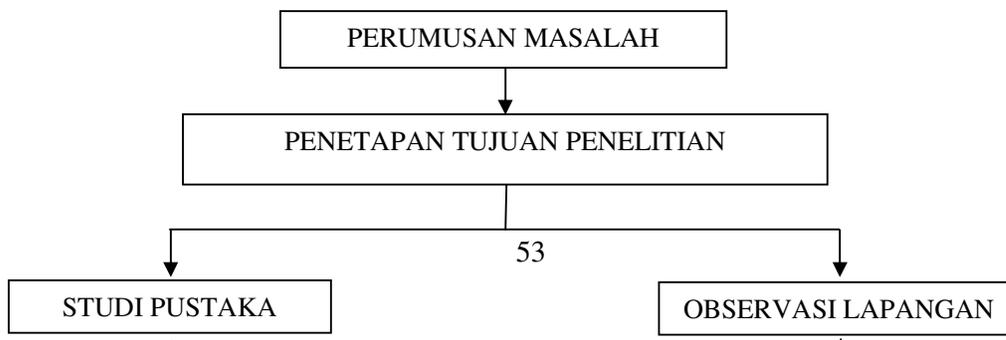
1. Timbang 100g dan lakukan analisa kualitas biji kopi mentah yang akan diekstraksi untuk mendapatkan persentase biji kopi bagus, biji kopi cacat, kotoran dalam biji kopi, kadar air dan hasil ayak.

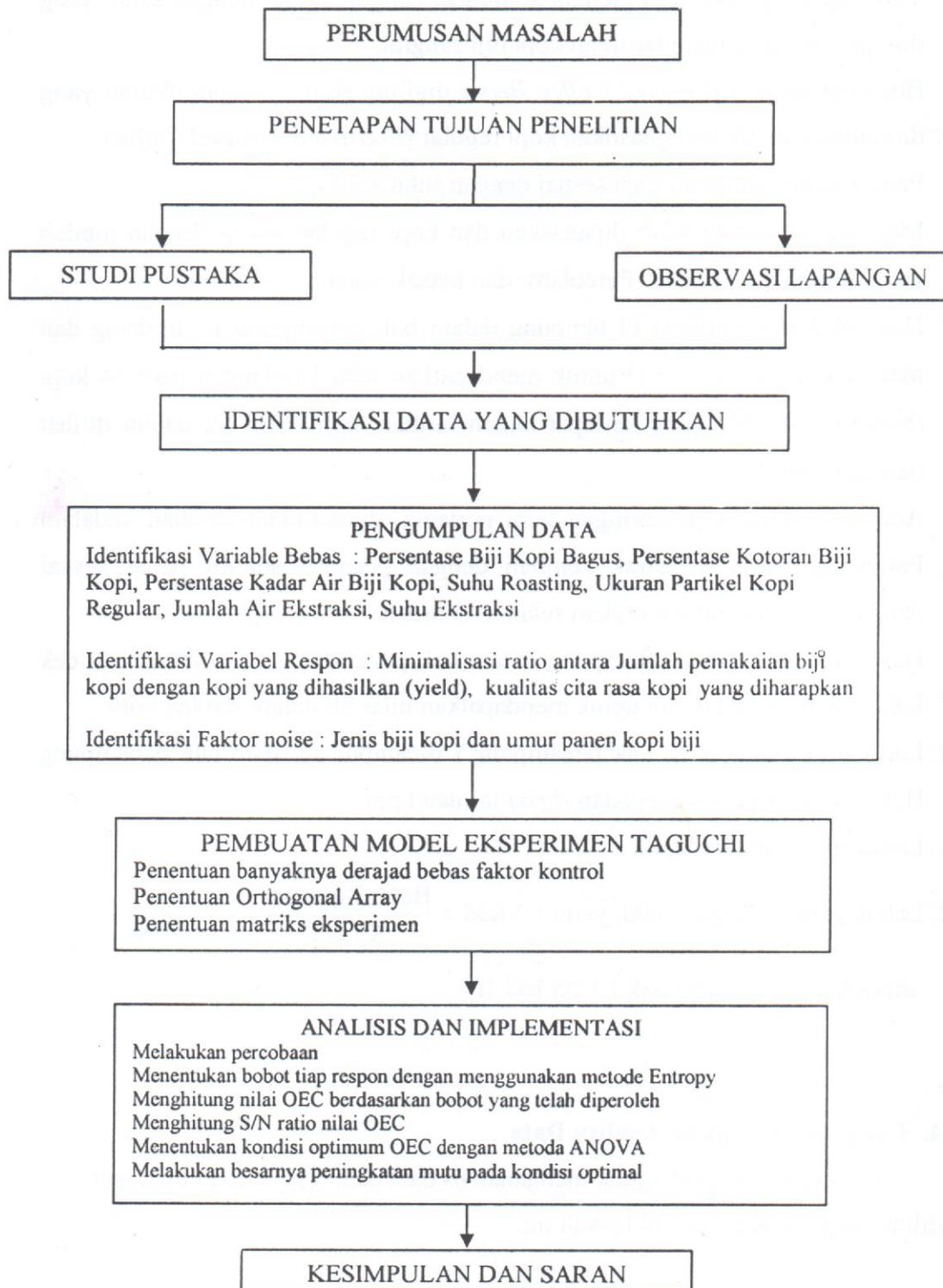
2. Blending biji kopi mentah sesuai dengan komposisi yang diinginkan
3. Timbang 100g biji kopi mentah kemudian sangrai sesuai dengan suhu yang diinginkan untuk menghasilkan kopi biji sangrai.
4. Biji kopi sangrai (*Roasted Coffee Bean*) digiling sesuai dengan ukuran yang diinginkan untuk menghasilkan kopi regular (*Roasted & Ground Coffee*).
5. Panaskan air demineralisasi sesuai dengan suhu $\pm 90^{\circ}\text{C}$.
6. Masukkan air yang telah dipanaskan dan kopi regular sesuai dengan jumlah yang diinginkan kedalam Percolator dan masak selama ± 45 menit.
7. Hasil ekstraksi pertama di tampung dalam bak penampung I, timbang dan ukur kekentalannya (*brix*) untuk mendapatkan nilai kandungan padatan kopi (*Soluble Solid/SS*) yang terdapat dalam larutan kopi (nilai SS dalam dilihat dari tabel brix)
8. Ampas kopi hasil penyaringan kopi pertama, dimasukkan kembali kedalam Percolator untuk diekstrak kembali dengan penambahan air panas sesuai dengan jumlah yang ditentukan selama 45 menit.
9. Hasil ekstraksi kedua ditampung dalam bak penampung II, timbang dan cek kekentalan (*brix*) larutan untuk mendapatkan nilai SS dalam larutan kopi.
10. Larutan ekstraksi pada bak penampung I dicampur kedalam bak penampung II, timbang dan cek kekentalan (*brix*) larutan kopi
11. Lakukan test organoleptik
12. Lakukan perhitungan yield, yaitu :
$$\text{Yield} = \frac{\text{Berat Biji Kopi}}{\text{SS}_{\text{Total}}}$$

dimana : $\text{SS}_{\text{Total}} = \text{SS bak I} + \text{SS bak II}$

3.4. Langkah - Langkah Analisa Data

Langkah – langkah untuk menganalisis data dalam penelitian ini dapat dilihat pada diagram alir di bawah ini:





Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi Penelitian

Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi Penelitian

BAB 4

ANALISA DATA DAN PERHITUNGAN

4.1. Analisis Data Hasil Percobaan

Nilai yield dinyatakan sebagai rasio antara pemakaian biji kopi dengan kandungan padatan yang terdapat dalam larutan kopi hasil ekstraksi dan mempunyai karakteristik kualitas smaller the better. Kualitas rasa kopi dinyatakan dalam nilai kuantitatif yang mempunyai karakteristik larger the better. Dari percobaan yang telah dilakukan, masing-masing percobaan harus dicari terlebih dahulu sebelum diolah lebih lanjut. Pengambilan data dilakukan sesuai dengan tabel 3.2. yaitu berupa rancangan Orthogonal Array $L_{18}(3^7)$, untuk inner array dan $L_4(2^2)$ untuk outer array. Hasil seluruh percobaan untuk tiap-tiap respon dan faktor noise dapat dilihat pada tabel 4.1

Tabel 4.1 Data Hasil Percobaan untuk Response Nilai Yield

	H1		H2	
	I1	I2	I1	I2
Percobaan 1	2.27	2.33	2.19	2.24
Percobaan 2	2.19	2.27	2.11	2.17
Percobaan 3	2.18	2.30	2.11	2.19
Percobaan 4	2.27	2.36	2.21	2.27
Percobaan 5	2.20	2.30	2.13	2.19
Percobaan 6	2.18	2.26	2.08	2.15
Percobaan 7	2.29	2.38	2.20	2.27
Percobaan 8	2.23	2.32	2.15	2.21
Percobaan 9	2.18	2.26	2.09	2.18
Percobaan 10	2.16	2.29	2.13	2.19
Percobaan 11	2.31	2.40	2.22	2.30
Percobaan 12	2.18	2.29	2.11	2.18
Percobaan 13	2.26	2.33	2.17	2.23
Percobaan 14	2.22	2.31	2.14	2.21
Percobaan 15	2.25	2.36	2.19	2.26
Percobaan 16	2.25	2.33	2.15	2.22
Percobaan 17	2.21	2.33	2.16	2.23
Percobaan 18	2.24	2.32	2.14	2.21

Tabel 4.2 Data Hasil Percobaan untuk Response Kualitas Citarasa Kopi

	H1		H2	
	I1	I2	I1	I2
Percobaan 1	9.25	9.11	9.18	8.78
Percobaan 2	9.46	9.25	9.61	9.13
Percobaan 3	9.48	9.19	9.57	9.03
Percobaan 4	9.25	9.02	9.08	8.62
Percobaan 5	9.43	9.19	9.47	9.03
Percobaan 6	9.48	9.28	9.75	9.23
Percobaan 7	9.22	8.99	9.13	8.62
Percobaan 8	9.35	9.14	9.38	8.93
Percobaan 9	9.48	9.28	9.75	9.08
Percobaan 10	9.53	9.22	9.47	9.03
Percobaan 11	9.17	8.94	9.03	8.51
Percobaan 12	9.48	9.22	9.61	9.08
Percobaan 13	9.28	9.11	9.28	8.83
Percobaan 14	9.38	9.17	9.43	8.93
Percobaan 15	9.30	9.02	9.18	8.67
Percobaan 16	9.30	9.11	9.38	8.88
Percobaan 17	9.41	9.11	9.33	8.83
Percobaan 18	9.33	9.14	9.43	8.93

Keterangan :

Faktor Noise H1 : Komposisi 100% Kopi Arabica

Faktor Noise H2 : Komposisi 100% Kopi Robusta

Faktor Noise I1 : Umur panen $\leq 1,5$ tahun

Faktor Noise I2 : Umur panen $\geq 1,5$ tahun

4.2. Perhitungan Bobot Masing-Masing Respon dengan Metode Entropy

Metoda Entropy digunakan untuk menentukan bobot masing-masing respon yaitu nilai yield dan kualitas citarasa. Adapun langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

- a. Menentukan skor masing-masing alternatif percobaan (X_{ij}) untuk masing-masing kriteria dengan menggunakan persamaan 2.4. dimana skor ini adalah nilai normalisasi yang diperoleh dengan membagi fungsi rata-rata nilai respon pada tiap percobaan yang bersangkutan dengan total nilai respon untuk tiap-tiap kriteria.

Sebagai contoh pada percobaan 1 :

- Skor normal (X_{11}) untuk variabel nilai yield :

$$X_{11} = \frac{\text{Rata - Rata Nilai Yield Percobaan 1}}{\text{Total Nilai Yield Seluruh Percobaan}} = \frac{2.26}{40.12} = 0.056$$

- Skor normal (X_{12}) untuk variabel citarasa :

$$X_{12} = \frac{\text{Rata - Rata Kualitas Citarasa Percobaan 1}}{\text{Total Kualitas Citarasa Seluruh Percobaan}} = \frac{9.08}{165.57} = 0.055$$

Hasil perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.3 dibawah ini

Tabel 4.3. Perhitungan Pembobotan Masing-Masing Kriteria dengan Metode Entropy

Percobaan	Respon		Normalized (r) for Entropy		Entropy ($X_{ij} \cdot \ln X_{ij}$)	
	Yield (Avg)	Citarasa (Avg)	Yield	Citarasa	Yield	Citarasa
1	2.26	9.08	0.056	0.055	-0.162	-0.159
2	2.19	9.36	0.054	0.057	-0.159	-0.162
3	2.20	9.32	0.055	0.056	-0.159	-0.162
4	2.28	8.99	0.057	0.054	-0.163	-0.158
5	2.21	9.28	0.055	0.056	-0.159	-0.162
6	2.17	9.43	0.054	0.057	-0.158	-0.163
7	2.28	8.99	0.057	0.054	-0.163	-0.158
8	2.23	9.20	0.056	0.056	-0.161	-0.161
9	2.18	9.40	0.054	0.057	-0.158	-0.163
10	2.19	9.31	0.055	0.056	-0.159	-0.162
11	2.31	8.91	0.057	0.054	-0.164	-0.157
12	2.19	9.35	0.055	0.056	-0.159	-0.162
13	2.25	9.12	0.056	0.055	-0.162	-0.160
14	2.22	9.23	0.055	0.056	-0.160	-0.161
15	2.27	9.04	0.057	0.055	-0.162	-0.159
16	2.24	9.17	0.056	0.055	-0.161	-0.160
17	2.23	9.17	0.056	0.055	-0.161	-0.160
18	2.23	9.21	0.056	0.056	-0.161	-0.161
TOTAL	40.12	165.57	1.000	1.000	-2.89022	-2.89024

b. Mencari harga entropy masing-masing respon dengan persamaan 2.5

- Nilai entropy untuk variabel nilai yied :

$$e_1 = -1/(\ln 18) * -2,89022 = 0,99995$$

- Nilai entropy untuk variabel kualitas citarasa :

$$e_2 = -1/(\ln 18) * -2.89024 = 0,99996$$

c. Menentukan Bobot masing-masing respon dengan persamaan 2.6

- Nilai bobot untuk respon nilai yield :

$$w_1 = \frac{(1 - 0,99995)}{(1 - 0,99995) + (1 - 0,99996)} = 0,542$$

- Nilai bobot untuk respon citarasa :

$$w_2 = \frac{(1 - 0,99996)}{(1 - 0,99995) + (1 - 0,99996)} = 0,458$$

4.3. Perhitungan Overall Evaluation Criteria (OEC)

Nilai OEC adalah nilai gabungan dari beberapa respon berdasarkan pada bobot dan karakteristik kualitas yang dituju. OEC mempunyai nilai maksimum sama dengan 1 dan nilai minimum sama dengan 0. Nilai terbaik dan terburuk untuk tiap-tiap respon diperoleh dari hasil percobaan berdasarkan kombinasi level dan faktor yang disarankan proses produksi kopi instant. Berikut beberapa parameter yang digunakan pada perhitungan OEC :

Tabel 4.4 Parameter Perhitungan OEC

Respon	Nilai Terbaik	Nilai Terburuk	Karakteristik Kualitas	Weighting, %
Nilai Yield	2.08	2.40	Smaller the better	0.542
Citarasa	9.75	8.51	Larger the better	0.468

Berikut merupakan contoh perhitungan OEC untuk percobaan 1. Tiap-tiap percobaan dilakukan 4 kali (4 replikasi) dengan berbagai kombinasi faktor noise, sehingga untuk setiap percobaan diperoleh 4 nilai OEC, sebagai berikut:

a. Percobaan 1 dengan faktor noise 1:

$$\text{OEC 1} = \frac{9.25 - 8.51}{9.75 - 8.51} \cdot 0.468 + \left(1 - \frac{2.27 - 2.08}{2.40 - 2.08}\right) \cdot 0.542 = 0.48$$

b. Percobaan 1 dengan faktor noise 2 :

$$\text{OEC 2} = \frac{9.11 - 8.51}{9.75 - 8.51} \cdot 0.468 + \left(1 - \frac{2.33 - 2.08}{2.40 - 2.08}\right) \cdot 0.542 = 0.34$$

Hasil perhitungan nilai OEC pada tiap-tiap percobaan dapat dilihat pada tabel 4.5. dibawah ini.

Tabel 4.5 Perhitungan Nilai OEC pada Berbagai Kombinasi Faktor Noise

Percobaan	OEC 1	OEC 2	OEC 3	OEC 4
1	0.48	0.34	0.60	0.36
2	0.70	0.48	0.90	0.61
3	0.73	0.43	0.87	0.54
4	0.48	0.25	0.53	0.25
5	0.67	0.43	0.80	0.54
6	0.73	0.51	1.00	0.68
7	0.46	0.22	0.56	0.25
8	0.59	0.37	0.74	0.47
9	0.73	0.51	0.98	0.58
10	0.78	0.46	0.80	0.54
11	0.40	0.16	0.49	0.17
12	0.73	0.46	0.90	0.58
13	0.51	0.34	0.67	0.40
14	0.62	0.40	0.77	0.47
15	0.54	0.25	0.60	0.29
16	0.54	0.34	0.74	0.44
17	0.65	0.34	0.70	0.40
18	0.57	0.37	0.77	0.47

4.4. Analisa Signal to Noise Ratio Nilai OEC

Ratio S/N digunakan untuk faktor-faktor yang memiliki kontribusi pada pengurangan variasi suatu respon. Ratio S/N merupakan rancangan untuk mentransformasikan pengulangan data (paling sedikit dua kali untuk satu eksperimen) kedalam suatu nilai yang merupakan ukuran keragaman yang timbul. Nilai OEC makin besar akan makin baik, sehingga karakteristik kualitas yang dituju adalah larger the better.

Hasil perhitungan nilai ratio S/N OEC pada tiap-tiap percobaan dapat dilihat pada tabel 4.6. Berikut ini merupakan contoh perhitungan untuk percobaan 1:

Data percobaan 1 : Y_1 (OEC₁) = 0,48 ; Y_2 (OEC₂) = 0,34 ; Y_3 (OEC₃) = 0,60 ; Y_4 (OEC₄) = 0,36

$$MSD = \frac{(1/Y_1)^2 + (1/Y_2)^2 + (1/Y_3)^2 + (1/Y_4)^2}{4} = 5,83$$

$$SNR = -10.\log(5,83) = -7,66$$

Tabel 4.6 Perhitungan S/N Ratio Nilai OEC pada Tiap-Tiap Percobaan

Percobaan	Variabel Proses							Ratio S/N OEC
	A	B	C	D	E	F	G	
1	1	1	1	1	1	1	1	-7.66
2	1	2	2	2	2	2	2	-4.07
3	1	3	3	3	3	3	3	-4.80
4	2	1	1	2	2	3	3	-9.98
5	2	2	2	3	3	1	1	-4.99
6	2	3	3	1	1	2	2	-3.46
7	3	1	2	1	3	2	3	-10.48
8	3	2	3	2	1	3	1	-6.16
9	3	3	1	3	2	1	2	-3.86
10	1	1	3	3	2	2	1	-4.55
11	1	2	1	1	3	3	2	-13.22
12	1	3	2	2	1	1	3	-4.37
13	2	1	2	3	1	3	2	-7.20
14	2	2	3	1	2	1	3	-5.76
15	2	3	1	2	3	2	1	-9.33
16	3	1	3	2	3	1	2	-6.81
17	3	2	1	3	1	2	3	-6.84
18	3	3	2	1	2	3	1	-6.19

4.5. Menyusun Tabel Respon Ratio S/N pada Tiap-Tiap Faktor dan Level

Dari hasil perhitungan Ratio S/N untuk nilai OEC pada tabel 4.6, untuk mengetahui pengaruh suatu faktor pada tiap-tiap level, maka disusun tabel respon Ratio Signal to Noise (S/N) berdasarkan faktor dan level-levelnya. Perhitungan S/N Ratio untuk setiap faktor pada tiap-tiap level dilakukan dengan cara menghitung rata-rata ratio S/N Ratio nilai OEC pada setiap faktor di level yang bersangkutan.

Berikut ini adalah contoh perhitungan untuk faktor A :

a. Faktor A pada Level 1

$$\bar{A}_1 = \frac{(-7,66 + (-4,07) + (-4,380) + (-4,55) + (-13,22) + (-4,37)}{6} = -6,44$$

b. Faktor A pada Level 2

$$\bar{A}_2 = \frac{(-9,98 + (-4,99) + (-3,46) + (-7,20) + (-5,76) + (-9,33)}{6} = -6,79$$

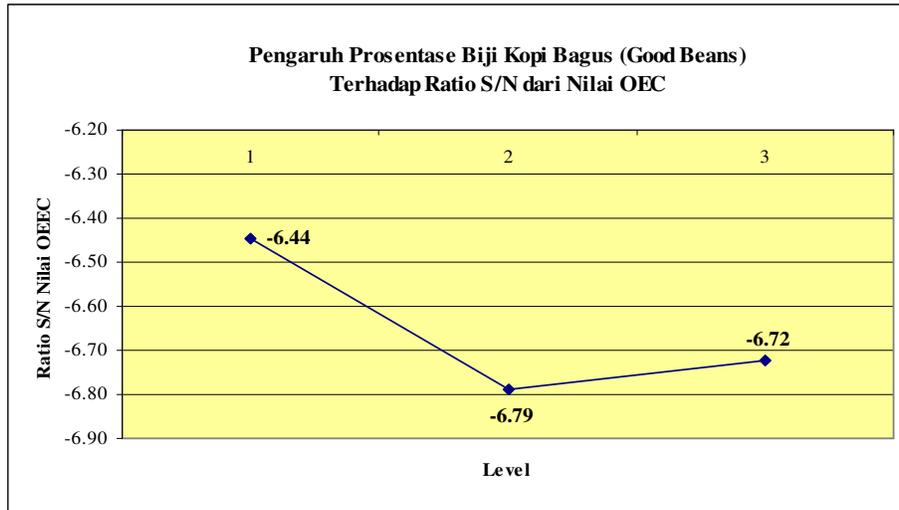
Untuk cara perhitungan lengkap terdapat pada Lampiran B dan hasil perhitungannya ditabelkan pada tabel 4.7 dibawah ini :

Tabel 4.7 Respon Ratio Signal to Noise (S/N) berdasarkan Faktor dan Level-Levelnya

Ratio S/N OEC	Level 1	Level 2	Level 3
Faktor A	-6.44	-6.79	-6.72
Faktor B	-7.78	-6.84	-5.33
Faktor C	-8.48	-6.22	-5.26
Faktor D	-7.79	-6.79	-5.38
Faktor E	-5.95	-5.74	-8.27
Faktor F	-5.58	-6.46	-7.92
Faktor G	-6.48	-6.44	-7.04

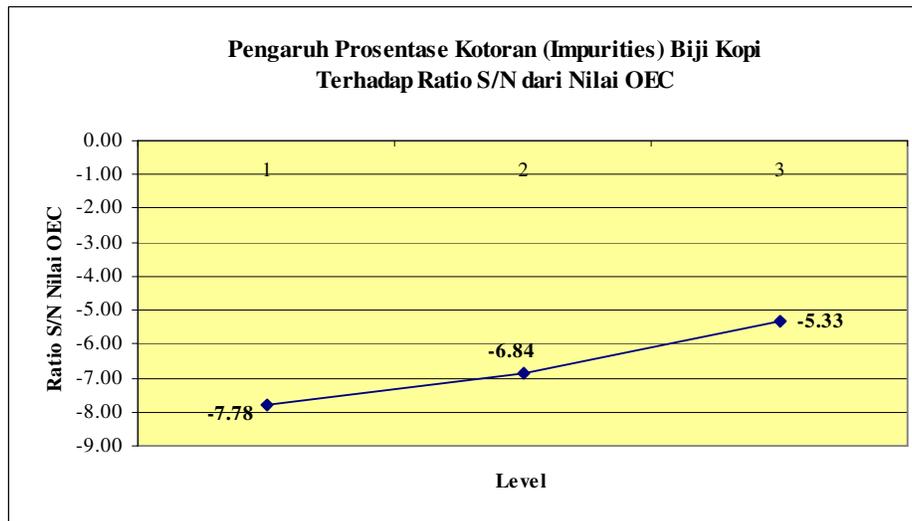
4.5.1. Grafik Respon Ratio Signal to Noise (S/N)

Berdasarkan Tabel 4.7 maka langkah berikutnya adalah menyusun grafik respon Ratio S/N. Pada grafik respon Ratio S/N, ketujuh faktor diatas dibuatkan grafiknya seperti tertera pada gambar 4.1 sampai dengan gambar 4.7 dibawah ini:



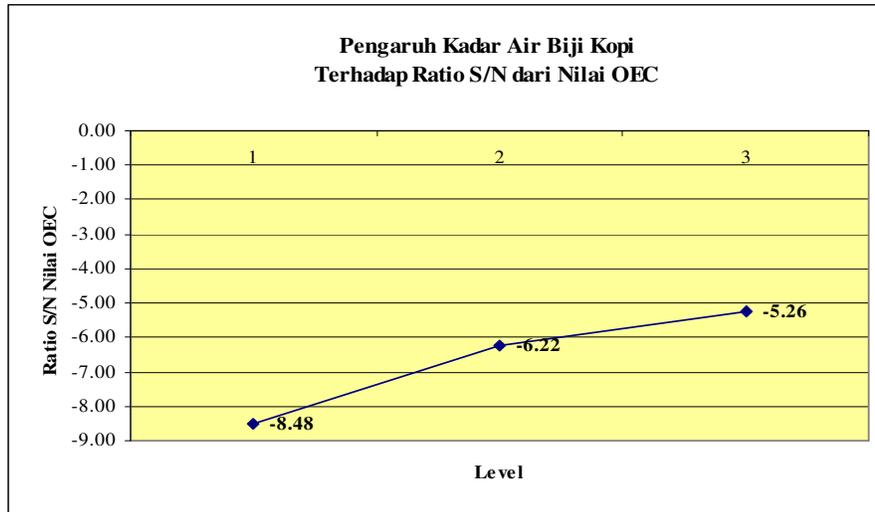
Gambar 4.1. Pengaruh Kualitas Biji Kopi Bagus terhadap Ratio S/N dari Nilai OEC

Pada gambar 4.1. terlihat bahwa level 1 dari faktor A (kualitas good beans) mempunyai nilai rasio S/N paling tinggi. Sehingga kualitas good beans dengan persentase 80% merupakan faktor yang paling robust terhadap faktor noise.



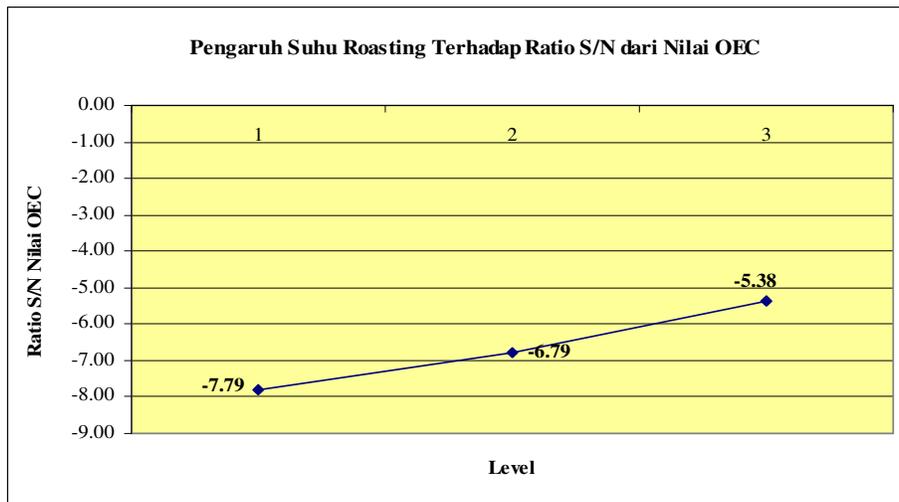
Gambar 4.2. Pengaruh Kotoran (*Impurities*) dalam Biji Kopi terhadap Ratio S/N dari Nilai OEC

Pada gambar 4.2. terlihat bahwa level 3 dari variabel proses B (Kotoran Biji Kopi) mempunyai nilai rasio S/N paling tinggi. Sehingga persentase kotoran biji kopi sebesar 2.5% merupakan faktor yang paling robust terhadap faktor noise.



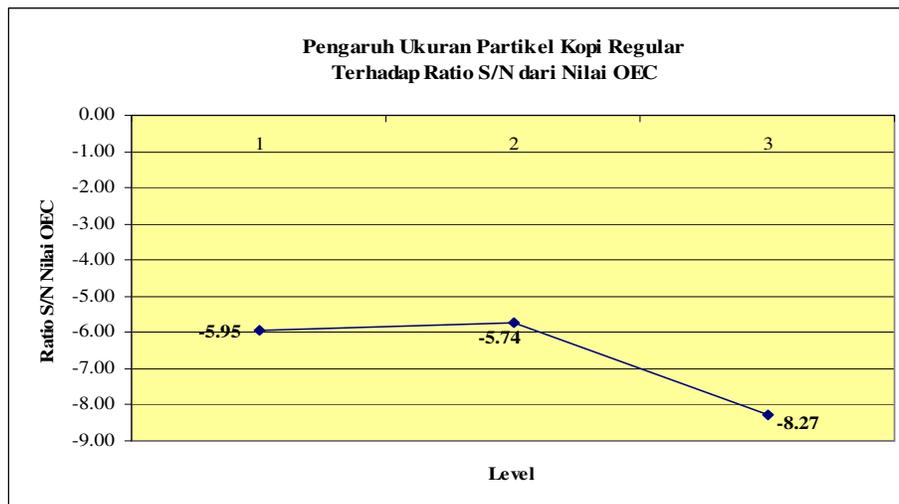
Gambar 4.3. Pengaruh Kadar Air dalam Biji Kopi terhadap Ratio S/N dari Nilai OEC

Pada gambar 4.3. terlihat bahwa level 3 dari variabel proses C (kadar air biji kopi) mempunyai nilai rasio S/N paling tinggi. Sehingga kadar air biji dengan persentase 10% merupakan faktor yang paling robust terhadap faktor noise.



Gambar 4.4. Pengaruh Suhu Roasting terhadap Ratio S/N dari Nilai OEC

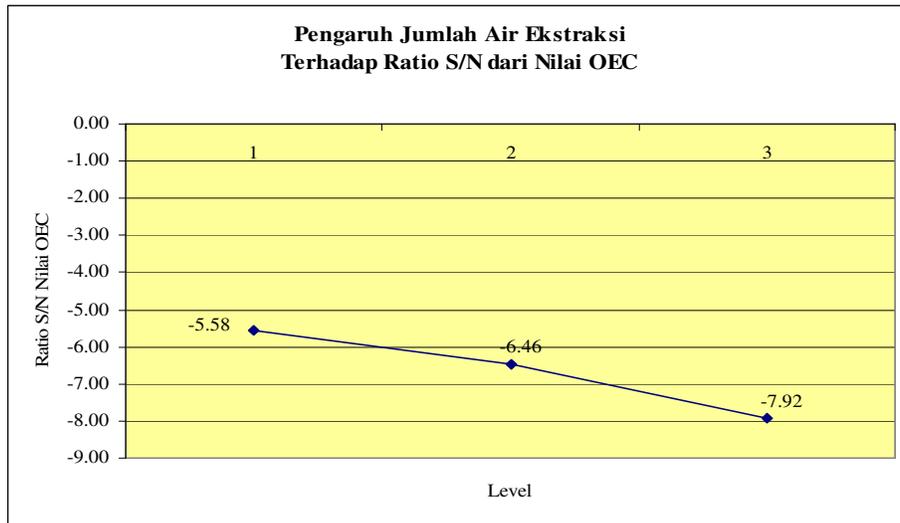
Pada gambar 4.4. terlihat bahwa level 3 dari variabel proses D (suhu roasting) mempunyai nilai rasio S/N paling tinggi. Sehingga suhu roasting sebesar 200⁰C merupakan faktor yang paling robust terhadap faktor noise.



Gambar 4.5. Pengaruh Ukuran Partikel Kopi Regular terhadap Ratio S/N dari Nilai OEC

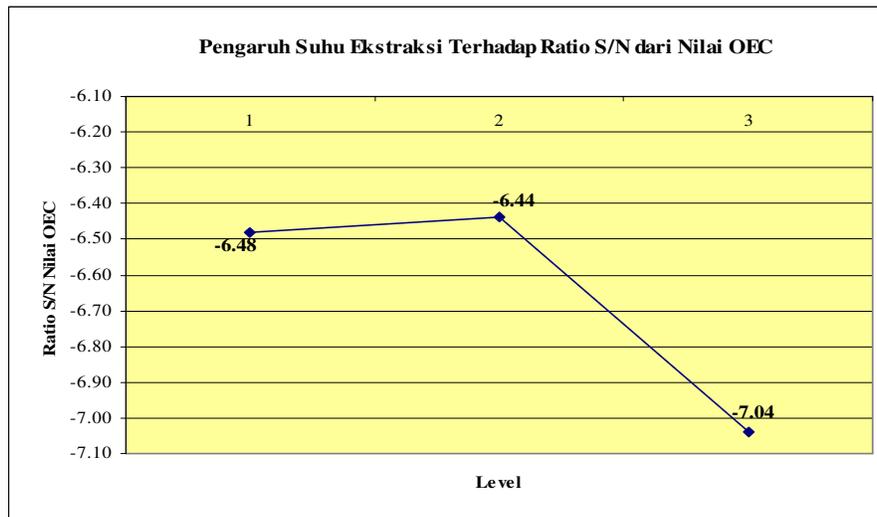
Pada gambar 4.5. terlihat bahwa level 2 dari variabel proses E (ukuran partikel kopi regular) mempunyai nilai rasio S/N paling tinggi. Sehingga partikel

dengan kopi regular ukuran medium merupakan faktor yang paling robust terhadap faktor noise.



Gambar 4.6. Pengaruh Jumlah Air Ekstraksi terhadap Ratio S/N dari Nilai OEC

Pada gambar 4.6. terlihat bahwa level 1 dari variabel proses F (jumlah air ekstraksi) mempunyai nilai rasio S/N paling tinggi. Sehingga jumlah air ekstraksi sebanyak 6 liter merupakan faktor yang paling robust terhadap faktor noise.



Gambar 4.7. Pengaruh Suhu Ekstraksi terhadap Ratio S/N dari Nilai OEC

Pada gambar 4.7. terlihat bahwa level 2 dari variabel proses G (suhu ekstraksi) mempunyai nilai rasio S/N paling tinggi. Sehingga suhu ekstraksi sebesar 130⁰C merupakan faktor yang paling robust terhadap faktor noise.

Berdasarkan grafik rasio S/N untuk Nilai OEC untuk masing-masing faktor terlihat kombinasi optimum nilai OEC dicapai pada **A1 B3 C3 D3 E2 F1 G2**

Kombinasi tersebut adalah :

- Persentase biji kopi bagus : 80%
- Persentase kotoran biji kopi bagus : 2,5%
- Persentase kadar air biji kopi : 10%
- Suhu roasting : 200⁰C
- Ukuran partikel kopi regular : Medium
- Jumlah air ekstraksi : 6 liter
- Suhu ekstraksi : 130⁰C

4.6. Analisis Variansi terhadap S/N Ratio Nilai OEC

Untuk mengetahui apakah data-data tersebut dapat digunakan atau dapat mewakili suatu populasi yang lebih besar (skala produksi), maka digunakan

analisa variansi (ANOVA). Analisis variansi adalah suatu teknik didalam statistika yang bermanfaat untuk mengetahui apakah suatu faktor mempunyai pengaruh yang signifikan atau tidak terhadap responnya karena sample harus digeneralisir. Dalam teknik analisa variansi, jumlah kuadrat total dipecah menjadi jumlah kuadrat faktor yang sesuai ditambahkan dengan jumlah kuadrat error.

4.6.1. Perumusan Hipotesis

Dengan menggunakan tingkat kepercayaan 90% ($\alpha = 10\%$) dirumuskan hipotesis sebagai berikut:

- H_0 = Level persentase biji kopi bagus (*Good Beans*) tidak berpengaruh terhadap Ratio S/N dari nilai OEC
- H_1 = Paling sedikit ada level persentase biji kopi bagus (*Good Beans*) yang mempunyai pengaruh terhadap Ratio S/N dari nilai OEC
- H_0 = Level persentase kotoran (*impurities*) biji kopi tidak berpengaruh terhadap Ratio S/N dari nilai OEC
- H_1 = Paling sedikit ada level persentase kotoran (*impurities*) biji kopi yang mempunyai pengaruh terhadap Ratio S/N dari nilai OEC
- H_0 = Level kadar air biji kopi tidak berpengaruh terhadap Ratio S/N dari nilai OEC
- H_1 = Paling sedikit ada level kadar air biji kopi yang mempunyai pengaruh terhadap Ratio S/N dari nilai OEC
- H_0 = Level suhu roasting tidak berpengaruh terhadap Ratio S/N dari nilai OEC
- H_1 = Paling sedikit ada level suhu roasting yang mempunyai pengaruh terhadap Ratio S/N dari nilai OEC
- H_0 = Level ukuran partikel kopi regular tidak berpengaruh terhadap Ratio S/N dari nilai OEC
- H_1 = Paling sedikit ada level ukuran partikel kopi regular yang mempunyai pengaruh terhadap Ratio S/N dari nilai OEC

- H_0 = Level jumlah air ekstraksi tidak berpengaruh terhadap Ratio S/N dari nilai OEC
- H_1 = Paling sedikit ada level jumlah air ekstraksi yang mempunyai pengaruh terhadap Ratio S/N dari nilai OEC
- H_0 = Level suhu ekstraksi tidak berpengaruh terhadap Ratio S/N dari nilai OEC
- H_1 = Paling sedikit ada level suhu ekstraksi yang mempunyai pengaruh terhadap Ratio S/N dari nilai OEC

4.6.2. Perhitungan ANOVA

Dengan perhitungan ANOVA, didapat harga F hitung dan persen kontribusi dari tiap variabel seperti terdapat pada tabel 4.8 dibawah ini. Untuk detail perhitungan ANOVA dapat dilihat pada Lampiran C

Tabel 4.8. Perhitungan ANOVA untuk Ratio S/N dari nilai OEC

Sumber Variansi	DOF, V	SS	MS	F hitung	F tabel	SS'	% Kontribusi, ρ
% Kopi Biji Bagus	2	7.35	3.68	33.27	5.46	7.13	5.98
% Kotoran Biji Kopi	2	18.27	9.13	82.69	5.46	18.05	15.15
% Kadar Air	2	33.84	16.92	153.18	5.46	33.62	28.22
Suhu Roasting	2	17.71	8.86	80.18	5.46	17.49	14.68
Ukuran Partikel Kopi Regular	2	23.79	11.90	107.70	5.46	23.57	19.79
Jumlah Air Ekstraksi	2	16.89	8.45	76.47	5.46	16.67	13.99
Suhu Ekstraksi	2	1.88	0.68	6.15	5.46	1.14	0.96
Residual	3	0.33	0.11				
Total	17	120.06					

Dari hasil perhitungan ANOVA dapat diambil kesimpulan mengenai pengaruh berbagai faktor-faktor pengontrol terhadap respon sebagai berikut:

1. Faktor Pengaruh Persentase Biji Kopi Bagus

F hitung = 33,27 > F(10%, 2,3) = 5,46 maka menolak H_0 , yaitu ada pengaruh perbedaan level dari % biji kopi bagus (good beans) terhadap Ratio S/N Nilai OEC

2. Faktor Pengaruh Persentase Kotoran (*Impurities*) Biji Kopi

F hitung = 82,69 > F(10%, 2,3) = 5,46 maka menolak H_0 , yaitu ada pengaruh perbedaan level dari % kotoran biji kopi (*impurities*) terhadap Ratio S/N Nilai OEC

3. Faktor Pengaruh Kadar Air Biji Kopi

F hitung = 153,18 > F(10%, 2,3) = 5,46 maka menolak H_0 , yaitu ada pengaruh perbedaan level dari kadar air biji kopi terhadap Ratio S/N Nilai OEC

4. Faktor Pengaruh Suhu Roasting

F hitung = 80,18 > F(10%, 2,3) = 5,46 maka menolak H_0 , yaitu ada pengaruh perbedaan level dari suhu roasting terhadap Ratio S/N Nilai OEC

5. Faktor Pengaruh Ukuran Partikel Kopi Regular

F hitung = 107,70 > F(10%, 2,3) = 5,46 maka menolak H_0 , yaitu ada pengaruh perbedaan level dari ukuran partikel kopi regular terhadap Ratio S/N Nilai OEC

6. Faktor Pengaruh Jumlah Air Ekstraksi

F hitung = 76,47 > F(10%, 2,3) = 5,46 maka menolak H_0 , yaitu ada pengaruh perbedaan level dari jumlah air ekstraksi terhadap Ratio S/N Nilai OEC

7. Faktor Pengaruh Suhu Ekstraksi

F hitung = 6,15 > F(10%, 2,3) = 5,46 maka menolak H_0 , yaitu ada pengaruh perbedaan level dari suhu ekstraksi terhadap Ratio S/N Nilai OEC

4.7. Penentuan Kondisi Optimum untuk S/N Ratio Nilai OEC

Kondisi optimum berguna untuk mengetahui level dari setiap faktor yang dapat mengoptimalkan respon S/N Ratio dari Nilai OEC. Kondisi optimum dipilih untuk setiap level yang memberikan nilai rata-rata ratio S/N yang tertinggi.

Berdasarkan plot pengaruh utama pada tabel 4.7 terlihat kondisi optimum untuk respon S/N Ratio nilai OEC dicapai pada kombinasi level **A1 B3 C3 D3 E2 F1 G2** yaitu :

- Persentase biji kopi bagus : -6,44
- Persentase kotoran biji kopi bagus : -5,33
- Persentase kadar air biji kopi : -5,26

- Suhu roasting : -5,38
- Ukuran partikel kopi regular : -5,74
- Jumlah air ekstraksi : -5,58
- Suhu ekstraksi : -6,44

Taksiran nilai kondisi optimum dihitung hanya berdasarkan faktor yang signifikan, yaitu kombinasi level **A1 B3 C3 D3 E2 F1 G2** , oleh karena itu taksiran kondisi optimum untuk S/N nilai OEC dapat dimodelkan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{S/N nilai OEC}_{\text{optimum}} &= \bar{Y} + (\bar{A}_1 - \bar{Y}) + (\bar{B}_2 - \bar{Y}) + (\bar{C}_3 - \bar{Y}) + (\bar{D}_3 - \bar{Y}) + (\bar{E}_2 - \bar{Y}) \\ &\quad + (\bar{F}_1 - \bar{Y}) + (\bar{G}_1 - \bar{Y}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{S/N nilai OEC}_{\text{optimum}} &= -6,65 + (-6,44 - (-6,65)) + (-5,33 - (-6,65)) + (-5,26 - (-6,65)) \\ &\quad + (-5,38 - (-6,65)) + (-5,74 - (-6,65)) + (-5,58 - (-6,65)) + \\ &\quad (-6,44 - (-6,65)) \end{aligned}$$

$$\text{S/N nilai OEC}_{\text{optimum}} = -0,25$$

Selang kepercayaan untuk taksiran kondisi optimum adalah:

$$\text{CI} = \text{S/N}_{\text{opt}} \pm \sqrt{\frac{F_{\alpha, V_1, V_2} \cdot \text{MSe}}{n_{\text{eff}}}}$$

$$\text{CI} = -0,25 \pm \sqrt{F_{10\%, 2, 3} \cdot \left(\frac{0,11}{18/(1+7)} \right)}$$

$$\text{CI} = -0,25 \pm 0,71$$

Jadi interval kondisi optimum ratio S/N nilai OEC pada tingkat kepercayaan 90% adalah -0,958 sampai dengan 0,460

4.8. Percobaan Konfirmasi

Dengan melakukan percobaan konfirmasi untuk kondisi optimum respon nilai OEC yaitu pada level faktor **A1 B3 C3 D3 E2 F1 G2** diperoleh hasil sebagai berikut :

Dari sketsa diatas, karena interval kondisi optimum dengan interval percobaan konfirmasi berpotongan , maka kondisi optimum eksperimen dapat diangkat ke skala industri.

4.9 Besarnya Peningkatan Mutu (Reduction Loss to Society)

Sebelum melakukan percobaan konfirmasi untuk kondisi optimum respon, dilakukan perhitungan terlebih dahulu terhadap ratio S/N nilai OEC untuk kondisi existing dengan faktor level sebagai berikut :

- Persentase Kopi Biji Bagus : 70%
- Persentase Kotoran Biji Kopi : 5%
- Persentase Kadar Air : 11%
- Suhu Roasting : 205⁰C
- Ukuran Partikel Kopi Regular : Medium
- Jumlah Air Ekstraksi : 6000 ml
- Suhu Ekstraksi : 140⁰C

Sehingga didapat data hasil dari kondisi existing adalah seperti yang tertera dalam tabel dibawah ini :

Tabel 4.10 Kondisi Proses Sebelum Dilakukan Optimasi

Respon	H1		H2	
	I1	I2	I1	I2
Nilai Yield	2.22	2.34	2.12	2.20
Citarasa	9.37	9.08	9.69	9.30
Nilai OEC Respon	0.62	0.31	0.90	0.63

S/N sebelum optimasi dapat dihitung sebagai berikut :

$$MSD_{existing} = \frac{(1/0,62)^2 + (1/0,31)^2 + (1/0,90)^2 + (1/0,63)^2}{4} = 4,24$$

$$SN \text{ nilai } OEC_{existing} = -10\log.(4,24) = - 6,27$$

Besarnya peningkatan mutu dalam kondisi optimal dibanding dengan kondisi existing adalah :

$$kMSD_{existing} = k 4,24$$

$$\eta_{optimum} = \text{rasio S/N nilai OEC}_{optimum} = -0,25$$

$$\eta_{existing} = \text{rasio S/N nilai OEC}_{existing} = -6,27$$

$$\zeta = kMSD_{Existing} \times \left[1 - 0.5^{\frac{\eta_{optimum} - \eta_{existing}}{3}} \right]$$

$$\zeta = k4,24 \times \left[1 - 0.5^{\frac{-0,25 - (-6,27)}{3}} \right] = k3,81$$

$$\text{Peningkatan Mutu Total} = \frac{k4,24 - k3,81}{k4,24} \times 100\% = 24,87\%$$

Jadi peningkatan mutu total untuk respon yield dan citarasa dari kondisi existing terhadap kondisi optimasi adalah sebesar 24,87%.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan analisa dan pembahasan dari penelitian yang dilakukan didapat kesimpulan dan saran adalah sebagai berikut :

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan tujuan dari penelitian didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Pengaruh faktor-faktor kontrol secara signifikan terhadap nilai yield dan citarasa kopi instant berturut-turut adalah :
 - Kadar air biji kopi sebesar 28,22%
 - Ukuran partikel kopi bubuk (*Roasted and Ground Coffee*) sebesar 19,79%
 - Persentase dari kotoran dalam biji kopi sebesar 15,15%
 - Suhu Penyangraian (*Roasting*) sebesar 14,68%
 - Jumlah air yang digunakan dalam proses ekstraksi sebesar 13,99%
 - Suhu Ekstraksi sebesar 0,96%

2. Kontribusi level faktor yang menghasilkan keluaran yang optimum pada proses produksi kopi instat yang memenuhi multirespon dicapai pada kombinasi level sebagai berikut :

A1 B3 C3 D3 E2 F1 G2 , terdiri dari :

 - Persentase biji kopi bagus pada level 80%
 - Persentase kotoran biji kopi bagus pada level 2,5%
 - Persentase kadar air biji kopi pada level 10%
 - Suhu roasting pada level suhu 200⁰C
 - Ukuran partikel kopi regular pada level ukuran Medium
 - Jumlah air ekstraksi pada level 6 liter
 - Suhu ekstraksi pada level 130⁰C

3. Berdasarkan berbagai kombinasi level faktor kontrol yang menghasilkan keluaran optimal pada percobaan, maka dengan perhitungan Metode Entropy diperoleh pembobotan untuk tiap-tiap respon adalah 54,2% untuk nilai yield dan 46,8% untuk kualitas citarasa kopi yang berpengaruh terhadap kualitas produk kopi instant yang dihasilkan.
4. Berdasarkan analisa dan perhitungan diketahui besar peningkatan mutu pada kondisi optimal jika dibandingkan kondisi saat ini adalah sebesar 24,87%

5.2. Saran

Diperlukan penelitian lebih lanjut terhadap parameter waktu proses roasting, waktu proses ekstraksi, kelayakan mesin dan kombinasi komposisi pencampuran biji kopi agar hasil produksi kopi instant akan jauh lebih baik dari segi penghematan material dan kualitas dan rasa.

DAFTAR PUSTAKA

- Balavendram, Nicolo (1997), *Quality by Design*, Prentice Hall, London
- Clarke, J.R. and Macrae R. (1987), *Coffee Technology Volume 1*, Elsevier Applied Science, London and New York
- Clarke, J.R. and Macrae R. (1987), *Coffee Technology Volume 2*, Elsevier Applied Science, London and New York
- Departemen Research & Development (2001), *Lingkup dan Pedoman Kerja R&D*, PT. Aneka Coffee Industry, Sidoarjo
- Departemen Produksi (1996), *Pedoman Pengoperasian*, PT. Aneka Coffee Industry, Sidoarjo
- Illy, Francesco and Illy, Ricardo (1992), *The Book of Coffee*, Arnorlds Mondadori Editore S.P.A, Milano
- Ismayadi, Cahya (2007), *Karakteristik dan Deskripsi Citarasa Kopi : Makalah Latihan Uji Cita Rasa*, Pusat Penelitian Kopi dan Cacao, Jember
- Kenichi, Iida and Tomohiro, Tsuruya (2005), *Effective Method of Manufacturing Development Using Taguchi Method (Quality Engineering) Research on The Introduction of Quality Engineering in Hokkaido Manufacturing Industry*, Journal Gijutsu Iten Forumu, Vol 17, Journal Code N20051443, Japan
- Lyman, Donald.J and Benck, Robert (2003), *FTIR-ATR Analysis of Brewed Coffee: Effect of Roasting Conditions*, , Journal of Agricultural and Food Chemistry 51, 3268-3272, American Chemical Society, Washington
- Nunes, Fernando.M, and Coimbra, Manuel. A (2002), *Chemical Characterization of the High-Molecular-Weight Material Extracted with Hot Water from Green and Roasted Robusta Coffees as Affected by the Degree of Roast*, Journal of Agricultural and Food Chemistry 50, 7047-7052, American Chemical Society, Washington
- Roy, Ranjit (2001), *Design of Experiment Using the Taguchi Approach : 16 Steps to Product and Process Improvement*, John Wiley & Sons, New York

- Ross, Philip (1996), *Taguchi Technique for Quality Engineering : Loss Function, Orthogonal Experiments, Parameter dan Tolerance Design*, McGraw-Hill, Singapore
- Rothfos, Bernhard (1986), 'Coffee Consumption', Gordian-Max Rieck GmbH, Hamburg
- Sen, Pratyush and Yang, Jian-Bo (1998), *Multiple Criteria Decision Support in Engineering Design*, Springer-Verlag, London
- Sivetz, Michael and Desrosier, Norman (1979), 'Coffee Technology', AVI Publishing Company, Inc, Connecticut
- Sulistiyawati (2005), *Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Terhadap Cita Rasa Seduh Kopi : Makalah Latihan Uji Cita Rasa*, Pusat Penelitian Kopi dan Cacao, Jember
- Standar Nasional Indonesia (1992), *Kopi, SNI No. 01-2907-1992*, Dewan Standardisasi Nasional, Indonesia
- T.Y. Tseng, J.R. Su, J.H. Tsai and C.J. Chou (1996), *Improvement of Physical Properties for Al-1.1%Mn Alloy with Taguchi Method*, Materials Science Forum Vols. 217-222, Taiwan
- Wahyudi, Teguh (2005), *Peranan Uji Cita Rasa Pengendalian Mutu Kopi : Makalah Latihan Uji Cita Rasa*, Pusat Penelitian Kopi dan Cacao, Jember

LAMPIRAN A

Tabel A.1 Data Hasil Percobaan untuk Respon Nilai Yield

	A	B	C	D	E	F	G	HI		H2	
								I1	I2	I1	I2
Percobaan 1	1	1	1	1	1	1	1	2.27	2.33	2.19	2.24
Percobaan 2	1	2	2	2	2	2	2	2.19	2.27	2.11	2.17
Percobaan 3	1	3	3	3	3	3	3	2.18	2.30	2.11	2.19
Percobaan 4	2	1	1	2	2	3	3	2.27	2.36	2.21	2.27
Percobaan 5	2	2	2	3	3	1	1	2.20	2.30	2.13	2.19
Percobaan 6	2	3	3	1	1	2	2	2.18	2.26	2.08	2.15
Percobaan 7	3	1	2	1	3	2	3	2.29	2.38	2.20	2.27
Percobaan 8	3	2	3	2	1	3	1	2.23	2.32	2.15	2.21
Percobaan 9	3	3	1	3	2	1	2	2.18	2.26	2.09	2.18
Percobaan 10	1	1	3	3	2	2	1	2.16	2.29	2.13	2.19
Percobaan 11	1	2	1	1	3	3	2	2.31	2.40	2.22	2.30
Percobaan 12	1	3	2	2	1	1	3	2.18	2.29	2.11	2.18
Percobaan 13	2	1	2	3	1	3	2	2.26	2.33	2.17	2.23
Percobaan 14	2	2	3	1	2	1	3	2.22	2.31	2.14	2.21
Percobaan 15	2	3	1	2	3	2	1	2.25	2.36	2.19	2.26
Percobaan 16	3	1	3	2	3	1	2	2.25	2.33	2.15	2.22
Percobaan 17	3	2	1	3	1	2	3	2.21	2.33	2.16	2.23
Percobaan 18	3	3	2	1	2	3	1	2.24	2.32	2.14	2.21

Keterangan :

- Faktor Noise H1 : Komposisi 100% Kopi Arabica
- Faktor Noise I1 : Umur panen \leq 1,5 tahun

- Faktor Noise H2 : Komposisi 100% Kopi Robusta
- Faktor Noise I2 : Umur panen \geq 1,5 tahun

Tabel A.2 Data Hasil Percobaan untuk Respon Nilai Yield

	A	B	C	D	E	F	G	HI		H2	
								I1	I2	I1	I2
Percobaan 1	1	1	1	1	1	1	1	9.25	9.11	9.18	8.78
Percobaan 2	1	2	2	2	2	2	2	9.46	9.25	9.61	9.13
Percobaan 3	1	3	3	3	3	3	3	9.48	9.19	9.57	9.03
Percobaan 4	2	1	1	2	2	3	3	9.25	9.02	9.08	8.62
Percobaan 5	2	2	2	3	3	1	1	9.43	9.19	9.47	9.03
Percobaan 6	2	3	3	1	1	2	2	9.48	9.28	9.75	9.23
Percobaan 7	3	1	2	1	3	2	3	9.22	8.99	9.13	8.62
Percobaan 8	3	2	3	2	1	3	1	9.35	9.14	9.38	8.93
Percobaan 9	3	3	1	3	2	1	2	9.48	9.28	9.75	9.08
Percobaan 10	1	1	3	3	2	2	1	9.53	9.22	9.47	9.03
Percobaan 11	1	2	1	1	3	3	2	9.17	8.94	9.03	8.51
Percobaan 12	1	3	2	2	1	1	3	9.48	9.22	9.61	9.08
Percobaan 13	2	1	2	3	1	3	2	9.28	9.11	9.28	8.83
Percobaan 14	2	2	3	1	2	1	3	9.38	9.17	9.43	8.93
Percobaan 15	2	3	1	2	3	2	1	9.30	9.02	9.18	8.67
Percobaan 16	3	1	3	2	3	1	2	9.30	9.11	9.38	8.88
Percobaan 17	3	2	1	3	1	2	3	9.41	9.11	9.33	8.83
Percobaan 18	3	3	2	1	2	3	1	9.33	9.14	9.43	8.93

Keterangan :

- Faktor Noise H1 : Komposisi 100% Kopi Arabica
- Faktor Noise I1 : Umur panen $\leq 1,5$ tahun

- Faktor Noise H2 : Komposisi 100% Kopi Robusta
- Faktor Noise I2 : Umur panen $\geq 1,5$ tahun

LAMPIRAN B

Perhitungan S/N Ratio untuk Setiap F pada Tiap-Tiap Level

Tabel : Respon Ratio S/N berdasarkan Faktor dan Level-Levelnya

Ratio S/N OEC	Level 1	Level 2	Level 3
Faktor A	-6.44	-6.79	-6.72
Faktor B	-7.78	-6.84	-5.33
Faktor C	-8.48	-6.22	-5.26
Faktor D	-7.79	-6.79	-5.38
Faktor E	-5.95	-5.74	-8.27
Faktor F	-5.58	-6.46	-7.92
Faktor G	-6.48	-6.44	-7.04

a. Faktor A pada Level 1

$$\bar{A}_1 = \frac{(-7,66 + (-4,07) + (-4,380) + (-4,55) + (-13,22) + (-4,37))}{6} = -6,44$$

b. Faktor A pada Level 2

$$\bar{A}_2 = \frac{(-9,98 + (-4,99) + (-3,46) + (-7,20) + (-5,76) + (-9,33))}{6} = -6,79$$

c. Faktor A pada Level 3

$$\bar{A}_3 = \frac{(-10,48 + (-6,16) + (-3,86) + (-6,81) + (-6,84) + (-6,19))}{6} = -6,72$$

d. Faktor B pada Level 1

$$\bar{B}_1 = \frac{(-7,66 + (-9,98) + (-10,48) + (-4,55) + (-7,20) + (-6,81))}{6} = -7,78$$

e. Faktor B pada Level 2

$$\bar{B}_2 = \frac{(-4,07 + (-4,99) + (-6,16) + (-13,22) + (-5,76) + (-6,84))}{6} = -6,84$$

f. Faktor B pada Level 3

$$\bar{B}_3 = \frac{(-4,80 + (-3,46) + (-3,86) + (-4,37) + (-9,33) + (-6,19))}{6} = -5,33$$

g. Faktor C pada Level 1

$$\bar{C}_1 = \frac{(-7,66) + (-9,98) + (-3,86) + (-13,22) + (-9,33) + (-6,84)}{6} = -8,48$$

h. Faktor C pada Level 2

$$\bar{C}_2 = \frac{(-4,07) + (-4,99) + (-10,48) + (-4,37) + (-7,20) + (-6,19)}{6} = -6,22$$

i. Faktor C pada Level 3

$$\bar{C}_3 = \frac{(-4,80) + (-3,46) + (-6,16) + (-4,55) + (-5,76) + (-6,81)}{6} = -5,26$$

j. Faktor D pada Level 1

$$\bar{D}_1 = \frac{(-7,66) + (-3,46) + (-10,48) + (-13,22) + (-5,76) + (-6,19)}{6} = -7,79$$

k. Faktor D pada Level 2

$$\bar{D}_2 = \frac{(-4,07) + (-9,98) + (-6,16) + (-4,37) + (-9,33) + (-6,81)}{6} = -6,79$$

l. Faktor D pada Level 3

$$\bar{D}_3 = \frac{(-4,80) + (-4,99) + (-3,86) + (-4,55) + (-7,20) + (-6,84)}{6} = -5,38$$

m. Faktor E pada Level 1

$$\bar{E}_1 = \frac{(-7,66) + (-3,46) + (-6,16) + (-4,37) + (-7,20) + (-6,84)}{6} = -5,95$$

n. Faktor E pada Level 2

$$\bar{E}_2 = \frac{(-4,07) + (-9,98) + (-3,86) + (-4,55) + (-5,76) + (-6,19)}{6} = -5,74$$

o. Faktor E pada Level 3

$$\bar{E}_3 = \frac{(-4,80) + (-4,99) + (-10,48) + (-13,22) + (-9,33) + (-6,81)}{6} = -8,27$$

p. Faktor F pada Level 1

$$\bar{F}_1 = \frac{(-7,66) + (-4,99) + (-3,86) + (-4,37) + (-5,76) + (-6,81)}{6} = -5,58$$

q. Faktor F pada Level 2

$$\bar{F}_2 = \frac{(-4,07) + (-3,46) + (-10,48) + (-4,55) + (-9,33) + (-6,84)}{6} = -6,46$$

r. Faktor F pada Level 3

$$\bar{F}_3 = \frac{(-4,80) + (-9,98) + (-6,16) + (-13,22) + (-7,20) + (-6,19)}{6} = -7,92$$

s. Faktor G pada Level 1

$$\bar{G}_1 = \frac{(-7,66) + (-4,99) + (-6,16) + (-4,55) + (-9,33) + (-6,19)}{6} = -6,48$$

t. Faktor G pada Level 2

$$\bar{G}_2 = \frac{(-4,07) + (-3,46) + (-3,86) + (-13,22) + (-7,20) + (-6,81)}{6} = -6,44$$

u. Faktor G pada Level 3

$$\bar{G}_3 = \frac{(-4,80) + (-9,98) + (-10,48) + (-4,37) + (-5,76) + (-6,84)}{6} = -7,04$$

LAMPIRAN C

Perhitungan Analisis Variansi terhadap S/N Ratio Nilai OEC

Tabel : Perhitungan ANOVA untuk Ratio S/N dari nilai OEC

Sumber Variansi	DOF, V	SS	MS	F hitung	F tabel	SS'	% Kontribusi, ρ
% Kopi Biji Bagus	2	7.35	3.68	33.27	5.46	7.13	5.98
% Kotoran Biji Kopi	2	18.27	9.13	82.69	5.46	18.05	15.15
% Kadar Air	2	33.84	16.92	153.18	5.46	33.62	28.22
Suhu Roasting	2	17.71	8.86	80.18	5.46	17.49	14.68
Ukuran Partikel Kopi Regular	2	23.79	11.90	107.70	5.46	23.57	19.79
Jumlah Air Ekstraksi	2	16.89	8.45	76.47	5.46	16.67	13.99
Suhu Ekstraksi	2	1.88	0.68	6.15	5.46	1.14	0.96
Residual	3	0.33	0.11				
Total	17	120.06					

Langkah-langkah perhitungan ANOVA adalah sebagai berikut:

1. Penentuan Derajat Bebas

$$V_T = \text{Derajat bebas total} = N - 1 = 18 - 1 = 17$$

$$V_A = \text{Derajat bebas faktor A} = dbA - 1 = 3 - 1 = 2$$

$$V_B = \text{Derajat bebas faktor B} = dbB - 1 = 3 - 1 = 2$$

$$V_C = \text{Derajat bebas faktor C} = dbC - 1 = 3 - 1 = 2$$

$$V_D = \text{Derajat bebas faktor D} = dbD - 1 = 3 - 1 = 2$$

$$V_E = \text{Derajat bebas faktor E} = dbE - 1 = 3 - 1 = 2$$

$$V_F = \text{Derajat bebas faktor F} = dbF - 1 = 3 - 1 = 2$$

$$V_G = \text{Derajat bebas faktor G} = dbG - 1 = 3 - 1 = 2$$

$$V_e = \text{Derajat bebas error} = V_T - (V_A + V_B + V_C + V_D + V_E + V_F + V_G) = 3$$

2. Penentuan Jumlah Kuadrat (Sum of Square)

$$T = \text{Jumlah seluruh pengamatan} = \sum_{i=1}^N Y_i = -119.73$$

$$CF = \text{faktor koreksi} = \frac{T^2}{N} = \frac{-119.73^2}{18} = 796.44$$

$$SS_T = \text{jumlah kuadrat total} = \sum_{i=1}^N Y_i^2 - CF = 119.13$$

$$\begin{aligned} SS_A &= \left(\frac{A_1^2}{N_{A1}} \right) + \left(\frac{A_2^2}{N_{A2}} \right) + \left(\frac{A_3^2}{N_{A3}} \right) - CF \\ &= \left(\frac{-38.67^2}{6} \right) + \left(\frac{-41.23^2}{6} \right) + \left(\frac{-40.35^2}{6} \right) - 796.44 = 7.35 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SS_B &= \left(\frac{B_1^2}{N_{B1}} \right) + \left(\frac{B_2^2}{N_{B2}} \right) + \left(\frac{B_3^2}{N_{B3}} \right) - CF \\ &= \left(\frac{-46.69^2}{6} \right) + \left(\frac{-41.04^2}{6} \right) + \left(\frac{-32.01^2}{6} \right) - 796.44 = 18.72 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SS_C &= \left(\frac{C_1^2}{N_{C1}} \right) + \left(\frac{C_2^2}{N_{C2}} \right) + \left(\frac{C_3^2}{N_{C3}} \right) - CF \\ &= \left(\frac{-50.89^2}{6} \right) + \left(\frac{-37.29^2}{6} \right) + \left(\frac{-31.55^2}{6} \right) - 796.44 = 32.90 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SS_D &= \left(\frac{D_1^2}{N_{D1}} \right) + \left(\frac{D_2^2}{N_{D2}} \right) + \left(\frac{D_3^2}{N_{D3}} \right) - CF \\ &= \left(\frac{-46.77^2}{6} \right) + \left(\frac{-40.71^2}{6} \right) + \left(\frac{-32.25^2}{6} \right) - 796.44 = 17.17 \end{aligned}$$

$$SS_E = \left(\frac{E_1^2}{N_{E1}} \right) + \left(\frac{E_2^2}{N_{E2}} \right) + \left(\frac{E_3^2}{N_{E3}} \right) - CF$$

$$= \left(\frac{-35.68^2}{6} \right) + \left(\frac{-34.41^2}{6} \right) + \left(\frac{-49.64^2}{6} \right) - 796.44 = 23.79$$

$$\begin{aligned} SS_F &= \left(\frac{F_1^2}{N_{F1}} \right) + \left(\frac{F_2^2}{N_{F2}} \right) + \left(\frac{F_3^2}{N_{F3}} \right) - CF \\ &= \left(\frac{-33.46^2}{6} \right) + \left(\frac{-38.73^2}{6} \right) + \left(\frac{-47.55^2}{6} \right) - 796.44 = 16.89 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SS_G &= \left(\frac{G_1^2}{N_{G1}} \right) + \left(\frac{G_2^2}{N_{G2}} \right) + \left(\frac{G_3^2}{N_{G3}} \right) - CF \\ &= \left(\frac{-38.87^2}{6} \right) + \left(\frac{-38.62^2}{6} \right) + \left(\frac{-42.28^2}{6} \right) - 796.44 = 1.88 \end{aligned}$$

S_{Se} = Jumlah kuadrat eror

$$SS_e = S_T - (S_A + S_B + S_C + S_D + S_E + S_F + S_G) = 0.33$$

3. Penentuan Rata-Rata Jumlah Kuadrat

$$MS_A = \frac{SS_A}{V_A} = \frac{7.38}{2} = 3.68$$

$$MS_B = \frac{SS_B}{V_B} = \frac{18.72}{2} = 9.13$$

$$MS_C = \frac{SS_C}{V_C} = \frac{32.90}{2} = 16.92$$

$$MS_D = \frac{SS_D}{V_D} = \frac{17.71}{2} = 8.86$$

$$MS_E = \frac{SS_E}{V_E} = \frac{23.79}{2} = 11.90$$

$$MS_F = \frac{SS_F}{V_F} = \frac{16.89}{2} = 8.45$$

$$MS_G = \frac{SS_G}{V_G} = \frac{1.88}{2} = 0.68$$

$$MS_e = \frac{SS_e}{V_e} = \frac{0.33}{2} = 0.11$$

4. Penentuan Jumlah Kuadrat Murni

$$SS_A' = SS_A - (MSe \cdot V_A) = 7.13$$

$$SS_B' = SS_B - (MSe \cdot V_B) = 18.05$$

$$SS_C' = SS_C - (MSe \cdot V_C) = 33.62$$

$$SS_D' = SS_D - (MSe \cdot V_D) = 17.49$$

$$SS_E' = SS_E - (MSe \cdot V_E) = 23.57$$

$$SS_F' = SS_F - (MSe \cdot V_A) = 16.67$$

$$SS_G' = SS_G - (MSe \cdot V_G) = 1.14$$

5. Penentuan Persen Kontribusi

$$\rho_A = \frac{SS_A'}{SS_T} \times 100\% = \frac{7.13}{119.13} \times 100\% = 5.98\%$$

$$\rho_B = \frac{SS_B'}{SS_T} \times 100\% = \frac{18.05}{119.13} \times 100\% = 15.15\%$$

$$\rho_C = \frac{SS_C'}{SS_T} \times 100\% = \frac{33.62}{119.13} \times 100\% = 28.22\%$$

$$\rho_D = \frac{SS_D'}{SS_T} \times 100\% = \frac{17.49}{119.13} \times 100\% = 14.68\%$$

$$\rho_E = \frac{SS_E'}{SS_T} \times 100\% = \frac{23.57}{119.13} \times 100\% = 19.79\%$$

$$\rho_F = \frac{SS_F'}{SS_T} \times 100\% = \frac{16.67}{119.13} \times 100\% = 13.99\%$$

$$\rho_G = \frac{SS_G'}{SS_T} \times 100\% = \frac{1.14}{119.13} \times 100\% = 0.96\%$$

$$\rho_e = 100 - (\rho_A + \rho_B + \rho_C + \rho_D + \rho_E + \rho_F + \rho_G) = 1.22\%$$