

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Profil PT. XYZ

PT. XYZ adalah perusahaan yang mulai berjalan sekitar tahun 1991. PT. XYZ merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang perkebunan kelapa sawit. PT. XYZ merupakan salah satu perusahaan yang berada di bawah naungan suatu Grup perusahaan. PT. XYZ berlokasi di Kalimantan Timur. PT. XYZ pada dasarnya ikut serta dalam hal penanaman kelapa sawit yang berada di provinsi Kalimantan Timur. Kemudian PT. XYZ juga terlibat dalam hal penjualan minyak berupa CPO (*Crude Palm Oil*) dan CPKO (*Crude Palm Kernel Oil*) (ecc, 2022).

PT. XYZ memiliki bagian lahan, dalam hal ini pembagian lahan yang dipegang memiliki kisaran luas 67.000 Ha dan juga 90.000 Ha. Lahan yang dibagikan tersebut menjadi hak milik dari perusahaan. Lahan yang dibagikan tersebut, sebagian menjadi lahan tanaman kelapa sawit. Adapun kisaran jumlah bagian lahan yang ditanami adalah sekitar 50.000 Ha dan untuk 4.000 Ha digunakan perusahaan untuk kebutuhan infrastruktur. Kemudian terdapat lahan yang digunakan PT. XYZ sebagai lahan konservasi cadangan yaitu sekitar 20% dari keseluruhan lahan yang dimiliki.

PT. XYZ memiliki komitmen dalam hal sertifikasi perusahaan. Pihak perusahaan berencana menggunakan pihak ketiga dalam melakukan verifikasi pada standar nasional dan juga dalam standar internasional. Saat ini dilihat dari hasil produksi PT. XYZ membuat perusahaan tersebut dinilai berpotensi untuk mendapatkan sertifikasi pada produksi minyak sawit serta perkebunannya. Beberapa sertifikasi yang berpotensi untuk PT. XYZ ialah Indonesian Sustainable Palm Oil (ISPO), International Sustainability and Carbon Certification (ISCC), Propernas dan Properda, ISO 14001, dan terakhir Roundtable on Sustainable Palm Oil (RSPO). (ecc, 2022)

2.2. Pengendalian Kualitas

Kualitas diketahui sebagai keseluruhan dari ciri dan karakteristik produk maupun jasa yang dapat memuaskan kebutuhan penggunanya. Dalam penggunaan jasa dan barang terkadang tidak sesuai dengan kualitas yang diinginkan, hal inilah yang mengharuskan adanya pengendalian dalam kualitas. Dikutip dari (Manungkalit, 2017) kegiatan yang dilakukan dengan menjamin tercapainya suatu tujuan agar sesuai dengan rencana dengan melakukan inspeksi dari bahan baku suatu produksi sampai dengan produk jadi hal ini disebut dengan pengendalian. Menjaga kualitas merupakan salah satu proses yang dilakukan untuk dapat memastikan segala hal berjalan sesuai dengan rencana atau sempurna. Selanjutnya, jika terdapat kelalaian dalam proses kontrol kualitas maka produk yang dihasilkan pun dapat berada di luar batas standar (Wishnu, 2008). Maka, dalam hal ini pengendalian kualitas dapat dilakukan pada kegiatan yang memiliki hasil menyimpang dari yang direncanakan serta dapat dilakukan pengawasan dalam berjalannya kegiatan.

2.3. Kernel

Kernel atau yang diketahui sebagai inti sawit didapatkan dari hasil olahan yang berasal dari biji sawit. Hasil olahan biji sawit tersebut berasal dari hasil pecahan antara cangkang dan inti. Inti dan cangkang sawit dapat dimanfaatkan kembali, inti sawit dapat diolah menjadi CPKO (*Crude Palm Oil kernel*) atau minyak inti sawit. Kemudian cangkang inti sawit dapat digunakan menjadi bahan bakar, arang, dll. Inti sawit memiliki kandungan lemak, protein, serat, dan air di dalamnya. Pengolahan minyak inti sawit memiliki tahap yang tidak rumit jika dibandingkan dengan minyak dari hasil olahan daging buah sawit atau CPO (*Crude Palm Oil*). (Mangoensoekardjo, 2003).

Pendapat dari Subramaniam dalam (Renta, 2015) bahwa struktur kernel ialah dikelilingi oleh buah yang memiliki dinding tersusun dari cangkang yang keras atau disebut dengan *endocarp*, kemudian juga memiliki serat bubur buah dengan kata lain minyak bearing pada jaringan atau yang disebut *mesocarp* dan terakhir kulit.

Dikutip dari (Daulay, 2019) Parameter kualitas dari *kernel* berdasarkan data yang didapat dari SNI 01-0002-1987 ialah pada kadar kotoran atau *dirt* maksimal 6%, air memiliki batas maksimal sebesar 8%, dan inti pecah atau *broken kernel* maksimal berada pada nilai 18%. PT. XYZ menggunakan standar mutu pada kadar air maksimal 8%, pada kadar kotoran maksimal 8%, dan kadar *kernel* pecah atau *broken kernel* maksimal 18%.

2.4. **Broken Kernel**

Broken kernel atau yang dikenal sebagai inti dari biji sawit yang pecah. Jika terdapat banyak inti sawit yang pecah hal ini akan mempengaruhi salah standar kualitas dari CPKO atau *Crude Palm Kernel Oil*. Dikutip dari (Babalola & Ajagunna, 2004) menyatakan bahwa selama proses pemecahan *nut* beberapa *kernel* dapat pecah, rasio dari *kernel* pecah harus diperiksa karena kelebihan *kernel* pecah menyebabkan peningkatan *free fatty acid* (FFA) dari minyak yang diekstraksi.

Pada perusahaan PT. XYZ, menetapkan standar kualitas dari *broken kernel* adalah sebesar 18%, hal ini berarti jika terdapat pemeriksaan pada *broken kernel* kemudian hasil dari pemeriksaan tersebut melampaui 18%, maka *broken kernel* dinyatakan tidak dalam batas kualitas dan perlu dilakukannya kajian ulang terhadap peningkatan kualitas dari parameter *broken kernel*

Penentuan *broken kernel* dapat dilakukan berdasarkan hasil pemecahan yang terdapat pada mesin *ripple mill*. Adapun perhitungan yang dilakukan dalam menentukan kadar *broken kernel* di dalam 1kg *kernel* ialah sebagai berikut.

$$\text{Broken kernel (\%)} = \frac{\text{Berat kernel pecah (gram)}}{1000 \text{ (gram)}} \times 100\% \dots\dots\dots 2.1$$

2.5. **Design of Experiment**

Design of experiment atau diketahui sebagai desain eksperimen merupakan metode yang dapat digunakan dalam menentukan *statistical process control* (SPC) pada sebuah proses. Untuk kegunaannya, desain eksperimen dapat menjadi suatu metode dalam mengidentifikasi dari suatu proses yang berpengaruh. Desain eksperimen merupakan desain atau perencanaan yang

dilakukan sebelum membuat sesuatu yang nantinya dapat menghasilkan suatu hal sesuai dengan harapan atau keinginan (Andriani, et al., 2017).

Para ahli memiliki pendapat yang berbeda terkait pengertian dari desain eksperimen, yaitu sebagai berikut:

1. (Montgomery, 2013) Menyatakan bahwa desain eksperimen sebagai suatu alat untuk digunakan dalam desain dan pengembangan produk serta pengembangan dan peningkatan proses.
2. Rancangan percobaan yang diketahui dengan mendefinisikan setiap tahapan dari adanya tindakan hingga terciptanya informasi yang memiliki hubungan dan dibutuhkan sebagai persoalan yang dapat dikumpulkan dari hal yang diteliti merupakan pengertian dari desain eksperimen menurut (Sudjana, 2002)
3. (Hinkelman & Kempthorne, 2008) Mengatakan bahwa desain eksperimen adalah suatu metode perancangan yang memiliki tujuan utama sebagai pengurangan kesalahan atau *reducing error*.

2.5.1. Langkah-Langkah Desain Eksperimen

Terdapat beberapa pendapat dari ahli terkait langkah-langkah pada desain eksperimen yang harus dilakukan, salah satunya ialah sebagai berikut:

(Montgomery, 2013) Menurutnya terdapat beberapa hal yang penting untuk diperhatikan pada saat memilih rancangan pada suatu percobaan sebagai berikut:

1. Perlakuan yang digunakan dalam percobaan.
2. Unit dari percobaan.
3. Pengukuran dari setiap respon yang diamati.

Desain eksperimen Taguchi dapat dilakukan dengan melakukan tahapan berikut: (Andriani, et al., 2017)

1. Pernyataan terkait masalah yang digunakan
2. Merumuskan tujuan yang akan dituju dalam penelitian, hal ini seperti mengidentifikasi karakteristik kualitas serta serta tingkatan eksperimen.

3. Merancang teknik yang dilakukan dalam desain eksperimen, seperti menentukan metode pengukuran yang digunakan, cara yang harus dilakukan dalam pengukurannya, serta peralatan yang dapat digunakan dalam mengukur.
4. Mengidentifikasi faktor, hal ini digunakan untuk mengetahui pendekatan secara tersusun untuk menemukan penyebab dari permasalahan.
5. Menentukan jenis-jenis dari faktor yang akan digunakan, faktor ini merupakan jenis faktor yang dinilai dapat mempengaruhi suatu karakteristik produk ataupun proses.
6. Menentukan level dan nilai faktor. Level yang ditentukan berasal dari setiap faktor yang digunakan. Kemudian nilai dari faktor dalam melakukan desain eksperimen harus ditentukan, hal ini dilakukan untuk menentukan jumlah dari derajat kebebasan atau *degree of freedom*. Penentuan derajat kebebasan atau *degree of freedom* ditentukan untuk digunakan pada matriks *Orthogonal Array*.
7. Identifikasi faktor. Mengidentifikasi faktor dilakukan pada faktor yang akan berinteraksi pada proses desain eksperimen.
8. Menggambar linier graph, linier graph dalam hal ini diperlukan untuk menggambarkan faktor kontrol dan interaksi. Pada metode taguchi memberikan penetapan linier graph, penetapan ini dilakukan untuk mempermudah dalam mengatur interaksi serta faktor-faktor yang terjadi kedalam suatu kolom. Linier graph yang digambarkan ini memiliki kegunaan untuk menentukan adanya penempatan dari faktor-faktor dan juga interaksi pada kolom-kolom yang ada di dalam *orthogonal array*.
9. Pemilihan Matriks *Orthogonal Array* yang digunakan. Pemilihan ini didasari dengan nilai faktor yang digunakan dan juga nilai dari level pada setiap faktor yang digunakan. Hasil dari pemilihan akan mempengaruhi total jumlah dari derajat kebebasan atau *degree of freedom* yang terdapat dalam penentuan *orthogonal array* yang dipilih pada eksperimen.

10. Menempatkan interaksi atau faktor ke dalam kolom, dalam hal ini dapat digunakan linier graph serta dapat digunakan *tringular tables*. Linier graph akan menyatakan variasi dari kolom dengan dapat menempatkan faktor di dalamnya dengan mengevaluasi interaksi dari faktor. Maksud dari *Tringular tables* ini adalah suatu kemungkinan dari adanya suatu interaksi antara sebuah kolom ataupun faktor.
11. Langkah selanjutnya adalah dilakukan eksperimen yang sudah melalui tahap rancang.
12. Analisis hasil dari eksperimen, dalam hal ini di dalam metode taguchi, analisis yang digunakan dalam eksperimen menggunakan metode *analysis of variance* (ANOVA), yang terdapat hasil dari sebuah perhitungan terkait jumlah kuadrat total, kemudian perhitungan dari jumlah kuadrat rata-rata, kemudian jumlah kuadrat faktor, dan terakhir perhitungan jumlah kuadrat *error*.
13. Interpretasi hasil, tahap ini dilakukan untuk mengetahui hasil evaluasi dari faktor-faktor berpengaruh serta yang tidak memiliki pengaruh atas karakteristik kualitas yang digunakan.
14. Penentuan level faktor dari kondisi yang optimal, hal ini digunakan untuk membandingkan perbedaan nilai rata-rata pada eksperimen dari kombinasi faktor dan level. Hasil yang didapatkan dari perbandingan tersebut ialah faktor yang memiliki hasil rata-rata percobaan dari level yang besar, maka faktor tersebut mempunyai pengaruh yang signifikan,
15. Selanjutnya adalah memperkirakan rata-rata dari proses dengan kondisi yang optimal, setelah terdapat kondisi yang optimal dari eksperimen *orthogonal array* maka rata-rata dari proses prediksi yang terdapat pada kondisi optimal dapat diperkirakan. Hal ini didapatkan dengan cara menjumlahkan pengaruh dari ranking faktor yang memiliki nilai lebih tinggi.
16. Kemudian menjalankan eksperimen validasi, ini dilakukan dengan maksud untuk mengvalidasi bahwa faktor dan level yang dihasilkan

dari eksperimen dengan nilai optimal dapat memberikan hasil seperti tujuan yang diharapkan.

2.5.2. Macam-Macam Desain Eksperimen

Adapun macam-macam desain eksperimen ialah sebagai berikut:

1. Desain Acak Sempurna

(Sudjana, 2002) menjelaskan bahwa desain acak sempurna merupakan suatu desain yang diperlakukan sepenuhnya secara acak untuk unit-unit dari eksperimen. (Andriani, et al., 2017) memberikan contoh, dalam mengetahui level faktor suatu bahan dalam pembuatan beton, eksperimen dapat dilakukan dengan membandingkan beberapa variasi yaitu variasi dari bahan beton yang dinilai normal dengan variasi bahan beton *superplasticizer*.

2. Desain-Desain Blok

(Andriani, et al., 2017) Desain blok acak didefinisikan sebagai perlakuan yang diberikan kepada setiap unit-unit eksperimen yang tidak dapat diterapkan sepenuhnya karena terdapat keterbatasan. Blok digunakan sebagai pengalokasian unit-unit atau pemblokkan setiap unit eksperimen ke dalam blok-blok yang sifatnya relatif homogen. Terdapat beberapa jenis desain blok yaitu desain blok yang memiliki data lengkap acak, kemudian desain blok lengkap acak dengan data hilang, dan yang terakhir adalah desain blok tak lengkap acak.

3. Desain Faktorial

Eksperimen dengan data yang hampir semua taraf pada faktor dipadukan ataupun dikombinasi bersama dengan taraf yang terdapat pada eksperimen merupakan hal yang dimaksud dengan desain faktorial. (Andriani, et al., 2017)

4. Desain Faktorial 2^k

Desain faktorial 2^k adalah suatu kejadian yang melibatkan dua faktor yang menggunakan masing-masing dari faktor penyebab yang terdiri atas dua buah level atau dua buah taraf. (Montgomery, 2013)

5. Desain Faktorial 3^k

(Andriani, et al., 2017) desain faktorial 3^k diketahui sebagai jenis dari suatu eksperimen yang menggunakan 3 buah faktor dengan 3 faktor bertaraf 3.

6. Desain Tersarang

Rancangan percobaan tersarang merupakan suatu rancangan percobaan menggunakan sifat yang dimana taraf suatu faktor tersarang didalam faktor lain (Andriani, et al., 2017).

7. Analisis Kovarians

Analisis kovarians yang dikenal sebagai ANAKOVA adalah suatu teknik eksperimen yang memiliki cara kerja yang mengkombinasikan hasil dari analisis variansi dengan hasil dari analisis regresi yang hasilnya dapat digunakan untuk memperbaiki suatu ketelitian dari adanya percobaan (Andriani, et al., 2017).

8. Metode Taguchi

Metode taguchi adalah suatu metode dengan kegunaan untuk meminimumkan cacat pada suatu produk. Metode ini dilakukan dengan menekan pada proses kemampuan proses atau *process capability* (Andriani, et al., 2017).

2.6. Metode Taguchi

Metode Taguchi diketahui sebagai ide atau gagasan yang berasal dari Dr. Genichi Taguchi. Dr. Genichi berasal dari jepang. Metode ini merupakan salah satu dari metode perbaikan kualitas yang dilakukan dengan menemukan metode percobaan yang “baru” (Andriani, et al., 2017). Metode taguchi memiliki tujuan untuk membuat produk atau proses secara kokoh atau yang dikenal sebagai *robust* terhadap faktor yang dinilai sebagai gangguan atau *noise*. Metode ini memiliki julukan lain yaitu sebagai metode perancangan kokoh atau *robust design*. (Andriani, et al., 2017) Memiliki 3 tahapan utama dalam melakukan desain eksperimen ini yaitu melakukan perencanaan eksperimen, melaksanakan eksperimen, dan menganalisis eksperimen yang telah dilakukan.

Metode desain eksperimen taguchi memiliki keunggulan lain dibandingkan dengan metode desain eksperimen rancangan factorial, yaitu:

1. Desain eksperimen taguchi diketahui lebih efisien hal ini dikarenakan metode ini memungkinkan untuk melibatkan banyak faktor serta taraf di dalam penelitian dengan hanya melakukan beberapa dari percobaan, kemudian untuk rancangan dari factorial jumlah percobaannya dikatakan banyak tidak menghemat waktu serta biaya penelitian.
2. Desain percobaan pada Taguchi Desain. Desain percobaan Taguchi memiliki harapan untuk memperoleh suatu proses dari kegiatan menghasilkan produk secara konsisten dan kokoh dari adanya faktor-faktor yang tidak dapat di kontrol atau yang dimaksud dengan faktor gangguan. Sedangkan untuk rancangan dari adanya factorial semua faktor, yaitu faktor yang terkontrol maupun faktor yang tidak terkontrol dapat diimpit kedalam percobaan yang dilakukan.
3. Metode Taguchi akan menghasilkan kesimpulan. Kesimpulan dalam hal ini adalah terkait respon dari faktor-faktor dan taraf dari faktor-faktor kontrol yang dapat menghasilkan respon secara optimal, sedangkan dalam rancangan factorial hanya menyatakan hasil dari kesimpulan berupa faktor apa saja yang mempengaruhi dan faktor yang tidak mempengaruhi.

Taguchi memiliki keyakinan bahwa tata cara yang dinilai baik dalam hal melakukan pengembangan kualitas adalah dengan mendesain serta membentuk hal tersebut menjadi produk. Pengembangan kualitas sendiri dilalui dari awal melakukan desain produk ataupun mendesain proses hingga melanjutkan fase tersebut ke fase produksi. Taguchi sendiri mengamati kualitas yang dinilai buruk nantinya tidak dapat di eliminasi jika hanya melalui proses inspeksi, kemudian *screening* dan pertolongan. Taguchi menilai tidak terdapat inspeksi yang dapat memberikan kualitas kembali baik seperti semula ke dalam produk.

Langkah-langkah perhitungan yang digunakan dalam melakukan desain eksperimen Taguchi ialah sebagai berikut:

1. Membuat tabel dari data variabel berdasarkan hasil eksperimen Taguchi.

2. Melakukan perhitungan dari rata-rata pada setiap eksperimen yang dilakukan.
3. Pembuatan tabel respon dari hasil eksperimen yang dihitung rata-ratanya setiap level faktor. Adapun tabel respon ialah sebagai berikut.

Tabel 2. 1 Tabel Respon dari Pengaruh faktor

	A	B	...	N
Level 1				
Level 2				
Level 3				
Selisih				
Ranking				

Sumber: Soejanto, 2009

4. Melakukan perhitungan dari *Analysis of Variance* (ANOVA) pada data hasil eksperimen yang didapatkan.
5. Menghitung nilai rata-rata (Mean)

Nilai *mean* atau rata – rata adalah mengukur pertengahan dari data. Cara untuk mendapatkan hasil nilai rata-rata dari sampel eksperimen adalah dengan membagi jumlah dari nilai data oleh banyaknya data yang dimiliki. Misalnya, suatu sebaran dari data yaitu $y_1, y_2, y_3, \dots, y_n$ maka, rata-rata dapat didefinisikan sebagai berikut: (Fry, 2014)

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{N} = \frac{\text{Jumlah keseluruhan data}}{\text{Jumlah data}} \dots\dots\dots 2.2$$

Keterangan: \bar{y} = Rata – rata

N = Jumlah data

X_i = Data ke-i

6. Menghitung jumlah kuadrat total (ST)/*Sum of total*
Sum of total adalah ukuran simpangan eksperimen data dari nilai rata-rata pada suatu data. Adapun ST didefinisikan sebagai berikut. (Andriani, et al., 2017)

$$ST = \sum Y_i^2 \dots\dots\dots 2.3$$

Dimana: ST = jumlah kuadrat

Y_i = data ke-i

\bar{Y} = nilai rata – rata dari Y_i

7. Menghitung kuadrat rata-rata (SM)/*Sum of square due to mean*

Adapun persamaan yang digunakan dalam menentukan *sum of square due to mean* ialah sebagai berikut.

$$SM = n\bar{y}^2 \dots\dots\dots 2.4$$

8. Menghitung jumlah kuadrat karena faktor (SS_A, SS_B, SS_C)

Adapun persamaan yang digunakan dalam menghitung jumlah kuadrat karena faktor ialah sebagai berikut.

$$SS_A = ((\bar{A}_1)^2 \times n_1) + (\bar{A}_2)^2 \times n_2) + \dots + (\bar{A}_i)^2 \times n_i) - SM \dots\dots\dots 2.5$$

9. Menghitung jumlah kuadrat karena *error* (SE)

$$SE = ST - SM - SS_A - SS_B - SS_n \dots\dots\dots 2.6$$

10. Membuat tabel ANOVA

Adapun tabel yang disajikan ialah sebagai berikut.

Tabel 2. 2 Data Variabel

	S_q	V	M_q	F-Ratio	P-Value
Mean					
Faktor A					
Faktor B					
Error					
Total					

Sumber: (Andriani, et al., 2017)

11. Menghitung derajat kebebasan faktor

Adapun perhitungan yang digunakan dalam menentukan derajat kebebasan ialah sebagai berikut. (Kocabas & Savas, 2019)

Derajat kebebasan variabel input, $f_j = \text{jumlah level} - 1 \dots\dots\dots 2.7$

Derajat kebebasan error, $f_e = f_T - \sum_{j=1}^m f_j \dots\dots\dots 2.8$

Dimana: $m = \text{total input variabel}$

12. Menghitung derajat kebebasan total

Adapun perhitungan yang digunakan ialah sebagai berikut. (Kocabas & Savas, 2019)

Total derajat kebebasan, $f_T = nr - 1 \dots\dots\dots 2.9$

Dimana: $n = \text{jumlah eksperimen}$

$r = \text{pengulangan eksperimen}$

13. Langkah selanjutnya adalah menghitung rata-rata jumlah kuadrat

Rata-rata dari jumlah kuadrat ialah didapatkan dari perhitungan pembagian jumlah kuadrat dengan derajat kebebasan.

$$\sigma_m^2 = \frac{SS_m}{db} \dots\dots\dots 2.10$$

Dimana: σ_m^2 = varians jumlah kuadrat rata-rata simpangan

SS_m = jumlah kuadrat rata-rata simpangan

Db = derajat bebas

14. Strategi *Pooling up*

Melakukan analisis pooling up dianjurkan jika faktor yang ditentukan dinyatakan tidak signifikan dengan melakukan uji signifikansi terhadap *error* pada tingkat signifikansi α yang ditentukan. Strategi pooling up sendiri memiliki fungsi untuk mengestimasi variansi *error* pada analisis varian. Sehingga analisis yang dihasilkan menjadi lebih baik, dikarenakan strategi ini akan mengakumulasi beberapa varian *error* dari beberapa faktor yang kurang berarti (Kocabas & Savas, 2019). Adapun persamaan yang digunakan dalam pooling up ialah sebagai berikut.

1. Perhitungan *sum of square pooled*

$$SS_{pooled} = SS_E + SS_X$$

2. Perhitungan derajat kebebasan *pooled*

$$DOF_{pooled} = DOF_E + DOF_X$$

3. Perhitungan *Mean square pooled*

$$MS_{pooled} = \frac{SS_{pooled}}{DOF_{pooled}}$$

4. Perhitungan *pure sum of square pooled* (SS'_{pooled})

$$SS'_{pooled} = SS_X + (DOF_X \times MS_{pooled})$$

2.7. **Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Proses Desain Eksperimen**

Proses produksi memiliki faktor-faktor yang mempengaruhi proses eksperimen pada desain eksperimen. Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi proses produksi tersebut ialah: (Andriani, et al., 2017)

- A. Faktor *Noise*. Faktor *noise* ini merupakan faktor yang dinilai tidak dapat dikendalikan oleh perancang suatu produk, atau dalam artian

bobotnya yang terdapat pada lingkungan sulit atau bahkan mahal untuk dilakukan pengendalian.

- B. Faktor kendali. Faktor kendali merupakan suatu faktor yang dapat ditentukan secara bebas oleh perancang eksperimen, perancangan tersebut menggunakan nilai terbaik dari faktor kendali. Apabila nilai yang terdapat pada tiap faktor terkendali diubah maka karakteristik mutu nantinya dapat berubah juga.

2.8. *Matriks Orthogonal array*

Orthogonal array (OA) merupakan desain eksperimen khusus sebagai desain faktorial. Keuntungan dalam menggunakan OA adalah fleksibilitas dan kemampuan dalam menetapkan sejumlah variabel. Matriks *orthogonal array* memiliki keunggulan dalam melakukan eksperimen, matriks OA dapat menentukan jumlah eksperimen dengan jumlah minimal dalam memberi informasi yang mempengaruhi faktor pada setiap parameter (Kocabas & Savas, 2019). *Orthogonal array* adalah salah satu matriks faktor dan level yang tidak membawa pengaruh dari faktor atau level lain. Pada *orthogonal array* banyaknya perbandingan antara faktor dan level yang dapat dibuat disebut dengan derajat bebas atau *degrees of freedom*.

Orthogonal array merupakan suatu matriks yang memiliki elemen dengan penyusunan berdasarkan dari baris dan kolom. Kemudian kolom pada matriks sebagai faktor atau sebagai kondisi yang nantinya dapat diubah ke dalam eksperimen. Baris pada matriks sebagai keadaan pada faktor. (Andriani, et al., 2017)

$$L_n(l^f) \dots \dots \dots 2.11$$

Keterangan: L=Rancangan bujur sangkar latin

n= Banyaknya pengamatan atau baris

l= Banyaknya level yang digunakan

f= banyaknya faktor atau kolom

Adapun persamaan yang digunakan dalam menentukan n ialah sebagai berikut.

$$n = (\text{Jumlah faktor} \times (\text{Jumlah level} - 1)) + 1 \dots \dots \dots 2.12$$

Adapun contoh dari tabel-tabel matriks *orthogonal array* pada desain eksperimen ialah sebagai berikut:

Tabel 2. 3 Matriks *Orthogonal Array*

2 Level	3 Level	4 Level	5 level	Level Gabungan
$L_4(2^3)$	$L_9(3^4)$	$L_{16}(4^5)$	$L_{25}(5^6)$	$L_{18}(2^1 \times 3^7)$
$L_8(2^7)$	$L_{27}(3^{13})$	$L_{64}(4^{21})$	-	$L_{32}(2^1 \times 4^9)$
$L_{12}(2^{11})$	$L_{81}(3^{40})$	-	-	$L_{36}(2^{11} \times 3^{12})$
$L_{16}(2^{15})$	-	-	-	$L_{36}(2^3 \times 3^{13})$
$L_{32}(2^{31})$	-	-	-	$L_{54}(2^1 \times 3^{25})$
$L_{64}(2^{63})$	-	-	-	$L_{50}(2^1 \times 5^{11})$

(Andriani, et al., 2017)

Adapun matriks *orthogonal array* dengan 4 faktor dan 3 level ialah sebagai berikut.

Tabel 2. 4 Matriks *Orthogonal array* $L_9(3^4)$

EXP	Faktor			
	A	B	C	D
1	1	1	1	1
2	1	2	2	2
3	1	3	3	3
4	2	1	2	3
5	2	2	3	1
6	2	3	1	2
7	3	1	3	2
8	3	2	1	3
9	3	3	2	1

(Andriani, et al., 2017)

Matriks *orthogonal array* dengan menggunakan 3 faktor dan 3 level, jika menggunakan metode konvensional maka jumlah eksperimen menjadi $3^3 = 27$ eksperimen, maka dengan digunakannya matriks OA jumlah eksperimen yang digunakan menjadi lebih sedikit yaitu 9 eksperimen. Matriks yang digunakan merupakan matriks implementasi dari matriks *orthogonal array* $L_9(3^4)$ (Kocabas & Savas, 2019). Adapun matriks *orthogonal array* dengan 3 faktor dan 3 level ialah sebagai berikut.

Tabel 2. 5 Matriks *Orthogonal array* L₉ (3³)

EXP	Faktor		
	A	B	C
1	1	1	1
2	1	2	2
3	1	3	3
4	2	1	2
5	2	2	3
6	2	3	1
7	3	1	3
8	3	2	1
9	3	3	2

(Kocabas & Savas, 2019)

2.9. *Analysis of Varians* (ANOVA)

Analysis of varians dalam metode taguchi merupakan metode statistik yang digunakan sebagai metode statistik untuk menginterpretasikan data dari hasil percobaan. Analisis varians adalah teknik perhitungan yang memungkinkan secara kuantitatif mengestimasi kontribusi dari setiap faktor pada semua pengukuran respon. Analisis varians atau analisis ragam digunakan untuk percobaan yang dilakukan oleh peneliti dalam berbagai disiplin ilmu. Analisis varians dua arah pada metode taguchi adalah data percobaan yang terdiri dari dua faktor atau lebih dengan dua taraf atau lebih (Soejanto, 2009). Dikutip dari (Apriliyanti & Suryani, 2020) yang menyatakan bahwa hipotesis yang dilakukan pada analisa variasi hanya satu, hipotesis tersebut adalah *two tail* atau hipotesis dua arah. Hal ini mengartikan bahwa hipotesis memiliki tujuan untuk mengetahui apakah disuatu percobaan terdapat perbedaan rata-rata atau tidak. Adapun rumusan hipotesis tersebut ialah sebagai berikut.

- a. $H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots = \mu_n$, hal ini menyatakan bahwa tidak terdapat perbedaan yang nyata antara rata-rata hitung dari n kelompok.
- b. $H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \dots \neq \mu_n$, Terdapat perbedaan yang nyata antara rata-rata hitung dari n kelompok.

Terdapat uji F dalam ANOVA untuk mengetahui apakah terdapat pengaruh perlakuan dari faktor terhadap variabel terikat. Kesimpulan dari uji F adalah jika $F_{hitung} > F_{tabel}$ maka terdapat pengaruh perlakuan dari faktor yang ada terhadap

variabel terikat. Kemudian jika $F_{hitung} < F_{tabel}$ maka dinyatakan bahwa tidak terdapat pengaruh dari perlakuan terhadap variabel terikat. ANOVA memiliki model pengamatan dalam analisa yang dilakukan. Model pengamatan yang mewakili keadaan pengamatan ialah:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + Y_k + \varepsilon_{ijkm} \dots\dots\dots 2.13$$

Dimana: Y_{ijk} = Pengamatan pada faktor A perlakuan ke-i, faktor B perlakuan ke-j, faktor C perlakuan ke-k, dengan pengulangan ke-m.

μ = Rata-rata keseluruhan

α_i = Pengaruh faktor A perlakuan ke-i

β_j = Pengaruh faktor B perlakuan ke-j

Y_k = Pengaruh faktor C perlakuan ke-k

ε_{ijkm} = Komponen *error random*

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

Signal to Noise Ratio digunakan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi suatu respon. Taguchi menciptakan transformasi dari pengulangan data ke nilai lain yang merupakan ukuran variasi yang ada. Pelaksanaan eksperimen tentu diharuskan untuk menentukan variabel yang digunakan, dalam hal ini variabel tersebut adalah variabel tak bebas. Dikutip dari (Andriani, et al., 2017) percobaan dalam taguchi memiliki karakteristik kualitas yang dapat dikelompokkan berdasar dari nilai targetnya yang dijabarkan sebagai berikut:

1. *Smaller the Better (STB)*

Smaller the Better (STB), adalah karakteristik kualitas secara kontinu dan tidak negatif yang mempunyai nilai dari 0 sampai nilai *defect* yang menjadi tujuan adalah 0 atau dapat dikatakan jika nilai karakteristik terukur dengan nilai non-negatif dan targetnya adalah nilai yang sekecil - kecilnya (nol). Adapun perhitungan pada nilai STB ialah sebagai berikut:

$$S/N_{STB} = -10 \log \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right] \dots\dots\dots 2.14$$

dimana: S/N_{STB} = rasio *signal noise* untuk *smaller the better*

$$y_i = \text{data ke } i$$

$$n = \text{jumlah data}$$

2. *Nominal is the Best* (NTB)

Nominal is the Best (NTB), merupakan suatu karakteristik kualitas yang dimana dapat berupa positif ataupun negatif. NTB memiliki nilai target yang ditentukan secara spesifik. Karakteristik ini nilainya jika semakin mendekati nilai nominal tertentu yang ditetapkan maka kualitasnya dinyatakan semakin baik.

$$S/N_{NTB} = -10 \log V_s \text{ (Untuk Variansi Saja)} \dots\dots\dots 2.15$$

$$S/N_{NTB} = -10 \log \left[\frac{v_m - v_s}{v_s} \right] \text{ (Rata-rata dan variansi)} \dots\dots\dots 2.16$$

dimana: S/N_{NTB} = rasio *signal noise* untuk *nominal the better*

$$v = \text{rata - rata}$$

3. *Larger the Better* (LTB)

Larger the Better (LTB), merupakan karakteristik yang terukur dimana nilai nol negatif sebagai suatu kondisi yang dinilai ideal serta memiliki nilai target yaitu sebesar-besarnya atau tak hingga. Nilai LTB didefinisikan sebagai berikut:

$$S/N_{LTB} = -10 \log \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right] \dots\dots\dots 2.17$$

dimana: S/N_{LTB} = rasio *signal noise* untuk *larger the better*

$$y_i = \text{data ke } i$$

$$n = \text{jumlah data}$$

Adapun masing-masing dari karakteristik kualitas tersebut dijabarkan dalam tabel sebagai berikut.

Tabel 2. 6 Klasifikasi Karakteristik Kualitas

Karakteristik Kualitas	Target Capaian Mutu
<i>Smaller The Better</i>	Sekecil mungkin (nol)
<i>Nominal The Better</i>	Terpusat pada nilai atau nominal tertentu
<i>Larger The Better</i>	Tidak terbatas (~)

(Andriani, et al., 2017)

2.11. Penelitian Terdahulu

Penelitian-penelitian yang pernah dilakukan ialah terdapat pada Tabel 2.7. berikut:

Tabel 2. 7 Penelitian Terdahulu

Nama dan Tahun Publikasi	Judul	Metode	Objek Penelitian
M.T. Babaola dan A.O. Ajagunna, 2004	<i>Design and Performance Characteristics of A Palm Kernel Nuts Drier</i>	√ Design of Experiment × Taguchi	<i>Kernel</i>
Bonar Harahap dkk., 2018	Analisis Mutu Minyak Kelapa Sawit dengan Metode Taguchi	√ Design of Experiment √ Taguchi	<i>CPO</i>
Yovanny Pertiwi, 2022	Analisis Metode Desain Eksperimen Taguchi Dalam Peningkatan Kualitas <i>Broken kernel</i> Pada Produksi Kernel Z Oil Mill, PT. XYZ	√ Design of Experiment √ Taguchi	<i>Kernel</i>
(Penulis, 2022)			

