

5.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan selalu memperhatikan kecermatan pembacaan skala alat ukur dan kinerja mesin selama eksperimen berlangsung.

5.3.1 Hasil Eksperimen Kondisi Mesin Awal

Perusahaan PT. Industri mempunyai kemampuan mesin awal dengan besarnya kuat tekan sebesar 42.6 kg/cm^2 atau 639 Psi. Dan berdasarkan data spesifikasi teknis dari mesin pres tersebut pada bab 4.3 Bahan baku dan alat, maka identifikasi beberapa faktor pendukung terdiri dari :

- 1 Setelan *Relief Valve* (0.5 putaran menutup)
- 2 Diameter Pipa. (1/2 inchi)
- 3 Diameter penghubung pipa *relief valve* (1/2 inchi)
- 4 Viskositas Fluida Oli (SAE 20)
- 5 Putaran Motor Listrik (3.000 Rpm)

Dengan hasil pengamatan 8 kali eksperimen dari performa kondisi mesin awal terhadap kemampuan kuat tekan dan debit aliran bocor disampaikan pada tabel dibawah ini.

Tabel. 5.5. Kuat Tekan Kondisi Mesin Awal (Psi)

1	2	3	4	5	6	7	8	Rerata
630	617	624	630	611	687	630	693	640.25

Tabel. 5.6. Debit Bocor Aliran Kondisi Mesin Awal (m^3/jam)

1	2	3	4	5	6	7	8	Rerata
3.7	2.0	4.0	4.1	3.7	4.7	3.7	4.0	3.74

5.3.2. Hasil Eksperimen Kuat Tekan

Dibawah ini adalah data hasil pengujian performa mesin pada kekuatan tekan mesin pres hidrolik (Psi)

Tabel 5-7. Data Kuat Tekan Mesin Pres Hidrolik (Psi)

		L4 OA (OUTER ARRAY)																
		F					1			2								
		L8 OA (INNER ARRAY)					Data Percobaan											
		A	B	C	D	E												
		Column Number					Y1		Y2		Y3		Y4					
Trial		1	2	3	4	5												
1		1	1	1	1	1	555	544	545	505	510	605	555	611				
2		1	1	2	2	2	545	500	540	545	529	594	510	600				
3		1	2	1	2	2	630	617	624	630	611	687	630	693				
4		1	2	2	1	1	665	652	658	605	652	725	665	732				
5		2	1	1	1	2	540	500	540	491	524	589	540	594				
6		2	1	2	2	1	520	510	545	520	504	567	520	572				
7		2	2	1	2	1	710	710	703	646	689	774	710	781				
8		2	2	2	1	2	782	774	774	782	759	852	782	860				

5.3.3. Hasil Eksperimen Debit Bocor Aliran

Pada penerapan kondisi mesin awal dengan diperoleh kemampuan debit bocor aliran mencapai $0,063 \text{ m}^3/\text{mnt}$ atau $3.75 \text{ m}^3/\text{jam}$

Tabel 5-8. Data Debit Bocor Aliran (m³/jam)

L4 OA (OUTER ARRAY)													
						1				2			
L8 OA (INNER ARRAY)						Data Percobaan							
A B C D E													
Column Number						Y1		Y2		Y3		Y4	
Trial	1	2	3	4	5								
1	1	1	1	1	1	6.8	5.8	5.8	6.8	5.8	6.8	6.8	6.8
2	1	1	2	2	2	4.6	4.6	3.6	4.6	2.6	3.6	3.6	4.6
3	1	2	1	2	2	3.7	2.0	4.0	4.1	3.7	4.7	3.7	4.0
4	1	2	2	1	1	6.1	7.1	6.1	7.1	8.1	6.1	8.1	8.1
5	2	1	1	1	2	3.6	4.0	3.6	4.0	3.6	4.6	3.6	4.6
6	2	1	2	2	1	5.3	5.3	5.3	5.3	4.3	5.3	5.3	5.3
7	2	2	1	2	1	5.1	7.0	7.0	7.2	6.0	7.0	6.0	7.8
8	2	2	2	1	2	2.2	4.0	3.0	4.0	2.0	3.0	2.0	2.0

5.4. Pengolahan Data

Proses pengolahan data statistik hasil pengujian dilakukan menggunakan metode taguchi multirespon.

5.4.1. Kuat Tekan

Data selengkapnya dalam uji kuat tekan mesin tercantum pada tabel 5.7 diatas.

5.4.1.1. Uji Normalitas Data

Uji normalitas dilakukan untuk mengetahui apakah data – data yang digunakan normal dan agar langkah – langkah selanjutnya dapat dipertanggungjawabkan.

Langkah-langkah uji normalitas data :

1. Menentukan hipotesis

Ho : Data hasil eksperimen kuat tekan berdistribusi normal.

Hi : Data hasil eksperimen kuat tekan tidak berdistribusi normal.

Membuat daftar distribusi frekuensi dengan langkah-langkah sebagai berikut :

- a. Menentukan rentang (R), dengan rumus :

$$R = \text{data tertinggi} - \text{data terendah} = 860 - 491 = 369$$

- b. Menentukan jumlah kelas interval dengan aturan Sturges, yaitu :

$$k = 1 + 3,32 \log n = 1 + 3,32 \log (64) = 6.99651751 \approx 7$$

Menentukan panjang kelas interval p, dengan rumus :

$$p = \frac{R}{k} = 369/7 = 52.71$$

- c. Menyusun tabel distribusi frekuensi

Tabel 5-9. Daftar Distribusi Frekuensi Kuat Tekan

No	Class Limit			class Boundaries			frek kum	frequency
		<			-			
1	491.00	<	543.71	490.95	-	543.76	17	17
2	543.71	<	596.43	543.66	-	596.48	29	12
3	596.43	<	649.14	596.38	-	649.19	40	11
4	649.14	<	701.86	649.09	-	701.91	48	8
5	701.86	<	754.57	701.81	-	754.62	54	6
6	754.57	<	807.29	754.52	-	807.34	62	8
7	807.29	<	860.00	807.24	-	860.05	64	2
TOTAL DATA								64

2. Perhitungan nilai rata-rata (\bar{x}) dan simpangan baku (σ)

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

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

Untuk kuat tekan :

$$\bar{x} = \frac{40,174.57}{64} = 627.73$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{n \sum O_i X_i^2 - (\sum O_i X_i)^2}{n(n-1)}} = \sqrt{\frac{(64 \times 25,817,347.31) - (40,174.57)^2}{64(64-1)}} = 97.48$$

Tabel 5-10.Data Frekuensi Kuat Tekan

no	Class Limit			observation freq (O _i)	Center point(X _i)	X _i ²	O _i x X _i	O _i x X _i ²
1	491.00	<	543.71	17	517.36	267,658.41	8,795.07	4,550,193.03
2	543.71	<	596.43	12	570.07	324,981.43	6,840.86	3,899,777.20
3	596.43	<	649.14	11	622.79	387,862.05	6,850.64	4,266,482.51
4	649.14	<	701.86	8	675.50	456,300.25	5,404.00	3,650,402.00
5	701.86	<	754.57	6	728.21	530,296.05	4,369.29	3,181,776.28
6	754.57	<	807.29	8	780.93	609,849.43	6,247.43	4,878,795.47
7	807.29	<	860.00	2	833.64	694,960.41	1,667.29	1,389,920.83
Total				64		3,271,908.04	40,174.57	25,817,347.31

3. Menentukan Frekuensi Harapan

$$Z_x = \frac{x - \bar{x}}{\sigma}$$

Contoh perhitungan:

$$Z_{bl} = \frac{543.66 - 627.73}{97.48} = -0.862 \quad Z_{al} = \frac{596.48 - 627.73}{97.48} = -0.321$$

Setelah itu dicari nilai P (Z < Z_b), P (Z < Z_a) dengan tabel distribusi normal.

Untuk kelas kedua frekuensi harapan didapat dari perhitungan :

$$e_i = (0.374 - 0.194) \times 64 = 11.497$$

Data perhitungan selengkapnya ada pada tabel berikut :

Tabel 5-11. Daftar Penolong Uji Normalitas Kuat Tekan

no	Class Boundaries			Z bawah (Zb)	Z atas (Za)	P(Z<Zb)	P(Z<Za)	P P(Z<Za)- P(Z<Zb)	frek obs (oi)	frek hrpn (ei)
1	490.95	-	543.76	-1.403	-0.861	0.000	0.194	0.194	17	12.432
2	543.66	-	596.48	-0.862	-0.321	0.194	0.374	0.180	12	11.497
3	596.38	-	649.19	-0.322	0.220	0.374	0.587	0.213	11	13.623
4	649.09	-	701.91	0.219	0.761	0.587	0.776	0.190	8	12.135
5	701.81	-	754.62	0.760	1.302	0.776	0.903	0.127	6	8.126
6	754.52	-	807.34	1.301	1.842	0.903	0.967	0.064	8	4.090
7	807.24	-	860.05	1.841	2.383	0.967	1.000	0.033	2	2.098
Total									64	64

Tabel 5-12. Data Penggabungan Kelas Untuk Kuat Tekan

no	Class Boundaries			frek obs (oi)	frek hrpn (ei)	Chi-hitung
	1	490.95	-	543.76	17	
2	543.66	-	596.48	12	11.497	0.022
3	596.38	-	649.19	11	13.623	0.505
4	649.09	-	701.91	8	12.135	1.409
5	701.81	-	754.62	6	8.126	0.556
6	754.52	-	807.34	8	4.090	3.738
7	807.24		860.05	2	2.098	0.005
Total				64	64	7.910

Perhitungan Chi – kuadrat:

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

$$\chi^2_{hitung} = \frac{(17 - 12.432)^2}{12.432} + \frac{(12 - 11.497)^2}{11.497} + \dots + \frac{(2 - 2.098)^2}{2.098}$$

$$= 1.679 + 0.022 + \dots + 0.005 = 7.910$$

Hipotesis :

H₀ : Data hasil eksperimen kuat tekan berdistribusi normal

H_1 : Data hasil eksperimen kuat tekan tidak berdistribusi normal

Tingkat signifikansi : $\alpha = 5 \%$

Ketentuan pengujian χ^2_{hitung} , yaitu :

H_0 tidak ditolak apabila $\chi^2_{\text{hitung}} \leq \chi^2_{\text{tabel}}$

H_0 ditolak apabila $\chi^2_{\text{hitung}} > \chi^2_{\text{tabel}}$

Membandingkan nilai χ^2_{hitung} dengan χ^2_{tabel} .

$\alpha = 0,05$

$dk = n - k - 1 = 7 - 2 - 1 = 4$

$\chi^2_{\text{tabel}} = 9.488$

5-13.Tabel χ^2

df	$X^2_{0,05}$	$X^2_{0,025}$	$X^2_{0,01}$	$X^2_{0,005}$	Df
1	3.841	5.024	6.635	7.879	1
2	5.991	7.378	9.210	10.597	2
3	7.815	9.348	11.345	12.838	3
4	9.488	11.143	13.277	14.860	4
5	11.070	12.832	15.086	16.750	5
dst	Dst	Dst	Dst	Dst	Dst

Karena $\chi^2_{\text{hitung}} \leq \chi^2_{\text{tabel}}$ yaitu $7.910 \leq 9.488$ maka H_0 tidak ditolak artinya data hasil eksperimen kuat tekan berdistribusi normal.

5.4.1.2.Uji Homogenitas Variansi

Pengujian k buah ($k \geq 2$) variansi populasi normal dilakukan dengan menggunakan uji Bartlett.

Menentukan hipotesis

H_0 : Data proporsi kuat tekan hasil eksperimen homogen

H_1 : Data proporsi kuat tekan hasil eksperimen tidak homogen

Membuat tabel penolong Uji Bartlett :

Tabel 5-14. Daftar Penolong Uji Bartlett Untuk Kuat Tekan

Replikasi	N-1	1/N-1	Si ²	Log Si ²	(N-1)logSi ²
1	31	0.032258	8191.028226	3.913338	121.3134911
2	31	0.032258	11166.51512	4.047918	125.4854474
Jumlah	62				246.7989385

Menghitung variansi gabungan dari semua sampel (s^2)

$$s^2 = \frac{\sum (N_i - 1) s_i^2}{\sum (N_i - 1)} = \frac{\{(31 \times 8,191.028226) + (31 \times 11,166.51512)\}}{62} = 9,678.772$$

Menghitung harga satuan B

$$B = (\text{Log } s^2) \sum (N_i - 1)$$

$$B = \text{Log } 9,678.772 \times 62 = 247.1209$$

Menghitung χ^2_{hitung} :

$$\chi^2_{\text{hitung}} = (\ln 10) \{B - \sum (n_i - 1) \log s_i^2\}$$

$$\chi^2_{\text{hitung}} = 2,3026 \{247.1209 - 246.7989385\} = 0.74124$$

Menetapkan taraf signifikansi $\alpha = 0,05$

Menetapkan kriteria pengujian:

$$H_0 \text{ diterima apabila } \chi^2_{\text{hitung}} \leq \chi^2_{\text{tabel}}$$

$$H_0 \text{ ditolak apabila } \chi^2_{\text{hitung}} > \chi^2_{\text{tabel}}$$

$$\chi^2_{\text{tabel}} \text{ diperoleh dari tabel distribusi Chi - kuadrat dengan peluang } \alpha = 0,05$$

dan derajat kebebasan (dk) = 2 - 1 = 1 yaitu 3,841.

$$\chi^2_{\text{hitung}} = 0.74124$$

$$\text{Karena } \chi^2_{\text{hitung}} \leq \chi^2_{\text{tabel}} \text{ yaitu } 0.74124 \leq 3,841 \text{ maka } H_0 \text{ diterima, artinya data}$$

kuat tekan homogen.

5.4.1.3. Analisis Variansi (ANOVA)

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

1. Menyatakan hipotesis

Hipotesis awal (H_o dan H_1)

Berdasarkan tujuan dari penelitian ini mengetahui pengaruh dari faktor kendali terhadap rerata jumlah kuat tekan mesin pres hidrolik, maka didapatkan persamaan :

$$Y \text{ target} = \mu + A_i + B_j + C_k + D_l + E_m + e$$

Y target = jumlah kuat tekan maksimal

Faktor A = Setingan Relief Valve

Faktor B = Diameter Pipa

Faktor C = Diameter Connector Pipa Relief Valve

Faktor D = Viskositas Oli

Faktor E = Putaran Motor

Hipotesis :

Faktor A

H_o : tidak ada pengaruh Setingan Relief Valve terhadap rata-rata besarnya kuat tekan.

H_1 : ada pengaruh Setingan Relief Valve terhadap rata-rata besarnya kuat tekan.

Faktor B

H_o : tidak ada pengaruh diameter pipa terhadap rata-rata besarnya kuat tekan.

H_1 : ada pengaruh diameter pipa terhadap rata-rata besarnya kuat tekan.

Faktor C

H_o : tidak ada pengaruh Diameter Connector Pipa Relief Valve terhadap rata-rata besarnya kuat tekan.

H_1 : ada pengaruh Diameter Connector Pipa Relief Valve terhadap rata-rata besarnya kuat tekan.

Faktor D

H_o : tidak ada pengaruh Viskositas Oli terhadap rata-rata besarnya kuat tekan

H_1 : ada pengaruh Viskositas Oli terhadap rata-rata besarnya kuat tekan

Faktor E

H_o : tidak ada pengaruh Putaran Motor terhadap rata-rata besarnya kuat tekan.

H_1 : ada pengaruh Putaran Motor terhadap rata-rata besarnya kuat tekan.

2. Menyatakan harga-harga Sum of Square (SS) atau jumlah kuadrat (JK) yang meliputi :

a. *Total Sum of Square* (SST) atau jumlah kuadrat total.

$$SST = \left[\sum_{i=1}^N y_i^2 \right] - \frac{T^2}{N}$$

$$\begin{aligned} T &= \sum_{i=1}^{64} y_i = 555 + 544 + 545 + \dots + 860 \\ &= 39,933 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T^2 &= 39,933^2 \\ &= 1,594,644,489 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^{64} y_i^2 &= 555^2 + 544^2 + 545^2 + \dots + 860^2 \\ &= 25,526,429 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Sehingga SST} &= 25,526,429 - \frac{1,594,644,489}{64} \\
&= 25,526,429 - 24,916,320.14 \\
&= 610,108.86
\end{aligned}$$

b. *Sum of Square due to the mean* atau jumlah kuadrat rata-rata.

$$SSA = \left[\sum_{i=1}^{k_A} \left(\frac{A_i^2}{n_{Ai}} \right) - \frac{T^2}{N} \right]$$

$$\sum_{i=1}^{64} \left(\frac{A_i^2}{n_{Ai}} \right) = \left(\frac{(555 + 544 + 545 + \dots + 732)^2}{32} \right) + \left(\frac{(540 + 500 + 540 + \dots + 860)^2}{32} \right)$$

$$= 11,602,948.78 + 13,343,778$$

$$= 24,946,726.78$$

$$SSA = 24,946,726.78 - \frac{1,594,644,489}{64} =$$

$$= 24,946,726.78 - 24,916,320.14 = 30,406.64$$

Dengan cara yang sama diperoleh nilai SSB, SSC, SSD, dan SSE sebagaimana terlihat dalam tabel dibawah.

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

a. *Degree of freedom total* (dfT)

$$df_T = N - 1$$

$$= 64 - 1 = 63$$

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

$$df_A = k_A - 1 = 2 - 1 = 1$$

c. *Degree of freedom error* (df_e)

$$\begin{aligned} df_e &= df_T - df_{faktor} \\ &= 63 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1 = 58 \end{aligned}$$

4. Menghitung *mean of square* (Mq) suatu faktor, contoh faktor A

$$Mq_A = \frac{SS_A}{df_A} = \frac{30,406.64}{1} = 30,406.64$$

5. Menghitung F ratio suatu faktor, contoh faktor A

$$F - \text{ratioA} = \frac{Mq_A}{Mq_e} = \frac{30,406.64}{2,260.37} = 13.4521$$

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

$$\begin{aligned} SSA' &= SSA - (dfA \times Mq_e) \\ &= 30,406.64 - (1 \times 2,260.37) \\ &= 28,146.27 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} PA &= (SSA' / SST) \times 100 \% \\ &= \left(\frac{28,146.27}{610,108.86} \right) \times 100 \% = 0.0461 \end{aligned}$$

8. Menghitung tingkat signifikansi α , $\alpha = 5 \%$

9. Menentukan kriteria pengujian

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

$$H_0 \text{ ditolak jika } F_{hitung} > F_{tabel}$$

10. Mencari F tabel

Untuk kelima faktor kendali A, B, C, D dan E dengan taraf signifikansi 5 %, $dfA = 1$, $dfB = 1$, $dfC = 1$, $dfD = 1$ dan $dfE = 1$. dan $dfe = 58$ diperoleh F tabel untuk masing – masing faktor sebesar 4,00687.

Tabel 5-15. Hasil Perhitungan ANOVA Kuat Tekan

Faktor	SS	Df	Mq	F hitung	F tabel	SS'
A	30,406.64	1	30,406.64	13.4521	4.00687	28,146.27
B	421,687.89	1	421,687.89	186.5569	4.00687	419,427.52
C	8,718.89	1	8,718.89	3.8573	4.00687	6,458.52
D	15,656.27	1	15,656.27	6.9264	4.00687	13,395.89
E	2,537.64	1	2,537.64	1.1227	4.00687	277.27
error	131,101.53	58	2,260.37			
ST	610,108.86	63				

11. Kesimpulan

Karena dari kelima faktor tersebut terlihat bahwa faktor A, B, dan D $F_{hitung} > F_{tabel}$ maka H_0 ditolak, berarti ketiga faktor tersebut berpengaruh terhadap besarnya kuat tekan.

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

Karakteristik kualitas dimana semakin tinggi nilainya, maka semakin baik. Sehingga dalam penentuan level faktor optimal tetap dipilih nilai S/N Ratio yang terbesar (Belavendram, 1995). Nilai S/N Ratio untuk jenis karakteristik LTB adalah :

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

n = jumlah tes di dalam percobaan (*trial*)

Contoh perhitungan :

$$H = -10 \log \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right]$$

$$\eta_1 = -10 \log \left[\frac{1}{8} \left(\frac{1}{555^2 + 545^2 + 510^2 + 555^2 + 544^2 + 505^2 + 605^2 + 611^2} \right) \right]$$

$$= -10 \log 0.000000051 = 72.94639$$

Tabel data hasil perhitungan Mean dan SNR :

Tabel 5-16. Hasil Perhitungan Mean dan SNR Kuat Tekan

Trial	Column Number					Mean	SNR
	A	B	C	D	E		
1	1	1	1	1	1	553.75	72.946
2	1	1	2	2	2	545.38	72.812
3	1	2	1	2	2	640.25	74.198
4	1	2	2	1	1	669.25	74.588
5	2	1	1	1	2	539.75	72.723
6	2	1	2	2	1	532.25	72.593
7	2	2	1	2	1	715.38	75.167
8	2	2	2	1	2	795.63	76.085

5.4.1.5. 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
matriks orthogonal

η = nilai SNR yang digunakan

Berikut ini contoh perhitungan efek faktor A :

$$A_1 = \frac{1}{4} (72.946 + 72.812 + 74.198 + 74.588) = 73.6361$$

$$A_2 = \frac{1}{4} (72.723 + 72.593 + 75.167 + 76.085) = 74.1420$$

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 5-17. Efek Tiap Faktor Kuat Tekan

Level	Faktor kendali				
	A	B	C	D	E
LEVEL 1	73.6361	72.7687	73.7586	74.0856	73.8236
LEVEL 2	74.1420	75.0094	74.0194	73.6925	73.9545
Selisih	-0.5059	-2.2406	-0.2608	0.3932	-0.1310
Position	2	2	2	1	2
Rank	4	5	2	3	1

Kesimpulan:

Formulasi terbaik didapat dari pemilihan nilai SNR dengan level faktor yang paling besar (*Belavendram, 1995*) sehingga didapatkan formulasi A2 B2 C2 D1 E2.