



Pengolahan Material Serat Alami Menggunakan Enzim Mikrobiologi untuk Media Ekspresi Seni Dua Dimensi

Muksin

KK Senirupa- FSRD, Institut Teknologi Bandung

Abstract. One of the alternative media, which is potential to be developed is the use of natural fiber materials from the environment (indigenous material). This natural fiber in foreign country such as Thailand, Japan, United States has crossed the threshold of the quality as a work of art that create by an artist. Meanwhile in Indonesia it is still brand new to be develop as a media of art expression. Indeed, art paper has already developed in Indonesia, but it is still a boundary production of pieces of paper that will be directly applied as a handicraft media. Moreover, the preparation process is still using the conventional method using chemical materials such as NaOH, Hypochloride, Boric acid, Chlorin, H₂O₂, etc., which burden the environment. Therefore an alternative, environmental friendly process is necessary to be developed to exploit natural fiber materials as a media of art expression. For this reason in this project a research on fiber-pulping process using xylanase enzyme has been carried out.

The use of xylanase is enable to decrease chlorin consumption and reduce chloro-organic concentration in pulp and waste, that also means a reduction in production cost. The pulp was then used to make a paper to be tested for its quality by the Center for Pulp and Paper (Balai Besar Pulp dan Kertas, BBPK). This research resulted in a) enzyme formulations for the fiber-pulping and preparation from variety of fiber materials: banana's stalk, the abacca, hyacinth, straw, pineapple fiber and gold cocoon, b) data of paper quality, and c) work of arts from fiber/pulp material. In conclusion, enzyme can be applied in fiber-pulping process for lower impact on the environment and the workers.

Keywords: *natural fiber materials; microbiology enzyme; two dimensional art media.*

1 Pendahuluan

Medium dalam perkembangan seni rupa modern, terutama dalam seni rupa kontemporer sangat diperlukan sebagai media alternatif dalam berekspresi seni. Salah satu medium alternatif yang potensial untuk dikembangkan adalah penggunaan bahan-bahan serat alami dari lingkungan sekitar (*indigenous material*). Penggunaan bahan-bahan dari serat alami merupakan salah satu

medium yang bisa dikembangkan sebagai media alternatif dalam berekspresi seni. Adapun bahan serat ini dalam seni tekstil dan kertas seni merupakan bahan yang sudah tidak asing lagi, sementara dalam kertas seni di luar negeri seperti di Thailand, Jepang, Amerika sudah merambah pada kualitas sebagai karya seni yang dikerjakan oleh seniman [1] .

Sementara itu bahan serat di Indonesia masih merupakan hal yang baru untuk dikembangkan sebagai media ekspresi seni. Kertas seni memang sudah berkembang tapi masih sebatas produksi lembaran kertas yang kemudian diterapkan sebagai media kerajinan, proses pengolahannya pun masih menggunakan bahan-bahan kimia yang kurang ramah lingkungan, seperti Soda Api, Kaporit, Hypoclorit, Asam Borat, klorin, H_2O_2 dll. Sebagai alternatif pengganti zat yang tidak ramah lingkungan tersebut digunakan enzim xilanase. Enzim mikrobiologi ini memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan juga dalam industri kertas, bubur kayu (pulp) dan tekstil, yang bertujuan untuk mengurangi bahkan untuk menggantikan ekstraksi alkalis hemiselulosa yang berbahaya dan penggunaan klorin dalam proses pemutihan (bleaching) bahan kertas tanpa menurunkan kekuatan serat selulosa dari produk kertas/karya seni yang dihasilkan.

Penggunaan enzim xilanase memungkinkan penurunan jumlah klorin yang digunakan, serta pengurangan biaya bahan kimia dan penurunan konsentrasi kloro-organik dalam pulp dan limbah [2]. Penelitian ini telah dilaksanakan bekerja sama dengan tim biokatalis BPPT yang telah bertahun-tahun melakukan penelitian produksi dan aplikasi enzim xilanase. Kerja sama penelitian meliputi formulasi komposisi enzim dan kondisi optimum proses pembuatan pulp. Selanjutnya kekuatan serat dan ketahanan warna pulp terhadap faktor perubahan lingkungan (suhu, cahaya dan kelembaban) akan dianalisa di laboratorium uji Balai Besar Pulp dan Kertas (BBPK/BBS). Hasil formulasi terbaik diterapkan dalam pembuatan karya seni rupa dua dimensi.

2 Bahan dan Metoda Eksperimen

2.1 Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam kegiatan penelitian ini adalah: timbangan, gelas kimia, gelas penakar, blender, saringan, triplek acuan cetak, rakel, sponge, ember plastik.

Bahan yang digunakan dalam kegiatan ini adalah enzim xilanase (endoxilanase, arabifuranosidase dan xilosidase), bahan serat (pelepah pisang, eceng gondok, jerami, kepompong emas, serat abacca, serat nenas), soda kue (Na_2CO_3), soda api (NaOH), pewarna tekstil (wantex), T. Orga, M.Bio, asam ers Jepang.

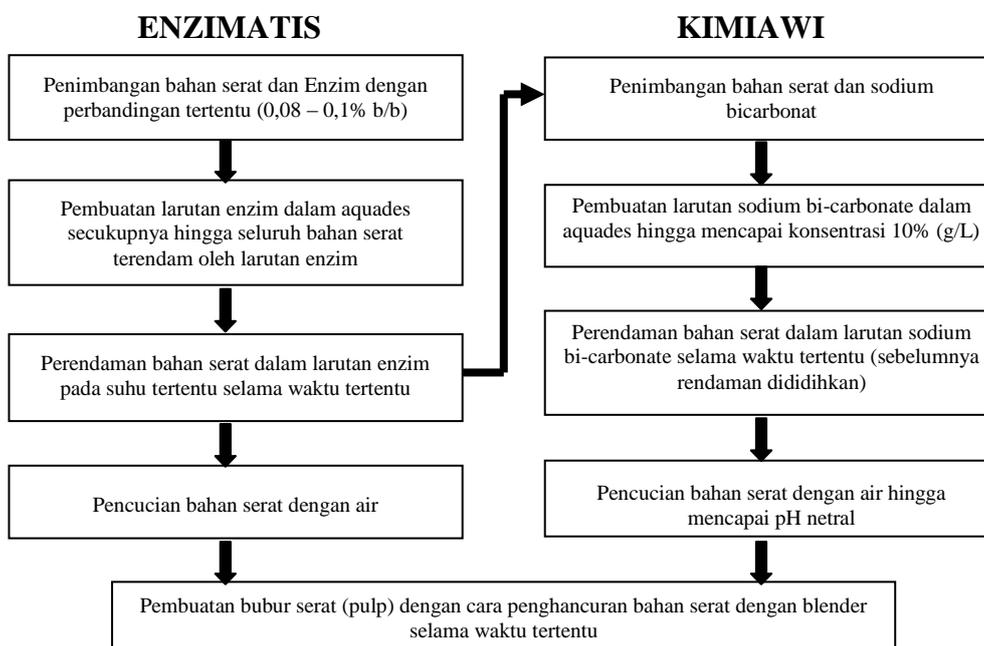
Proses pembuatan pulp sebagai media ekspresi seni dua dimensi terdiri dari beberapa tahap seperti diuraikan dibawah ini [3]:

1. Pemilihan dan pencucian bahan serat/kertas bekas
2. Pemotongan bahan serat/kertas bekas dengan ukuran tertentu (2-3 cm)
3. Perendaman bahan serat/kertas dalam air panas selama 4 jam
4. Perendaman serat dalam larutan enzim dengan berbagai konsentrasi.
5. Pencucian bahan serat
6. Penggilingan bahan serat menjadi pulp/bubur kertas
7. Pewarnaan pulp/bubur kertas → pengujian kekuatan serat dan ketahanan warna pulp/bubur kertas
8. Pemanfaatan pulp/bubur kertas secara langsung sebagai media ekspresi layaknya cat atau material konvensional lainnya dalam berkarya seni rupa dua dimensional.

Enzim xilanase yang digunakan dapat membantu menguraikan hemiselulase pada proses pembuatan pulp sehingga meningkatkan efektivitas kerja klorin yang pada akhirnya dapat mengurangi penggunaan klorin dalam proses pemutihan kertas. Penggunaan enzim xilanase dilaporkan mampu meningkatkan kualitas kertas daur ulang [4].

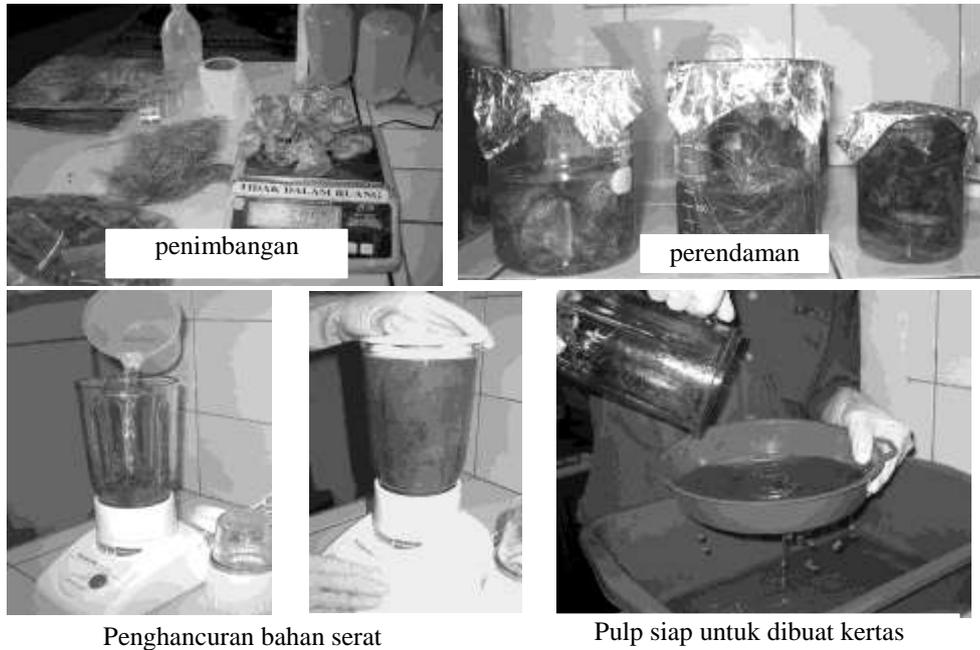
2.2 Metoda Eksperimen

Prosedur Percobaan (lihat Gambar 1):



Variasi Proses Pembuatan Pulp:

- I. Enzimatis
- II. Enzimatis dan kimiawi



Gambar 1 Prosedur pembuatan pulp.

3 Hasil dan Pembahasan

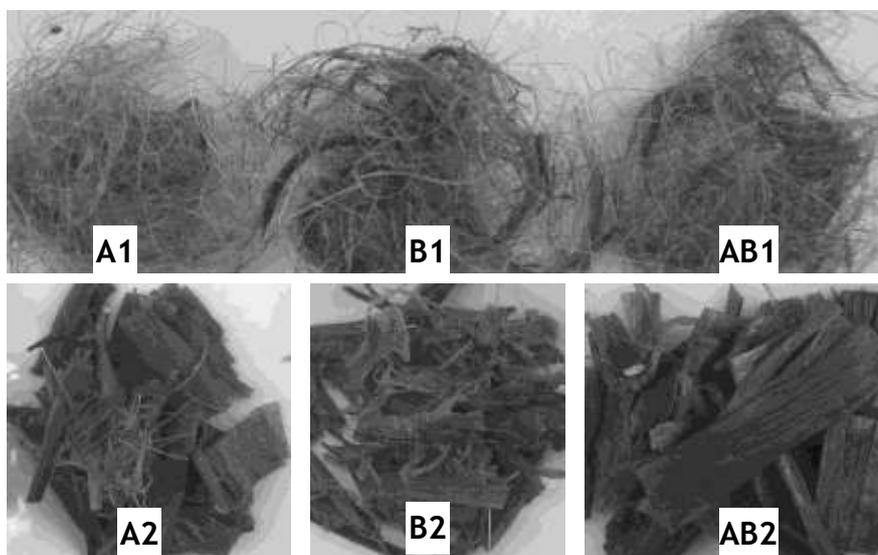
3.1 Pembuatan Pulp secara Enzimatis

Berdasarkan hasil studi pendahuluan diketahui bahwa bahan serat dari pelepah pisang dan kepompong ulat relatif lebih mudah untuk dibuat pulp dibandingkan dengan serat abacca dan eceng gondok. Oleh karena itu percobaan lebih lanjut dilakukan dengan mengkombinasikan enzim A (endoxylanase) dan enzim B (arabinofuranosidase dan xylosidase). Tabel 1 memperlihatkan variasi kombinasi enzim A dan B dalam proses pembuatan pulp dari serat abacca dan eceng gondok.

Tabel 1 Variasi kombinasi enzim pada proses pembuatan pulp secara enzimatis

Enzim	Inkubasi (°C)	Bahan Baku Serat	
		Serat abacca	Eceng gondok
A	30	A1	A2
B	30	B1	B2
A + B (1:1)	30	AB1	AB2

Hasil percobaan perendaman serat abacca dan eceng gondok dalam larutan enzim ini menunjukkan bahwa perendaman selama 48 jam mampu melunakkan eceng gondok dan serat abacca seperti tampak dalam Gambar 2.



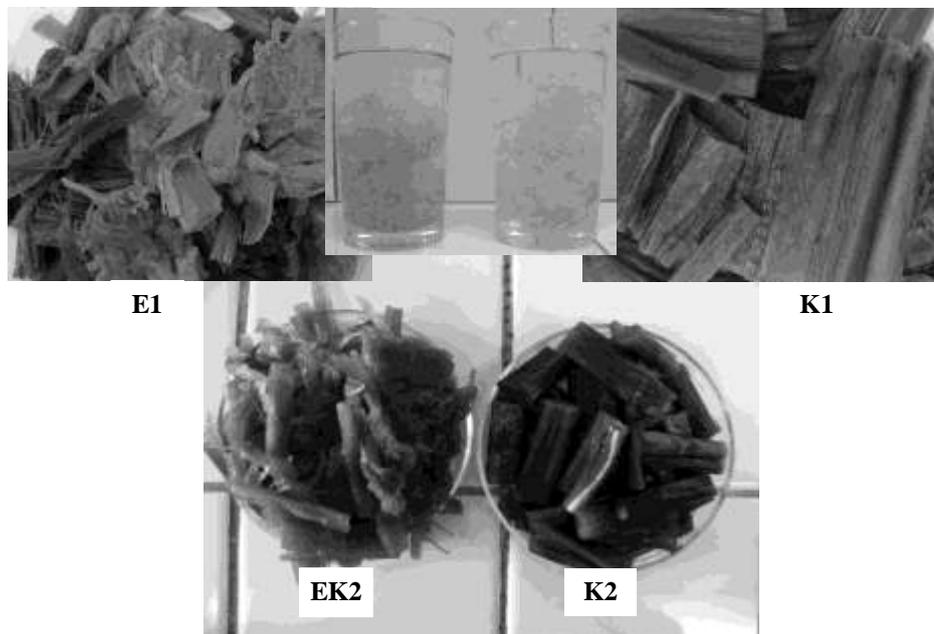
Gambar 2 Eceng gondok dan serat pisang abacca setelah perendaman dalam larutan enzim 0,08% selama 46 jam pada T kamar dengan variasi kombinasi enzim seperti tercantum dalam Tabel 1.

Perendaman serat abacca dalam larutan enzim A menghasilkan serat abacca yang lunak dan berwarna relatif lebih muda (Gambar 2 A1) dibandingkan dengan hasil perendaman dengan enzim B (Gambar 2 B1) maupun kombinasi A dan B (Gambar 2 AB1). Sebaliknya tampak bahwa perendaman eceng gondok dalam larutan enzim B mampu menghasilkan eceng gondok yang lebih lunak (Gambar 2 B1) dibandingkan dengan hasil perendaman dengan enzim A (Gambar 2 A2) maupun kombinasi enzim A dan B (Gambar 2 AB2). Hasil percobaan perendaman serat secara enzimatis dapat dilakukan pada serat abacca maupun eceng gondok. Tampak bahwa enzim A relatif lebih efektif dalam

melunakkan serat abacca dibandingkan eceng gondok. Sebaliknya enzim B tampak relatif lebih efektif untuk digunakan dalam perendaman eceng gondok. Namun demikian perendaman secara enzimatik memerlukan waktu relatif lama, oleh karena itu pada percobaan berikutnya dilakukan kombinasi antara reaksi enzimatik dan kimiawi.

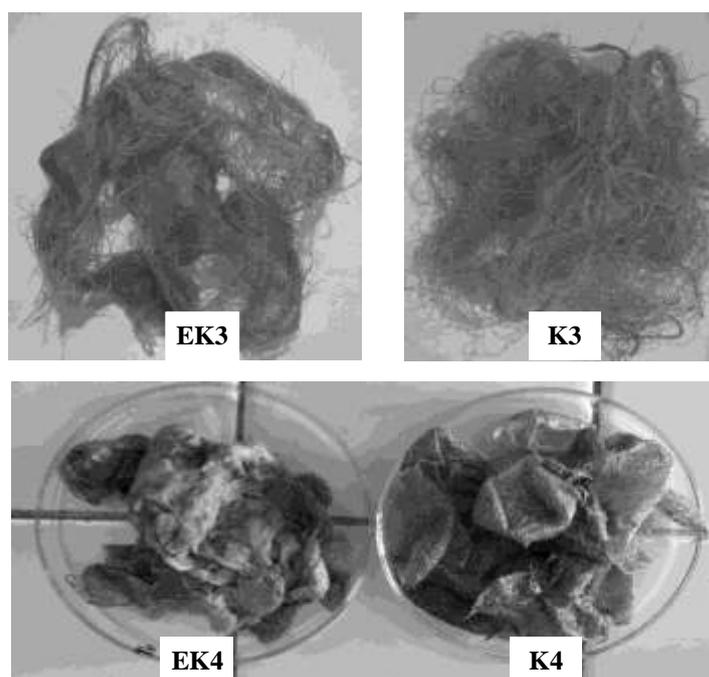
3.2 Pembuatan Pulp secara Enzimatik dan Kimiawi

Pada percobaan kedua bahan serat 1 – 4 (serat abacca, eceng gondok, kepompong ulat dan pelepah pisang) direndam dalam larutan enzim A 0,1% selama 24 jam dilanjutkan dengan proses kimiawi. Adapun proses kimiawi yang dipilih adalah modifikasi dari prosedur yang dikembangkan oleh Plowman [4]. Bahan baku serat dalam larutan sodium carbonat 10% (pH = 11) dipanaskan hingga mendidih, setelah mendidih pemanas dimatikan dan perendaman dilanjutkan selama 2 jam. Hasil percobaan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Pelepah pisang dan eceng gondok setelah diproses secara enzimatik (E) dan atau kimiawi (K). **E1** = pelepah pisang direndam dalam larutan enzim 0,1% (suhu kamar) selama 24 jam, **K1** = pelepah pisang direndam dalam air selama 24 jam pada T kamar, **EK1** = eceng gondok direndam dalam larutan enzim 0,1% selama 24 jam kemudian direndam dalam larutan sodium bicarbonate 10% selama 2 jam, **K2** = eceng gondok direndam dalam air selama 24 jam kemudian direndam dalam sodium bicarbonate selama 2 jam.

Pada percobaan ini tampak bahwa pelepah pisang cukup lunak untuk langsung diproses dalam pembuatan pulp setelah perendaman 24 jam dalam larutan enzim maupun air. Sungguhpun demikian tampak bahwa perendaman dalam larutan enzim B 0,1% menghasilkan pelepah yang relatif lebih lunak (Gambar 3. E1) dibandingkan dengan pelepah yang hanya direndam dalam air (Gambar 3. K1). Setelah proses penghacuran dengan blender selama 30 detik tampak bahwa serat pelepah yang diproses secara enzimatik (E1) tampak lebih halus dibandingkan dengan pelepah yang direndam hanya dengan air (K1) seperti tampak pada Gambar 3.

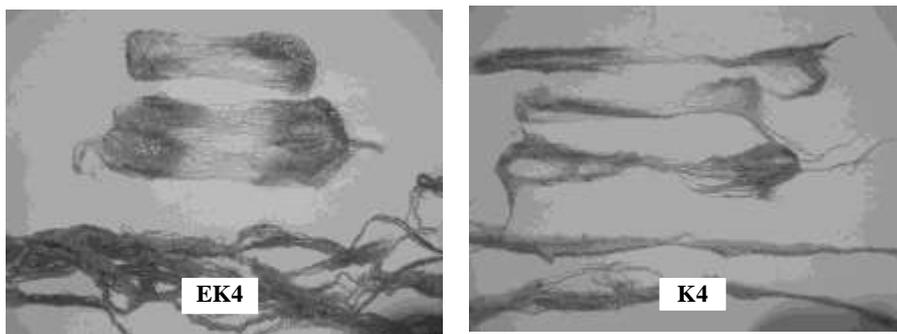


Gambar 4 Serat pisang abacca (3) dan kepompong ulat (4) pohon alpukat setelah diproses secara enzimatik-kimiawi (EK) dan kimiawi (K). **EK3/EK4** = serat abacca/kepompong ulat direndam dalam larutan enzim 0,1% (suhu kamar) selama 24 jam kemudian direndam dalam larutan sodium bicarbonate 10% selama 2 jam, **K3/K4** = serat abacca/kepompong ulat direndam dalam air selama 24 jam pada T kamar kemudian direndam dalam larutan sodium bicarbonate 10% selama 2 jam.

Pada percobaan ini tampak bahwa secara umum perendaman awal dengan enzim mampu memperpendek waktu perendaman dalam proses kimiawi. Eceng gondok dan kepompong ulat yang telah direndam dalam larutan enzim selama 24 jam hanya memerlukan waktu 2 jam perendaman dalam larutan sodium

bicarbonate (Gambar 3 EK2 dan EK4). Bahan serat yang sama yang hanya direndam air selama 24 jam kemudian direndam dalam larutan sodium bicarbonate selama 2 jam (Gambar 3 K2 dan K4) masih belum cukup lunak untuk dilanjutkan dalam proses penghancuran. Perendaman lebih lanjut hingga 4 jam baru menghasilkan bahan serat yang siap untuk proses penghancuran.

Hasil yang kurang lebih sama juga dapat diamati pada percobaan kepompong ulat dan serat abacca, tampak bahwa setelah 2 jam perendaman dalam larutan sodium bicarbonate baik kepompong ulat maupun serat abacca (Gambar 4. K3 dan K4) masih belum cukup lunak untuk dilanjutkan dalam proses penghancuran. Setelah proses perendaman diperpanjang hingga 4 jam, serat baru bisa diproses lebih lanjut. Namun demikian tampak bahwa perendaman kepompong ulat khususnya dalam larutan kimia selama 4 jam menghasilkan serat dengan warna yang pucat. Tampak pada percobaan ini bahwa perendaman awal dalam larutan enzim mampu mengurangi waktu perendaman kimiawi sehingga warna alami dari serat relatif dapat lebih dipertahankan (Gambar 5 EK4 dan K4).



Gambar 5 Serat kepompong ulat setelah diproses secara enzimatik-kimiawi (EK4) dan secara kimiawi (K4).

3.3 Pengujian Kualitas Kertas / Pulp

Pulp yang telah dibuat baik melalui proses enzimatik maupun kimiawi seperti telah diuraikan diatas kemudian dibuat kertas untuk diuji kualitasnya. Pengujian kualitas kertas dilakukan di Balai Besar Pulp dan Kertas (BBPK) Dayeuh Kolot Bandung, meliputi parameter: gramatur, ketebalan, ketahanan retak, ketahanan sobek, cobb-60 dan ketahanan tarik. Tergantung dari karakter dan jenis kertasnya, tidak semua parameter bisa dilakukan pengujian.

3.3.1 Data Formulasi Enzim/Bahan Kimia untuk Proses Pulping Serat

A = perlakuan dengan enzim 0.1% arabinofuranosidase + xilosidase

B = perlakuan dengan enzim 0.1% endoxilanase

C = perlakuan dengan NaOH 10%

Bahan:

1 = Enceng gondok

2 = Jerami

Pada pembuatan pulp secara enzimatik dari enceng gondok (A1, B1) enceng direndam dalam larutan enzim 0,1 mg/10g bahan serat, diinkubasi 2 jam pada suhu 50°C kemudian perendaman diteruskan selama 1 malam pada suhu ruang. Pada pembuatan pulp dari enceng secara kimiawi (C1) dengan NaOH 10% perlakuan perendaman idem A1 & B1.

Pada pembuatan pulp secara enzimatik dari jerami (A2, dan B2), setelah direndam enzim selama 1 malam ditambah perlakuan perendaman dengan NaOH 3% selama 2 jam, sedangkan pembuatan pulp secara kimiawi (C2) idem C1.

E1 = perlakuan dengan enzim arabinofuronosidase

K1 = perlakuan tanpa enzim / kimia

Bahan: pelepah pisang

Pada pembuatan pulp pelepah pisang (E1) pelepah direndam dalam larutan enzim 0,1% (suhu kamar) selama 24 jam, pelepah pisang (K1) direndam dalam air selama 24 jam pada T kamar.

GB = perlakuan dengan NaOH 5% dan selanjutnya T.Orga

N = perlakuan dengan NaOH 5% dan selanjutnya M.Bio

H = perlakuan dengan NaOH 5% dan selanjutnya M.Bio + Asam Ers Japan + wantex hitam

Bahan:

GB = gedebog pisang

N = serat nanas

H (hitam) = serat abacca

Pada pembuatan pulp tahap awal dilakukan dengan proses perendaman NaOH 5% selama 2 jam pada suhu 50°C, setelah itu kemudian direndam T. Orga/M.Bio/Asam Ers Jepang masing-masing dengan konsentrasi 5% selama 24 jam pada suhu kamar.

3.3.2 Data Hasil Analisa Kertas

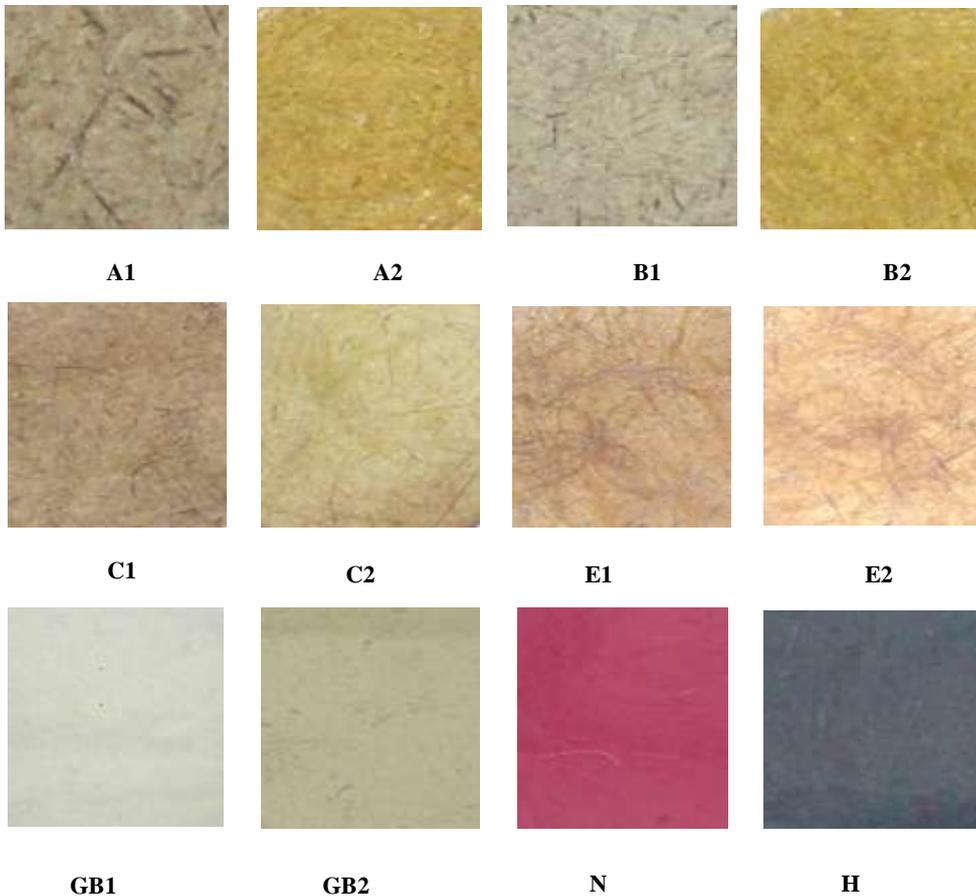
Analisa kertas ini dibagi menjadi 3 kelompok sesuai dengan parameter yang bisa diuji untuk jenis kertas tersebut, hasil analisisnya sebagai berikut:

No	Parameter	Satuan	1168		1168		Metoda
			A1	A2	B1	B2	
1	Gramatur	g/m ²	120,3 ± 10,3	137 ± 8	112,3 ± 6,8	126,1 ± 4,3	SNI 14-0439-1989
2	Tebal	mm	0,7035±0,0300	0,8565±0,0200	0,6873±0,0200	1,0352±0,0400	SNI 14-0435-1998
3	Katahanan Retak	kgf/cm	1,10 ± 0,21	1,30 ± 0,21	1,20 ± 0,06	1,40 ± 0,40	SNI 14-0493-1998
4	Ketahanan Sobek	gf	48 ± 0,5	-	90,67±5,36	-	SNI 14-0436-1989

No	Parameter	Satuan	1170		1171		Metoda
			C1	C2	E1	K1	
1	Gramatur	g/m ²	132,6 ± 6,2	124,4 ± 6,2	93,1 ± 12,5	82,4 ± 17,3	SNI 14-0439-1989
2	Tebal	mm	0,4241±0,0100	0,4930±0,0200	0,6873±0,0100	0,4610±0,0100	SNI 14-0435-1998
3	Katahanan Retak	kgf/cm	1,25 ± 0,12	2,50 ± 1,40	1,60 ± 0,40	1,45 ± 0,12	SNI 14-0493-1998
4	Ketahanan Sobek	gf	101,3 ± 14,1	264± 48	106,7±10,7	112± 0,5	SNI 14-0436-1989
5	Cobb60	g/m ²	258,24± 28,96	305,16±76,88	-	-	SNI 14-0499-1989

No	Parameter	Satuan	1172		1173		Metoda
			GB1	GB2	N	H	
1	Gramatur	g/m ²	59,1 ± 6,2	78,9 ± 1,4	66,8 ± 8,3	56,7 ± 1,7	SNI 14-0439-1989
2	Tebal	mm	0,2317±0,009	0,2625±0,0100	0,3173±0,0050	0,2240±0,0140	SNI 14-0435-1998
3	Katahanan Retak	kgf/cm	1,35 ± 0,20	2,30 ± 0,13	1,70 ± 0,13	1,95 ± 0,12	SNI 14-0493-1998
4	Ketahanan Sobek	gf	58,00± 4,03	98,00 ± 4,03	196,00± 4,65	216,00 ± 17,29	SNI 14-0436-1989
5	Cobb60	g/m ²	146,72	301,56	207,84	271,24	SNI 14-4737-1989
6	Ketahanan Tarik	kgf/15m m	2,69 ± 0,16	5,78 ± 0,33	1,33 ± 0,17	3,49 ± 0,26	SNI 14-0435-1998

Contoh kertas:

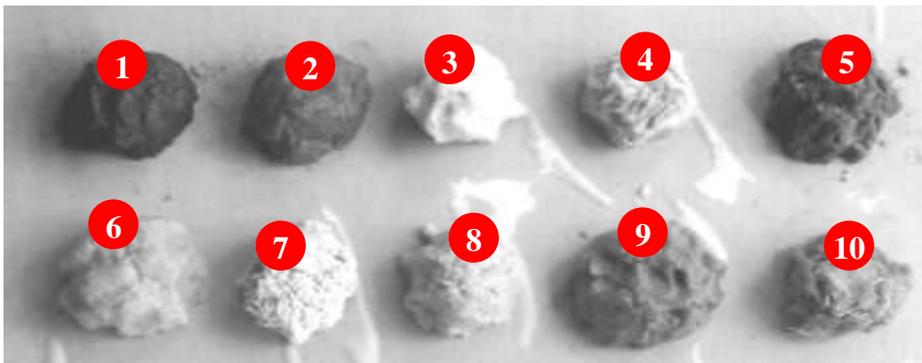


3.3.3 Aplikasi Serat, Pulp dan Kertas sebagai Medium Ekspresi Seni 2 Dimensi

Dalam membuat karya seni dengan menggunakan medium serat alami dilakukan pengolahan serat dan proses pembuatan pulp/kertas secara enzimatik seperti yang sudah dijelaskan pada bab sebelumnya. Selanjutnya dilakukan pewarnaan jika diperlukan sesuai dengan kebutuhan. Adapun medium ekspresi seni 2D ini berupa serat panjang dan pulp/kertas, sedangkan peralatan yang digunakan adalah peralatan yang sama untuk membuat kertas seni, yaitu: saringan, ember, rakel/spon/lap, pipet dan beberapa peralatan pendukung untuk membuat unsur rupa.

Peralatan:

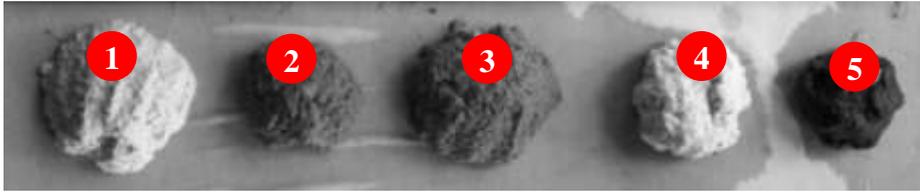
Gambar 6 Seperangkat peralatan untuk berkarya seni: saringan bulat & persegi, pipet gelas ukur dan sarung & persegi, pipet gelas ukur dan sarung tangan.

Bahan siap pakai:

Gambar 7 Pulp dari serat alami.

keterangan:

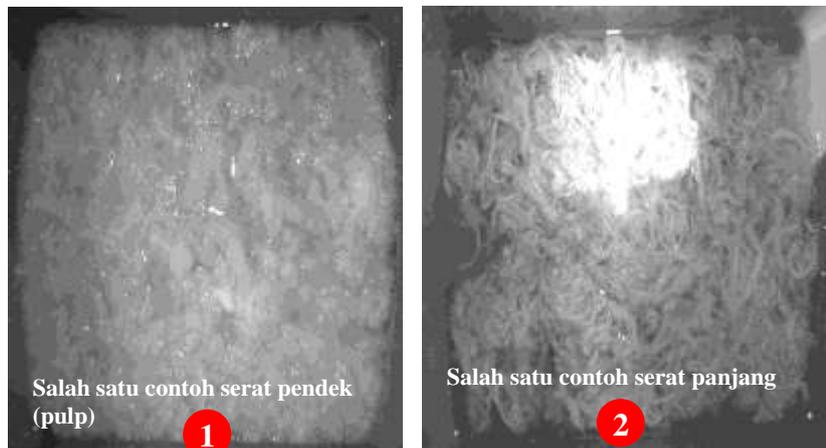
1. pulp pelepah pisang (wantex hijau tua)
2. pulp pelepah pisang (wantex merah)
3. pulp serat abacca natural
4. pulp merang (jerami) kasar
5. pulp pelepah pisang natural
6. pulp pelepah pisang (wantex kuning)
7. pulp serat nanas natural
8. pulp merang (jerami) halus
9. pulp eceng gondok natural
10. pelepah pisang halus natura



Gambar 8 Pulp dari kertas daur ulang.

Keterangan:

1. pulp daur ulang kertas HVS (wantek kuning)
2. pulp daur ulang kertas HVS (wantek biru)
3. pulp daur ulang kertas HVS (wantek merah)
4. pulp daur ulang kertas HVS tanpa warna
5. pulp daur ulang kertas HVS (wantek biru tua)

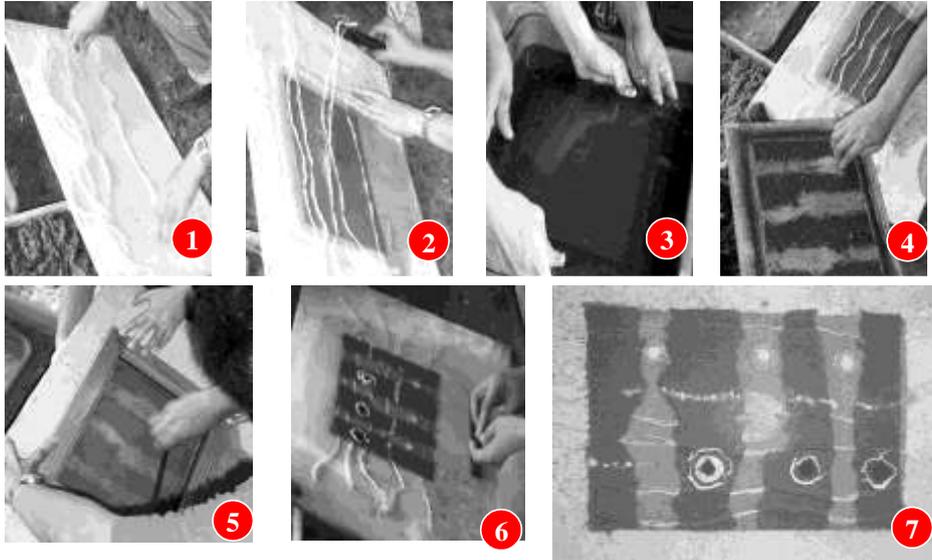


Gambar 9 Contoh serat pendek dan serat panjang.

Keterangan:

1. Terdiri dari berbagai jenis serat: eceng gondok, pelepah pisang, abacca, merang (jerami), nanas dan termasuk kertas daur ulang.
2. Terdiri dari serat-serat yang mempunyai kualitas ukuran serat yang panjang dan kuat: nanas, merang, kepompong emas dan abacca.

Proses Pembuatan Karya:



Keterangan gambar:

1. Menyusun serat panjang pada dasar triplek yang dilapis kain
2. Penyusunan serat bisa juga setelah diberi dasar cetakan kertas warna coklat
3. Menyaring pulp dengan warna kontras untuk lapisan berikutnya sekaligus untuk mengikat serat panjang yang sudah disusun
4. Sebelum dicetakkan terlebih dahulu dibentuk dengan mengambil pulp dipermukaan saringan sesuai dengan komposisi yang diinginkan.
5. Ditimpakan dengan posisi sejajar tepat di atas warna kertas coklat dengan susunan serat panjang tersebut kemudian dipres dengan raket/spon/lap sampai airnya turun, setelah itu diangkat
6. menyusun unsur rupa tambahan dengan serat/pulp sebagai aksentuasi dan lain sebagainya.
7. Jadilah karya lukisan dengan medium serat alami, pulp/kertas, langkah selanjutnya tinggal dijemur, setelah kering dilepas dari acuan cetak kemudian diframe.

3.4 Aplikasi Serat Selain untuk Media Ekspresi Seni 2 Dimensi

Secara umum serat telah banyak dimanfaatkan untuk kepentingan industri kertas dan kriya khususnya kriya tekstil dan kertas seni, prosesnya pun bermacam-macam, ada yang diolah secara sederhana direbus dan direndam sampai berhari-hari baru diambil seratnya untuk ditenun dan juga untuk kertas seni, tetapi sebagian besar pengolahan serat untuk industri diproses dengan cara kimiawi yang justru tidak ramah lingkungan. Serat hasil olahan dengan sistem

enzimatis ini merupakan metoda dasar pengolahan serat yang ramah lingkungan, untuk selanjutnya bisa juga dimanfaatkan untuk kepentingan industri kertas, tekstil dan produk kriya lainnya yang bahan dasarnya serat, seperti pada:

a. Industri kertas

Untuk industri kertas lebih kepada menerapkan metoda pengolahan seratnya dengan menggunakan sistem enzimatis yang ramah lingkungan sebagai pengganti ketergantungan penggunaan bahan kimia yang limbahnya dapat mencemari lingkungan.

b. Industri kertas seni / produk kertas seni

Kertas seni identik dengan kertas daur ulang (*recycle paper*) juga *handmade paper* kertas ramah lingkungan, seperti halnya industri kertas pada umumnya, kertas seni ini prosesnya juga banyak menggunakan bahan kimia, pengolahan serat dengan enzim inilah yang paling tepat diterapkan sesuai dengan namanya kertas seni daur ulang yang ramah lingkungan. Untuk kertas seni kemungkinan serat yang dapat digunakan lebih banyak tidak terbatas pada serat panjang saja. Serat hasil proses enzim ini semua dapat dibuat kertas seni, setelah jadi kertas seni dapat diaplikasikan menjadi produk fungsional seperti kap lampu, payung kertas dan souvenir seperti frame, foto album, note book, memo box dan lain sebagainya.

c. Industri tekstil / kriya tekstil

Serat hasil olahan dengan menggunakan enzim ini dapat pula digunakan untuk industri tekstil dan kriya tekstil, sebagai contoh: serat-serat panjang seperti pisang abaca, nanas, gedebog pisang, eceng gondok, kepompong sutra, kepompong emas, kepompong sirsak dan lain-lain. Semua dapat ditenun, dipintal untuk dijadikan kain dan tapestry, kualitas seratnya pun tidak jauh beda dengan yang diproses menggunakan bahan kimia, bahkan lebih kuat.

4 Simpulan

Percobaan formulasi penggunaan enzim dalam proses pembuatan pulp dari bermacam-macam bahan serat menunjukkan bahwa perendaman bahan serat dalam larutan enzim mampu melunakan serat untuk kemudian dijadikan pulp. Serat Abacca, nenas dan kepompong emas yang diproses secara enzimatis memperlihatkan hasil serat yang lebih halus dan secara visual tampak lebih cerah. Kualitas kertas yang dibuat melalui proses enzimatis memperlihatkan ketahanan sobek yang lebih rendah dibandingkan dengan kertas yang dibuat secara kimiawi. Dapat diamati pula bahwa penggunaan enzim endoxilanasase mampu menghasilkan kertas dengan ketahanan sobek relatif lebih tinggi

(hampir 2 kali lipat) dari kertas yang diproses dengan arabinofuranosidase dan xilosidase. Secara umum dapat disimpulkan bahwa enzim xilanase dapat digunakan dalam proses pembuatan pulp dari bahan serat alami untuk mengurangi atau mengganti penggunaan bahan kimia berbahaya untuk ekspresi karya seni maupun kriya. Hasilnya memiliki nilai keunikan tersendiri sebagai media ekspresi seni yang bersifat dua dimensional.

Referensi

- [1] Falkiner Gabrielle. 1999. *Paper an inspirational portofolio*, Artisans, Watson-Guption Publications New York.
- [2] Duarte, M.C.T., A.C.A. Pellegrino, E.P. Portugal, A.N. Ponezi dan T.T. Franco, 2000, *Characterization of Alkaline Xylanase from Bacillus Pumilus*, Brazilian Journal of Microbiology, **31**: 90-94.
- [3] Plowman John. 2001. *Papermaking Techniques Book*, North Light Books, Cincinnati, Ohio.
- [4] Jeffries, T.W., M.R. Sykes, K. Rutledge-Cropsey, J.H. Klungness & S. Abubakar. 1996. *Enhanced Removal of Toners from Office Waste Paper by Microbial Cellulases*, dalam: Srebotnik, E and K. Messner (eds), 1996, *Biotechnology in the pulp and paper industri: Recent advances in applied and fundamental research*. Sixth International Conference on Biotechnology in the Pulp and Paper Industry, Vienna, 1995. Facultas-univ.-Verl.:141-144.