

MODIFIKASI KAIN POLIESTER/SELULOSA MENGGUNAKAN PROSES KARBOKSIMETILASI METODE BENAM PERAS PEMANGGANGAN

Kuntari Adi Suhardjo dan Setio Legowo

Balai Besar Bahan dan Barang Teknik, Kemenperin

Jl Sangkuriang No 14 Bandung-40135,

E-mail: koentariadisohardjo@gmail.com

Diterima: 13 April 2015

Diperbaiki: 15 Mei 2015

Disetujui: 05 Juni 2015

ABSTRAK

MODIFIKASI KAIN POLIESTER/SELULOSA MENGGUNAKAN PROSES KARBOKSIMETILASI METODE BENAM PERAS PEMANGGANGAN. Kain poliester/selulosa mempunyai penyerapan kelembaban yang rendah sehingga tidak nyaman dipakai. Salah satu cara untuk meningkatkan mutu penyerapan kain, telah dilakukan percobaan optimasi proses karboksimetilasi dengan modifikasi selulosa menjadi karboksimetil selulosa menggunakan natrium khloroasetat yang berfungsi sebagai zat pengeter, divariasikan 2 N, 3 N dan 4 N dan natrium hidroksida yang berfungsi sebagai pembentuk natrium selulosat divariasikan 6 N, 8 N, 10 N dan 12 N. Adanya natrium hidroksida dapat mengikis poliester sehingga menipis yang mengakibatkan pegangan kain lebih lembut. Percobaan yang dilakukan menggunakan metode benam peras pemanggangan pada suhu 120 °C, 130 °C, 140 °C, 150 °C dan 160 °C waktu 5 menit. Pengujian yang dilakukan adalah pengurangan berat poliester, struktur selulosa dengan spektrum infra merah menggunakan larutan *methylene blue*, penyerapan kelembaban, kekuatan tarik, sudut kusut, stabilitas dimensi dan kekakuan kain. Kondisi optimum dicapai pada pemakaian natrium khloroasetat 4N, natrium hidroksida 8N dan suhu pemanggangan 120 °C. Hasil pengujian menunjukkan bahwa terjadi 0,45% pengurangan berat poliester, 94,32% penyerapan zat warna *methylene blue*, 4,44% (naik 48%) penyerapan kelembaban, 21,50 kg (turun 1,65 %) kekuatan tarik arah lusi dan 16 kg (turun 6,97 %) arah pakan, 148° (naik 32,14%) sudut kusut arah lusi dan 145° (naik 33,02%) arah pakan, 0,14% (naik 89,7%) stabilitas dimensi kain arah lusi dan 0,17% (naik 84,54%) arah pakan, 64,0 mg.cm (turun 14,6%) kekakuan kain arah lusi dan 39 mg.cm (turun 15,2%) arah pakan.

Kata kunci: Karboksimetilasi, Poliester/selulosa, Natrium khloroasetat, Natrium hidroksida, Benam peras pemanggangan

ABSTRACT

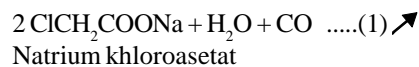
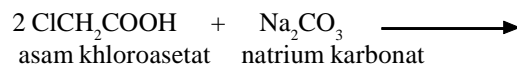
POLYESTER/CELLULOSE MODIFICATION USING CARBOXYMETHYLATION PROCESS PAD BAKE METHODS. Polyester/cellulose fabrics have low moisture absorption so that it is not comfortable to wear. The one method to improve the quality of the fabric absorption is carboxymethylation process. The research had been carried out by modifying cellulose into carboxymethylated cellulose using sodium khloracetate as etherification agent in varied 2.3 and 4 N and sodium hydroxide as a sodium cellulose forming substances in varied 6, 8, 10 and 12 N. The presence of sodium hydroxide will make polyester fabric thinner so that the handle will be softer. The process was carried out using pad-bake methods that are the pad-baking methods at 120, 130, 140, 150 and 160 °C respectively within 5 minutes. Tests that were performed are a weight reduction of polyester, the structure of cellulose by infrared spectrum of methylene blue absorption, tensile strength, crease recovery, fabric dimensional stability and stiffness. The optimum condition achieved at 4N sodium khloracetate, 8N sodium hydroxide and 120 °C baking temperature. Tested result showed that 0.45% by weight polyester reduction, 94.32 % the dye methylene blue absorption, 4.44 % (increase 48 %) moisture regain, 21.5 kg (decrease 1.65 %) tensile strength of warp direction and 16.0 kg (decrease 6.97 %) of weft direction, 148° (increase 32.14 %) crease recovery of warp direction and 145° (increase 33.02 %) of weft direction, 0.14 % (increase 89.7%) fabric dimensional stability of warp direction and 0.17 % (increase 84.54 %) of weft direction, 64.0 mg.cm (decrease 14.6 %) stiffness of warp direction and 39.0 mg.cm (decrease 15.2 %) of weft direction occurred.

Keywords: Carboxymethylation, Polyester/cellulose, Sodium chloracetate, Sodium hydroxide, Pad-bake

PENDAHULUAN

Kain poliester/selulosa (65/35%) mempunyai penyerapan kelembaban yang rendah sehingga tidak nyaman dipakai. Untuk mengatasi kekurangan ini salah satu caranya adalah proses karboksimetilasi dengan memodifikasi selulosa menjadi karboksimetil selulosa menggunakan natrium khloroasetat dan natrium hidroksida [1]. Adanya natrium hidroksida mengikis poliester yang akan menipiskan kain sehingga pegangan kain akan lebih lembut [2,3]. Modifikasi kimia dengan cara karboksimetilasi adalah salah satu jenis proses eterifikasi yang ditujukan pada gugus selulosanya [4,5]. Pada percobaan ini proses optimalisasi karboksimetilasi menggunakan metode proses fiksasi dengan metode benam peras pemanggangan yaitu kain dibenam peras dalam larutan karboksimetilasi kemudian dipanggang. Larutan karboksimetilasi yang digunakan adalah natrium khloroasetat dan natrium hidroksida, pada konsentrasi, suhu dan waktu fiksasi tertentu. Kondisi proses karboksimetilasi akan berpengaruh terhadap derajat substitusi dari gugus hidroksi pada unit anhidroglukosa dengan gugus karboksimetilnya. Besarnya derajat substitusi yang diperoleh akan menentukan sifat-sifat fisik serat selulosanya antara lain kekuatan tarik, sudut kusut, stabilitas dimensi dan penyerapan kelembaban (moisture regain). Dengan adanya natrium hidroksida selain menggelembungkan selulosa juga akan menghidrolisa poliester yang menyebabkan pengikisan sehingga terjadi pengurangan berat. Proses pengikisan dan terjadi pengurangan berat tersebut mengakibatkan pegangan kain menjadi lebih lembut. Proses pengikisan serat poliester oleh natrium hidroksida memungkinkan terjadinya penambahan gugus ujung OH dari hidrolisa gugus ester yang dapat menambah derajat substitusi karboksimetil [2,3]. Penggunaan jenis pereaksi yang masing-masing bersifat asam dan alkali sering mengakibatkan penurunan kekuatan tarik kain, karena terjadinya kerusakan atau degradasi masing-masing seratnya. Oleh karena itu perlu dicari kondisi optimum yang tidak merusak seratnya baik poliester maupun selulosa. Penelitian sebelumnya karboksimetilasi hanya dilakukan untuk serat selulosa, tetapi adanya NaOH dan natrium khloroasetat berpengaruh pada poliester. Oleh karena itu tujuan penelitian ini adalah untuk meningkatkan mutu kain campuran poliester selulosa dengan cara mengatasi kekurangan dari masing-masing seratnya. Selain itu juga mencari optimasi proses karboksimetilasi pada pemakaian natrium khloroasetat dan natrium hidroksida melalui penggunaan metode fiksasi yaitu metode benam peras pemanggangan

Natrium khloroasetat merupakan garam asam yang berbentuk padatan (kristal) bersifat higroskopis merupakan senyawa alifatik dengan mereaksikan asam khloroasetat dan natrium karbonat menghasilkan natrium khloroasetat dan melepaskan gas karbon dioksida dengan reaksi sebagai berikut [6],

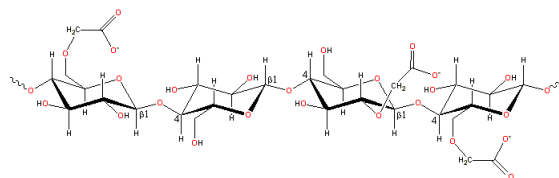


Pada proses karboksimetilasi, natrium khloroasetat dipakai sebagai zat *etherification*. Eterifikasi dapat dilakukan dengan dua cara: Pertama reaksi eter dengan asam organik seperti alkil halida secara langsung pada selulosa. Kedua dengan mengubah selulosa menjadi alkali selulosa kemudian direaksikan dengan alkil halida dengan reaksi sebagai berikut [2].



Keuntungan dari teknik eterifikasi adalah kestabilan yang tinggi terhadap hidrolisa asam eter atau larutan alkali. Sifat dari selulosa-eter ini sangat tergantung pada derajat substitusi atau eterifikasinya. Sedangkan substitusi dari gugus eter terhadap unit glukosa pada rantai selulosa merupakan suatu proses acak, dimana akan didapatkan hasil campuran substitusi mono, di dan tri substitusi pada unit glukosa, derajat substitusi yang dicapai ditentukan oleh konsentrasi alkali yang digunakan. Penggunaan natrium hidroksida 30% untuk membentuk eter dengan derajat substitusi rendah, sedangkan natrium hidroksida dengan konsentrasi 35-76% digunakan untuk membentuk eter dengan derajat substitusi tinggi

Karboksimetilasi selulosa adalah *derivative* selulosa yang dibentuk dari alkali dan khloroasetat (Martin Chaplin 2014). Struktur kimia karboksimetil selulosa didasarkan pada β -(1,4)-D-glucopyranose polymer of cellulose perbedaan perlakuan akan mengakibatkan perbedaan derajat substitusi, tetapi pada umumnya perubahan *derivative* per unit monomer sekitar 0,6-0,95. Struktur molekul karboksimetil selulosa adalah sebagai berikut [7].



Gambar 1. Struktur molekul karboksimetil selulosa

METODE PERCOBAAN

Bahan dan Alat

Bahan

Kain poliester-kapas 65-35% dengan konstruksi: anyaman polos; No benang lusi Tex 13,4 dan benang pakan Tex 14,00, Tetal lusi/cm 35 dan Tetal pakan/cm 24,

Berat kering/m² 78,798 gram. Bahan kimia natrium khloroasetat (CH₂ClCOONa) sebagai zat pengeter, natrium hidroksida sebagai zat pembentuk sodium selulosat dan zat pengikis poliester

Alat

Alat benam peras pemanggangan skala laboratorium, Spectronic 20 Infra merah Shimadzu 408, Shirley Crease Recovery Tester, Tensile strength tester jenis dynamometer, Moisture regain meter dan Mesin Cuci merk Sanyo.

Persiapan

- Kain polyester-selulosa grey, dimasak dan dihilangkan kanjinya, dipotong sesuai dengan kebutuhan pengujian, selanjutnya disiapkan untuk diproses karboksimetilasi.
- Persiapan larutan untuk proses karboksimetilasi yaitu larutan natrium khloroasetat 6 N, 8 N, 10 N, 12 N dan NaOH 2 N, 3 N, 4 N.

Proses Karboksimetilasi metode Benam Peras Pemanggangan

Kain di benam peras dalam larutan natrium khloroasetat sesuai variasi: 6 N, 8 N, 10 N, 12 N dan selanjutnya diproses benam peras dalam larutan NaOH 2 N, 3 N, 4 N dengan faktor peras 80%, dilanjutkan dengan proses pemanggangan pada suhu: 120 °C, 130 °C, 140 °C, 150 °C dan 160 °C waktu 5 menit. Hasilnya dicuci, dikeringkan dan dilakukan pengujian.

Pengujian

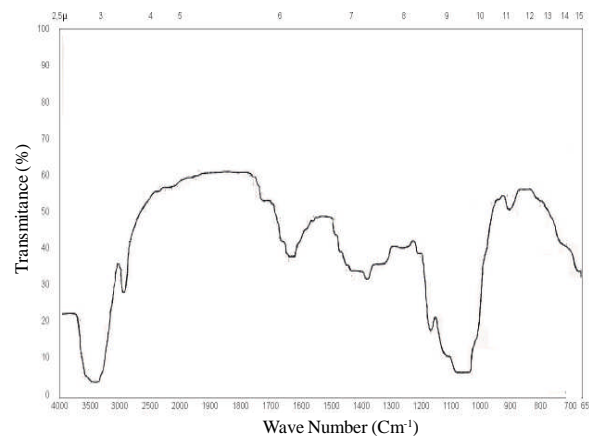
Konstruksi kain yang digunakan jenis anyaman, no benang, tetal dan berat kering kain. Spektrum infra merah digunakan untuk mengetahui terbentuknya gugus karboksimetil dan karboksil yang dinyatakan sebagai gugus fungsi karbonil pada angka gelombang 1700 cm⁻¹, sedangkan untuk menganalisis perubahan intensitas gugus fungsi hidroksil pada polyester pada angka gelombang 3300 cm⁻¹.

Pengukuran gugus karboksimetil secara kualitatif dilakukan melalui pencelupan dengan zat warna *methylene blue*, (zw 2%, volt 1:20, pH 5, waktu 1 jam, suhu 130 °C) penyerapan pada gugus karboksimetil (-CH₂COOH) dan gugus karboksil (-COOH) sama-sama menyerap *methylene blue*, selanjutnya diukur zw yang terserap, melalui sisa larutan pewarna dengan *spectrophotometer* pada λ maksimum, dihitung melalui kurva kalibrasi larutan zw. *methylene blue*. Kandungan Poliester (Komposisi) sesuai dengan SNI 08-0264-89/SNI ISO: 1833:2011. *Moisture Content / Moisture Regain* sesuai dengan SNI 08-0263-1989. Kekuatan Tarik (*Tensile Strength*) sesuai dengan SNI 0276-2009. Sudut kembali dari Kekusutan (*crease recovery angle*) sesuai SNI ISO 2313:2011. Stabilitas Dimensi Sesuai SNI ISO 5077-2011 Kekakuan (*Stiffness*) sesuai SNI 08-0314-1989.

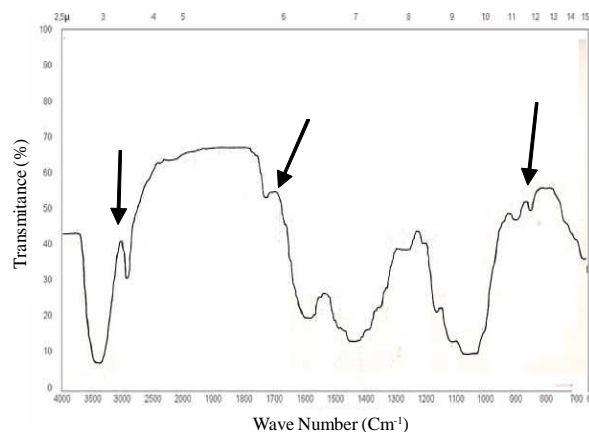
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Karakteristik Struktur Menggunakan Spektrum Infra Merah

Pengujian karakteristik sruktur menggunakan spektrum infra merah dilakukan terhadap kain kapas 100% yang tidak mengalami proses karboksimetilasi dan terhadap kain yang mengalami proses karboksimetilasi pada kondisi optimum. Pada kain poliester 100% dan kain poliester-kapas 65-35% tidak dilakukan pengujian karena poliester mempunyai gugus karboksil yang menyerap kuat di panjang gelombang 1700cm⁻¹, sehingga kurva-kurva mempunyai gugus poliester tidak dapat digunakan untuk mengetahui pengaruh karboksimetilasi. Dari spektrometri yang dihasilkan ternyata kurva yang menimbulkan puncak serapan infra merah pada daerah 3300 cm⁻¹ merupakan gugus hidroksil 1700 cm⁻¹ merupakan daerah gugus karboksil, spektrometri kapas 100% yang belum mengalami karboksimetilasi pada Gambar 2, tidak menimbulkan puncak serapan infra merah pada 1700 cm⁻¹. Sedangkan spektrometri kapas 100% yang telah mengalami karboksimetilasi pada Gambar 3 menimbulkan puncak serapan. Hal ini menandakan adanya pengaruh karboksimetilasi pada kapas yang



Gambar 2. Spektogram infra merah dari kain kapas 100% (blank).



Gambar 3. Spektogram infra merah dari kain kapas 100% dikarboksimetilasi.

dimodifikasi. Pada daerah 3300 cm^{-1} baik kain awal maupun kain yang di modifikasi memberikan puncak serapan.

Hal ini terjadi karena tidak seluruh gugus hidroksil mengalami proses karboksimetilasi, sehingga gugus hidroksil lain masih mempunyai puncak serapan. Dengan demikian modifikasi kimia kain melalui proses karboksimetilasi parsial telah terjadi [8,9].

Pengujian dengan Larutan *Methylene Blue*

Tabel 1. Penyerapan zat warna *methylene blue* (%).

Bake (°C)	NaOH (N)	CH ₂ ClOONa(N)		
		2	3	4
120	6	55,20	58,30	62,50
	8	67,00	74,53	85,10
	10	75,10	82,00	90,60
	12	75,10	85,90	90,60
130	6	55,20	59,70	71,00
	8	68,20	75,15	86,10
	10	83,30	85,10	91,40
	12	85,10	93,40	91,50
140	6	55,20	62,70	73,40
	8	71,80	81,80	93,10
	10	87,50	90,60	94,70
	12	87,70	93,90	95,30
150	6	56,90	76,70	75,80
	8	72,30	84,50	95,50
	10	89,70	92,90	95,80
	12	90,50	94,60	98,40
160	6	58,70	78,10	78,50
	8	73,30	84,70	96,60
	10	91,30	95,50	96,90
	12	91,90	96,60	98,40
Kain awal		Hanya ternodai		

Gugus karboksil dalam rantai selulosa, dapat diidentifikasi menggunakan larutan *methylene blue*, larutan ini tidak mempunyai afinitas terhadap selulosa, tetapi dengan terbentuknya gugus karboksilat, menyebabkan selulosa dapat mengabsorpsi *methylene blue* [10].

Pada Tabel 1 terlihat bahwa seluruh variasi perlakuan terwarnai oleh larutan *methylene blue*. Hal ini teridentifikasi, bahwa substitusi gugus hidroksil oleh gugus karboksimetil telah terjadi, sedangkan jumlah zat warna yang terserap tergantung pada besarnya substitusi gugus karboksimetil yang terjadi pada variasi perlakuan. Dari hasil pengujian terlihat bahwa konsentrasi natrium kloroasetat dan natrium hidroksida makin besar dan suhu pemanggangan semakin tinggi sampai batas tertentu, maka zat warna *methylene blue* yang terserap semakin banyak.

Banyaknya zat warna yang terserap pada selulosa, tidak hanya menunjukkan reaksi karboksimetilasi yang terjadi, tetapi juga menunjukkan adanya kerusakan selulosa. Degradasi molekul selulosa dengan adanya oksigen dalam natrium hidroksida, akan memasuki rantai molekul selulosa pada ikatan antara atom hidrogen dan karbon pada posisi 1 gugus glukosa, akibatnya lingkaran glukosa akan terbuka dan atom hidrogen pada posisi 1 migrasi ke atom karbon pada posisi 5, terbentuklah gugus asam pada posisi 1 tetapi

tetap terikat pada gugus glukosa sebelahnya. Adanya ion natrium dalam larutan, mengakibatkan ester yang terbentuk terhidrolisis, sehingga ikatan ester putus mengakibatkan kerusakan oksiselulosa yang juga menyerap zat warna *methylene blue*.

Pada Tabel 1 diatas terlihat, bahwa proses karboksimetilasi metode pemanggangan pemakaian konsentrasi natrium kloro asetat dan natrium hidroksida, makin besar, serta makin tinggi suhu pemanggangan, maka jumlah zat warna yang terserap akan semakin banyak. Banyaknya zat warna yang terserap dalam bahan tidak hanya menunjukkan reaksi karboksimetilasi yang terjadi, tetapi juga menunjukkan adanya kerusakan serat. Hal ini juga dapat dijelaskan melalui hasil pengujian kekuatan tarik kain Tabel 2 dan Tabel 3 yaitu pemakaian natrium kloro asetat sampai 3 N dan pemakaian natrium hidroksida sampai 8 N serta suhu pemanggangan sampai 120 °C terlihat kekuatan tarik bertambah, tetapi pada konsentrasi natrium kloroasetat dan natrium hidroksida lebih tinggi, serta suhu pemanggangan lebih tinggi nilai kekuatan tarik arah lusi maupun pakan menurun. Hal ini menunjukkan bahwa bukan reaksi karboksimetilasi yang terjadi tetapi terjadi kerusakan serat serat oksiselulosa [5].

Melalui serangkaian penelitian dengan menggunakan serat polyester dengan derajat kiralinitas yang berbeda, ternyata penyerapan serat bergantung pada seberapa banyak bagian amorf terdapat dalam serat, bila kondisi lain sama. Untuk serat yang semakin amorf, zat warna yang terserap semakin banyak [2,3]. Pada pengikisan (hidrolisis) serat bagian amorf serat diserang oleh natrium hidroksida, sehingga degradasi semakin banyak. Seiring dengan pengikisan pada permukaan serat yang memperkecil diameter, serat semakin kasar. Hal ini berhubungan erat dengan semakin luasnya permukaan serat (*contact area*) pada serat yang sama sehingga memungkinkan naiknya daya serap, pada suhu tinggi kelarutan zat warna bertambah, molekul zat warna relatif bergerak lebih cepat, sehingga zat warna lebih mudah masuk ke dalam serat, warna lebih tua [10].

Pengujian Kekuatan Tarik

Hasil pengujian kekuatan tarik kain arah lusi dan pakan dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Dari hasil analisis variansi ternyata bahwa variasi konsentrasi natrium hidroksida, natrium kloroasetat, suhu pemanggangan berpengaruh terhadap kekuatan tarik kain. Hasil pengujian kekuatan tarik arah lusi dan pakan tertinggi pada metode pemanggangan yaitu pada pemakaian natrium kloroasetat 3 N, natrium hidroksida 6 N suhu pemanggangan 120 °C

Pada kondisi tersebut merupakan kondisi optimal untuk peningkatan kekuatan tarik, karena pada kondisi itu serat selulosa menggelembung membantu reaksi substitusi karboksimetilasi, terjadinya kerusakan serat lebih kecil bila dibandingkan dengan kondisi lain.

Tabel 2. Kekuatan tarik arah lusi (Kg)

Bake (°C)	NaOH (N)	CH ₂ ClOONa (N)		
		2	3	4
120	6	20,00	23,60	22,50
	8	15,60	22,00	21,50
	10	15,10	21,65	19,25
	12	12,25	18,35	17,90
130	6	18,50	22,00	21,35
	8	13,35	21,50	20,50
	10	12,60	20,10	17,85
	12	7,85	17,85	17,75
140	6	18,50	21,50	20,00
	8	13,10	21,40	19,65
	10	9,35	19,25	17,75
	12	6,25	17,40	14,15
150	6	15,00	21,10	19,60
	8	11,75	18,75	18,50
	10	7,60	17,90	17,10
	12	5,65	16,15	12,50
160	6	12,50	19,00	17,10
	8	11,30	17,00	15,50
	10	7,50	16,50	15,05
	12	3,50	14,85	10,85
Kain awal		21,15		

Tabel 3. Kekuatan tarik arah pakan (Kg)

Bake (°C)	NaOH (N)	CH ₂ ClOONa (N)		
		2	3	4
120	6	15,60	18,00	16,50
	8	13,50	16,25	16,00
	10	10,85	15,60	14,85
	12	9,75	14,40	14,35
130	6	12,00	15,50	15,50
	8	10,00	14,85	14,85
	10	6,90	14,75	14,50
	12	6,35	13,60	13,35
140	6	11,75	14,85	14,50
	8	7,90	14,35	13,50
	10	6,50	14,30	13,00
	12	5,85	12,50	12,25
150	6	11,75	13,60	13,50
	8	6,10	13,35	13,00
	10	5,00	12,40	12,00
	12	3,65	11,85	11,35
160	6	10,25	12,50	12,35
	8	6,00	12,35	12,05
	10	3,85	11,60	11,35
	12	2,70	10,50	10,40
Kain Awal		17,20		

Penyebab naiknya kekuatan tarik setelah karboksimetilasi adalah, mengkeret kain karena proses karboksimetilasi banyaknya ikatan hidrogen yang terjadi dan terjadinya gaya *Van der Waals* dalam serat. Kain mengkeret sehingga tetal lusi dan tetal pakan bertambah, maka akan mengakibatkan kekuatan tarik akan meningkat [11]. Pada pemakaian konsentrasi natrium hidroksida, suhu pemanggangan lebih tinggi kekuatan tarik cenderung turun, pada kekuatan tarik terendah adalah pada pemakaian natrium kloro asetat 2 N natrium hidroksida 12 N suhu pemanggangan 160 °C menunjukkan bahwa pada suhu pemanggangan lebih tinggi terjadi kerusakan serat semakin besar kekuatan tarik semakin turun. Selain hal tersebut diatas penurunan kekuatan tarik juga disebabkan karena penggunaan natrium khloroasetat yang merupakan garam asam, selulosa dapat rusak oleh asam, membentuk hidroselulosa yang akan

menghasilkan rantai molekul yang lebih pendek karena pecahnya beberapa ikatan glukosida antara satuan-satuan akan menyebabkan hidrolisis. Serat poliester terjadi pengikisan sehingga kandungan poliester berkurang, berkurangnya satuan glukosa dalam rantai selulosa dan dapat menurunkan kekuatan tarik.

Pengerjaan alkali kuat, dari hasil penelitian [2], pada pengikisan kain poliester ternyata bahwa penurunan kekuatan serat relatif lebih besar dari penurunan berat. Pada rongga tempat hidrolisis, molekul polimer tidak kompak, ikatan molekul melemah sehingga kekuatan tarik kain menurun.

Pengurangan Berat Poliester

Hasil pengurangan berat poliester pada bahan percobaan dapat dilihat pada Tabel 4, dari hasil tersebut terlihat bahwa pemakaian konsentrasi natrium hidroksida makin besar suhu pemanggangan semakin tinggi sampai batas tertentu, pengurangan berat poliester semakin besar. Sedangkan pemakaian konsentrasi natrium kloro asetat, makin besar sampai batas tertentu pengurangan berat poliester berkurang, karena natrium kloro asetat akan menghambat pengikisan serat poliester oleh natrium hidroksida [2,3]. Dari hasil analisis variansi didapat bahwa konsentrasi natrium hidroksida, konsentrasi natrium kloro asetat, dan suhu pemanggangan berpengaruh pada pengurangan berat poliester. Besarnya pengurangan berat poliester tergantung pada konsentrasi natrium kloro asetat, konsentrasi natrium hidroksida, dan suhu pemanggangan, makin besar konsentrasi natrium hidroksida, dan makin tinggi suhu pemanggangan, maka pengikisan akan semakin besar, karena terjadi pemutusan rantai molekul poliester dan

Tabel 4. Pengurangan berat poliester (%).

Bake (°C)	NaOH (N)	CH ₂ ClOONa (N)		
		2	3	4
120	6	20,00	23,60	22,50
	8	15,60	22,00	21,50
	10	15,10	21,65	19,25
	12	12,25	18,35	17,90
130	6	18,50	22,00	21,35
	8	13,35	21,50	20,50
	10	12,60	20,10	17,85
	12	7,85	17,85	17,75
140	6	18,50	21,50	20,00
	8	13,10	21,40	19,65
	10	9,35	19,25	17,75
	12	6,25	17,40	14,15
150	6	15,00	21,10	19,60
	8	11,75	18,75	18,50
	10	7,60	17,90	17,10
	12	5,65	16,15	12,50
160	6	12,50	19,00	17,10
	8	11,30	17,00	15,50
	10	7,50	16,50	15,05
	12	3,50	14,85	10,85
Kain awal		21,15		

terjadi pelarutan pada permukaan serat, hal ini akan mengakibatkan pegangan kain menjadi lebih lembut yang baik untuk bahan pakaian karena lebih nyaman dipakai.

Dari hasil pengujian terlihat bahwa pengurangan berat poliester yang terkecil diperoleh pada kombinasi pengerjaan natrium kloro asetat 4 N, natrium hidroksida 6 N dan suhu pemanggangan 120 °C yaitu 0,15% sedangkan pengurangan berat poliester yang terbesar pada kombinasi perlakuan natrium kloro asetat 2 N natrium hidroksida 12 N, serta suhu pemanggangan 160 °C yaitu sebesar 29,41%. Hal ini disebabkan karena pada hasil pengurangan berat yang kecil kain diproses benam peras dahulu dengan dengan larutan natrium kloro asetat 4 N selanjutnya dengan natrium hidroksida 6 N, kain ini mempunyai pH yang bersuasana lebih asam bila dibandingkan dengan kombinasi natrium kloro asetat 2 N dan natrium hidroksida 12 N, suasana yang lebih asam akan menghambat terjadinya pengikisan, dikarenakan serat poliester tahan terhadap asam sehingga pengurangan berat menjadi lebih kecil.

Pengujian Moisture Regain (Penyerapan Kelembaban)

Hasil pengujian *moisture regain* (penyerapan kelembaban) dapat dilihat pada dapat dilihat pada Tabel 5. Nilai persentase penyerapan kelembaban kain campuran poliester selulosa disebabkan karena poliester hidrofob sedangkan selulosa hidrofil, maka tergantung pada besarnya komponen selulosanya dan sifat ini akan berhubungan dengan sifat stabilitas kain dan sifat tahan kusut. Untuk menaikkan penyerapan kelembaban pada komponen selulosa yang minimum perlu adanya perubahan struktur fisika dan kimianya dengan memperbesar sifat absorpsi selulosa terhadap air. Oleh karena itu proses karboksimetilasi selulosa dapat memperbaiki persentase moisture regain. Perbaikan penyerapan kelembaban pada kain poliester selulosa tidak hanya tergantung pada pengurangan poliesternya

Tabel 5. Moisture regain (%)

Bake (°C)	NaOH (N)	CH ₂ ClOONa (N)		
		2	3	4
120	6	2,9	3,1	2,7
	8	4,5	4,7	4,4
	10	4,2	4,2	4,1
	12	3,9	4,0	3,2
130	6	3,9	4,1	3,2
	8	6,7	4,9	4,6
	10	4,5	4,6	4,4
	12	4,2	4,4	4,2
140	6	4,1	4,2	4,1
	8	4,7	5,5	4,7
	10	4,6	4,8	4,6
	12	4,4	4,4	4,3
150	6	4,3	4,4	4,3
	8	4,8	5,5	4,8
	10	4,8	5,0	4,6
	12	4,6	4,8	4,4
160	6	4,6	4,6	4,4
	8	5,2	5,7	5,0
	10	5,0	5,0	4,7
	12	4,6	4,8	4,6
Kain awal		3,0		

akibat pengerjaan alkali kuat tetapi juga tergantung pada jumlah gugus karboksimetil yang ada dan perubahan struktur molekul selulosa.

Dari Tabel 5 dari hasil pengujian terlihat bahwa proses karboksimetilasi dapat meningkatkan penyerapan kelembaban dari kain poliester selulosa, pemakaian konsentrasi natrium kloro asetat 3 N dan konsentrasi NaOH 8 N, meningkatkan penyerapan kelembaban, pada konsentrasi yang lebih tinggi menurunkan penyerapan kelembaban, tertinggi pada suhu pemanggangan 160 °C, kenaikan moisture regain dimungkinkan karena pengurangan kandungan poliester. Pemakaian alkali kuat pada selulosa akan menyebabkan turunnya derajat kristalinitas pada serat selulosa tersebut, bila pemakaian konsentrasi alkali tidak sampai merusak selulosa, maka penurunan derajat kristalinitas akan menyebabkan serat selulosa menjadi menggelembung dan lebih terbuka. Hal lain yang menyebabkan naiknya penyerapan kelembaban adalah gugus hidrogen bebas, gugus karboksimetil (-CH₂COOH) dan gugus karbonil (-C=O-) yang merupakan gugus-gugus hidrofil.

Perubahan struktur molekul selulosa akibat substitusi karboksimetilasi menyebabkan peningkatan kelembaban. Dengan demikian selulosa menjadi lebih bersifat higroskopis dan mengakibatkan suatu peningkatan afinitas selulosa terhadap zat kimia, hal ini juga dapat dibuktikan pada Tabel 1.

Pengujian Sudut Kusut Kain

Hasil pengujian kemampuan kembali terhadap kekusutan kain arah lusi dan pakan dapat dilihat pada Tabel 6 dan Tabel 7.

Dari analisis variansi ternyata bahwa konsentrasi natrium kloro asetat, natrium hidroksida dan suhu pemanggangan berpengaruh pada kemampuan kain untuk kembali arah lusi dan pakan (sudut kusut).

Tabel 6. Sudut kusut arah lusi (°).

Bake (°C)	NaOH (N)	CH ₂ ClOONa (N)			
		2	3	4	
120	6	150	154	154	
	8	142	148	148	
	10	136	145	145	
	12	129	139	143	
	130	6	140	149	149
130	8	140	146	146	
	10	132	137	144	
	12	124	137	142	
	140	6	139	142	146
	8	129	139	145	
140	10	127	134	143	
	12	121	132	141	
	150	6	138	138	143
	8	128	135	142	
	10	127	133	142	
150	12	117	131	138	
	160	6	128	136	141
	8	124	134	138	
	10	119	129	134	
	12	109	124	136	
Kain awal		109			

Tabel 7. Sudut kusut arah pakan (°)

Bake (°C)	NaOH (N)	CH ₂ ClOONa (N)		
		2	3	4
120	6	146	150	151
	8	140	145	145
	10	139	143	143
	12	136	139	142
130	6	144	144	148
	8	139	143	144
	10	133	138	140
	12	130	136	137
140	6	136	142	143
	8	138	142	143
	10	130	136	140
	12	128	133	137
150	6	135	137	142
	8	126	134	141
	10	124	130	139
	12	117	129	134
160	6	130	132	134
	8	123	132	138
	10	120	126	133
	12	117	117	128
Kain awal		112		

Kekusutan suatu kain disebabkan karena serat dalam kain tersebut mengalami tekukan dengan adanya tekanan. Hal ini mungkin disebabkan karena terjadinya penggelinciran rantai molekul, sehingga mengubah susunan ikatan antar rantai molekul menjadi susunan yang baru. Apabila tekukan ini dilepas maka rantai molekul tersebut tidak kembali kekedudukan semula, karena kedudukan yang baru tersebut tetap dipertahankan oleh susunan ikatan antar molekul yang baru.

Pada Tabel 6 dan Tabel 7 tersebut terlihat bahwa proses karboksimetilasi pada kain poliester selulosa dapat meningkatkan kemampuan kembali dari kekusutan kain. Hasil tertinggi sudut kusut arah lusi dan pakan diperoleh pada metode pemanggangan pada pemakaian natrium khloroasetat 3 N, natrium hidroksida 6 N dan suhu pemanggangan 120 °C, yaitu sebesar 154 °C arah pakan dan 150 °C arah lusi. Hal ini dapat dijelaskan sebagai berikut: Sudut kusut kain dipengaruhi oleh konstruksi kainnya dalam hal ini no benang dan tetal benang dalam kain, selain itu juga kepadatan dan kekakuan kain.

Pemakaian natrium kloro asetat menyebabkan kain menjadi lebih padat dan pengerjaan dengan natrium hidroksida menyebabkan pengikisan pada permukaan serat poliester, permukaan serat tidak rata atau kasar dan terjadi pengurangan berat sehingga kain menipis, akibatnya kain menjadi lebih halus dan tenunan menjadi lebih jarang/tidak rapat. Kain yang tidak rapat atau lebih jarang, seperti kain poliester kapas yang diproses dengan natrium hidroksida bila dilipat masih mungkin terjadi slip. Kain mengalami mulur kecil, maka elastisitas kain lebih besar. Perubahan bentuk yang terjadi kecil, maka sudut kusut kain menjadi lebih besar.

Pengujian Stabilitas Dimensi Kain

Hasil pengujian stabilitas dimensi kain arah lusi dan pakan dapat dilihat pada Tabel 8 dan Tabel 9 .

Dari analisis variansi ternyata bahwa konsentrasi natrium kloro asetat, natrium hidroksida, dan suhu pemanggangan berpengaruh pada stabilitas dimensi kain. Makin tinggi konsentrasi natrium kloro asetat, konsentrasi natrium hidroksida dan makin tinggi suhu pemanggangan, maka perubahan dimensi yang dihasilkan semakin besar. Pada tabel tersebut terlihat bahwa proses karboksimetilasi pada kain poliester selulosa dapat meningkatkan angka stabilitas dimensi artinya kain tersebut semakin mengerut ke arah lusi maupun pakan, sehingga tetal lusi maupun pakannya semakin bertambah, sehingga kain semakin stabil [11].

Tabel 8. Stabilitas dimensi arah lusi (%).

Bake (°C)	NaOH (N)	CH ₂ ClOONa (N)		
		2	3	4
120	6	0,75	0,33	0,14
	8	0,75	0,33	0,14
	10	1,16	0,50	0,17
	12	1,89	0,86	0,17
130	6	0,83	0,38	0,17
	8	1,16	0,58	0,17
	10	1,75	0,58	0,25
	12	2,75	1,14	0,33
140	6	1,16	0,39	0,33
	8	2,00	0,58	0,33
	10	3,33	0,61	0,50
	12	3,50	1,36	1,08
150	6	1,16	0,50	0,42
	8	3,33	1,00	0,61
	10	3,66	1,00	0,75
	12	4,25	1,75	1,16
160	6	2,25	1,00	0,42
	8	3,50	1,50	0,61
	10	3,83	1,61	0,92
	12	4,61	2,00	1,75
Kain Awal		1,36		

Tabel 9. Stabilitas dimensi arah pakan (%).

Bake (°C)	NaOH (N)	CH ₂ ClOONa (N)		
		2	3	4
120	6	0,31	0,17	0,14
	8	0,83	0,25	0,17
	10	1,66	0,25	0,17
	12	2,14	1,00	0,86
130	6	0,50	0,17	0,17
	8	1,00	0,25	0,17
	10	2,08	0,25	0,25
	12	2,94	1,30	1,10
140	6	0,50	0,33	0,25
	8	1,83	0,42	0,42
	10	3,00	0,50	0,50
	12	3,75	1,75	1,39
150	6	0,58	0,50	0,50
	8	1,92	0,61	0,61
	10	3,25	1,05	0,66
	12	3,86	2,10	1,50
160	6	0,92	0,61	0,61
	8	2,33	1,08	0,83
	10	3,50	1,33	1,08
	12	4,30	2,30	1,55
Kain awal		1,10		

Makin tinggi konsentrasi natrium kloro asetat, konsentrasi natrium hidroksida dan makin tinggi suhu pemanggangan, maka perubahan dimensi yang dihasilkan semakin besar.

Pada Tabel 8 dan Tabel 9 tersebut terlihat bahwa proses karboksimetilasi pada kain poliester selulosa dapat meningkatkan angka stabilitas dimensi artinya kain tersebut semakin mengkeret ke arah lusi maupun pakan, semakin stabil kain tersebut angka stabilitas dimensinya semakin kecil [11]. Hal ini disebabkan karena selulosa maupun poliester mengalami degradasi, karena natrium kloro asetat yang merupakan garam asam dan natrium hidroksida yang merupakan alkali kuat. Degradasi tersebut menyebabkan modulus awal dari kain berkurang, sehingga mengakibatkan perubahan dimensinya bertambah.

Hasil stabilitas dimensi yang terbaik pada kombinasi pemakaian natrium kloro asetat 3 N, natrium hidroksida 6 N dan suhu pemanggangan 120 °C yaitu sebesar 0,33% untuk arah lusi dan 0,17% untuk arah pakan.

Hal ini disebabkan pengerjaan natrium hidroksida akan menyebabkan serat menggelembung dan mengerut setelah pencucian dan mengerut lagi setelah pengeringan, maka serat menjadi lebih stabil.

Peningkatan konsentrasi natrium kloro asetat dan natrium hidroksida serta makin tingginya suhu pemanggangan menyebabkan degradasi serat. Substitusi gugus hidroksil oleh gugus karboksilmetil dapat menambah ikatan hidrogen yang akan meningkatkan ikatan pada amorf.

Selanjutnya pada pengujian stabilitas dimensi, mengerut yang dihasilkan semakin kecil berarti kain semakin stabil.

Pengujian Kekakuan Kain

Hasil pengujian kekakuan kain arah lusi dan pakan dapat dilihat pada Tabel 10 dan Tabel 11, dari analisa variansi ternyata bahwa konsentrasi natrium kloro asetat, natrium hidroksida, suhu pemanggangan berpengaruh pada kekakuan kain.

Pada tabel tersebut terlihat bahwa proses karboksimetilasi pada kain poliester selulosa dapat menurunkan kekakuan kain. Makin tinggi konsentrasi natrium kloro asetat maka kekakuan kain semakin tinggi dan makin tinggi konsentrasi natrium hidroksida maka kekakuan kain semakin kecil. Hasil kekakuan terkecil dicapai pada pemakaian natrium kloro asetat 4 N, natrium hidroksida 12 N (arah lusi) dan 10 N (arah pakan) dan suhu pemanggangan 160 °C. yaitu sebesar 33 mg.cm untuk arah lusi dan 18 mg.cm untuk arah pakan. Seperti telah dijelaskan sebelumnya bahwa pengerjaan dengan natrium kloro asetat menyebabkan kain menjadi lebih padat dan lebih kaku, sedangkan pengerjaan dengan natrium hidroksida

Tabel 10. Kekakuan arah lusi (mg.cm).

Bake (°C)	NaOH (N)	CH ₂ ClOONa		
		2	3	4
120	6	75	74	71
	8	74	74	64
	10	74	64	64
	12	53	51	47
130	6	75	74	59
	8	74	68	58
	10	60	51	53
	12	44	46	43
140	6	71	62	57
	8	70	56	53
	10	49	41	47
	12	39	37	38
150	6	64	61	52
	8	59	55	48
	10	48	37	38
	12	35	37	34
160	6	59	51	47
	8	58	41	38
	10	35	34	34
	12	31	34	33
Kain Awal		75		

Tabel 11. Kekakuan kain arah Pakan (mg.cm).

Bake (°C)	NaOH (N)	CH ₂ ClO047Na(N)		
		2	3	4
120	6	46	46	44
	8	43	42	39
	10	42	39	32
	12	32	39	29
130	6	46	38	38
	8	42	35	32
	10	38	35	32
	12	28	29	26
140	6	45	31	31
	8	42	31	29
	10	37	31	29
	12	22	26	23
150	6	37	30	31
	8	33	28	25
	10	30	24	23
	12	22	23	20
160	6	32	27	27
	8	24	26	22
	10	24	22	20
	12	21	20	18
Kain awal		46		

menyebabkan pengikisan/hidrolisis pada permukaan serat poliester sehingga penampang serat lebih kecil/ menipis sehingga kain menjadi lebih lemas/soft [2,3], karena kain semakin lemas maka kain tersebut semakin mudah dan cepat melengkung artinya kekakuan kain menurun.

Disamping itu konstruksi kain juga menentukan kekakuan kain, antara lain nomer benang dan tetal kain. Pengikisan permukaan poliester pada kain oleh larutan natrium hidroksida akan menyebabkan diameter benang akan semakin kecil dan tetal lusi/maupun tetal pakan pada kain menurun, sehingga konstruksi kain menjadi lebih jarang, akibatnya kekakuan kain akan menurun [11]. Campuran serat poliester-selulosa 65% hingga 35% yang diproses karboksimetilasi, pada bagian seratnya poliester maupun selulosanya mempunyai derajat kristalinitas yang berbeda. Pada proses pengikisan bagian amorf

Tabel 12. Hasil pengujian kain poliester 100%.

Pengujian	Kain	Lusi	Pakan
1. Konstruksi Kain			
Jenis anyaman	Polos		
Nomor benang (<i>Tex</i>)		16,60	13,45
Tetal/cm		55,0	31,0
Berat kering/m ² (g)	93,29		
2. Kekuatan Tarik (kg)		30,75	18,50
Kain Awal		32,50	21,75
3. Pengurangan berat. %	4,84		
4. Pencelupan dengan z.w <i>Methylene Blue</i>	Tidak terwarnai ternodai		
Kain awal			
5. <i>Moisture Regain</i> (%)	0,80		
Kain awal	0,40		
6. Sudut Kusut (°)		165,0	161,0
Kain awal		152,0	149,3
7. Stabilitas dimensi (%)		0,45	0,39
Kain awal		0,63	0,52
8. Kekakuan (mg.cm)		29,92	30,20
Kain awal		46,90	43,33

Tabel 13. Hasil pengujian kain selulosa 100%.

Pengujian	Kain	Lusi	Pakan
1. Konstruksi Kain			
Jenis anyaman	Polos		
Nomor benang (<i>Tex</i>)		13,67	9,80
Tetal/cm		37	36
Berat kering/m ² (g)	110,6		
2. Kekuatan Tarik(Kg)		19,75	18,25
Kain Awal		19,13	17,43
3. Pencelupan dengan z.w <i>Methylene Blue</i>	Terwarnai Ternodai		
Kain awal			
4. <i>Moisture Regain</i> (%)	11,0		
Kain awal	7,26		
5. Sudut Kusut (°)		136,0	121,0
Kain awal		101,4	90,50
6. Stabilitas Dimensi,%		1,15	1,08
Kain awal		4,20	2,25
7. Kekakuan (mg.cm)		47,05	28,73
Kain awal		45,16	26,96

serat poliester akan diserang oleh natrium hidroksida sehingga degradasi menjadi semakin banyak, sedangkan bagian amorf serat selulosa akan diserang oleh natrium kloro asetat sehingga kerusakan serat semakin banyak, oleh karena itu semakin tinggi konsentrasi zat kimia kekakuan kain akan cenderung menurun.

Pemilihan Kondisi Optimum

Kondisi optimum yang dipilih harus mencakup semua hasil fisik yang diuji. Agar lebih mudah menentukan kondisi optimum yang tepat, maka diberikan pembobotan nilai pada tiap hasil pengujian, diambil urgensi masing-masing pengujian.

Tujuan utama proses karboksimetilasi poliester selulosa adalah menaikkan penyerapan kelembaban, kekurangan serat selulosa adalah kemampuan kembali dari kekusutan rendah, kestabilan dimensi kain sangat menentukan mutu kain yang diproses karboksimetilasi. Oleh karena itu parameter yang penting ini diberikan pembobotan 10 yaitu penyerapan lembab, kemampuan kembali dari kekusutan dan kestabilan dimensi kain.

Tabel 14. Hasil pengujian kain poliester selulosa.

Pengujian	Kain	Lusi	Pakan
1. Konstruksi Kain			
Jenis anyaman	Polos		
Nomor benang (<i>Tex</i>)		13,43	14,00
Tetal/cm		35	24
Berat kering/m ² (g)	78,798		
2. Kekuatan Tarik(Kg)		21,5	16,0
Kain Awal		21,15	17,20
3. Pencelupan dengan z.w <i>Methylene Blue</i>	Terwarnai Ternodai		
Kain awal			
4. <i>Moisture Regain</i> (%)	4,4		
Kain awal	3,0		
5. Sudut Kusut (°)		148	145
Kain awal		112	109
6. Stabilitas Dimensi,%		0,14	0,17
Kain awal		1,36	1,1
7. Kekakuan (mg.cm)		64	39
Kain awal		75	46

Parameter uji kekakuan dan kekuatan tarik kain mempunyai nilai lebih rendah dari nilai awal maka untuk menentukan kondisi optimum diberikan nilai pembobotan 5. Dari hasil pembobotan tersebut diperoleh bahwa kondisi optimum adalah diperoleh pada proses karboksimetilasi kain poliester selulosa menggunakan metode benam peras pemanggangan pada kombinasi perlakuan: konsentrasi natrium kloro asetat 4 N, natrium hidroksida 8 N dan suhu pemanggangan 120 °C pada Tabel 14, Tabel 12 adalah hasil pengujian kain poliester 100%, kain. Tabel 13 adalah hasil pengujian kain selulosa 100% pada kondisi optimum sebagai pembanding.

KESIMPULAN

Kain poliester selulosa yang diproses karboksimetilasi dengan metode benam peras pemanggangan mempergunakan natrium kloro asetat dan natrium hidroksida akan mengalami perubahan struktur. Perubahan struktur terjadi pada selulosa karena terjadi substitusi gugus hidroksil dari beberapa unit anhidroglukosa dengan gugus karboksimetil, sedangkan serat poliester akan mengalami pengikisan karena terjadi hidrolisa gugus esternya oleh natrium hidroksida sehingga kain menipis dan pegangan lebih lembut. Makin tinggi konsentrasi natrium kloro asetat dan natrium hidroksida, serta makin tinggi suhu pemanggangan pada kondisi optimum tertentu, maka proses karboksimetilasi yang terjadi semakin besar sehingga memperbaiki penyerapan lembab, penyerapan terhadap zat warna *methylene blue*, sudut kusut, stabilitas dimensi, sedangkan pengikisan poliester semakin besar, maka kain akan semakin lembut.

Kondisi optimum yang telah dicapai, Pada proses karboksimetilasi menggunakan metode benam peras pemanggangan, proses karboksimetilasi poliester-selulosa kombinasi perlakuan: konsentrasi natrium kloro asetat 4 N, natrium hidroksida 8 N dan suhu pemanggangan 120 °C. dengan hasil pengujian sebagai

berikut: Hasil pengujian: 0,45% pengurangan berat poliester, 94,32% penyerapan zat warna *methylene blue*, 4,44% (naik 48%) penyerapan kelembaban, 21,50 kg (turun 1,65 %) kekuatan tarik arah lusi dan 16 kg (turun 6,97 %) arah pakan, 148°(naik 32,14%) sudut kusut arah lusi dan 145°(naik 33,02%) arah pakan, 0,14% (naik 89,7%) stabilitas dimensi kain arah lusi dan 0,17% (naik 84,54%) arah pakan, 64,0 mg.cm (turun 14,6%) kekakuan kain arah lusi dan 39 mg.cm (turun 15,2%) arah pakan.

DAFTAR ACUAN

- [1]. A. Hebeish, *et al.* *Chemical Modification of Polyester/Cotton Blends Partial Carboxymethylaton*. American Dyestuff Reporter New York, 2009.
- [2]. S. Pitchai, J. J. Moses, S. Natarajan. "Study On The Improvement Of Hydrophilic Character On Polyvinylalcohol Treated Polyester Fabric". *Polish Journal of Chemical Technology*, vol. 16, no 4, pp. 21-27, 2014.
- [3]. PT Inkali Technical Information. "Proses Alkali, Pengurangan Berat Terhadap Bahan Tekstil Poliester", 2009.
- [4]. K. M. Hong. "Preparation And Characterization of Carboxymethyl Cellulose From Sugarcane Bagasse". A project report submitted to the Department of Chemical Science, Faculty of Science, Universiti Tunku Abdul Rahman, May 2013.
- [5]. M. Gibis, V. Schuh, J. Weiss. "Effect Of Carboxymethyl Cellulose (CMC) And Microcrystalline Cellulose As Fat Replacers On The Microstructure And Sensory Characteristics Of Fried Beef Patties". *Food Hydrocolloids*, vol. 45, pp. 236-246, 2015.
- [6]. A. H. Saputra, L. Qadhayna, and A. B. Pitaloka. "Synthesis and Characterization of Carboxymethyl Cellulose (CMC) from Water Hyacinth using Ethanol-Isobutyl Alcohol Mixture as the Solvents". *International Journal of Chemical Engineering and Applications*, vol. 5, no. 1, pp. 36-40, Feb. 2014.
- [7]. M. Chaplin. *Water Structure and Science*, England & Wales Licences, May 2014.
- [8]. A. Wijayani, K. Ummah and S. Tjahjani. "Karakterisasi Karboksimetil Selulosa (CMC) dari Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes* (Mart))". *Indo. J. Chem.*, vol. 5 (3), pp. 228-231, 2005.
- [9]. Melisa, S. Bahri, Nurhaeni. "Optimization Synthesis Carboxymethyl Cellulose Of Sweet Corn Cob (*Zea Mays L Saccharata*)". *Online Jurnal of Natural Science*, vol.3(2), pp. 70-78, Aug. 2014.
- [10]. A. Bidin. *Optimasi Kondisi Reaksi Sintesis Karboksimetil Selulosa (CMC) dari Eceng Gondok (*Oriza Sativa*)*, Universitas Palu, 2010.
- [11]. D. Yan, J-X. Huang, X-L. Dong, *et al.* "Preparation Process Study On High Viscosity Sodium Carboxymethyl Cellulose By Using Pulp As Raw Material". *Journal of Hunan Institute of Engineering (Natural Science Edition)*, vol. 25(2), pp. 69-72, 2015.