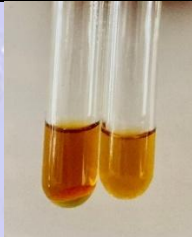
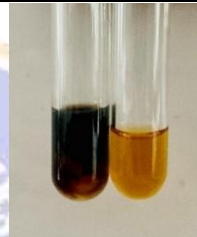
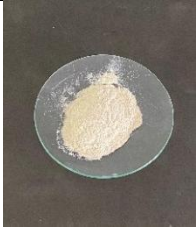
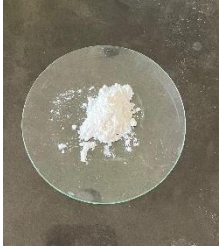
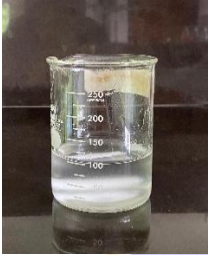


LAMPIRAN

Lampiran 01. Dokumentasi Sintesis Nanopartikel ZnO

Perolehan ekstrak daun kelor		
		
1. Pemanasan dan pengadukan	2. Penyaringan	3. Hasil ekstrak daun kelor
Uji fitokimia ekstrak daun kelor		
		
Uji saponin	Uji alkaloid	Uji tanin
Sintesis Nanopartikel ZnO		
		
1. Prekursor ZnCl_2	2. Pemanasan ekstrak + prekursor	3. Penambahan NaOH
		
4. Hasil kalsinasi	5. Pengiriman sampel XRD	

Lampiran 02. Dokumentasi Pembuatan Bioplastik

Pembuatan bioplastik		
 1. Karagenan	 2. Gliserol	 3. Asam asetat
 4. Kitosan	 5. Nanopartikel ZnO	 6. Pemanasan <i>beaker</i> A = karagenan + gliserol
 7. Pemanasan <i>beaker</i> B = kitosan + asam asetat + Nanopartikel ZnO	 8. Pencampuran <i>beaker</i> A dan B	 9. Proses pencetakan
10. Pengeringan   		

Karakterisasi Bioplastik

1. Uji kuat tarik: 10 x 2,5 cm



2. Uji ketahanan air: 2 x 2 cm

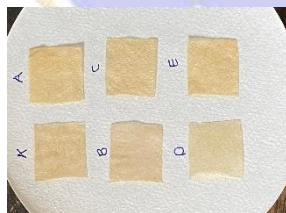


Sebelum direndam (W_0)



Setelah direndam (W_1)

3. Biodegradasi: 2 x 2 cm



Sebelum ditanam (W_0)

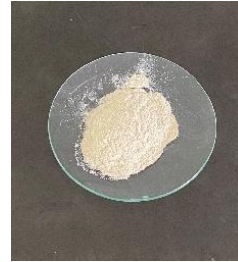


Setelah ditanam (W_x)

4. FTIR



Bioplastik dihaluskan



K-karagenan



Kitosan

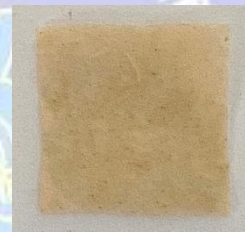


Nanopartikel ZnO

5. SEM-EDS: 2 x 2 cm

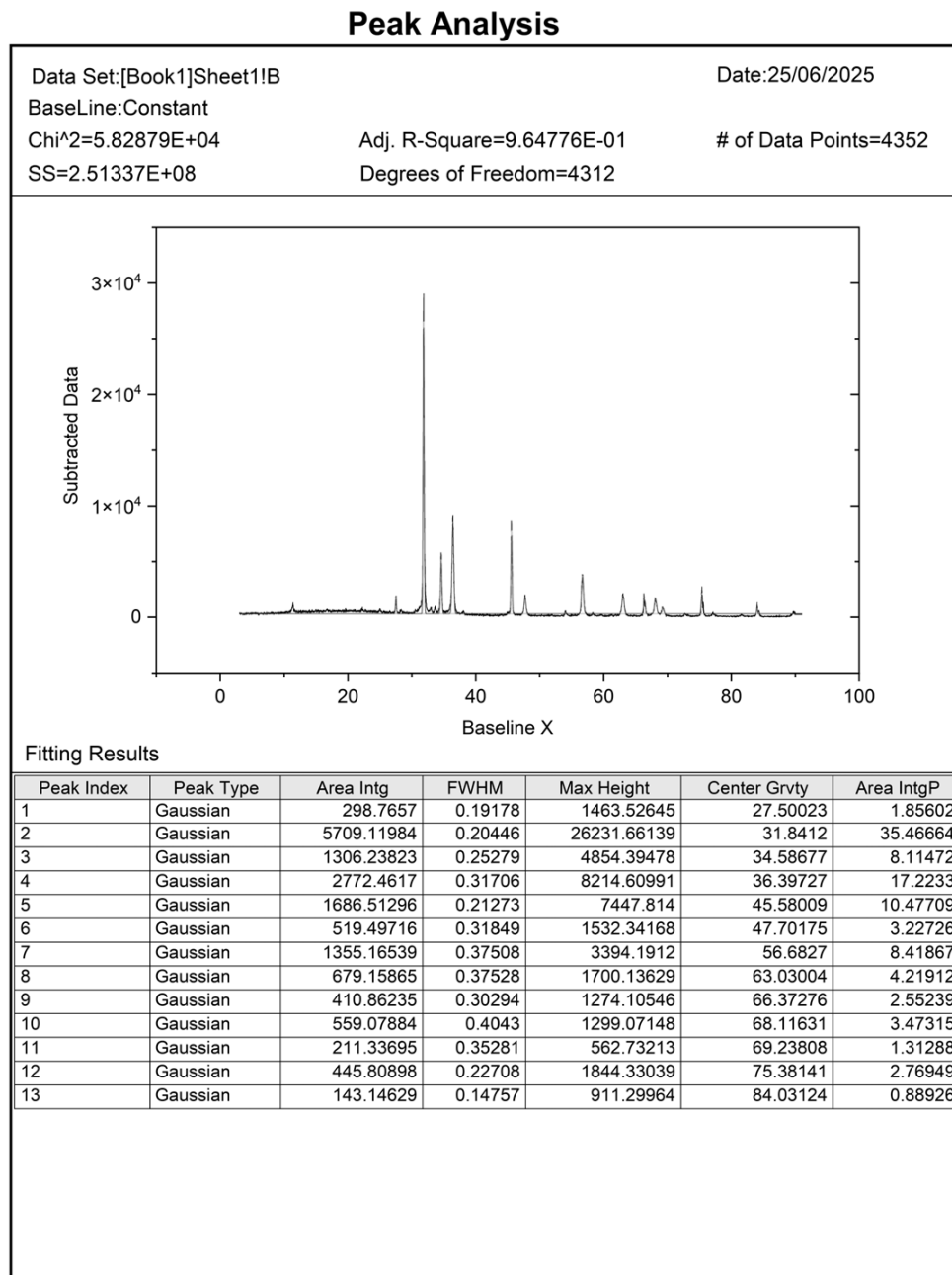


Sampel K



Sampel E

Lampiran 03. Hasil Perhitungan Uji XRD Nanopartikel ZnO



Menggunakan perangkat lunak *OriginPro* 2024 diperoleh nilai *R-square* (COD) 0.96, yang berarti sekitar 96% variansi data dapat dijelaskan oleh model *fitting*, dan hanya 4% yang merupakan *error* atau tidak sesuai model. Untuk kemudian dilakukan perhitungan menggunakan persamaan *scherrer* diperoleh ukuran kristal sebagai berikut.

Lampiran 04. Hasil Uji ANOVA *Two-Way* dan LSD Kuat Tarik

$$\sigma = \frac{F}{A_o} \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan :

σ = Tegangan (N/mm²)

A_o = Luas Penampang Bahan Sebelum Dibebani (mm²)

F = Gaya (N)

Luas penampang: 2,5 mm²

Variasi Sampel		Gaya (N)	Kuat Tarik (MPa)
K	1	23,44	9,38
	2	23,05	9,22
	3	22,55	9,02
	Rata-rata		9,21
A	1	23,93	9,57
	2	23,78	9,51
	3	24,55	9,82
	Rata-rata		9,63
B	1	22,82	9,13
	2	26,68	9,07
	3	23,38	9,31
	Rara-rata		9,17
C	1	32,73	13,09
	2	34,08	13,63
	3	32,98	13,19
	Rata-rata		13,30
D	1	28,65	11,46
	2	28,03	11,21
	3	28,80	11,52
	Rata-rata		11,40
E	1	35,66	14,26
	2	35,30	14,12
	3	37,10	14,84
	Rata-rata		14,41

$$\sigma = \frac{F}{A_0}$$

$$= \frac{23,44 \text{ N}}{2,5 \text{ mm}^2}$$

$$= 9,38 \text{ N/mm}^2 = 9.38 \text{ MPa}$$

Uji Normalitas Kuat Tarik

Between-Subjects Factors

		Value Label	N
ZnO	1	non	6
	2	with	6
Chitosan	1	non	6
	2	with	6

Descriptive Statistics

Dependent Variable: Tensile Strength

ZnO	Chitosan	Mean	Std. Deviation	N
non	non	9,2067	,18037	3
	with	9,1700	,12490	3
	Total	9,1883	,14020	6
with	non	9,3000	,41677	3
	with	14,2633	,14503	3
	Total	11,7817	2,73282	6
Total	non	9,2533	,29173	6
	with	11,7167	2,79236	6
	Total	10,4850	2,28863	12

Case Processing Summary

	Valid		Cases Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
Standardized Residual for Tensile_Strength	12	100,0%	0	0,0%	12	100,0%

Descriptives

		Statistic	Std. Error
Standardized Residual for Tensile_Strength	Mean	,0000	,24618
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	-,5418
		Upper Bound	,5418
	5% Trimmed Mean	,0473	
	Median	,0203	
	Variance	,727	
	Std. Deviation	,85280	
	Minimum	-1,95	
	Maximum	1,10	
	Range	3,04	
	Interquartile Range	1,21	
	Skewness	-,953	,637
	Kurtosis	1,125	1,232

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Standardized Residual for Tensile_Strength	,164	12	,200 [*]	,933	12	,410

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Karena diperoleh nilai signifikansi $0.410 > 0.05$, maka nilai residual standar terdistribusi normal, sehingga memenuhi syarat pertama untuk uji ANOVA *Two-Way*.

Uji Homogenitas Kuat Tarik

Levene's Test of Equality of Error Variances^{a,b}

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Result	Based on Mean	3,642	3	8	,064
	Based on Median	,415	3	8	,747
	Based on Median and with adjusted df	,415	3	2,764	,757
	Based on trimmed mean	3,177	3	8	,085

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Dependent variable: Result

b. Design: Intercept + ZnO + Chitosan + ZnO * Chitosan

Berdasarkan hasil SPSS ini, diperoleh nilai Sig sebesar 0,085. Karena nilai Sig $0,085 > 0.05$, Maka dapat disimpulkan bahwa varian variabel hasil uji kuat tarik adalah homogen. Sehingga asumsi homogenitas dalam uji *two-way* terpenuhi.

Uji *Two-way ANOVA* Kuat Tarik

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Tensile Strength

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	57,130 ^a	3	19,043	313,644	<.001
Intercept	1319,223	1	1319,223	21727,522	<.001
ZnO	20,176	1	20,176	332,300	<.001
Chitosan	18,204	1	18,204	299,819	<.001
ZnO * Chitosan	18,750	1	18,750	308,811	<.001
Error	,486	8	,061		
Total	1376,839	12			
Corrected Total	57,616	11			

a. R Squared = ,992 (Adjusted R Squared = ,988)

1. Jika nilai Sig < 0.05 , maka ada perbedaan/pengaruh hasil uji kuat tarik berdasarkan variabel faktor.
2. Jika nilai Sig > 0.05 , maka ada perbedaan/pengaruh hasil uji kuat tarik berdasarkan variabel faktor.

Kesimpulan menjawab rumusan masalah:

1. Diperoleh nilai Sig. sebesar $0.001 < 0.05$, sehingga dapat disimpulkan bahwa ada pengaruh hasil uji kuat tarik berdasarkan penambahan ZnO.
2. Diperoleh nilai Sig. sebesar $0.001 < 0.05$, sehingga dapat disimpulkan bahwa ada pengaruh hasil uji kuat tarik berdasarkan penambahan kitosan.
3. Diperoleh nilai Sig. sebesar $0.001 < 0.05$, sehingga dapat disimpulkan bahwa ada interaksi penambahan ZnO dengan kitosan dalam menentukan hasil uji kuat tarik.

1. ZnO

Dependent Variable: Tensile Strength

ZnO	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
non	9,188	,101	8,956	9,420
with	11,782	,101	11,550	12,014

2. Chitosan

Dependent Variable: Tensile Strength

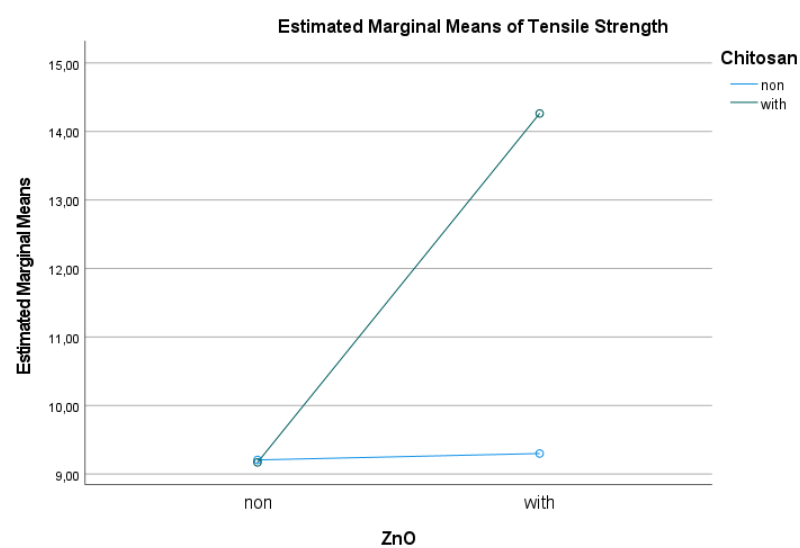
Chitosan	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
non	9,253	,101	9,021	9,485
with	11,717	,101	11,485	11,949

3. ZnO * Chitosan

Dependent Variable: Tensile Strength

ZnO	Chitosan	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
				Lower Bound	Upper Bound
non	non	9,207	,142	8,879	9,535
	with	9,170	,142	8,842	9,498
with	non	9,300	,142	8,972	9,628
	with	14,263	,142	13,935	14,591

Hasil ini menjelaskan tentang perbedaan/pengaruh nilai rata-rata hasil uji kuat tarik berdasarkan penambahan ZnO dan kitosan secara deskripsif.



- Y-axis (vertikal): Nilai rata-rata marginal dari kuat tarik.

- X-axis (horizontal): Kondisi nanopartikel ZnO (*non* dan *with*).
- Warna garis:
 - Biru: Tanpa kitosan
 - Hijau: Dengan kitosan
 - Garis hitam horizontal: *Observed Grand Mean* (rata-rata keseluruhan)

-Interpretasi interaksi

1. Efek nanopartikel ZnO:

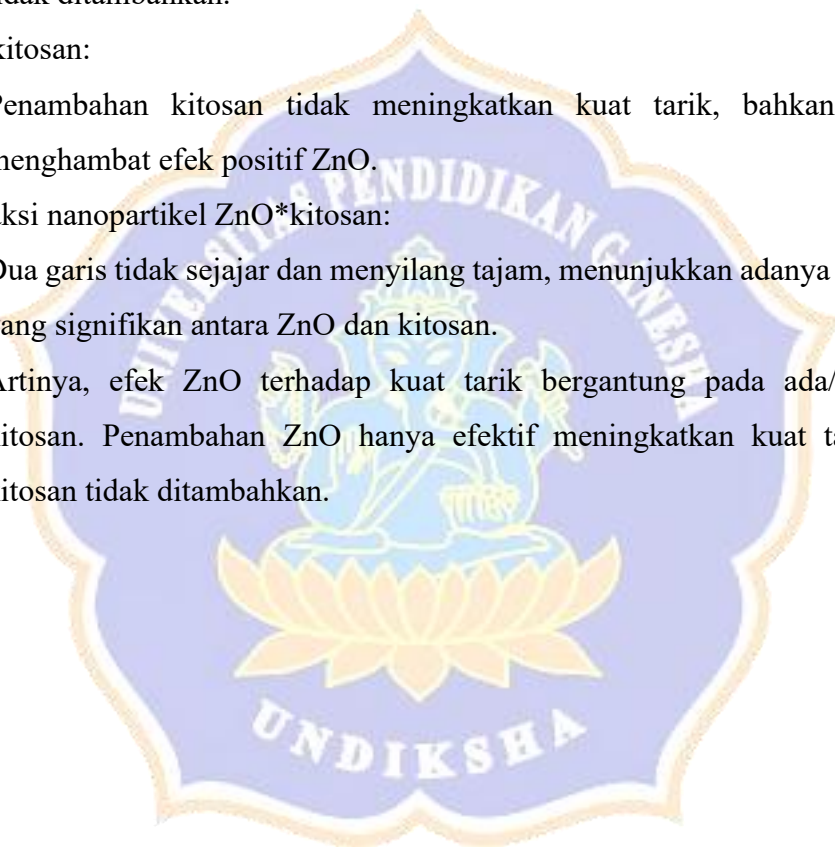
- ZnO secara signifikan meningkatkan kuat tarik, tetapi hanya jika kitosan tidak ditambahkan.

2. Efek kitosan:

- Penambahan kitosan tidak meningkatkan kuat tarik, bahkan terlihat menghambat efek positif ZnO.

3. Interaksi nanopartikel ZnO*kitosan:

- Dua garis tidak sejajar dan menyilang tajam, menunjukkan adanya interaksi yang signifikan antara ZnO dan kitosan.
- Artinya, efek ZnO terhadap kuat tarik bergantung pada ada/tidaknya kitosan. Penambahan ZnO hanya efektif meningkatkan kuat tarik jika kitosan tidak ditambahkan.



Uji LSD Kuat Tarik

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Kuat tarik dalam satuan MPa

LSD

(I)	(J)	Mean	Std.		95% Confidence Interval	
Variasi_Bioplastik	Variasi_Bioplastik	Difference (I-J)	Error	Sig.	Lower Bound	Upper Bound
Bioplastik K	Bioplastik A	-,24000	,15279	,142	-,5729	,0929
	Bioplastik B	,11333	,15279	,472	-,2196	,4462
	Bioplastik C	-3,81000*	,15279	<.001	-4,1429	-3,4771
	Bioplastik D	-2,13667*	,15279	<.001	-2,4696	-1,8038
	Bioplastik E	-5,14667*	,15279	<.001	-5,4796	-4,8138
Bioplastik A	Bioplastik K	,24000	,15279	,142	-,0929	,5729
	Bioplastik B	,35333*	,15279	,039	,0204	,6862
	Bioplastik C	-3,57000*	,15279	<.001	-3,9029	-3,2371
	Bioplastik D	-1,89667*	,15279	<.001	-2,2296	-1,5638
	Bioplastik E	-4,90667*	,15279	<.001	-5,2396	-4,5738
Bioplastik B	Bioplastik K	-,11333	,15279	,472	-,4462	,2196
	Bioplastik A	-,35333*	,15279	,039	-,6862	-,0204
	Bioplastik C	-3,92333*	,15279	<.001	-4,2562	-3,5904
	Bioplastik D	-2,25000*	,15279	<.001	-2,5829	-1,9171
	Bioplastik E	-5,26000*	,15279	<.001	-5,5929	-4,9271
Bioplastik C	Bioplastik K	3,81000*	,15279	<.001	3,4771	4,1429
	Bioplastik A	3,57000*	,15279	<.001	3,2371	3,9029
	Bioplastik B	3,92333*	,15279	<.001	3,5904	4,2562
	Bioplastik D	1,67333*	,15279	<.001	1,3404	2,0062
	Bioplastik E	-1,33667*	,15279	<.001	-1,6696	-1,0038
Bioplastik D	Bioplastik K	2,13667*	,15279	<.001	1,8038	2,4696
	Bioplastik A	1,89667*	,15279	<.001	1,5638	2,2296
	Bioplastik B	2,25000*	,15279	<.001	1,9171	2,5829
	Bioplastik C	-1,67333*	,15279	<.001	-2,0062	-1,3404
	Bioplastik E	-3,01000*	,15279	<.001	-3,3429	-2,6771
Bioplastik E	Bioplastik K	5,14667*	,15279	<.001	4,8138	5,4796
	Bioplastik A	4,90667*	,15279	<.001	4,5738	5,2396
	Bioplastik B	5,26000*	,15279	<.001	4,9271	5,5929
	Bioplastik C	1,33667*	,15279	<.001	1,0038	1,6696
	Bioplastik D	3,01000*	,15279	<.001	2,6771	3,3429

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.



Lampiran 05 . Hasil Uji ANOVA *Two-Way* dan LSD Ketahanan Air

$$\%DA = \frac{W_1 - W_0}{W_0} \times 100\% \dots \dots \dots (4)$$

$$\%Ketahanan \text{ air} = 100\% - \text{daya serap air (\%)} \dots \dots \dots (5)$$

Keterangan :

W_0 = Massa awal bioplastik (mg)

W_1 = Massa bioplastik setelah perendaman (mg)

%DA = Persen daya serap air

Variasi sampel		Sebelum direndam (W_0)	Setelah direndam (W_1)	Daya serap air (%)	Ketahanan air (%)
K	1	36.70	52.50	53.05	46.95
	2	41.40	59.60	53.96	46.04
	3	39.40	56.00	52.13	47.87
Rata-rata					46.95
A	1	76.00	87.00	14.47	85.53
	2	75.60	85.90	13.62	86.38
	3	74.80	85.40	14.17	85.83
Rata-rata					85.81
B	1	47.50	67.20	41.47	58.53
	2	44.00	61.90	40.68	59.32
	3	47.00	65.80	40.00	60.00
Rata-rata					59.28
C	1	51.20	62.40	21.88	78.13
	2	57.70	69.80	20.97	79.03
	3	56.10	68.00	21.21	78.79
Rata-rata					78.65
D	1	47.10	59.80	26.96	73.04
	2	45.30	58.30	28.70	71.30
	3	48.30	61.80	27.95	72.05
Rata-rata					72.13
E	1	87.70	93.20	6.27	93.73
	2	94.20	100.90	7.11	92.89
	3	92.90	99.50	7.10	92.90
Rata-rata					93.17

$$\begin{aligned}
 \%DA &= \frac{W_1 - W_0}{W_0} \times 100\% \\
 &= \frac{52.50 - 36.70}{36.70} \times 100\% \\
 &= 53.05\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \%Ketahanan \text{ air} &= 100\% - \text{daya serap air (\%)} \\
 &= 100\% - 53.05\% \\
 &= 46.95\%
 \end{aligned}$$

Uji Normalitas Ketahanan Air

Between-Subjects Factors

		Value Label	N
ZnO	1	non	6
	2	with	6
Chitosan	1	non	6
	2	with	6

Descriptive Statistics

Dependent Variable: Water Resistant

ZnO	Chitosan	Mean	Std. Deviation	N
non	non	46,9533	,91500	3
	with	59,2833	,73569	3
	Total	53,1183	6,79412	6
with	non	85,9133	,43108	3
	with	93,1733	,48211	3
	Total	89,5433	3,99745	6
Total	non	66,4333	21,34886	6
	with	76,2283	18,57065	6
	Total	71,3308	19,75081	12

Case Processing Summary

	Valid		Cases Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
Residual for Water_Resistance	12	100,0%	0	0,0%	12	100,0%

Descriptives

		Statistic	Std. Error
Residual for Water_Resistance	Mean	,0000	,16499
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	-,3632
		Upper Bound	,3632
	5% Trimmed Mean	-,0002	
	Median	-,0433	
	Variance	,327	
	Std. Deviation	,57156	
	Minimum	-,91	
	Maximum	,92	
	Range	1,83	
	Interquartile Range	,89	
	Skewness	,072	,637
	Kurtosis	-,837	1,232

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Residual for Water_Resistance	,141	12	,200 [*]	,964	12	,841

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Karena diperoleh nilai signifikansi $0.841 > 0.05$, maka nilai residual standar terdistribusi normal, sehingga memenuhi syarat pertama untuk uji ANOVA *Two-Way*.

Uji Homogenitas Ketahanan Air

Levene's Test of Equality of Error Variances^{a,b}

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Result	Based on Mean	,428	3	8	,738
	Based on Median	,414	3	8	,748
	Based on Median and with adjusted df	,414	3	6,939	,748
	Based on trimmed mean	,430	3	8	,737

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Dependent variable: Result

b. Design: Intercept + ZnO + Chitosan + ZnO * Chitosan

Berdasarkan hasil SPSS ini, diperoleh nilai Sig sebesar 0,737. Karena nilai Sig $0,737 > 0,05$, Maka dapat disimpulkan bahwa varian variabel hasil uji ketahanan air adalah homogen. Sehingga asumsi homogenitas dalam uji *two-way* terpenuhi.

Uji Two-Way ANOVA Ketahanan Air

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Water Resistant

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	4287,447 ^a	3	1429,149	3181,661	<.001
Intercept	61057,053	1	61057,053	135929,027	<.001
ZnO	3980,342	1	3980,342	8861,286	<.001
Chitosan	287,826	1	287,826	640,776	<.001
ZnO * Chitosan	19,279	1	19,279	42,919	<.001
Error	3,593	8	,449		
Total	65348,094	12			
Corrected Total	4291,040	11			

a. R Squared = ,999 (Adjusted R Squared = ,999)

- Jika nilai Sig $< 0,05$, maka ada perbedaan/pengaruh hasil uji ketahanan air berdasarkan variabel faktor.
- Jika nilai Sig $> 0,05$, maka ada perbedaan/pengaruh hasil uji ketahanan air berdasarkan variabel faktor.

Kesimpulan menjawab rumusan masalah:

- Diperoleh nilai Sig. sebesar $0,001 < 0,05$, sehingga dapat disimpulkan bahwa ada pengaruh hasil uji ketahanan air berdasarkan penambahan ZnO.
- Diperoleh nilai Sig. sebesar $0,001 < 0,05$, sehingga dapat disimpulkan bahwa ada pengaruh hasil uji ketahanan air berdasarkan penambahan kitosan.
- Diperoleh nilai Sig. sebesar $0,001 < 0,05$, sehingga dapat disimpulkan bahwa ada interaksi penambahan ZnO dengan kitosan dalam menentukan hasil uji ketahanan air.

1. ZnO

Dependent Variable: Water Resistant

ZnO	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
non	53,118	,274	52,487	53,749
with	89,543	,274	88,912	90,174

2. Chitosan

Dependent Variable: Water Resistant

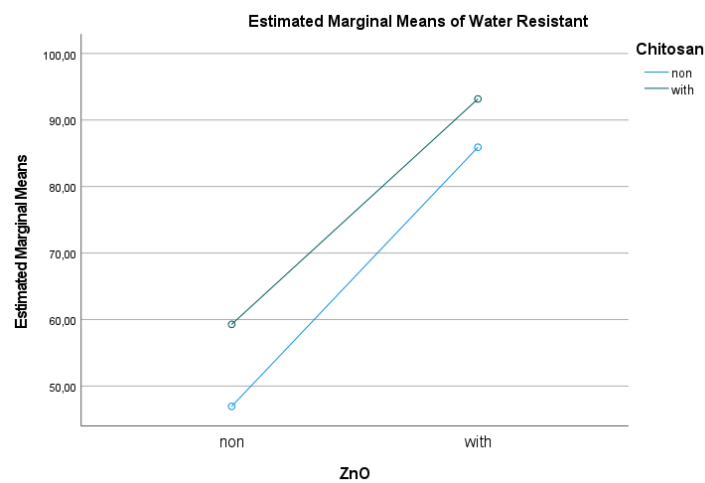
Chitosan	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
non	66,433	,274	65,802	67,064
with	76,228	,274	75,597	76,859

3. ZnO * Chitosan

Dependent Variable: Water Resistant

ZnO	Chitosan	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
				Lower Bound	Upper Bound
non	non	46,953	,387	46,061	47,846
	with	59,283	,387	58,391	60,176
with	non	85,913	,387	85,021	86,806
	with	93,173	,387	92,281	94,066

Hasil ini menjelaskan tentang perbedaan/pengaruh nilai rata-rata hasil uji ketahanan air berdasarkan penambahan ZnO dan kitosan secara deskripsif.



- Y-axis (vertikal): Nilai rata-rata marginal dari ketahanan air.

- X-axis (horizontal): Kondisi perlakuan nanopartikel ZnO: *non* dan *with*.

-Warna garis:

- Biru: Tanpa kitosan
- Hijau: Dengan kitosan

- Interpretasi interaksi:

1. Efek nanopartikel ZnO:

- ZnO memberikan pengaruh utama yang signifikan terhadap peningkatan nilai hasil ketahanan air. Hal ini tampak dari kenaikan yang konsisten dan jelas pada kedua garis saat berpindah dari *non-ZnO* ke *with-ZnO*.

2. Efek kitosan:

- Kitosan juga memberikan pengaruh utama, karena pada kedua level ZnO, garis “*with* kitosan” selalu berada di atas “*non* kitosan”.
- Artinya, kitosan turut membantu meningkatkan nilai hasil, meskipun tidak setajam efek ZnO.

3. Efek nanopartikel ZnO*kitosan:

- Grafik tidak menunjukkan interaksi signifikan yang kuat, karena garis tidak menyilang. Namun, garis tidak sejajar sempurna, dapat menunjukkan potensi interaksi lemah hingga sedang, selain itu juga dikuatkan dengan nilai interaksi memiliki Sig. $0.001 < 0.005$ yang menandakan terdapat interaksi.

Uji LSD Ketahanan Air

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Ketahanan air dalam %

LSD

(I)	(J)	Mean	Std.		95% Confidence Interval	
Variasi_Bioplastik	Variasi_Bioplastik	Difference (I-J)	Error	Sig.	Lower Bound	Upper Bound
Bioplastik K	Bioplastik A	-28,96000*	,55534	<.001	-30,1700	-27,7500
	Bioplastik B	-2,33000*	,55534	,001	-3,5400	-1,1200
	Bioplastik C	-21,69667*	,55534	<.001	-22,9067	-20,4867
	Bioplastik D	-15,17667*	,55534	<.001	-16,3867	-13,9667
	Bioplastik E	-36,22000*	,55534	<.001	-37,4300	-35,0100
Bioplastik A	Bioplastik K	28,96000*	,55534	<.001	27,7500	30,1700
	Bioplastik B	26,63000*	,55534	<.001	25,4200	27,8400
	Bioplastik C	7,26333*	,55534	<.001	6,0533	8,4733
	Bioplastik D	13,78333*	,55534	<.001	12,5733	14,9933
	Bioplastik E	-7,26000*	,55534	<.001	-8,4700	-6,0500
Bioplastik B	Bioplastik K	2,33000*	,55534	,001	1,1200	3,5400
	Bioplastik A	-26,63000*	,55534	<.001	-27,8400	-25,4200
	Bioplastik C	-19,36667*	,55534	<.001	-20,5767	-18,1567
	Bioplastik D	-12,84667*	,55534	<.001	-14,0567	-11,6367
	Bioplastik E	-33,89000*	,55534	<.001	-35,1000	-32,6800
Bioplastik C	Bioplastik K	21,69667*	,55534	<.001	20,4867	22,9067
	Bioplastik A	-7,26333*	,55534	<.001	-8,4733	-6,0533
	Bioplastik B	19,36667*	,55534	<.001	18,1567	20,5767
	Bioplastik D	6,52000*	,55534	<.001	5,3100	7,7300
	Bioplastik E	-14,52333*	,55534	<.001	-15,7333	-13,3133
Bioplastik D	Bioplastik K	15,17667*	,55534	<.001	13,9667	16,3867
	Bioplastik A	-13,78333*	,55534	<.001	-14,9933	-12,5733
	Bioplastik B	12,84667*	,55534	<.001	11,6367	14,0567
	Bioplastik C	-6,52000*	,55534	<.001	-7,7300	-5,3100
	Bioplastik E	-21,04333*	,55534	<.001	-22,2533	-19,8333
Bioplastik E	Bioplastik K	36,22000*	,55534	<.001	35,0100	37,4300
	Bioplastik A	7,26000*	,55534	<.001	6,0500	8,4700
	Bioplastik B	33,89000*	,55534	<.001	32,6800	35,1000
	Bioplastik C	14,52333*	,55534	<.001	13,3133	15,7333
	Bioplastik D	21,04333*	,55534	<.001	19,8333	22,2533

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Lampiran 06. Hasil Uji ANOVA *Two-Way* dan LSD Biodegradasi

$$\% \text{Kehilangan berat} = \frac{W_0 - W_x}{W_0} \times 100\% \dots \dots \dots (6)$$

Keterangan :

W_0 = Massa sampel hari ke- 0 (mg)

W_x = Massa sampel hari ke 7, 12, 17, 22, dan 27 (mg)

%Kehilangan berat = Persentase biodegradabilitas

- Biodegradasi hari ke-7

$$\begin{aligned} \% \text{Kehilangan berat} &= \frac{W_0 - W_7}{W_0} \times 100\% \\ &= \frac{34.50 - 13.60}{34.50} \times 100\% \\ &= 60.58\% \end{aligned}$$

- Biodegradasi hari ke-12

$$\begin{aligned} \% \text{Kehilangan berat} &= \frac{W_0 - W_{12}}{W_0} \times 100\% \\ &= \frac{34.50 - 9.77}{34.50} \times 100\% \\ &= 71.68\% \end{aligned}$$

- Biodegradasi hari ke-17

$$\begin{aligned} \% \text{Kehilangan berat} &= \frac{W_0 - W_{17}}{W_0} \times 100\% \\ &= \frac{34.50 - 4.67}{4.67} \times 100\% \\ &= 86.46\% \end{aligned}$$

Variasi Sampel		W ₀ (mg)	W ₇ (mg)	%KB hari ke 7	W ₁₂ (mg)	%KB hari ke 12	W ₁₇ (mg)	%KB hari ke 17	W ₂₂ (mg)	% KB hari ke 22	W ₂₇ (mg)	%KB hari ke 27
K	1	34.50	13.60	60.58	9.77	71.68	4.67	86.46	TS	100	TS	100
	2	35.60	13.70	61.52	8.54	76.01	4.03	88.68	TS	100	TS	100
	3	35.90	14.20	60.45	9.87	72.51	3.28	90.86	TS	100	TS	100
	Rata-rata			60.85		73.40		88.67		100		100
A	1	78.20	50.80	35.04	35.95	54.03	18.26	76.65	8.65	88.94	TS	100
	2	82.90	54.00	34.86	36.76	55.66	18.94	77.15	8.77	89.42	TS	100
	3	70.20	48.70	30.63	30.49	56.57	14.84	78.86	7.13	89.84	TS	100
	Rata-rata			33.51		55.42		77.55		89.40		89.40
B	1	43.40	17.10	60.60	12.11	72.10	5.76	86.73	TS	100	TS	100
	2	41.40	16.40	60.39	11.81	71.47	5.46	86.81	TS	100	TS	100
	3	45.60	18.5	59.43	13.84	69.65	6.79	85.11	TS	100	TS	100
	Rata-rata			60.14		71.07		86.22		100		100
C	1	54.60	35.50	34.98	26.67	51.15	17.89	67.23	6.35	88	TS	100
	2	58.90	39.20	33.45	26.82	54.47	17.31	70.61	6.04	90	TS	100
	3	56.50	37.30	33.98	29.05	48.58	18.52	67.22	7.11	87	TS	100
	Rata-rata			34.14		51.40		68.36		89		100
D	1	45.70	24.30	46.83	16.87	63.09	7.21	84.22	TS	100	TS	100
	2	42.10	22.70	46.08	17.06	59.48	7.56	82.04	TS	100	TS	100
	3	49.90	26.60	46.69	15.88	68.18	6.96	86.05	TS	100	TS	100
	Rata-rata			46.53		63.58		84.11		100		100
E	1	87.60	58.80	32.88	40.64	53.61	24.67	71.84	11.86	86	TS	100
	2	86.70	59.60	31.26	40.34	53.47	24.11	72.19	13.79	84	TS	100
	3	82.70	55.20	33.25	39.42	52.33	21.96	73.45	11.64	86	TS	100

	Rata-rata	32.46		53.14		72.49			100
--	-----------	-------	--	-------	--	-------	--	--	-----

%KB: Persen kehilangan berat

TS: Terdegradasi sempurna



Uji Normalitas Biodegradasi

Between-Subjects Factors

		Value Label	N
ZnO	1	non	6
	2	with	6
Chitosan	1	non	6
	2	with	6

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Biodegradation

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2272,525 ^a	3	757,508	375,044	<.001
Intercept	26216,466	1	26216,466	12979,841	<.001
ZnO	2270,125	1	2270,125	1123,945	<.001
Chitosan	2,314	1	2,314	1,146	,316
ZnO * Chitosan	,085	1	,085	,042	,843
Error	16,158	8	2,020		
Total	28505,149	12			
Corrected Total	2288,683	11			

a. R Squared = ,993 (Adjusted R Squared = ,990)

Case Processing Summary

	Valid		Cases Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
Standardized Residual for Biodegradation	12	100,0%	0	0,0%	12	100,0%

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Standardized Residual for Biodegradation	,165	12	,200 [*]	,921	12	,291

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Karena diperoleh nilai signifikansi $0.291 > 0.05$, maka nilai residual standar terdistribusi normal, sehingga memenuhi syarat pertama untuk uji ANOVA *Two-Way*.

Uji Homogenitas Biodegradasi

Levene's Test of Equality of Error Variances^{a,b}

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Biodegradation	Based on Mean	6,058	3	8	,019
	Based on Median	,464	3	8	,715
	Based on Median and with adjusted df	,464	3	2,899	,729
	Based on trimmed mean	4,931	3	8	,032

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Dependent variable: Biodegradation

b. Design: Intercept + ZnO + Chitosan + ZnO * Chitosan

Berdasarkan hasil SPSS ini, diperoleh nilai Sig sebesar 0,32. Karena nilai Sig 0,32 > 0.05, Maka dapat disimpulkan bahwa varian variabel hasil uji biodegradasi homogen. Sehingga asumsi homogenitas dalam uji *two-way* terpenuhi.

Uji Two-way Anova Biodegradasi

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Biodegradation

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2272,525 ^a	3	757,508	375,044	<.001
Intercept	26216,466	1	26216,466	12979,841	<.001
ZnO	2270,125	1	2270,125	1123,945	<.001
Chitosan	2,314	1	2,314	1,146	,316
ZnO * Chitosan	,085	1	,085	,042	,843
Error	16,158	8	2,020		
Total	28505,149	12			
Corrected Total	2288,683	11			

a. R Squared = ,993 (Adjusted R Squared = ,990)

1. Jika nilai Sig < 0.05, maka ada perbedaan/pengaruh hasil uji biodegradasi berdasarkan variabel faktor.
2. Jika nilai Sig > 0.05, maka ada perbedaan/pengaruh hasil uji biodegradasi berdasarkan variabel faktor.

Kesimpulan menjawab rumusan masalah:

1. Diperoleh nilai Sig. sebesar $0.001 < 0.05$, sehingga dapat disimpulkan bahwa ada pengaruh hasil uji biodegradasi berdasarkan penambahan ZnO.

2. Diperoleh nilai Sig. sebesar $0.316 > 0.05$, sehingga dapat disimpulkan bahwa tidak ada pengaruh hasil uji biodegradasi berdasarkan penambahan kitosan.
3. Diperoleh nilai Sig. sebesar $0.843 > 0.05$, sehingga dapat disimpulkan bahwa tidak ada interaksi penambahan ZnO dengan kitosan dalam menentukan hasil uji biodegradasi secara statistik.

1. ZnO

Dependent Variable: Biodegradation

ZnO	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
non	60,495	,580	59,157	61,833
with	32,987	,580	31,649	34,325

2. Chitosan

Dependent Variable: Biodegradation

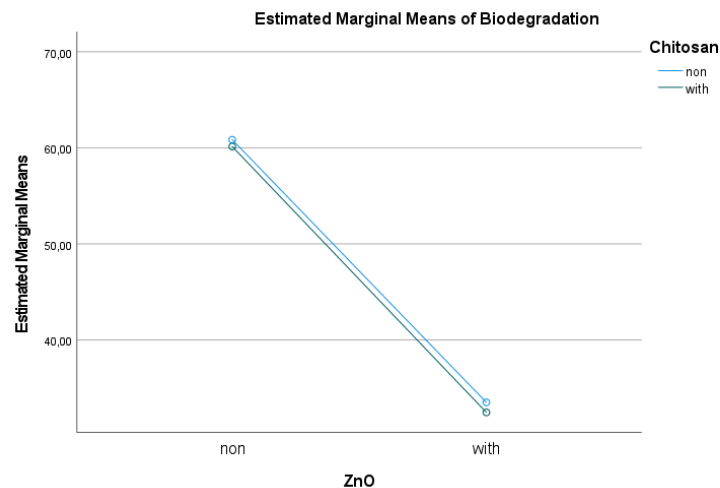
Chitosan	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
non	47,180	,580	45,842	48,518
with	46,302	,580	44,964	47,640

3. ZnO * Chitosan

Dependent Variable: Biodegradation

ZnO	Chitosan	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
				Lower Bound	Upper Bound
non	non	60,850	,821	58,958	62,742
	with	60,140	,821	58,248	62,032
with	non	33,510	,821	31,618	35,402
	with	32,463	,821	30,571	34,355

Hasil ini menjelaskan tentang perbedaan/pengaruh nilai rata-rata hasil uji biodegradasi berdasarkan penambahan ZnO dan kitosan secara deskripsif.



- Sumbu Y (vertikal) : Nilai rata-rata biodegradasi

- Sumbu X (horizontal) : Perlakuan nanopartikel ZnO (*non vs with*)

- Biru: Tanpa kitosan
- Hijau: Dengan kitosan

- Interpretasi interaksi:

1. Efek nanopartikel ZnO:

- Penambahan ZnO secara signifikan menurunkan biodegradasi, baik pada bioplastik tanpa maupun dengan kitosan.

2. Efek kitosan:

- Dua garis (kitosan *non* dan *with*) hampir berimpit, menunjukkan bahwa pengaruh kitosan terhadap biodegradasi relatif kecil atau tidak signifikan secara statistik

3. Interaksi nanopartikel ZnO*kitosan:

Karena kedua garis hampir sejajar, ini menunjukkan tidak ada interaksi signifikan antara ZnO dan kitosan dalam memengaruhi biodegradasi.

- Artinya, efek ZnO terhadap biodegradasi konsisten, terlepas dari ada/tidaknya kitosan.
- Demikian pula, efek kitosan terhadap biodegradasi tidak berubah secara bermakna ketika ZnO ditambahkan.

Uji LSD Biodegradasi

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Biodegradasi dalam %

LSD

(I) Variasi_Bioplastik	(J) Variasi_Bioplastik	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Bioplastik K	Bioplastik A	27,34000*	,99117	<.001	25,1804	29,4996
	Bioplastik B	,71000	,99117	,487	-1,4496	2,8696
	Bioplastik C	26,71333*	,99117	<.001	24,5538	28,8729
	Bioplastik D	14,31667*	,99117	<.001	12,1571	16,4762
	Bioplastik E	28,38667*	,99117	<.001	26,2271	30,5462
Bioplastik A	Bioplastik K	-27,34000*	,99117	<.001	-29,4996	-25,1804
	Bioplastik B	-26,63000*	,99117	<.001	-28,7896	-24,4704
	Bioplastik C	-,62667	,99117	,539	-2,7862	1,5329
	Bioplastik D	-13,02333*	,99117	<.001	-15,1829	-10,8638
	Bioplastik E	1,04667	,99117	,312	-1,1129	3,2062
Bioplastik B	Bioplastik K	-,71000	,99117	,487	-2,8696	1,4496
	Bioplastik A	26,63000*	,99117	<.001	24,4704	28,7896
	Bioplastik C	26,00333*	,99117	<.001	23,8438	28,1629
	Bioplastik D	13,60667*	,99117	<.001	11,4471	15,7662
	Bioplastik E	27,67667*	,99117	<.001	25,5171	29,8362
Bioplastik C	Bioplastik K	-26,71333*	,99117	<.001	-28,8729	-24,5538
	Bioplastik A	,62667	,99117	,539	-1,5329	2,7862
	Bioplastik B	-26,00333*	,99117	<.001	-28,1629	-23,8438
	Bioplastik D	-12,39667*	,99117	<.001	-14,5562	-10,2371
	Bioplastik E	1,67333	,99117	,117	-,4862	3,8329
Bioplastik D	Bioplastik K	-14,31667*	,99117	<.001	-16,4762	-12,1571
	Bioplastik A	13,02333*	,99117	<.001	10,8638	15,1829
	Bioplastik B	-13,60667*	,99117	<.001	-15,7662	-11,4471
	Bioplastik C	12,39667*	,99117	<.001	10,2371	14,5562
	Bioplastik E	14,07000*	,99117	<.001	11,9104	16,2296
Bioplastik E	Bioplastik K	-28,38667*	,99117	<.001	-30,5462	-26,2271
	Bioplastik A	-1,04667	,99117	,312	-3,2062	1,1129
	Bioplastik B	-27,67667*	,99117	<.001	-29,8362	-25,5171
	Bioplastik C	-1,67333	,99117	,117	-3,8329	,4862
	Bioplastik D	-14,07000*	,99117	<.001	-16,2296	-11,9104

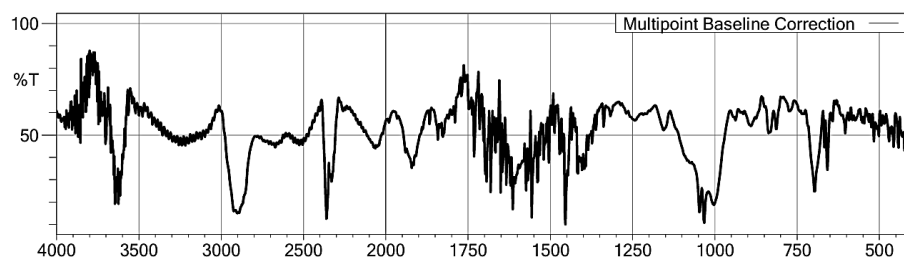
*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Lampiran 07. Hasil Uji FTIR

Dilakukan di Laboratorium Riset Universitas Pendidikan Ganesha.

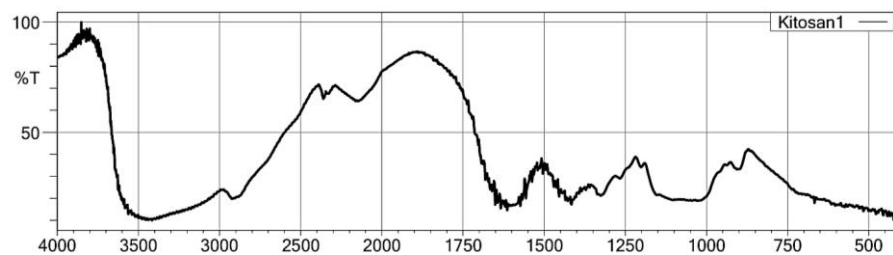
1. Kappa-Karagenan

SHIMADZU



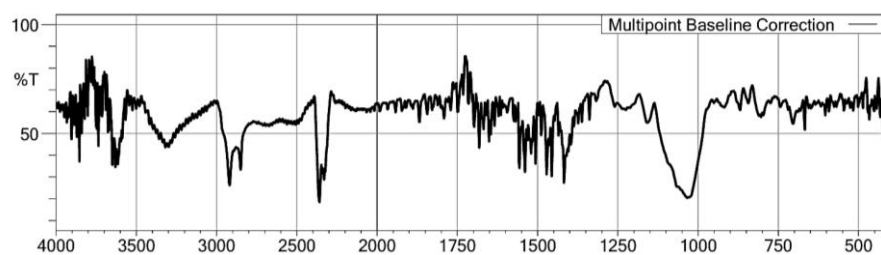
2. Kitosan

SHIMADZU

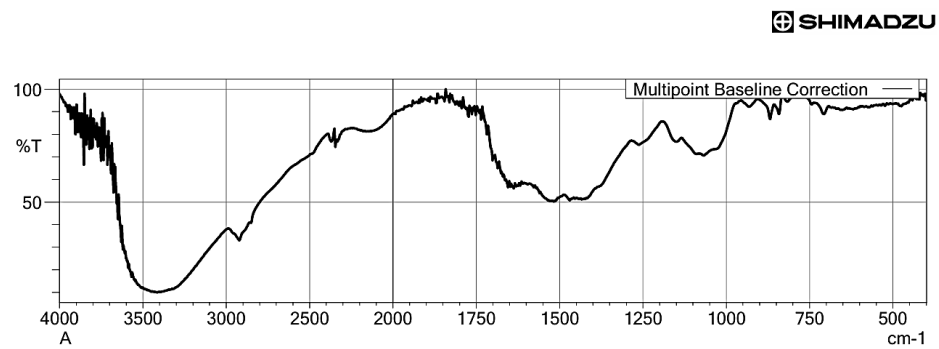


3. Sampel K

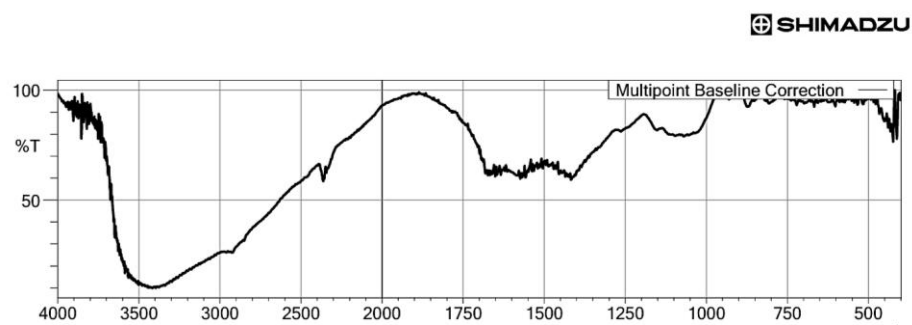
SHIMADZU



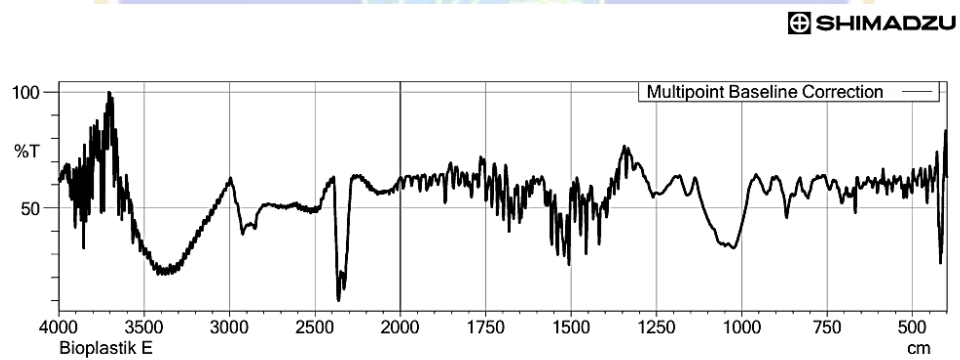
4. Sampel A



5. Sampel B



6. Sampel E



Lampiran 08. Hasil Uji SEM-EDS

Dilakukan di Teknik Mesin, Institut Teknologi Sepuluh November.

3. Sampel K

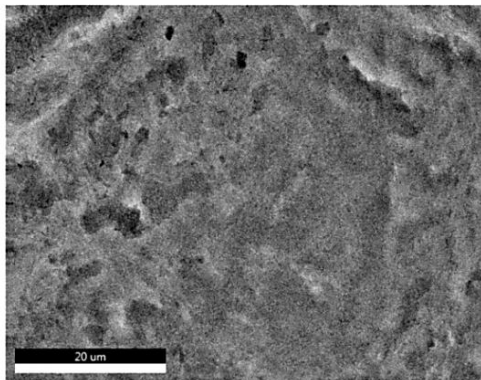
EDAX APEX

Page 1

03032025

Author: Teknik Mesin ITS
Creation: 03/09/2025 1:53:52 PM
Sample Name: Karyasa Undiksha

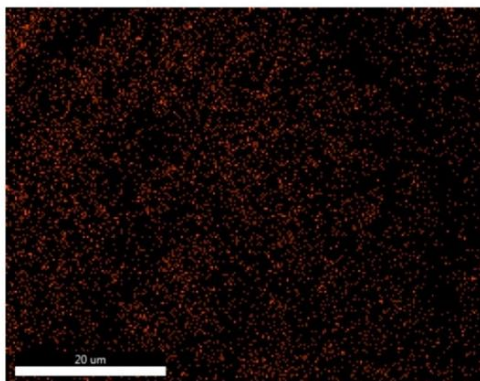
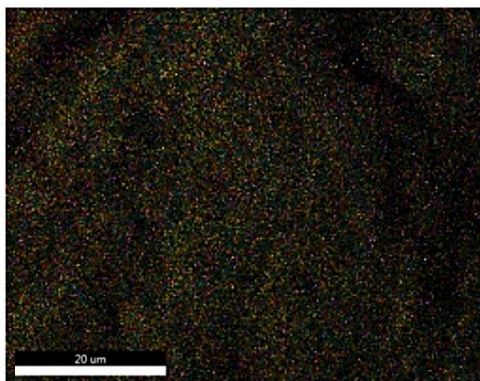
K



Image

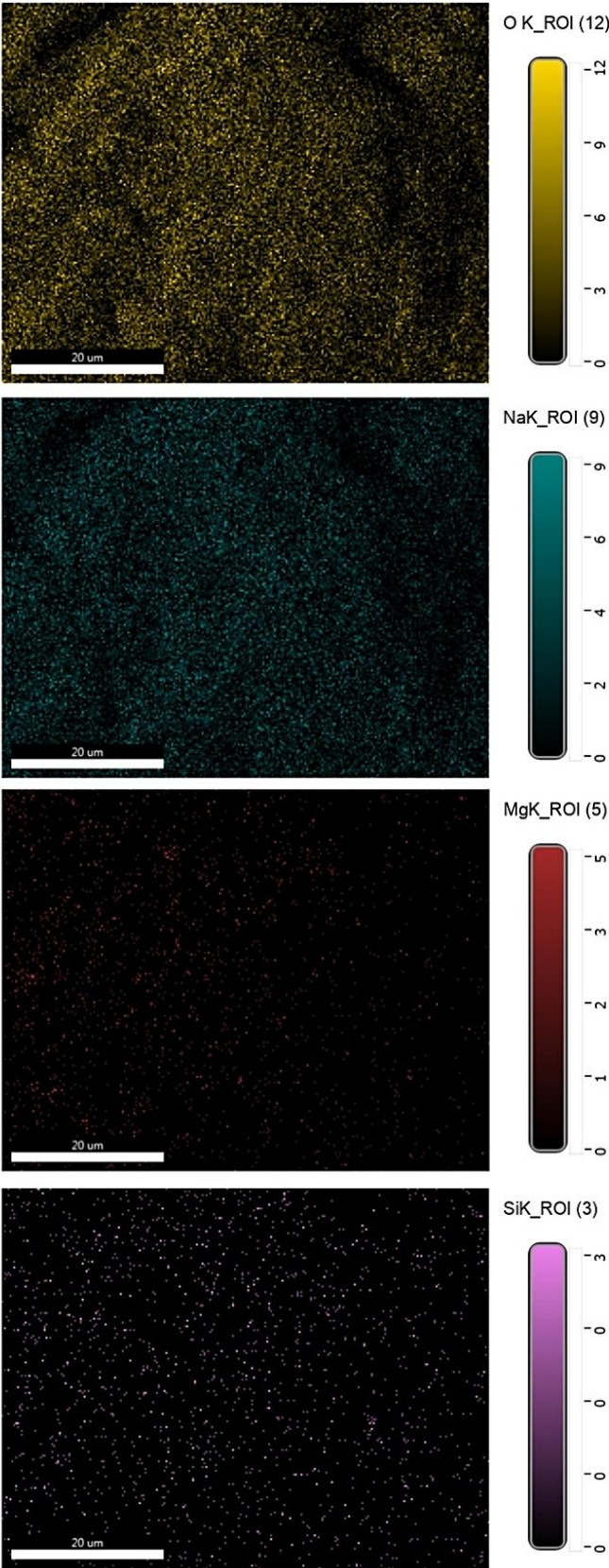
PhaseROI 2

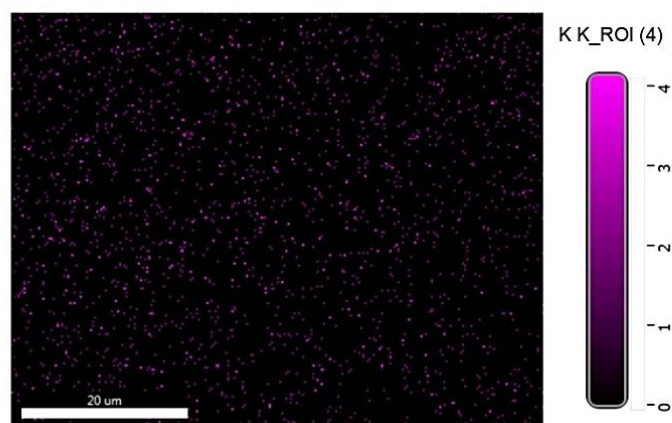
ElementOverlay



C K_ROI (4)







Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	A	F
C K	15.81	22.38	79.40	10.42	0.0447	1.0716	0.2640	1.0000
O K	48.33	51.38	642.97	7.54	0.1849	1.0251	0.3731	1.0000
NaK	33.50	24.79	472.93	7.47	0.1222	0.9307	0.3917	1.0005
MgK	1.24	0.87	17.77	11.52	0.0037	0.9464	0.3174	1.0008
SiK	0.53	0.32	13.94	9.52	0.0029	0.9311	0.5811	1.0024
K K	0.60	0.26	14.51	9.27	0.0051	0.8626	0.9637	1.0187

4. Sampel E

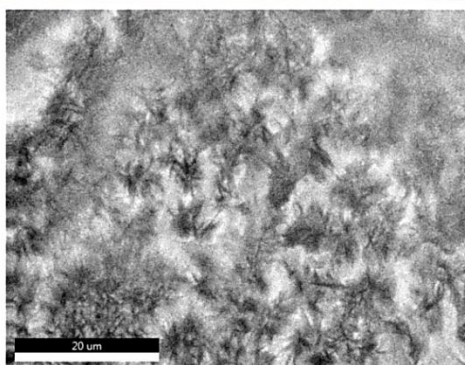
EDAX APEX

Page 1

03032025

Author: Teknik Mesin ITS
 Creation: 03/09/2025 1:42:56 PM
 Sample Name: Karyasa Undiksha

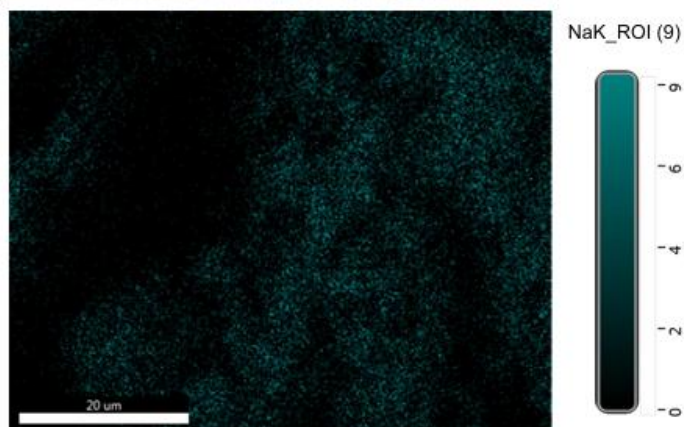
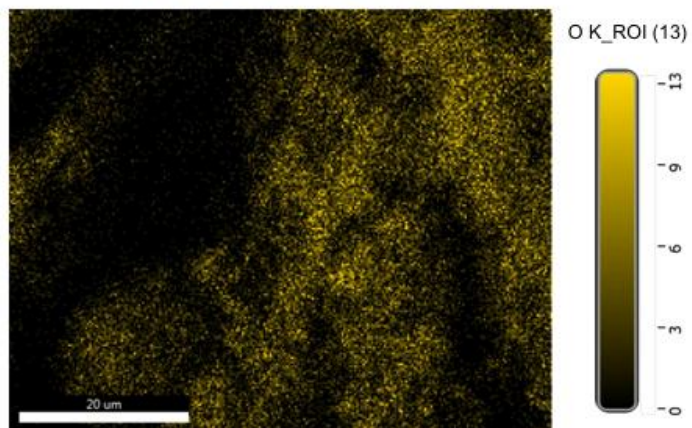
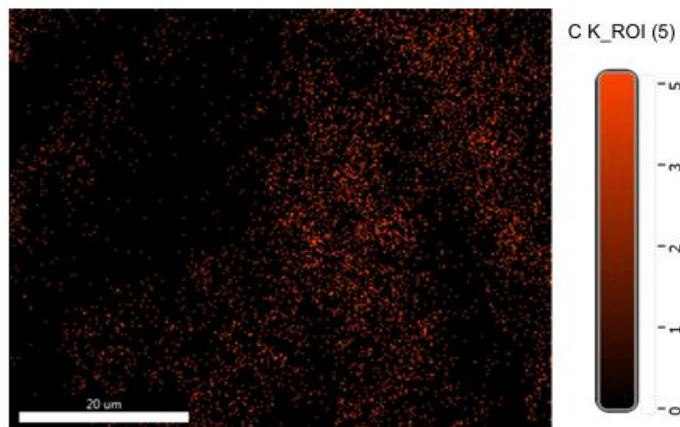
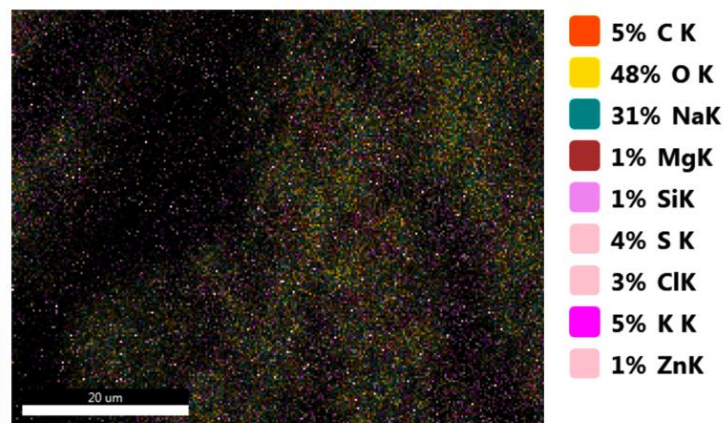
E

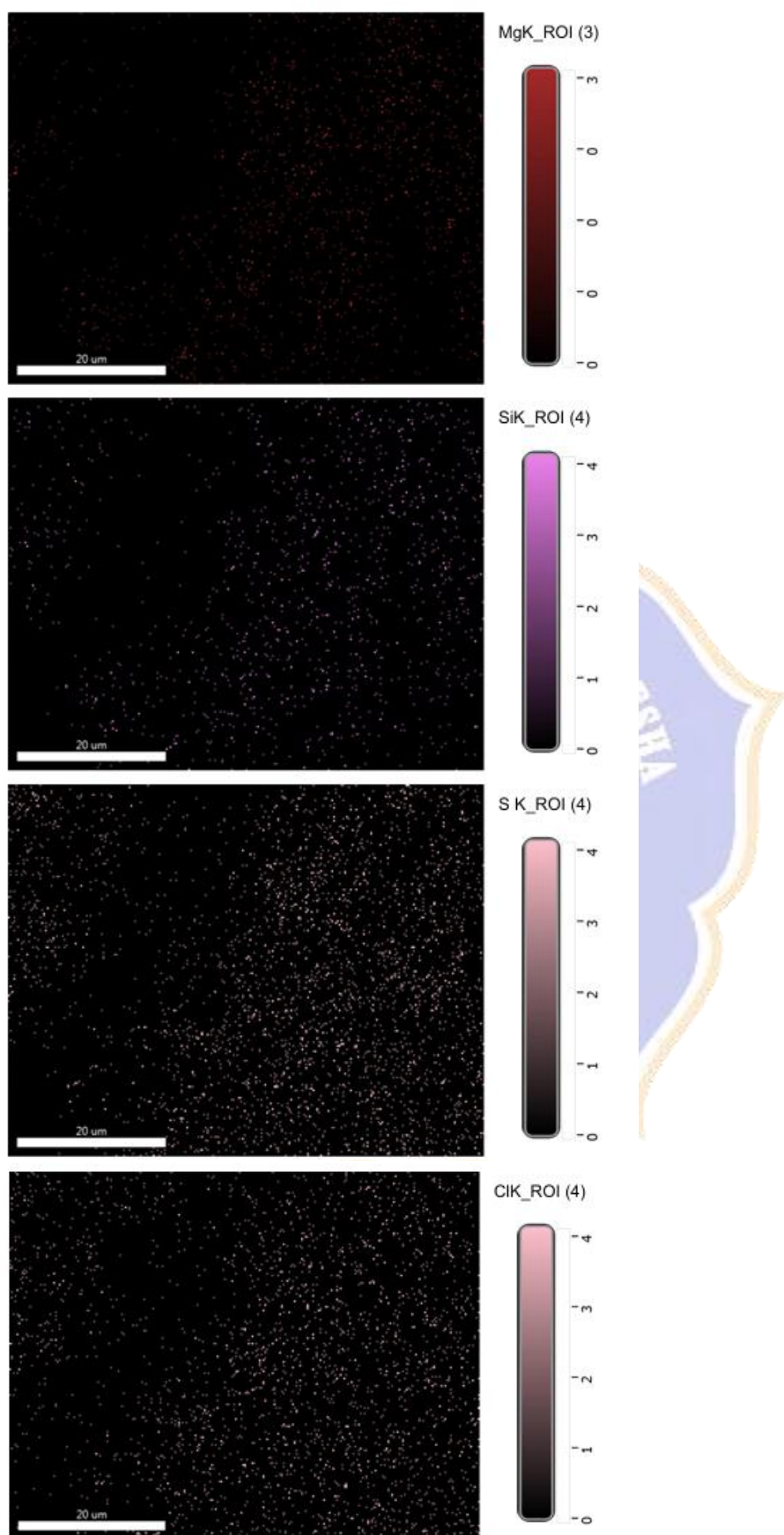


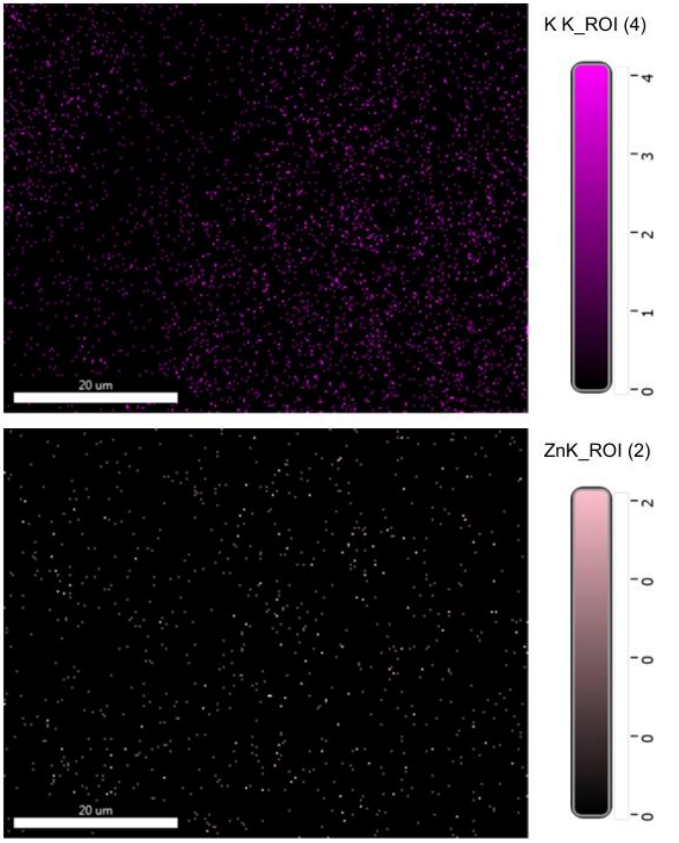
Image

PhaseROI 2

ElementOverlay







Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	A	F
C K	13.84	19.80	64.06	10.77	0.0374	1.0724	0.2519	1.0000
O K	53.58	57.54	669.40	7.66	0.1994	1.0261	0.3627	1.0000
NaK	26.44	19.76	325.79	8.04	0.0872	0.9318	0.3538	1.0006
MgK	0.81	0.57	11.53	13.49	0.0025	0.9476	0.3273	1.0011
SiK	0.32	0.19	8.41	12.79	0.0018	0.9323	0.5987	1.0035
S K	1.23	0.66	33.95	8.67	0.0092	0.9129	0.8193	1.0079
ClK	0.83	0.40	21.70	8.70	0.0064	0.8683	0.8787	1.0110
K K	1.66	0.73	38.72	5.11	0.0140	0.8640	0.9591	1.0170
ZnK	1.29	0.34	9.16	12.46	0.0122	0.7471	1.0162	1.2415

Lampiran 09. Riwayat Hidup**RIWAYAT HIDUP**

Nur Diana Kholidah lahir di Situbondo pada tanggal 1 Januari 2003. Penulis lahir dari pasangan suami istri Bapak Arifin dan Ibu Sri Setyowati. Penulis berkebangsaan Indonesia dan beragama Islam. Kini penulis beralamat di Jalan Banyuwangi, Kecamatan Asembagus, Kabupaten Situbondo, Provinsi Jawa Timur. Penulis menyelesaikan pendidikan dasar di SD Negeri 1 Asembagus dan lulus pada tahun 2015. Kemudian penulis melanjutkan di SMP Negeri 1 Asembagus dan lulus pada tahun 2018. Pada tahun 2021, penulis lulus dari SMA Negeri 1 Situbondo dan melanjutkan ke Program Studi S1 Kimia di Jurusan Kimia, Universitas Pendidikan Ganesha. Dimulai pada pertengahan tahun 2024 penulis melakukan penelitian yang berjudul “Pengaruh Penambahan Nanopartikel Seng Oksida dan Kitosan terhadap Sifat Kuat Tarik, Ketahanan Air, dan Biodegradasi Bioplastik Berbahan Tepung Rumput Laut *Eucheuma cottonii* dan Gliserol”. Selanjutnya, pertengahan tahun 2025 sampai dengan penulisan skripsi ini, penulis masih terdaftar sebagai mahasiswa Program S1 Kimia di Universitas Pendidikan Ganesha.

