

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Ghani (2013) dalam jurnal berjudul “ *Philosophy of Taguchi Approach and Method in Design of Experiment*” mengungkapkan persaingan dunia usaha saat ini memicu produsen untuk meningkatkan desain produknya dan menurunkan ongkos produksi, akan tetapi aplikasi dari statistik teknik dan eksperimen tidak digunakan dalam industri. Kesimpulan dari jurnal tersebut menunjukkan bahwa desain eksperimen Taguchi merupakan strategi yang efektif dalam optimasi produk dan proses produksi.

Nalia (2010), dalam tugas akhirnya melakukan penelitian pada produk *split collar type* untuk menganalisis loss yang ditimbulkan sebagai akibat dari variasi produk yang dihasilkan. Metode *Quality Loss Function* dipakai untuk mencari besarnya loss yang muncul. Hasil penelitian menunjukkan semakin besar variasi karakteristik geometrik produk maka akan semakin besar juga *loss* sehingga mengurangi kualitas produk.

Wawolumaja dan Lindawati (2009), mengadakan penelitian guna menentukan *setting* parameter mesin yang paling optimal. Peneliti mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi karakteristik kualitas *polyester*, dan menggunakan metode *Taguchi* untuk mendapat hasil yang optimal. Desain percobaan menggunakan *orthogonal arrays* $L_8(2^4)$. Data hasil eksperimen diolah dan dievaluasi menggunakan uji ANOVA, dan dikonfirmasi dengan menggunakan *loss function*. Hasil akhir berupa rancangan *level* optimal untuk menghasilkan gramasi mendekati target $225 \pm 3 \text{ g/m}^2$.

Utomo (2012), melakukan penelitian pada material elektroda dan material benda kerja SKD11. Metode taguchi digunakan untuk mendapatkan faktor yang berpengaruh signifikan terhadap proses. Desain percobaan menggunakan *orthogonal arrays* $L_8(2^3)$. Data hasil percobaan diolah dan dievaluasi menggunakan uji ANOVA, dan .

Kumar (2013) dalam jurnal yang berjudul “*Optimization of process factors for controlling defects due to melt shop using Taguchi method*” bertujuan untuk mengidentifikasi faktor yang menyebabkan produk cacat, dan mendapatkan nilai optimal dari faktor untuk meminimalisir produk cacat. Eksperimen

menggunakan *orthogonal array* L18 *mixed level*. Hasil eksperimen diolah dengan menggunakan ANOVA dan *pooling-up* untuk melihat kontribusi setiap faktor

Penelitian yang dilakukan Nalia menggunakan metode *loss function* untuk mengetahui kerugian akibat variasi produk. Akan tetapi penelitian Rudy Wawolumaja dan Lindawati menggunakan metode *loss function* untuk melakukan konfirmasi terhadap eksperimen yang dilakukan. Penelitian sekarang menggunakan metode Taguchi dan ANOVA untuk mengidentifikasi pengaruh faktor parameter mesin. Penelitian saat ini lebih mirip dengan penelitian yang dilakukan oleh Kumar, yakni menganalisis data dengan ANOVA dan menggunakan strategi *pooling-up* akan tetapi objek yang diteliti berbeda. Objek yang diteliti adalah tali rafia.

Tabel 2.1. Tinjauan Pustaka

		Penelitian				
No	Deskripsi	Wawulamaja, Lindawati, 2009	Nalia, 2010	Kumar, 2013	Utomo, 2013	Darmo, 2015
1	Topik penelitian	Rekayasa Kualitas dalam Penentuan Setting Mesin dengan Menggunakan Metode Taguchi (Produk Kain Polyester)	Analisis Loss Function Pada Produk-Produk Yang Dikerjakan Dengan Menggunakan Mesinmesin Perkakas	Optimization of process factors for controlling defects due to melt shop using Taguchi method	Desain Eksperimen pada Mesin EDM SKM ZNC T50	Rekayasa Kualitas Produksi Tali Rafia Dengan Pendekatan Metode Taguchi
2	Tujuan Penelitian	<ul style="list-style-type: none"> • Mendapatkan faktor-faktor yang mempengaruhi hasil produk cacat • Mendapatkan setting parameter mesin yang terbaik 	<ul style="list-style-type: none"> • Menganalisis besarnya loss • Menganalisis penyebab terjadinya variasi • Memberikan solusi guna meminimalkan loss yang ada 	<ul style="list-style-type: none"> • Mendapatkan setting kombinasi parameter untuk mengatasi masalah optimasi multirespon 	<ul style="list-style-type: none"> • Mendapatkan faktor-faktor yang berpengaruh signifikan terhadap proses, mendapatkan nilai optimal faktor untuk meminimalkan cacat 	<ul style="list-style-type: none"> • Mengetahui faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kualitas karakteristik • Mengoptimasi produksi dan merancang proses untuk mengatasi faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas berat spesifik tali rafia • Mengetahui hubungan antara parameter faktor-faktor terhadap kualitas berat spesifik tali rafia
3	Metode penelitian	Metode Taguchi	Metode Taguchi	Metode Taguchi	Metode Taguchi	Metode Taguchi
4	Desain Percobaan	Orthogonal Arrays	-	Orthogonal Arrays	Orthogonal Arrays	Orthogonal Arrays

		Penelitian				
No	Deskripsi	Wawulamaja, Lindawati, 2009	Nalia, 2010	Kumar ,2013	Utomo, 2013	Darmono, 2015
5	Metode Analisis	ANOVA	Quality Loss Function	ANOVA Pooling up Regresi Linear	ANOVA	ANOVA Pooling up Regresi Linear
6	Output	<ul style="list-style-type: none"> • Mendapat rancangan setting mesin yang terbaik 	<ul style="list-style-type: none"> • Mendapatkan nilai loss akibat variasi produk • Mengidentifikasi penyebab loss 	<ul style="list-style-type: none"> • Mendapat rancangan optimal parameter • Meminimalkan produk cacat 	<ul style="list-style-type: none"> • Mendapat rancangan setting mesin yang terbaik 	<ul style="list-style-type: none"> • Mendapat rancangan setting mesin yang terbaik • Mendapat model regresi faktor mempengaruhi kualitas

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Definisi Kualitas

Kualitas memiliki banyak sekali definisi yang berbeda-beda yang disebabkan oleh karena pengertian kualitas dapat diterapkan diberbagai dimensi kehidupan. Definisi secara konvensional, kualitas menggambarkan karakteristik langsung dari suatu produk seperti performansi, keandalan, mudah dalam penggunaan, estetika, dan sebagainya. Sedangkan secara strategik, menyatakan bahwa kualitas adalah segala sesuatu yang mampu memenuhi keinginan atau kebutuhan pelanggan. Selain itu, pengertian kualitas tersebut juga muncul menurut beberapa ahli yaitu :

- a. *Juran* (1962) : 'kualitas adalah kesesuaian dengan tujuan dan manfaatnya'
- b. *Crosby* (1979) : 'kualitas adalah kesesuaian dengan kebutuhan yang meliputi *availability, reliability, maintainability, dan cost affectiveness*'.
- c. *Deming* (1982) : 'kualitas harus bertujuan memenuhi kebutuhan pelanggan sekarang dan di masa yang akan datang'.
- d. *Feigenbaum* (1991) : 'kualitas adalah keseluruhan karakteristik produk dan jasa yang meliputi *marketing, engineering, manufacture, dan maintenance*, dalam mana produk dan jasa tersebut dalam pemakaiannya akan sesuai dengan kebutuhan dan harapan pelanggan'.

2.2.2. Metode Taguchi

Metode Taguchi merupakan suatu pendekatan terstruktur untuk menentukan kombinasi terbaik dalam menghasilkan produk berupa barang atau jasa. Metode Taguchi ilmuwan Jepang mengembangkan suatu metodologi dengan pendekatan yang berdasarkan pada DoE (*Design Of Experiments*). Suatu metode untuk mengidentifikasi menurut banyaknya masukan (*input*) yang benar dan parameter untuk membuat suatu produk atau layanan berkualitas tinggi yang didambakan oleh pelanggan atau konsumen. Genichi Taguchi megembangkan suatu pendekatan desain dari perspektif desain yang sempurna (*robust*), dimana produk (barang atau jasa) harus dirancang bebas dari cacat (*defect*) dan berkualitas tinggi. Genichi Taguchi memiliki ide mengenai *quality engineering* dimana tujuan desain kualitas diterapkan ke dalam setiap produk dan proses yang berhubungan. Kualitas diukur

berdasarkan deviasi dari karakteristik terhadap nilai targetnya (Mitra,1998). Taguchi memiliki pandangan bahwa kualitas berhubungan dengan biaya dan kerugian dalam unit moneter. Kerugian yang diderita mencakup pada proses produksinya dan kerugian yang diderita konsumen. Definisi kualitas menurut Taguchi adalah *“The quality of product is the (minimum) loss imparted by the product to society from the time the product is shipped”*, yang berarti bahwa kualitas suatu produk adalah kerugian minimum yang diberikan oleh suatu produk kepada masyarakat atau konsumen sejak mulai produk tersebut siap untuk dikirim kepada konsumen. Dari definisi tersebut maka terdapat sudut pandang yang baru, dimana suatu kualitas tidak hanya pada proses produksi saja tetapi juga dikaitkan dengan kerugian kepada masyarakat (produsen dan konsumen). Tujuan dari fungsi taguchi (*loss function*) adalah untuk mengevaluasi kerugian kualitas secara kuantitatif yang disebabkan adanya variasi (Belavendram,1995).

Aktivitas *quality control* (QC) terbagi menjadi dua, yaitu (Belavendram,1995):

2.2.2.1. Off-line QC

Off-Line QC merupakan aktivitas pengendalian kualitas di dalam proses dan pembuatan desain produk sebelum diproses manufaktur. Pada dasarnya merupakan tindakan pencegahan supaya proses manufaktur yang akan berjalan menghasilkan produk cacat yang minimum. Pengendalian kualitasnya dilakukan sebelum proses produksi berlangsung. Aktivitas *off-line QC* sangat mendukung dalam aktivitas *on-line QC* karena dapat mengoptimalkan desain produk dan proses. Tiga tahap pada desain proses tersebut adalah:

a. System Design

System design merupakan tahap awal berkaitan dengan pengembangan teknologi. Pada tahap ini dibutuhkan pengetahuan teknis yang luas untuk menilai dalam pengembangan produk atau proses.

b. Parameter Design

Parameter design merupakan tahap kedua dimana berkaitan dengan penekanan biaya dan peningkatan kualitas dengan menggunakan metode perancangan eksperimen yang efektif. Pada tahap ini akan ditentukan nilai-nilai parameter yang kurang sensitif terhadap *noise* lalu akan dicari kombinasi *level* parameter yang nantinya dapat menggunakan *noise*.

c. *Tolerance Design*

Tolerance design adalah tahap dimana akan dilakukan pengendalian faktor-faktor yang mempengaruhi nilai target dengan menggunakan komponen yang bermutu tinggi dan biaya yang tinggi.

2.2.2.2. On-Line QC

On-line QC adalah aktivitas pengendalian kualitas pada saat proses manufaktur. Pada aktivitas *on-line QC* biasanya digunakan *Statistical Process Control* (SPC) dimana tindakan perbaikan akan dilakukan apabila pada saat produksi dihasilkan produk cacat yang tidak memenuhi spesifikasi. Pada dasarnya *on-line QC* merupakan tindakan pengendalian kualitas yang setelah proses produksi berlangsung.

2.2.3. Karakteristik Kualitas Menurut Taguchi

Karakteristik kualitas (*variable respons*) adalah suatu ketentuan obyek yang diharapkan dari suatu produk atau proses. Secara umum setiap karakteristik kualitas memiliki suatu target. Ada tiga karakteristik kualitas yang dikelompokkan berdasarkan nilai targetnya, yaitu (Belavendram, 1995):

a. *Nominal the better*

Karakteristik *Nominal the better* adalah pengukuran karakteristik dengan nilai target yang spesifik yang ditentukan oleh pengguna (*user-defined*).

b. *Smaller Is Better*

Karakteristik *Smaller Is Better* adalah pengukuran karakteristik yang *non-negative* dimana target idealnya adalah nol.

c. *Larger Is Better*

Karakteristik *Larger Is Better* adalah pengukuran karakteristik yang *non-negative* dimana target idealnya adalah tak terbatas.

2.2.4. Quality Loss Function

Quality Loss Function (QLF) atau fungsi kerugian menurut Taguchi bertujuan untuk mengevaluasi kerugian kualitas secara kuantitatif yang disebabkan adanya variasi yang ditanggung oleh produsen dan konsumen. Perhitungan kerugian dengan menggunakan Rumus Quality Loss Function akan memberikan hasil dalam bentuk satuan mata uang. Menurut Belavendram (1995), ada 3 tipe target yang perlu dicapai guna mendapatkan kualitas yang baik.

a. Quality Loss Function untuk Nominal the better

Nominal the better dapat diartikan sebagai suatu cara yang digunakan untuk mengupayakan agar produk yang dihasilkan sesuai dengan keinginan konsumen. Dalam hal ini ukuran atau spesifikasi produk merupakan hal yang terpenting. Persamaan Taguchi untuk mengetahui kerugian yang ditimbulkan produk (loss function):

Untuk 1 unit produk

$$L(y) = k (y - m)^2 \quad (2.1)$$

$$k = \frac{A_0}{\Delta^2} \quad (2.2)$$

Untuk lebih dari 1 unit produk

$$L(y) = k \left[\sigma^2 + (y - m)^2 \right] \quad (2.3)$$

$$\sigma^2 = \frac{\sum (y_i - \bar{y})^2}{n} \quad (2.4)$$

Dimana,

y = karakteristik kualitas produk jadi

L(y) = loss dalam satuan mata uang ketika karakteristik produk sama dengan y

m = karakteristik kualitas yang menjadi target y sesungguhnya

k = konstanta kerugian

A0 = biaya penggantian atau perbaikan produk

$\Delta 2$ = selisih atau besarnya toleransi yang diberikan untuk suatu karakteristik produk

σ = standard deviasi

Quality Loss Function untuk *Nominal the better* pada umumnya digunakan pada perhitungan dengan nilai yang sudah memiliki target tertentu, seperti ukuran dimensi yang sudah tetap pada suatu produk, ukuran voltase listrik yang tepat untuk alat-alat elektronik, takaran suatu resep, dll.

b. *Quality Loss Function* untuk *Smaller Is Better*

Smaller Is Better merupakan suatu istilah yang menyatakan bahwa semakin kecil target value yang dicapai maka, akan semakin baik kualitas suatu produk karena semakin kecil target value semakin baik maka nilai $m = 0$. Persamaan *Taguchi* untuk mengetahui kerugian yang ditimbulkan produk (*loss function*):

Untuk 1 unit produk

$$L(y) = k \cdot y^2 \quad (2.5)$$

Untuk lebih dari satu produk

$$L(y) = k (\sigma^2 + y^2) \quad (2.6)$$

Dimana,

y = karakteristik kualitas produk jadi

$L(y)$ = *loss* dalam satuan mata uang ketika karakteristik produk sama dengan y

m = karakteristik kualitas yang menjadi target y sesungguhnya

k = konstanta kerugian

A_0 = biaya penggantian atau perbaikan produk

$\Delta 2$ = selisih atau besarnya toleransi yang diberikan untuk suatu karakteristik produk

σ = standard deviasi

Quality Loss Function untuk *Smaller Is Better* pada umumnya digunakan pada perhitungan dengan nilai yang sebisa mungkin diminimalkan, seperti tingkat kebisingan, polusi, jumlah cacat, dll.

c. *Quality Loss Function* untuk *Larger Is Better*

Larger is Better merupakan suatu istilah yang menyatakan bahwa semakin besar target value yang dicapai maka, akan semakin baik kualitas suatu produk karena semakin besar target value semakin baik maka nilai $m = \infty$. Perhitungan *Larger Is Better* didapat dengan meng-*inverse* rumus perhitungan *Smaller Is Better* karena *Larger is Better* merupakan keterbalikan dari *Smaller Is Better*. Persamaan *Taguchi* untuk mengetahui kerugian yang ditimbulkan produk (*loss function*):

Untuk 1 unit produk

$$L(y) = k \frac{1}{y^2} \quad (2.7)$$

$$k = A_0 \cdot \Delta^2 \quad (2.8)$$

Untuk lebih dari 1 produk

$$L(y) = k [MSD]$$

$$L(y) = \frac{k}{\mu^2} \left[1 + \frac{3\sigma^2}{\mu^2} \right] \quad (2.9)$$

Quality Loss Function untuk *Larger Is Better* pada umumnya digunakan pada perhitungan dengan nilai yang sebisa mungkin dimaksimalkan, seperti laba, efisiensi, kekuatan material, dll.

2.2.5. Klasifikasi Parameter

Faktor-faktor yang mempengaruhi karakteristik kualitas dapat dibagi menjadi 4, yaitu:

a. Faktor *Noise*

Parameter yang menyebabkan penyimpangan kualitas dari target disebut faktor *noise*. Faktor *noise* dapat tidak terkontrol, dan terkendali dalam karakteristik kualitas. Faktor tersebut biasanya sulit, mahal dan jarang untuk dikendalikan, akantetapi untuk proses eksperimen, faktor *noise* tetap dikendalikan dalam skala yang kecil

b. Faktor *control*

Parameter tersebut dikendalikan melalui ahli teknik. Faktor *control* bisa terdapat lebih dari satu nilai, biasa disebut dengan *level*.

c. Faktor *Signal*

Ini adalah faktor yang dapat mengubah nilai dari kualitas yang diukur. Nilai signal faktor yang tidak berubah dalam desain eksperimen disebut *static characteristic*, sedangkan nilai yang berubah disebut *dynamic characteristic*.

d. Faktor *Scaling*

Faktor *scaling* ini digunakan untuk mengubah *mean level* karakteristik kualitas untuk mencapai hubungan fungsional yang diperlukan antara faktor signal dengan karakteristik kualitas.

2.2.6. S/N Ratio

Taguchi memperkenalkan pendekatan guna meneliti pengaruh faktor *noise* terhadap variasi yang timbul. Tujuan utama perancangan parameter adalah menghasilkan kombinasi faktor-faktor kontrol yang tahan terhadap faktor *noise*, dalam artian tidak menimbulkan variabilitas yang besar.

Ditinjau dari karakteristik kualitas yang diinginkan, *SN Ratio* dapat dibagi menjadi tiga jenis, yaitu :

a. *SN Ratio Nominal The Better*

Nilai yang dituju adalah nilai nominal tertentu yang didekati dari dua arah. Semakin mendekati nilai nominal kualitasnya semakin baik. Fungsi ini formulasinya sebagai berikut.

$$\eta = 10 \log_{10} \left[\frac{\mu^2}{\sigma^2} \right] \quad (2.10)$$

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \quad (2.11)$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum (y_i - \mu)^2 \quad (2.12)$$

b. *SN Ratio Smaller The Better*

Nilai yang dituju adalah suatu nilai yang mengecil. Semakin kecil nilainya, maka semakin baik kualitasnya. Fungsi ini formulasinya sebagai berikut.

$$\eta = -10 \log_{10} \left[\sigma^2 + \bar{y}^2 \right] \quad (2.13)$$

c. *SN Ratio Smaller The Better*

Nilai yang dituju adalah suatu nilai yang membesar. Semakin besar nilainya, maka semakin baik kualitasnya. Fungsi ini formulasinya sebagai berikut.

$$\eta = -10 \log_{10} \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right] \quad (2.14)$$

2.2.7. *Orthogonal Array* dan Matrik Eksperimen

Matrik eksperimen adalah matrik yang memuat sekelompok eksperimen dimana faktor dan *level* dapat ditukar sesama matrik. Melakukan eksperimen dengan menggunakan bentuk matrik khusus (*orthogonal array*) bertujuan agar dapat dilakukan pengujian terhadap pengaruh beberapa parameter secara efisien dan merupakan teknik penting dalam perancangan kokoh (*robust design*).

Orthogonal array adalah suatu matrik yang elemen-elemennya disusun menurut baris dan kolom. Kolom merupakan faktor atau kondisi yang dapat diubah dalam eksperimen. Baris merupakan keadaan dari faktor. *Array* disebut *orthogonal* karena *level-level* dari faktor berimbang dan dapat dipisahkan dari pengaruh faktor yang lain dalam eksperimen. Jadi *orthogonal array* adalah matrik seimbang dari faktor dan *level*, sedemikian sehingga pengaruh suatu faktor atau *level* tidak baur (*counfounded*) dengan pengaruh faktor atau *level* yang lain.

Sebuah *orthogonal array* biasanya dilambangkan seperti pada gambar dibawah ini dan informasi yang bisa diperoleh dari *orthogonal array* sebagai berikut:

$$L_8(2^7)$$

Uraian untuk notasi diatas adalah:

1. Notasi L, merupakan informasi yang ber.dasarkan pada penyusunan faktor *latin square*. Penyusunan latin square adalah penyusunan *square* matriks dengan pemisahan faktor-faktor yang berpengaruh. Sehingga notasi L menggambarkan informasi *orthogonal array*.
2. Jumlah baris, merupakan jumlah eksperimen yang dibutuhkan pada saat menggunakan *orthogonal array*.
3. Jumlah kolom, merupakan jumlah faktor yang dapat dipelajari dalam *orthogonal array* yang dipilih.
4. Jumlah *level*, merupakan jumlah *level* dari faktor faktor yang digunakan dalam eksperimen.

Orthogonal array $L_8(2^7)$ diartikan sebagai *orthogonal array* yang mempunyai 7 faktor dengan 2 *level* dan eksperimen dilakukan 8 kali. Bentuk standar *orthogonal array* dari Taguchi dijelaskan pada tabel 3.1. dibawah ini.

Tabel 2.2. Orthogonal Array Standard dari Taguchi

2 level	3 level	4 level	5 level	Level Gabungan
$L_4(2^3)$	$L_9(3^4)$	$L_{16}(4^5)$	$L_{23}(5^6)$	$L_{18}(2^1 \times 3^7)$
$L_8(2^7)$	$L_{27}(3^{13})$	$L_{64}(4^{21})$	-	$L_{32}(2^1 \times 4^9)$
$L_{12}(2^{11})$	$L_{81}(3^{40})$	-	-	$L_{36}(2^{11} \times 3^{12})$
$L_{16}(2^{15})$	-	-	-	$L_{36}(2^3 \times 3^{13})$
$L_{32}(2^{31})$	-	-	-	$L_{54}(2^1 \times 3^{25})$

2.2.8. Analisis Variansi

Analisis variansi merupakan suatu metode pengambilan keputusan berdasarkan informasi statistik untuk mengetahui perbedaan hasil dari suatu perlakuan. Analisis variansi membagi variansi menjadi sumber-sumber variansi dengan mempertimbangkan derajat kebebasan sumber-sumber variansi tersebut dalam eksperimen. Sehingga tujuan perhitungan analisis variansi pada metode perancangan Taguchi adalah untuk mencari faktor-faktor yang mempengaruhi performansi nilai respon. Data-data yang diambil, baik data kondisi sebenarnya maupun data hasil eksperimen dalam *robust design* dapat dibedakan menjadi tiga tipe yaitu:

1. Variabel, yaitu data yang dapat dipertanggungjawabkan selama pengukuran dalam skala yang kontinu.
2. Atribut, yaitu data dari eksperimen yang mempunyai karakteristik yang bukan kontinu tetapi dapat diklasifikasikan dalam skala diskret.
3. Digital, yaitu suatu data yang memiliki nilai 0 atau 1.

Dalam perhitungan analisis variansi metode Taguchi langkah-langkah pengerjaannya adalah sebagai berikut:

Langkah 1: menghitung rata-rata respon setiap eksperimen dengan rumus sebagai berikut:

$$\bar{Y} = \frac{\sum X}{n} \quad (2.15)$$

Langkah 2: menghitung rata-rata total seluruh eksperimen dengan rumus sebagai berikut:

$$\bar{Y} = \frac{\sum y}{n} \quad (2.16)$$

Langkah 3: membuat tabel respon, perbedaan dapat diketahui dengan cara melakukan pengurangan nilai tertinggi dengan nilai terendah dari tiap-tiap *level* kemudian dirangking dari nilai tertinggi sampai nilai terendah kemudian dimasukkan dalam tabel respon seperti tabel 2.3.

Tabel 2.3. Respon Faktor

	Faktor A	Faktor B	...	Faktor X
Level 1
Level 2
...				
Level Y
Selisih
Peringkat

Langkah 4: menghitung *the total sum of squares* dengan rumus sebagai berikut:

$$ST = \sum y^2 \quad (2.17)$$

Langkah 5: menghitung *the sum of squares due to the mean* dengan rumus sebagai berikut:

$$SM = n\bar{y}^2 \quad (2.18)$$

Langkah 6: menghitung *the sum of squares due to the factors* dengan rumus sebagai berikut:

$$S_i = (ni_1 \times \bar{i}_1^2 + ni_2 \times \bar{i}_2^2 + \dots + nij \times \bar{i}_j^2) - SM \quad (2.19)$$

Langkah 7: menghitung *the sum of squares due to the error* dengan rumus sebagai berikut:

$$S_e = ST - SM - (S_A + S_B + \dots + S_i) \quad (2.20)$$

Langkah 8: menghitung *the mean sum of squares* dengan rumus sebagai berikut:

$$MS_i = \frac{S_i}{v_i} \quad (2.21)$$

Langkah 9: menghitung *F-ratio* dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$F_i = \frac{MS_i}{S_e} \quad (2.22)$$

Langkah 10: menghitung *pure sum of squares* dengan rumus sebagai berikut:

$$S'_i = S_i - (v_i \times V_e) \quad (2.23)$$

Langkah 11: menghitung *percent contribution* dengan rumus sebagai berikut:

$$\rho_i = \frac{S'_i}{S_t} \times 100\% \quad (2.24)$$

Langkah 12: membuat tabel analisa variansi hasil perhitungan

Keterangan:

- ST = *Total Sum of Squares*
- SM = *sum of square due to the mean*
- S_i = *Sum of Square due to the factors*
- S_e = *sum of square due to error*
- S'_i = *pure sum of square*
- ρ_i = *persen kontribusi*

2.2.9. Selang Kepercayaan (Confidence Interval)

Setelah eksperimen dilakukan, adalah penting untuk menghitung rata-rata proses pada kondisi yang diramalkan. Prediksi ini biasanya merupakan estimasi titik. Untuk memperbaiki kondisi, maka perlu untuk mengetahui 95 % (*level* kepercayaan) dari hasil eksperimen konfirmasi dengan \pm x (*interval* kepercayaan) dari rata-rata yang diramalkan. Salah satu kegunaan perhitungan interval kepercayaan yaitu untuk eksperimen konfirmasi.

Dalam perancangan kualitas suatu produk interval kepercayaan dibagi menjadi tiga macam ketentuan yaitu:

1. Interval kepercayaan untuk *level* faktor, untuk menghitung interval kepercayaan dari masing-masing faktor *level* digunakan rumus:

$$CI = \sqrt{F_{\alpha, v_1, v_2} \times V_{ex} \left[\frac{l}{n} \right]} \quad (2.25)$$

dengan;

F_{α, v_1, v_2} =Tabel F rasio

α =resiko. *Level* kepercayaan = 1 – resiko

v₁ =derajat bebas untuk rata-rata dan nilainya selalu 1 untk interval kepercayaan

v_2 =derajat bebas untuk *pooled error variance*

V_e =variansi kesalahan gabungan (*pooled error variance*)

n =jumlah pengamatan

Sehingga interval kepercayaan untuk masing-masing *level* faktor dapat dihitung dengan rumus:

$$\bar{X}\bar{Y} - CI \leq \mu_{\bar{X}\bar{Y}} \leq \bar{X}\bar{Y} + CI \quad (2.26)$$

dengan;

X =faktor ke-x

Y =level ke-y

2. Interval kepercayaan untuk prediksi, sehingga menghitung interval kepercayaan untuk prediksi. Sebagai contoh, apabila dalam suatu eksperimen terdapat tujuh faktor (A, B, C, D, E, F, G) dan faktor B, D, F merupakan faktor yang penting, pada saat kita ingin meminimasi variansi. Faktor *level* D_1 , B_1 , dan F_2 digunakan untuk menghitung *the predicted process mean* maka rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\mu_{predicted} = \bar{y} + (D1 - \bar{y}) + (B1 - \bar{y}) + (F2 - \bar{y}) \quad (2.27)$$

Menghitung interval kepercayaan perkiraan dapat terhitung dengan rumus sebagai berikut:

$$CI = \sqrt{F_{\alpha, v_1, v_2} \times V_{ex} \left[\frac{l}{neff} \right]} \quad (2.28)$$

$$neff = \frac{\text{Total number of experiment}}{\text{Sum of degrees of freedom used in estimate of mean}}$$

Sehingga interval kepercayaan yang diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

$$\mu_{predicted} - CI \leq \mu_{predicted} \leq \mu_{predicted} + CI \quad (2.29)$$

3. Interval Kepercayaan untuk konfirmasi, dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$CI = \sqrt{F_{\alpha, v_1, v_2} \times V_{ex} \left[\frac{l}{neff} + \frac{1}{r} \right]} \quad (2.30)$$

dengan;

F_{α, v_1, v_2} =Tabel F rasio

α =resiko. *Level* kepercayaan = 1 – resiko

v_1 =derajat bebas untuk rata-rata dan nilainya selalu 1 untk interval kepercayaan

v_2 =derajat bebas untuk *pooled error variance*

V_e =variansi kesalahan gabungan (*pooled error variance*)

n =jumlah pengamatan

r =jumlah pengulangan atau replikasi ($r \neq 0$)

Sehingga interval kepercayaan yang diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

$$\mu_{predicted} - CI \leq \mu_{predicted} \leq \mu_{predicted} + CI$$

2.2.11. Regresi Linear

Pengertian regresi secara umum adalah sebuah alat statistik yang memberikan penjelasan tentang pola hubungan (model) antara dua variabel atau lebih.

Dalam analisis regresi dikenal 2 jenis variabel yaitu:

1. Variabel Respon disebut juga variabel dependen yaitu variabel yang keberadaannya dipengaruhi oleh variabel lainnya dan dinotasikan dengan variabel .

2. Variabel Prediktor disebut juga dengan variabel independen yaitu variabel yang bebas (tidak dipengaruhi oleh variabel lainnya) dan dinotasikan dengan

Untuk mempelajari hubungan – hubungan antara variabel bebas maka regresi linier terdiri dari dua bentuk, yaitu:

1. Analisis regresi sederhana.

2. Analisis regresi berganda.

Analisis regresi sederhana merupakan hubungan antara dua variabel yaitu variabel bebas (variabel independen) dan variabel tak bebas (variabel dependen).

Sedangkan analisis regresi berganda merupakan hubungan antara 3 variabel atau lebih, yaitu sekurang-kurangnya dua variabel bebas dengan satu variabel tak bebas.

Tujuan utama regresi adalah untuk membuat perkiraan nilai suatu variabel (variabel dependen) jika nilai variabel yang lain yang berhubungan dengannya (variabel lainnya) sudah ditentukan.

2.2.11.1. Regresi linear berganda

Regresi linier berganda adalah analisis regresi yang menjelaskan hubungan antara peubah respon (variabel dependen) dengan faktor-faktor yang mempengaruhi lebih dari satu prediktor (variabel independen).

Regresi linier berganda hampir sama dengan regresi linier sederhana, hanya saja pada regresi linier berganda variabel bebasnya lebih dari satu variabel penduga. Tujuan analisis regresi linier berganda adalah untuk mengukur intensitas hubungan antara dua variabel atau lebih dan membuat prediksi perkiraan nilai atas

Secara umum model regresi linier berganda untuk populasi adalah sebagai berikut:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \dots + \beta_n X_n + \varepsilon \quad (2.31)$$

Dimana $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$ adalah koefisien atau parameter model.

Model regresi linier berganda untuk populasi diatas dapat ditaksir berdasarkan sebuah sampel acak yang berukuran n dengan model regresi linier berganda untuk sampel, yaitu:

$$\hat{Y} = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2 + a_3 X_3 + \dots + a_n X_n \quad (2.32)$$

dengan;

\hat{y} = nilai taksiran bagi variabel Y

a_0 = taksiran bagi parameter konstanta

a_1, a_2, a_3 = taksiran bagi koefisien regresi a_1, a_2, a_3

Data akan diolah dan ditunjukkan pada tabel dibawah:

Tabel 2.4. Bentuk Umum Data obeservasi

Eksperimen Ke-	Responden (Y _i)	Variabel Bebas			
		X _{1i}	X _{2i}	...	X _{ki}
1	Y ₁	X ₁₃	X ₂₁	...	X _{k1}
2	Y ₂	X ₁₂	X ₂₂	...	X _{k2}
.

· N	· Y _n	· X _{1n}	· X _{2n}
\sum^n	$\sum Y_i$	$\sum X_{1i}$	$\sum X_{2i}$...	$\sum X_{ki}$

2.2.11.2. Membentuk Persamaan Regresi Linear berganda

Dalam regresi linier berganda variabel tak bebas tergantung kepada dua atau lebih variabel bebas. Bentuk persamaan regresi linier berganda yang mencakup dua atau lebih variabel dapat ditulis sebagai berikut:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \dots + \beta_n X_n + \varepsilon_i \quad (2.33)$$

dengan;

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

n = ukuran sampel

ε_i = ukuran kesalahan (galat)

Rumus diatas dapat diselesaikan dengan empat persamaan oleh empat variable yang terbentuk:

$$\sum Y_i = n\beta_0 + \sum \beta_1 X_{1i} + \sum \beta_2 X_{2i} + \sum \beta_3 X_{3i} \quad (2.34)$$

$$\sum X_{1i} Y_i = \beta_0 \sum X_{1i} + \beta_1 \sum (X_{1i})^2 + \beta_2 \sum X_{2i} + \beta_3 \sum X_{3i} \quad (2.35)$$

$$\sum X_{2i} Y_i = \beta_0 \sum X_{1i} + \beta_1 \sum X_{1i} + \beta_2 \sum (X_{2i})^2 + \beta_3 \sum X_{3i} \quad (2.36)$$

$$\sum X_{3i} Y_i = \beta_0 \sum X_{1i} + \beta_1 \sum X_{1i} + \beta_2 \sum X_{2i} + \beta_3 \sum (X_{3i})^2 \quad (2.37)$$

Dengan $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$ adalah koefisien yang ditentukan berdasarkan data hasil pengamatan.