

Pengaruh Temperatur Pada Proses Pendegradasian Kain Poliester 100% Dengan Natrium Hidroksida (NaOH) Terhadap Derajat Putih (WHITENESS)

Hardjito S Darmojo¹⁾, Tri wardoyo DS²⁾ dan Roy Pandopotan³⁾

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Islam Syekh Yusuf, Jl. Mulana Yusuf No.10 Tangerang Banten 15118, Indonesia

¹⁾hsdarmojo@unis.ac.id

²⁾triwardoyods@unis.ac.id

³⁾siregar.roy52.71@gmail.com

Abstrak. *Weight reduce atau pendegradasian adalah tahapan proses produksi yang bertujuan memodifikasi dan menutupi kekurangan dan meningkatkan mutu bahan tekstil kain poliester 100%. Kelebihan yang diharapkan yaitu kelangkaan kain, menaikkan wettability, moisture regain dan sifat antistatik, naiknya ketahanan pengelupasan, serta menaikkan kemampuan pelepasan kotoran dan minyak. Perubahan sifat fisika yang terjadi kain poliester awal menjadi kain sesuai yang diinginkan dengan perlakuan proses penembahan NaOH, yaitu berupa kehilangan berat, kekuatan, ketahanan abrasi, koefisien gesekan dan kekakuan, setelah dianalisis rata-rata kehilangan berat kain poliester 100% berkisar antara 5-25% pada proses temperatur 115°-135°C. Hubungan yang terjadi bersifat linear negatif antara perubahan temperatur dengan derajat putih. Tingkat kelinearan negatif yang terbentuk sesuai dengan koefisien korelasi sebesar -98.6 % dengan persamaan garis adalah $Y = 89,594 - 0,173X$. Artinya jika temperatur proses dinaikkan maka proses hidrolisis poliester akan semakin cepat dan hebat sehingga menyebabkan perubahan tekstur permukaan serat. Perubahan nilai derajat putih menjadi indikator telah berubahnya tekstur dan struktur permukaan serat karena reaksi hidrolisis poliester yang secara signifikan di pengaruhi faktor temperatur, tingkat kontribusi pengaruh temperatur terhadap perubahan derajat putih kain poliester adalah 97,2%.*

Kata kunci : *Pengurangan Berat, Hidrolisis Poliester, Derajat Putih.*

Abstract, Effect of Temperature in 100% Polyester Fabrication Process With Sodium Hydroxide (NaOH) on White Degree (Whiteness). *Weight reduce or degradation is the stage of the production process aimed at modifying and covering the deficiencies and improving the quality of textile fabrics 100% polyester fabric. Expected advantages are fabric slippage, increased wettability, moisture regain and antistatic properties, increased peeling resistance, and increased ability to release dirt and oil. Changes in physical properties that occur in the initial polyester fabric to the fabric as desired by the treatment of NaOH incision process, namely in the form of weight loss, strength, abrasion resistance, friction coefficient and stiffness, after analysis the average weight loss of 100% polyester cloth ranges between 5-25% with a process temperature of 115°-135°C. Relationships that occur are linear negative between changes in temperature with degrees of white. The level of negative linearity formed in accordance with the correlation coefficient of -98.6% with the line equation is $Y = 89.594 - 0.173 X$. This means that if the process temperature is increased the polyester hydrolysis process will be faster and more severe, causing changes in the surface texture of the fiber. The change in the value of the degree of white to an indicator has changed the texture and structure of the surface of the fiber due to the hydrolysis reaction of polyester which is significantly affected by the temperature factor, the level of contribution of the temperature effect on the change in degree of the polyester fabric is 97.2%.*

Keywords: *Weight Reduction, Polyester Hydrolysis, White Degrees.*

I. Pendahuluan

PT Indonesia Toray Synthetic Textile Mills. salah satu produsen kain spun poliester melalui proses *weight reduce* (pendegradasian), setelah proses persiapan awal (*after treatment process*), yang hanya

dilakukan sesuai dengan kebutuhan. Tujuan proses pendegradasian ini untuk memodifikasi dan menutupi kelemahan serat sintetik poliester, yaitu tingginya kekakuan (*rigidity*), mudah mengelupas (*prone to pilling*), dan rendah dalam menyerap air. Proses

pendegradasian sebagai upaya untuk menutupi kelemahan-kelemahan dari serat poliester, hal ini dapat dilakukan dengan cara menghidrolisis menggunakan alkali. Namun disisi lain proses hidrolisis menggunakan alkali mengakibatkan terjadinya penurunan dan perubahan sifat serat seperti ketahanan tarik (*tensile strength*), ketahanan sobek (*tearing strength*), ketahanan abrasi (*abrassion strength*), kehilangan berat (*weight loss*), perubahan dimensi dan perubahan warna (*colour changing*).

Beberapa faktor yang berpengaruh terhadap reaksi kimia tersebut adalah pemakaian konsentrasi alkali (NaOH), waktu, temperatur, kecepatan sirkulasi larutan, perlakuan saat proses penyempurnaan awal, penampang dan konstruksi kain. Berdasarkan latar belakang tersebut peneliti berkeinginan untuk meneliti **Pengaruh Temperatur pada Proses Pendegradasian Kain Poliester 100% dengan Natrium Hidroksida (NaOH) Terhadap Derajat Putih kain (Whiteness)**.

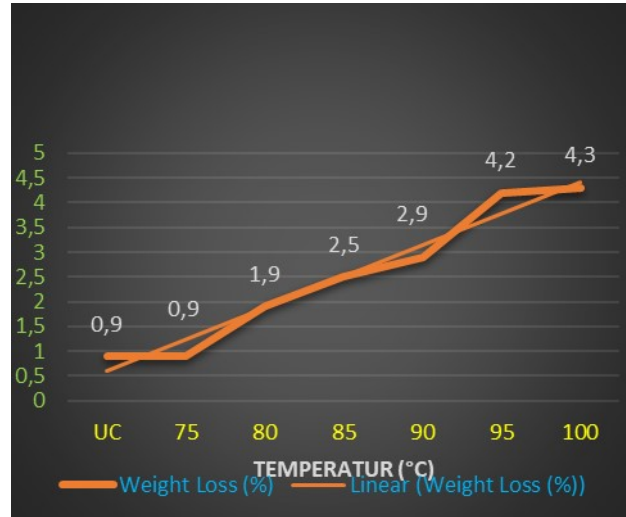
Derajat putih, mata manusia memiliki tiga jenis reseptor warna yaitu cones yang diidentifikasi dengan penampakan warna hijau, merah dan biru, Rods sensitif terhadap intensitas warna (Claudio Puebla., 2006). Warna putih merupakan salah satu warna dasar dalam sistem warna, secara umum didefinisikan sebagai lawan dari hitam dan memiliki luminositas tertinggi, tanpa nilai kroma (sangat kecil) dan hue dibandingkan warna lain Claudio Puebla., 2006).

Pengujian derajat putih dari suatu produk tekstil bergantung pada jenis material, tekstur permukaan dan aplikasi penggunaannya. Bahan-bahan yang berasal dari alam cenderung berwarna kekuningan seperti kapas dan wool. Maka industri tekstil memodifikasi bahan tekstil tersebut untuk menutupi efek kekuningan tersebut dan membuat bahan tekstil tampak lebih putih.

Temperatur pada umumnya dalam proses kimia, laju reaksi menjadi dua kali lebih besar jika temperatur dinaikkan 10°C, laju reaksi pada t_1 °C = v_1 dan pada t_2 °C = v_2 maka dapat dirumuskan:

$$v_2 = (2^{\Delta t/10}) \cdot v_1 \quad (1)$$

Setiap partikel selalu bergerak, maka dengan menaikkan temperatur, energi gerak atau energi kinetik molekul akan bertambah, sehingga tumbukan lebih sering terjadi. Pengaruh perlakuan hidrolitik pada kehilangan berat serat poliester dikatakan (M Dhinakaran., 2010)



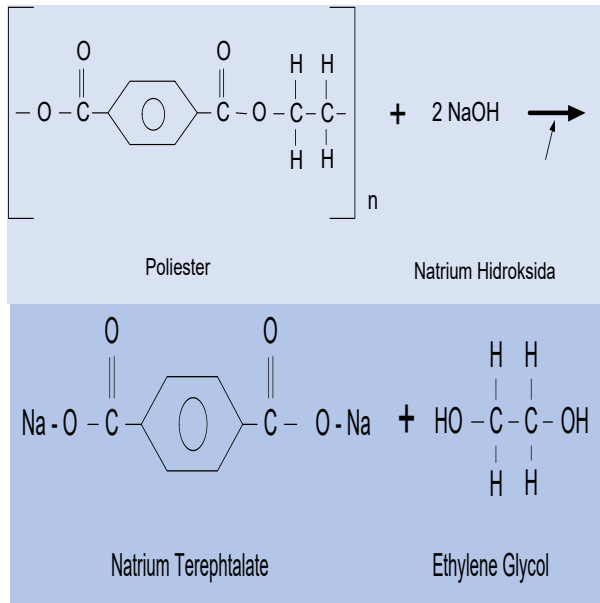
Gambar 1. Grafik pengaruh perlakuan hidrolitik pada kehilangan berat serat poliester

Pada proses pendegradasian, kehilangan berat terbesar terjadi pada temperatur sedikit diatas temperatur transisi gelas (T_g) yaitu 80°C-95°C dimana T_g poliester adalah 75°C-80°C. diatas temperatur ini molekul amorf polimer pada permukaan bergerak sangat bebas (*mobile*) dan bergetar. Kondisi ini membuat kestabilan ikatan antar molekul dalam polimer menjadi tidak stabil sehingga menjadi lebih lunak akibat dari naiknya volume relatif bahan, hal ini memungkinkan dan mempermudah reaksi hidrolisis polimer dengan NaOH.

Proses pendegradasian *weight reduce* atau pendegradasian adalah tahapan proses produksi memodifikasi untuk menutupi kekurangan dan meningkatkan mutu bahan tekstil terutama kain poliester 100%, kelebihan yang diharapkan antara lain kelangkaan kain, menaikkan *wettability*, *moisture regain* dan sifat antistatik, naiknya ketahanan pengelupasan, serta menaikkan kemampuan pelepasan kotoran dan minyak.

Larutan NaOH terhadap poliester akan terjadi reaksi hidrolisa poliester pada daerah *amorf* di permukaan serat dan perlahan-lahan menuju inti serat dan kemudian menyerang bagian kristalin. Proses hidrolisis ini terjadi pengikisan permukaan bahan, sehingga terjadi pendegradasian, kain menjadi lebih tipis dan pegangan menjadi lebih lembut.

Mekanisme reaksi dalam proses pendegradasian sebagaimana dikatakan (Puspha Bajaj.,1996) sebagai berikut :



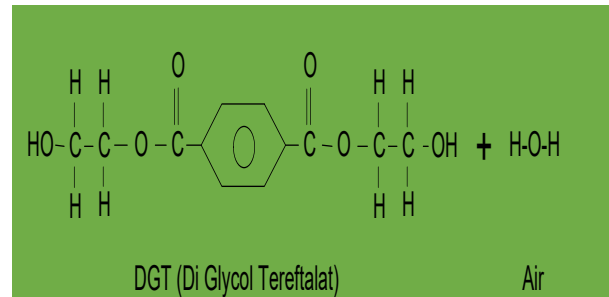
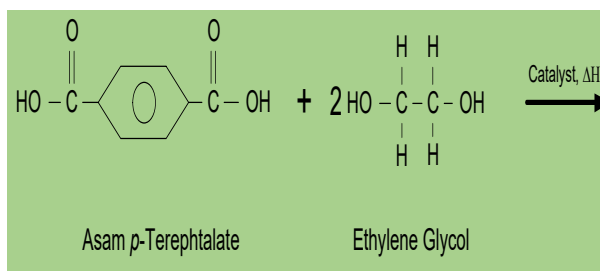
Gambar 2. Mekanisme reaksi kimia proses pendegradasian

Berdasarkan reaksi diatas secara *stoikhiometri* proses pendegradasian molekul poliester dengan larutan Natrium Hidroksida (NaOH) dapat dihitung, bagian permukaan serat lebih mudah diserang terlebih dahulu oleh NaOH karena merupakan bagian amorf dari struktur molekul poliester. Peningkatan kehilangan berat merupakan suatu indikasi yang jelas dari degradasi polimer poliester.

Serat Poliester, sintesa poliester yang dikembangkan berasal dari bahan Propylene Glycol dengan Asam Hexa decanedicarboxylat (titik leleh $75^\circ C$), dengan Asam w-Hidroksidecanoat (titik leleh $65^\circ C$), dan dengan Asam W-Hidrokipentadecanoat dengan titik leleh $95^\circ C$ (Rahman. Mashiur., 1992).

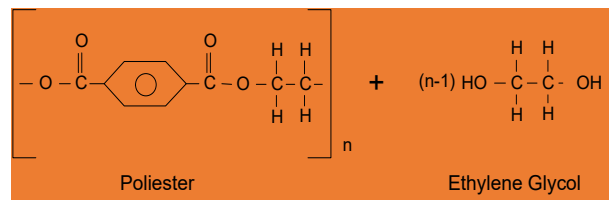
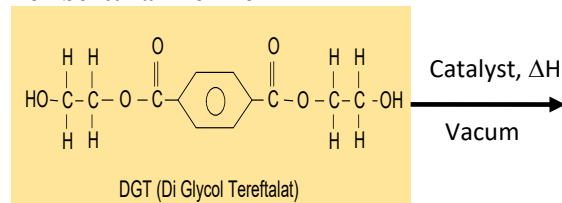
Asam *p*-tereftalat dibuat dari *p*-Xilena yang bebas isomer meta dan orto. *p*-Xilena merupakan bagian dari destilasi minyak bumi dan tidak dapat dipisahkan dari isomer meta dan orto dengan cara destilasi. Pemurnian isomer para dari isomer-isomer meta dan orto pada asam tereftalate menghasilkan asam tereftalat yang sudah dimurnikan (*Purified Tereftalic Acid*) atau PTA.

Mekanisme reaksi pembuatan poliester pembentukan ester



Gambar 3. Mekanisme pembuatan poliester pembentukan ester

Pembentukan Polimer



Gambar 4. Mekanisme pembentukan serat polyester

II. Bahan dan Metode

Bahan yang dipergunakan dalam penelitian ini diantaranya, Asam *p*-Tereftalate, Ethylenen Glicol, catalyst, natrium Hidroksida / NaOH. Sedangkan metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Variabel-variabel dalam penelitian terdiri dari variabel terikat dan variabel bebas. Variabel terikat derajat putih kain atau *whiteness*, sedangkan variabel bebas terdiri dari satu variabel perlakuan dan satu variabel atribut. Variabel perlakuan adalah temperatur proses pendegradasian yang terdiri atas temperatur $115^\circ C$, $120^\circ C$, $125^\circ C$, $130^\circ C$, $135^\circ C$, sedangkan variabel atributnya adalah konsentrasi Natrium Hidroksida 15%. Variabel bebas variasi temperatur dan konsentrasi NaOH tersebut secara keseluruhan menjadi variabel eksperimen.

III. Hasil dan Pembahasan

Teknik analisa data perubahan derajat putih kain poliester 100% setelah proses pendegradasian menggunakan ANAVA satu jalan yang dapat digunakan menguji hipotesis dengan satu variabel yang dianalisa yaitu pengaruh temperatur.

Data pengujian perhitungan pendahuluan terhadap hasil percobaan, berupa data kehilangan berat dan pengukuran warna secara lengkap sebagai berikut :

Tabel 1. Perhitungan *Grammation Loss* (% GL) kain poliester 100%

Sumb Data	Temp / °C	No	BAW (gram)	BAK (gram)	Loss (GL) (%)
A ₁	115	1	50,02	47,87	4,3
		2	50,05	48,02	4,1
		3	50,05	47,41	5,3
A ₁	120	4	50,02	45,81	8,4
		5	50,04	46,49	7,1
		6	50,00	46,91	6,2
A ₁	125	7	50,02	45,55	8,9
		8	50,02	44,73	10,6
		9	50,01	44,86	10,3
A ₁	130	10	50,02	41,42	17,2
		11	50,03	42,81	14,4
		12	50,02	42,93	14,2
A ₁	135	13	50,01	41,67	16,7
		14	50,03	39,29	21,5
		15	50,01	42,41	15,2

Tabel 2. Data Pengukuran Spektrofotometri (*w value*)

Sumb Data	Temp (°C)	Ulangan	GL (%)	Hasil Pengukuran Spektrofotometri (<i>w value</i>)				
				A	B	C	d	e
Blanko	-	-	-	71,18	72,41	71,23	71,27	72,21
A ₁	115	1	4,3	69,14	70,52	71,79	69,81	71,59
		2	4,1	67,93	69,87	70,25	71,01	69,52
		3	5,3	68,92	70,16	69,25	68,88	71,23
A ₂	120	1	8,4	68,05	66,98	68,46	67,34	66,69
		2	7,1	68,95	70,12	69,54	69,01	67,13
		3	6,2	67,43	69,85	68,99	70,44	68,95
A ₃	125	1	8,9	67,62	68,71	68,57	67,92	65,64
		2	10,6	67,89	68,46	66,99	68,77	65,87
		3	10,3	68,85	67,20	67,01	66,89	69,00
A ₄	130	1	17,2	68,50	67,74	67,02	67,64	64,98
		2	14,4	67,90	67,42	67,18	66,28	69,15
		3	14,2	68,24	66,90	66,89	66,99	65,07
A ₅	135	1	16,7	65,42	66,62	68,32	65,04	66,23
		2	21,5	65,48	64,98	67,48	66,05	67,45
		3	15,2	65,91	67,54	66,53	65,43	68,15

Hasil

1. Pengolahan data untuk menguji hipotesis dapat dilihat pada tabel 3, sebagai berikut:

Tabel 3. Pengolahan Data Hasil Pengukuran Spektrofotometri (*w value*)

Sumb. Data	Suhu (°C)	Ujiana	Hasil Pengukuran Spektrofotometri (<i>w value</i>)					Rata-Rata
			A	B	C	d	e	
A ₁	115	1	69,14	70,52	71,79	69,81	71,59	70,569
		2	67,93	69,87	70,25	71,01	69,52	69,716
		3	68,92	70,16	69,25	68,88	71,23	69,689
A ₂	120	1	68,05	66,98	68,46	67,34	66,69	68,103
		2	68,95	70,12	69,54	69,01	67,13	68,949
		3	67,43	69,85	68,99	70,44	68,95	69,129
A ₃	125	1	67,62	68,71	68,57	67,92	65,64	67,692
		2	67,89	68,46	66,99	68,77	65,87	67,596
		3	68,85	67,20	67,01	66,89	69,00	67,789
A ₄	130	1	68,50	67,74	67,02	67,64	64,98	67,175
		2	67,90	67,42	67,18	66,28	69,15	67,585
		3	68,24	66,90	66,89	66,99	65,07	66,818
A ₅	135	1	65,42	66,62	68,32	65,04	66,23	66,325
		2	65,48	64,98	67,48	66,05	67,45	66,288
		3	65,91	67,54	66,53	65,43	68,15	66,712

Data diatas dilakukan uji dengan Analisis Ragam sesuai tabel sebagai berikut:

Tabel 4. Pengolahan data dengan analisis ragam satu jalan

R	Rata-rata Perlakuan Temperatur (°C)					Jml (T _{oj})	Rata-rata (T _{oj})
	115	120	125	130	135		
1	70,569	68,103	67,973	67,175	66,325	339,865	67,973
2	69,716	68,949	68,020	67,585	66,288	340,134	68,020
3	69,689	69,129	68,028	66,818	66,712	340,138	68,028
N	3	3	3	3	3	15	-
Jml (T _{io})	209,974	206,182	203,077	201,578	199,325	1020,137	-
Rata-rata (T _{io})	69,991	68,727	67,692	67,193	66,442	340,046	-
∑ X ²	44089,25	42510,94	41240,43	40633,77	39730,62	208205,0	-

2. Hipotesis

Antar perlakuan (suhu proses pengurangan berat)

jika : H₀ : α₁ = α₂ = α₃ = α₄ = α₅ = 0, maka suhu proses tidak berpengaruh.

Atau jika : H_a : Paling tidak ada satu dari α_i ≠ 0, maka suhu proses berpengaruh

3. Uji lanjut

a. Analisis uji regresi

Menggunakan data dari tabel diatas dapat ditentukan nilai a dan b dari persamaan garis regresi

$$Y = a + bX \quad (2)$$

dengan rumus dan perhitungan sebagai berikut :

$$a = \frac{\sum Y (\sum X^2) - \sum X (\sum XY)}{n (\sum X^2) - (\sum X)^2} \quad (3)$$

$$b = \frac{n (\sum XY) - (\sum X) (\sum Y)}{n (\sum X^2) - (\sum X)^2} \quad (4)$$

dimana :

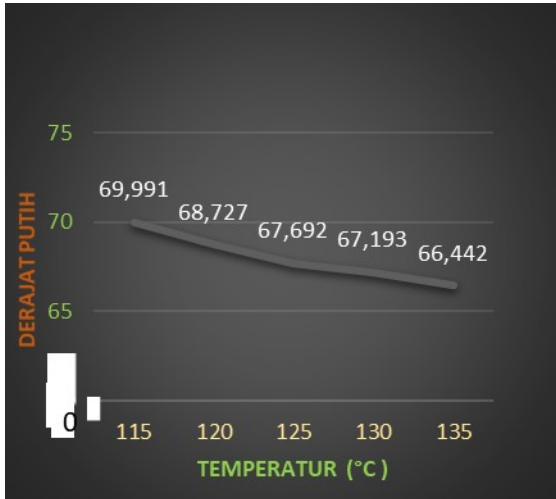
Y = Variabel terikat (derajat putih) dan

X = Variabel bebas (temperatur proses)

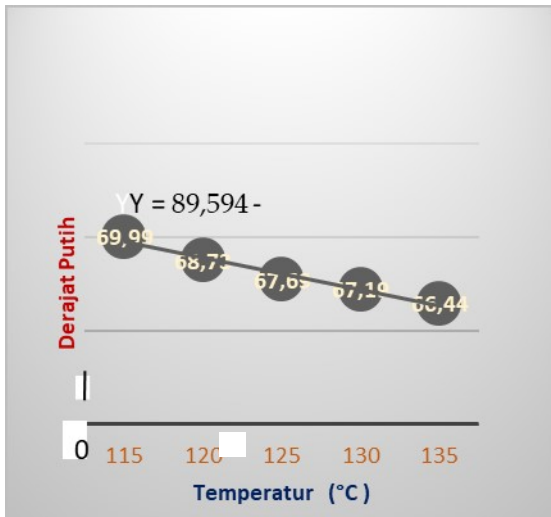
maka diperoleh,

$$a = \frac{(340,046) (78375) - (625) (42462,55)}{5 (78375) - (390625)} = 89,594$$

$$b = \frac{5 (42462,55) - (625) (340,046)}{5 (78375) - (390625)} = -0,173$$



Gambar 5. Grafik Rata-Rata Hasil Pengukuran Derajat Putih pada Berbagai Variasi Temperatur Proses



Gambar 6. Grafik Persamaan Garis Hasil Uji Regresi Pengukuran Derajat Putih pada Berbagai Variasi Temperatur Proses

Tabel pada Lampiran. menerangkan nilai hasil pengukuran derajat putih sesuai persamaan garis regresi yang terbentuk. Dan dapat dipakai untuk memprediksi nilai derajat putih sesuai variable bebasnya.

b. Analisis uji korelasi, rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$r = \frac{n \sum XY - \sum X \cdot \sum Y}{\sqrt{(n \sum X^2 - (\sum X)^2)} \sqrt{(n \sum Y^2 - (\sum Y)^2)}} \quad (5)$$

$$r = \frac{5 (42462,55) - (625)(340,046)}{\sqrt{(5 (78375) - (625)^2)} \sqrt{(5 (23133,889) - (340,046)^2)}}$$

$$r = -0,986$$

c. Koefisien Penentuan

Koefisien Determinasi (KD) diperoleh dengan rumus :

$$KD = r^2 \quad (6)$$

$$KD = (0,986)^2$$

$$KD = 0,972$$

Uji t_0 pada $\alpha = 0,05$.

$$t_0 = \frac{r \sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} \quad (7)$$

$$t_0 = \frac{0,986 \sqrt{5-2}}{\sqrt{1-(0,986)^2}}$$

$$t_0 = 10,242$$

Pembahasan

Berdasarkan hasil penelitian dan perhitungan dengan analisis serta dilanjutkan dengan perhitungan uji regresi dan uji korelasi, kemudian diperkuat dengan penentuan koefisien determinasi dan uji t, maka dapat diambil suatu keputusan sebagai berikut :

- 1) Uji analisis dihasilkan, $F_{hitung} > F_{tabel}$, yaitu $F_{hitung} = 37,11 > F_{tabel} 0,01 = 5,99$ (kritis $\alpha = 0.01$ maka H_0 ditolak, berarti terdapat perbedaan derajat putih yang sangat signifikan akibat perlakuan temperatur pada proses pengurangan berat kain poliester 100%.
- 2) Hasil uji lanjut berupa uji Analisis regresi, bahwa kenaikan temperatur proses pengurangan berat akan menyebabkan penurunan nilai derajat putih kain poliester 100%. Hubungan ini bersifat linear sehingga apabila temperatur proses dinaikkan maka nilai derajat putih akan turun, hal ini sesuai dengan persamaan garis regresi yang terbentuk yaitu $Y = 89,594 - 0,173X$, yang berarti bahwa setiap kenaikan temperatur 1°C akan menyebabkan perubahan nilai derajat putih sebesar $-0,173$ unit dengan konstanta $89,594$.
- 3) Uji analisis korelasi, diperoleh nilai $r = 0,986$ ini membuktikan bahwa terdapat hubungan yang sangat kuat dengan tingkat kepercayaan sebesar 98,6 % antara temperatur proses dengan perubahan derajat putih kain poliester 100% pada proses pengurangan berat dengan larutan Natrium Hidroksida (NaOH).
- 4) Nilai Koefisien Determinasi (KD) = 0,972, maka diputuskan bahwa kontribusi Temperatur terhadap perubahan derajat putih kain poliester yang mengalami proses pengurangan berat adalah sebesar 97.2%, dari total faktor-faktor lain yang mempengaruhi derajat putih dalam proses pengurangan berat.
- 5) Uji-t diperoleh $t_0 = 10,242 > t_{0,05(3)} = 2,353$, maka H_0 ditolak pada tingkat nyata sebesar $\alpha = 0,05$. Hal ini membuktikan bahwa terdapat hubungan yang erat dan signifikan antara temperatur dengan derajat putih kain poliester 100% pada proses pengurangan berat.

IV. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian, analisis data dan uji hipotesis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Terdapat pengaruh yang signifikan dari perubahan temperatur terhadap derajat putih kain poliester 100%.

2. Hubungan yang terjadi bersifat linear negatif antara perubahan temperatur dengan derajat putih. Tingkat kelinearan negatif yang terbentuk sesuai dengan koefisien korelasi sebesar -98.6 % dengan persamaan garis adalah $Y = 89,594 - 0,173X$, yang berarti jika Temperatur proses dinaikkan maka proses hidrolisis poliester akan semakin cepat dan hebat sehingga menyebabkan perubahan tekstur permukaan serat.
3. Perubahan nilai derajat putih menjadi indikator telah berubahnya tekstur dan struktur permukaan serat karena reaksi hidrolisis poliester yang secara signifikan dipengaruhi faktor Temperatur (tingkat kontribusi pengaruh temperatur terhadap perubahan derajat putih kain poliester adalah 97,2%).

Control of Perceived Whiteness.
Germany : Axiphos GmbH, 2006.

Soeprijono, dkk. *Serat-Serat Tekstil.* Bandung : ITT, 1973.

Supranto MA, Johannes. *Statistik Jilid 2.* Edisi Kelima. Jakarta: Penerbit Erlangga, 1992.

Whiteness Index and The Assesment of the NAILM Testpiece. *The Color White.* 2002.

Daftar Pustaka

- Anna M Grancaric and A Tarbuk. *EDA modified PET fabric treated with activated natural zeolite nanoparticle.* WS Maney and Son Ltd, Vol: 24, 2008.
- Bajaj, Puspha. *Recent advances in the development of silk-like polyester fabric.* New Delhi : Indian Journal of Fiber and Textile Research, Vol: 21, 1996.
- Darmojo, Hardjito S. *Statistik Terapan (Teknik Analisis Data).* Tangerang: Universitas Islam Syech Yusuf, 2010.
- Dhinakaran M, B.S Dasaradan & V. Subramaniam. *A new method of investigating the structure by weight loss of polyester fibers.* Spring: Journal of Textile and Apparel, Technology and Management, Vol: 6, Issue 3, 2010.
- Hanafi, Dr Achmad. *Aplikasi Desain Eksperimen (Anava Satu Jalur / Monofaktor).* Tangerang : Universitas Islam Syech Yusuf, 2007.
- Ingamels, Wilfried. PhD, MSc, CText, CCol, FSDC. *Colour For Textile: A users handbook.* London: Society of Dyers and Colorists, 1993.
- International Fabricare Institute Bulletin. *Alkaline Hydrolysis Of Polyester.* USA. 1992.
- Isminingsih & Rasjid Djufri. *Pengantar Kimia Zat Warna.* Bandung: ITT, 1982.
- Lewis, Jhon R. *College Chemistry.* New York: A Barnes and Noble Books, 1989.
- M.Haghighatkish and M .Yousefi . *Alkaline Hydrolysis of Polyester Fibers - Structural Effects.* Tehran, I.R of Iran: Textile Department, Amirkabir University of Technology, 1992.
- Maraden, Faik. *Pembuatan Polyethylene Terephthalate di PT Polypet Karya Persada.* Semarang: Universitas Diponegoro, 2004.
- Mashiur, Rahman. *Degradation of Polyester in Medical Application.* New Delhi: InTech, 1992.
- Puebla, Dr Claudio. *Whiteness Assessment : A Primer. Concepts, Determination, and*