

BAB V

HASIL PENELITIAN

5.1. Hasil Penelitian

Data dibawah ini adalah hasil eksperimen mengenai putus benang lusi dan produksi pertenenan dengan menggunakan metode *Taguchi*.

Tabel 5.1. Data rata-rata jumlah putus benang lusi (helai per *shift*)

<i>Trial</i>	1	2	3	4	Replikasi			Jumlah	Rerata
	A	B	C	D	I	II	III		
1	1	1	1	1	3,0	2,6	3,0	8,6	2,8
2	1	2	2	2	2,0	3,0	2,0	7,0	2,3
3	1	3	3	3	3,0	2,8	3,0	8,8	2,9
4	2	1	2	3	3,6	2,6	2,0	8,2	2,7
5	2	2	3	1	2,6	2,0	5,0	9,6	3,2
6	2	3	1	2	4,0	3,6	2,0	9,6	3,2
7	3	1	3	2	3,6	4,0	2,8	10,4	3,4
8	3	2	1	3	5,0	3,6	4,0	12,6	4,2
9	3	3	2	1	3,6	4,0	5,0	12,6	4,2
					30,4	28,2	28,8	87,4	3,2

Tabel 5.2. Data jumlah produksi pertenenan (m per *shift*)

<i>Trial</i>	1	2	3	4	Replikasi			Jumlah	Rerata
	A	B	C	D	I	II	III		
1	1	1	1	1	22,2	22,7	22,1	67,0	22,3
2	1	2	2	2	21,5	19,6	21,6	62,7	20,9
3	1	3	3	3	19,5	20,6	20,4	60,5	20,1
4	2	1	2	3	19,2	19,3	20,6	59,1	19,7
5	2	2	3	1	19,7	19,9	18,2	57,8	19,2
6	2	3	1	2	19,0	18,0	17,0	54,0	18,0
7	3	1	3	2	18,6	18,4	18,0	55,0	18,3
8	3	2	1	3	16,9	19,0	16,8	52,7	17,5
9	3	3	2	1	16,7	17,5	18,8	53,0	17,6
Jumlah					173,3	175	173,5	521,8	173,9
								Rerata	19,3259

5.2. Pengolahan Data

Dari data putus benang lusi dan produksi pertenunan : berdasarkan tabel 5.1 dan 5.2, maka diperoleh perhitungan sebagai berikut :

5.2.1. Uji Normalitas Data

Uji normalitas dilakukan untuk mengetahui apakah data-data yang digunakan normal atau tidak normal.

5.2.1.1 Uji Normalitas Data jumlah Putus Benang Lusi

Langkah-langkah uji normalitas data sebagai berikut :

1. Menentukan *Hipotesis*

H_0 : data hasil eksperimen putus benang lusi berdistribusi normal

H_1 : data hasil eksperimen putus benang lusi tidak berdistribusi normal.

Membuat daftar distribusi *frekuensi* dengan langkah-langkah sebagai berikut :

- Menentukan rentang (R), dengan rumus :

$$\begin{aligned} R &= \text{data tertinggi} - \text{data terendah} \\ &= 5 - 2 = 3 \end{aligned}$$

- Menentukan jumlah kelas *interval* dengan aturan *sturges*, yaitu

$$\begin{aligned} k &= 1 + 3,32 \log n = 1 + 3,32 \log 27 \\ &= 1 + 4,75 = 5,75 \sim 6 \end{aligned}$$

Menentukan panjang kelas *interval* p, dengan rumus

$$p = \frac{R}{k} = \frac{3}{6} = 0,5$$

- Menyusun tabel distribusi frekuensi

Tabel 5.3. Daftar distribusi frekuensi putus benang lusi

No.	Klas interval	Frekw (O _i)	Frekw kum
1	2,0 - 2,5	5	5
2	2,5 - 3,0	5	10
3	3,0 - 3,5	5	15
4	3,5 - 4,0	5	18
5	4,0 - 4,5	4	22
6	4,5 - 5,0	3	27
	Jumlah	27	

2. Perhitungan nilai rerata ($\bar{X}$) dan simpangan baku (σ)

$$\bar{X} = \frac{\sum O_i X_i}{\sum O_i}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{n \sum O_i X_i^2 - (\sum O_i X_i)^2}{n(n-1)}}$$

Tabel 5.4. Data frekuensi putus benang lusi

No.	Klas interval	Frkw obs (O _i)	Center point X _i	X _i ²	O _i *X _i	O _i *X _i ²
1	2,0 - 2,5	5	2,25	5,0625	11,2500	25,3125
2	2,5 - 3,0	5	2,75	7,5625	13,7500	37,8125
3	3,0 - 3,5	5	3,25	10,5625	16,2500	52,8125
4	3,5 - 4,0	5	3,75	14,0625	18,7500	70,3125
5	4,0 - 4,5	4	4,25	18,0625	17,0000	72,2500
6	4,5 - 5,0	3	4,75	22,5625	14,2500	67,6875
	Jumlah	27			91,2500	326,1875

Untuk putus benang lusi :

$$\bar{X} = \frac{\sum O_i X_i}{\sum O_i}$$

$$\bar{X} = \frac{91,25}{27} = 3,3790$$

$$\begin{aligned}\sigma &= \sqrt{\frac{n \sum O_i X_i^2 - (\sum O_i X_i)^2}{n(n-1)}} \\ &= \sqrt{\frac{27 (326,1875) - (91,25)^2}{27(27-1)}} = 0,8273\end{aligned}$$

3. Menentukan frekuensi harapan

$$Z_1 = \frac{X_1 - \bar{X}}{\sigma}$$

Contoh perhitungan kelas satu

Penentu nilai Z untuk kelas kedua dengan batas bawah $X_{\text{bawah}} = 2$

dan batas atas $X_{\text{atas}} = 2,5$ maka nilai Z di dapat :

$$Z_{\text{bawah}} = \frac{2 - 3,3796}{0,8273} = - 1,6676$$

$$Z_{\text{atas}} = \frac{2,5 - 3,3796}{0,8273} = - 1,0633$$

Setelah itu dicari nilai peluang yang didasarkan pada peluang distribusi normal standar $P(Z)$. penentuan nilai peluang Z, untuk batas kelas bawah pada kelas kesatu adalah P putus benang ($Z = - 1,6676$) dari tabel Z yaitu = 0,95254 , maka nilai $Z_{\text{bawah}} = 1 - 0,95254 = 0,0475$ sedangkan perhitungan luas kelas *interval* untuk kelas kesatu didapat dari :

$$Z_{\text{bawah}} = - 1,6676$$

$$Z_{\text{atas}} = - 1,0633$$

Luas *interval* kelas putus benang = $P(-1,6676 < Z < -1,0633)$

$$= P(Z < -1,0633) - P(Z > -1,6676)$$

Jika perhitungan Z_i nilainya *negative* yang diperoleh dari tabel Z, yang hasil nilai tabel tersebut untuk mengurangi angka satu, namun jika nilainya Z_i *positive* yang nilai Z_i diperoleh dari tabel Z tidak perlu untuk mengurangi angka satu.

$$= (1 - 0,85543) - (1 - 0,95254)$$

$$= 0,1446 - 0,0475 = 0,0971$$

Untuk menghitung nilai e_i yaitu hasil perhitungan kelas kali jumlah data. Maka untuk kelas kesatu frekuensi harapan didapat dari perhitungan :

$$e_i = 0,0971 \times 27 = 2,6220$$

Data perhitungan selengkapnya ada pada Tabel 5.5 berikut ini :

Tabel 5.5. Daftar penolong uji normalitas putus benang lusi

No	Klas interval	Frkw (O _i)	Z bawah Z _b	Z atas Z _a	P(> Z _b) P _b	P(<Z _a) P _a	Pa-Pb	e _i (F hrp)
1	2,0 - 2,5	5	-1,6676	-1,0633	0,0475	0,1446	0,0971	2,6220
2	2,5 - 3,0	5	-1,0633	-0,4589	0,1446	0,3228	0,1782	4,8103
3	3,0 - 3,5	5	-0,4589	0,1455	0,3228	0,5596	0,2368	6,3941
4	3,5 - 4,0	5	0,1455	0,7499	0,5596	0,7734	0,2138	5,7713
5	4,0 - 4,5	4	0,7499	1,3542	0,7734	0,9115	0,1381	3,7292
6	4,5 - 5,0	3	1,3542	1,9586	0,9115	0,9750	0,0635	1,7145

Dari data diatas, terdapat *frekuensi observasi* (O_i) yang bernilai kurang dari 5, sehingga perlu adanya penggabungan kelas/sel-sel dengan *frekuensi* diatasnya atau dibawahnya yang berdekatan, sehingga mengakibatkan berkurangnya derajat bebas.

Karena jumlah kelas *interval* akan berkurang dari 6 menjadi 4 maka derajat bebas (db) nya = $k - 3$ dimana $k = 4$, maka $db = 4 - 3 = 1$

Tabel 5.6. Data penggabungan kelas untuk putus benang lusi.

No.	Klas interval	frkw(Oi)	Ei	X ²
1	2,0 - 3,0	10	7,4323	0,8871
2	3,0 - 3,5	5	6,3941	0,3040
3	3,5 - 4,0	5	5,7713	0,1031
4	4,0 - 5,0	7	5,4437	0,4449
	Jumlah	27		1,7391

Perhitungan *Chi-kuadrat* (uji kebaikan – suaian) antara *frekuensi* yang teramati dengan *frekuensi* harapan didasarkan pada besaran X^2

$$X^2_{\text{hitung}} = \sum \frac{(O_i - e_i)^2}{e_i}$$

Perhitungan *Chi-kuadrat* :

$$X^2_{\text{hitung 1}} = \frac{(10 - 7,4323)^2}{7,4323} = 0,8871$$

Data perhitungan selengkapnya lihat pada tabel 5.6 diatas

Menetapkan taraf *signifikansi* : $\alpha = 5\%$

4. Menetapkan kriteria pengujian

H_0 diterima apabila $X^2_{\text{hitung}} \leq X^2_{\text{tabel}}$, maka data normal

H_1 ditolak apabila $X^2_{\text{hitung}} > X^2_{\text{tabel}}$, maka data tidak normal

Membandingkan nilai X^2_{hitung} dengan X^2_{tabel} dengan $\alpha = 0,05$

$$dk = k - 3, dk = 4 - 3 = 1$$

$$X^2_{\text{tabel}} = X^2_{(0,05)(1)} = 3,84$$

Karena $X^2_{\text{hitung}} = 1,7391 < X^2_{\text{tabel}} = 3,84$

Maka H_0 diterima, artinya data hasil eksperimen putus benang lusi di pertenunan **berdistribusi normal**.

5.2.1.2 Uji Normalitas Data Produksi Pertenunan

Langkah-langkah uji normalitas data sebagai berikut :

1. Menentukan *Hipotesis*

H_0 : data hasil eksperimen produksi pertenunan berdistribusi normal

H_1 : data hasil eksperimen produksi pertenunan tidak berdistribusi normal.

Membuat daftar distribusi *frekuensi* dengan langkah-langkah sebagai berikut :

- Menentukan rentang (R), dengan rumus:

$R = \text{data tertinggi} - \text{data terendah}$

$$R = 22,33 - 17,56 = 4,77$$

- Menentukan jumlah kelas *interval* dengan aturan *sturges*, yaitu

$$\begin{aligned} k &= 1 + 3,32 \log n = 1 + 3,32 \log 27 \\ &= 1 + 4,75 = 5,75 \sim 6 \end{aligned}$$

Menentukan panjang kelas *interval* p, dengan rumus

$$P = \frac{R}{k} = \frac{6}{6} = 1$$

- Menyusun tabel distribusi *frekuensi*

Tabel 5.7. Daftar distribusi *frekuensi* produksi pertenunan

No.	Klas interval	frkw(Oi)	frkw kum
1	16,7 - 17,7	5	5
2	17,7 - 18,7	5	19
3	18,7 - 19,7	7	17
4	19,7 - 20,7	5	22
5	20,7 - 21,7	2	24
6	21,7 -22,7	3	27
	Jumlah	27	

2. Perhitungan nilai rerata ($\bar{X}$) dan simpangan baku (σ)

$$\bar{X} = \frac{\sum oi \, xi}{\sum oi}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{n \sum oi \, xi^2 - (\sum oi \, xi)^2}{n(n-1)}}$$

Tabel 5.8. Data frekuensi produksi pertenunan

No.	Klas interval	frkw(Oi)	Xi	Xi ²	Oi*Xi	Oi*Xi ²
1	16,7 - 17,7	5	17,20	295,84	86,00	1479,20
2	17,7 - 18,7	5	18,20	331,24	91,00	1656,20
3	18,7 - 19,7	7	19,20	368,64	134,40	2580,48
4	19,7 - 20,7	5	20,20	408,04	101,00	2040,20
5	20,7 - 21,7	2	21,20	449,44	42,40	898,88
6	21,7 -22,7	3	22,20	492,84	66,60	1478,52
	Jumlah	27			521,40	10133,48

Untuk produksi pertenunan :

$$\bar{X} = \frac{\sum oi \, xi}{\sum oi}$$

$$\bar{X} = \frac{521,4}{27} = \mathbf{19,3111}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{n \sum O_i X_i^2 - (\sum O_i X_i)^2}{n(n-1)}}$$

$$= \sqrt{\frac{27 (10133,48) - (521,4)^2}{27(27-1)}} = 1,5771$$

3. Menentukan frekuensi harapan

$$Z_1 = \frac{X_1 - \bar{X}}{\sigma}$$

Contoh perhitungan kelas satu

Penentu nilai Z untuk kelas satu dengan batas $X_{\text{bawah}} = 16,7$ dan batas atas $X_{\text{atas}} = 17,7$ maka nilai Z di dapat :

$$Z_{\text{bawah}} = \frac{16,7 - 19,3111}{1,5771} = - 1,6557$$

$$Z_{\text{atas}} = \frac{17,7 - 19,3111}{1,5771} = - 1,0216$$

Setelah itu dicari nilai peluang yang didasarkan pada peluang distribusi normal standar $P(Z)$. penentuan nilai peluang Z, untuk batas kelas bawah pada kelas kesatu adalah P produksi ($Z = - 1,6557$) dari tabel Z yaitu = 0,95154, maka nilai $Z_{\text{bawah}} = 1 - 0,95154 = 0,04851$ sedangkan perhitungan luas kelas interval untuk kelas kesatu didapat dari :

$$Z_{\text{bawah}} = - 1,6557$$

$$Z_{\text{atas}} = - 1,0216$$

Maka untuk kelas kesatu frekuensi harapan didapat dari luas *interval* kelas produksi pertenunan = $P(- 1,6557 < Z < - 1,0216$

$$= P(Z < -1,0216) - P(Z > -1,6557)$$

Jika perhitungan Z_i nilainya *negative* yang diperoleh dari tabel Z, yang hasil nilai tabel tersebut untuk mengurangi angka satu, namun jika nilainya Z_i positif yang nilai Z_i diperoleh dari tabel Z tidak perlu untuk mengurangi angka satu.

$$= (1 - 0,84614) - (1 - 0,95154)$$

$$= 0,15386 - 0,04851 = 0,10536$$

Untuk menghitung nilai e_i yaitu hasil perhitungan kelas kali jumlah data. Maka untuk kelas kesatu *frekuensi* harapan didapat dari perhitungan :

$$e_i = 0,10536 \times 27 = 2,8458$$

Data perhitungan selengkapnya ada pada tabel 5.9 berikut ini :

Tabel 5.9. Daftar penolong uji normalitas produksi pertenunan

No	Klas interval	Frkw (O _i)	Zbawah Z _b	Z atas Z _a	P(> Z _b) Pb	P(<Z _a) Pa	Pa-Pb	e _i (F hrp)
1	16,7 - 17,7	5	-1,6557	-1,0216	0,0485	0,1539	0,1054	2,8458
2	17,7 - 18,7	5	-1,0216	-0,3875	0,1539	0,3483	0,1944	5,2491
3	18,7 - 19,7	7	-0,3875	0,2466	0,3483	0,5987	0,2504	6,7619
4	19,7 - 20,7	5	0,2466	0,8807	0,5987	0,8106	0,2119	5,7202
5	20,7 - 21,7	2	0,8807	1,5148	0,8106	0,9357	0,1252	3,3796
6	21,7 - 22,7	3	1,5148	2,1488	0,9357	0,9842	0,0485	1,3090

Dari data diatas, terdapat *frekuensi observasi* (O_i) yang bernilai kurang dari 5, sehingga perlu adanya penggabungan kelas/sel-sel dengan *frekuensi* diatasnya atau dibawahnya yang berdekatan, sehingga mengakibatkan berkurangnya derajat bebas.

Karena jumlah kelas *interval* akan berkurang dari 6 menjadi 4 maka derajat bebas (db) nya = $k - 3$ dimana $k = 4$, maka $db = 4 - 3 = 1$

Tabel 5.10. Data penggabungan kelas untuk produksi pertenunan

No.	Klas interval	frkw(Oi)	Ei	Chi-kwa X ²
1	16,7 - 18,7	10	8,0949	0,4484
2	18,7 - 19,7	7	6,7619	0,0084
3	19,7 - 20,7	5	5,7202	0,0907
4	20,7 - 22,7	5	4,6886	0,0207
	Jumlah	27		0,5682

Perhitungan *Chi-kuadrat* (uji kebaikan – suaian) antara *frekuensi* yang teramati dengan *frekuensi* harapan didasarkan pada besaran X^2

$$X^2_{\text{hitung}} = \sum \frac{(O_i - e_i)^2}{e_i}$$

Perhitungan *Chi-kuadrat* :

$$X^2_{\text{hitung}} = \frac{(10 - 8,0949)^2}{8,0949} = 0,4484$$

Data perhitungan selengkapnya lihat pada tabel 5.10 diatas

Menetapkan taraf signifikansi : $\alpha = 5\%$

4. Menetapkan kriteria pengujian

H_0 diterima apabila $X^2_{\text{hitung}} \leq X^2_{\text{tabel}}$, maka data normal

H_1 ditolak apabila $X^2_{\text{hitung}} > X^2_{\text{tabel}}$, maka data tidak normal

Membandingkan nilai X^2_{hitung} dengan X^2_{tabel} dengan $\alpha = 0,05$

$$dk = k - 3, dk = 4 - 3 = 1$$

$$X^2_{\text{tabel}} = X^2_{(0,05)(1)} = 3,84$$

Karena $X^2_{\text{hitung}} = 0,5682 < X^2_{\text{tabel}} = 3,44$

Maka H_0 diterima, artinya data hasil eksperimen dari produksi pertenenan **berdistribusi Normal.**

5.2.2 Uji Homogenitas.

Uji *homogenitas* variasi dilakukan untuk mengetahui apakah data-data yang digunakan *homogen* atau tidak *homogen*.

5.2.2.1 Uji Homogenitas Variansi Putus Benang Lusi.

Dalam penelitian ini, untuk penelitian *homogenitas* data digunakan uji *Barlett*.

Hipotesa :

$$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_k^2$$

H_1 : Paling sedikit satu tanda sama dengan tidak berlaku

Perhitungannya :

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n} = \frac{30,4}{9} = 3,3778$$

$$S_1^2 = \frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n-1} = \frac{5,9556}{9-1} = 0,7444$$

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n} = \frac{28,2}{9} = 3,1333$$

$$S_2^2 = \frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n-1} = \frac{3,92}{9-1} = 0,49$$

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n} = \frac{28,8}{9} = 3,2$$

$$S_3^2 = \frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n-1} = \frac{11,68}{9-1} = 1,46$$

Tabel 5.11. Tabel X_i untuk replikasi I, II, III putus benang lusi

No.	Replikasi I	Replikasi II	Replikasi III
-----	-------------	--------------	---------------

	X1	(Xi - $\bar{X}$)^2	X2	(Xi - $\bar{X}$)^2	X3	(Xi - $\bar{X}$)^2
1	3,0	0,1427	2,6	0,2844	3,0	0,0400
2	2,0	1,8983	3,0	0,0178	2,0	1,4400
3	3,0	0,1427	2,8	0,1111	3,0	0,0400
4	3,6	0,0494	2,6	0,2844	2,0	1,4400
5	2,6	0,6049	2,0	1,2844	5,0	3,2400
6	4,0	0,3872	3,6	0,2178	2,0	1,4400
7	3,6	0,0494	4,0	0,7511	2,8	0,1600
8	5,0	2,6316	3,6	0,2178	4,0	0,6400
9	3,6	0,0494	4,0	0,7511	5,0	3,2400
Jumlah	30,4	5,9556	28,2	3,9200	28,8	11,6800
Rerata	3,3		3,1		3,2	
	S^2	0,7444		0,4900		1,4600

Rumus *homogenitas* :

$$S^2 = \sum \frac{(n_i - 1) S_i^2}{(n_i - 1)}$$

$$B = (\log S^2) \sum (n_i - 1)$$

$$X^2 = (\ln 10) \{B - \sum (n_i - 1) \log S_i^2\}$$

Kriteria pengujian :

Jika H_0 diterima apabila $X^2_{hitung} \leq X^2_{tabel}$ maka data *homogen*

Jika H_1 ditolak apabila $X^2_{hitung} > X^2_{tabel}$, maka data tidak *homogen*

Contoh perhitungan :

$$S^2 = \sum \frac{(8 \times 0,7444) + (8 \times 0,4900) + (8 \times 1,400)}{(9-1) + (9-1) + (9-1)} = \frac{21,5550}{24}$$

$$= 0,8981$$

$$B = (\log 0,8981) \times 24 = -1,1198$$

$$X^2 = (\ln 10) \{-1,1198 - (8 \log 0,7444 + 8 \log 0,4900 + 8 \log 1,400)\}$$

$$= 2,30259 \{(-1,1198 - (-2,18916))\} = 2,30259 \times 1,06936 = 2,4623$$

$$X^2_{tabel} = X^2_{(0,05)(9-1)} = 15,5$$

Hasil perhitungan $X^2 = 2,4623 < X^2_{(0,05)(9-1)} = 15,5$, maka dari hasil perhitungan homogenitas variansi data putus benang lusi dipertenunan telah **Homogen**.

5.2.2.2 Uji Homogenitas Variansi Produksi Pertenunan

Dalam penelitian ini, untuk penelitian *homogenitas* data digunakan uji *Barlett*.

Hipotesa :

$$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_k^2$$

H_1 : Paling sedikit satu tanda sama dengan tidak berlaku

Perhitungannya :

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n} = \frac{308,3}{9} = 34,2556$$

$$S_1^2 = \frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n-1} = \frac{26,5422}{9-1} = 3,3178$$

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n} = \frac{310}{9} = 34,4444$$

$$S_2^2 = \frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n-1} = \frac{19,3422}{9-1} = 2,4178$$

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n} = \frac{308,5}{9} = 34,2778$$

$$S_3^2 = \frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n-1} = \frac{30,7156}{9-1} = 3,8394$$

Tabel 5.12. Tabel X_i untuk replikasi I, II, III produksi pertenunan

No.	Replikasi I		Replikasi II		Replikasi III	
	X1	$(X_i - \bar{X})^2$	X2	$(X_i - \bar{X})^2$	X3	$(X_i - \bar{X})^2$
1	22,2	8,6698	22,7	10,5986	22,1	7,9649
2	21,5	5,0375	19,6	0,0242	21,6	5,3927
3	19,5	0,0598	20,6	1,3353	20,4	1,2594
4	19,2	0,0031	19,3	0,0209	20,6	1,7483
5	19,7	0,1975	19,9	0,2075	18,2	1,1616
6	19,0	0,0653	18,0	2,0864	17,0	5,1883
7	18,6	0,4298	18,4	1,0909	18,0	1,6327
8	16,9	5,5486	19,0	0,1975	16,8	6,1394
9	16,7	6,5309	17,5	3,7809	18,8	0,2283
Jumlah	173,3	26,5422	175,0	19,3422	173,5	30,7156
Rerata	19,2		19,4		19,2	
		3,3178		2,4178		3,8394

Rumus Homogenitas :

$$S^2 = \sum \frac{(n_i - 1) S_i^2}{(n_i - 1)}$$

$$B = (\log S^2) \sum (n_i - 1)$$

$$X^2 = (\ln 10) \{B - \sum (n_i - 1) \log S_i^2\}$$

Kriteria pengujian

Jika H_0 diterima apabila $X^2_{hitung} \leq X^2_{tabel}$ maka data homogen.

Jika H_1 ditolak apabila $X^2_{hitung} > X^2_{tabel}$, maka data tidak homogen.

Contoh perhitungan :

$$S^2 = \sum \frac{(8 \times 3,3178) + (8 \times 2,4178) + (8 \times 3,8394)}{(9-1) + (9-1) + (9-1)}$$

$$= \frac{76,6}{24} = 3,1917$$

$$B = (\log 3,1917) \times 24 = 12,09642$$

$$X^2 = (\ln 10) \{12,09642 - (8 \log 3,3178 + 8 \log 2,4178 + 8 \log 3,8394)\}$$

$$= 2,30259 (31,0250 - 11,9083) = 0,433264$$

$$X^2_{\text{tabel}} = X^2_{(0,05)(9-1)} = 15,5$$

Hasil perhitungan $X^2 = 0,433264 < X^2_{(0,05)(9-1)} = 15,5$, maka dari hasil perhitungan *homogenitas variansi* data prduksi pertenenan telah **Homogen**.

5.2.3 Analisa Variansi (ANOVA)

5.2.3.1 Uji ANOVA Putus Benang Lusi

Perhitungan *ANOVA* untuk *SNR* dilakukan untuk mengestimasi efek tiap faktor kendali dari karakteristik – kerakteristik yang diamati.

1. Menyatakan *hipotesis*.

Hipotesis awal H_0 dan Hipotesis *alternative* H_1

Berdasarkan tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh dari faktor kendali terhadap putus benang lusi pada proses pertenenan, maka didapat persamaan :

$$Y = \mu + A_i + B_j + C_k + D_l + E_i$$

Keterangan :

Y Target : Putus Benang Lusi

Faktor A : Kecepatan Mesin Tenun

Faktor B : Panjang Mulut Lusi

Faktor C : Tinggi Mulut Lusi

Faktor D : Jarak Lade Dengan Mulut Bawah

Hipotesis :

Faktor A

H_0 : tidak ada pengaruh yang *signifikan* pada kecepatan mesin tenun terhadap putus benang lusi

H_1 : ada pengaruh yang *signifikan* pada kecepatan mesin tenun terhadap putus benang lusi

Faktor B

H_0 : tidak ada pengaruh yang *signifikan* pada panjang mulut lusi terhadap putus benang lusi

H_1 : ada pengaruh yang *signifikan* pada panjang mulut lusi terhadap putus benang lusi

Faktor C

H_0 : tidak ada pengaruh yang *signifikan* pada tinggi mulut lusi terhadap putus benang lusi

H_1 : ada pengaruh yang *signifikan* pada tinggi mulut lusi terhadap putus benang lusi

Faktor D

H_0 : tidak ada pengaruh yang *signifikan* pada jarak lade dengan mulut bawah terhadap putus benang lusi

H_1 : ada pengaruh yang *signifikan* pada suhu jarak lade dengan mulut bawah terhadap putus benang lusi

Tabel 5.13. Data rata-rata jumlah putus benang lusi (helai/shift).

<i>Trial</i>	1	2	3	4	Replikasi				
	A	B	C	D	I	II	III	JUMLAH	RERATA
1	1	1	1	1	3,0	2,6	3,0	8,6	2,8667
2	1	2	2	2	2,0	3,0	2,0	7,0	2,3333
3	1	3	3	3	3,0	2,8	3,0	8,8	2,9333
4	2	1	2	3	3,6	2,6	2,0	8,2	2,7333
5	2	2	3	1	2,6	2,0	5,0	9,6	3,2000
6	2	3	1	2	4,0	3,6	2,0	9,6	3,2000
7	3	1	3	2	3,6	4,0	2,8	10,4	3,4667
8	3	2	1	3	5,0	3,6	4,0	12,6	4,2000
9	3	3	2	1	3,6	4,0	5,0	12,6	4,2000
Jumlah	18	18	18	18	30,4	28,2	28,8	87,4	29,1333
									3,2370

A1	24,4	B1	27,2	C1	30,8	D1	30,8
A2	27,4	B2	29,2	C2	27,8	D2	27,0
A3	35,6	B3	31,0	C3	28,8	D3	29,6
	87,4		87,4		87,4		87,4

2. Menghitung *degree of freedom (df)* atau derajat bebas

a. *Degree of freedom total (dfT)*

$$df\ T := N - 1 = 27 - 1 = 26$$

b. *Degree of freedom suatu faktor, contoh faktor A*

$$df\ A = k_A - 1 = 3 - 1 = 2$$

c. *Degree of freedom error (dfe)*

$$dfe = df\ T - df\ factor = 26 - 2 - 2 - 2 - 2 = 18$$

3. Menghitung Total Sum of Square (SST) atau jumlah kuadrat total

$$T = \left\{ \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n Y_{ij} \right\}$$

$$T = 3 + 2 + \dots + 5 = 87,4$$

$$CF = \frac{T^2}{N} = \frac{(87,4)^2}{27} = 282,9170$$

$$SST = \left\{ \sum_{i=1}^n Y_i^2 \right\} - CF$$

$$= (2^2 + 3^2 + \dots + 5^2) - 282,9170 = 304,76 - 282,9170 = 21,8430$$

4. Menghitung harga-harga *Sum of Square (SS)* atau jumlah kuadrat rerata (JK), contoh faktor A

$$SSA = \left| \sum_{i=1}^k \frac{A_i^2}{nA} \right| - CF$$

$$= \left\{ \frac{24,4^2}{9} + \frac{27,4^2}{9} + \frac{35,6^2}{9} \right\} - 282,9170$$

$$= 290,3867 - 282,9170 = 7,4696$$

$$SSe = SST - SSA - SSB - SSC - SSD$$

$$= 21,8430 - (7,4696 + 0,8030 + 0,5185 + 0,8385) = 12,2133$$

5. Menghitung *Mean of Square (MS)* suatu faktor, contoh faktor A

$$MSA = \frac{SSA}{dfA} = \frac{7,4696}{2} = 3,7348$$

6. Menghitung *F ratio* suatu faktor, contoh faktor A

$$FA = \frac{MSA}{MSe} = \frac{3,7348}{0,6785} = 5,5045$$

Menghitung *pure of square(SS)* suatu faktor, contoh faktor A

$$SSA' = SSA - (dfA \times MSe) = 7,4696 - (2 \times 0,6785) = 6,1126$$

7. Menghitung persen kontribusi (P) suatu faktor, contoh faktor A

$$PA = \frac{SSA'}{SST} \times 100 \%$$

$$= \frac{6,1126}{21,8430} \times 100\% = 27,9843 \%$$

Dengan cara yang sama diperoleh nilai sebagai mana terlihat dalam tabel 5.14.

8. Menghitung tingkat *signifikansi* (α) $\alpha = 5 \%$

$$F_{\text{tabel}} = F_{(0,05), (2), (18)} = 3,55$$

9. Menentukan kriteria pengujian

H_0 diterima jika $F_{\text{hitung}} \leq F_{\text{tabel}}$

H_1 ditolak jika $F_{\text{hitung}} > F_{\text{tabel}}$

10. Mencari F_{tabel} untuk ke empat faktor kendali A, B, C, D dengan taraf *signifikansi* 5%, dimana dfA (V_1 pembilang) = 2; dfB (V_1 pembilang) = 2; dfC (V_1 pembilang) = 2; dfD (V_1 pembilang) = 2; dan dfe (V_2 penyebut) = 18; maka akan diperoleh F_{tabel} untuk masing-masing faktor sebesar = 3,55.

Tabel 5.14. Hasil perhitungan ANOVA putus benang lusi

Faktor	Df	SS	MS	F_{hitung}	F_{tabel}
A	2	7,4696	3,7348	5,5044	3,55
B	2	0,8030	0,4015	0,5917	3,55
C	2	0,5185	0,2593	0,3821	3,55
D	2	0,8385	0,4193	0,6179	3,55
ERROR	18	12,2133	0,6785		
TOTAL	26	21,8430			

11. Kesimpulan

- a. Faktor A $F_{\text{hitung}} > F_{\text{tabel}}$, maka H_0 ditolak, sehingga faktor A berpengaruh terhadap putus benang lusi dipertenunan.

- b. Faktor B $F_{hitung} < F_{tabel}$, maka H_0 diterima, sehingga faktor B tidak berpengaruh terhadap putus benang lusi dipertenunan.
- c. Faktor C $F_{hitung} < F_{tabel}$, maka H_0 diterima, sehingga faktor C tidak berpengaruh terhadap putus benang lusi dipertenunan.
- d. Faktor D $F_{hitung} < F_{tabel}$, maka H_0 diterima, sehingga faktor D tidak berpengaruh terhadap putus benang lusi dipertenunan.

1. Uji ANOVA Produksi Pertenunan

Perhitungan ANOVA untuk SNR dilakukan untuk mengestimasi efek tiap faktor kendali dari karakteristik – kerakteristik yang diamati.

1. Menyatakan *hipotesis*.

Hipotesis awal H_0 dan *Hipotesis alternative* H_1

Berdasarkan tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh dari faktor kendali terhadap produksi pertenenan, maka didapat persamaan :

$$Y = \mu + A_i + B_j + C_k + D_l$$

Keterangan :

Y Target : Produksi Pertenunan

Faktor A : Kecepatan Mesin Tenun

Faktor B : Panjang Mulut Lusi

Faktor C : Tinggi Mulut Lusi

Faktor D : Jarak Lade Dengan Mulut Bawah

Hipotesis :

Faktor A

H_0 : tidak ada pengaruh yang *signifikan* pada kecepatan mesin tenun terhadap produksi dipertenunan.

H_1 : ada pengaruh yang *signifikan* pada kecepatan mesin tenun terhadap produksi dipertenunan.

Faktor B

H_0 : tidak ada pengaruh yang *signifikan* pada panjang mulut lusi terhadap produksi dipertenunan.

H_1 : ada pengaruh yang *signifikan* pada panjang mulut lusi terhadap produksi dipertenunan.

Faktor C

H_0 : tidak ada pengaruh yang *signifikan* pada tinggi mulut lusi terhadap produksi dipertenunan.

H_1 : ada pengaruh yang *signifikan* pada tinggi mulut lusi terhadap produksi dipertenunan.

Faktor D

H_0 : tidak ada pengaruh yang *signifikan* pada jarak lade dengan lusi bawah terhadap produksi dipertenunan.

H_1 : ada pengaruh yang *signifikan* pada suhu jarak lade dengan mulut bawah terhadap produksi dipertenunan.

Tabel 5.15. Data produksi di pertenunan (m/shift)

Trial	1	2	3	4	Replikasi				
	A	B	C	D	I	II	III	JUMLAH	RERATA
1	1	1	1	1	22,2	22,7	22,1	67,0	22,333
2	1	2	2	2	21,5	19,6	21,6	62,7	20,900
3	1	3	3	3	19,5	20,6	20,4	60,5	20,166
4	2	1	2	3	19,2	19,3	20,6	59,1	19,700
5	2	2	3	1	19,7	19,9	18,2	57,8	19,266
6	2	3	1	2	19,0	18,0	17,0	54,0	18,000
7	3	1	3	2	18,6	18,4	18,0	55,0	18,333
8	3	2	1	3	16,9	19,0	16,8	52,7	17,566
9	3	3	2	1	16,7	17,5	18,8	53,0	17,666
					173,3	175,0	173,5	521,8	173,933
									19,325

A1	190,2	B1	181,1	C1	173,7	D1	177,8
A2	170,9	B2	173,2	C2	174,8	D2	171,7
A3	160,7	B3	167,5	C3	173,3	D3	172,3
	521,8		521,8		521,8		521,8

2. Menghitung *degree of freedom (df)* atau derajat bebas

a. *Degree of freedom total (dfT)*

$$df\ T := N - 1 = 27 - 1 = 26$$

b. *Degree of freedom* suatu faktor, contoh faktor A

$$df\ A = k_A - 1 = 3 - 1 = 2$$

c. *Degree of freedom error (dfe)*

$$dfe = df\ T - df\ factor = 26 - 2 - 2 - 2 - 2 = 18$$

3. Menghitung Total Sum of Square (SST) atau jumlah kuadrat total

$$T = \left\{ \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n Y_{1j} \right\}$$

$$T = 22,2 + 21,5 + \dots + 18,8 = 521,8$$

$$CF = \frac{T^2}{N} = \frac{(521,8)^2}{27} = 10084,27$$

$$\begin{aligned} SST &= \left\{ \sum_{i=1}^n Y_i^2 \right\} - CF \\ &= (22,2^2 + 21,5^2 + \dots + 18,8^2) - CF \\ &= 10161,06,06 - 10084,27 = 76,79185 \end{aligned}$$

4. Menghitung harga-harga *Sum of Square (SS)* atau jumlah kuadrat rerata (JK), contoh faktor A

$$\begin{aligned} SSA &= \left| \sum_{i=1}^k \frac{Ai^2}{nA} \right| - CF \\ &= \left\{ \frac{190,2^2}{9} + \frac{170,9^2}{9} + \frac{160,7^2}{9} \right\} - 10084,27 = 49,88074 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SSe &= SST - SSA - SSB - SSC - SSD \\ &= 76,79185 - 62,891856 = 13,9000 \end{aligned}$$

5. Menghitung *Mean of Square (MS)* suatu faktor, contoh faktor A

$$MSA = \frac{SSA}{dfA} = \frac{49,88074}{2} = 24,94037$$

6. Menghitung *F ratio* suatu faktor, contoh faktor A

$$FA = \frac{MSA}{MSe} = \frac{24,94037}{0,7722} = 32,29688$$

7. Menghitung *pure of square (SS)* suatu faktor, contoh faktor A

$$\begin{aligned} SSA' &= SSA - (dfA \times MSe) \\ &= 49,88074 - (2 \times 0,7722) = 48,3363 \end{aligned}$$

8. Menghitung persen kontribusi (P) suatu faktor, contoh faktor A

$$PA = \frac{SSA'}{SST} \times 100 \%$$

$$= \frac{48,3363}{76,79185} \times 100\% = 62,9456 \%$$

Dengan cara yang sama diperoleh nilai sebagai mana terlihat dalam tabel 5.16.

9. Menghitung tingkat *signifikansi* $\alpha = 5 \%$

$$F_{\text{tabel}} = F_{(0,05), (2), (18)} = 3,55$$

10. Menentukan kriteria pengujian

$$H_0 \text{ diterima jika } F_{\text{hitung}} \leq F_{\text{tabel}}$$

$$H_1 \text{ ditolak jika } F_{\text{hitung}} > F_{\text{tabel}}$$

11. Mencari F_{tabel} untuk ke empat *faktor* kendali A, B, C, D dengan taraf *signifikansi* 5%, dimana df_A (V_1 pembilang) = 2; df_B (V_1 pembilang) = 2; df_C (V_1 pembilang) = 2; df_D (V_1 pembilang) = 2; dan dfe (V_2 penyebut) = 18; maka akan diperoleh F_{tabel} untuk masing-masing faktor sebesar = 3,55.

Tabel 5.16. Hasil perhitungan ANOVA produksi pertenenan

Faktor	<i>Df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	F_{hitung}	F_{tabel}
A	2	49,8807	24,9403	32,2968	3,55
B	2	10,3651	5,1825	6,71127	3,55
C	2	0,13407	0,0670	0,08681	3,55
D	2	2,51185	1,2559	1,62637	3,55
<i>Error</i>	18	13,9000	0,7722		
Total	26	76,79185			

12. Kesimpulan

- a. Faktor A $F_{hitung} > F_{tabel}$, maka H_0 ditolak, sehingga faktor A berpengaruh terhadap produksi di pertenenunan.
- b. Faktor B $F_{hitung} > F_{tabel}$, maka H_0 ditolak, sehingga faktor B berpengaruh terhadap produksi di pertenenunan.
- c. Faktor C $F_{hitung} < F_{tabel}$, maka H_0 diterima, sehingga faktor C tidak berpengaruh terhadap produksi dipertenenunan.
- d. Faktor D $F_{hitung} < F_{tabel}$, maka H_0 diterima, sehingga faktor D tidak berpengaruh terhadap produksi dipertenenunan.

5.2.4. Perhitungan *Signal to Noise Ratio (SNR)* hasil eksperimen

1 SNR Putus Benang Lusi

Karakteristik putus benang lusi ditetapkan suatu nilai nominal tertentu, jika nilainya semakin kecil maka kualitas semakin baik (*Belavendram* 1995).

Nilai S/N untuk karakteristik *STB* adalah :

$$S/N_{STB} = -10 \log \left\{ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i^2 \right\}$$

contoh perhitungan pada trial 1.

$$S/N_{STB} = -10 \log \left\{ \frac{1}{3} (3^2 + 2,6^2 + 3^2) \right\} = -9,1663$$

Dengan cara yang sama diperoleh nilai sebagai mana terlihat pada tabel

5.17.

Tabel 5.17. Hasil perhitungan rerata dan SNR putus lusi

Trial	Colum Number				Replikasi			SNR
	A	B	C	D	I	II	III	
1	1	1	1	1	3,0	2,6	3,0	-9,1
2	1	2	2	2	2,0	3,0	2,0	-7,5
3	1	3	3	3	3,0	2,8	3,0	-9,3
4	2	1	2	3	3,6	2,6	2,0	-8,9
5	2	2	3	1	2,6	2,0	5,0	-10,7
6	2	3	1	2	4,0	3,6	2,0	-10,4
7	3	1	3	2	3,6	4,0	2,8	-10,8
8	3	2	1	3	5,0	3,6	4,0	-12,5
9	3	3	2	1	3,6	4,0	5,0	-12,5

Perhitungan efek tiap faktor.

Perhitungan efek tiap faktor, dalam hal ini faktor kendali dilakukan dengan menggunakan rumus :

$$\text{Efek faktor} = \frac{1}{a} (\sum \eta o)$$

Dimana :

O = nomor eksperimen yang mempunyai level yang sama

a = jumlah munculnya tiap level faktor dalam suatu kolom *matricks*

orthogonal

η = nilai SNR yang digunakan

Contoh Perhitungan :

$$A_1 = \frac{1}{3} \{(-9,1663) + (-7,5333) + (-9,3517)\} = - 868376$$

$$A_2 = \frac{1}{3} \{(-8,97993) + (-10,7628) + (-10,4087)\} = - 10,0505$$

$$A_3 = \frac{1}{3} \{(-10,8873) + (-12,5495) + (-12,5495)\} = - 10,76996$$

Dengan cara sama diperoleh nilai sebagai mana terlihat pada tabel 5.18.

Setelah semua efek tiap faktor dihitung, kemudian dicari perbedaan maksimum dari tiap-tiap faktor dan ditentukan ranking dari tiap-tiap faktor secara berurutan mulai dari faktor yang mempunyai perbedaan paling besar.

Tabel 5.18. Efek nilai *SNR* tiap faktor *respon* putus lusi

Level	A	B	C	D
Level I	-8,6838	-9,6778	-10,7082	-10,8262
Level II	-10,0505	-10,2818	-9,6875	-9,6097
Level III	-11,9954	-10,7699	-10,3339	-10,2937
Selisih	3,3116	1,0921	1,0205	1,2164
<i>Maks</i>	-11,9954	-10,7699	-10,7082	-10,8262
<i>Optimal</i>	A3	B3	C1	D1
<i>Rank</i>	1	3	4	2

Kesimpulan formulasi terbaik didapat dari nilai *SNR* dengan level faktor yang paling kecil (*Berlavendram*, 1995) sehingga nilai *S/N* untuk putus benang lusi didapat kombinasi level faktor = A3 B3 C1 D1, artinya untuk *meminimalkan* nilai putus benang lusi dipertenenan dibutuhkan kombinasi level faktor kecepatan mesin tenun 200 *Rpm*, panjang mulut lusi 55 cm, tinggi mulut lusi 6 cm, jarak lade dengan mulut bawah 2 mm.

2. *SNR* Produksi pertenenan

Karakteristik produksi pertenenan ditetapkan suatu nilai nominal tertentu, jika nilainya semakin besar maka produksi pertenenan semakin baik (*Belavendram*. 1995).

Nilai *S/N* untuk karakteristik *LTB* adalah :

$$S/N_{LTB} = -10 \log \left\{ 1/n \sum_{i=1}^n 1/Y_i^2 \right\}$$

contoh perhitungan pada trial 1.

$$S/N_{LTB} = -10 \log \left\{ 1/3 * \frac{1}{22,2^2 + 22,7^2 + 22,1^2} \right\} = 26,9773$$

Dengan cara yang sama diperoleh sebagaimana nilai terlihat pada tabel 5.19 berikut ini.

Tabel 5.19. Hasil perhitungan rerata dan SNR produksi pertenunan

Trial	1	2	3	4	Replikasi			
	A	B	C	D	I	II	III	SNR
1	1	1	1	1	22,2	22,7	22,1	26,9
2	1	2	2	2	21,5	19,6	21,6	26,3
3	1	3	3	3	19,5	20,6	20,4	26,0
4	2	1	2	3	19,2	19,3	20,6	25,8
5	2	2	3	1	19,7	19,9	18,2	25,6
6	2	3	1	2	19,0	18,0	17,0	25,0
7	3	1	3	2	18,6	18,4	18,0	25,2
8	3	2	1	3	16,9	19,0	16,8	24,8
9	3	3	2	1	16,7	17,5	18,8	24,9

Perhitungan efek tiap faktor.

Perhitungan efek tiap faktor, dalam hal ini faktor kendali dilakukan dengan menggunakan rumus :

$$\text{Efek faktor} = \frac{1}{a} (\Sigma \eta o)$$

Dimana :

O = nomor eksperimen yang mempunyai level yang sama

a = jumlah munculnya tiap level faktor dalam suatu kolom *matriks orthogonal*

η = nilai *SNR* yang digunakan

Perhitungan :

$$A_1 = \frac{1}{3} \{ (26,9773) + (26,3766) + (26,0852) \} = 26,4797$$

$$A_2 = \frac{1}{3} \{ (25,8761) + (25,6752) + (25,0786) \} = 25,5433$$

$$A_3 = \frac{1}{3} \{ (25,2624) + (24,8526) + (24,9123) \} = 25,0091$$

Dengan cara sama diperoleh nilai sebagai mana terlihat pada tabel 5.20.

Setelah semua efek tiap faktor dihitung, kemudian dicari perbedaan maksimum dari tiap-tiap faktor dan ditentukan ranking dari tiap-tiap faktor secara berurutan mulai dari faktor yang mempunyai perbedaan paling besar.

Tabel 5.20. Efek nilai *SNR* tiap faktor *respon* produksi pertenunan

Level	A	B	C	D
Level I	26,4797	26,0386	25,6361	25,8549
Level II	25,5433	25,6348	25,7217	25,5725
Level III	25,0091	25,3587	25,6743	25,6046
Selisih	1,4706	0,6799	0,0474	0,28240
Maks	26,4797	26,0386	25,7217	25,8549
<i>Optimal</i>	A1	B1	C2	D1
<i>Rank</i>	1	2	4	3

Kesimpulan formulasi terbaik didapat dari nilai *SNR* dengan level faktor yang paling besar (*Berlavendram*, 1995) sehingga nilai *S/N* untuk Produksi pertenunan didapat kombinasi level faktor = A1 B1 C2 D1, artinya untuk mengoptimalkan nilai produksi pertenunan dibutuhkan

kombinasi level kecepatan mesin tenun 160 *Rpm*, panjang mulut lusi 45 cm, tinggi mulut lusi 8 cm, jarak lade dengan mulut bawah 2 mm.

Dilihat dari nilai *SNR*, maka kombinasi level faktor optimal untuk *respon* putus benang lusi dipertenenan adalah A3 B3 C1 D1 dan produksi adalah A1 B1 C2 D1, dari hasil keduanya tidak sama, sehingga perlu dilakukan optimasi *multi respon*.

5.2.5 Uji Prediksi

Uji prediksi digunakan untuk mengetahui hubungan antara faktor, terutama untuk menelusuri pola hubungan yang modelnya belum diketahui maka *analisis regresi* dapat dijadikan alat untuk membantu menganalisis hubungan tersebut.

Uji prediksi menggunakan analisa *regresi* berdasarkan data yang diperoleh dari hasil eksperimen yang sudah pernah dilakukan. Tujuan adanya uji prediksi untuk melihat secara keseluruhan eksperimen yang seharusnya dilakukan. Uji prediksi dilakukan karena pada eksperimen *Taguchi* hanya ada 9 (sembilan) *trial* atau 9 (sembilan) eksperimen yang sudah dianggap mewakili keseluruhan eksperimen yang seharusnya dilakukan.

Dalam uji prediksi ini menggunakan *regresi* berganda :

Regresi linier berganda mengamati pengaruh lebih dari satu *variable* bebas (*independent variable*) terhadap variabel tidak bebas (*dependent variable*), *minimal* ada dua buah variabel bebas. Secara *sistematis regresi linier* berganda dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\hat{Y} = a + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_nX_n$$

Dimana: Y = variabel yang diramalkan (*dependent variabel*)

$X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ = variabel yang diketahui (*independent variabel*)

$b_1, b_2, b_3, \dots, b_n$ = koefisien regresi

Untuk mencari nilai $b_1, b_2, b_3, \dots, b_n$ dapat digunakan beberapa cara yaitu:

Persamaan Normal

$$\sum Y = an + b_1 \sum X_1 + b_2 \sum X_2 + \dots + b_n \sum X_n$$

$$\sum X_1 Y = a \sum X_1 + b_1 \sum X_1^2 + b_2 \sum X_1 X_2 + \dots + b_n \sum X_1 X_n$$

$$\sum X_2 Y = a \sum X_2 + b_1 \sum X_2 X_1 + b_2 \sum X_2^2 + \dots + b_n \sum X_2 X_n$$

$$\sum X_n Y = a \sum X_n + b_1 \sum X_n X_1 + b_2 \sum X_n X_2 + \dots + b_n \sum X_n^2$$

Eliminasi Gauss :

$$\begin{pmatrix} n & \sum X_1 & \sum X_2 & \dots & \sum X_n \\ \sum X_1 & \sum X_1^2 & \sum X_1 X_2 & \dots & \sum X_1 X_n \\ \sum X_2 & \sum X_2 X_1 & \sum X_2^2 & \dots & \sum X_2 X_n \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sum X_n & \sum X_n X_1 & \sum X_n X_2 & \dots & \sum X_n^2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a \\ b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sum Y \\ \sum Y.X_1 \\ \sum Y.X_2 \\ \dots \\ \sum Y.X_n \end{pmatrix}$$

Determinan

R

O

M

$$\begin{pmatrix} n & \sum X_1 & \sum X_2 \\ \sum X_1 & \sum X_1^2 & \sum X_1 X_2 \\ \sum X_2 & \sum X_2 X_1 & \sum X_2^2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a \\ b_1 \\ b_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sum Y \\ \sum Y.X_1 \\ \sum Y.X_2 \end{pmatrix}$$

$$a = \frac{a^{-1}}{R^{-1}}, \quad b_1 = \frac{b_1^{-1}}{R^{-1}}, \quad b_2 = \frac{b_2^{-1}}{R^{-1}}$$

Dimana: $R^{-1} = \text{determinan matriks R}$

$b_1^{-1} = \text{determinan } b_1$

$b_2^{-1} = \text{determinan } b_2$

5.2.5.1 Uji prediksi putus benang lusi

1. Contoh perhitungan iterasi I

$$\begin{bmatrix} 9 & 18 & 18 & 18 & 18 \\ 18 & 42 & 36 & 36 & 36 \\ 18 & 36 & 42 & 36 & 36 \\ 18 & 36 & 36 & 42 & 36 \\ 18 & 36 & 36 & 36 & 42 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ b_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 30,4 \\ 65 \\ 61,2 \\ 58 \\ 63,2 \end{bmatrix}$$

$$18 - \frac{18}{9} 9 = 0$$

$$65 - \frac{18}{9} \times 30,4 = 4,2$$

$$42 - \frac{18}{9} 18 = 6$$

$$61,2 - \frac{18}{9} \times 30,4 = 0,4$$

$$36 - \frac{18}{9} 18 = 0$$

$$58 - \frac{18}{9} \times 30,4 = -2,8$$

$$63,2 - \frac{18}{9} \times 30,4 = 2,4$$

Hingga didapat hasil

9	18	18	18	18	30,4
0	6	0	0	0	4,2
0	0	6	0	0	0,4
0	0	0	6	0	-2,8
0	0	0	0	6	2,4

- $6 b_1 = 4,2$

$$b_1 = 0,7$$

- $6 b_2 = 0,4$

$$b_2 = 0,067$$

- $6 b_3 = -2,8$

$$b_3 = -0,47$$

- $6 b_4 = 2,4$

$$b_4 = 0,4$$

$$\sum Y = a_n + b_1 \sum X_1 + b_2 \sum X_2 + + b_3 \sum X_3 + + b_4 \sum X_4$$

$$30,4 = 9a + (0,7) 18 + (0,067) 18 + (-0,47) 18 + (0,4) 18$$

$$30,4 = 9a + 12,6 + 1,8 - 8,46 + 7,2$$

$$30,4 = 9a - 17,26$$

$$a = \frac{30,4+17,26}{9} = 1,9178$$

$$a = 1,9178$$

dengan rumus diatas maka didapat persamaan *regresi* sbb :

$$\hat{Y} = a + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_4X_4$$

$$\text{Replika 1 : } Y_1 = 1,9178 + (0,7) 1 + (0,067) 1 + (-0,47) 1 + (0,4) 2$$

$$= 1,9178 + 0,7 + 0,067 - 0,47 + 0,8 = 3,0148$$

Dengan rumus yang sama hasil prediksi *trial* berikutnya dapat dilihat pada tabel

5.21 (lampiran).

5.2.5.2 Uji prediksi produksi pertenunan

1. Contoh perhitungan itarasi I

$$\begin{bmatrix} 9 & 18 & 18 & 18 & 18 \\ 18 & 42 & 36 & 36 & 36 \\ 18 & 36 & 42 & 36 & 36 \\ 18 & 36 & 36 & 42 & 36 \\ 18 & 36 & 36 & 36 & 42 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b1 \\ b2 \\ b3 \\ b4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 173,3 \\ 335,6 \\ 344,8 \\ 346,3 \\ 343,6 \end{bmatrix}$$

$$18 - \frac{18}{9} 9 = 0$$

$$335,6 - \frac{18}{9} \times 173,3 = -11$$

$$42 - \frac{18}{9} 18 = 6$$

$$344,8 - \frac{18}{9} \times 173,3 = -1,8$$

$$36 - \frac{18}{9} 18 = 0$$

$$12762 - \frac{18}{9} \times 173,3 = -0,3$$

$$12796 - \frac{18}{9} \times 173,3 = -3$$

Hingga didapat hasil

9	18	18	18	18	173,3
0	6	0	0	0	-11
0	0	6	0	0	-1,8
0	0	0	6	0	-0,3
0	0	0	0	6	-3

- $6 b_1 = -11$

$$b_1 = -1,8333$$

- $6 b_2 = -1,8$

$$b_2 = -0,3$$

- $6 b_3 = -0,3$

$$b_3 = -0,05$$

- $6 b_4 = -3$

$$b_4 = -0,5$$

$$\sum Y = a n + b_1 \sum X_1 + b_2 \sum X_2 + b_3 \sum X_3 + b_4 \sum X_4$$

$$173,3 = 9a + (-1,8333) 18 + (-0,3) 18 + (-0,05) 18 + (-0,5) 18$$

$$173,3 = 9a - 32,9994 - 5,4 - 0,9 - 9$$

$$173,3 = 9a - 48,2994$$

$$a = \frac{173,3 + 48,2994}{9} = 24,6222$$

dengan rumus diatas maka didapat persamaan *regresi* sbb :

$$\hat{Y} = a + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_4X_4$$

$$\begin{aligned}\text{Replika 1 : } Y_1 &= 24,2222 + (-1,8333) 1 + (-0,3) 1 + (-0,05) 1 + (-0,5) 2 \\ &= 24,222 - 1,8333 - 0,3 - 0,05 - 1 = \mathbf{21,4389}\end{aligned}$$

Dengan rumus yang sama hasil prediksi *trial* berikutnya dapat dilihat pada tabel 5.22 (lampiran)

5.3 Penentuan Level Faktor Optimal Menggunakan *Multi Respon Signal to Noise Ratio (MRSN)*

Perhitungan *MRSN* dilakukan karena kombinasi level faktor optimal dari kedua *variable respon* yang berbeda satu sama lain (putus benang lusi A3 B3 C1 D1 dan produksi pertenunan A1 B1 C2 D1) maupun dengan *Orthogonal Array*.

Langkah-langkah menghitung *MRSN*

5.3.1 Menghitung *quality Loss* (L_{ij}) putus lusi.

Untuk mencapai/menurunkan putus benang lusi dari 5,4 helai menjadi 3,2337 helai, dibutuhkan biaya sebesar Rp. 5.000,- terdiri dari biaya tetap antara lain : biaya depresiasi, biaya perawatan, biaya tenaga kerja tidak langsung dan lain-lain, sehingga selisih yang dihasilkan adalah : $5,4 - 3,2337 = 2,1663$. Dengan menggunakan rumus $k = L/\Delta^2$ maka koefisien fungsi kerugian (k) = $5.000, - / (3,2337)^2 = 1068,7028$, dan fungsi

perhitungan *loss function* untuk karakteristik *Small The Better* dapat dicari dengan menggunakan rumus :

$$L_{ij} = k \frac{1}{n_i} \sum_{k=1}^n Y_{ijk}^2$$

Contoh perhitungan pada eksperimen pertama:

$$L_1 = 1068,7028 \cdot \frac{1}{3} \cdot (3^2 + 2,6^2 + 3^2) = 8820,3604$$

Hasil selengkapnya dengan cara yang sama perhitungan *quality loss* dapat dilihat pada tabel 5.23 dan dapat dilihat bahwa *L* maksimum untuk respon putus benang lusi pada **26586,1788**

5.3.2 Menghitung normalisasi *quality loss* (C_{ij}) putus benang lusi

Normalitas *quality loss* untuk *variable respon* putus benang lusi :

$$C_{ij} = \frac{L_{ij}}{L_{max}}$$

Dimana : C_{ij} = Normalitas *quality loss*

L_{ij} = *quality loss*

L_{max} = nilai max dari *quality loss*

Contoh perhitungan pada *eksperimen* pertama :

Quality loss 1 = 8820,36044

$$\text{Quality loss max} = 26586.1788 \qquad C_1 = \frac{8820,36044}{26586,1788} = 0,3318$$

Hasil selengkapnya dengan cara yang sama perhitungan normalisasi *quality loss* dapat dilihat pada tabel 5.23 (lampiran)

5.3.3 Menghitung *quality Loss* (L_{ij}) produksi pertenenan

Untuk mencapai/menaikkan target produksi pertenenan dari 17,96 m, menjadi 19,3259 m dibutuhkan biaya tetap yang terdiri antara lain : biaya depresiasi, biaya perawatan, biaya tenaga kerja tidak langsung, biaya bunga dan lain-lain sebesar Rp. 5.000,- sehingga selisih yang dihasilkan adalah : $19,32593 - 17,6 = 1,36593$, Dengan menggunakan rumus $k = L/\Delta^2$ maka koefisien fungsi kerugian (k) = $5.000/(1,36593)^2 = 2679,8662$ dan fungsi perhitungan *loss function* untuk karakteristik *Large the Better* dapat di cari dengan menggunakan rumus :

$$L_{ij} = k \frac{1}{n_i} \sum_{k=1}^n \frac{1}{Y_{ijk}^2}$$

Contoh perhitungan pada *eksperimen* pertama

$$L_1 = 2679,8662 \times 1/3 \times \left(\frac{1}{22,2^2 + 22,7^2 + 22,1^2} \right) = 5,3751$$

Hasil selengkapnya dengan cara yang sama perhitungan *quality loss* dapat dilihat pada tabel 5.24 (lampiran) dan dapat dilihat bahwa L maksimum untuk *respon* produksi pertenenan pada 9,5330

5.3.4 Menghitung normalisasi *quality loss* (C_{ij}) produksi pertenenan

Normalitas *quality loss* untuk *variable respon* produksi pertenenan:

$$C_{ij} = \frac{L_{ij}}{L_{max}}$$

Dimana :

C_{ij} = Normalitas *quality loss*

L_{ij} = *quality loss*

$L_{\max}$ = nilai *max* dari *quality loss*

Contoh perhitungan pada eksperimen pertama

Quality loss 1 = 5,3751

$$\text{Quality loss max} = 9,5330 \quad C_1 = \frac{5,3751}{9,5330} = 0,5638$$

Hasil selengkapnya dengan cara yang sama perhitungan normalisasi *quality loss* dapat dilihat pada tabel 5.24 (lampiran)

5.3.5 Menghitung *Total Normalized Quality Loss (TNQL)*

$$TNQL = W \times C_{ij}$$

Penentuan pembobotan (*w*) didasarkan atas pentingnya serta dominannya putus benang lusi untuk proses pembuatan kain dengan mesin tenun dan pertimbangan jumlah produksi pertenunan, dipilih istilah linguistiknya “tinggi” dan “sedang”. Tingkat kepentingan *relative* ditunjukkan oleh tabel *linguistic term*. Istilah tersebut dikonversikan kedalam bilangan *fuzzy*. Berdasarkan tabel *Cryps Scores of fuzzy number*, diperoleh

- a. *Respon* putus benang lusi = 0,750
- b. *Respon* produksi pertenunan = 0,583
- c. Bobot putus benang lusi (*w*) = $0,750 / (0,750 + 0,583) = 0,5626$
- d. Bobot produksi pertenunan = $0,583 / (0,750 + 0,583) = 0,4374$

Contoh perhitungan pada eksperimen pertama

$$TNQL_1 = (0,5626 \times 0,3318 + 0,4374 \times 0,5638) = 0,4333$$

Hasil selengkapnya dengan cara yang sama perhitungan *TNQL* dapat dilihat pada tabel 5.25 berikut.

5.4 Menghitung *Multi Response Signal to Noise Ratio (MRSN)*

Menghitung *MRSN* antara putus benang lusi dengan produksi pertenunan

$$MRSN_{ij} = - 10 \log (TNQL_{ij})$$

Contoh perhitungan pada eksperimen pertama:

$$MRSN_1 = - 10 \log 0,4333 = 3,6324$$

Hasil selengkapnya dapat dilihat pada tabel 5.26 berikut.

Nilai *MRSN* terbesar atau maksimal adalah 3,8578 dengan demikian nilai optimal respon ada pada A1 B2, C2, D2, artinya masih ada didalam *array orthogonal* eksperimen, sehingga tidak perlu dilakukan uji konfirmasi dan bisa dilakukan uji beda

5.5 Uji Beda

5.5.1 Uji beda hasil kondisi awal dengan hasil prediksi putus benang lusi

Uji beda dilakukan untuk mengetahui apakah data hasil kondisi prediksi lebih baik dari data hasil kondisi awal

Hipotesis :

H_0 : tidak ada perbedaan rerata hasil eksperimen jumlah putus benang lusi pada prediksi usulan dan pada kondisi standar

H_1 : kondisi prediksi lebih baik dari kondisi standar

Tingkat *signifikansi* : $\alpha = 5 \%$

Diketahui :

$$H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0$$

$$H_1 : \mu_1 - \mu_2 > 0 \quad n_1 = 3 \quad n_2 = 3$$

$$\bar{X}_1 = 5,4$$

$$\bar{X}_2 = 2,3333$$

$$\sum (X_{i1} - \bar{X}_1)^2 = 0,26$$

$$\sum (X_{i2} - \bar{X}_2)^2 = 0,6667$$

$$S_1^2 = \frac{1}{n_1-1} \sum (X_{i1} - \bar{X}_1)^2 = \frac{0,26}{3-1} = 0,13$$

$$S_2^2 = \frac{1}{n_2-1} \sum (X_{i2} - \bar{X}_2)^2 = \frac{0,6667}{3-1} = 0,33$$

Tabel 5.21. Perbandingan kondisi standar dengan hasil kondisi prediksi

No	Industri	$(X_i - \bar{X})^2$	Prediksi	$(X_i - \bar{X})^2$
1	5,10	0,09	2,00	0,11
2	5,80	0,16	3,00	0,44
3	5,30	0,01	2,00	0,11
Jumlah	16,20	0,26	7,00	0,66
Rerata	5,40		2,33	
S^2		0,13		0,33

$$\begin{aligned}
 t_0 &= \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{(n_1-1)S_1^2 + (n_2-1)S_2^2}} \sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 - 2)}{n_1 + n_2}} \\
 &= \frac{5,4 - 2,33}{\sqrt{(2) 0,13 + (2) 1,33}} \sqrt{\frac{3 \times 3 (6 - 2)}{3 + 3}} \\
 &= \frac{3,06}{2,92} \times 2,44 = 2,56
 \end{aligned}$$

Kriteria pengujian t_{hitung} , yaitu

H_0 diterima apabila $t_{hitung} \leq t_{tabel}$

H_1 ditolak apabila $t_{hitung} > t_{tabel}$

Membandingkan nilai t_{hitung} dengan t_{tabel} dengan $\alpha = 0,05$

$$T_{tabel} = t_{0,05 (n_1 + n_2 - 2)} = t_{0,05 (3 + 3 - 2)} = t_{0,05 (4)} = 2,13$$

Karena $t_{hitung} = 2,56 > t_{tabel} = 2,13$ artinya kondisi rerata hasil eksperimen jumlah putus benang lusi dipertenunan lebih baik daripada hasil kondisi standar industri.

Kesimpulan : berarti pada kondisi prediksi menghasilkan putus lusi yang lebih baik.

5.5.2 Uji beda kondisi standar dan kondisi prediksi produksi

pertenunan

uji beda dilakukan untuk mengetahui apakah data hasil kondisi usulan lebih baik dari data hasil kondisi standar

Hipotesis :

H_0 : tidak ada perbedaan rerata hasil eksperimen jumlah produksi pada kondisi usulan dan pada kondisi standar

H_1 : kondisi usulan lebih baik dari kondisi standar

Tingkat signifikansi : $\alpha = 5 \%$

Diketahui :

$$H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0$$

$$H_1 : \mu_1 - \mu_2 < 0 \quad n_1 = 3 \quad n_2 = 3$$

$$\bar{X}_1 = 17,96 \quad \bar{X}_2 = 20,9$$

$$\sum(X_{i1} - \bar{X}_1)^2 = 0,0896 \quad \sum(X_{i2} - \bar{X}_2)^2 = 2,54$$

$$S_1^2 = \frac{1}{n_1-1} \sum(X_{i1} - \bar{X}_1)^2 = \frac{0,0896}{3-1} = 0,0448$$

$$S_2^2 = \frac{1}{n_2-1} \sum(X_{i2} - \bar{X}_2)^2 = \frac{2,54}{3-1} = 1,27$$

Tabel 5.22. Kondisi standar industri dengan hasil prediksi

No.	Industri	$(X_i - \bar{X})^2$	Prediksi	$(X_i - \bar{X})^2$
1	17,8	0,02	21,5	0,36
2	18,2	0,05	19,6	1,69
3	17,8	0,00	21,6	0,49
Jumlah	53,8	0,08	62,7	2,54
Rerata	17,9		20,9	
S^2		0,04		1,27

$$t_0 = \frac{\bar{X}_2 - \bar{X}_1}{\sqrt{(n_1-1)S_1^2 + (n_2-1)S_2^2}} \sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 - 2)}{n_1 + n_2}}$$

$$= \frac{20,9 - 17,96}{\sqrt{(2)0,0448 + (2)1,27}} \sqrt{\frac{3 \times 3 (6-2)}{3+3}} = \frac{2,94}{2,6296} \times 2,4495 = 2,7864$$

Kriteria pengujian t_{hitung} , yaitu

H_0 = diterima apabila $t_{hitung} \leq t_{tabel}$

H_1 = ditolak apabila $t_{hitung} < t_{tabel}$

Membandingkan nilai t_{hitung} dengan t_{tabel} dengan $\alpha = 0,05$

$$T_{tabel} = t_{0,05 (n_1 + n_2 - 2)} = 2,13$$

Karena $t_{hitung} > t_{tabel} = 2,7864 > 2,13$ ada perbedaan hasil eksperimen jumlah produksi pertenunan.

Kesimpulan : berarti pada kondisi prediksi menghasilkan produksi yang lebih baik.