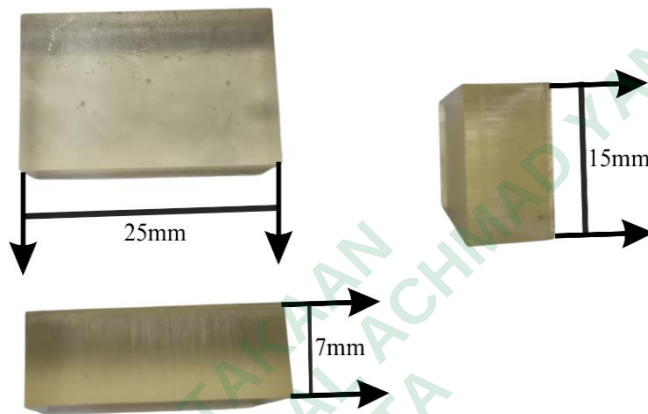


## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Cetak

Hasil cetak sepesimen yang dihasilkan dari proses cetak menggunakan mesin 3D printer *Digital Light Processing* (DLP) (gambar 4.1)



**Gambar 4. 1 Hasil Catak Spesimen**

Spesimen yang telah dicetak selanjutnya diukur menggunakan jangka sorong dengan ketelitian 0.02 mm. Hasil pengukuran digunakan untuk menentukan nilai rata-rata dari *error* dimensi. Pengukuran *error* dimensi dilakukan berdasarkan metode *design of experimen* (DoE), dan hasil berupa *error* dimensi pada sumbu x, y, dan z untuk seluruh 24 spesimen, seperti tercatat dalam tabel 4.1, 4.2, dan 4.3 data *error* dimensi diperoleh dengan menghitung selisih antara dimensi aktual dari benda cetak dengan dimensi yang sudah dirancang dalam desain ASTM-D2240 seperti pada gambar 3.1.

**Tabel 4. 1 Hasil Pengukuran *Error* Dimensi x**

| No | Variabel |    |     | Panjang (x) |       |       | Mean error dimensi |
|----|----------|----|-----|-------------|-------|-------|--------------------|
|    | LT       | ET | BEL | 1           | 2     | 3     |                    |
| 1. | -        | -  | -   | 0,004       | 0,006 | 0,003 | 0,004              |
| 2. | +        | -  | -   | 0,000       | 0,011 | 0,003 | 0,005              |
| 3. | -        | +  | -   | 0,006       | 0,002 | 0,006 | 0,005              |
| 4. | +        | +  | -   | 0,005       | 0,000 | 0,004 | 0,003              |
| 5. | -        | -  | +   | 0,000       | 0,000 | 0,004 | 0,001              |
| 6. | +        | -  | +   | 0,000       | 0,002 | 0,010 | 0,004              |
| 7. | -        | +  | +   | 0,006       | 0,008 | 0,005 | 0,006              |

| No        | Variabel |    |     | Panjang (x) |       |       | Mean error dimensi |
|-----------|----------|----|-----|-------------|-------|-------|--------------------|
|           | LT       | ET | BEL | 1           | 2     | 3     |                    |
| 8.        | +        | +  | +   | 0,000       | 0,000 | 0,003 | 0,001              |
| 9.        | -        | -  | -   | 0,001       | 0,000 | 0,000 | 0,000              |
| 10.       | +        | -  | -   | 0,000       | 0,000 | 0,000 | 0,000              |
| 11.       | -        | +  | -   | 0,004       | 0,000 | 0,003 | 0,002              |
| 12.       | +        | +  | -   | 0,002       | 0,000 | 0,004 | 0,002              |
| 13.       | -        | -  | +   | 0,003       | 0,005 | 0,003 | 0,004              |
| 14.       | +        | -  | +   | 0,000       | 0,000 | 0,002 | 0,001              |
| 15.       | -        | +  | +   | 0,013       | 0,016 | 0,000 | 0,010              |
| 16.       | +        | +  | +   | 0,003       | 0,008 | 0,000 | 0,004              |
| 17.       | -        | -  | -   | 0,000       | 0,000 | 0,000 | 0,000              |
| 18.       | +        | -  | -   | 0,003       | 0,000 | 0,000 | 0,001              |
| 19.       | -        | +  | -   | 0,002       | 0,003 | 0,004 | 0,003              |
| 20.       | +        | +  | -   | 0,000       | 0,002 | 0,006 | 0,003              |
| 21.       | -        | -  | +   | 0,004       | 0,000 | 0,003 | 0,002              |
| 22.       | +        | -  | +   | 0,004       | 0,000 | 0,005 | 0,003              |
| 23.       | -        | +  | +   | 0,008       | 0,000 | 0,012 | 0,007              |
| 24.       | +        | +  | +   | 0,000       | 0,006 | 0,003 | 0,003              |
| Rata-rata |          |    |     |             |       |       | 0,003              |

**Tabel 4. 2 Hasil Pengukuran *Error* Dimensi y**

| No        | Variabel |    |     | Lebar (y) |       |       | Mean error dimensi |
|-----------|----------|----|-----|-----------|-------|-------|--------------------|
|           | LT       | ET | BEL | 1         | 2     | 3     |                    |
| 1.        | -        | -  | -   | 0,013     | 0,000 | 0,007 | 0,007              |
| 2.        | +        | -  | -   | 0,000     | 0,000 | 0,007 | 0,001              |
| 3.        | -        | +  | -   | 0,000     | 0,005 | 0,000 | 0,004              |
| 4.        | +        | +  | -   | 0,003     | 0,005 | 0,003 | 0,005              |
| 5.        | -        | -  | +   | 0,001     | 0,004 | 0,012 | 0,005              |
| 6.        | +        | -  | +   | 0,005     | 0,007 | 0,008 | 0,008              |
| 7.        | -        | +  | +   | 0,005     | 0,012 | 0,007 | 0,010              |
| 8.        | +        | +  | +   | 0,000     | 0,000 | 0,004 | 0,002              |
| 9.        | -        | -  | -   | 0,000     | 0,011 | 0,005 | 0,006              |
| 10.       | +        | -  | -   | 0,000     | 0,001 | 0,007 | 0,004              |
| 11.       | -        | +  | -   | 0,005     | 0,000 | 0,008 | 0,003              |
| 12.       | +        | +  | -   | 0,003     | 0,000 | 0,005 | 0,004              |
| 13.       | -        | -  | +   | 0,005     | 0,007 | 0,009 | 0,004              |
| 14.       | +        | -  | +   | 0,007     | 0,008 | 0,000 | 0,007              |
| 15.       | -        | +  | +   | 0,020     | 0,020 | 0,007 | 0,013              |
| 16.       | +        | +  | +   | 0,000     | 0,011 | 0,012 | 0,006              |
| 17.       | -        | -  | -   | 0,011     | 0,000 | 0,007 | 0,004              |
| 18.       | +        | -  | -   | 0,007     | 0,000 | 0,008 | 0,005              |
| 19.       | -        | +  | -   | 0,004     | 0,004 | 0,012 | 0,004              |
| 20.       | +        | +  | -   | 0,000     | 0,000 | 0,000 | 0,002              |
| 21.       | -        | -  | +   | 0,013     | 0,000 | 0,027 | 0,007              |
| 22.       | +        | -  | +   | 0,004     | 0,007 | 0,007 | 0,006              |
| 23.       | -        | +  | +   | 0,007     | 0,000 | 0,007 | 0,011              |
| 24.       | +        | +  | +   | 0,005     | 0,000 | 0,007 | 0,004              |
| Rata-rata |          |    |     |           |       |       | 0,005              |

Tabel 4. 3 Hasil Pengukuran *Error Dimensi z*

| No        | Variabel |    |     | Tinggi (z) |       |       | Mean <i>error</i> dimensi |
|-----------|----------|----|-----|------------|-------|-------|---------------------------|
|           | LT       | EL | BEL | 1          | 2     | 3     |                           |
| 1.        | -        | -  | -   | 0,074      | 0,060 | 0,066 | 0,067                     |
| 2.        | +        | -  | -   | 0,074      | 0,071 | 0,074 | 0,073                     |
| 3.        | -        | +  | -   | 0,074      | 0,046 | 0,057 | 0,059                     |
| 4.        | +        | +  | -   | 0,066      | 0,074 | 0,060 | 0,067                     |
| 5.        | -        | -  | +   | 0,209      | 0,211 | 0,209 | 0,210                     |
| 6.        | +        | -  | +   | 0,103      | 0,114 | 0,111 | 0,110                     |
| 7.        | -        | +  | +   | 0,194      | 0,186 | 0,203 | 0,194                     |
| 8.        | +        | +  | +   | 0,091      | 0,080 | 0,077 | 0,083                     |
| 9.        | -        | -  | -   | 0,060      | 0,074 | 0,060 | 0,065                     |
| 10.       | +        | -  | -   | 0,071      | 0,089 | 0,086 | 0,082                     |
| 11.       | -        | +  | -   | 0,060      | 0,060 | 0,074 | 0,065                     |
| 12.       | +        | +  | -   | 0,071      | 0,063 | 0,071 | 0,069                     |
| 13.       | -        | -  | +   | 0,209      | 0,191 | 0,191 | 0,197                     |
| 14.       | +        | -  | +   | 0,077      | 0,071 | 0,080 | 0,076                     |
| 15.       | -        | +  | +   | 0,143      | 0,171 | 0,143 | 0,152                     |
| 16.       | +        | +  | +   | 0,114      | 0,086 | 0,094 | 0,098                     |
| 17.       | -        | -  | -   | 0,086      | 0,060 | 0,057 | 0,068                     |
| 18.       | +        | -  | -   | 0,083      | 0,074 | 0,071 | 0,076                     |
| 19.       | -        | +  | -   | 0,074      | 0,083 | 0,060 | 0,072                     |
| 20.       | +        | +  | -   | 0,060      | 0,066 | 0,060 | 0,062                     |
| 21.       | -        | -  | +   | 0,206      | 0,206 | 0,211 | 0,208                     |
| 22.       | +        | -  | +   | 0,097      | 0,103 | 0,111 | 0,104                     |
| 23.       | -        | +  | +   | 0,171      | 0,171 | 0,163 | 0,169                     |
| 24.       | +        | +  | +   | 0,143      | 0,114 | 0,133 | 0,130                     |
| Rata-rata |          |    |     |            |       |       | 0,106                     |

Pengukuran *error* dimensi pada 24 hasil cetak spesimen, menghasilkan rata-rata *error* dimensi x 0,003, rata-rata *error* dimensi y 0,005, dan rata-rata *error* dimensi z 0,106. Rata-rata dari setiap *error* dimensi ini digunakan dalam analisis (DoE) untuk menbandingkan dengan hasil optimasi.

Pengukuran kekerasan permukaan didapat pada spesimen hasil cetak menggunakan alat durometer pada gambar 3.10. Berikut hasil pengukuran kekerasan permukaan 24 spesimen (tabel 4.4)

Tabel 4. 4 Hasil Pengukuran Kekerasan Permukaan k

| No | Variabel |    |     | Kekerasan Permukaan |    |    | Rata-rata |
|----|----------|----|-----|---------------------|----|----|-----------|
|    | LT       | ET | BEL | 1                   | 2  | 3  |           |
| 1. | -        | -  | -   | 71                  | 72 | 70 | 71        |
| 2. | +        | -  | -   | 74                  | 70 | 75 | 73        |
| 3. | -        | +  | -   | 71                  | 76 | 71 | 73        |
| 4. | +        | +  | -   | 68                  | 61 | 68 | 66        |
| 5. | -        | -  | +   | 70                  | 71 | 74 | 72        |
| 6. | +        | -  | +   | 74                  | 73 | 74 | 74        |

| No               | Variabel |    |     | Kekerasan Permukaan |    |    | Rata-rata |
|------------------|----------|----|-----|---------------------|----|----|-----------|
|                  | LT       | ET | BEL | 1                   | 2  | 3  |           |
| 7.               | -        | +  | +   | 73                  | 75 | 75 | 74        |
| 8.               | +        | +  | +   | 74                  | 75 | 74 | 74        |
| 9.               | -        | -  | -   | 74                  | 72 | 73 | 73        |
| 10.              | +        | -  | -   | 74                  | 73 | 70 | 72        |
| 11.              | -        | +  | -   | 75                  | 70 | 75 | 73        |
| 12.              | +        | +  | -   | 68                  | 72 | 67 | 69        |
| 13.              | -        | -  | +   | 71                  | 74 | 73 | 73        |
| 14.              | +        | -  | +   | 73                  | 68 | 73 | 71        |
| 15.              | -        | +  | +   | 74                  | 74 | 75 | 74        |
| 16.              | +        | +  | +   | 75                  | 73 | 74 | 74        |
| 17.              | -        | -  | -   | 70                  | 72 | 70 | 71        |
| 18.              | +        | -  | -   | 70                  | 72 | 72 | 71        |
| 19.              | -        | +  | -   | 72                  | 74 | 73 | 73        |
| 20.              | +        | +  | -   | 68                  | 71 | 68 | 69        |
| 21.              | -        | -  | +   | 71                  | 72 | 72 | 72        |
| 22.              | +        | -  | +   | 72                  | 74 | 74 | 73        |
| 23.              | -        | +  | +   | 71                  | 76 | 71 | 73        |
| 24.              | +        | +  | +   | 75                  | 70 | 75 | 73        |
| <b>Rata-rata</b> |          |    |     |                     |    |    | 72        |

Hasil pengukuran digunakan untuk mencari nilai kekerasan permukaan maksimum, menghasilkan rata rata kekerasan permukaan 72.

Selanjutnya penggunaan analisis deskriptif dalam penelitian ini digunakan untuk memberikan gambaran kasar kepada data yang telah diperoleh sebelum dianalisis lebih lanjut. Melalui analisis deskriptif data dari setiap respon. Dengan demikian, penelitian dapat memahami kecenderungan data, melihat stabilitas hasil pengujian, serta mengidentifikasi respon yang memiliki penyimpangan lebih besar. Berikut merupakan analisis deskriptif dari respon *error* dimensi x, y, z dan kekerasan permukaan k (tabel 4.5)

**Tabel 4. 5 Analisis Deskriptif**

|                 |             |       |
|-----------------|-------------|-------|
| Error dimensi x | Jumlah data | 24    |
|                 | Rata-rata   | 0,003 |
|                 | Median      | 0,003 |
|                 | Minimum     | 0,000 |
|                 | Maksimum    | 0,010 |
| Error dimensi y | Jumlah data | 24    |
|                 | Rata-rata   | 0,005 |
|                 | Median      | 0,005 |
|                 | Minimum     | 0,001 |
|                 | Maksimum    | 0,011 |
| Error dimensi z | Jumlah data | 24    |
|                 | Rata-rata   | 0,106 |
|                 | Median      | 0,079 |

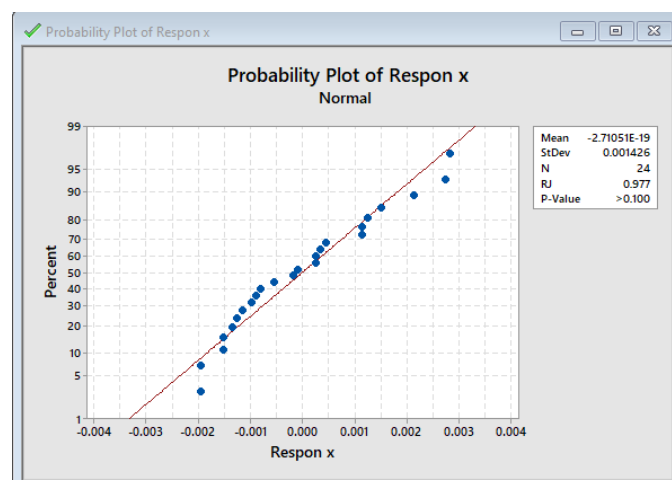
|                     |             |       |
|---------------------|-------------|-------|
| Kekerasan permukaan | Minimum     | 0,059 |
|                     | Maksimum    | 0,210 |
|                     | Jumlah data | 24    |
|                     | Rata-rata   | 72    |
|                     | Median      | 73    |
|                     | Minimum     | 66    |
|                     | Maksimum    | 74    |

Tabel 4.5 dapat dijelaskan respon *error* dimensi x dengan jumlah data 24 memiliki rata-rata 0,003, median 0,003, nilai minimum 0,000 dan nilai maksimum 0,010. Respon *error* dimensi y dengan jumlah data 24 memiliki rata-rata 0,005, median 0,005, nilai minimum 0,001 dan nilai maksimum 0,011. Respon *error* dimensi z dengan jumlah data 24 memiliki rata-rata 0,106, median 0,079, nilai minimum 0,059 dan nilai maksimum 0,210. Dan untuk respon kekerasan permukaan dengan jumlah data 24 memiliki rata-rata 72, median 73, nilai minimum 66 dan nilai maksimum 74.

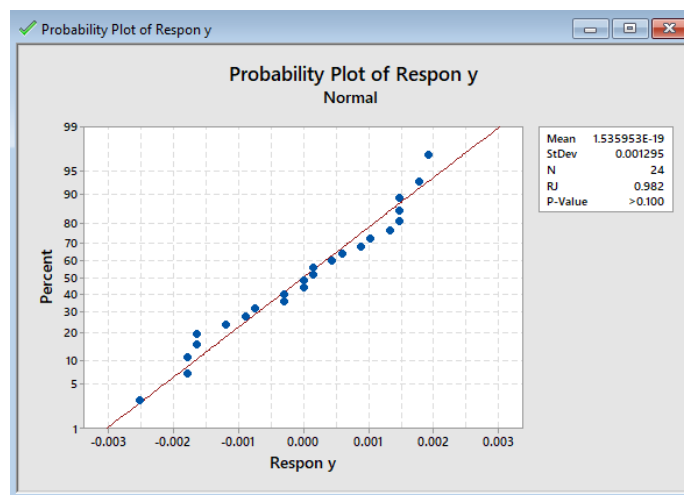
## 4.2 Analisis Statistik

### 4.3.1 Uji Normalitas

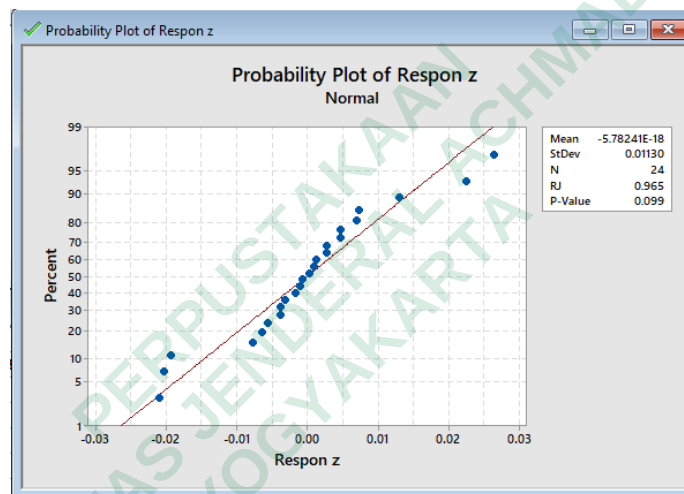
Grafik ini memiliki peran penting dalam memeriksa apakah asumsi bahwa residual memiliki distribusi normal dapat dipenuhi. Apabila residual tidak mengikuti distribusi normal, maka keakuratan interval kepercayaan dan nilai p dapat terpengaruh. Uji normalitas dilakukan menggunakan Shapiro-Wilk, karena jumlah data yang akan diuji berjumlah 24, Shapiro-Wilk dipilih karena sesuai digunakan pada jumlah sampel yang relatif kecil ( $n < 50$ ).



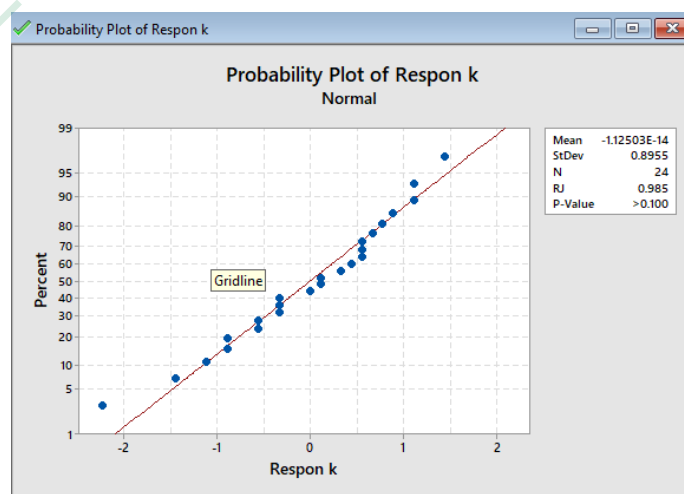
Gambar 4. 2 Grafik *Probability Plot Residual Error* Dimensi Panjang



Gambar 4. 3 Grafik *Probability Plot Residual Error Dimensi Lebar*



Gambar 4. 4 Grafik *Probability Plot Residual Error Dimensi Tinggi*



Gambar 4. 5 Grafik *Probability Plot Residual Kekerasan Permukaan*

Uji normalitas pada respon *error* dimensi panjang (x) pada (gambar 4.2) repon *error* dimensi lebar (y) pada (gambar 4.3) repon *error* dimensi tinggi (z) pada (gambar 4.4) dan respon kekerasan permukaan pada (gambar 4.5) menyajikan nilai-nilai P dari uji normalitas yang diterapkan pada grafik tersebut (tabel 4.5)

**Tabel 4. 6 P-value Uji Normalitas**

| <b>Respon</b>                    | <b>P-value</b> | <b><math>\alpha</math></b> |
|----------------------------------|----------------|----------------------------|
| <i>Error</i> Dimensi Panjang (x) | 0,100          | 0,05                       |
| <i>Error</i> Dimensi Lebar (y)   | 0,100          | 0,05                       |
| <i>Error</i> Dimensi Tinggi (z)  | 0,099          | 0,05                       |
| Kekerasan Permukaan              | 0,100          | 0,05                       |

P-value hasil uji normalitas menunjukkan bahwa nilai P-value lebih dari nilai  $\alpha = 0,005$  menandakan bahwa residual berdistribusi normal, respon *error* dimensi panjang (x) dengan nilai P-value = 0,100, respon *error* dimensi lebar (y) P-value = 0,100, respon *error* dimensi tinggi (z) P-value = 0,099 dan kekerasan permukaan (k) P-value = 0,100 yang berarti keempat respon tersebut berdistribusi normal.

Dengan demikian, hasil ini menunjukkan bahwa residual pada semua respon mengikuti distribusi normal. Dengan terpenuhi asumsi distribusi, analisis signifikansi yang telah dilakukan dapat dianggap valid.

#### **4.3.2 Anova**

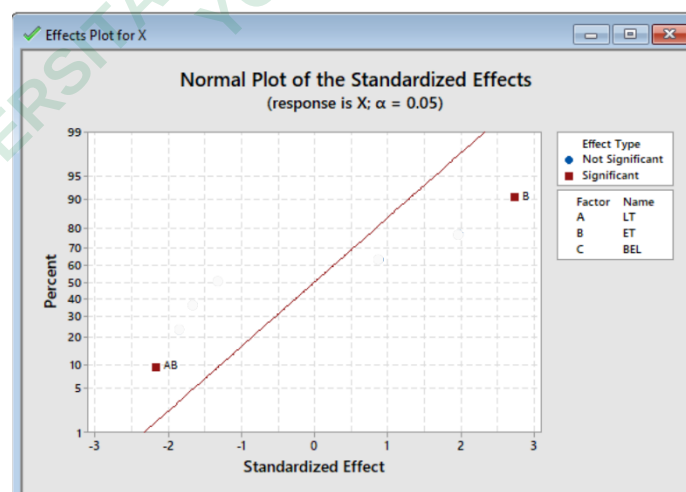
*Analysis of Variance* didapat dari analisis menggunakan *software* Minitab. Pengujian statistik variabel bebas terhadap variabel respon, anova digunakan untuk mengamati pengaruh nilai parameter. Dalam penelitian ini, variabel bebas meliputi *Layer Thicknees*, *Exposure Time*, dan *Bottom Exposure Layer*. Hasil output dari tabel ANOVA yang menghasilkan nilai P-value digunakan untuk menilai signifikasi terhadap respon. Jika P-value lebih kecil dari tingkat signifikansi yang telah ditetapkan ( $\alpha = 0,005$ ), maka variabel bebas dianggap memiliki signifikansi statistik. Tingkat signifikasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah 0,005, yang berarti bahwa hasil riset memiliki kepercayaan 95% dan tingkat kesalahan maksimum sebesar 5% dalam pengambilan keputusan. Hal ini sejalan dengan penelitian Anggrawan (2019) yang juga menggunakan tingkat kepercayaan sebesar 95% dan 5% dalam pengambilan keputusan.

#### 4.3.2.1 Anova Respon *Error* Dimensi x

Tabel 4. 7 ANOVA *Error* Dimensi x

| Source             | DF | Adj SS   | Adj MS   | F-Value | P-Value |
|--------------------|----|----------|----------|---------|---------|
| Model              | 7  | 0,000073 | 0,000010 | 3,54    | 0,017   |
| Linear             | 3  | 0,000043 | 0,000014 | 4,93    | 0,013   |
| LT                 | 1  | 0,000010 | 0,000010 | 3,41    | 0,083   |
| ET                 | 1  | 0,000022 | 0,000022 | 7,49    | 0,015   |
| BEL                | 1  | 0,000011 | 0,000011 | 3,89    | 0,066   |
| 2-Way Interactions | 3  | 0,000024 | 0,000008 | 2,74    | 0,078   |
| LT*ET              | 1  | 0,000014 | 0,000014 | 4,68    | 0,046   |
| LT*BEL             | 1  | 0,000008 | 0,000008 | 2,74    | 0,117   |
| ET*BEL             | 1  | 0,000002 | 0,000002 | 0,79    | 0,386   |
| 3-Way Interactions | 1  | 0,000005 | 0,000005 | 1,79    | 0,200   |
| LT*ET*BEL          | 1  | 0,000005 | 0,000005 | 1,79    | 0,200   |
| Error              | 16 | 0,000047 | 0,000003 |         |         |
| Total              | 23 | 0,000119 |          |         |         |

Berdasarkan hasil ANOVA pada *error* dimensi panjang (x) pada tabel 4.6 dapat disimpulkan bahwa faktor-faktor yang memiliki P-value kurang dari  $\alpha$  (tingkat signifikansi) adalah *Exposure Time* dan interaksi *Layer Thicknees* dan *Exposure Time*. Secara statistik faktor-faktor tersebut berpengaruh signifikan terhadap respon *error* dimenis x. Sementara itu variabel yang lain P-value lebih besar dari  $\alpha = 0,005$  mengidentifikasi bahwa variabel-variabel tersebut tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap *error* dimensi x.



Gambar 4. 6 Effect Plot Error Dimensi x

Grafik *effect plot* menunjukkan efek yang berpengaruh signifikan terhadap respon dan tidak. Garis merah menunjukkan garis *distribution fit* dimana jika efek



terletak di dekat garis *distribution fit* maka efek tersebut tidak berpengaruh signifikan terhadap model. Sebaliknya semakin jauh letak efek dari garis *distribution fit* maka efek tersebut memberikan pengaruh signifikan terhadap model, ditunjuk pada plotting efek yang berwarna merah.

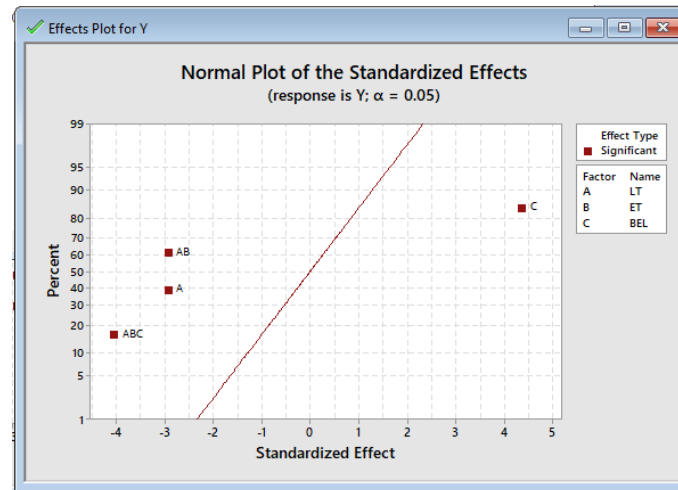
Dari grafik diatas ditunjukkan bahwa efek berpengaruh signifikan *Exposure Time* dan interaksi *Layer Thicknees* dan *Exposure Time* terhadap respon x.

#### 4.3.2.2 Anova Respon *Error* Dimensi Lebar

Tabel 4. 8 ANOVA *Error* Dimensi y

| Source             | DF | Adj SS   | Adj MS   | F-Value | P-Value |
|--------------------|----|----------|----------|---------|---------|
| Model              | 7  | 0,000154 | 0,000022 | 9,12    | 0,000   |
| Linear             | 3  | 0,000075 | 0,000025 | 10,43   | 0,000   |
| LT                 | 1  | 0,000023 | 0,000023 | 9,59    | 0,007   |
| ET                 | 1  | 0,000001 | 0,000001 | 0,41    | 0,530   |
| BEL                | 1  | 0,000051 | 0,000051 | 21,30   | 0,000   |
| 2-Way Interactions | 3  | 0,000035 | 0,000012 | 4,79    | 0,014   |
| LT*ET              | 1  | 0,000023 | 0,000023 | 9,59    | 0,007   |
| LT*BEL             | 1  | 0,000004 | 0,000004 | 1,51    | 0,238   |
| ET*BEL             | 1  | 0,000008 | 0,000008 | 3,28    | 0,089   |
| 3-Way Interactions | 1  | 0,000044 | 0,000044 | 18,19   | 0,001   |
| LT*ET*BEL          | 1  | 0,000044 | 0,000044 | 18,19   | 0,001   |
| Error              | 16 | 0,000039 | 0,000002 |         |         |
| Total              | 23 | 0,000193 |          |         |         |

Berdasarkan hasil ANOVA pada *error* dimensi lebar (y) pada tabel 4.7 dapat disimpulkan bahwa faktor-faktor yang memiliki P-value kurang dari  $\alpha$  (tingkat signifikansi) adalah *Layer Thicknees*, *Bottom Exposure Layer*, interaksi *Layer Thicknees* dan *Exposure Time*, dan interaksi *Layer Thicknees*, *Exposure Time*, *Bottom Exposure Layer*. Secara statistik faktor-faktor tersebut berpengaruh signifikan terhadap respon *error* dimenis y. Sementara itu variabel yang lain P-value lebih besar dari  $\alpha = 0,005$  mengidentifikasi bahwa variabel-variabel tersebut tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap *error* dimensi y.



Gambar 4. 7 Effect Plot Error Dimensi y

Dari grafik diatas ditunjukkan bahwa efek berpengaruh signifikan *Layer Thicknees*, *Bottom Exposure Layer*, interaksi *Layer Thicknees* dan *Exposure Time*, dan interaksi *Layer Thicknees*, *Exposure Time*, *Bottom Exposure Layer* terhadap respon y.

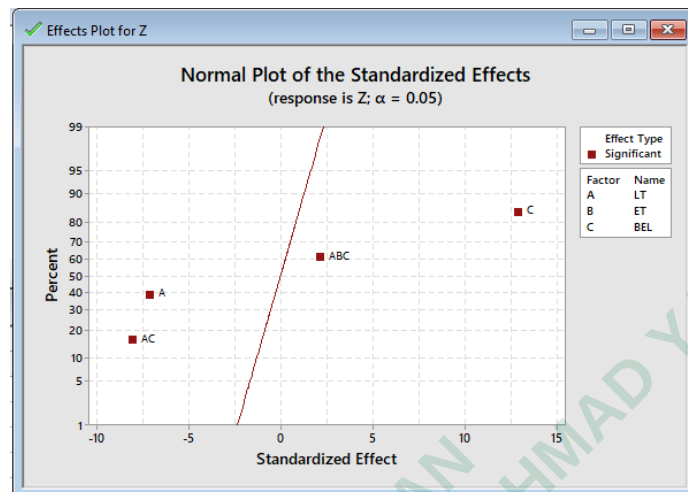
#### 4.3.2.3 Anova Respon Error Dimensi Tinggi

Tabel 4. 9 ANOVA Error Dimensi z

| Source             | DF | Adj SS   | Adj MS   | F-Value | P-Value |
|--------------------|----|----------|----------|---------|---------|
| Model              | 7  | 0,059541 | 0,008506 | 46,31   | 0,000   |
| Linear             | 3  | 0,045007 | 0,015002 | 81,68   | 0,000   |
| LT                 | 1  | 0,010232 | 0,010232 | 55,71   | 0,000   |
| ET                 | 1  | 0,000547 | 0,000547 | 2,98    | 0,104   |
| BEL                | 1  | 0,034228 | 0,034228 | 186,35  | 0,000   |
| 2-Way Interactions | 3  | 0,013570 | 0,004523 | 24,63   | 0,000   |
| LT*ET              | 1  | 0,000332 | 0,000332 | 1,81    | 0,198   |
| LT*BEL             | 1  | 0,013171 | 0,013171 | 71,70   | 0,000   |
| ET*BEL             | 1  | 0,000068 | 0,000068 | 0,37    | 0,552   |
| 3-Way Interactions | 1  | 0,000963 | 0,000963 | 5,25    | 0,036   |
| LT*ET*BEL          | 1  | 0,000963 | 0,000963 | 5,25    | 0,036   |
| Error              | 16 | 0,002939 | 0,000184 |         |         |
| Total              | 23 | 0,062480 |          |         |         |

Berdasarkan hasil ANOVA pada *error* dimensi tinggi (z) pada tabel 4.8 dapat disimpulkan bahwa faktor-faktor yang memiliki P-value kurang dari  $\alpha$  (tingkat signifikansi) adalah *Layer Thicknees*, *Bottom Exposure Layer*, interaksi *Layer Thicknees* dan *Bottom Exposure Layer* dan interaksi *Layer Thicknees*, *Exposure Time*, *Bottom Exposure Layer*. Secara statistik faktor-faktor tersebut berpengaruh signifikan terhadap respon *error* dimenis z. Sementara itu variabel yang lain P-

*value* lebih besar dari  $\alpha = 0,005$  mengidentifikasi bahwa variabel-variabel tersebut tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap *error* dimensi z.



Gambar 4. 8 Effect Plot Error Dimensi z

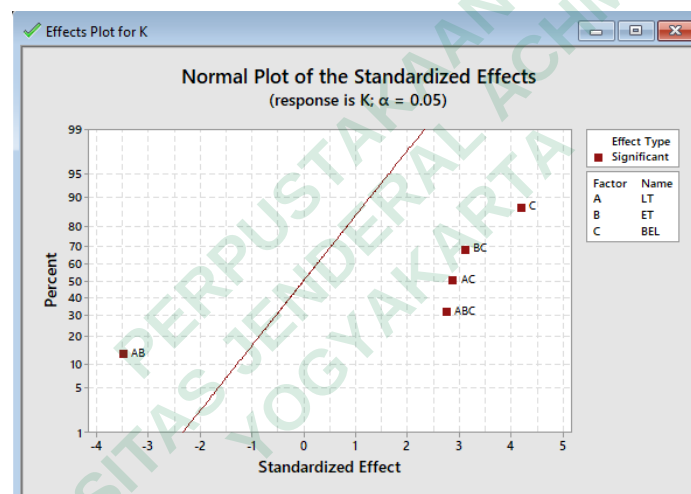
Dari grafik diatas ditunjukan bahwa efek berpengaruh signifikan *Layer Thicknees*, *Bottom Exposure Layer*, interaksi *Layer Thicknees* dan *Bottom Exposure Layer*, dan interaksi *Layer Thicknees*, *Exposure Time*, *Bottom Exposure Layer* terhadap respon z.

#### 4.3.2.4 Anova Respon Kekerasan Permukaan

Tabel 4. 10 ANOVA Kekerasan Peremukaan

| Source             | DF | Adj SS  | Adj MS  | F-Value | P-Value |
|--------------------|----|---------|---------|---------|---------|
| Model              | 7  | 75,9815 | 10,8545 | 9,42    | 0,000   |
| Linear             | 3  | 27,4259 | 9,1420  | 7,93    | 0,002   |
| LT                 | 1  | 4,7407  | 4,7407  | 4,11    | 0,060   |
| ET                 | 1  | 0,0000  | 0,0000  | 0,00    | 1,000   |
| BEL                | 1  | 22,6852 | 22,6852 | 19,68   | 0,000   |
| 2-Way Interactions | 3  | 38,7593 | 12,9198 | 11,21   | 0,000   |
| LT*ET              | 1  | 15,5741 | 15,5741 | 13,51   | 0,002   |
| LT*BEL             | 1  | 10,6667 | 10,6667 | 9,25    | 0,008   |
| ET*BEL             | 1  | 12,5185 | 12,5185 | 10,86   | 0,005   |
| 3-Way Interactions | 1  | 9,7963  | 9,7963  | 8,50    | 0,010   |
| LT*ET*BEL          | 1  | 9,7963  | 9,7963  | 8,50    | 0,010   |
| Error              | 16 | 18,4444 | 1,1528  |         |         |
| Total              | 23 | 94,4259 |         |         |         |

Berdasarkan hasil ANOVA pada *error* dimensi tinggi (z) pada tabel 4.9 dapat disimpulkan bahwa faktor-faktor yang memiliki *P-value* kurang dari  $\alpha$  (tingkat signifikansi) adalah *Bottom Exposure Layer* interaksi *Layer Thicknees* dan *Exposure Time*, interaksi *Layer Thicknees* dan *Bottom Exposure Layer*, interaksi *Exposure Time* dan *Bottom Exposure Layer*, interaksi *Exposure Time*, *Layer Thicknees* dan *Bottom Exposure Layer*. Secara statistik faktor-faktor tersebut berpengaruh signifikan terhadap respon kekerasan permukaan. Sementara itu variabel yang lain *P-value* lebih besar dari  $\alpha = 0,005$  mengidentifikasi bahwa variabel-variabel tersebut tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap kekerasan permukaan.



Gambar 4. 9 *Effect Plot* Kekerasan Permukaan

Dari grafik diatas ditunjukan bahwa efek berpengaruh signifikan *Bottom Exposure Layer* interaksi *Layer Thicknees* dan *Exposure Time*, interaksi *Layer Thicknees* dan *Bottom Exposure Layer*, interaksi *Exposure Time* dan *Bottom Exposure Layer*, interaksi *Exposure Time*, *Layer Thicknees* dan *Bottom Exposure Layer* berpengaruh signifikan terhadap respon kekerasan permukaan.

### 4.3.3 Uji Multikoliaritas

Uji multikoliaritas merupakan bagian dari uji asumsi klasik dalam analisis regresi, uji multikoliaritas bertujuan untuk mengetahui apakah model regresi terdapat korelasi antar variabel. Model regresi yang baik seharusnya tidak terjadi korelasi yang tinggi antar variabel.

Uji multikoliaritas menggunakan *variance inflation factors* (VIF), jika VIF  $< 10,00$  maka berkesimpulan data tidak terjadi gejala multikoliaritas atau asumsi uji multikoliaritas sudah terpenuhi begitu pula sebaliknya. Batas VIF  $< 10$  digunakan sebagai kriteria karena menurut Gujarati (2003), nilai VIF di bawah 10 menunjukkan bahwa korelasi antar variabel independen masih dapat ditoleransi, sedangkan nilai VIF  $\geq 10$  mengindikasikan adanya multikolinearitas yang serius.

**Tabel 4. 11 Uji Multikoliaritas x**

| Term     | coef     | SE Coef  | T-Value | P-Value | VIF  |
|----------|----------|----------|---------|---------|------|
| constant | 0,003067 | 0,000398 | 7,70    | 0,000   |      |
| LT       | -0,00064 | 0,000398 | -1,62   | 0,121   | 1,00 |
| ET       | 0,000956 | 0,000398 | 2,40    | 0,026   | 1,00 |
| BEL      | 0,000689 | 0,000398 | 1,73    | 0,099   | 1,00 |

**Tabel 4. 12 Uji Multikoliaritas y**

| Term     | coef     | SE Coef  | T-Value | P-Value | VIF  |
|----------|----------|----------|---------|---------|------|
| constant | 0,005463 | 0,000494 | 11,06   | 0,000   |      |
| LT       | -0,00098 | 0,000494 | -1,99   | 0,061   | 1,00 |
| ET       | 0,000204 | 0,000494 | 0,41    | 0,684   | 1,00 |
| BEL      | 0,001463 | 0,000494 | 2,96    | 0,008   | 1,00 |

**Tabel 4. 13 Uji Multikoliaritas z**

| Term     | coef     | SE Coef  | T-Value | P-Value | VIF  |
|----------|----------|----------|---------|---------|------|
| constant | 0,10642  | 0,000603 | 17,64   | 0,000   |      |
| LT       | -0,02065 | 0,000603 | -3,42   | 0,003   | 1,00 |
| ET       | -0,00478 | 0,000603 | -0,79   | 0,438   | 1,00 |
| BEL      | 0,00478  | 0,000603 | 6,26    | 0,00    | 1,00 |

**Tabel 4. 14 Uji Multikoliaritas k**

| Term     | coef   | SE Coef | T-Value | P-Value | VIF  |
|----------|--------|---------|---------|---------|------|
| constant | 72,139 | 0,374   | 193.09  | 0,000   |      |
| LT       | -0,444 | 0,374   | -1,19   | 0,248   | 1,00 |
| ET       | -0,000 | 0,374   | -0,00   | 1,000   | 1,00 |
| BEL      | 0,972  | 0,374   | 2,60    | 0,017   | 1,00 |

Dari hasil VIF keempat pespon tersebut dapat diasumsikan bahwa data tidak terjadi gejala multikoliaritas atau asumsi uji multikoliaritas sudah terpenuhi. Model regresi yang baik terjadi korelasi antar variabel.

#### 4.3.4 Uji Heteroskedastisitas

Uji Heteroskedastisitas merupakan bagian dari uji asumsi klasik dalam regresi linear. Model regresi yang baik harus lolos dalam uji heteroskedastisitas. Salah satu metode yang bisa digunakan untuk mendeteksi ada atau tidaknya gejala heteroskedastisitas yaitu uji *glejser*. Uji *glejser* dilakukan dengan cara meregresikan variabel yang masuk model indeppenden dengan variabel absolute residual. Jika nilai P-value variabel yang masuk mdel ( $P\text{-value} > 0.05$ ) maka berkesimpulan data tidak terjadi gejala heteroskedastisitas atau lolos uji heteroskedastisitas.

Tabel 4. 15 Uji Heteroskedastisitas x

| Term     | coef       | SE Coef  | T-Value               | T-Value | P-Value | VIF  |
|----------|------------|----------|-----------------------|---------|---------|------|
| constant | 0,001883   | 0,000230 | (0,001402; 0,002363)  | 5,88    | 0,000   |      |
| LT       | -0.000247  | 0,000230 | (-0.000727; 0,000234) | -0,68   | 0,501   | 1,00 |
| ET       | 0,00002479 | 0,000230 | (-0.000382; 0,000579) | 0,72    | 0,482   | 1,00 |
| BEL      | 0,0000451  | 0,000230 | (-0.000030; 0,000931) | 1,59    | 0,561   | 1,00 |

Tabel 4. 16 Uji Heteroskedastisitas y

| Term     | coef      | SE Coef  | T-Value               | T-Value | P-Value | VIF  |
|----------|-----------|----------|-----------------------|---------|---------|------|
| constant | 0,001400  | 0,000238 | (0.000903; 0.001897)  | 8,17    | 0,000   |      |
| LT       | 0.000163  | 0,000238 | (-0.000660; 0.000334) | -1,07   | 0,296   | 1,00 |
| ET       | 0,0000170 | 0,000238 | (-0.000667; 0.000326) | 0,43    | 0,672   | 1,00 |
| BEL      | 0,0000141 | 0,000238 | (-0.000356; 0.000637) | 1,96    | 0,065   | 1,00 |

Tabel 4. 17 Uji Heteroskedastisitas z

| Term     | coef    | SE Coef | T-Value              | T-Value | P-Value | VIF  |
|----------|---------|---------|----------------------|---------|---------|------|
| constant | 0,10642 | 0,00603 | (0,09383; 0,11900)   | 17,64   | 0,000   |      |
| LT       | -0,0206 | 0,00603 | (-0,03323; -0,00806) | 3,42    | 0,005   | 1,00 |
| ET       | -0.0047 | 0,00603 | (-0,01736; 0,00781)  | 0,79    | 0,408   | 1,00 |
| BEL      | 0,03776 | 0,00603 | (0,02518; 0,05035)   | 2,26    | 0,005   | 1,00 |

Tabel 4. 18 Uji Heteroskedastisitas k

| Term     | coef  | SE Coef | T-Value         | T-Value | P-Value | VIF  |
|----------|-------|---------|-----------------|---------|---------|------|
| constant | 1,412 | 0,181   | (1,035; 1,789)  | 7.81    | 0,000   |      |
| LT       | 0,227 | 0, 18   | (-0,150; 0,604) | 1.26    | 0.224   | 1,00 |
| ET       | 0,153 | 0, 181  | (-0,224; 0,530) | 0.85    | 0,408   | 1,00 |
| BEL      | 0,264 | 0,181   | (-0,641; 0,113) | -1.46   | 0,160   | 1,00 |

Dari hasil keempat P-Value respon tersebut dapat diasumsikan bahwa data lebih dari nilai p-value 0,005.

#### 4.3.5 Penentuan Model Regresi

Model regresi digunakan untuk memahami kaitan antar faktor atau variabel bebas dan respons. Dalam analisis yang dilakukan maka diperoleh model regresi setiap respon *error* dimensi dan kekerasan permukaan

##### 1. Respon *Error* Dimensi Panjang

$$\text{Error dimensi panjang} = 0,003067 + 0,000644 \text{ LT} + 0,000956 \text{ EL} + 0,000689 \text{ BEL} - 0,000756 \text{ LT*ET} - 0,000578 \text{ LT*BEL} + 0,000311 \text{ ET*BEL} + 0,000467 \text{ LT*ET*BEL}$$

##### 2. Respon *Error* Dimensi lebar

$$\text{Error dimensi Lebar} = 0,005463 - 0,000981 \text{ LT} + 0,000204 \text{ EL} + 0,001463 \text{ BEL} - 0,000981 \text{ LT*ET} - 0,000389 \text{ LT*BEL} + 0,000574 \text{ ET*BEL} + 0,001352 \text{ LT*ET*BEL}$$

##### 3. Respon *Error* Dimensi Tinggi

$$\text{Error dimensi Tinggi} = 0,10642 - 0,02065 \text{ LT} - 0,00478 \text{ ET} + 0,03776 \text{ BEL} + 0,00372 \text{ LT*ET} - 0,02343 \text{ LT*BEL} - 0,00168 \text{ ET*BEL} + 0,00634 \text{ LT*ET*BEL}$$

##### 4. Respon Kekerasan Permukaan

$$\text{Kekerasan permukaan} = 72,139 - 0,444 \text{ LT} - 0,000 \text{ ET} + 0,972 \text{ BEL} - 0,806 \text{ LT*ET} + 0,667 \text{ LT*BEL} + 0,722 \text{ ET*BEL} + 0,639 \text{ LT*ET*BEL}$$

Nilai koefisien positif pada variabel independen menunjukkan bahwa jika nilai variabel tersebut meningkat satu satuan, maka nilai variabel respon juga akan meningkat sebesar nilai koefisien dari variabel independen tersebut. Sebaliknya,

koefisien negatif pada variabel independen menunjukkan bahwa peningkatan pada satu satuan pada variabel tersebut akan mengakibatkan penurunan nilai variabel respons.

Berikutnya mengetahui hubungan antar faktor atau variabel bebas dengan respon menghitung nilai koefisien determinasi atau  $R^2$  (*R-square*) untuk setiap respon. Digunakan untuk menilai seberapa berpengaruh faktor atau variabel bebas tersebut variabel respon. Semakin rendah nilai  $R^2$ , semakin sedikit variasi yang dapat dijelaskan oleh model terhadap respons. Sebaliknya, nilai  $R^2$  yang lebih tinggi menunjukkan bahwa model tersebut mampu menjelaskan variasi respon dengan baik, berdasarkan faktor atau interaksi yang digunakan.

**Tabel 4. 19 Nilai R-Square**

| Variabel Respon       | Nilai R-Square |
|-----------------------|----------------|
| Error dimensi panjang | 60,79%         |
| Error dimensi lebar   | 79,96%         |
| Error dimensi tinggi  | 95,30%         |
| Kekerasan permukaan   | 80,47%         |

Nilai  $R^2$  dari persamaan regresi dapat diperoleh dari *software* minitab. Nilai  $R^2$  ini mencerminkan sejauh mana model dapat menjelaskan variabel pada respon terkait dengan setiap *error* dimensi dan kekerasan permukaan.

Setelah pemodelan regresi dilakukan dan nilai R-square diperoleh, diketahui bahwa nilai  $R^2$  tidak secara langsung mencerminkan tingkat hubungan yang baku seperti yang terdapat dalam klasifikasi uji validitas. Oleh karena itu dilakukan perhitungan tambahan beberapa uji validitas dengan menggunakan korelasi Product Moment antar nilai prediksi model dan nilai hasil eksperimen. Uji ini bertujuan untuk menilai kekuatan hubungan prediksi model dengan data aktual berdasarkan kategori, sehingga dapat memberikan bukti tambah dalam menilai kelayakan model yang digunakan untuk optimasi.

Kriteria uji jika  $r$  hitung  $>$   $r$  tabel maka data dinyatakan valid. Berikut merupakan hasil dari uji validitas respon *error* dimensi panjang ( $x$ )

$$r_{\text{error dimenis } x} = \frac{N \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{[N \sum X^2 - (\sum X)^2][N \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}}$$

$$= \frac{24 \cdot (0,0006) - (0,003)(0,017)}{\sqrt{[24 \cdot (0,000307) - (0,017)^2] \cdot [24 \cdot (0,00001) - (0,003)^2]}}$$



$$\begin{aligned}
 &= \frac{0,001304}{0,001543} \\
 &= 0,8450 \\
 df &= N-2 \\
 &= 24-2 \\
 &= 22 \\
 r \text{ tabel } (\alpha = 0,005) &\approx 0,413 \\
 &0,8450 > 0,413
 \end{aligned}$$

Karena  $0,8450 > 0,413$  hubungan signifikan atau model valid secara prediksi. Berikut tabel perhitungan dari respon *error* dimensi y, *error* dimensi z, dan kekerasan permukaan (tabel 4.5)

**Tabel 4. 20 Hasil r Hitung**

| No | Respon                          | Hasil r hitung | Hasil r tabel |
|----|---------------------------------|----------------|---------------|
| 1. | <i>Error</i> dimensi lebar (y)  | 0,7615         | 0,413         |
| 2. | <i>Error</i> dimensi tinggi (z) | 0,9465         | 0,413         |
| 3. | Kekerasan permukaan (k)         | 0,978          | 0,413         |

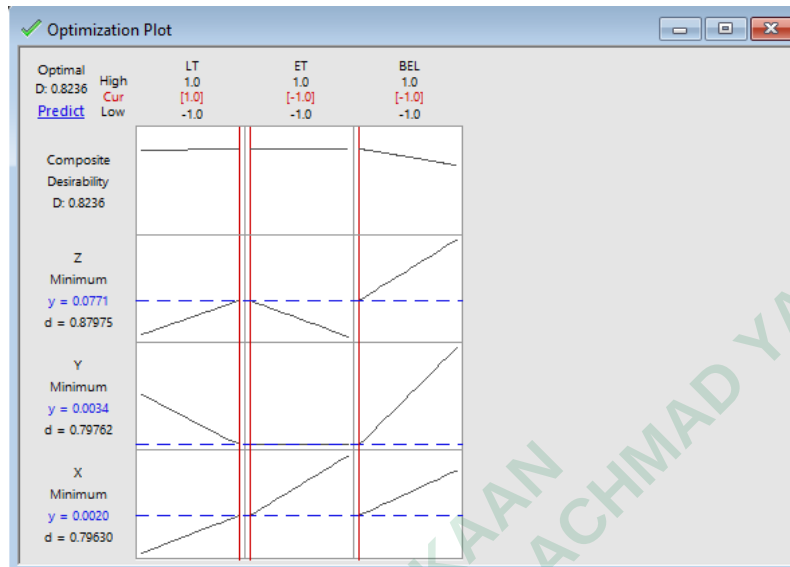
Uji validitas terhadap seluruh respon *error* dimensi y menunjukkan nilai r hitung berada dalam interval koefisien 0,600-0,799 yang mengidentifikasi adanya hubungan kuat antara prediksi dengan kenyataan, sedangkan respon *error* dimensi x, *error* dimensi z, dan kekerasan permukaan berada dalam interval koefisien 0,800-1,000 yang mengidentifikasi adanya hubungan sangat kuat antara prediksi dengan kenyataan tabel koefisien korelasi nilai r terdapat pada (tabel 4.11)

#### **4.3.4 Optimasi Parameter Terhadap Respon Error Dimensi dan Kekerasan Permukaan**

Optimasi parameter dilakukan dengan tujuan untuk memperoleh pengaturan parameter yang optimal pada mesin DLP, sehingga dapat menghasilkan nilai respon yang optimal. Proses optimal dilakukan terhadap respon *error* dimensi dan kekerasan permukaan serta untuk menentukan titik *setting* parameter untuk kombinasi kedua respon tersebut. Penentuan titik parameter diperoleh melalui *software* minitab.

Optimasi respon *error* dimensi mencakup beberapa respon *error* dimensi yaitu *error* dimensi x, *error* dimensi y, dan *error* dimensi z yang menjadi satu kesatuan respon *error* dimensi. Proses optimasi dilakukan dengan mempertimbangkan fungsi tujuan masing masing respon, yaitu meminimalkan *error* dimensi dan memaksimalkan kekerasan permukaan.

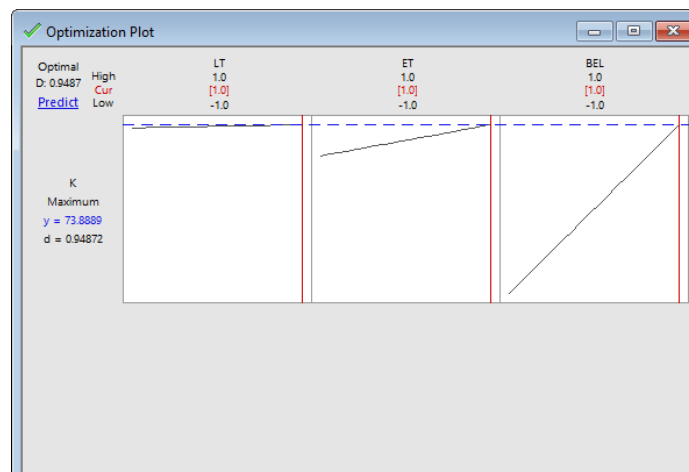
Berikut hasil optimasi pada *error* dimensi diperoleh kombinasi parameter cetak.



Gambar 4. 10 Hasil *Error Dimensi*

Grafik optimasi plot menunjukkan bahwa setting yang dapat menghasilkan *error* dimensi optimal adalah *Layer Thicknees* 0,055, *Exposure Time* 5, dan *Bottom Exposure Layer* 1. *Composite desirability* menggambarkan seberapa ideal kombinasi variabel yang terbentuk untuk keseluruhan respon yang dioptimalkan. Nilai *composite desirability* yang dihasilkan sebesar 0,8236, nilai *composite derirability* mendekati 1 berarti kombinasi yang dihasilkan adalah ideal.

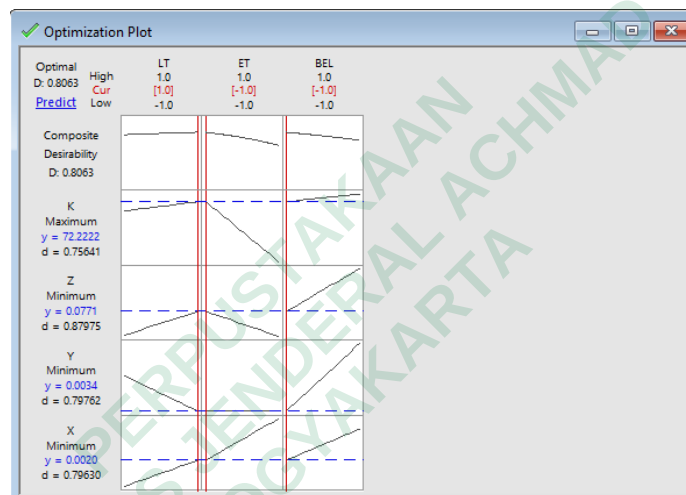
Hasil optimasi pada kekerasan permukaan diperoleh kombinasi parameter cetak.



Gambar 4. 11 Hasil Kekerasan Permukaan

Grafik optimasi plot menunjukkan bahwa setting yang dapat menghasilkan kekerasan permukaan optimal adalah *Layer Thicknees* 0,055, *Exposure Time* 7, dan *Bottom Exposure Layer* 5. *Composite desirability* menggambarkan seberapa ideal kombinasi variabel yang terbentuk untuk keseluruhan respon yang dioptimalkan. Nilai *composite desirability* yang dihasilkan sebesar 0,9487, nilai *composite derirability* mendekati 1 berarti kombinasi yang dihasilkan adalah ideal.

Hasil optimasi pada kombinasi respon *error* dimensi dan kekerasan permukaan diperoleh kombinasi parameter cetak.



**Gambar 4. 12 3. Kombinasi Error Dimensi Dan Kekerasan Permukaan**

Grafik optimasi plot menunjukkan bahwa setting yang dapat menghasilkan *error* dimensi dan kekerasan permukaan optimal adalah *Layer Thicknees* 0,055, *Exposure Time* 5, dan *Bottom Exposure Layer* 1. *Composite desirability* menggambarkan seberapa ideal kombinasi variabel yang terbentuk untuk keseluruhan respon yang dioptimalkan. Nilai *composite desirability* yang dihasilkan sebesar 0,8063, nilai *composite derirability* mendekati 1 berarti kombinasi yang dihasilkan adalah ideal.

#### 4.3.5 Uji Konfirmasi

Pada proses pencetakan spesimen yang telah dioptimalkan, selanjutnya dilakukan tiga kali replikasi untuk memperoleh nilai rata-rata dari setiap respon *error* dimensi, kekerasan permukaan, dan kombinasi *error* dimensi dan kekerasan permukaan.

Berikut hasil dari cetak tiga kali respikasi pada respon *error* dimensi (tabel 4.12)

**Tabel 4. 21 Replikasi *Error* Dimensi**

| Respon                       | Replikasi |       |        | Rata rata |
|------------------------------|-----------|-------|--------|-----------|
|                              | 1         | 2     | 3      |           |
| <i>Error</i> Dimensi Panjang | 0,0033    | 0     | 0,0033 | 0,002     |
| <i>Error</i> Dimensi Lebar   | 0,001     | 0,004 | 0,005  | 0,003     |
| <i>Error</i> Dimensi Tinggi  | 0,076     | 0,082 | 0,076  | 0,078     |

Selanjutnya menghitung selisih hasil perbandingan hasil DoE dengan hasil optimasi(tabel 4.13):

**Tabel 4. 22 Perbandingan DoE dengan Optimasi Respon *Error* Dimensi**

| Respon                       | Rata-rata hasil DoE | Rata-rata Hasil Optimasi | Selisih |
|------------------------------|---------------------|--------------------------|---------|
| <i>Error</i> Dimensi Panjang | 0,003               | 0,002                    | 0,001   |
| <i>Error</i> Dimensi Lebar   | 0,005               | 0,003                    | 0,002   |
| <i>Error</i> Dimensi Tinggi  | 0,106               | 0,078                    | 0,028   |

Selisih hasil perbandingan hasil DoE dengan hasil optimasi sebagai berikut: *error* dimensi panjang menunjukkan bahwa hasil DoE lebih tinggi dari hasil optimasi dengan selisih 0,001 yang artinya hasil optimasi lebih baik dari hasil DoE. *Error* dimensi lebar menunjukkan bahwa hasil DoE lebih tinggi dari hasil optimasi dengan selisih 0,002 yang artinya hasil optimasi lebih baik dari hasil DoE. *Error* dimensi tinggi menunjukkan bahwa hasil DoE optimasi lebih tinggi dari hasil optimasi dengan selisih 0,028 yang artinya hasil optimasi lebih baik dari hasil DoE.

Berikut hasil dari repikasi pada respon kekerasan permukaan (tabel 4.14)

**Tabel 4. 23 Replikasi Kekerasan permukaan**

| Respon              | Replikasi |    |    | Rata rata |
|---------------------|-----------|----|----|-----------|
|                     | 1         | 2  | 3  |           |
| Kekerasan permukaan | 73        | 74 | 74 | 74        |

Selanjutnya menghitung selisih hasil perbandingan hasil DoE dengan hasil optimasi respon kekerasan permukaan (tabel 4.15)

**Tabel 4. 24 Perbandingan DoE dengan Optimasi Respon Kekerasan Permukaan**

| Respon              | Rata-rata hasil DoE | Rata-rata Hasil Optimasi | Selisih |
|---------------------|---------------------|--------------------------|---------|
| Kekerasan permukaan | 72                  | 74                       | 2       |

Selisih hasil perbandingan hasil DoE dengan hasil optimasi sebagai berikut: kekerasan permukaan menunjukkan bahwa hasil optimasi lebih tinggi dari hasil DoE dengan selisih 2 yang artinya hasil optimasi lebih baik dari hasil DoE.

Berikut hasil dari repikasi pada respon *error* dimensi dan respon kekerasan permukaan (tabel 4.16)

**Tabel 4. 25 Replikasi Error Dimensi dan Kekerasan permukaan**

| Respon                | Replikasi |       |       | Rata rata |
|-----------------------|-----------|-------|-------|-----------|
|                       | 1         | 2     | 3     |           |
| Error dimensi Panjang | 0,003     | 0,002 | 0,002 | 0,002     |
| Error dimensi Lebar   | 0,004     | 0,003 | 0,004 | 0,004     |
| Error dimensi Tinggi  | 0,068     | 0,068 | 0,070 | 0,068     |
| Kekerasan permukaan   | 74        | 72    | 73    | 73        |

Selanjutnya menghitung selisih hasil perbandingan hasil DoE dengan hasil optimasi kombinasi respon *error* dimensi dan respon kekerasan permukaan (tabel 4.17)

**Tabel 4. 26 Perbandingan DoE dengan Optimasi Respon Error Dimensi dan Kekerasan Permukaan**

| Respon                | Rata-rata hasil DoE | Rata-rata Hasil Optimasi | Selisih |
|-----------------------|---------------------|--------------------------|---------|
| Error Dimensi Panjang | 0,003               | 0,002                    | 0,001   |
| Error Dimensi Lebar   | 0,005               | 0,004                    | 0,001   |
| Error Dimensi Tinggi  | 0,106               | 0,068                    | 0,038   |
| Kekerasan Permukaan   | 72                  | 73                       | 1       |

Selisih hasil perbandingan hasil DoE dengan hasil optimasi sebagai berikut: *error* dimensi panjang menunjukkan bahwa hasil DoE lebih tinggi dari hasil optimasi dengan selisih 0,001 yang artinya hasil optimasi lebih baik dari hasil DoE. *Error* dimensi lebar menunjukkan bahwa hasil DoE lebih tinggi dari hasil optimasi dengan selisih 0,001 yang artinya hasil optimasi lebih baik dari hasil DoE. *Error* dimensi tinggi menunjukkan bahwa hasil DoE lebih tinggi dari hasil

DoE dengan selisih 0,038 yang artinya hasil optimasi lebih baik dari hasil DoE. Kekerasan permukaan menunjukkan bahwa hasil optimasi lebih tinggi dari hasil DoE dengan selisih 1 yang artinya hasil optimasi lebih baik dari hasil DoE.

PERPUSTAKAAN  
UNIVERSITAS JENDERAL ACHMAD YANI  
YOGYAKARTA