

### 3. HASIL PENELITIAN

#### 3.1. Pendahuluan (Pengecekan Bahan)

Hasil pengecekan bahan yang digunakan untuk membuat partikel mikroplastik PET, LDPE, dan HDPE, berupa skor kesamaan FTIR dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Skor Kesamaan Bahan Mikroplastik *Internal Standar*

Jenis Polimer Bahan	Jenis Polimer Terdeteksi	Rata-rata Skor Kesamaan $\pm$ SD
PET	PET	733,60 $\pm$ 21,09
PE	LLDPE	708,80 $\pm$ 14,13
HDPE	HDPE	704,40 $\pm$ 26,66

Berdasarkan tabel di atas dapat dilihat bahwa bahan plastik botol air mineral sekali pakai, dengan label PET pada kemasan, yang digunakan untuk membuat partikel mikroplastik PET memiliki skor kesamaan antara 702-758. Skor kesamaan rata-rata yang didapatkan adalah 733,60  $\pm$  21,09. Polimer yang dicek terdeteksi sebagai PET. Bahan plastik *microbeads* sabun lulur, dengan label PE pada kemasan, yang digunakan untuk membuat partikel mikroplastik LDPE memiliki skor kesamaan antara 696-728. Skor kesamaan rata-rata yang didapatkan adalah 708,80  $\pm$  14,13. Polimer yang dicek terdeteksi sebagai LLDPE. Bahan plastik tutup botol vitamin C, dengan label HDPE pada kemasan, yang digunakan untuk membuat partikel mikroplastik HDPE memiliki skor kesamaan antara 671-735. Skor kesamaan rata-rata yang didapatkan adalah 704,40  $\pm$  26,66. Polimer yang dicek terdeteksi sebagai HDPE.

#### 3.2. Ukuran Partikel dan Hasil Mikroskop

Hasil ukuran partikel sampel berdasarkan pengamatan mikroskop dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Ukuran Partikel Sampel Mikroplastik

Kode Sampel	Ukuran Minimal ( $\mu\text{m}$ )	Ukuran Maksimal ( $\mu\text{m}$ )	Rata-Rata Ukuran $\pm$ SD* ( $\mu\text{m}$ )
RM PE	8,30	90,71	40,78 $\pm$ 15,84
IS PET	11,44	501,49	81,86 $\pm$ 73,41
IS LDPE	39,35	579,67	292,00 $\pm$ 128,09
IS HDPE**	70,40	244,80	132,20 $\pm$ 49,25

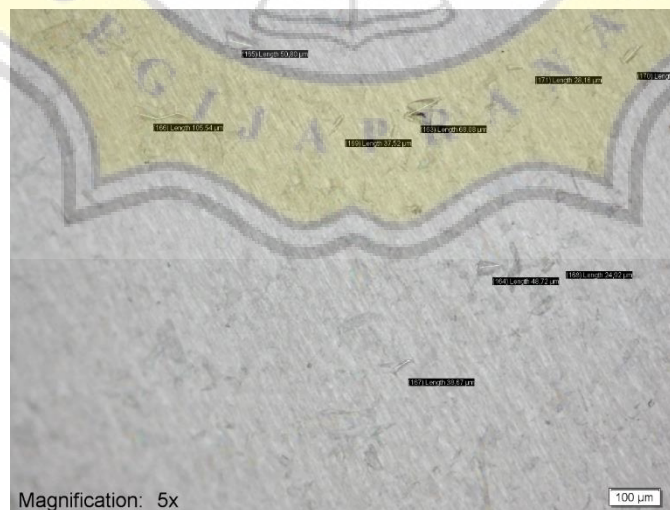
Keterangan: \*) Nilai rata-rata diambil dari pengamatan partikel yang ditemukan di kertas saring (lihat lampiran)

\*\*\*) Hanya kertas saring PTFE ulangan ketiga

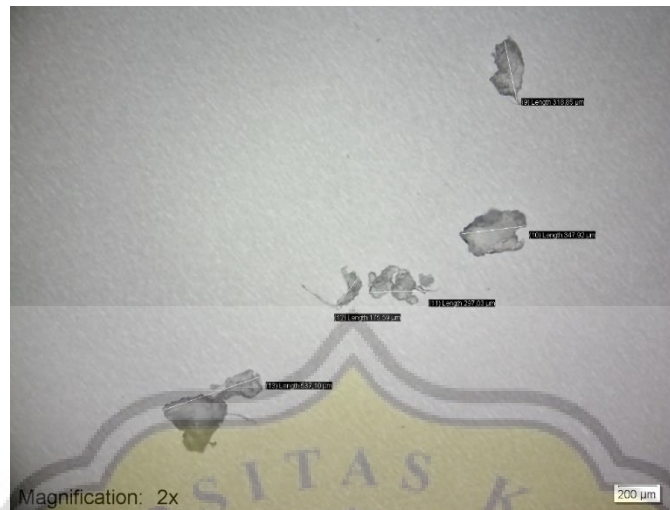
Berdasarkan Tabel 11 dapat dilihat ukuran partikel sampel RM PE, IS PET, IS LDPE, dan IS HDPE. Pada RM PE memiliki ukuran rata-rata sebesar  $40,78 \pm 15,84 \mu\text{m}$  (Gambar 11), sesuai dengan klaim pada kemasan RM PE yang menyatakan bahwa ukuran partikel RM PE berkisar antara 40-60  $\mu\text{m}$ . Pada IS PET memiliki ukuran rata-rata partikel sebesar  $81,86 \pm 73,41 \mu\text{m}$  (Gambar 12). Pada IS LDPE memiliki ukuran rata-rata sebesar  $292,00 \pm 128,09 \mu\text{m}$  (Gambar 13). Pada IS HDPE memiliki ukuran rata-rata sebesar  $132,20 \pm 49,25 \mu\text{m}$  (Gambar 14).



Gambar 11. Hasil Mikroskop Partikel RM PE pada Kertas saring



Gambar 12. Hasil Mikroskop Partikel IS PET ppada Kertas saring

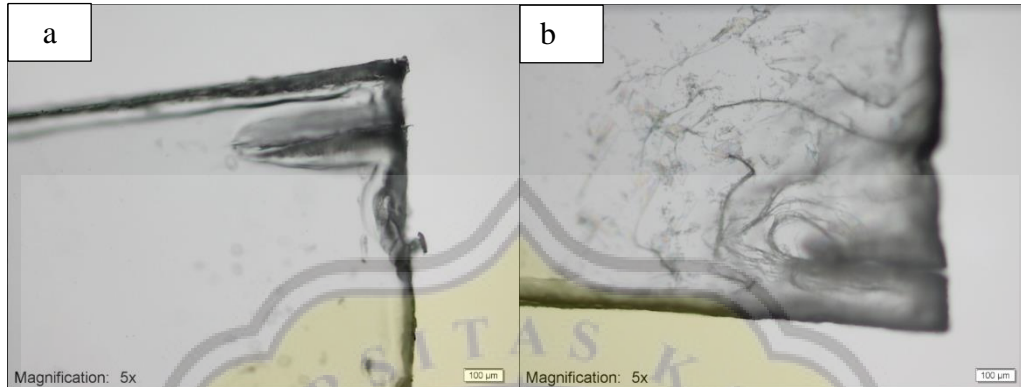


Gambar 13. Hasil Mikroskop Partikel IS LDPE pada Kertas saring



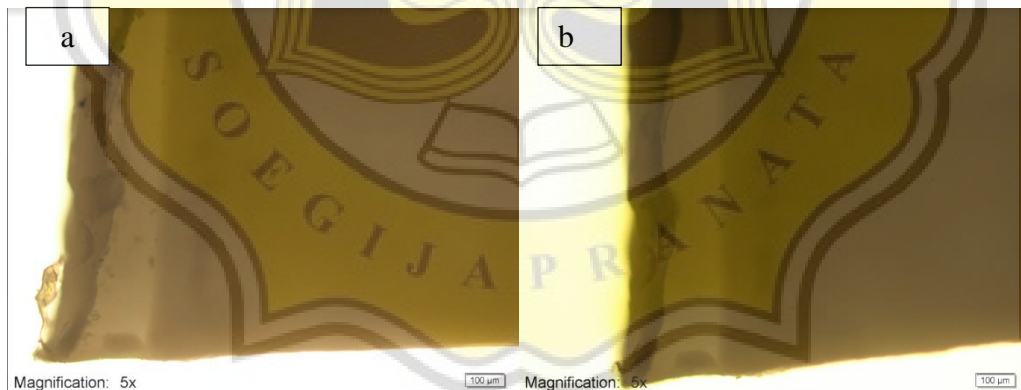
Gambar 14. Hasil Mikroskop Partikel IS HDPE pada Kertas saring

Hasil mikroskop potongan utuh sampel PET dan HDPE sebelum dan sesudah sonikasi dapat dilihat pada Gambar 15 dan Gambar 16.



Gambar 15. Hasil Mikroskop Potongan Utuh PET Sebelum (a) dan Sesudah Sonikasi (b)

Dari gambar tersebut dapat dilihat perubahan yang terjadi pada potongan PET sebelum dan sesudah sonikasi. Dari potongan, terlihat bahwa potongan setelah sonikasi tampak lebih rusak. Hal ini menunjukkan bahwa potongan PET dapat terdegradasi menjadi lebih kecil dan diduga mikroplastik.



Gambar 16. Hasil Mikroskop Potongan Utuh HDPE Sebelum (a) dan Sesudah Sonikasi (b)

Dari gambar tersebut dapat dilihat perubahan yang terjadi pada potongan HDPE sebelum dan sesudah sonikasi. Dari potongan tersebut, terlihat bahwa potongan setelah sonikasi tampak lebih rusak walaupun tidak terlalu signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa potongan HDPE dapat terdegradasi menjadi lebih kecil dan diduga mikroplastik.

### 3.3. Hasil Skor Kesamaan FTIR

Hasil skor kesamaan FTIR setiap sampel dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12. Hasil FTIR Sampel

<b>Aperture - Jumlah Pemindaian</b>	<b>Rata-Rata Skor Kesamaan <math>\pm</math> SD RM PE</b>	<b>Rata-Rata Skor Kesamaan <math>\pm</math> SD IS PET</b>	<b>Rata-Rata Skor Kesamaan <math>\pm</math> SD IS LDPE</b>	<b>Rata-Rata Skor Kesamaan <math>\pm</math> SD IS HDPE</b>
5x5 - 50	589,10 $\pm$ 33,98	589,93 $\pm$ 19,41	576,10 $\pm$ 9,44	590,40 $\pm$ 19,90
20x20 - 40	754,43 $\pm$ 22,66	675,90 $\pm$ 43,65	676,33 $\pm$ 43,67	749,50 $\pm$ 45,07
20x20 - 60	754,60 $\pm$ 26,16	681,47 $\pm$ 45,89	680,23 $\pm$ 48,94	766,10 $\pm$ 41,26
60x60 - 36	729,87 $\pm$ 31,43	679,67 $\pm$ 42,23	720,67 $\pm$ 45,03	814,20 $\pm$ 37,10
60x60 - 50	733,00 $\pm$ 30,01	678,83 $\pm$ 43,40	722,80 $\pm$ 45,79	818,40 $\pm$ 33,23
60x60 - 65	733,03 $\pm$ 30,57	680,40 $\pm$ 44,24	724,13 $\pm$ 43,03	817,70 $\pm$ 33,57
100x100 - 40	715,77 $\pm$ 29,48	663,13 $\pm$ 52,19	717,37 $\pm$ 47,28	801,80 $\pm$ 40,64
100x100 - 60	715,67 $\pm$ 29,88	666,90 $\pm$ 50,77	717,13 $\pm$ 47,76	803,00 $\pm$ 39,81
117x117 - 50	709,77 $\pm$ 30,74	659,34 $\pm$ 48,93	708,47 $\pm$ 44,16	790,90 $\pm$ 43,74
<b>Keseluruhan</b>	<b>715,03 <math>\pm</math> 55,37</b>	<b>663,96 <math>\pm</math> 51,54</b>	<b>693,69 <math>\pm</math> 61,95</b>	<b>772,44 <math>\pm</math> 77,42</b>

Keterangan: Nilai rata-rata diambil dari pengamatan 30 partikel (N = 30), kecuali pada IS HDPE dari 10 partikel (N = 10)

Berdasarkan Tabel 12 dapat dilihat hasil skor kesamaan FTIR setiap sampel pada setiap perlakuan. Nilai yang ditunjukkan pada tabel merupakan nilai rata-rata. Pada RM PE rata-rata skor kesamaan tertinggi dihasilkan saat menggunakan *aperture* 20x20 dan jumlah pemindaian 60, yaitu sebesar 754,60  $\pm$  26,16. Pada IS PET rata-rata skor kesamaan tertinggi dihasilkan saat menggunakan *aperture* 20x20 dan jumlah pemindaian 60, yaitu sebesar 681,47  $\pm$  45,89. Pada IS LDPE rata-rata skor kesamaan tertinggi dihasilkan saat menggunakan *aperture* 60x60 dan jumlah pemindaian 65, yaitu sebesar 724,13  $\pm$  43,03. Pada IS HDPE rata-rata skor kesamaan tertinggi dihasilkan saat menggunakan *aperture* 60x60 dan jumlah pemindaian 50, yaitu sebesar 818,40  $\pm$  33,23.

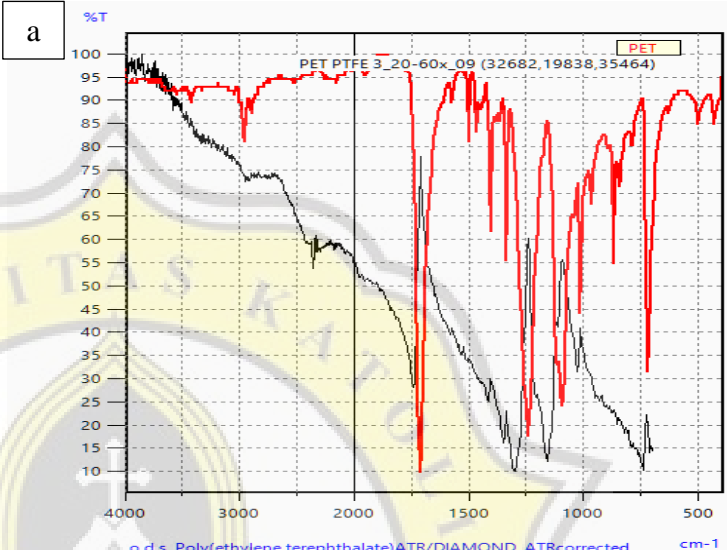
### 3.4. Spektrum Inframerah

Hasil spektra inframerah setiap sampel dapat dilihat pada Tabel 13.

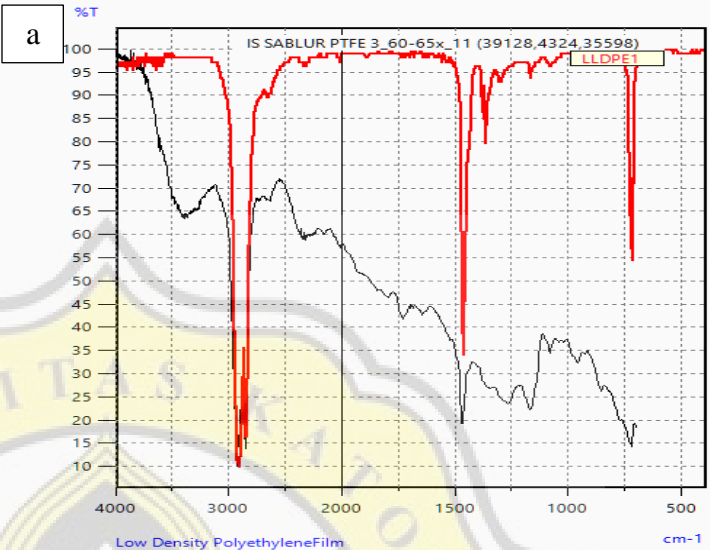
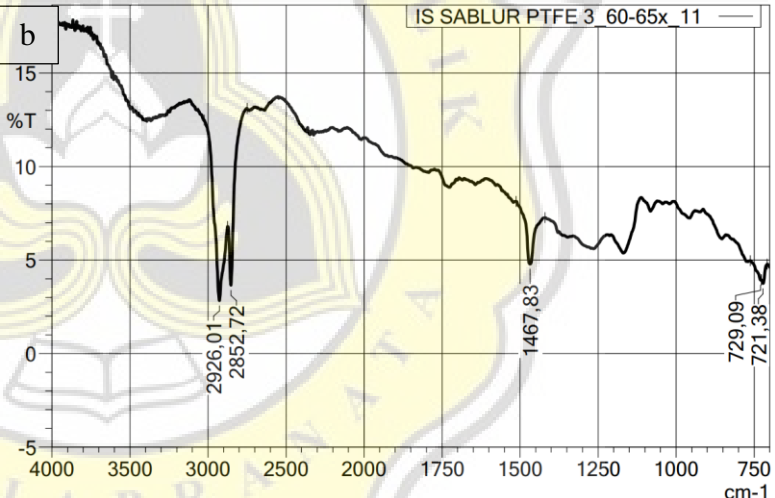
Tabel 13. Spektra Inframerah Sampel

Jenis Polimer	Area peak spektra IR (cm <sup>-1</sup> )	Spektra
RM PE (LLDPE)	2927 <i>Asymmetric CH<sub>2</sub> stretch</i>	<p>Figure 13 shows two IR spectra for LLDPE. Plot (a) is the full spectrum from 4000 to 500 cm<sup>-1</sup>, showing %T on the y-axis. Plot (b) is a zoomed-in view from 4000 to 750 cm<sup>-1</sup>. Both plots show characteristic absorption bands for LLDPE, with peaks labeled at 2927.94, 2854.65, 1463.97, 731.02, and 719.45 cm<sup>-1</sup>.</p>
	2852 <i>Symmetric CH<sub>2</sub> stretch</i>	
	1475 & 1463 <i>CH<sub>2</sub> scissors vibration</i>	
	730 & 720 <i>CH<sub>2</sub> rocking</i>	
	1377 <i>CH<sub>3</sub> groups</i>	
	910 <i>Terminal vinyl group</i>	
	890 <i>Vinylidene group</i>	
	775 <i>Ethyl branching</i>	

Tabel 13. Spektra Inframerah Sampel

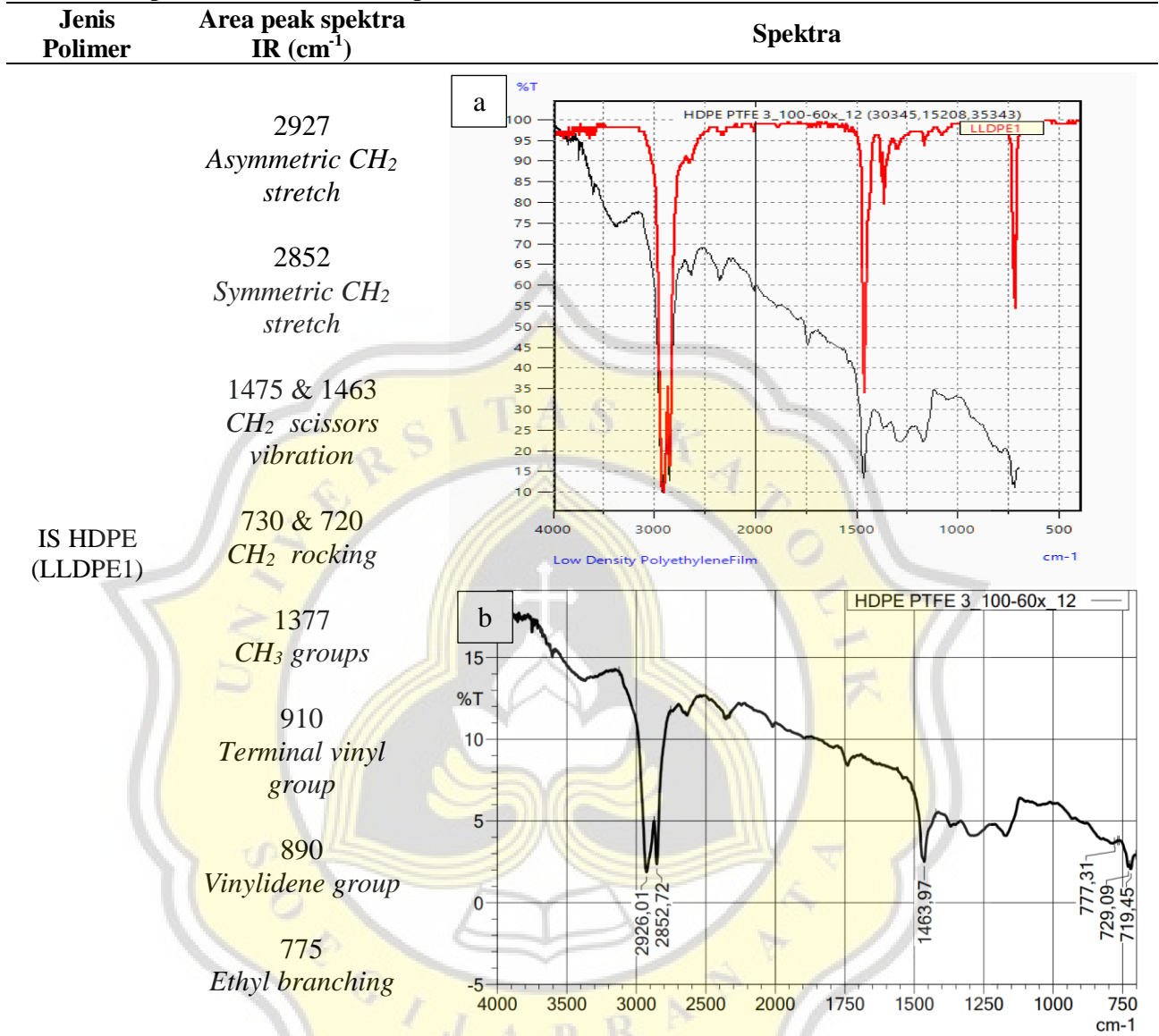
Jenis Polimer	Area peak spektra IR (cm <sup>-1</sup> )	Spektra
IS PET (PET)	3432 <i>OH group (hydroxyl)</i>	
	3054, 2969, 2908 <i>Symmetric C-H stretch</i>	
	2350 <i>CO<sub>2</sub> axial symmetric deformation</i>	
	1730 <i>C=O stretch</i>	
	1577, 1504 <i>C=C aromatic stretch</i>	
	1453, 1410, 1342 <i>C-O group and ethylene glycol vibration</i>	
	1240, 1124 <i>Terephthalate Group</i>	
	1096, 1050 <i>Methylene group and ester C-O bond vibrations</i>	
	972, 872, 848 <i>Aromatic rings</i>	
	1960, 795 <i>Aromatic H vibration</i>	
	712 <i>Polar ester groups and benzene ring interaction</i>	

Tabel 13. Spektra Inframerah Sampel

Jenis Polimer	Area peak spektra IR (cm <sup>-1</sup> )	Spektra
IS LDPE (LLDPE1)	2927 <i>Asymmetric CH<sub>2</sub> stretch</i>	
	2852 <i>Symmetric CH<sub>2</sub> stretch</i>	
	1475 & 1463 <i>CH<sub>2</sub> scissors vibration</i>	
	730 & 720 <i>CH<sub>2</sub> rocking</i>	
	1377 <i>CH<sub>3</sub> groups</i>	
	910 <i>Terminal vinyl group</i>	
	890 <i>Vinylidene group</i>	
	775 <i>Ethyl branching</i>	
		



Tabel 13. Spektra Inframerah Sampel



\*) Sumber: Lobo & Bonilla (2003) (RM PE, IS LDPE, IS HDPE); Pereira *et al.* (2017) (IS PET)

Keterangan: hasil *overlay* spektra referensi perpustakaan (merah) dengan spektra sampel (hitam) (a); pemetaan *peak* spektra sampel hasil pembacaan FTIR (b)

Tabel di atas menunjukkan hasil spektra FTIR dari sampel yang dibandingkan dengan referensi pustaka dan basis data instrumen. Sumbu x menunjukkan bilangan gelombang dan sumbu y menunjukkan % transmisi. Pada gambar (a) merupakan spektra sampel yang ditumpuk dengan spektra basis data, dapat dilihat secara garis besar bahwa kedua spektra memiliki kemiripan pada lembahnya, namun terdapat perbedaan persentase transmisi. Pada

gambar (b) merupakan hasil spektra sampel yang sudah dilakukan pemetaan pada *peak* dan dibandingkan dengan *fingerprint* dari pustaka. Dapat dilihat bahwa beberapa *peak* pada sampel RM PE (LLDPE) memiliki kemiripan dengan pustaka, yaitu pada panjang gelombang 2927,94; 2854,65; 1463,97; 731,02; dan 719,45. Pada sampel IS PET (PET) memiliki kemiripan dengan pustaka, yaitu pada panjang gelombang 1506,41; dan 850,61. Pada sampel IS LDPE (LLDPE) memiliki kemiripan dengan pustaka, yaitu pada panjang gelombang 2926,01; 2852,72; 1467,83; 729,09; dan 721,38. Pada sampel IS HDPE (LLDPE) memiliki kemiripan dengan pustaka, yaitu pada panjang gelombang 2926,01; 2852,72; 1463,97; 1367,53; 777,31; 729,09; dan 719,45.

### 3.5. Hasil Analisis Data RSM

Hasil analisis data menggunakan RSM menampilkan hasil utama berupa tabel (1) koefisien regresi, (2) persamaan regresi, (3) tabel ANOVA, dan (4) koefisien determinasi. Tabel koefisien regresi menampilkan tingkat signifikansi (nilai p) masing-masing variabel bebas dan kombinasinya (*aperture*, *aperture*<sup>2</sup>, jumlah pemindaian, jumlah pemindaian<sup>2</sup>, *aperture*\*jumlah pemindaian) sebagai penyusun model. Tabel ANOVA menggambarkan tingkat signifikansi model dan pengaruh masing-masing komponen model terhadap variabel bebas (skor kesamaan). Terdapat 2 tipe, yaitu *linear* (orde 1) dan *square* (orde 2). Jika hubungan tidak linier, maka fungsi polinomial yang digunakan yang lebih tinggi. Koefisien determinasi ( $R^2$ ) menunjukkan seberapa jauh model mampu menjelaskan perubahan nilai pada variabel terikat (skor kesamaan).

#### 3.5.1. RM PE

Hasil berupa koefisien regresi, ANOVA, dan koefisien determinasi RM PE dapat dilihat pada Tabel 14, 15, dan 16.

Tabel 14. Koefisien Regresi RM PE

<b>Term</b>	<b>Coef</b>	<b>SE Coef</b>	<b>T-Value</b>	<b>P-Value</b>	<b>VIF</b>
<i>Constant</i>	732,61	8,87	82,63	0,000	
<i>Aperture</i>	12,12	7,05	1,72	0,095	1,00
<i>Number of Scan</i>	-0,19	6,94	-0,03	0,978	1,01
<i>Aperture*Aperture</i>	-29,93	7,65	-3,91	0,000	1,02

Tabel 14. Koefisien Regresi RM PE

<i>Term</i>	<i>Coef</i>	<i>SE Coef</i>	<i>T-Value</i>	<i>P-Value</i>	<i>VIF</i>
<i>Number of Scan*Number of Scan</i>	9,72	7,23	1,35	0,188	1,02
<i>Aperture*Number of Scan</i>	-0,07	9,92	-0,01	0,995	1,00

Berdasarkan tabel koefisien regresi (Tabel 14) dapat dilihat bahwa tidak semua komponen model signifikan. Hanya 1 komponen model, yaitu *aperture*<sup>2</sup> (orde 2) yang sangat signifikan ( $p < 0,01$ ), sedangkan komponen lainnya tidak signifikan ( $p > 0,05$ ). Persamaan regresi yang dihasilkan adalah sebagai berikut :

$$\text{Skor Kesamaan} = 891 + 2,56 \text{ Aperture} - 9,73 \text{ Jumlah pemindaian} - 0,01871 \text{ Aperture}^2 + 0,0972 \text{ Jumlah pemindaian}^2 - 0,0002 \text{ Aperture} * \text{Jumlah pemindaian}$$

Tabel 15. ANOVA RM PE

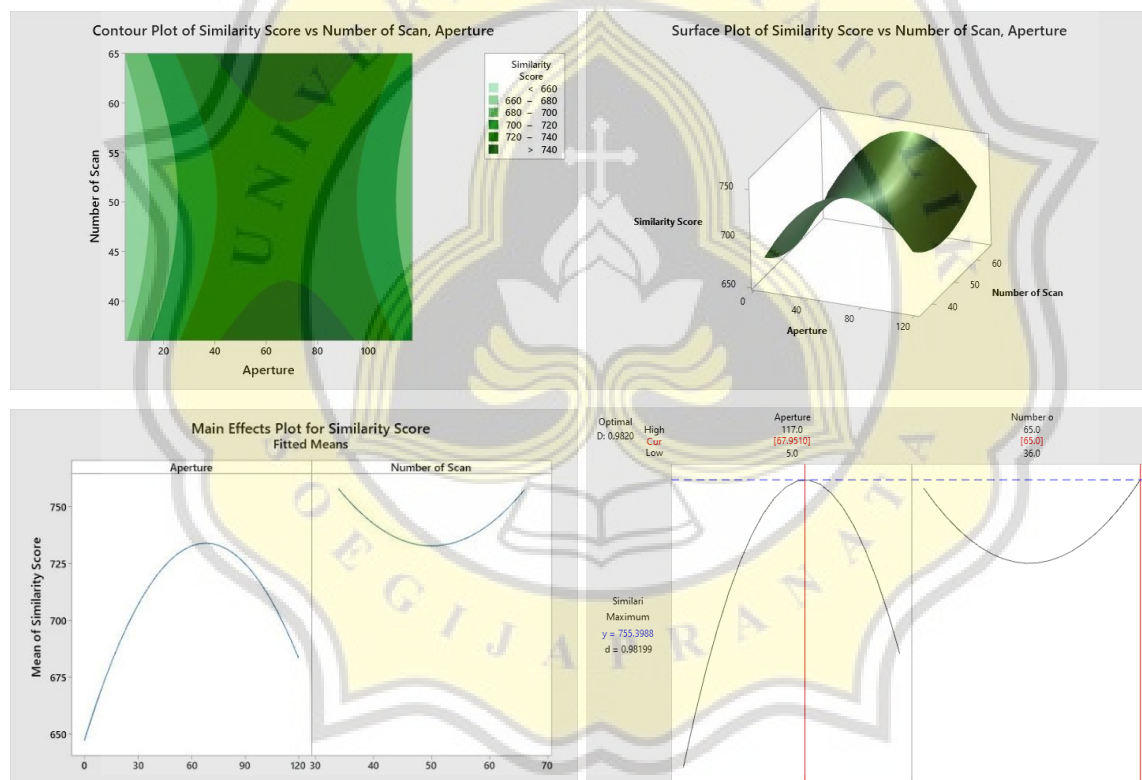
<i>Source</i>	<i>DF</i>	<i>Adj SS</i>	<i>Adj MS</i>	<i>F-Value</i>	<i>P-Value</i>
<i>Model</i>	5	25291,2	5058,2	4,28	0,004
<i>Linear</i>	2	3484,9	1742,5	1,48	0,243
<i>Aperture</i>	1	3484,0	3484,0	2,95	0,095
<i>Number of Scan</i>	1	0,9	0,9	0,00	0,978
<i>Square</i>	2	22360,9	11180,5	9,47	0,001
<i>Aperture*Aperture</i>	1	18093,9	18093,9	15,33	0,000
<i>Number of Scan*Number of Scan</i>	1	2136,6	2136,6	1,81	0,188
<i>2-Way Interaction</i>	1	0,1	0,1	0,00	0,995
<i>Aperture*Number of Scan</i>	1	0,1	0,1	0,00	0,995
<i>Error</i>	33	38957,8	1180,5		
<i>Lack-of-Fit</i>	3	37010,5	12336,8	190,06	0,000
<i>Pure Error</i>	30	1947,3	64,9		
<i>Total</i>	38	64249,0			

Berdasarkan tabel ANOVA (Tabel 15), dapat dilihat bahwa model regresi yang diperoleh sangat signifikan ( $p < 0,01$ ) dalam menjelaskan nilai skor kesamaan sebagai variabel terikat, tetapi tidak semua komponen model memberikan kontribusi yang signifikan. *Aperture*<sup>2</sup> dan jumlah pemindaian<sup>2</sup> berpengaruh sangat signifikan terhadap skor kesamaan ( $p < 0,01$ ) yang artinya model tersebut tidak *linear*, sedangkan sisanya tidak berpengaruh signifikan. Hal ini didukung dengan oleh adanya *lack of fit* (ketidaksesuaian) model yang sangat signifikan ( $p < 0,01$ ).

Tabel 16. Koefisien Determinasi RM PE

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
34,3590	39,36%	30,18%	4,49%

Nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 39,36% termasuk kategori lemah dalam menjelaskan perubahan nilai pada variabel terikat (skor kesamaan). Berdasarkan hasil optimasi respon menggunakan prosedur *response optimizer* pada analisis RSM, variabel yang mempengaruhi dalam skor kesamaan hanya *aperture*, sedangkan jumlah pemindaian tidak terlalu berkontribusi (Gambar 17).



Gambar 17. Hasil Optimasi RM PE

Keterangan: *contour plot* (a); *surface plot* (b); *main effects* (c); *response optimizer* (d)

### 3.5.2. IS PET

Hasil berupa koefisien regresi, ANOVA, dan koefisien determinasi IS PET dapat dilihat pada Tabel 17, 18, dan 19.

Tabel 17. Koefisien Regresi IS PET

<i>Term</i>	<i>Coef</i>	<i>SE Coef</i>	<i>T-Value</i>	<i>P-Value</i>	<i>VIF</i>
<i>Constant</i>	678,67	7,17	94,63	0,000	
<i>Aperture</i>	9,30	5,71	1,63	0,113	1,00
<i>Number of Scan</i>	0,89	5,62	0,16	0,875	1,01
<i>Aperture*Aperture</i>	-22,01	6,18	-3,56	0,001	1,02
<i>Number of Scan*Number of Scan</i>	5,12	5,85	0,88	0,388	1,02
<i>Aperture*Number of Scan</i>	-0,45	8,02	-0,06	0,956	1,00

Berdasarkan tabel koefisien regresi (Tabel 17) dapat dilihat bahwa tidak semua komponen model signifikan. Hanya 1 komponen model, yaitu *aperture*<sup>2</sup> (orde 2) yang sangat signifikan ( $p < 0,01$ ), sedangkan sisanya tidak signifikan ( $p > 0,05$ ). Persamaan regresi yang dihasilkan adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Skor Kesamaan} &= 735 + 1,94 \text{ Aperture} - 4,96 \text{ Jumlah pemindaian} - 0,01375 \text{ Aperture}^2 \\ &+ 0,0512 \text{ Jumlah pemindaian}^2 - 0,0011 \text{ Aperture} * \text{Jumlah pemindaian} \end{aligned}$$

Tabel 18. ANOVA IS PET

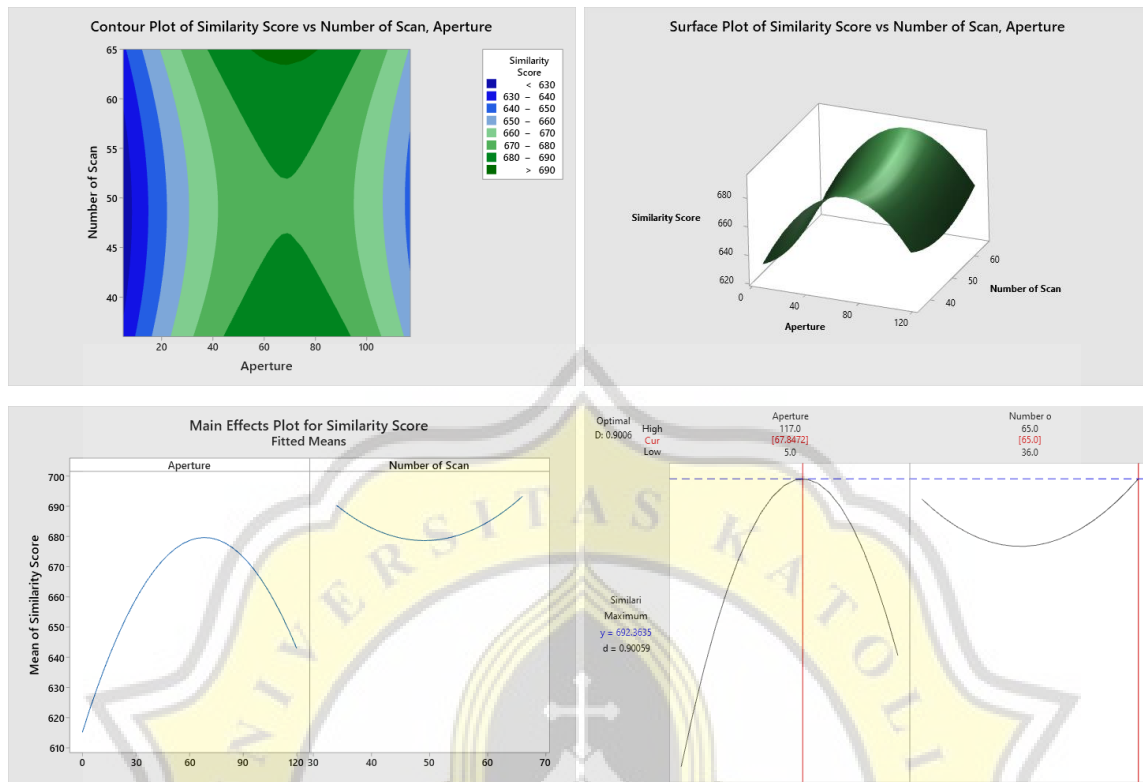
<i>Source</i>	<i>DF</i>	<i>Adj SS</i>	<i>Adj MS</i>	<i>F-Value</i>	<i>P-Value</i>
<i>Model</i>	5	13033,6	2606,72	3,37	0,014
<i>Linear</i>	2	2070,7	1035,37	1,34	0,276
<i>Aperture</i>	1	2051,3	2051,29	2,66	0,113
<i>Number of Scan</i>	1	19,4	19,39	0,03	0,875
<i>Square</i>	2	11247,6	5623,80	7,28	0,002
<i>Aperture*Aperture</i>	1	9781,7	9781,69	12,66	0,001
<i>Number of Scan*Number of Scan</i>	1	592,3	592,29	0,77	0,388
<i>2-Way Interaction</i>	1	2,4	2,43	0,00	0,956
<i>Aperture*Number of Scan</i>	1	2,4	2,43	0,00	0,956
<i>Error</i>	33	25493,6	772,53		
<i>Lack-of-Fit</i>	3	8898,1	2966,05	5,36	0,004
<i>Pure Error</i>	30	16595,5	553,18		
<i>Total</i>	38	38527,2			

Berdasarkan tabel ANOVA (Tabel 18), dapat dilihat bahwa model regresi yang diperoleh signifikan ( $p < 0,05$ ) dalam menjelaskan nilai skor kesamaan sebagai variabel terikat, tetapi tidak semua komponen model memberikan kontribusi yang signifikan. *Aperture*<sup>2</sup> dan jumlah pemindaian<sup>2</sup> berpengaruh sangat signifikan terhadap skor kesamaan ( $p < 0,01$ ) yang artinya model tersebut tidak *linear*, sedangkan sisanya tidak berpengaruh signifikan. Hal ini didukung dengan adanya *lack of fit* (ketidaksesuaian) model yang sangat signifikan ( $p < 0,01$ ).

Tabel 19. Koefisien Determinasi IS PET

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
27,7945	33,83%	23,80%	1,06%

Nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 33,83% termasuk kategori lemah dalam menjelaskan perubahan nilai pada variabel terikat (skor kesamaan). Berdasarkan hasil optimasi respon menggunakan prosedur *response optimizer* pada analisis RSM, variabel yang mempengaruhi dalam skor kesamaan hanya *aperture*, sedangkan jumlah pemindaian tidak terlalu berkontribusi (Gambar 18).



Gambar 18. Hasil Optimasi IS PET

Keterangan: *contour plot* (a); *surface plot* (b); *main effects* (c); *response optimizer* (d)

### 3.5.3. IS LDPE

Hasil berupa koefisien regresi, ANOVA, dan koefisien determinasi IS LDPE dapat dilihat pada Tabel 20, 21, dan 22.

Tabel 20. Koefisien Regresi IS LDPE

<i>Term</i>	<i>Coef</i>	<i>SE Coef</i>	<i>T-Value</i>	<i>P-Value</i>	<i>VIF</i>
<i>Constant</i>	722,60	4,86	148,66	0,000	
<i>Aperture</i>	34,09	3,87	8,82	0,000	1,00
<i>Number of Scan</i>	0,78	3,81	0,20	0,839	1,01
<i>Aperture*Aperture</i>	-36,71	4,19	-8,76	0,000	1,02
<i>Number of Scan*Number of Scan</i>	3,62	3,96	0,91	0,367	1,02
<i>Aperture*Number of Scan</i>	-1,03	5,44	-0,19	0,850	1,00

Berdasarkan tabel koefisien regresi (Tabel 20) dapat dilihat bahwa tidak semua komponen model signifikan. Hanya 2 komponen model, yaitu *aperture* (orde 1) dan *aperture*<sup>2</sup> (orde 2)

yang sangat signifikan ( $p < 0,01$ ), sedangkan sisanya tidak signifikan ( $p > 0,05$ ). Persamaan regresi yang dihasilkan adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Skor Kesamaan} = & 668 + 3,735 \text{ Aperture} - 3,39 \text{ Jumlah pemindaian} - 0,02295 \text{ Aperture}^2 \\ & + 0,0362 \text{ Jumlah pemindaian}^2 - 0,0026 \text{ Aperture} * \text{Jumlah pemindaian} \end{aligned}$$

Tabel 21. ANOVA IS LDPE

<i>Source</i>	<i>DF</i>	<i>Adj SS</i>	<i>Adj MS</i>	<i>F-Value</i>	<i>P-Value</i>
<i>Model</i>	5	54549,4	10909,9	30,75	0,000
<i>Linear</i>	2	27593,8	13796,9	38,88	0,000
<i>Aperture</i>	1	27578,7	27578,7	77,72	0,000
<i>Number of Scan</i>	1	14,8	14,8	0,04	0,839
<i>Square</i>	2	28847,2	14423,6	40,65	0,000
<i>Aperture*Aperture</i>	1	27225,8	27225,8	76,73	0,000
<i>Number of Scan*Number of Scan</i>	1	296,4	296,4	0,84	0,367
<i>2-Way Interaction</i>	1	12,8	12,8	0,04	0,850
<i>Aperture*Number of Scan</i>	1	12,8	12,8	0,04	0,850
<i>Error</i>	33	11709,5	354,8		
<i>Lack-of-Fit</i>	3	6909,8	2303,3	14,40	0,000
<i>Pure Error</i>	30	4799,6	160,0		
<i>Total</i>	38	66258,9			

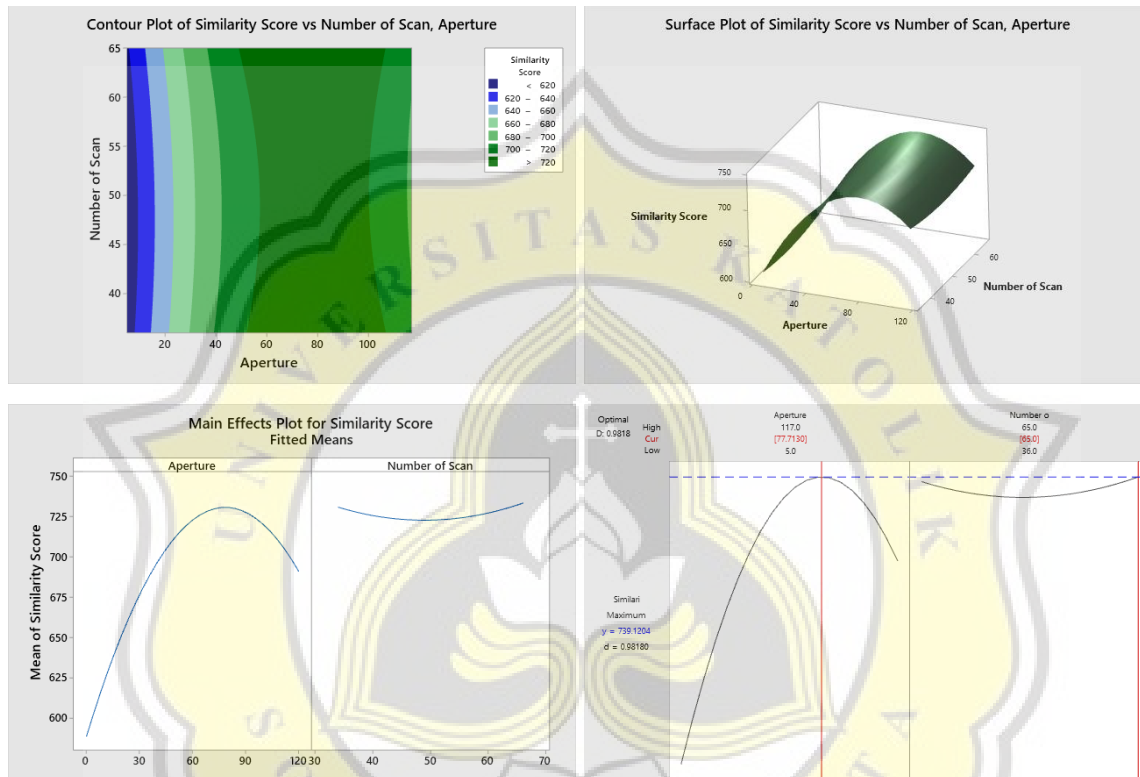
Berdasarkan tabel ANOVA (Tabel 21), dapat dilihat bahwa model regresi yang diperoleh sangat signifikan ( $p < 0,01$ ) dalam menjelaskan nilai skor kesamaan sebagai variabel terikat, tetapi tidak semua komponen model memberikan kontribusi yang signifikan. *Aperture*, jumlah pemindaian,  $aperture^2$  dan jumlah pemindaian<sup>2</sup> berpengaruh sangat signifikan terhadap skor kesamaan ( $p < 0,01$ ) yang artinya model tersebut dapat digambarkan oleh model *linear* (orde 1) maupun *square* (orde 2), sedangkan sisanya tidak berpengaruh signifikan. Hal ini didukung dengan adanya *lack of fit* (ketidaksesuaian) model yang sangat signifikan ( $p < 0,01$ ).

Tabel 22. Koefisien Determinasi IS LDPE

<i>S</i>	<i>R-sq</i>	<i>R-sq(adj)</i>	<i>R-sq(pred)</i>
18,8370	82,33%	79,65%	73,74%



Nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 82,33% termasuk kategori cukup kuat dalam menjelaskan perubahan nilai pada variabel terikat (skor kesamaan). Berdasarkan hasil optimasi respon menggunakan prosedur *response optimizer* pada analisis RSM, variabel yang mempengaruhi dalam skor kesamaan hanya *aperture*, sedangkan jumlah pemindaian tidak terlalu berkontribusi (Gambar 19).



Gambar 19. Hasil Optimasi IS LDPE

Keterangan: *contour plot* (a); *surface plot* (b); *main effects* (c); *response optimizer* (d)

### 3.5.4. IS HDPE

Hasil berupa koefisien regresi, ANOVA, dan koefisien determinasi IS HDPE dapat dilihat pada Tabel 23, 24 dan 25.

Tabel 23. Koefisien Regresi IS HDPE

<i>Term</i>	<i>Coef</i>	<i>SE Coef</i>	<i>T-Value</i>	<i>P-Value</i>	<i>VIF</i>
<i>Constant</i>	818,1	14,2	57,50	0,000	
<i>Aperture</i>	48,0	11,3	4,24	0,004	1,00
<i>Number of Scan</i>	2,4	11,1	0,21	0,839	1,01
<i>Aperture*Aperture</i>	-57,5	12,3	-4,69	0,002	1,02

Tabel 23. Koefisien Regresi IS HDPE

<i>Term</i>	<i>Coef</i>	<i>SE Coef</i>	<i>T-Value</i>	<i>P-Value</i>	<i>VIF</i>
<i>Number of Scan*Number of Scan</i>	5,3	11,6	0,45	0,663	1,02
<i>Aperture*Number of Scan</i>	-3,9	15,9	-0,24	0,816	1,00

Berdasarkan tabel koefisien regresi (Tabel 23) dapat dilihat bahwa tidak semua komponen model signifikan. Hanya 2 komponen model, yaitu *aperture* (orde 1) dan *aperture*<sup>2</sup> (orde 2) yang sangat signifikan ( $p < 0,01$ ), sedangkan sisanya tidak signifikan ( $p > 0,05$ ). Persamaan regresi yang dihasilkan adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Skor Kesamaan} &= 708 + 6,00 \text{ Aperture} - 4,5 \text{ Jumlah pemindaian} - 0,03596 \text{ Aperture}^2 \\ &+ 0,053 \text{ Jumlah pemindaian}^2 - 0,0096 \text{ Aperture} * \text{Jumlah pemindaian} \end{aligned}$$

Tabel 24. ANOVA IS HDPE

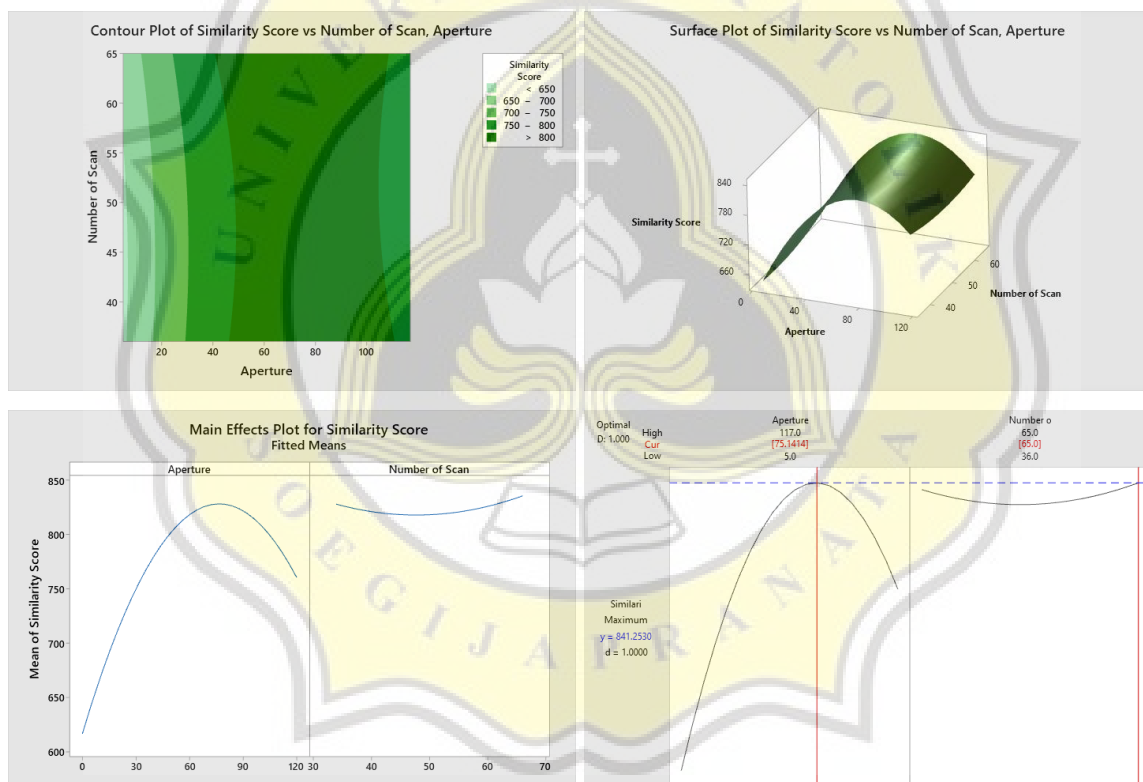
<i>Source</i>	<i>DF</i>	<i>Adj SS</i>	<i>Adj MS</i>	<i>F-Value</i>	<i>P-Value</i>
<i>Model</i>	5	40500,4	8100,1	7,99	0,008
<i>Linear</i>	2	18293,8	9146,9	9,03	0,012
<i>Aperture</i>	1	18248,2	18248,2	18,01	0,004
<i>Number of Scan</i>	1	45,3	45,3	0,04	0,839
<i>Square</i>	2	23531,2	11765,6	11,61	0,006
<i>Aperture*Aperture</i>	1	22284,1	22284,1	21,99	0,002
<i>Number of Scan*Number of Scan</i>	1	209,4	209,4	0,21	0,663
<i>2-Way Interaction</i>	1	59,3	59,3	0,06	0,816
<i>Aperture*Number of Scan</i>	1	59,3	59,3	0,06	0,816
<i>Error</i>	7	7094,4	1013,5		
<i>Lack-of-Fit</i>	3	7094,4	2364,8	*	*
<i>Pure Error</i>	4	0,0	0,0		
<i>Total</i>	12	47594,8			

Berdasarkan tabel ANOVA (Tabel 24), dapat dilihat bahwa model regresi yang diperoleh sangat signifikan ( $p < 0,01$ ) dalam menjelaskan nilai skor kesamaan sebagai variabel terikat, tetapi tidak semua komponen model memberikan kontribusi yang signifikan. *Aperture* dan *aperture*<sup>2</sup> berpengaruh sangat signifikan terhadap skor kesamaan ( $p < 0,01$ ) yang artinya model tersebut tidak *linear*, sedangkan sisanya tidak berpengaruh signifikan. Hal ini didukung dengan adanya *lack of fit* (ketidaksesuaian) ditandai dengan nilai *pure error* model yang sangat signifikan ( $p < 0,01$ ).

Tabel 25. Koefisien Determinasi IS HDPE

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
31,8353	85,09%	74,45%	0,00%

Nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 85,09% termasuk kategori cukup kuat dalam menjelaskan perubahan nilai pada variabel terikat (skor kesamaan). Berdasarkan hasil optimasi respon menggunakan prosedur *response optimizer* pada analisis RSM, variabel yang mempengaruhi dalam skor kesamaan hanya *aperture*, sedangkan jumlah pemindaian tidak terlalu berkontribusi (Gambar 20).



Gambar 20. Hasil Optimasi IS LDPE

Keterangan: *contour plot* (a); *surface plot* (b); *main effects* (c); *response optimizer* (d)

### 3.5.5. Rangkuman Hasil Analisis RSM

Rangkuman Hasil Analisis RSM dapat dilihat pada Tabel 26.

Tabel 26. Rangkuman Hasil Analisis RSM

<b>Sampel</b>	<b>Model*</b>	<b>R<sup>2</sup> (%)</b>	<b>Lack of Fit*</b>
RM PE	0,004	39,36	0,000
IS PET	0,014	33,83	0,004
IS LDPE	0,000	82,33	0,000
IS HDPE	0,008	85,09	-

Keterangan: \*) nilai probabilitas

Tabel di atas merupakan rangkuman sederhana hasil analisis RSM seluruh sampel. Dapat dilihat bahwa model yang ditunjukkan oleh RSM signifikan ( $p < 0,05$ ) untuk seluruh sampel. Nilai  $R^2$  yang dihasilkan bervariasi, dan yang tertinggi dimiliki oleh IS HDPE. Nilai *lack of fit* seluruh sampel menunjukkan sangat signifikan ( $p < 0,01$ ) yang berarti terdapat ketidaksesuaian.

### 3.6. Perlakuan Terbaik

Hasil perlakuan terbaik untuk setiap sampel dapat dilihat pada Tabel 27.

Tabel 27. Perlakuan Terbaik Setiap Sampel

<b>Sampel</b>	<b>Ukuran Partikel <math>\pm</math> SD (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	<b>Aperture</b>	<b>Jumlah Pemindaian</b>
RM PE	40,78 $\pm$ 15,84	68	65
IS PET	81,86 $\pm$ 73,41	68	65
IS LDPE	292,00 $\pm$ 128,09	78	65
IS HDPE	132,20 $\pm$ 49,25	76	65

Keterangan: Nilai *aperture* dan jumlah pemindaian yang didapatkan hasil dari uji optimasi menggunakan RSM

Tabel di atas merupakan hasil perlakuan terbaik yang menghasilkan skor kesamaan tertinggi. Tabel tersebut merupakan rangkuman dari hasil analisis RSM pada sub bab sebelumnya. Setiap sampel memiliki perlakuan terbaik yang berbeda. Pada sampel RM PE dan IS PET yang berukuran 40,78  $\pm$  15,84 dan 81,86  $\pm$  73,41  $\mu\text{m}$ , *aperture* dan jumlah pemindaian yang terbaik secara berurutan yaitu 68x68 dan 65. Pada sampel IS LDPE yang berukuran 292,00  $\pm$  128,09  $\mu\text{m}$  *aperture* dan jumlah pemindaian yang terbaik secara berurutan yaitu 78x78 dan 65. Pada sampel IS HDPE yang berukuran 132,20  $\pm$  49,25  $\mu\text{m}$  *aperture* dan jumlah pemindaian yang terbaik secara berurutan yaitu 76x76 dan 65.