

**ANALISIS INTEGRASI *TRIZ* DAN *DESIGN OF EXPERIMENT*
METODE *TAGUCHI* TERHADAP PENINGKATAN KUALITAS
PROSES *ROASTING* KOPI PADA UMKM DI MAKASSAR
(STUDI KASUS *ANOVA COFFEE*)**

*Analysis of the Integration of Triz and the Design of Experiment Method of
Taguchi on Improving the Quality of Coffee Roasting Process in SME's in
Makassar (Case Study of Anova Coffee)*



FAUZAN ADZIMA A

D072211003

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK INDUSTRI
DEPARTEMEN TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

GOWA

2023

PENGAJUAN TESIS

**ANALISIS INTEGRASI TRIZ DAN DESIGN OF EXPERIMENT
METODE TAGUCHI TERHADAP PENINGKATAN KUALITAS
PROSES ROASTING KOPI PADA UMKM DI MAKASSAR
(STUDI KASUS ANOA COFFEE)**

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelas Magister
Program Studi Teknik Industri

Disusun dan Diajukan Oleh

FAUZAN ADZIMA A

D072211003

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA**

2023

PERSETUJUAN TESIS

ANALISIS INTEGRASI *TRIZ* DAN *DESIGN OF EXPERIMENT* METODE *TAGUCHI* TERHADAP PENINGKATAN KUALITAS PROSES *ROASTING* KOPI PADA UMKM DI MAKASSAR (STUDI KASUS *ANOA COFFEE*)

FAUZAN ADZIMA A
D072211003

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Tesis yang dibentuk dalam rangka penyelesaian Studi Program Magister Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Pada tanggal **1 Agustus 2023**
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,



Dr. Ir. Santa Asmal, ST., MT

NIP. 19681005 199603 1 002

Pembimbing Pendamping,



Dr. Eng. Ir. Irwan Setiawan, ST., MT.

NIP. 19760602 200502 1002

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin



Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli,
S.T., M.T. IPM., ASEAN Eng.

NIP. 19730926 200012 1 002

Ketua Program Studi S2 Teknik Industri
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin



Dr. Ir. Saiful Mangengre, ST., MT., IPU

NIP. 19810606 200604 1 004

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Yang bertanda tangan dibawah ini

Nama : Fauzan Adzima A.

Nomor mahasiswa : D072211003

Program studi : S2 Teknik Industri

Dengan ini menyatakan bahwa, tesis berjudul “ANALISIS INTEGRASI TRIZ DAN DESIGN OF EXPERIMENT METODE TAGUCHI TERHADAP PENINGKATAN KUALITAS PROSES ROASTING KOPI PADA UMKM DI MAKASSAR (STUDI KASUS ANOA COFFEE)” adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing (Dr. Ir. Sapta Asmal, ST., MT dan Dr. Eng. Ir. Irwan Setiawan, ST., MT.). Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis ini telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka tesis ini. Sebagian dari isi tesis ini telah dipublikasikan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka tesis ini. Sebagai dari tesis ini telah dipublikasikan di *jurnal teknik industri, volume 9, No. 2* sebagai artikel dengan judul “IMPLEMENTASI METODE TRIZ TERHADAP PENINGKATAN KUALITAS PROSES ROASTING KOPI PADA UMKM DIMAKASSAR”

Dengan ini saya limpaikan hak cipta dari karya tulis saya berupa tesis kepada universitas hasanuddin.

Gowa, 11 Agustus 2023

Yang menyatakan



Fauzan Adzima A

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji Syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas rahmatnya dan salam sholawat atas junjungan nabi Muhammad SAW sehingga tesis yang berjudul “ Analisis Integrasi *Triz* Dan *Design Of Experiment* Metode Taguchi Terhadap Peningkatan Kualitas Proses *Roasting* Kopi Pada Umkm Di Makassar (Studi Kasus *Anoa Coffee*) “ ini dapat diselesaikan.dalam Program Magister Teknik Industri

Bukan hal yang mudah untuk mewujudkan gagasan-gagasan tersebut dalam sebuah susunan tesis, berkat bimbingan, arahan dan motivasi berbagai pihak maka disertasi ini bisa disusun sebagaimana kaidah-kaidah yang dipersyaratkan, dan untuk itu penulis menyampaikan terimakasih kepada :

1. Kedua orangtua dan keluarga Penulis yang selalu memberikan dukungan dan doa dalam penyelesaian tesis ini.
2. Dr. Ir. Sapta Asmal, ST., MT dan Dr. Eng. Ir. Irwan Setiawan, ST., MT. selaku pembimbing yang telah memberikan arahan dalam penyelesaian tesis ini.
3. Jajaran staf departemen teknik industri yang telah membantu menyelesaikan proses administrasi dalam pengujian tesis ini.
4. Pemilik *Anoa coffee* dan tim yang telah membantu dalam pengambilan data dalam penelitian ini berjalan sesuai rencana.
5. Teman-teman penulis yang selalu menjadi wadah diskusi dalam proses penyelesaian tesis ini.

Semoga semua pihak yang telah memberi membantu, meluangkan waktu, memotivasi dan memberi doa dalam proses penyelesaian tesis mendapatkan kelimpahan rahmat dan rejeki oleh Allah SWT.

Penulis
Fauzan Adzima A

ABSTRAK

FAUZAN ADZIMA A. Analisis Integrasi *Triz* Dan *Design Of Experiment* Metode Taguchi Terhadap Peningkatan Kualitas Proses *Roasting* Kopi Pada Umkm Di Makassar (Studi Kasus *Anoa Coffee*) (dibimbing oleh **Sapta Asmal, Irwan Setiawan**)

Anoa coffee merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang pengolahan dan produksi kopi yang berlokasi di kota makassar. Tingginya jumlah peminat kopi dan menjamurnya usaha coffeeshop di makassar menjadikan peluang yang sangat baik untuk penjualan produk dari *anoa coffee* yang mampu memproduksi 50kg-70kg kopi/hari. Dalam menjaga kualitas produk kopi dibutuhkan pengawasan yang ketat dalam setiap prosesnya sehingga dapat terhindar dari kecacatan produk, dengan pengawasan yang ketat dapat membantu dalam menerapkan standar kualitas dalam setiap proses produksi.

Metode *TRIZ* telah menjadi metode yang dapat diandalkan untuk mencapai inovasi yang sistematis dan membantu menghindari proses yang tidak efisien dalam memecahkan masalah, dalam tren terbarunya metode *TRIZ* diintegrasikan dengan metode lainnya untuk memperkuat proses pemecahan masalah. Metode *New Seven Tools* bersifat mendefinisikan masalah dengan data herbal dan mengumpulkan ide serta memformulasikan rencana, metode ini digunakan untuk mengendalikan dan memperbaiki kualitas produk suatu perusahaan pada jumlah produk cacat setiap produksinya dapat berkurang. Metode Taguchi merupakan perbaikan kualitas dengan metode percobaan baru, artinya melakukan pendekatan lain yang memberikan tingkat kepercayaan yang sama, metode taguchi sangat efektif dalam peningkatan kualitas dan juga mengurangi biaya.

Terdapat tiga jenis kecacatan dalam proses *roasting*, yaitu biji kopi terbuang atau tidak matang, biji kopi pecah atau berlubang, dan biji kopi hitam atau hangus. Penyebab kecacatan kopi dalam proses *roasting* dapat dipengaruhi beberapa hal seperti manusia, material, mesin, metode dan lingkungan. Penerapan *TRIZ* menghasilkan kontradiksi-kontradiksi dalam proses *roasting* berdasarkan jenis kecacatan biji kopi, dari kontradiksi-kontradiksi tersebut menghasilkan rekomendasi perbaikan yang diberikan oleh metode *TRIZ* seperti penambahan pasak pada silinder, pemberian pelumas pada bearing, persediaan cadangan *bearing*, menyediakan alat sortir otomatis, penambahan Batangan plastik pada *mixer*, jadwal monitoring perbaikan *mixer*, perubahan volume saluran *exhaust*, dan membersihkan saluran *exhaust*. Berdasarkan hasil optimasi dengan metode Taguchi maka ditemukan rekomendasi parameter optimal yang dapat digunakan dalam proses *roasting* yaitu putaran *roasting* 20 RPM, temperature *roasting* 245°C, dan waktu *roasting* 16 menit.

Kata kunci: UMKM, *TRIZ*, *New Seven Tools*, *Taguchi*, Peningkatan Kualitas

ABSTRACT

FAUZAN ADZIMA A. *Analysis of the Integration of Triz and the Design of Experiment Method of Taguchi on Improving the Quality of Coffee Roasting Process in SME's in Makassar (Case Study of Anoa Coffee) (supervised by Sapta Asmal, Irwan Setiawan)*

Anoa coffee is a company engaged in the processing and production of coffee which is located in the city of Makassar. The high number of coffee enthusiasts and the mushrooming of coffee shop businesses in Makassar make it a very good opportunity to sell products from anoa coffee which is capable of producing 50kg-70kg of coffee per day. In maintaining the quality of coffee products, strict supervision is needed in each process so that product defects can be avoided, strict supervision can assist in implementing quality standards in each production process.

The TRIZ method has become a reliable method for achieving systematic innovation and helping to avoid inefficient processes in solving problems, in the latest trend the TRIZ method is integrated with other methods to strengthen the problem-solving process. The New Seven Tools method is to define problems with herbal data and collect ideas and formulate plans, this method is used to control and improve the quality of a company's products so that the number of defective products per product can be reduced. The Taguchi method is a quality improvement with a new experimental method, meaning that other approaches provide the same level of confidence, the Taguchi method is very effective in increasing quality and also reducing costs.

There are three types of defects in the roasting process, namely wasted or immature coffee beans, broken or hollow coffee beans, and black or charred coffee beans. The causes of coffee defects in the roasting process can be influenced by several things such as humans, materials, machines, methods, and the environment. The application of TRIZ produces contradictions in the roasting process based on the type of coffee bean defects, these contradictions result in recommendations for improvements given by the TRIZ method such as adding cogs to cylinders, lubricating bearings, spare bearing inventory, providing automatic sorters, adding bars plastic on the mixer, mixer repair monitoring schedule, change in exhaust channel volume, and cleaning the exhaust channel. Based on the results of the optimization using the Taguchi method, recommendations for optimal parameters that can be used in the roasting process are found, namely a 20 RPM roasting cycle, a roasting temperature of 245°C, and a roasting time of 16 minutes.

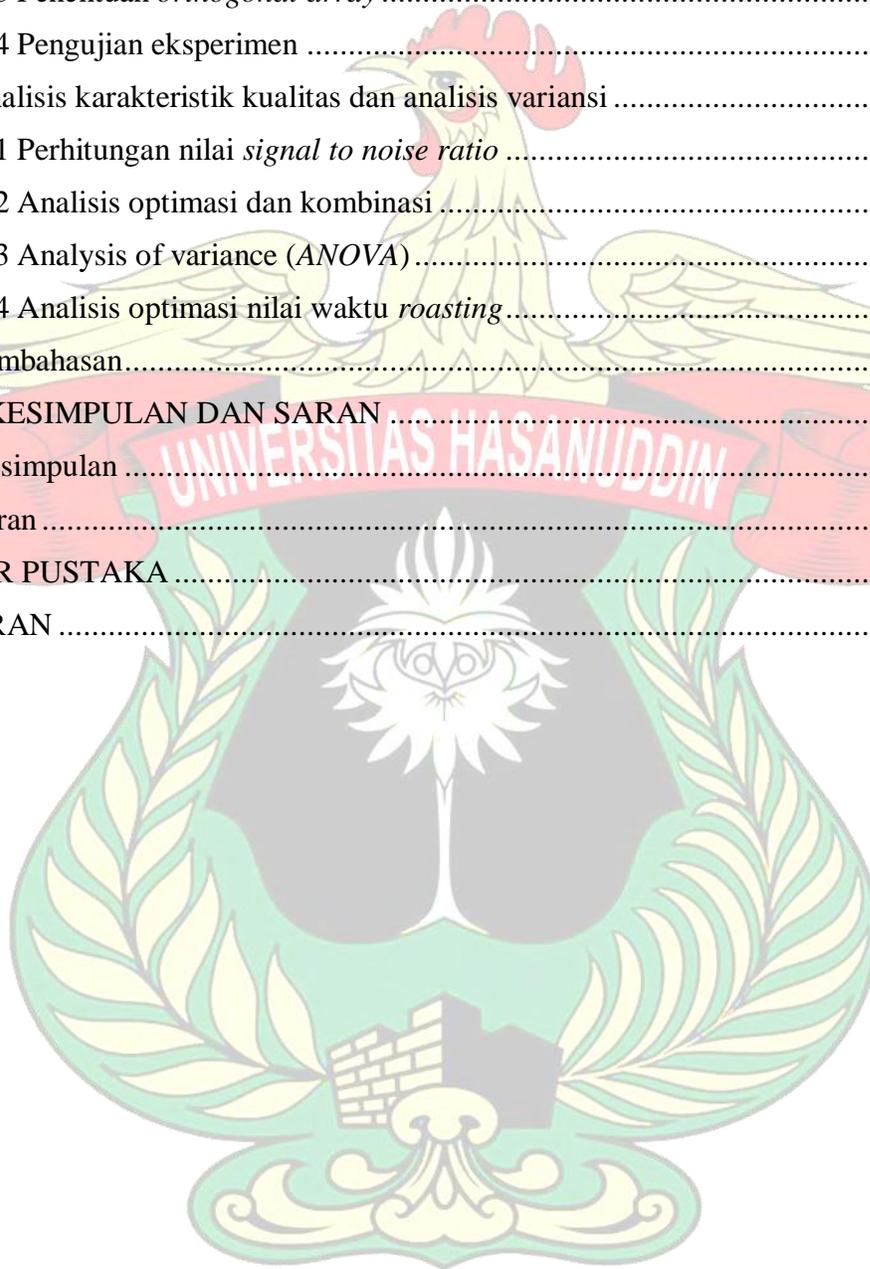
Keywords: *SME's, TRIZ, New Seven Tools, Taguchi, Quality Improvements*

DAFTAR ISI

ANALISIS INTEGRASI <i>TRIZ</i> DAN <i>DESIGN OF EXPERIMENT</i> METODE <i>TAGUCHI</i> TERHADAP PENINGKATAN KUALITAS PROSES <i>ROASTING</i> KOPI PADA UMKM DI MAKASSAR (STUDI KASUS ANOA <i>COFFEE</i>).....	i
PENGAJUAN TESIS	ii
PERSETUJUAN TESIS.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS.....	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL.....	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Batasan Masalah.....	5
1.6 Sistematika Penulisan	6
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1 Kajian Literatur	8
2.2 Studi Pustaka.....	10
2.2.1 Umkm.....	10
2.2.2 Alur proses produksi umkm (anoa <i>coffee</i>).....	12
2.2.3 Kualitas kopi.....	18
2.2.4 <i>Roasting</i> kopi.....	19
2.3 <i>New Seven Tools</i>	20

2.4 Metode <i>TRIZ</i>	25
2.4.1 39 <i>Engineering parameters</i>	27
2.4.2 40 <i>Inventive principles</i>	33
2.5 <i>Design of Experiment</i>	38
2.6 Metode Taguchi.....	41
2.6.1 Keuntungan DoE pendekatan metode taguchi.....	41
2.6.2 Prinsip metode taguchi	41
2.6.3 Langkah-langkah metode taguchi	42
2.7 Analisis dan optimasi metode taguchi	43
BAB 3 METODE PENELITIAN	45
3.1 Fokus Kajian	45
3.2 Objek dan Subjek Penelitian	45
3.3 Jenis dan Sumber Data.....	45
3.4 Alur Penelitian.....	46
3.4.1 Tahap identifikasi awal	47
3.4.2 Tahap pengumpulan dan pengolahan data	48
3.4.3 Tahap analisa dan pembahasan.....	49
3.4.4 Tahap kesimpulan dan saran.....	51
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	52
4.1 Pengumpulan data	52
4.1.1 Proses <i>roasting</i> kopi dianoa <i>coffee</i>	52
4.1.2 Identifikasi jenis cacat dan jumlah cacat produk kopi	60
4.2 Penerapan <i>TRIZ</i>	65
4.2.1 Kontradiksi-kontradiksi cacat	66
4.2.2 Kontradiksi kecacatan biji kopi terbuang atau tidak matang.....	66
4.2.3 Kontradiksi kecacatan biji kopi pecah atau berlubang	67
4.2.4 Kontradiksi kecacatan biji kopi hitam atau hangus	68
4.3 Matriks kontradiksi jenis-jenis kecacatan kopi	69
4.3.1 Matriks kontradiksi kecacatan biji kopi terbuang atau tidak matang.....	69
4.3.2 Matriks kontradiksi kecacatan biji kopi pecah atau berlubang.....	71
4.3.3 Matriks kontradiksi kecacatan biji kopi hitam atau hangus	73

4.4 <i>Design of experiment</i>	74
4.4.1 Penetapan variabel respon dan variabel bebas.....	75
4.4.2 Penetapan faktor kontrol	75
4.4.3 Penentuan <i>orthogonal array</i>	76
4.4.4 Pengujian eksperimen	78
4.5 Analisis karakteristik kualitas dan analisis variansi	79
4.5.1 Perhitungan nilai <i>signal to noise ratio</i>	80
4.5.2 Analisis optimasi dan kombinasi	81
4.5.3 Analysis of variance (ANOVA)	84
4.5.4 Analisis optimasi nilai waktu <i>roasting</i>	88
4.6 Pembahasan.....	89
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	93
5.1 Kesimpulan	93
5.2 Saran	93
DAFTAR PUSTAKA	94
LAMPIRAN	99



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian terdahulu	8
Tabel 2.2 Produk anoa coffee	17
Tabel 2.3 Customer anoa <i>coffee</i>	17
Tabel 2. 4 39 <i>Engineering parameters</i>	27
Tabel 2. 5 Penjelasan 39 <i>engineering parameter</i>	28
Tabel 2.6 40 <i>Inventive principles</i>	33
Tabel 2.7 Penjelasan 40 <i>inventive principles</i>	34
Tabel 2. 8 Perbandingan <i>Design of Experiment</i>	40
Tabel 4.1 Tahapan proses <i>roasting</i>	54
Tabel 4.2 Rekap jumlah <i>roasting</i> kopi 30 hari	55
Tabel 4. 3 Rekap jumlah <i>roasting</i> kopi per proses	62
Tabel 4.4 Rekap jumlah kecacatan kopi	64
Tabel 4 5 Total kecacatan jumlah kecacatan kopi.....	65
Tabel 4.6 Kontradiksi kecacatan biji kopi terbuang atau tidak matang	66
Tabel 4.7 Kontradiksi kecacatan biji kopi pecah atau berlubang	67
Tabel 4. 8 Kontradiksi kecacatan biji kopi hitam atau hangus.....	68
Tabel 4.9 Matriks kontradiksi kecacatan biji kopi terbuang atau tidak matang	70
Tabel 4.10 Matriks kontradiksi kecacatan biji kopi pecah atau berlubang	72
Tabel 4.11 Matriks kontradiksi kecacatan biji kopi hitam atau hangus.....	74
Tabel 4.12 Tabel parameter <i>roasting</i> anoa <i>coffee</i>	75
Tabel 4.13 Kombinasi parameter dan level.....	76
Tabel 4.14 Nilai degree of freedom DoF	77
Tabel 4.15 Desain eksperimen <i>orthogonal array</i>	77
Tabel 4.16 Hasil eksperimen nilai <i>waktu roasting</i>	78
Tabel 4.17 Hasil eksperimen nilai <i>waktu roasting</i>	78
Tabel 4.18 Hasil perhitungan rata-rata dan <i>signal to noise rasio</i>	81
Tabel 4.19 Nilai respon optimal	83
Tabel 4.20 Hasil uji ANOVA nilai mean	85

Tabel 4.21 Hasil kontribusi	87
Tabel 4.22 Hasil uji ANOVA nilai SNR	87
Tabel 4.23 <i>Respon tabel for means</i>	88
Tabel 4.24 Tabel parameter <i>roasting anoa coffee</i>	89
Tabel 4.25 Tabel parameter rekomendasi	89
Tabel 4.26 Rekomendasi perbaikan.....	90



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Contoh cacat produk hasil roasting.....	4
Gambar 2.1 Alur proses produksi anoa <i>coffee</i>	12
Gambar 2.2 <i>Storage greenbeand</i> diruang produksi anoa <i>coffee</i>	13
Gambar 2.3 Hasil sortir <i>greenbeand</i>	14
Gambar 2.4 Proses <i>roasting</i> kopi diruang produksi anoa <i>coffee</i>	15
Gambar 2.5 Proses <i>packaging</i> kopi	16
Gambar 2.6 <i>Display</i> toko anoa <i>coffee</i>	16
Gambar 2.7 Contoh <i>affinity</i> diagram	22
Gambar 2.8 Contoh diagram hubungan.....	22
Gambar 2.9 Contoh diagram matriks.....	23
Gambar 2.10 Contoh matriks data analisis.....	23
Gambar 2.11 Contoh diagram pohon.....	24
Gambar 2.12 Contoh diagram panah (arrow diagram)	24
Gambar 2.13 Contoh PDPC	25
Gambar 3.1 Alur penelitian.....	46
Gambar 4.1 Hasil <i>arrow</i> diagram.....	54
Gambar 4. 2 Bagian-bagian mesin <i>roasting</i>	56
Gambar 4.3 Affinity diagram	60
Gambar 4.4 Diagram <i>fishbone</i>	61
Gambar 4.5 Diagram <i>Pareto</i>	65
Gambar 4. 9 Hasil eksperimen software minitab	79
Gambar 4.10 <i>Respon tabel for means</i> pada software minitab.....	82
Gambar 4.11 Plot mean Taguchi pada pada software minitab.....	82
Gambar 4.12 Respon tabel for SNR	83
Gambar 4.13 Plot SNR Taguchi dari nilai waktu roasting.....	83
Gambar 4.14 Langkah pertama	84
Gambar 4.16 <i>Factor information</i> pada software minitab	84
Gambar 4.17 Hasil uji ANOVA nilai mean pada software minitab	84
Gambar 4.18 Hasil uji ANOVA nilai SNR pada software minitab	87

Gambar 4. 19 Hasil roasting parameter rekomendasi (20 Rpm, 245°C, 16 menit).... 92

Gambar 4. 20 Hasil *roasting* anoa *coffee* (12.25 Rpm, 220 °C, 20 menit) 92



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Gambaran umum perusahaan	99
Lampiran 2. Kondisi perusahaan	100
Lampiran 3. Matriks kontradiksi	104
Lampiran 4. Dokumentasi proses dan perbaikan.....	105



DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

Singkatan		Keterangan
n	=	Sn ratio
N	=	Jumlah replikasi percobaan
Y	=	Nilai waktu roasting
MSD	=	Mean square deviation



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kopi merupakan salah satu minuman terpopuler didunia, Awal mula kopi mulai dikenal diindonesia sejak tahun 1696 ketika walikota Amsterdam Nicholas witsen memerintahkan pasukannya untuk membawa biji kopi ke tanah jawa. Kopi jenis arabica pertama kali ditanam dan dikembangkan dibagian timur jatinegara kemudian menjadi salah satu perdagangan komoditas bagi VOC. Penyebaran tanaman kopi diindonesia sangat cepat dikarenakan struktur tanah dan suhu diindonesia yang sangat baik untuk tanaman kopi. Indonesia merupakan salah satu negara penghasil kopi terbesar didunia setelah brazil, dan Columbia. Berbagai jenis kopi telah tumbuh dan berkembang disebagian besar daerah diindonesia sehingga menghasilkan jenis kopi dengan karakteristik yang berbeda-beda seperti kopi toraja, kopi aceh gayo, kopi luwak dan lain-lain. Produksi kopi pada tahun 2021 meningkat sebesar 3,12 persen atau 786,2 ribu ton (Badan Pusat Statistik , 2021)

UMKM merupakan sektor bisnis terbesar yang ada diindonesia dan menyerap jumlah tenaga kerja yang banyak, serta memegang peranan penting dalam pertumbuhan ekonomi. UMKM adalah bisnis yang dikembangkan secara mandiri atas kesadaran masyarakat terkait pentingnya memajukan perekonomian suatu negara, dimana para pelaku usaha memainkan peran atas terciptanya lapangan kerja, mengurangi angka kemiskinan meskipun banyak mengalami hambatan terutama dal hal pendanaan (Gherghina, 2020). Khususnya dikota makassar terdapat pertumbuhan UMKM yang cukup signifikan dimana terdapat 27,03% bisnis fashion, 9,7% bisnis elektronik dan bengkel, 6,11% agribisnis, 4,41% bisnis kreatif, dan 1.99% bisnis salon kecantikan, 35,02% bisnis kuliner, 1,2% bisnis travel. Dengan cukup tingginya tingkat pelaku usaha UMKM dimakassar maka tingkat persaingan antar pelaku usaha cukup kompetitif yang berdampak baik bagi pertumbuhan ekonomi dimakassar yang merupakan salah satu kota terbesar diindonesia (Badan Pusat Statistitik Makassar, 2019).

Menurut (Hernita dkk, 2021), permasalahan utama yang dihadapi pelaku UMKM dikota makassar yang dapat diidentifikasi dengan peningkatan produktivitas usaha yaitu Kurangnya modal yang digunakan, kurangnya pengetahuan dalam pengelolaan usaha dan pengembangan usaha ,kurangnya inovasi produk, kesulitan dalam mendistribusikan barang, belum optimalnya pemasaran melalui penggunaan online, kurangnya branding dan merek produk yang dihasilkan, manajemen bisnis ketergantungan yang ada pada pembukuan manual. Ketujuh factor ini berhubungan langsung dengan kualitas sumber daya manusia dalam kaitannya dengan inovasi, diservikasi usaha, manajemen usaha, dan pemasaran produk.

Dengan berkembang pesatnya permintaan kopi maka hal ini dapat menjadi peluang bisnis yang cukup menjanjikan baik level domestic atau level mancanegara. Salah satu sector bisnis yang paling berpengaruh dengan tingginya peminat kopi yaitu *coffeeshop*. Khususnya diindonesia persaingan *coffeeshop* sangat kompetitif, ada ratusan hingga ribuan *coffeeshop* yang tersebar diseluruh Indonesia. Coffeshop telah menjadi tempat favorit bagi masyarakat Indonesia dalam menjalani berbagai rutinitas seperti mengerjakan tugas sekolah, rapat kegiatan kantor hingga menjadi tempat kerja bagi freelancer. Dengan tingginya persaingan maka para pelaku usaha *coffeeshop* membuat berbagai konsep untuk menarik minat pelanggan dan masing-masing menjaga kualitas produk mereka. Perkembangan *coffeeshop* di indonesia meningkat 16% setiap tahunnya (Yessica,2010). Dalam bisnis kopi ada beberapa hal yang dapat mendasari konsumen dalam memilih produk kopi yang berkualitas seperti aroma, rasa, ketersediaan produk, harga yang terjangkau, bahan kemasan produk kopi, desain kemasan, dan umur simpan kopi (Widyantini, 2019)

Dalam menjaga kualitas produk kopi dibutuhkan pengawasan yang ketat dalam setiap prosesnya sehingga dapat terhindar dari kecacatan produk, dengan pengawasan yang ketat dapat membantu dalam menerapkan standar kualitas dalam setiap proses produksi. Produk yang berkualitas yang mampu memenuhi kebutuhan dan kepuasan konsumen secara berkelanjutan yang akan mengarah pada pembelian yang berkelanjutan yang pada akhirnya dapat meningkatkan produktivitas perusahaan

hingga dapat mencapai skala ekonomis dengan pengurangan biaya produksi (Ibrahim, 2000). Peningkatan kualitas yang dilakukan tidak lain bertujuan untuk meningkatkan pendapatan perusahaan dan tujuan akhirnya adalah meningkatkan laba perusahaan agar perusahaan dapat terus berjalan dalam persaingan perdagangan yang semakin ketat (Muhammad, 2021).

Pada proses *roasting* atau pemanggangan juga dapat berdampak signifikan pada perubahan tekstur biji kopi secara signifikan, selama proses ini biji kopi kehilangan kekuatan dan ketangguhannya berubah menjadi lebih rapuh (Indriati et al., 2020). Proses pemanggangan atau *roasting* dipengaruhi oleh faktor utama yaitu suhu, waktu dan faktor lainnya, tingkat pemanggangan *light*, *medium*, dan *dark roasted* sangat mempengaruhi rasa, aroma, dan warna biji kopi yang dihasilkan. Proses pemanggangan dengan cara tertutup akan menghasilkan biji kopi yang sedikit memiliki rasa asam namun aroma khas kopi akan semakin tajam, maka saat proses pemanggangan kondisi ruangan harus terhindar dari polusi udara dari luar agar tidak mempengaruhi kualitas dari aroma kopi (Syafriandi et al., 2021)

Anoa *coffee* merupakan salah satu UMKM di Makassar yang bergerak pengolahan dan produksi kopi yang berdiri sejak tahun 2014. Anoa *coffee* yang berfokus pada olahan greenbean kopi, menjadi salah satu supplier kopi lokal yang ada di Makassar, salah satu produk dari usaha ini yaitu kopi yang telah disangrai atau *roasting*. Aneka kopi lokal dari berbagai daerah di Sulawesi Selatan seperti Enrekang dan Toraja menjadi produk favorit dari Anoa *coffee*. Tingginya jumlah peminat kopi dan menjamurnya usaha *coffee shop* di Makassar menjadikan peluang yang sangat baik untuk penjualan produk dari Anoa *coffee* yang mampu memproduksi 50kg-70kg kopi/hari. Sebagai UMKM yang berkembang Anoa *coffee* harus menjaga kualitas dari produknya agar dapat bersaing dengan pelaku usaha sejenis karena dengan menjaga dan meningkatkan kualitas produk secara langsung dapat menjaga loyalitas pelanggan terhadap produk itu sendiri. Namun dalam proses produksinya Anoa *coffee* mengalami beberapa hambatan yang dapat mengganggu kualitas dari produk Anoa *coffee* seperti jumlah mesin *roasting*, keterbatasan sumber daya yang berkompetensi, ruangan yang

belum maksimal hingga inovasi teknologi otomatis yang belum diterapkan, sehingga berpotensi menimbulkan kecacatan produk selama proses produksinya.

Pada proses *roasting* di anoa *coffee* terdapat beberapa factor yang dapat menjadi penyebab kecacatan produk kopi seperti pemadaman listrik yang menyebabkan mesin *roasting* berhenti beroperasi saat proses *roasting* dan belum tersedianya cadangan energi listrik atau mesin genset, jalur pembuangan asap pada mesin *roasting* yang belum maksimal, dan suku cadang mesin yang belum tersedia secara lengkap untuk mengantisipasi kerusakan pada bagian-bagian penting dimesin *roasting*, dengan jumlah mesin *roasting* yang terbatas dapat berpotensi mengganggu jalannya proses *roasting*. Berdasarkan studi lapangan di anoa *coffee*, mesin *roasting* beroperasi 5 jam/hari sehingga dengan durasi operasi mesin yang digunakan setiap hari maka diperlukan pemetaan proses *roasting* untuk dapat mencegah permasalahan-permasalahan yang mungkin terjadi yang dapat menyebabkan kecacatan produk pada hasil *roasting* kopi.



Gambar 1.1 Contoh cacat produk hasil roasting

Beberapa metode yang akan dikembangkan dalam penelitian ini akan menjadi saran untuk pemilik usaha sehingga dapat menjadi acuan dalam mengembangkan usaha dalam meningkatkan kualitas produk, saran yang dihasilkan dalam metode ini akan dikembalikan kepada pemilik usaha untuk dapat dipertimbangkan implementasinya dalam proses *roasting* kopi.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana mengidentifikasi dan menganalisis penyebab kecacatan biji kopi pada proses *roasting* kopi untuk meningkatkan kualitas produk kopi ?
2. Bagaimana memecahkan masalah penyebab kecacatan biji kopi pada proses *roasting* kopi dengan menggunakan metode *TRIZ* ?
3. Bagaimana merancang solusi alternatif dan menentukan parameter optimal pada proses *roasting* kopi dalam meningkatkan kualitas produk kopi dengan *Design of Experiment* pendekatan metode *Taguchi* ?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengidentifikasi dan menganalisis penyebab kecacatan biji kopi pada proses *roasting* kopi untuk meningkatkan kualitas produk kopi.
2. Memecahkan masalah penyebab kecacatan biji kopi pada proses *roasting* kopi dengan menggunakan metode *TRIZ*.
3. Merancang solusi alternatif dan menentukan parameter optimal pada proses *roasting* kopi dalam meningkatkan kualitas produk kopi dengan *Design of Experiment* pendekatan metode *Taguchi*.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Memberikan metode pemecahan masalah untuk mengetahui tingkat kecacatan produk kopi yang terjadi dalam proses *roasting* kopi.
2. Memberikan solusi alternatif untuk mengetahui peningkatan kualitas produk kopi dalam proses *roasting* kopi.

1.5 Batasan Masalah

1. Penelitian ini tidak menambahkan alat atau komponen selama proses produksi
2. Menjaga detail formula proses *roasting* kopi hanya untuk kepentingan penelitian
3. Selama proses *roasting* peneliti didampingi dan diawasi oleh pemilik usaha
4. Jenis kopi pada penelitian ini yaitu jenis kopi robusta gajamelu

1.6 Sistematika Penulisan

BAB I. Pendahuluan, bab ini merupakan bab yang menjelaskan terkait permasalahan tentang proses produksi atau *roasting* kopi di anoa *coffee* dan pengaruh peningkatan kualitas produk yang dapat mempengaruhi perkembangan umkm khususnya diwilayah makassar, sehingga implementasi beberapa metode terkait peningkatan kualitas produk dapat dilakukan. Pada bab ini juga memuat beberapa hal seperti latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan penelitian.

BAB II. Tinjauan Pustaka, bab ini merupakan bab yang menjelaskan terkait landasan-landasan teori yang mendukung analisa yang akan digunakan dalam penelitian ini dan pembahasan-pembahasan terkait penelitian sebelumnya dituangkan pada bab ini untuk menguatkan referensi-referensi yang digunakan agar penelitian ini tetap berada dalam arah penelitian-penelitian sejenisnya.

BAB III. Metode Penelitian, bab ini merupakan bab yang menjelaskan terkait metode pengumpulan data, baik data primer atau data sekunder. Pada bab ini juga dijelaskan terkait objek dan subjek penelitian yang akan digunakan pada penelitian ini sehingga dapat menggambarkan alur dan tahapan penilitian yang akan dituangkan dalam bentuk diagram alur penelitian beserta dengan penjelasannya.

BAB IV. Hasil dan pembahasan, bab ini merupakan bab yang menjelaskan data yang dibutuhkan unutm mengetahui permasalahan diperusahaan untuk dilakukan pengolahan data dan data yang dikumpulkan diolah untuk mendapatkan hasil dalam menyelesaikan masalah penelitian dan bab ini yang menjelaskan Analisa dilakukan berdasarkan hasil dari pengolahan data yang selanjutnya dibahas secara mendalam dan berurutan, bab ini juga menjelaskan Analisa-analisa hasil dari pengolahan data dan usulan perbaikan yang dapat dibentuk untuk menyelesaikan permasalahan yang ada pada perusahaan.

BAB V. Kesimpulan dan Saran, bab ini menjelaskan mengenai keseluruhan hasil observasi dan memberikan anjuran perbaikan. Kesimpulan dan saran yang didapat

selama dilakukan penelitian diperusahaan, kesimpulan yang diberikan menjawab tujuan penelitian yang telah dilakukan. Saran yang diberikan merupakan rekomendaasi atau perbaikan untuk perusahaan maupun penelitian agar menjadi lebih baik kedepannya



BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Literatur

Dalam proses penelitian kajian literatur didefinisikan sebagai proses untuk mengidentifikasi dan menafsirkan bukti penelitian terdahulu agar menjadi sebagai rujukan teori dasar yang dapat membantu dan memberikan informasi terkait penelitian yang akan dilakukan. Dalam penelitian ini beberapa artikel terkait dimuat sebagai rujukan yang berasal dari berbagai jurnal, berikut daftar kajian literatur dalam tabel 2.1

Tabel 2. 1 Penelitian terdahulu

No	Author	Tittle	Tujuan	Tools
1	(Swee et al,2017)	Applying <i>TRIZ</i> for production quality improvement	Peningkatan kualitas produksi makanan kaleng	Metode <i>TRIZ</i>
2	(Ng & Kee, 2017)	Entrepreneurial SMEs surviving in the eras of globalization : critical success factors	Mengungkapkan UMKM sebagai bagian besar pertumbuhan ekonomi nasional	<i>TQM</i>
3	(Ginting,2020)	Proposed improvement of flour quality by using new seven <i>tools</i> method (case study : xyz company)	Mengetahui penyebab utama permasalahan produksi repung terigu dan mencari usulan perbaikan	<i>New seven tools</i>

4	(Muhammad Zakki, 2021)	Total quality management : a study of processing the quality of 99 brand <i>coffee</i> product	Mengetahui bagaimana peran metode TQM dalam pengolahan kopi	<i>TQM</i>
5	(Musa et al., 2019)	The effect of temperature and duration <i>roasting</i> of the physical characteristics of arabica <i>coffee</i>	Mengetahui pengaruh suhu dan waktu selama proses <i>roasting</i> terhadap sifat fisik kopi arabica	<i>DOE</i>
6	(Zuhri et al., 2020)	Taguchi method application to improve the quality of <i>coffee</i> pulp screen printing products	Menentukan kombinasi optimal dari parameter produksi yang digunakan	<i>Taguchi</i>
7	(Konda et al., 1999)	Design of experiments to study and optimize process performance	Mengusulkan strategi penerapan rancangan percobaan dalam industry untuk mengoptimalkan kinerja proses produksi	<i>DOE</i>

(Sumber : data sekunder)

2.2 Studi Pustaka

2.2.1 UMKM

UMKM merupakan solusi untuk masalah negara berkembang yang memiliki tingkat pertumbuhan penduduk yang signifikan dibandingkan dengan tingkat pertumbuhan lapangan kerja, UMKM memiliki peran besar dengan kemampuannya menciptakan lapangan kerja dan memberikan layanan ekonomi secara luas kepada masyarakat, berperan dalam pemerataan dan peningkatan pendapatan masyarakat, menumbuhkan pertumbuhan ekonomi dan menjaga stabilitas perekonomian negara (Mustafida et al., 2021). Mengingat pentingnya peran UMKM khususnya di Indonesia dengan mengembangkan inovasi merupakan salah satu strategi dalam meningkatkan persaingan yang kompetitif agar menjadi langkah penting untuk meningkatkan kondisi ekonomi di Indonesia (Hamdani & Wirawan, 2012).

Sebagian besar usaha kecil dan menengah dimiliki oleh sektor swasta dan itu terus berkembang disebagian besar negara berkembang, beberapa organisasi di Indonesia menyatakan bahwa usaha kecil dan menengah memiliki beberapa klasifikasi seperti:

1. Menurut kementerian koperasi dan ukm bahwa :
 - a. usaha kecil, Kekayaan bersih tidak kurang dari Rp 2.000.000 tidak termasuk tanah dan bangunan, dan sebagian besar pendapatan tahunan sebesar Rp 1.000.000.000 (satu miliar rupiah)
 - b. Usaha menengah ,Kekayaan bersih tidak kurang dari Rp 200.000.000 (dua ratus juta rupiah) dan tidak termasuk tanah/bangunan dan sebagian besar pendapatan antara Rp 1.000.000.000 (satu milyar rupiah) hingga Rp 50.000.000.000 (lima puluh milyar rupiah)
2. Menurut kementerian perindustrian dan perdagangan bahwa berbasis usaha kecil dan menengah atas investasi kurang dari 5 milyar, dimana usaha kecil memiliki asset kurang dari 200 juta dan pendapatan tahunan 1 milyar.

Menurut (Abrar-Ul-Haq et al., 2015) perkembangan UMKM dipengaruhi oleh banyak factor, namun factor yang paling berpengaruh adalah dukungan dan bantuan

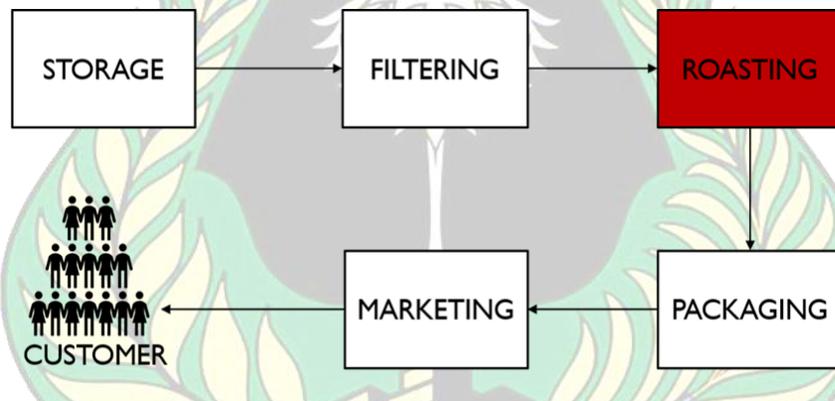
pemerintah, akses keuangan, teknologi yang digunakan, strategi pemasaran, keterampilan manajerial dan Pendidikan bagi pelaku usaha dalam mengelola atau menjalankan usaha, sementara kendala lainnya adalah produktivitas tenaga kerja yang rendah dan target pasar yang terbatas hanya dalam negeri. Pemberdayaan dan peningkatan produktivitas UMKM sangat penting untuk memperkuat struktur perekonomian suatu negara, pada era globalisasi ekonomi saat ini telah menimbulkan banyak tantangan bagi UMKM karena persaingan yang semakin ketat, sehingga dibutuhkan strategi untuk pengembangan produksi dan pemasaran produk agar dapat menjangkau pasar yang luas (Gamage et al., 2020).

UMKM berkontribusi secara signifikan terhadap lapangan kerja disektor swasta dan menuju pertumbuhan ekonomi, sehingga menjadikan tulang punggung ekonomi di Sebagian besar negara (Ng & Kee, 2017). UMKM tidak kebal terhadap dampak globalisasi dalam hal persaingan pasar dan gangguan rantai pasokan, yang merupakan salah satu masalah yang dihadapi dan menjadi tantangan para pelaku bisnis di Indonesia (Winch et al., 2006). UMKM dapat mencapai kesuksesan dengan membangun nama dan merek mereka melalui strategi inovasi dengan desain atau konsep yang unik sehingga dapat mengedukasi pelanggan selain memenuhi kebutuhan pelanggan (Sunday & Ariyo, 2017).

Semakin tingginya peningkatan konsumsi kopi dalam negeri maupun luar negeri memberikan peluang usaha bagi para produsen kopi local, para produsen kopi local menawarkan berbagai jenis varian kopi dengan rasa yang unik sehingga menambah daya tarik bagi konsumen (Harahap et al., 2019), hal ini menjadi peluang besar bagi para pengusaha khususnya UMKM produsen kopi untuk memperkenalkan varian kopinya dan meningkatkan pemasarannya baik tingkat nasional atau tingkat internasional, peluang juga ini semakin besar mengingat Indonesia merupakan negara penghasil kopi terbesar ketiga setelah Brazil dan Vietnam (Juwita et al., 2018).

2.2.2 Alur proses produksi umkm (anoa coffee)

Anoa coffee merupakan salah satu UMKM yang ada di Makassar yang bergerak dalam bidang usaha kuliner, usaha ini telah berjalan sejak 2014 hingga saat ini. Anoa coffee mengalami berkembang yang cukup signifikan, yang awal mulanya hanya menjual produk oleh-oleh kota Makassar berubah menjadi pengolahan kopi siap saji yang ditujukan untuk konsumsi rumah-rumahan bahkan menjadi bahan baku utama *coffeeshop* yang ada di Makassar. Dengan berubahnya dan berkembangnya produk dari anoa coffee menjadikan usaha ini salah satu supplier kopi yang ada di Makassar sehingga anoa coffee sangat menjaga kualitas dari produknya karena persaingan yang cukup tinggi. Sebagai supplier kopi ada banyak hal yang harus diperhatikan dalam produk Anoa coffee seperti produk kopi, ketersediaan produk, harga produk, desain kemasan, ukuran kemasan dan umur simpan dari produk. Anoa coffee sangat menjaga kualitas proses produksinya agar menghasilkan produk yang konsisten sehingga dapat menjaga kepercayaan konsumen dan memenuhi kebutuhan konsumennya.



Gambar 2.1 Alur proses produksi anoa coffee

Dalam proses produksinya Anoa coffee menerapkan beberapa langkah produksi yang telah digunakan, setiap tahap proses produksi memiliki peran masing-masing dalam meningkatkan kualitas hasil produksi, berikut Langkah-langkah proses produksi kopi dari anoa kopi :

1. *Storage* (penyimpanan)

Proses penyimpanan biji mentah atau *greenbeand* merupakan salah satu parameter penting dalam mempengaruhi kualitas biji kopi, kondisi penyimpanan yang optimal dapat mempengaruhi karakteristik dan komposisi kimia dari biji kopi, dengan memastikan area penyimpanan yang optimal dapat membantu menjaga kualitas rasa dan keamanan biji kopi (Zarebska et al., 2022).

Proses penyimpanan adalah salah satu tahap produksi yang sangat mempengaruhi nilai kualitas biji kopi, oleh karena itu proses penyimpanan dipertimbangkan sebagai factor untuk menjaga dan mengamankan kualitas setelah hasil panen agar mendapatkan harga pasar yang baik bagi produsen (Ribeiro et al., 2011). Beberapa hal yang dapat mempengaruhi kualitas kopi selama penyimpanan yaitu kelembapan udara, paparan cahaya, hingga aroma asing yang dapat berdampak pada kualitas kopi pada saat penyimpanan (Kreuml et al., 2013)



Gambar 2.2 *Storage greenbeand* diruang produksi anoa *coffee*

2. *Filtering* (sortir)

Proses sortir merupakan proses pemisahan antara biji kopi yang sesuai klasifikasi dengan biji kopi yang tidak termasuk klasifikasi seperti biji yang pecah, berjamur dan diameter yang tidak sesuai, proses ini pada umumnya dilakukan oleh produsen kopi karena biji kopi yang dikirim oleh petani masih

banyak yang belum sesuai standar klasifikasi produsen dan masih banyak mengandung sampah bawaan hasil dari sisa panen biji kopi (Ansar et al., 2021)

Beberapa produsen kopi masih melakukan sortir atau penyaringan kopi secara manual sehingga membutuhkan waktu yang lama dan biaya operasional yang banyak karena harus menggunakan tenaga kerja tambahan, penggunaan tenaga manusia juga masih memiliki kekurangan karena hasil sortir yang belum konsisten (Vogt, 2020).



Gambar 2.3 Hasil sortir *greenbeand*

3. *Roasting*

Roasting atau pemanggangan merupakan salah satu proses yang dapat menentukan kualitas dari biji kopi, proses ini terbagi dua yaitu pemanggangan yang dilakukan secara konvensional dan dilakukan menggunakan mesin *roasting*, proses secara konvensional dianggap tidak efektif karena hanya menggunakan wajan sebagai wadah pemanggang sedangkan pemanggangan menggunakan mesin cukup efektif karena dapat menentukan hasil kualitas *roasting* seperti warna, tekstur hingga kadar air yang terkandung dalam biji kopi (Saloko et al., 2019).

Proses *roasting* merupakan proses pemanggangan biji kopi yang masih warna kehijauan (*greenbeand*) menjadi warna coklat yang terbagi tiga klasifikasi yaitu terang, sedang, dan gelap. Proses ini menjadi pembentukan

rasa dan aroma pada biji kopi, proses ini akan relative lebih mudah jika biji kopi memiliki keseragaman dalam ukuran, tekstur, kadar air dan struktur kimiawi (Musa et al., 2019). proses *roasting* dipengaruhi oleh dua factor utama yaitu suhu dan waktu, kedua factor ini akan menentukan hasil kualitas dari proses pemanggangan yang akan mempengaruhi kualitas biji kopi (Syafriandi et al., 2021).



Gambar 2.4 Proses *roasting* kopi diruang produksi anoa *coffee*

4. *Packaging*

Proses pengemasan atau *packaging* merupakan proses untuk melindungi produk kopi dari kontaminasi dan pengaruh lain dari lingkungan luar seperti bau, suhu, guncangan, debu, mikroorganisme dan kelembapan (Carocho et al., 2015). Proses pengemasan yang berkualitas dapat menjaga keamanan produk dan dapat memperpanjang umur simpan tanpa menghilangkan kualitas dan rasa dari produk (Han et al., 2018).

Fungsi dasar kemasan untuk memastikan keutuhan dan daya tahan suatu produk sehingga pemilihan kemasan yang inovatif dapat menambah nilai kualitas dari produk itu sendiri, kemasan yang memberikan kemudahan dan kenyamanan pada saat digunakan dapat menambah kepuasan bagi konsumen, disamping itu kemasan inovatif yang ramah lingkungan dapat menambah kualitas dan dapat mengurangi limbah kemasan (Nešić et al., 2020).



Gambar 2.5 Proses *packaging* kopi

5. *Marketing*

Proses pemasaran merupakan proses menyampaikan hasil akhir dari produk dari suatu usaha untuk memenuhi kebutuhan pelanggan yang diinginkan, proses ini menjadi tujuan akhir dari suatu usaha untuk memberikan daya saing dipasar dan menciptakan komunikasi yang berkelanjutan kepada target pasar atau pelanggan (Hamid & Purnamasari, 2020). Menurut (Mentzer et al., 2008) proses pemasaran adalah serangkaian proses untuk menciptakan dan mengkomunikasikan produk kepada pelanggan untuk mendapatkan nilai dari pelanggan agar mencapai keuntungan terhadap perusahaan.



Gambar 2.6 *Display* toko *anoa coffee*

Berdasarkan hasil observasi dilapangan dapat dilihat pada tabel 2.2 nama produk kopi yang dihasilkan dari *Anoa coffee* yang kemudian dipasarkan diberbagai *coffeeshop* atau warkop yang ada dimakassar dapat dilihat pada tabel 2.3.

Tabel 2.2 Produk anoa coffee

No	Nama Produk	Arabica	Robusta
1	Rasta	30%	70%
2	Malabi	-	100%
3	Padamelo	50%	50%
4	Malolo	20%	80%
5	Melona	70%	30%
6	Kalaciri	100%	-
7	Bone-Bone	100%	-
8	Sapan	100%	-
9	Mandeling	100%	-
10	Gajamelo	-	100%

(Sumber : Data primer)

Tabel 2.3 Customer anoa coffee

No	Customer Anoa Coffee	Nama Produk	Rata-rata order /Bulan
1	Solusi Coffee	Melona	8 Kg
2	Assipajongetta Coffee	Gajahmelo & Melotongan	40 Kg
3	Titik Nol	Rasta	40 Kg
4	Warkop Masogi	Rasta	8 Kg
5	RPM Coffee	Rasta	8 Kg
6	Branda Coffee	Melona	60 Kg
7	Koniciwa Coffee	Padamelo	40 Kg
8	Kinawa Coffee	Ambeso & Sapan	15 Kg
9	Warkop 3R	Rasta & Ambeso	14 Kg
10	Kopi Santai	Melona	20 Kg

(Sumber : Data primer)

2.2.3 Kualitas kopi

Kualitas dapat didefinisikan secara luas sebagai keunggulan, keunggulan dalam hal kualitas objektif merupakan keunggulan yang terukur dapat diverifikasi pada beberapa standar ideal yang telah ditentukan sebelumnya (Musdholifah et al., 2020). Produktivitas kualitas kopi arabica atau robusta sangat tergantung pada kesesuaian iklim, namun kopi arabica lebih sensitive terhadap variasi iklim khususnya pada tahap pembuahan, diwilayah dengan ketinggian yang memiliki suhu rata-rata 18°C dapat meningkatkan kualitas buah kopi karena proses pematangan berjalan dengan lambat sehingga karakteristik keasaman pada biji kopi dapat terbentuk dengan baik (Legesse, 2022).

Menurut (Haile&Kang,2019) produksi kopi yang berkualitas membutuhkan rencana yang tepat mulai dari memanen, waktu panen yang bervariasi dengan metode pengolahan yang berbeda dapat berpengaruh pada hasil panen kopi, buah kopi yang matang dan mengandung komposisi kimia yang sesuai akan memiliki hasil kualitas yang terbaik. Kualitas biji kopi dipengaruhi banyak factor seperti bentuk fisik, ukuran biji, kandungan kadar air, serta proses fermentasi buah kopi yang diproses secara kering atau diproses secara basah. Beberapa factor ini menjadi bagian penting dalam penentuan kualitas kopi untuk sebelum dikonsumsi (Evangelista et al., 2014).

Menurut (Girma Adugna, 2021) peningkatan atau penurunan kualitas kopi ditentukan oleh beberapa factor yaitu, kondisi iklim, karakter tanah, cara dan waktu panen, proses pasca panen, Teknik pemrosesan, pengepakan dan penyimpanan, semuanya ini sangat berkontribusi terhadap kualitas kopi yang diinginkan di pasar . Kadar air pada biji kopi menjadi parameter awal dalam mempengaruhi kualitas biji kopi , sehingga sebagian besar perubahan kualitas biji kopi terkait dengan hilangnya kelembapan pada biji kopi yang dapat mempengaruhi komposisi kimia dari biji kopi maka dibutuhkan tempat penyimpanan yang memadai agar dapat mempertahankan kualitas umur simpan dari biji kopi (Cong et al., 2020).

Menurut (Riyanto et al., 2019) proses peningkatan kualitas produksi kopi dapat menghasilkan produk kopi yang berkualitas dan dibutuhkan pasar sehingga dapat

menjangkau warung kopi sederhana hingga *coffeeshop*, para pelaku usaha kopi membutuhkan kopi yang berkualitas secara konsisten dan tersedia sepanjang tahun. Kualitas biji kopi dapat menjadi penentu apakah biji kopi layak diekspor mancanegara atau hanya dipasarkan didalam negeri, selain itu kualitas biji kopi juga menentukan apakah memperoleh harga premium atau tidak, kualitas kopi berasal dari kombinasi kondisi cuaca, kelayakan tanah, perawatan pohon selama tumbuh, pemanenan, penyimpanan, dan persiapan ekpor (Tesfa, 2019).

Biji kopi yang berkualitas dapat mempengaruhi secara signifikan nilai komersial yang ada dipasar, dengan menurunnya kualitas kopi maka akan mempengaruhi turunnya nilai komersial yang dipasar sehingga pengaruh proses produksi kopi dari penanaman bibit pohon sampai menjadi produk komersial sangat menunjang kualitas kopi untuk bersaing dipasar (Do Carmo et al., 2020). Faktanya bahwa untuk menghasilkan biji kopi yang berkualitas umumnya membutuhkan pengetahuan dan perhatian yang lebih, karena cukup banyak produsen kopi mengolah biji kopi yang berkualitas agar dapat membangun hubungan berkelanjutan antara produsen dan konsumen kopi (Adane & Bewket, 2021).

2.2.4 Roasting kopi

Proses *roasting* merupakan salah satu proses yang menentukan kualitas kopi dari proses pasca panen, dalam hal ini proses *roasting* menyebabkan perubahan beberapa sifat dari kopi seperti perubahan kimiawi, fisik, dan struktur dari biji kopi. Tingkat level pemanggangan secara umum dibedakan berdasarkan warna dari biji yaitu light, medium, atau dark, tingkat pemanggangan ini akan memiliki perbedaan waktu dan suhu selama proses pemanggangan (Asy'Ari Hasbullah & Rini Umiyati, 2021). Beberapa perubahan fisik dan struktur pada biji kopi selama proses pemanggangan seperti peningkatan volume, penurunan berat dikarenakan kadar air yang berkurang, dan perubahan warna (Gómez-Gómez et al., 2020). Pada proses *roasting* atau pemanggangan juga dapat berdampak signifikan pada perubahan tekstur biji kopi secara signifikan, selama proses ini biji kopi kehilangan kekuatan dan ketangguhannya berubah menjadi lebih rapuh (Indriati et al., 2020).

Menurut (Dharmawan et al., 2018) *roasting* merupakan proses pengolahan biji kopi yang sangat penting untuk diperhatikan karena pada proses ini mempengaruhi kualitas dan konsistensi rasa, terdapat beberapa parameter pemanggangan atau *roasting* untuk menentukan kualitas dari hasil *roasting* seperti berat jenis, kadar air, pH, rasa, waktu, suhu, serta teknik pemanggangan biji kopi. Proses pemanggangan atau *roasting* dipengaruhi oleh factor utama yaitu suhu, waktu dan faktor lainnya, tingkat pemanggangan *light, medium, dan dark* sangat mempengaruhi rasa, aroma, dan warna biji kopi yang dihasilkan. Proses pemanggangan dengan cara tertutup akan menghasilkan biji kopi yang sedikit memiliki rasa asam namun aroma khas kopi akan semakin tajam, maka saat proses pemanggangan kondisi ruangan harus terhindar dari polusi udara dari luar agar tidak mempengaruhi kualitas dari aroma kopi (Syafriandi et al., 2021)

Selama proses *roasting* biji kopi mengalami penurunan kadar air dan kelembapan hingga 2,5% pada suhu 180° dengan diikuti perubahan unsur kimia pada suhu 200°-300°C dan biji kopi mengalami pengembangan secara fisik (Fadai et al., 2017). Menurut (Ruosi et al., 2012) pemanggangan biji kopi diyakini sangat penting untuk kualitas produk akhir karena pemanasan pada biji kopi dengan suhu tinggi dapat menyebabkan perubahan fisik dan kimia secara signifikan seperti aroma dan warna pada biji kopi.

2.3 New Seven Tools

Saat ini pengendalian dan peningkatan kualitas memiliki banyak transformasi dan evolusi dalam *total quality management (TQM)*, dalam hal ini melibatkan setiap orang dalam departemen disetiap organisasi atau perusahaan, pengendalian dan peningkatan kualitas bukan hanya menjadi bagian dari departemen produksi namun departemen lain seperti perencanaan dan pengembangan, penjualan hingga departemen penelitian memiliki tanggung jawab bersama untuk meningkatkan kualitas dari suatu perusahaan. Demi mencapai tuntutan di era sekarang dibutuhkan saran yang berkualitas untuk menunjang peningkatan dan pengembangan disuatu manajemen perusahaan, pengujian kualitas dilakukan untuk mencapai tingkatan yang lebih besar maka

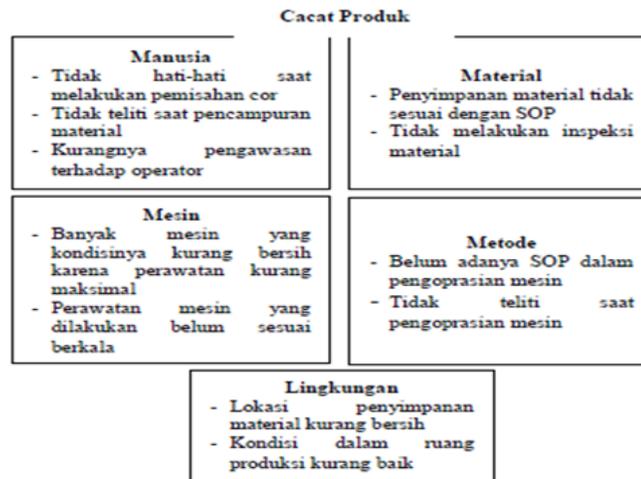
dibutuhkan suatu metode yang dapat diaplikasikan dan diterapkan. *New Seven Tools* merupakan suatu alat pengendalian dan peningkatan kualitas yang diadaptasi dari basic seven tools, metode ini digunakan untuk mendorong manajemen mutu dalam suatu perusahaan untuk mengendalikan dan meningkatkan kualitas menggunakan Analisa data numeric dan pendekatan desain (yoshinobu nayatani, toru eiga, 1994).

Beberapa gagasan dan pendapat telah banyak didefinisikan dengan cara yang berbeda oleh penelitian terkait *new seven tools* sebagai berikut :

1. Menurut (Andrássyová et al., 2013), *new seven tools* memungkinkan mengidentifikasi masalah atau penyebab yang ditangani dan menemukan solusi untuk mencapai tujuan dengan memilih pendekatan yang paling efektif.
2. Menurut (Hardono et al., 2019), *new seven tools* adalah tujuh macam alat yang digunakan untuk mengidentifikasi dan menganalisa permasalahan yang berkaitan dengan kualitas dalam produksi.
3. Menurut (Yurin et al., 2017), Metode *new seven tools* bersifat mendefinisikan masalah dengan data herbal dan mengumpulkan ide serta memformulasikan rencana, metode ini digunakan untuk mengendalikan dan memperbaiki kualitas produk suatu perusahaan pada jumlah produk cacat setiap produksinya dapat berkurang.

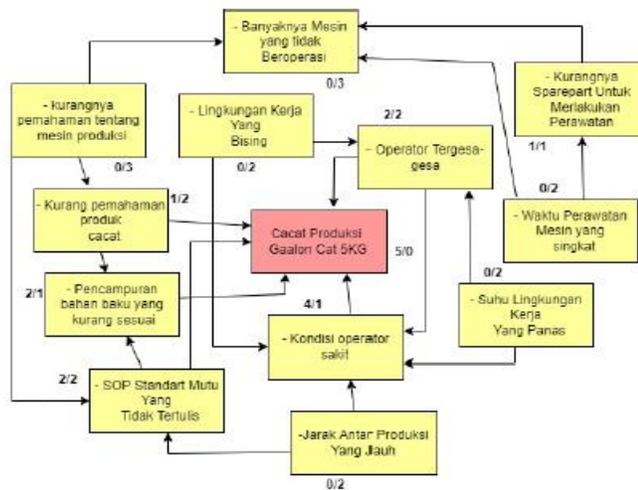
Dapat disimpulkan bahwa *new seven quality tools* adalah *tools* yang berguna untuk menggambarkan permasalahan, mengelompokkan data agar tidak sukar dipahami, juga mencari berbagai kesempatan terjadinya masalah lebih detail dan terfokus pada penyebabnya. *New seven quality tools* ini dipusatkan untuk dapat mengelompokkan informasi verbal (tulisan) secara runtut, *new seven tools* suatu alat teknik untuk membantu dalam melakukan masalah kualitatif yang terdiri dari :

1. *Affinity* diagram merupakan alat untuk mengelompokkan dari beberapa sejumlah opini dan fakta. Sehingga dapat memacu kreativitas yang mendorong pernyataan batas fakta dan opini (yoshinobu nayatani, toru eiga, 1994).



Gambar 2.7 Contoh *affinity* diagram

2. Diagram hubungan merupakan suatu alat untuk menemukan beberapa masalah yang mempunyai hubungan kausal yang luas dan menganalisis hubungan sebab akibat dari persoalan yang kompleks sehingga dapat dengan mudah dibedakan pemicunya (Pramono et al., 2018).



Gambar 2.8 Contoh diagram hubungan

3. Diagram matriks merupakan alat brainstorming yang dapat digunakan untuk menunjukkan hubungan antar ide-ide yang berbeda. Diagram matriks memiliki konsep yang sama dengan penyebaran fungsi kualitas tentang cara menggunakannya untuk symbol, tata letak dan aplikasi (Ginting & Wibowo, 2020).

Faktor-faktor						
Aktivitas Perbaikan	<i>Machine Improve</i>	<i>Man Improve</i>	<i>Material Improve</i>	<i>Method Improve</i>	<i>Environment Improve</i>	
Aktivitas spesifikasi yang dilakukan						
Melakukan <i>training</i> karyawan	△	●	△	●	△	9
Melakukan pengecekan mesin	●	△	△	△	△	7
Selalu melakukan pengawasan dan pengontrolan proses produksi	○	●	○	○	△	10
Menggunakan metode kerja yang sesuai dengan SOP yang ditetapkan oleh perusahaan	△	○	△	●	△	8
Kondisi lingkungan yang sesuai dengan keselamatan dan kesehatan kerja	○	○	△	△	●	9
Pengoptimalan kinerja operator	△	●	△	△	○	8

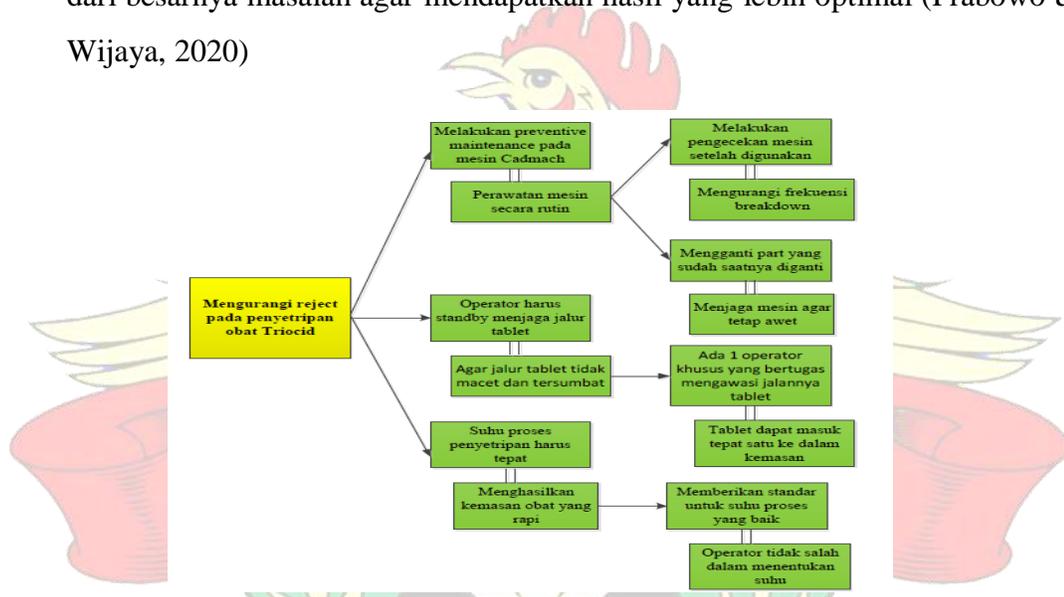
Gambar 2.9 Contoh diagram matriks

4. Matriks data analisis merupakan metode atau alat untuk menganalisis data numerik yang berbentuk matriks untuk menghasilkan komponen-komponen utama yang bisa mewakili seluruh data dalam memberikan informasi (Wisnubroto & Rukmana, 2015)

Primary	Secondary	Importance
Meningkatkan Kinerja Operator	Melakukan pengawasan pada pekerja secara rutin	5
Memperbaiki kondisi ruangan produksi	Membuat workstation yang ergonomis	5
	Mengatur kembali layout dari ruang produksi	4
	Memperbaiki fasilitas pada ruang produksi	4
Perbaikan pada standard tahu yang dikirim supplier	Komunikasi dengan supplier mengenai kualitas bahan baku	5
	Melakukan pengecekan ulang tahu saat masuk ke bagian produksi	4
	Membuat alat bantu ukur yang efisien	5
	Melakukan pengawasan dalam penerapan standard	4

Gambar 2.10 Contoh matriks data analisis

5. Diagram pohon (tree diagram) merupakan metode atau alat untuk menentukan titik jalur dan tugas-tugas yang dilakukan agar dapat mencapai tujuan utama maupun tujuan sub terkait. Diagram ini mampu memecahkan secara sederhana dari besarnya masalah agar mendapatkan hasil yang lebih optimal (Prabowo & Wijaya, 2020)



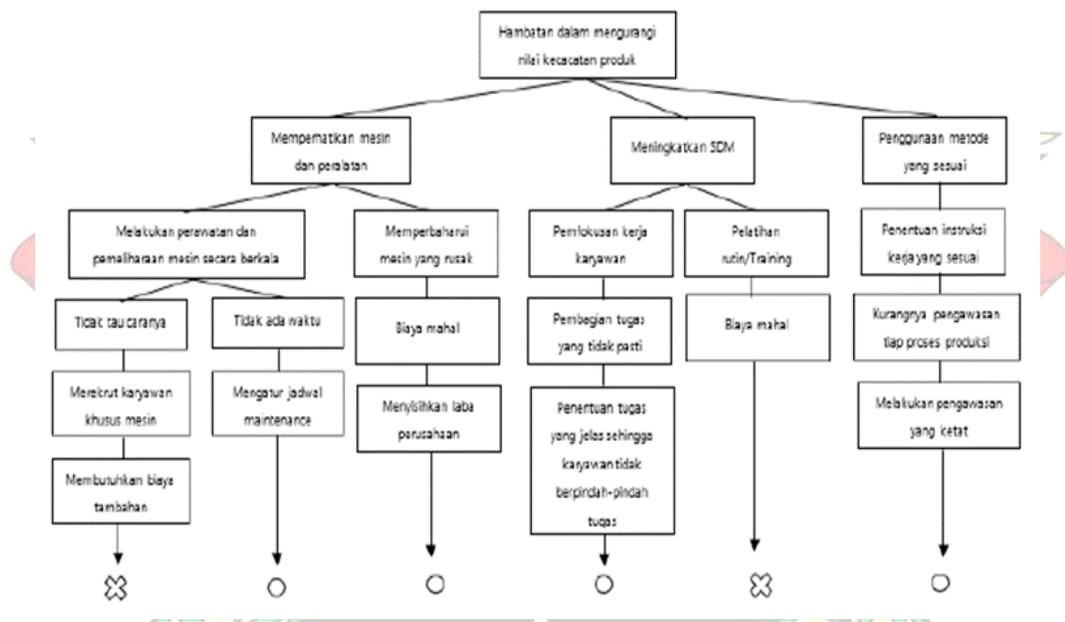
Gambar 2.11 Contoh diagram pohon

6. Diagram panah (arrow diagram) merupakan suatu metode untuk merencanakan dan menjadwalkan proyek. Arrow diagram dapat dilakukan analisis terhadap jadwal penyelesaian proyek untuk mencegah timbulnya keterlambatan yang dapat terjadi (Aziza & Setiaji, 2020)



Gambar 2.12 Contoh diagram panah (arrow diagram)

7. Process decision program chart (PDPC) merupakan metode yang digunakan untuk mengidentifikasi pada masalah-masalah yang sering muncul. PDPC juga dapat digunakan untuk mengidentifikasi tindakan pencegahan dalam suatu rencana, terdapat keputusan pada bagian program yaitu tanda (X) mempunyai arti tidak praktis atau tidak berhasil dan tanda (O) mempunyai arti berhasil atau layak. (Chandradevi & Puspitasari, 2016).



Gambar 2.13 Contoh PDPC

2.4 Metode TRIZ

TRIZ merupakan metode perbaikan berdasarkan ide yang dapat menyelesaikan permasalahan yang kotradiktif meningkatkan keidealan sistem dan menggunakan sumber tersedia (Ranten, Conley, Domb, 2018). *TRIZ* adalah akronim dalam Bahasa rusia “Teoriya Resheniya Izobreatatelskikh Zadatch” yang merupakan teori pemecahan masalah, metode *TRIZ* didirikan pada tahun 1940-an oleh genrich altshuller dan timnya, dia adalah penemu dan seorang insinyur paten yang mempelajari kekayaan intelektual sekitar 200.00 paten (T.S Yeoh, 2009). Metode *TRIZ* bergantung menawarkan proses pemecahan masalah inventif yang terstruktur dengan baik, metode ini telah digunakan diberbagai industry yang telah berhasil menerapkan pemecahan

masalah dan menggantikan metode coba-coba yang tidak sistematis, *TRIZ* telah menjadi metode yang dapat diandalkan untuk mencapai inovasi yang sistematis dan membantu menghindari proses yang tidak efisien dalam memecahkan masalah, dalam tren terbarunya metode *TRIZ* diintegrasikan dengan metode lainnya untuk memperkuat proses pemecahan masalah (Ismail ekmekci, emine elif, 2019).

Berdasarkan berbagai penelitian yang ada metode *TRIZ* dianggap mampu memecahkan masalah secara kompleks dan memperkenalkan fungsi atau metode baru merupakan salah satu tujuan dari implementasi *TRIZ*. Untuk mencapai daya saing perusahaan perlu menghilangkan kontradiktif yang ada, dalam hal ini metode *TRIZ* merupakan metode ilmiah yang paling efektif digunakan (ekmekci & koksall, 2015). Dalam pemanfaatan *TRIZ* sebagai metodologi, salah satu klusterisasi yang telah dilakukan oleh (Chechurin & Borgianni, 2016b) adalah Quality Function Deployment dan teknik lain untuk pemetaan *customer to engineering*. *TRIZ* sebagai metode *engineering*, dikembangkan sebagai metode analisis dan pemecahan untuk masalah teknis yang dihadapi. Sebagai innovation tool, *TRIZ* semakin dikenal ketika diintegrasikan dengan roadmap pengembangan produk yang telah ada. Kemampuan *TRIZ* dalam memunculkan ide-ide baru membuat *TRIZ* dapat diintegrasikan dengan metode-metode lain (Chechurin, 2016a).

Masalah dapat dikatakan telah terpecahkan ketika kontradiksi telah dihilangkan (Altshuller, 1996). Kontradiksi merupakan kondisi benturan sederhana dari solusi, ketika kita menginginkan solusi yang berlawanan atau memperkenalkan solusi baru. Kontradiksi dapat menjadi kebutuhan manfaat yang berlawanan yang dicapai dengan fungsi yang berlawanan (Swee et al., 2017). Dalam *TRIZ* terdiri dari 2 jenis kontradiksi yaitu *technical contradiction* dan *physical contradiction*. *Technical contradiction* merupakan kondisi dimana upaya untuk meningkatkan satu parameter tetapi disatu sisi parameter lain mengalami penurunan sedangkan *physical contradictions* merupakan situasi dimana dua persyaratan berlawanan pada satu *engineering* parameter.

2.4.1 39 Engineering parameters

Parameter sistem pada metode yang berisi 39 *engineering parameter* yang bersifat teknik. Teknik ini dapat membantu mempermudah dan menemukan factor-faktor yang dapat menimbulkan kontradiksi dan dapat menghasilkan *improving parameters* dan *worsening parameters* (Ekmekci & Nebati, 2019).

Tabel 2. 4 39 *Engineering parameters*

No	<i>Engineering Parameters</i>	No	<i>Engineering Parameters</i>
1	<i>Weight of moving object</i>	21	<i>Power</i>
2	<i>Weight of non moving object</i>	22	<i>Waste of energy</i>
3	<i>Length of moving object</i>	23	<i>Waste of substance</i>
4	<i>Length of non moving object</i>	24	<i>Loss of information</i>
5	<i>Area of moving object</i>	25	<i>Waste of time</i>
6	<i>Area of non moving object</i>	26	<i>Amount substance</i>
7	<i>Volume of moving object</i>	27	<i>Reliability</i>
8	<i>Volume of non moving object</i>	28	<i>Accuracy of measurement</i>
9	<i>Speed</i>	29	<i>Accuracy of manufacturing</i>
10	<i>Force</i>	30	<i>Harmful factors acting on object</i>
11	<i>Tension, pressure</i>	31	<i>Harmful side effects</i>
12	<i>Shape</i>	32	<i>Manufacturability</i>
13	<i>Stability of object</i>	33	<i>Convenience of use</i>
14	<i>Strength</i>	34	<i>Repairability</i>
15	<i>Durability of moving object</i>	35	<i>Adaptability</i>
16	<i>Non moving object durability</i>	36	<i>Complexity of device</i>
17	<i>Temperature</i>	37	<i>Complexity of control</i>
18	<i>Brightness</i>	38	<i>Level of automation</i>
19	<i>Energy spent by moving object</i>	39	<i>productivity</i>
20	<i>Energy spent by non moving obejct</i>		

(Sumber : (Gadd, 2011))

Tabel 2. 5 Penjelasan 39 *engineering parameter*

No	Parameter	Penjelasan
1	<i>Weight of moving object</i>	Massa dari objek dalam gaya gravitasi. Gaya yang tubuh berikan untuk menunjang dan menyangga.
2	<i>Weight of non moving object</i>	Massa dari objek dalam medan gravitasi. Gaya yang tubuh berikan untuk menunjang dan menyangga atau pada permukaan yang sebagai tumpuan
3	<i>Length of moving object</i>	terkait dengan karakteristik geometris yang dideskripsikan dengan bagian garis lurus atau melengkung dan tidak perlu terpanjang
4	<i>length of non moving object</i>	Setiap dimensi linear, belum tentu terpanjang
5	<i>Area of moving object</i>	Karakteristik geometris dijelaskan oleh bagian dari sebuah bidang yang ditempati oleh garis. Bagian dari permukaan terisi oleh objek atau ukuran persegi dari permukaan, baik internal maupun eksternal dari suatu objek.
6	<i>area of non moving object</i>	Sama. Panjang x lebar x tinggi untuk objek yang persegi panjang, tinggi x wilayah untuk silinder, dll.
7	<i>Volume of moving object</i>	terkait dengan karakteristik geometri yang mendeskripsikan tentang bagian dari ruang yang dapat diukur dalam unit dimensi kubik. Bagian dari ruang, baik internal maupu eksternal, yang menempati subsistem.
8	<i>volume or non moving object</i>	terkait dengan karakteristik geometri yang mendeskripsikan tentang bagian dari ruang yang dapat diukur dalam unit dimensi kubik.
9	<i>Speed</i>	Kecepatan dari sebuah objek. Tingkat proses atau tindakan dalam waktu

10	<i>Force</i>	terkait dengan beberapa interaksi yang dapat mengubah kondisi subsistem yang terjadi karena interaksi antar subsistem
11	<i>Stress or pressure</i>	terkait dengan tekanan yang terjadi
12	<i>Shape</i>	terkait dengan kontur eksternal, batasan, yang yang membatasi subsistem dengan lingkungan atau subsistem lain. Tampilan subsistem di suatu tempat.
13	<i>Stability of object</i>	Keutuhan atau integritas sistem. Hubungan elemen dari sistem. Pakai, dekomposisi kimia, dan pembongkaran semua penurunan stabilitas. Meningkatkan entropi adalah penurunan stabilitas.
14	<i>Strength</i>	Sejauh mana objek mampu menahan perubahan dalam menanggapi tekanan, daya tahan terhadap kerusakan
15	<i>Durability of moving object</i>	Waktu yang objek dapat melakukan tindakan. Lama pelayanan. Rata-rata waktu antar kegagalan adalah perhitungan durasi tindakan.
16	<i>Non moving object durability</i>	terkait dengan waktu selama subsistem dapat menampilkan kegunaan dan/atau fungsi netral (daya tahan). Hal ini dapat diperkirakan pada periode rata-rata antar kegagalan, waktu hidup
17	<i>Temperature</i>	Kondisi Termal objek atau sistem. Dengan bebas termasuk parameter termal lainnya, seperti kapasitas panas, yang mempengaruhi laju perubahan suhu
18	<i>Brightness</i>	terkait dengan flux cahaya per unit area. Juga karakteristik iluminasi lainnya dari subsistem, seperti intensitas cahaya, derajat iluminasi
19	<i>Energy spent by moving object</i>	terkait dengan kebutuhan subsistem (seperti kelistrikan atau rotasi) untuk menampilkan fungsi khusus

20	<i>Energy spent by non moving object</i>	penggunaan energi yang disediakan oleh sistem super (seperti energi listrik atau panas.) Energi yang dibutuhkan untuk melakukan pekerjaan tertentu.
21	<i>Power</i>	Tingkat waktu di mana pekerjaan dilakukan. Tingkat penggunaan energi
22	<i>Waste of energy</i>	Gunakan energi yang tidak berkontribusi pada pekerjaan yang sedang dilakukan. Mengurangi kehilangan energi yang kadang-kadang membutuhkan teknik yang berbeda dari peningkatan penggunaan energi, yang mengapa ini adalah kategori yang terpisah.
23	<i>Waste of substance</i>	Sebagian atau lengkap, permanen atau sementara, kehilangan beberapa dari sistem bahan, zat, bagian, atau subsistem.
24	<i>Loss of information</i>	Partial atau lengkap, permanen atau sementara, kehilangan data atau akses ke data di atau oleh suatu sistem. Sering mencakup data sensorik seperti aroma, tekstur, dan lain-lain.
25	<i>Waste of time</i>	Waktu adalah durasi aktivitas. Meningkatkan hilangnya waktu berarti mengurangi waktu yang dibutuhkan untuk aktivitas tersebut. "Siklus penurunan waktu" adalah istilah umum.
26	<i>Amount substance</i>	Jumlah dari bahan, zat, bagian atau subsistem dari suatu sistem yang mungkin dapat berubah sepenuhnya atau sebagian, permanen atau sementara.
27	<i>Reliability</i>	Kemampuan sistem untuk menjalankan fungsi yang diinginkan dalam cara dan kondisi terprediksi
28	<i>Accuracy of measurement</i>	Kedekatan nilai diukur dengan nilai sebenarnya dari sebuah properti dari sistem. Mengurangi kesalahan dalam peningkatan pengukuran akurasi pengukuran

29	<i>Accuracy of manufacturing</i>	sejauh mana karakteristik sebenarnya dari sistem atau objek sesuai dengan karakteristik tertentu atau yang diperlukan.
30	<i>Harmful factors acting on object</i>	Kerentanan sistem untuk keluaran yang menghasilkan efek (berbahaya)
31	<i>Harmful side effects</i>	Efek berbahaya adalah salah satu yang mengurangi efisiensi atau kualitas fungsi objek atau sistem, yang dihasilkan oleh objek atau sistem sebagai bagian dari operasinya.
32	<i>Manufacturability</i>	Tingkat fasilitas, kenyamanan atau kemudahan di objek atau sistem manufaktur atau fabrikasi
33	<i>Convenience of use</i>	Proses ini tidak mudah jika membutuhkan banyak orang, banyak langkah dalam operasi, perlu alat khusus, dll. Proses (sulit) memiliki hasil yang rendah dan proses (mudah) memiliki hasil yang tinggi; mereka mudah untuk melakukan yang benar.
34	<i>Repairability</i>	Karakteristik kualitas seperti kemudahan, kenyamanan, kesederhanaan, dan waktu untuk memperbaiki kesalahan, kegagalan, atau cacat dalam suatu sistem
35	<i>Adaptability</i>	sejauh mana sistem atau objek merespon positif terhadap perubahan eksternal. Sebuah sistem yang dapat digunakan dalam berbagai cara dalam berbagai situasi.
36	<i>Complexity of device</i>	Jumlah dan keragaman elemen dan hubungan elemen dalam sebuah sistem. Pengguna dapat menjadi elemen dari sistem yang meningkatkan kompleksitas. Kesulitan menguasai sistem adalah ukuran dari kompleksitas
37	<i>Complexity of control</i>	Mengukur atau pemantauan sistem yang kompleks dan mahal, memerlukan banyak waktu dan tenaga untuk membuat dan menggunakan, atau yang memiliki

		hubungan kompleks antara komponen atau komponen yang saling mengganggu menunjukkan "kesulitan mendeteksi dan mengukur. " Peningkatan biaya pengukuran untuk kesalahan yang memuaskan juga merupakan tanda peningkatan kesulitan pengukuran.
38	<i>Level of automation</i>	Sejauh mana sistem atau objek melakukan fungsinya tanpa antarmuka manusia. Tingkat terendah dari otomatisasi adalah penggunaan alat yang dioperasikan secara manual. Untuk tingkat menengah, manusia memprogram alat, mengamati operasi, dan memprogram ulang sesuai kebutuhan. Untuk tingkat tertinggi, sensor mesin operasi diperlukan, program itu sendiri, dan memonitor operasi sendiri.
39	<i>productivity</i>	Jumlah fungsi atau operasi yang dilakukan oleh sistem per satuan waktu. Waktu untuk fungsi satuan atau operasi. Output per satuan waktu atau biaya per unit output

(Sumber : (Gadd, 2011))

2.4.2 40 Inventive principles

Prinsip-prinsip ini merupakan 40 prinsip yang bertujuan memberikan solusi-solusi untuk mengatasi kontradiksi yang terjadi antar karakteristik. Prinsip. prinsip tersebut sebagaimana ada di tabel 2.6.

Tabel 2.6 40 *Inventive principles*

No	<i>Inventive principles</i>	No	<i>Inventive principles</i>
1	<i>Segmentation</i>	21	<i>Hurrying (skipping,rushing through)</i>
2	<i>Takeout</i>	22	<i>Blessing in disguise</i>
3	<i>Local quality</i>	23	<i>Feedback</i>
4	<i>Asymmetry</i>	24	<i>Intermediary</i>
5	<i>Merging</i>	25	<i>Self-service</i>
6	<i>Universality</i>	26	<i>Copying</i>
7	<i>Nested doll</i>	27	<i>Service life</i>
8	<i>Anti-weight</i>	28	<i>Mechanics substitution</i>
9	<i>Preliminary anti-action</i>	29	<i>Pneumatic or hydraulic constructions</i>
10	<i>Preliminary action</i>	30	<i>Flexible shells and thin films</i>
11	<i>Beforehand cushioning</i>	31	<i>Porous material</i>
12	<i>Equipotentiality</i>	32	<i>Changes of color</i>
13	<i>Other way round</i>	33	<i>Homogeneity</i>
14	<i>Spheroidality</i>	34	<i>Discard and recover</i>
15	<i>Variability or dynamicism</i>	35	<i>Change physical or chemical parameter</i>
16	<i>Partial or excessive action</i>	36	<i>Phase transitions</i>
17	<i>Another dimension</i>	37	<i>Thermal expansion</i>
18	<i>Mechanical vibrations</i>	38	<i>Strong oxidants</i>
19	<i>Periodic action</i>	39	<i>Inert atmosphere</i>
20	<i>Continuity of useful action</i>	40	<i>Composite materials</i>

(Sumber : (Gadd, 2011))

Tabel 2.7 Penjelasan 40 *inventive principles*

No	Inventive principles	Penjelasan
1	<i>Segmentation</i>	Membagi sebuah objek atau sistem menjadi bagian-bagian yang independen. Membuat obyek mudah untuk dibongkar. Meningkatkan derajat fragmentasi atau segmentasi
2	<i>Takeout</i>	Memisahkan satu-satunya bagian yang diperlukan (atau properti) atau menghilangkan bagian yang mengganggu atau properti dari suatu objek atau sistem.
3	<i>Local quality</i>	Membuat setiap bagian dari fungsi objek dalam kondisi yang paling tepat untuk operasi. Membuat setiap bagian dari sebuah objek memenuhi fungsi yang berbeda dan berguna
4	<i>Asymmetry</i>	Mengubah bentuk suatu objek atau sistem dari simetris ke asimetris
5	<i>Merging</i>	Menggabungkan benda yang identik atau mirip; merakit bagian yang sama atau mirip untuk melakukan operasi paralel.
6	<i>Universality</i>	Membuat bagian dari suatu objek atau sistem melakukan beberapa fungsi. Untuk menghilangkan kebutuhan untuk bagian lain
7	<i>Nested doll</i>	Tempatkan satu objek di dalam yang lain; menempatkan setiap objek, pada gilirannya, di dalam yang lain. Membuat satu bagian melewati rongga di bagian lain
8	<i>Anti-weight</i>	Untuk mengimbangi berat suatu obyek, membuatnya berinteraksi dengan lingkungan (misalnya, penggunaan aerodinamis, hidrodinamik, daya apung, dan kekuatan lain).
9	<i>Preliminary anti-action</i>	Jika akan diperlukan untuk melakukan tindakan dengan efek baik itu yang berbahaya dan berguna, tindakan ini harus diganti dengan anti-tindakan (counteractions) untuk mengontrol efek berbahaya.

10	<i>Preliminary action</i>	Melakukan pra pengaturan obyek-obyek sehingga mereka dapat datang ke dalam tindakan dari tempat yang paling nyaman dan tanpa kehilangan waktu untuk pemindahan mereka
11	<i>Beforehand cushioning</i>	Mempersiapkan sarana darurat sebelum mengenai manusia untuk mengimbangi keandalan yang relatif rendah dari suatu obyek atau sistem dari waktu ke waktu.
12	<i>Equipotentiality</i>	Mengubah kondisi operasi untuk mengurangi kebutuhan untuk bekerja melawan medan yang potensial.
13	<i>Other way round</i>	Membalikkan tindakan yang digunakan untuk memecahkan masalah (misalnya, dari pada mendinginkan sebuah objek, panaskan itu).
14	<i>Spheroidality</i>	Daripada menggunakan persegi, persegi panjang, kubus atau bagian yang flat, permukaan atau bentuk, Gunakan yang melengkung atau bulat; bergerak dari permukaan datar sampai yang bulat
15	<i>Variability or dynamicism</i>	Memungkinkan (atau desain) karakteristik objek, lingkungan eksternal, proses atau sistem untuk mengubah menjadi optimal atau menemukan kondisi operasi yang optimal
16	<i>Partial or excessive action</i>	Jika 100% dari tujuan sulit untuk dicapai menggunakan metode solusi yang diberikan, masalahnya mungkin jauh lebih mudah untuk dimecahkan dengan menggunakan sedikit kurang atau sedikit lebih dari metode yang sama.
17	<i>Another dimension</i>	Memindahkan objek atau sistem dalam ruang dua atau tiga dimensi Memiringkan atau reorientasi objek, meletakkannya pada sisinya, menggunakan sisi lainnya
18	<i>Mechanical vibrations</i>	Menyebabkan suatu benda atau sistem untuk berosilasi atau bergetar. Meningkatkan frekuensi getaran

19	<i>Periodic action</i>	<p>Tidak melakukan tindakan terus menerus, tetapi menggunakan tindakan periodik atau berdenyut.</p> <p>Jika tindakan sudah periodik, mengubah besarnya periodik atau frekuensi. Gunakan jeda antara impuls untuk melakukan tindakan yang berbeda.</p>
20	<i>Continuity of useful action</i>	Melaksanakan pekerjaan secara kontinyu; membuat semua bagian dari suatu obyek atau sistem kerja pada beban penuh sepanjang waktu. Menghilangkan semua tindakan yang mengganggu atau intermiten
21	<i>Hurrying (skipping, rushing through)</i>	Melakukan proses, atau tahapan tertentu (misalnya, merusak, berbahaya, atau operasi berbahaya), dengan kecepatan tinggi.
22	<i>Blessing in disguise</i>	Menggunakan faktor berbahaya (terutama, efek berbahaya dari lingkungan atau sekitarnya) untuk mencapai efek positif. Menghilangkan tindakan utama yang berbahaya dengan menambahkannya ke tindakan berbahaya lain untuk menyelesaikan masalah.
23	<i>Feedback</i>	Memperkenalkan umpan balik untuk meningkatkan proses atau tindakan. Jika umpan balik sudah digunakan, mengubah besarnya atau pengaruhnya
24	<i>Intermediary</i>	Menggunakan sebuah benda perantara atau proses perantara. Menggabungkan satu objek sementara dengan yang lain yang dapat dengan mudah dipindah kembali
25	<i>Self-service</i>	Membuat obyek atau sistem melayani sendiri dengan melakukan fungsi bantu tambahan. Menggunakan sumber daya, termasuk energi dan material, terutama yang awalnya terbuang, untuk meningkatkan sistem
26	<i>Copying</i>	Tidak menggunakan sebuah objek tidak tersedia, mahal atau rapuh, tetapi gunakan yang sederhana, salinan murah.

		Ganti obyek atau sistem atau proses dengan salinan optik. Jika salinan optik yang terlihat sudah digunakan, mengubah panjang gelombang ke inframerah atau ultraviolet.
27	<i>Service life</i>	Ganti obyek yang mahal dengan beberapa objek murah, mengorbankan kualitas tertentu (misalnya, umur)
28	<i>Mechanics substitution</i>	Mengganti metode mekanik dengan metode sensorik (optik, akustik, rasa atau bau).Gunakan medan listrik, magnet, dan medan elektromagnetik untuk berinteraksi dengan objek.
29	<i>Pneumatic or hydraulic constructions</i>	Menggunakan gas atau cair sebagai bagian dari suatu obyek atau sistem bukan bagian padat. (misalnya, tiup, diisi dengan cairan, bantalan udara, hidrostatis, bagian hydroreactive)
30	<i>Flexible shells and thin films</i>	Gunakan kerangka yang fleksibel dan lapisan yang tipis bukannya struktur tiga dimensi. Mengisolasi objek dari lingkungan eksternal menggunakan kerangka yang fleksibel dan lapisan yang tipis.
31	<i>Porous material</i>	Membuat objek berpori atau menambahkan elemen berpori (sisipan, pelapis, dll).Jika objek sudah berpori, gunakan pori-pori untuk memperkenalkan bahan atau fungsi yang bermanfaat.
32	<i>Changes of color</i>	Mengubah warna atau transparansi dari suatu obyek atau lingkungan eksternalnya.
33	<i>Homogeneity</i>	Membuat objek yang berinteraksi dari bahan yang sama (atau bahan dengan sifat identik).
34	<i>Discard and recover</i>	Membuat bagian-bagian dari sebuah benda yang telah memenuhi fungsi mereka pergi (membuang dengan melarutkan, penguapan, dll) atau memodifikasi mereka secara langsung selama operasi. Sebaliknya, mengembalikan bagian yang bersifat konsumsi dari sebuah objek langsung dalam operasi

35	<i>Change physical or chemical parameter</i>	Mengubah keadaan fisik obyek (menjadi gas, cair, atau padat). Mengubah konsentrasi atau konsistensi. Mengubah tingkat fleksibilitas. Mengubah suhu
36	<i>Phase transitions</i>	Menggunakan fenomena yang terjadi selama fase transisi (contohnya perubahan volume, kehilangan atau penyerapan panas, dll).
37	<i>Thermal expansion</i>	Gunakan ekspansi termal (atau kontraksi) dari material. Jika ekspansi termal yang digunakan, pilih beberapa bahan dengan koefisien yang berbeda dari ekspansi termal
38	<i>Strong oxidants</i>	Menggantikan udara yang umum dengan udara yang kaya oksigen. Ganti dengan udara yang diperkaya dengan oksigen murni.
39	<i>Inert atmosphere</i>	Ganti lingkungan yang normal dengan satu yang inert. Tambahkan bagian netral atau aditif inert ke suatu objek atau sistem.
40	<i>Composite materials</i>	Ubah dari seragam ke komposit (beberapa) material dan sistem.

(Sumber : (Gadd, 2011)

2.5 Design of Experiment

Design of experiment (DoE) merupakan teknik statistik yang telah banyak diadopsi dan digunakan dalam kajian eksperimen yang berfokus pada peningkatan dan perbaikan kualitas suatu produk atau proses (Costa et al., 2006). *Design of experiment* adalah salah satu dari sekian banyak metode pemecahan masalah dan peningkatan kualitas yang dapat digunakan untuk berbagai permasalahan dalam industry untuk mengidentifikasi dan menemukan factor-faktor yang penting dalam suatu proses, efek dari factor-faktor yang dihasilkan, beberapa variasi proses, permasalahan dalam

permesinan, menyaring beberapa parameter dan membuat model dalam proses (Konda et al., 1999).

Design of experiment merupakan sejumlah tahapan atau prosedur yang digunakan selama kita melakukan eksperimen, didalamnya terdapat sejumlah fase mulai dari tahap perencanaan sampai fase interpretasi hasil eksperimen, menurut (Ranga et al., 2014) secara umum terdapat enam langkah utama dalam melakukan prosedur *design of experiment* sebagai berikut :

1. Menyusun tujuan eksperimen
2. Menentukan variable-variable terkait
3. Menentukan design eksperimen
4. Melakukan eksperimen
5. Melihat dan mengecek data yang telah diambil apakah sesuai dengan asumsi eksperimen
6. Menganalisis dan menginterpretasikan hasil eksperimen

Menurut *National Institute of Standards and technology* mendefinisikan DoE sebagai suatu pendekatan sistematis dalam pemecahan masalah teknik yang menerapkan prinsip-prinsip sebagai teknik pada tahap pengumpulan data untuk mendukung suatu kesimpulan (Muttaqin, 2019), terdapat lima prinsip fundamental yang digunakan dalam DoE sebagai berikut :

1. *Randomzation* (pengacakan) merupakan suatu metode mengacak unit-unit eksperimen untuk dialokasikan pada eksperimen, hal ini penting dilakukan untuk melindungi eksperimen bias-bias yang dapat merusak hasil eksperimen.
2. *Replication* (pengulangan) merupakan metode yang digunakan untuk meningkatkan kepresisian hasil eksperimen
3. *Blocking* (pemblokiran) merupakan suatu metode untuk mengumpulkan atau mengelompokkan perlakuan menjadi dalam tiap-tiap grup

4. *Orthogonality* (ortogonalitas) merupakan suatu metode dalam eksperimen yang mengakibatkan efek factor tidak saling berkorelasi sehingga mudah diinterpretasikan, factor-faktor didalam desain eksperimen orthogonal bervariasi secara independent satu sama lain.
5. *Factorial experimentation* (eksperimen factorial) merupakan suatu metode eksperimen dimana efek yang ditimbulkan dari setiap factor dan interaksi antar factor diestimasi, secara geometris desain factorial dibangun dengan melibatkan semua factor secara bersamaan dan secara orthogonal.

Tabel 2. 8 Perbandingan *Design of Experiment*

No	Jenis teknik DoE	Kelebihan	Kekurangan
1	<i>Taguchi</i> (Ridwan & Novison, 2018)	Dapat mengurangi jumlah pelaksanaan sehingga dapat menghemat waktu dan biaya	Keakuratan berkurang jika dilakukan dengan banyak faktor.
2	<i>Full factorial design</i> (Mihăilescu et al., 2021)	Jumlah eksperimen bersifat sangat mendetail	biaya mahal dan menghabiskan banyak waktu
3	<i>Latin square</i> (Hodzic et al., 2019)	Bisa digunakan untuk mengontrol dua variabel skaligus	Rancangan tidak praktis karena memerlukan pengulangan yang besar
4	<i>Randomized complete block design</i> (Sirikasemsuk, 2018)	Memfokuskan perhatian pada faktor utama	Data harus berasal dari satu sumber variasi
5	<i>Box Behnken</i> (Khajeh, 2009)	Menghasilkan persamaan matematis sehingga bisa didapatkan nilai optimal	Mencakup cukup banyak waktu dan membutuhkan penelitian yang mahal

(Sumber : Data sekunder)

2.6 Metode Taguchi

2.6.1 Keuntungan DoE pendekatan metode taguchi

DOE menggunakan pendekatan *Taguchi Method* membutuhkan perencanaan yang baik, tata letak dan hasil analisa dari eksperimen. Beberapa keuntungan dengan metode taguchi, yaitu:

1. Perencanaan eksperimen dan perumusan masalah, pedoman melakukan perencanaan eksperimen adalah tetap disiplin dalam bekerja secara individu atau *work team*. Perencanaan eksperimen dan perumusan masalah membuat proyek lebih sukses
2. Tata letak eksperimen, tata letak dipengaruhi oleh harga dan ukuran eksperimen. Ukuran eksperimen dilakukan berdasarkan level dan faktor-faktor yang sudah distandarisasi.
3. Analisa data, analisa harus distandarisasi (dapat menggunakan *main effect*, ANOVA dan *Optimum*). Analisa data untuk menentukan rekomendasi optimal.
4. Interpretasi hasil, Pedoman yang jelas tentang *meaning of error term*.

DOE menggunakan *Taguchi Method* ada untuk meningkatkan kualitas yang didefinisikan sebagai konsistensi dari performansi. Konsistensi dicapai ketika variasi dikurangi. Hal ini dapat dilakukan jika variasi rata-rata (*mean*) dari performansi dengan nilai target dikurangi. Eksperimen taguchi digunakan untuk mengurangi variasi, teknik tersebut berfokus untuk mencapai kualitas yang diinginkan.

2.6.2 Prinsip metode taguchi

Metode Taguchi merupakan perbaikan kualitas dengan metode percobaan baru, artinya melakukan pendekatan lain yang memberikan tingkat kepercayaan yang sama, metode taguchi sangat efektif dalam peningkatan kualitas dan juga mengurangi biaya. Rekayasa kualitas yang diusulkan Taguchi bertujuan agar performansi produk/prosesnya tidak sensitif atau tangguh terhadap faktor yang sulit dikendalikan

Dalam penggunaan metode Taguchi digunakan prinsip Orthogonal Array dan signal-to-noise ratio. Berikut adalah penjelasan tentang prinsip Orthogonal Array dan signal-to-noise ratio.

1. *Orthogonal array*

Dr. Genichi Taguchi menyusun Orthogonal Array (OA) untuk tata letak eksperimennya. Tabel OA dapat digunakan untuk menentukan kontribusi setiap faktor yang berpengaruh terhadap kualitas dan dapat diketahui tingkat faktor yang memberikan hasil yang optimal. Dengan OA untuk tata letak eksperimennya, maka tidak semua perlakuan dijalankan atau dengan kata lain, prosesnya dapat dipersingkat sehingga biaya, waktu dan materi percobaan dapat dikurangi.

2. *Signal-to-noise ratio*

Signal to Noise Ratio (S/N) digunakan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi variasi suatu respon. Taguchi menciptakan transformasi dari pengulangan data ke nilai lain yang merupakan ukuran dari variasi yang ada. Transformasinya adalah *signal to noise ratio* atau rasio S/N. Perhitungan Rasio S/N yang dilakukan tergantung dari karakteristik mutu yang dituju. Karakteristik kualitas adalah hasil dari proses yang berkaitan dengan kualitas.

2.6.3 Langkah-langkah metode taguchi

Metode Taguchi digunakan untuk meningkatkan kualitas produk dan proses. Kualitas ditingkatkan Ketika level tertinggi dari sebuah performansi sudah konsisten. Level performansi menghitung kombinasi optimum dari semua factor. Berikut adalah Langkah-langkah melakukan DOE dengan pendekatan metode Taguchi :

1. Brainstorming merupakan kebutuhan pertama yang melibatkan individu dan proyek itu sendiri dimana sebuah kebijakan berdasarkan pada group consensus (1 orang- 1 suara). Terdapat beberapa Langkah melakukan brainstorming, yaitu :
 - a. Menentukan bagaimana kondisi sebelum dan setelah evaluasi. Jika terdapat lebih dari 1 kriteria evaluasi, kebijakan dari setiap kriteria ditimbang dan dikombinasi
 - b. Mengidentifikasi seluruh factor yang mempengaruhi

- c. Menentukan factor level
 - d. Menentukan factor signal
2. Desain eksperimen, menggunakan seluruh factor dan level yang telah ditentukan pada tahap brainstorming, eksperimen sudah dapat didesain dan menentukan metode yang cocok, terdapat beberapa Langkah dalam mendesain eksperimen sebagai berikut :
 - a. Memilih orthogonal array yang sesuai
 - b. Menetapkan factor dan interaksi antar kolom
 - c. Menggambarkan setiap kondisi percobaan
 - d. Memutuskan order dan percobaan ulang
 3. Menghitung matriks eksperimen yang dilakukan
 4. Melakukan analisis dari hasil eksperimentasl dengan menggunakan S/N dan analisis *ANOVA*
 5. Menyeleksi level parameter yang memberikan hasil optimal
 6. Melakukan prediksi pada level percobaan untuk menjadi rekomendasi

2.7 Analisis dan optimasi metode taguchi

ANOVA adalah sebuah prosedur statistik yang membandingkan rata-rata dari beberapa sampel. *ANOVA* diartikan sebagai perpanjangan dari *t-test* untuk 2 sampel independen atau lebih *ANOVA* juga penting dalam melakukan penyelidikan dan analisis data konfirmasi, dengan metode Taguchi terdapat dua metode analisis yang akan diterapkan yaitu *ANOVA* terhadap mean atau hasil rata-rata dan *ANOVA* terhadap *signal to noise ratio*. Dalam penelitian ini karakter respon yang diharapkan yaitu. untuk melakukan tes *ANOVA* dibutuhkan beberapa asumsi sebagai berikut :

1. Observasi bersifat independen
2. Observasi berdistribusi normal
3. Variasi dari setiap populasi

Dalam pelaksanaan Design of Experiment menggunakan metode Taguchi, metode anailisis statistik menggunakan *ANOVA* digunakan untuk menentukan factor yang paling berpengaruh ke parameter eksperimen. Dalam menilai sebuah karakteristik

kualitas terdapat beberapa kategori dalam penerapan metode Taguchi seperti *nominal the best* adalah karakteristik kualitas terukur dengan nilai target yang ditentukan secara spesifik, *smaller the better* adalah karakteristik kualitas terukur dengan nilai non-negatif dan targetnya adalah nilai sekecil-kecilnya, dan *higher the better* adalah karakteristik kualitas terukur dengan nilai non negative yang mempunyai kondisi ideal dan nilai tergetnya adalah nilai sebesar-besarnya.

