

## Uji Kecukupan dan keseragaman Data

Uji kecukupan data digunakan untuk menentukan bahwa jumlah sampel data yang diambil telah cukup untuk proses inferensi ataupun pengolahan data pada proses selanjutnya. Dalam uji ini akan digunakan persamaan (2-1)

$$N^1 = \left( \frac{k/s \sqrt{N \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}}{\sum X_i} \right)^2, N > N^1 \dots\dots\dots(2-1)$$

*Dimana :*

$N^1$  = Jumlah pengamatan yang seharusnya dilakukan.

$K$  = Tingkat kepercayaan dalam pengamatan. ( $k = 2, 1-\alpha=95\%$ )

$S$  = Derajat ketelitian dalam pengamatan (5%)

$N$  = Jumlah pengamatan yang sudah dilakukan.

$X_i$  = Data pengamatan.

Data pengamatan dianggap cukup apabila  $N^1$  lebih besar dari  $N$ . Sedangkan uji keseragaman data dimaksudkan untuk menentukan bahwa populasi data sampel yang digunakan memiliki penyimbangan yang normal dari nilai rata-ratanya pada tingkat kepercayaan/signifikansi tertentu.

**Batas Atas** : Nilai rata-rata +  $K \cdot SD$

**Garis Tengah** : Nilai rata-rata

**Batas Bawah** : Nilai Rata-rata –  $K \cdot SD$

Data dianggap seragam bila seluruh sampel data berada dalam cakupan range antara batas bawah dan batas atas.

Berikut adalah contoh prosedur pengujian untuk data pada waktu proses pembubutan yang dilakukan oleh mesin bubut\_1.

Data Waktu proses pembubutan sesuai dengan data yang tertera pada gambar 4.4. sebagai berikut :

17.44	16.24	13.74	16.30	12.80	16.42
15.38	13.80	15.09	12.60	15.77	14.85
15.84	14.94	15.33	14.59	15.64	17.85
14.95	12.70	14.54	13.60	15.68	15.38
15.08	16.47	15.18	16.83	15.68	15.58

Dari data yang disajikan diatas, maka dilakukan proses pengitungan untuk dilai :

1. Jumlah data =  $n = 30$  data.
2.  $\sum X_i = x_1 + x_2 + \dots + x_{30} = 17,44 + 15,38 + \dots + 15,58 = 456,285$
3.  $\left(\sum_{i=1}^{30} X_i\right)^2 = (456,285)^2 = 208195,545$
4.  $\left(\sum_{i=1}^{30} X_i^2\right) = x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_{30}^2 = (17,44)^2 + (15,38)^2 + \dots + (15,58)^2 = 6988,085$
5. Nilai mean =  $\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_{30}}{30} = \frac{17,44 + 15,38 + \dots + 15,58}{30} = \frac{456,285}{30} = 15,209$
6. Standar Deviasi
 
$$=SD= s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{(n-1)}} = \sqrt{\frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \dots + (x_{30} - \bar{x})^2}{30-1}} =$$

$$\sqrt{\frac{(17,44 - 15,209)^2 + (15,38 - 15,209)^2 + \dots + (15,58 - 15,209)^2}{29}} = 1,29$$
7.  $N^1 = \left(\frac{k/s \sqrt{N \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}}{\sum X_i}\right)^2 = \left(\frac{2/0,05 \sqrt{30(6988,085) - 208195,545}}{456,285}\right)^2 = 12$
8. Batas atas = BKA =  $\bar{X} + K.SD = 15,209 + (2 \cdot 1,29) = 17,789$
9. Batas Bawah = BKB =  $\bar{X} - K.SD = 15,209 - (2 \cdot 1,29) = 12,63$

Dari hasil perhitungan tersebut terlihat bahwa jumlah data pengamatan yang diambil lebih besar dari jumlah data minimal yang seharusnya diambil, sehingga dapat disimpulkan bahwa jumlah data pengamatan yang diambil telah cukup.

Begitu pula dengan uji keseragaman yang dilakukan, seluruh sampel data yang ada berada dalam range antara 12,63 sampai 17,789 sehingga dapat disimpulkan bahwa data yang diambil telah seragam atau lolos uji keseragaman data.

## Penentuan Distribusi Probabilitas Input yang Sesuai

Seperti telah dikemukakan dalam sub BAB II.7. mengenai Variabel Random, maka walaupun sistem riil yang diamati memiliki karakteristik perubahan yang sangat dinamis, namun kita selaku peneliti sudah semestinya berusaha untuk mendekati mekanisme perubahan yang terjadi pada sistem riil yang diteliti. Pendekatan akan ketidakpastian perubahan sistem bergantung pada fungsi dari setiap elemen yang mempengaruhi sistem yang bersangkutan, yang pada umumnya fungsi tersebut berperilaku sebagai sebuah variabel random.

Setiap elemen sistem riil akan diteliti apakah memiliki karakteristik perubahan – *yang diterjemahkan dalam bentuk ketidakpastian* - yang sesuai dengan fungsi-fungsi teoritis yang sudah ada. Ketidakpastian perubahan sistem akan diterjemahkan dalam bentuk probabilitas yang pada akhirnya akan membentuk sebuah fungsi distribusi probabilitas.

Pendugaan kecocokan antara distribusi probabilitas empiris dengan distribusi probabilitas teoritis sangat diperlukan dalam pembuatan model simulasi. Hal ini akan sangat berguna dan berpengaruh pada pembentukan model simulasi matematis berbasis komputer yang menggunakan analisis numeris yang diterjemahkan dalam bentuk program komputer.

Menurut Averill. M Law dan David W Kelton [17] untuk menentukan distribusi probabilitas yang paling sesuai dari data inputan model simulasi salah satunya adalah menggunakan metode *Heuristic*. Metode ini menetapkan distribusi probabilitas input berdasarkan penyimpangan terkecil dari distribusi probabilitas teoritis yang ada. Sehingga misalkan sebuah populasi sampel dinyatakan berdistribusi Poisson, artinya distribusi probabilitas Poisson merupakan fungsi distribusi yang memiliki penyimpangan terkecil dibandingkan dengan fungsi-fungsi distribusi probabilitas lainnya. Hal itu digunakan karena pada kenyataannya, secara statistik sangat mungkin sebuah distribusi probabilitas populasi sampel data input cocok/sesuai dengan lebih dari satu fungsi distribusi teoritis. Oleh karena itu dalam menentukan fungsi distribusi probabilitas mana yang memiliki penyimpangan terkecil harus dibandingkan dengan fungsi distribusi teoritis yang lain yang secara statistik sesuai/cocok dengan fungsi distribusi probabilitas populasi sampel.

Untuk menguji kesesuaian atau "*Goodness of Fit*" fungsi distribusi probabilitas teoritis terhadap fungsi distribusi probabilitas empiris, dalam penelitian ini penulis menggunakan dua jenis metode yaitu "*Chi Square Goodness of Fit Test*" dan metode "*Kolmogorov-Smirnov Test*".

## Prosedur Pelaksanaan “Goodness of FIT Test”

Berikut ini adalah prosedur pelaksanaan Uji Kesesuaian Distribusi Probabilitas untuk populasi sampel data waktu proses pembubutan pada Mesin Bubut-1.

1. Data Diurutkan Dari mulai data terkecil sampai data terbesar :

Data sebagaimana tercantum dalam gambar 4.4. diurutkan sehingga :

*Tabel 4.13. Data Waktu Proses Mesin Bubut-1 Setelah Sortasi*

ni	Data		
1	12.60	16	15.38
2	12.70	17	15.38
3	12.80	18	15.58
4	13.60	19	15.64
5	13.74	20	15.68
6	13.80	21	15.68
7	14.54	22	15.77
8	14.59	23	15.84
9	14.85	24	16.24
10	14.94	25	16.30
11	14.95	26	16.42
12	15.08	27	16.47
13	15.09	28	16.83
14	15.18	29	17.44
15	15.33	30	17.85

2. Penentuan Range/rentang dengan rumus data terbesar dikurangi data terkecil (persamaan 2.-2).  
Dari data yang tertera di Tabel 4.13. maka dapat disimpulkan bahwa rentang/range =  $17,85 - 12,60 = 5,25$
3. Penentuan banyaknya kelas interval. Bisa Menggunakan aturan Sudjana (Sub Bab. II.8.3.) ataupun aturan Sturges (Persamaan 2-3). Bila kita menggunakan aturan Sturges, maka jumlah kelas interval ditentukan dengan persamaan :

Jumlah Kelas =  $1 + 3,3(\log n) = 1 + 3,3(\log 30) = 1 + 4,87 = 5,87$ . Karena jumlah kelas harus merupakan integer tertentu, maka dibulatkan keatas. Sehingga jumlah kelas adalah 6.

4. Penentuan Panjang kelas interval (p), ditentukan dengan aturan sebagaimana tercantum dalam persamaan 2-4.

$$p = \frac{\text{rentan g}}{\text{Jumlah\_kelas}} = \frac{5,25}{6} = 0,875$$

5. Untuk menentukan dengan distribusi probabilitas teoritis apa sampel akan disesuaikan, maka dibuatlah histogramnya, dan secara visual dilihat kecocokannya dengan sebuah distribusi probabilitas teoritis tertentu.
6. Untuk prosedur heuristic dengan pendekatan uji Chi Square Maka penulis menghitung dengan statistik uji sesuai dengan persamaan 3-3. Dan untuk mencari penyimpangannya digunakan persamaan *Mean Square Errori(MSE)* sebagaimana tercantum dalam persamaan 3-15.

$$\chi^2 = \sum \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \dots\dots\dots(3-3)$$

$O_i$  = frekuensi observasi / empiris

$E_i$  = frekuensi teoritis

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \hat{X}_i)^2}{n}, \text{ Dimana : } \dots\dots\dots(3-15)$$

$X_i$  = Sampel /data Aktual Hasil Pengamatan

$\hat{X}_i$  = Sampel Teoritis

$n$  = Jumlah Pengamata

7. Untuk penentuan Distribusi Probabilitas yang akan dibandingkan dengan dengan distribusi probabilitas Empiris, maka dalam penelitian ini penulis akan membangkitkan bilangan random yang berdistribusi teoritis dengan menggunakan Software Minitab 11.12. Oleh karenanya dengan asumsi bahwa data hasil generator bilangan random software tersebut valid, maka tidak ada uji kerandoman bagi data hasil generator bilangan random. Akan dilakukan uji kesesuaian dengan distribusi teoritis distribusi NORMAL.

Tabel 4.14. Perbandingan data Pengamatan dan data hasil generator bilangan random Distribusi Normal untuk waktu proses Mesin Bubut-1

ni	Data	Teoritis	ni	Data	Teoritis
1	12.60	12.02	16	15.38	15.71
2	12.70	13.20	17	15.38	15.86
3	12.80	13.46	18	15.58	15.91
4	13.60	13.70	19	15.64	16.07
5	13.74	13.71	20	15.68	16.13
6	13.80	13.97	21	15.68	16.13
7	14.54	14.39	22	15.77	16.22
8	14.59	14.40	23	15.84	16.37
9	14.85	14.49	24	16.24	16.42
10	14.94	14.73	25	16.30	16.44
11	14.95	14.73	26	16.42	16.55
12	15.08	14.87	27	16.47	16.59
13	15.09	14.92	28	16.83	17.47
14	15.18	15.03	29	17.44	17.50
15	15.33	15.06	30	17.85	17.68

Berikut ini adalah hasil proses penghitungan untuk uji statistik Chi Square terhadap Sampel data waktu proses Mesin Bubut-1 dengan Distribusi Normal sebagai Distribusi Teoritis.

Tabel 4.15. Perhitungan Uji Chi Square untuk Waktu Proses Mesin Bubut-1 dengan Distribusi Normal sebagai Distribusi Teoritis.

	Interval Kelas	Distribusi Observasi				Distribusi Teoritis			
		F <sub>C</sub>	f <sub>R</sub>	P <sub>C</sub>	P <sub>R</sub>	F <sub>C</sub>	f <sub>R</sub>	P <sub>C</sub>	P <sub>R</sub>
1	12.02- <12.96	3	3	0.103	0.103	1	1	0.033	0.033
2	12.96- <13.90	6	3	0.207	0.103	5	4	0.167	0.133
3	13.90- <14.85	8	2	0.276	0.069	11	6	0.367	0.200
4	14.85- <15.79	22	14	0.759	0.483	16	5	0.533	0.167
5	15.79- <16.73	27	5	0.931	0.172	27	11	0.900	0.367
6	16.73- <17.68	29	2	1.000	0.069	30	3	1.000	0.100
	Jumlah		29		1.000		30		1.000

Sum of Sq.err	Obs P <sup>⊙</sup>	Teori P <sup>⊙</sup>	Square Error	(O <sub>i</sub> -E <sub>i</sub> ) <sup>2</sup> / E <sub>i</sub>	Chi sq Tabel
0.0665	0.10	0.033	0.00492	0.14748	11.070
	0.21	0.167	0.00162	0.00971	p-value
MSD	0.28	0.367	0.00825	0.02249	0.998
0.002	0.76	0.533	0.05075	0.09516	Chi Sq Hitung
	0.93	0.900	0.00096	0.00107	0.276
	1.00	1.000	0	0	FIT
				0.27592	

F<sup>⊙</sup> = Frekuensi Kumulatif

F<sup>⊙</sup> = Frekuensi Relatif

P<sup>⊙</sup> = Probabilitas Kumulatif

P<sup>⊙</sup> = Probabilitas Relatif

Dengan cara yang sama maka telah diuji pula untuk distribusi teoritis selain distribusi normal yang perhitungannya terdapat di Lampiran 1.B.

Sebagaimana telah disebutkan dalam bagian terdahulu, untuk menjaga konsistensi maka penulis selalu menggunakan tingkat signifikansi  $\alpha = 5\%$ . Berikut adalah ringkasan hasil perhitungan untuk uji kesesuaian Data sampel Waktu Proses Mesin bubut – 1 dengan Statistik uji Chi Square.

Tabel 4.16. Ringkasan Hasil Perhitungan Uji Chi Square Untuk Waktu Proses Mesin Bubut-1

Distribusi Teoritis	Chi Square Tabel	P-Value	Chi Square Hitung	Sum of Sq Error	MSE	Ketr
Normal	11.07	1.00	0.103	0.0356	0.001	FIT
LogNormal	11.07	0.996	0.379	0.092	0.003	FIT
Uniform	11.07	0.998	0.282	0.1367	0.005	FIT
Poisson	11.07	0.984	0.686	0.3976	0.013	FIT
Beta	11.07			0.4578	0.015	
Erlang	11.07	0.943	1.221	0.9602	0.032	FIT
Eksponensial	11.07	0.905	1.572	1.4293	0.048	FIT

Untuk data sampel yang sama juga dilakukan uji kesesuaian dengan pendekatan yang berbeda. Selain menggunakan pendekatan tes Chi Square, maka digunakan juga “Kolmogorov-Smirnov Goodness of Fit Test”. Sebagaimana telah disampaikan pada sub Bab III.4.4.2. bahwa Kolmogorov-Smirnov statistik  $D_n = \text{Supreme} |F_n(x) - F_0(x)|$  sebagai ukuran kesesuaian antar distribusi empiris teoritis.  $D_n$  merupakan jarak tegak maksimum antara fungsi empiris  $F_n(X)$  dan

distribusi teoritis  $F_0(X)$  yang dihipotesiskan. Berdasarkan uji Kolmogorov-Smirnov maka  $H_0$  akan ditolak pada taraf  $\alpha$  bila  $D_n > d_{n,\alpha}$  yang memenuhi  $P_{H_0}(D_n > d_{n,\alpha}) = \alpha$  Titik kritis asimot :

$\alpha$	0.01	0.05	0.1
$d_{n,\alpha}$	$1.63/\sqrt{n}$	$1.36/\sqrt{n}$	$1.22/\sqrt{n}$

Untuk analisis awal performansi sistem digunakan ukuran output standar yang dihasilkan dalam satuan waktu tertentu. Jumlah Output dari sistem dalam catatan hasil simulasi replikasi pertama diatas adalah :

Produk Jadi 1\_C : 37  
 Produk Jadi 2\_C : 16 Total Produk Jadi = 37+16 = 53  
 Produk Rusak\_C : 4

Untuk memudahkan analisis, berikut ini adalah ringkasan catatan hasil simulasi yang berupa jumlah produk jadi, jumlah produk rusak, serta tingkat kerusakan produk dari 30 kali replikasi yang dilakukan :

Tabel 4.19. Ringkasan Catatan Hasil Simulasi dari 30 kali Replikasi

Replikasi	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Produk Jadi_1	36	40	43	38	47	50	36	42	45	49	43	42	39	43	46	
Produk Jadi_2	17	18	14	15	8	10	20	17	11	7	13	14	16	17	11	
Failure Prob_1	0.37	0.34	0.30	0.32	0.23	0.19	0.40	0.31	0.24	0.18	0.28	0.32	0.35	0.31	0.23	
Failure Prob_2	0.19	0.14	0.22	0.17	0.43	0.17	0.17	0.11	0.21	0.36	0.24	0.30	0.24	0.11	0.21	
Produk Jadi	53	58	57	53	55	60	56	59	56	56	56	56	55	60	57	
Rusak	4	3	4	3	6	2	4	2	3	4	4	6	5	2	3	
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Mean
	47	42	37	46	44	42	37	47	46	41	55	44	44	45	43	43
	11	11	19	12	16	17	16	10	12	16	5	13	16	13	16	14
	0.22	0.29	0.39	0.25	0.28	0.31	0.38	0.23	0.25	0.32	0.11	0.28	0.29	0.26	0.30	0.3
	0.15	0.35	0.21	0.20	0.06	0.11	0.30	0.29	0.20	0.16	0.29	0.24	0.11	0.19	0.11	0.2
	58	53	56	58	60	59	53	57	58	57	60	57	60	58	59	57
	2	6	5	3	1	2	7	4	3	3	2	4	2	3	2	3

## VALIDASI MODEL SIMULASI

Setelah data hasil simulasi awal diperoleh, maka langkah selanjutnya adalah menggunakan data tersebut untuk menilai validitas model simulasi yang telah dibuat. Sebuah model simulasi

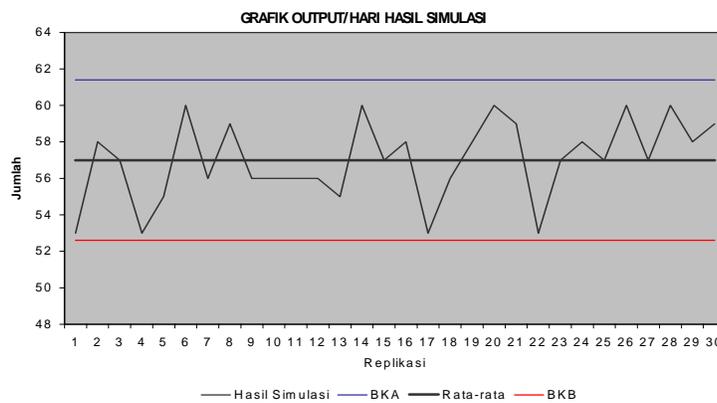
dikatakan valid secara kuantitas apabila model tersebut tidak memiliki perbedaan yang signifikan dengan sistem riil pada setiap ukuran kinerja sistem. Secara kualitatif, model dikatakan valid apabila memiliki alur logika yang sesuai dengan sistem riil yang diamati. Karena ukuran validitas secara kualitatif memiliki sifat yang obyektif – tergantung pada anggapan pemodel, maka dalam penelitian ini penulis akan lebih menitik beratkan pada validasi secara kuantitatif.

### Keseragaman Data Hasil Simulasi

Sebagaimana pada validasi data input, maka pada data hasil simulasi pun diadakan uji keseragaman data guna menentukan bahwa data setiap data simulasi memiliki deviasi yang normal atau tidak terlalu berbeda dari nilai rata-ratanya. Hal ini dimaksudkan untuk mengetahui bahwa perilaku model sistem berada pada kondisi yang relatif tidak begitu memiliki fluktuasi. Bila perilaku model sangat fluktuatif, maka akan sulit bagi peneliti untuk menarik konklusi akan perilaku model sistem yang diamati. Dari tabel 4.19. didapat data bahwa nilai rata-rata output per hari adalah 57 produk. Dengan menggunakan persamaan (2-6) didapat hasil bahwa data hasil simulasi diatas memiliki standar deviasi 2.2. Maka untuk penentuan batas kontrol:

$$10. \text{Batas atas} = \text{BKA} = \bar{X} + K.SD = 57 + (2 \times 2.2) = 61.4$$

$$11. \text{Batas Bawah} = \text{BKB} = \bar{X} - K.SD = 57 - (2 \times 2.2) = 52.6$$



Setelah diketahui sebaran dan hasil simulasi, maka dapat ditentukan interval kepercayaan untuk nilai produk jadi hasil simulasi. Hal itu ditunjukkan oleh persamaan (2-15) :

$$P(E(W_q)) = \bar{W}_q \pm t_{1-\alpha/2, (R-1)} \frac{s}{\sqrt{R}} = 1 - \alpha, \text{ dimana}$$

$W_q$  = Suatu parameter sistem (produk jadi)

$\bar{W}_q$  = Nilai Rata – Rata Parameter dari R kali Replikasi

$s$  = Nilai Standar Deviasi dari sampel nilai Parameter dari R kali replikasi

$1-\alpha$  = Uinterval Konfidensi (95%)

$t_{1-\alpha/2, (R-1)}$  = Nilai fungsi dari distribusi student t dengan tingkat

signifikansi  $\alpha$  dan derajat bebas  $R - 1$ . Kita gunakan pendekatan Distribusi Studen t karena yang diambil adalah kumpulan sampel sehingga variansi populasi tidak diketahui. ( jika variansi populasi tidak diketahui digunakan pendekatan distribusi student t.[32 ]).

(untuk kasus ini dari tabel didapat nilai  $t_{0.975(29)}=2.04$ )

Dengan demikian didapat :

$$\begin{aligned} P(E(W_q)) &= P(\text{Produk Jadi}) = \text{rata-rata produk jadi} \pm 2.04 (2.2 / \sqrt{30}) = 1 - \alpha \\ &= 57 \pm 2.04 (2.2 / \sqrt{30}) = 0.95 \\ &= 57 \pm 0.82 = 0.95 \end{aligned}$$

#### Uji Kesamaan Dua Rata-Rata

Uji kesamaan ini dimaksudkan untuk mengetahui perbandingan performansi cara berproduksi anantara sistem riil dengan model simulasi yang diterjemahkan dalam nilai jumlah rata-rata produk jadi yang diproduksi per hari dari dua populasi tersebut. Jika dalam uji didapat hasil bahwa kedua nilai rata-rata tidak berbeda secara signifikan, maka dapat disimpulkan bahwa model memiliki validitas yang cukup untuk parameter hasil produksi.

Dari dua populasi yang akan diuji, maka hanya data hasil produksi per hari yang diketahui, sedangkan untuk variansi, maupun standar deviasi tidak diketahui. Karena yang akan diuji adalah kesamaan dua populasi, maka uji yang akan dilakukan adalah uji dua sisi. Sesuai dengan dengan sub.BAB III.4.4.7. dengan :

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

: Rata-rata produksi sistem riil = rata-rata produksi model Simulasi

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$$

: Rata-rata produksi sistem riil  $\neq$  Rata-rata produksi model Simulasi

Dengan Statistik Uji :  $t_{hitung} = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\left(\frac{s^2_1}{R_1}\right) + \left(\frac{s^2_2}{R_2}\right)}}$  dan kriteria pengujian adalah menerima

hipotesis  $H_0$  jika :  $-\frac{(W_1.T_1) + (W_2.T_2)}{W_1 + W_2} < t_{hitung} < \frac{(W_1.T_1) + (W_2.T_2)}{W_1 + W_2}$

Dengan :  $W_1 = S^2_1/n_1$  ; dan  $W_2 = S^2_2/n_2$

$$T_1 = t(1 - 0.5\alpha), (n_1 - 1)$$

$$T_2 = t(1 - 0.5\alpha), (n_1 - 1)$$

Berikut adalah tabel proses penghitungan Uji Kesamaan Dua Rata-rata :

Tabel 4.20 Prosedur Penghitungan Uji Kesamaan dua Rata-rata ; t-Test

Replikasi/set data	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Output Sistem/Riil	53	55	54	54	56	54	56	60	59	56	52	59	59	56	55
Output Model/Simulasi	53	58	57	53	55	60	56	59	56	56	56	56	55	60	57

16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Mean
57	57	58	55	57	54	57	52	56	57	55	55	56	59	55	55.94
58	53	56	58	60	59	53	57	58	57	60	57	60	58	59	57.00

Perbedaan Rata-rata	-1.06	t-hitung	-1.91
Std Dev Sistem/riil	2.09	W1=Var1/n1	0.145
Std Dev Model/simulasi	2.20	W2=Var2/n2	0.161
Variansi Sistem/Riil	4.3	T1=T(0.975, 29)	2.04
Variansi Model/Simulasi	4.8	T2=T(0.975, 29)	2.04
		Batas Bawah	-2.04
		Batas Atas	2.04

Mean	55.944	57
Variance	4.350	4.828
Observations	30	30
Pooled Variance	4.589	
Hypothesized Mean Difference		0
df		58
t Stat		-1.910
P(T<=t) one-tail		0.031
t Critical one-tail		1.672
P(T<=t) two-tail		0.061
t Critical two-tail		2.002

Hasil Perhitungan Menggunakan Komputer

$$-\frac{W1.T1 + W2.T2}{W1 + W2} < T \text{ hitung} < \frac{W1.T1 + W2.T2}{W1 + W2}$$

$$-2.04 < -1.91 < 2.04$$

H0: Nilai rata-rata Hasil Simulasi tidak berbeda secara signifikan

H1: Nilai Kedua populasi memiliki perbedaan yang signifikan

kesimpulan : Tidak cukup bukti untuk menyimpulkan bahwa

Nilai Rata-rata kedua populasi berbeda secara signifikan

### Uji Kesamaan Dua Variansi

Dalam melakukan proses pengujian selisih maupun kesamaan dua rata-rata, selalu diasumsikan bahwa kedua populasi memiliki variansi yang sama. Agar hasil uji kesamaan dua rata-rata yang dilakukan di atas benar, maka diperlukan sebuah kepastian bahwa asumsi tentang persamaan dua variansi terpenuhi. Adapun statistik uji untuk melakukan uji ini sebagaimana tercantum dalam sub Bab III.4.4.8. Misalnya kita mempunyai dua populasi normal dengan variansi  $\sigma_1^2$  dan  $\sigma_2^2$ .

Akan diuji dua pihak dalam kesamaannya, maka hipotesis ujinya adalah :

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

$$H_1 : \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$$

Berdasarkan sampel acak yang independen maka diperoleh populasi satu dengan ukuran  $n_1$  dan variansi  $s_1^2$  sedangkan populasi dua dengan ukuran  $n_2$  dan variansi  $s_2^2$ , maka untuk menguji

hipotesisnya digunakan statistik uji :  $F = \frac{s_1^2}{s_2^2}$ . Kriteria pengujian adalah menerima  $H_0$  jika  $F_{1-0.5\alpha}(n_1-1, n_2-1) < F < F_{0.5\alpha}(n_1-1, n_2-1)$ . Berikut adalah prosedur penghitungan Uji kesamaan dua variansi

sebagaimana tercantum pada lampiran II.c :

Tabel. 4.21. Prosedur penghitungan uji kesamaan dua variansi

**F- test ; Uji Kesamaan dua variansi**

Replikasi/Sat Data	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Output Sistem/RII	53	55	54	54	56	54	56	60	59	56	52	59	59	56	55
sq(O-Oi)	866	204	378	210	000	421	000	1645	934	000	1555	759	1146	001	026
Output Model/Simulasi	53	58	57	53	55	60	56	59	56	56	56	56	55	60	57
sq(E-Ei)	16	1	0	16	4	9	1	4	1	1	1	1	4	9	0

16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Mean
57	57	58	55	57	54	57	52	56	57	55	55	56	59	55	55.94
0.56	0.86	5.25	1.07	1.12	4.43	2.01	15.55	0.00	0.45	1.24	0.89	0.01	10.81	0.44	4.35
58	53	56	58	60	59	53	57	58	57	60	57	60	58	59	57
1	16	1	1	9	4	16	0	1	0	9	0	9	1	4	4.83

Variansi Sistem	4.35
V1	29
Variansi Model/Sim	4.83
V2	29

**Statistik Uji :**

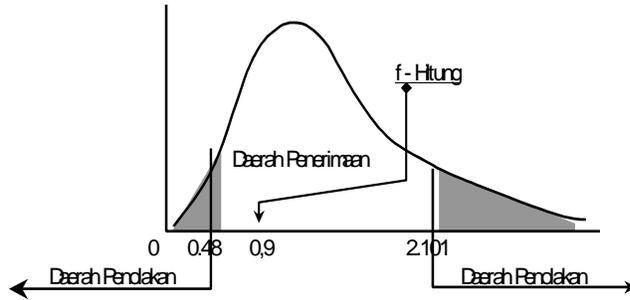
Daerah Kritis:	0.476	dan	2.101
Batas Kiri	0.476		
Batas Kanan	2.101		
f - hitung	0.901		
Hasil	f - hitung terletak antara kritis		

Dari penghitungan didapat bahwa berdasarkan persamaan (2-10)

$$s^2_j = \frac{\sum_{i=1}^R (x_{ij} - \bar{X}_j)^2}{(R-1)}, \text{ dengan } R-1 = 29 \text{ maka variansi untuk sistem riil adalah}$$

4.35, sedangkan variansi untuk model simulasi adalah 4.83. F hitung didefinisikan sebagai  $F = \frac{s_1^2}{s_2^2} =$

$4.35/4.83 = 0.901$ . Untuk penentuan daerah kritis ditentukan batas kiri adalah  $F_{1-0.5\alpha}(n_1-1, n_2-1) = F_{0.975}(29,29) = 0.476$  dengan batas kanan  $F_{0.5\alpha}(n_1-1, n_2-1) = F_{0.025}(29,29) = 2.101$ . Dengan demikian F hitung berada dalam daerah penerimaan sebagaimana terlihat dalam gambar dibawah ini :



Gambar 4.38. Daerah Penerimaan uji Kesamaan Variansi Sistem riil dan Model Simulasi

Uji Kecocokan Model Simulasi

Proses Validasi yang terakhir adalah menguji baha antara hasil model simulasi memiliki kecocokan dengan dengan sistem riil yang diamati. Metode yang digunakan adalah uji Chi-Kuadrat. Sebagaimana telah dikemukakan pada sub BAB III.4.4.1. bahwa uji kecocokan atau disebut uji kompatibilitas, memiliki tujuan adalah menguji apakah frekuensi yang diobservasikan (dihasilkan) melalui model simulasi memang konsisten dengan frekuensi teoritisnya (sistem riil)?. Rumus yang digunakan adalah:

$$\chi^2 = \sum \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \dots\dots\dots(3-3)$$

O<sub>i</sub> = frekuensi observasi (hasil simulasi) dan

E<sub>i</sub> = frekuensi teoritis atau sistem riil dengan derajat bebas = n-1

χ<sup>2</sup> meruapakan ukuran perbedaan antara frekuensi observasi dengan frekuensi teoritis. Apabila tidak ada perbedaan antar frekuensi observasi dengan frekuensi teoritis, maka χ<sup>2</sup> akan semakin besar pula. Berikut dibawah ini adalah prosedur pengujiannya :

**Ringkasan Hasil Simulasi**

Replikasi	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Produk Jadi_1	36	40	43	38	47	50	36	42	45	49	43	42	39	43	46
Produk Jadi_2	17	18	14	15	8	10	20	17	11	7	13	14	16	17	11
Failure Prob_1	0.37	0.34	0.30	0.32	0.23	0.19	0.40	0.31	0.24	0.18	0.28	0.32	0.35	0.31	0.23
Failure Prob_2	0.19	0.14	0.22	0.17	0.43	0.17	0.17	0.11	0.21	0.36	0.24	0.30	0.24	0.11	0.21
Produk Jadi	53	58	57	53	55	60	56	59	56	56	56	56	55	60	57
Rusak	4	3	4	3	6	2	4	2	3	4	4	6	5	2	3

Tabel 4.22.. Prosedur Pengujian Kecocokan Model Simulasi dan Sistem Riil

Gambar 4.39. Perbandingan Jumlah Produk Jadi Hasil Model Simulasi dan Sistem Riil

Grafik perbandingan jumlah produk jadi model simulasi dan sistem riil secara detail dapat dilihat pada lampiran II.c.

Dari penghitungan uji chi Kuadrat didapat hasil bahwa  $\chi^2$  hitung lebih kecil dari  $\chi^2$  tabel, yang

16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Mean
47	42	37	46	44	42	37	47	46	41	55	44	44	45	43	43
11	11	19	12	16	17	16	10	12	16	5	13	16	13	16	14
0.22	0.29	0.39	0.25	0.28	0.31	0.38	0.23	0.25	0.32	0.11	0.28	0.29	0.26	0.30	0.3
0.15	0.35	0.21	0.20	0.06	0.11	0.30	0.29	0.20	0.16	0.29	0.24	0.11	0.19	0.11	0.2
58	53	56	58	60	59	53	57	58	57	60	57	60	58	59	57
2	6	5	3	1	2	7	4	3	3	2	4	2	3	2	3

**Ringkasan Data Pengamatan Pada Sistem Riil**

Hari Ke-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Produk Jadi_1	41	41	41	39	44	40	42	44	41	43	41	41	44	39	38
Produk Jadi_2	12	14	13	15	12	14	14	16	18	13	11	18	15	17	17
Failure Prob_1	0.26	0.33	0.30	0.34	0.26	0.32	0.33	0.35	0.40	0.29	0.26	0.40	0.35	0.38	0.38
Failure Prob_2	0.144	0.21	0.19	0.2	0.176	0.2	0.24	0.238	0.24	0.19	0.17	0.236	0.28	0.21	0.2
Produk Jadi	53	55	54	54	56	54	56	60	59	56	52	59	59	56	55
Rusak	2	4	3	4	3	3	5	5	6	3	2	6	6	5	4

16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Mean
39	45	42	40	43	41	40	40	45	40	43	44	39	41	45	42
18	12	16	15	14	13	17	12	11	17	12	11	17	18	10	14
0.40	0.30	0.37	0.35	0.31	0.30	0.39	0.28	0.24	0.39	0.29	0.25	0.38	0.40	0.26	0.3
0.212	0.29	0.25	0.21	0.2	0.21	0.23	0.17	0.19	0.22	0.25	0.188	0.21	0.24	0.29	0.2
57	57	58	55	57	54	57	52	56	57	55	55	56	59	55	56
5	5	5	4	4	3	5	2	3	5	4	3	5	6	4	4

Uji Kecocokan Hasil Simulasi dan Sistem Riil dengan metode "Chi Square Goodness Of Fit Test"

Pengamatan/n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Hasil Simulasi	53	58	57	53	55	60	56	59	56	56	56	56	55	60	57
Data Riil	53	55	54	54	56	54	56	60	59	56	52	59	59	56	55
$((O_i - E_i)^2) / E_i$	0.00	0.22	0.17	0.04	0.02	0.69	0.00	0.02	0.15	0.00	0.31	0.12	0.32	0.28	0.04

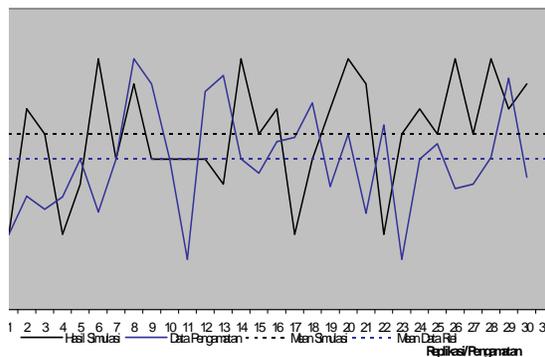
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Mean
58	53	56	58	60	59	53	57	58	57	60	57	60	58	59	57
57	57	58	55	57	54	57	52	56	57	55	55	56	59	55	56
0.03	0.26	0.09	0.17	0.16	0.49	0.33	0.48	0.07	0.00	0.49	0.07	0.28	0.03	0.25	

<b>Chi Square. Hitung</b>	<b>5.59</b>
<b>Chi Square. Tabel</b>	<b>42.56</b>

H0: Distribusi Kedua Populasi Tidak Berbeda Secara Signifikan

H1: Kedua Populasi Berbeda Secara Signifikan

**Kesimpulan : Ho Diterima**



artinya menerima H0 dimana distribusi frekuensi yang dihasilkan oleh model simulasi tidak berbeda secara signifikan dari sistem riil.

Berikut adalah ringkasan uji validasi model beserta hasilnya disajikan dalam bentuk tabel dibawah ini :

*Tabel 4.23.. Ringkasan hasil Uji Validasi Model.*

No.	Metode Validasi	Batas Kritis		Nilai Statistik Uji	Ketr.
		Kiri	Kana		
1.	Keseragaman Output/data	61.4 – 52.6		Mean = 57	Valid
2.	Kesamaan Rata-rata. (t – test)	-2.04 – 2.04		$T_{hit} = -1.91$	Valid
3.	Kesamaan Variansi. (F – Test)	0.476 – 2.101		$F_{hit} = 0.901$	Valid
4.	Kecocokan Distribusi Frekuensi. ( $\chi^2$ – Test)	$X^2_{hit} < 42.56$		$X^2_{hit} = 5.59$	Valid

Dari hasil tersebut, maka penulis dapat menyimpulkan, bahwa model simulasi yang dibuat dapat dinyatakan memiliki validitas yang cukup untuk merepresentasikan sistem riil yang diamati. Dengan demikian maka model simulasi yang dibuat dapat dianalisis lebih dalam guna mengetahui perilaku sistem riil dan kemungkinan pengembangan model bagi peningkatan performansi sistem riil yang ada sebagai hasil dari desain eksperimen yang dilakukan oleh penulis.