

Prosiding
DISEMINASI HASIL LITBANG

“PERAN SERTA BALAI BESAR TEKSTIL DALAM MENDUKUNG INDUSTRI TPT
MENUJU INDUSTRI 4.0 YANG BERWAWASAN LINGKUNGAN”

2020

prosiding

DISEMINASI HASIL LITBANG

2018

“PERAN SERTA BALAI BESAR TEKSTIL
DALAM MENDUKUNG
INDUSTRI TPT MENUJU
INDUSTRI 4.0
YANG BERWAWASAN LINGKUNGAN”

BANDUNG, 26 November 2018
eL' Royale Hotel

Diterbitkan oleh:
BALAI BESAR TEKSTIL
2020

PROSIDING
DISEMINASI HASIL LITBANG TEKSTIL 2018

**“Peran Serta Balai Besar Tekstil
Dalam Mendukung Industri TPT Menuju Industri 4.0
yang Berwawasan Lingkungan”**

él Royale Hotel Bandung
26 November 2018



Penerbit:

BALAI BESAR TEKSTIL
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN RI
2020

PROSIDING

DISEMINASI HASIL LITBANG TEKSTIL 2018

“PERAN SERTA BALAI BESAR TEKSTIL DALAM MENDUKUNG INDUSTRI TPT MENUJU INDUSTRI 4.0 YANG BERWAWASAN LINGKUNGAN”

Panitia Pelaksana

Ketua	: Ir. Fatmir Edwar, MP
Wakil Ketua	: M. Danny Sukardan, STeks
Sekretaris	: Ferry Guswandhi, S.SiT Eva Novarini, S.SiT
Administrasi Keuangan	: Reni Herliani, Amd
Acara	: Ineu Widiana, S.SiT, MT
Rekrutmen	: Silvani Olival Alif, S. SiT
Konsumsi	: Nina Kurnia
Perlengkapan & Dekorasi	: Dermawati Suantara, S Sn
Akomodasi dan Transportasi	: Drs. Mardi Irianto

Steering Committee

Wibowo Dwi Hartoto, SH, MBA (Kepala Balai Besar Tekstil)
Ir. Fatmir Edwar, MP (Balai Besar Tekstil)
Ferry Guswandhi, SSiT (Balai Besar Tekstil)
Quri Siti Mirah DPS, AT, MT (Balai Besar Tekstil)
Cahyadi, S.SiT, M.A.B (Balai Besar Tekstil)
Soni Pitriajaya, ST, MAB (Balai Besar Tekstil)
Dr. Doni Sugiyana, ST, MEng (Balai Besar Tekstil)
Dr. Rr. Srie Gustiani, MT (Balai Besar Tekstil)
Drs. Tatang Wahyudi, MSi (Balai Besar Tekstil)
M. Danny Sukardan, STeks (Balai Besar Tekstil)

Reviewer

Dr. Noerati, S. Teks – Politeknik STTT (Material Tekstil Maju & Kimia Tekstil)
Dr. Qomarudin Helmy, S.Si., MT. – Institut Teknologi Bandung (Teknologi Lingkungan)
Ir. Achmad Sjaifudin TN, M.Eng (Balai Besar Tekstil)

Editor

Dr. Doni Sugiyana, ST, MEng (Balai Besar Tekstil)
Dr. Rr. Srie Gustiani, MT (Balai Besar Tekstil)
Drs. Tatang Wahyudi, MSi (Balai Besar Tekstil)
M. Danny Sukardan, STeks (Balai Besar Tekstil)
Saeful Islam, SSiT, MT (Balai Besar Tekstil)

Desain Grafis/Tata Letak dan Pencetakan

Dermawati Suantara, SSn
Siti Robi'ah Adawiyah, SST
Nunik Wigandini

Penerbit

Balai Besar Tekstil

Alamat Redaksi

Balai Besar Tekstil

Jalan Jenderal Ahmad Yani No. 390 Bandung 40272

Telp. (022) 7206214, 7206215; Fax. (022) 7271288

e-mail. informasi@bbt.kemenperin.go.id, website. <http://bbt.kemenperin.go.id>

Cetakan pertama, Desember 2020

Hak cipta dilindungi undang-undang

Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa ijin tertulis dari penerbit

PENGANTAR REDAKSI

Dalam Roadmap “Making Indonesia 4.0”, Sektor TPT merupakan industri yang diharapkan mampu menjadi salah satu kontributor ekspor manufaktur terbesar dengan daya saing yang terus meningkat di pasar global. Strategi sektor TPT dalam menghadapi era Revolusi Industri ke 4 ini adalah melalui pengembangan serat sintetik untuk memperkuat sektor hulu, penerapan teknologi untuk peningkatan produktivitas, pengembangan *functional clothing* dan peningkatan skala ekonomi untuk memenuhi kebutuhan pasar. Strategi ini sejalan dengan kompetensi inti Balai Besar Tekstil yaitu mengenai “*Functional Textile & Green Textile*. Balai Besar Tekstil pun memiliki salah satu fokus kelitbangannya yaitu litbang mengenai *Functional Textile/Clothing* yang tetap mengakomodasi prinsip industri hijau dan standar-standar berkelanjutan yang sesuai dengan salah satu poin pada 10 Prioritas Nasional dalam “Making Indonesia 4.0”.

Berkaitan dengan hal tersebut di atas, Balai Besar Tekstil telah menyelenggarakan Diseminasi Hasil Litbang 2018 pada hari Senin tanggal 26 November 2018 di éL Royale Hotel Bandung. Pada acara ini, disajikan presentasi oral oleh pembicara dari Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Jawa Barat, Asosiasi Pertekstilan Indonesia, serta Balai Besar Tekstil. Dalam Diseminasi Hasil Litbang 2018 juga turut disajikan presentasi poster hasil penelitian dari para peneliti Balai Besar Tekstil serta peneliti-peneliti lain dari Universitas Kuningan, Politeknik STTT serta Universitas Padjadjaran Bandung. Acara diseminasi ini dihadiri oleh para peneliti, praktisi industri, penyedia alat dan bahan kimia tekstil serta perguruan tinggi.

Semoga Prosiding Diseminasi Hasil Litbang 2018 ini dapat memberikan manfaat khususnya bagi dunia industri tekstil, para peneliti maupun pihak-pihak yang turut serta dalam mengembangkan industri tekstil dan produk tekstil nasional.

Bandung, Desember 2018

TIM EDITOR

DAFTAR ISI

Kata Pengantar	Hal i
Daftar Isi	Hal ii
Preparasi Suspensi Nanopartikel ZnO Dalam Pengembangan Kain Anti Ultraviolet DONI SUGIYANA, WULAN SEPTIANI, AGUS SURYA. M, TATANG WAHYUDI	Hal 1
Pemanfaatan Kitosan Untuk Meningkatkan Sifat Tahan Api Kain Kapas CICA KASIPAH	Hal 8
Implementasi Program RECP (Resources Efficient & Cleaner Production) di Industri Tekstil Menuju Industri Hijau DONI SUGIYANA, TATANG WAHYUDI	Hal 14
Aplikasi Mikrokapsul Minyak Kulit Jeruk Nipis (Citrus Aurantifolia) Untuk Kain Anti Nyamuk TATANG WAHYUDI, AGUS SURYA.M, DONI SUGIYANA	Hal 21
Pemanfaatan Surfaktan Minyak Sawit Pada Proses Pemasakan-Pengelantangan dan Pencelupan Tekstil ARIF WIBI SANA, ZUBAIDI KAILANI	Hal 29
Potensi Bambu Gombong dan Industri untuk Pembuatan Serat Rayon Viskosa SUSI SUGESTY, TEDDY KARDIANSYAH, F.TUNJUNG. S, REYNALDO BIANTORO	Hal 38
Ilustrasi Digital Dalam Bisnis Apparel RIKA NUGRAHA	Hal 47
Analisis Daya Dukung Lingkungan Kota Tasikmalaya RUDI BURNAMA	Hal 52
Pembuatan Kain Katun Antiseptik Menggunakan Ekstrak Sirih RR. SRIE GUSTIANI, CICA KASIPAH, WULAN SEPTIANI	Hal 61

PREPARASI SUSPENSİ NANOPARTIKEL ZnO DALAM PENGEMBANGAN KAIN ANTI ULTRAVIOLET

PREPARATION OF ZnO NANOPARTICLES SUSPENSION IN DEVELOPMENT OF ANTI ULTRAVIOLET FABRIC

DONI SUGIYANA, WULAN SEPTIANI, AGUS SURYA MULYAWAN, TATANG WAHYUDI

BALAI BESAR TEKSTIL

Jalan Jendral Ahmad Yani No. 390 Bandung 40272 Telepon (022) 7206214, 7206215 Fax. (022) 7271288

e-mail : texirdti@bdg.centrin.net.id

ABSTRAK

Proteksi terhadap pengaruh negatif radiasi ultraviolet (UV) dapat diperoleh melalui aplikasi tekstil fungsional sebagai *functional apparel* anti UV. Dalam kegiatan penelitian ini telah dilakukan preparasi suspensi nanopartikel seng oksida (ZnO) dalam pengembangan kain untuk *functional apparel* anti ultraviolet. Studi ini bertujuan untuk mengembangkan metode formulasi suspensi nanopartikel ZnO dan immobilisasinya pada kain sintetik poliester. Metodologi penelitian dilakukan melalui optimasi konsentrasi *dispersing agent* PEG (polietilen glikol) dan nanopartikel ZnO dalam suspensi, immobilisasi nanopartikel pada kain dan evaluasi performa anti-UV. Formulasi suspensi nanopartikel ZnO dan binder poliakrilat yang stabil tercapai dengan penggunaan *dispersing agent* 0,7%. Immobilisasi nanopartikel ZnO menggunakan binder poliakrilat 5% berlangsung baik pada konsentrasi nanopartikel ZnO optimum 1,0%, penggunaan konsentrasi nanopartikel ZnO lebih tinggi berpotensi menyebabkan agregasi partikel ZnO pada kain.

Kata kunci : zat pendispersi, kain poliester, nanopartikel ZnO, ultraviolet

ABSTRACT

Protection against the negative effects of ultraviolet (UV) radiation can be obtained through functional textile applications as functional textiles anti UV. In this research, the preparation of zinc oxide (ZnO) nanoparticle (ZnO) suspension was prepared in the development of fabric for functional apparel anti-ultraviolet. This study aimed to develop a method for formulating suspension of ZnO nanoparticles and their immobilization in synthetic polyester fabric. The research methodology was carried out by optimizing the concentration of PEG (polyethylene glycol) dispersing agent and ZnO nanoparticles in the suspension, immobilizing nanoparticles on fabric and evaluating anti-UV performance. The stable formulation of ZnO nanoparticles and polyacrylate binder was achieved by using 0.7% dispersing agent. Immobilization of ZnO nanoparticles using 5% polyacrylate binder took place at an optimum ZnO nanoparticle concentration of 1.0%, the use of higher concentrations of ZnO nanoparticles could potentially cause ZnO particle aggregation in fabric.

Keywords : dispersing agent, polyester fabric, ZnO nanoparticle, ultraviolet

PENDAHULUAN

Kemajuan dalam teknologi material maju saat ini meningkat secara intensif dalam berbagai bidang aplikasi termasuk tekstil, sehingga memungkinkan pengembangan tekstil fungsional sebagai aspek lain dari tekstil konvensional sandang. Salah satu jenis tekstil fungsional yang saat ini banyak dikembangkan diantaranya adalah tekstil anti

ultraviolet (UV). Radiasi sinar UV dapat menyebabkan berbagai efek negatif berupa kerusakan/dekomposisi pada material dan kesehatan kulit manusia, apabila tidak dilindungi.¹ Peningkatan efek rumah kaca dan fenomena penipisan lapisan ozon yang semakin intensif menyebabkan jumlah total radiasi UV yang mencapai permukaan bumi meningkat tahun demi tahun.^{2,3} Proteksi

kesehatan dan material terhadap efek negatif UV merupakan topik penelitian yang sangat potensial karena dapat diaplikasikan dalam berbagai bidang seperti medis, otomotif, konstruksi sipil/arsitektur, *comfort fashion* dan sebagainya.

Salah satu aplikasi tekstil fungsional untuk proteksi terhadap UV adalah sebagai *functional apparel* anti-UV. Bahan tekstil dapat bekerja dengan baik dalam fungsi proteksi UV karena mengandung bahan aktif dengan karakteristik daya serap (absorpsi) UV yang optimum dengan metode immobilisasi yang sesuai pada permukaan tekstil. Absorber UV dapat berupa senyawa organik atau anorganik tak berwarna dengan daya absorpsi yang kuat pada rentang panjang gelombang UV 290 – 360 nm.⁴ TiO₂ dan ZnO adalah beberapa absorber anorganik yang paling banyak digunakan dalam studi proteksi radiasi UV.^{5,6} Immobilisasi absorber UV pada berbagai jenis kain dalam penelitian sebelumnya telah berhasil dilakukan dengan mengaplikasikan beberapa metode antara lain: *spinning*, *coating*, *padding* dsb.^{7,8,9} Pemilihan senyawa ZnO disebabkan oleh karakteristik spektrum absorpsi UV yang lebar, sementara tipikal absorber UV anorganik lain memiliki puncak absorpsi hanya pada panjang gelombang tertentu.^{10,11,12} Dalam penggunaan jangka panjang ZnO memberikan beberapa keuntungan lain yaitu karakteristik antifungal dan antistatik, sehingga memungkinkan proteksi lebih baik pada material kain.^{13,14}

Pengembangan kain anti-UV dalam aplikasi atap tenda telah dilakukan pada studi penulis sebelumnya,^{15,16} namun masih memerlukan penelitian lanjutan untuk aplikasi kain sandang. Pembuatan suspensi nanopartikel ZnO yang stabil merupakan salah satu upaya awal untuk memperoleh performa anti-UV yang memenuhi persyaratan. Penggunaan *dispersing agent* dan binder pada konsentrasi yang sesuai dengan aplikasi proses *pad-dry-cure* diperkirakan akan dapat meningkatkan stabilitas nanopartikel ZnO pada kain poliester dan poliester/rayon. Dalam penelitian ini dipelajari metode preparasi suspensi nanopartikel ZnO dan immobilisasinya pada kain sandang sintetik berbahan poliester dan campuran T/R untuk *functional apparel* anti UV.

METODE

Bahan dan peralatan penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: kain poliester (gramasi 132 dan 188 gram/m²) yang telah diproses *dyeing-finishing* (PT Trisulatex), nanopartikel ZnO (Nanocenter Serpong), binder poliakrilat (Rudolph), zat pendispersi polietilen glikol/PEG (Merck) dan air demineralisasi (Brataco). Peralatan yang digunakan antara lain: mesin *pad-dry-cure* (Werner Mathis AG), *magnetic stirrer*, sonikator dan oven.

Preparasi suspensi nanopartikel ZnO dengan konsentrasi *dispersing agent*, binder dan nanopartikel ZnO optimum

Pembuatan suspensi nanopartikel ZnO dengan menggunakan *dispersing agent* bertujuan untuk menghindari agregasi partikel sehingga diperoleh suspensi dengan ukuran partikel berukuran lebih kecil dari 500 nm dan menghambat pengendapan. Penggunaan *dispersing agent* polietilen glikol (PEG) telah dilakukan dengan variasi konsentrasi (dalam %): 0; 0,05; 0,1; 0,5; 1,0; 2,0. Percobaan dilakukan dengan menggunakan konsentrasi nanopartikel ZnO 0,05% dan tanpa penggunaan binder. Pengamatan terhadap karakteristik pengendapan suspensi dilakukan setiap 6 jam selama 3 hari. Dari hasil percobaan awal akan diperoleh rentang konsentrasi optimum penggunaan PEG. Percobaan lebih spesifik kemudian dilakukan pada konsentrasi PEG pada rentang tersebut namun dengan variasi konsentrasi yang lebih rapat/detil untuk mendapatkan konsentrasi *dispersing agent* yang optimum.

Optimasi konsentrasi nanopartikel ZnO optimum pada suspensi dilakukan dengan tujuan untuk mengevaluasi hasil akhir setelah diaplikasikan pada kain melalui proses *pad dry cure*. Evaluasi dilakukan pada hasil perlakuan dengan variasi terhadap sampel kain poliester meliputi aspek foto visual dan citra SEM. Variasi konsentrasi nanopartikel ZnO dilakukan pada konsentrasi (dalam %): 0,05 – 0,1 – 0,3 – 0,5 – 0,8 – 1,0. Variasi konsentrasi nanopartikel ZnO dilakukan dengan mempertahankan variabel tetap konsentrasi binder poliakrilat 5% dan *dispersing agent* PEG optimum.

Proses *pad-dry-cure*

Immobilisasi nanopartikel ZnO cara *padding* dilakukan melalui proses *pad-dry-cure* dengan bantuan zat pengikat (*binder*). Percobaan *padding* kain dengan metode *pad-dry-cure* menggunakan komposisi konsentrasi nanopartikel ZnO, *dispersing agent* dan binder yang merupakan nilai optimum yang diperoleh.¹⁵ Tahap awal proses *pad-dry-cure* dimulai dengan menyiapkan kain dengan ukuran 40 cm x 32 cm. Kain dicuci terlebih dahulu menggunakan sabun non-ionik kemudian dikeringkan. Selanjutnya kain dipadding sebanyak 3 kali pada larutan suspensi nanopartikel dan diperas hingga wpu (*wet pick-up*) 80%. Kain yang telah dipadding dikeringkan pada 110°C selama 5 menit. Sampel kain kemudian dicuring pada temperatur 150°C selama 3 menit. Kain yang telah diberi perlakuan selanjutnya dibiarkan pada temperatur ruang. Kain yang telah dicuring dicuci ultrasonik selama 10 menit untuk melepaskan nano ZnO yang tidak menempel pada kain.

Pengujian dan karakterisasi

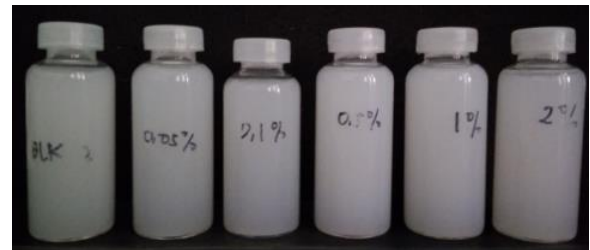
Evaluasi untuk menganalisis ukuran diameter partikel ZnO dilakukan dengan menggunakan instrumen *particle size analyzer* (PSA) Beckman Coulter tipe LS 13 320. Evaluasi karakteristik dan morfologi kain anti UV menggunakan instrumen *scanning electron microscopy/SEM* (JEOL, JSM 6510, Japan) dan *X-ray Diffraction/XRD* (PANalytical X'Pert PRO, PW3040/x0 X'Pert PRO, Netherland). Uji durabilitas dilakukan dengan karakterisasi perubahan sifat kain setelah pencucian yang dievaluasi dengan pengujian tahan cuci mengikuti standar SNI ISO 105-C06-2010. Evaluasi sifat proteksi UV sampel kain *functional apparel* hasil percobaan dilakukan melalui pengujian UV *protection factor* (UPF) mengikuti standar AS/NZS 4399: 1996.

HASIL DAN PEMBAHASAN

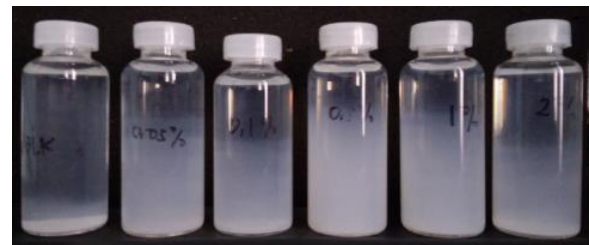
Konsentrasi *dispersing agent* optimum dalam suspensi nano ZnO

Pembuatan suspensi nanopartikel ZnO dengan menggunakan *dispersing agent* bertujuan untuk menghindari agregasi partikel sehingga diperoleh suspensi dengan ukuran partikel berukuran lebih kecil dari 500 nm dan

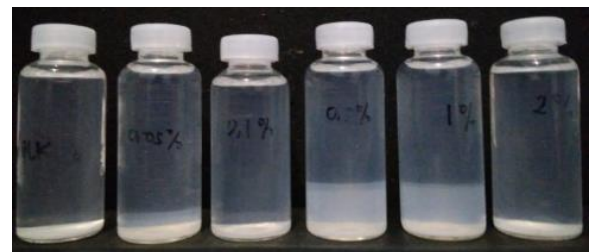
menghambat pengendapan. Penggunaan *dispersing agent* polietilen glikol (PEG) telah dilakukan dengan variasi konsentrasi (%): 0; 0,05; 0,1; 0,5; 1,0; 2,0. Hasil percobaan awal seperti ditunjukkan pada Gambar 1 memperlihatkan bahwa hasil optimum diperoleh melalui penggunaan PEG pada konsentrasi 0,5% dan 1,0%.



[a]



[b]



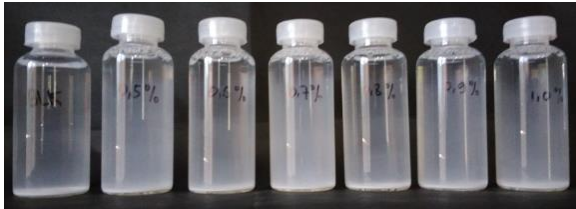
[c]

Gambar 1. Variasi konsentrasi PEG (0; 0,05; 0,1; 0,5; 1,0; 2,0) % dalam suspensi nanopartikel pada percobaan 1: a) hari ke 0; b) 12 jam; c) 24 jam

Percobaan lebih spesifik kemudian dilanjutkan pada konsentrasi PEG dengan rentang konsentrasi 0,5% hingga 1,0% yaitu variasi konsentrasi (%): 0; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1,0. Hasil percobaan terakhir diperlihatkan pada Gambar 2, dengan hasil bahwa penggunaan *dispersing agent* PEG optimum adalah pada konsentrasi 0,7%.



[a]



[b]



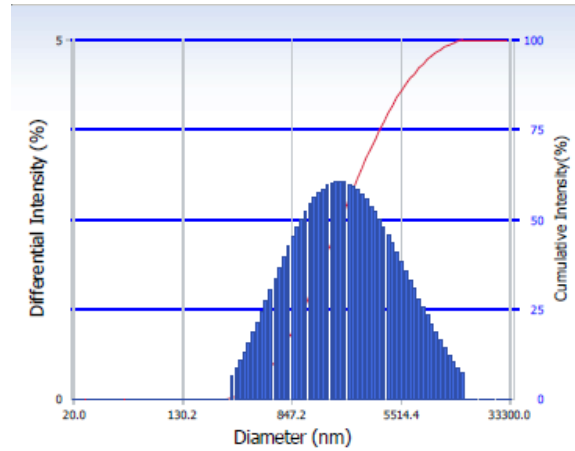
[c]

Gambar 2. Variasi konsentrasi PEG (0; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1,0) % dalam suspensi nanopartikel:
a) hari ke 0; b) 12 jam; c) 24 jam

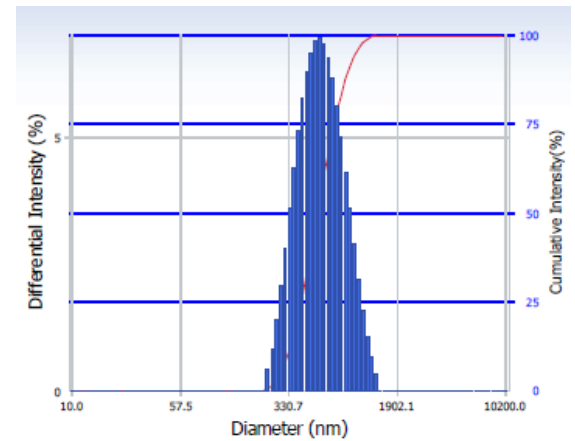
Hasil pengujian pada Gambar 2 menunjukkan bahwa penambahan PEG hingga 0,7% dapat menambah kestabilan nanofluida. Molekul PEG yang menempel di permukaan partikel ZnO memperbesar gaya tolak antar partikel sehingga memperbesar potensial zeta. Pada keadaan ini partikel lebih terdispersi dengan baik sehingga mengurangi pengendapan. Penambahan PEG dengan konsentrasi yang lebih tinggi dari 0,7% dapat menurunkan kembali nilai potensial zeta. Lapisan PEG pada permukaan nanopartikel membuat nanofluida lebih stabil, namun jika lapisan terlalu tebal maka akan mengakibatkan kestabilan berkurang.

Hasil pengujian PSA pada Gambar 3 memperlihatkan distribusi diameter partikel ZnO pada suspensi sebelum dan setelah penambahan *dispersing agent*. Sebelum penambahan *dispersing agent*, diameter rata-rata partikel ZnO adalah sebesar 1505,9 nm, sedangkan setelah penambahan *dispersing agent* diameter rata-rata partikel ZnO adalah

sebesar 593,2 nm. Ukuran partikel yang cukup besar memperlihatkan terjadinya agregasi antar partikel ZnO yang kemudian berhasil dikurangi seiring penambahan *dispersing agent* pada konsentrasi optimum.



[a]

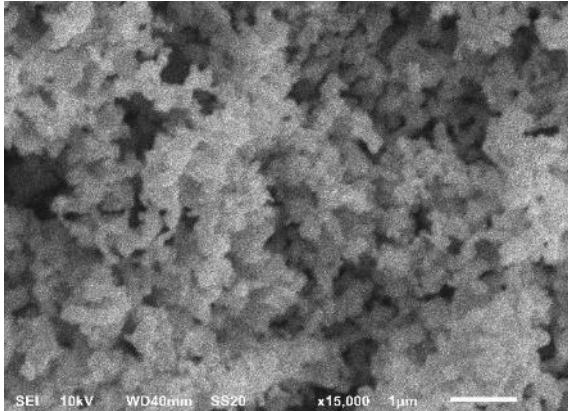


[b]

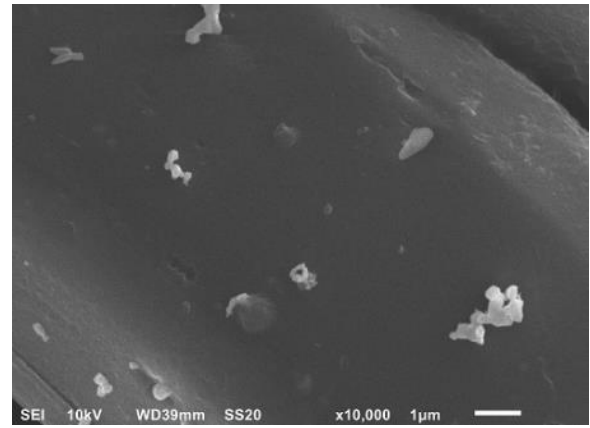
Gambar 3. Hasil pengujian PSA pada suspensi nanopartikel ZnO:
a) blanko tanpa *dispersing agent*;
b) dengan *dispersing agent* 0,7%.

Keberadaan PEG pada permukaan partikel ZnO pada konsentrasi 0,7% mampu memperbesar gaya tolak antar partikel sehingga menambah kestabilan nanofluida. Pada keadaan ini, partikel lebih terdispersi dengan baik sekaligus mengurangi laju pengendapan. Citra SEM nanopartikel ZnO sebelum dan setelah disuspensikan diperlihatkan pada Gambar 4 dan 5. Sebelum disuspensikan, nanopartikel ZnO berukuran antara 100 – 300 nm. Setelah disuspensikan dengan penambahan *dispersing agent* dan diimmobilisasikan pada kain, tampak bahwa nanopartikel hanya teraglomerasi pada

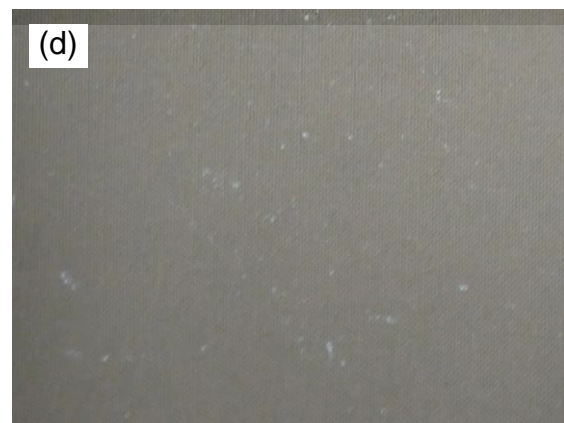
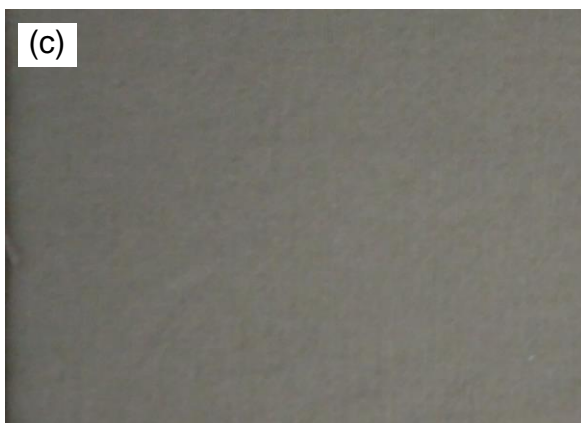
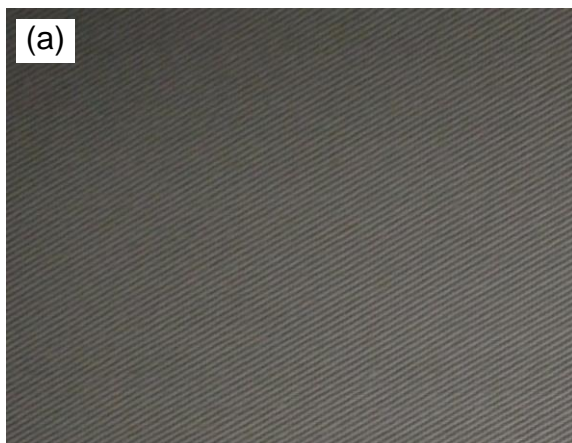
kelompok kecil namun masih memperlihatkan ukuran nanopartikel yang berukuran antara 100 – 300 nm.



Gambar 4. Citra SEM nanopartikel ZnO sebelum pembuatan suspensi (perbesaran 15.000x)



Gambar 5. Citra SEM nanopartikel ZnO setelah suspensi diimmobilisasikan pada kain (konsentrasi ZnO 0,1%, konsentrasi binder poliakrilat 1%, perbesaran 10.000x).



Gambar 6 Penampakan visual kain terimmobilisasi nanopartikel ZnO menggunakan binder poliakrilat dengan variasi konsentrasi ZnO: a) blanko; b) 0,5%; c) 1,0%; d) 1,2%.

Citra SEM dari hasil percobaan immobilisasi dengan variasi konsentrasi nanopartikel ZnO pada sampel kain (Gambar

7) mengkonfirmasi bahwa hingga konsentrasi ZnO 1,0% distribusi partikel masih relatif homogen. Pada konsentrasi 1,2%, distribusi

nanopartikel pada permukaan kain tampak lebih padat, sehingga sangat berpotensi untuk menimbulkan aglomerasi partikel di beberapa bagian pada permukaan kain.

Untuk mengevaluasi respon kain yang telah mendapat perlakuan dalam penelitian ini terhadap pengaruh radiasi UV, maka dalam percobaan selanjutnya dilakukan uji UPF pada blanko, kain dengan immobilisasi *dispersing agent*/binder, dan kain dengan immobilisasi nanopartikel ZnO/*dispersing agent*/binder. Hasil uji UPF pada sampel kain ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil uji UPF sampel kain

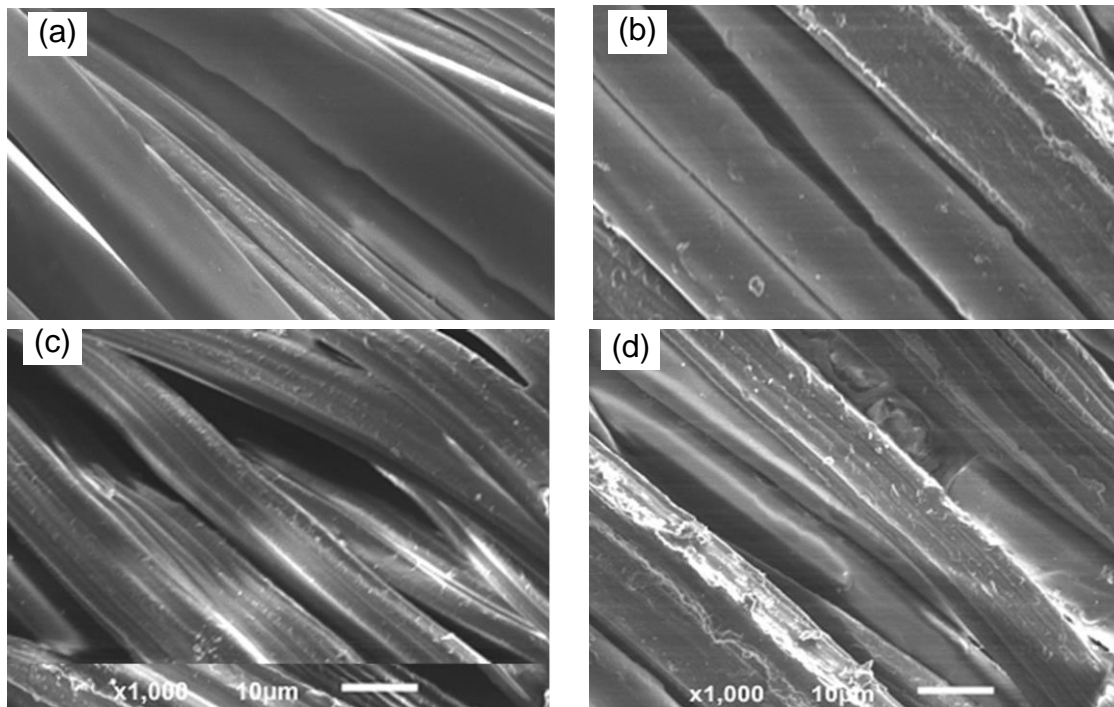
Sampel kain	Nilai UPF
Blanko	155.72
Blanko+binder	212.85
Blanko+binder+ZnO	302.43

Berdasarkan hasil pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa penambahan ZnO berpengaruh signifikan pada nilai UPF. Penambahan binder pada blanko sampel kain berkontribusi pada peningkatan nilai UPF sebesar 36.7%, sedangkan penambahan nanopartikel ZnO pada blanko kain A disertai binder mampu meningkatkan nilai UPF hingga 94.2%. Hasil uji

UPF pada sampel kain poliester mengindikasikan bahwa penambahan nanopartikel ZnO sebagai agen aktif anti UV berpengaruh signifikan pada peningkatan kemampuan material kain dalam memproteksi kain dari radiasi UV. Hasil pengujian parameter UPF menggambarkan kemampuan proteksi kain dalam menahan/merefleksikan radiasi sinar UV.

KESIMPULAN

Hasil penelitian preparasi suspensi untuk pengembangan kain *functional apparel* anti ultraviolet dengan aplikasi nanomaterial ZnO menunjukkan bahwa formulasi suspensi nanopartikel ZnO dan binder poliakrilat yang stabil tercapai dengan penggunaan *dispersing agent* PEG pada konsentrasi 0,7%. Immobilisasi nanopartikel ZnO berlangsung baik pada konsentrasi optimum 1,0%, pada konsentrasi lebih tinggi berpotensi menyebabkan terjadinya aglomerasi partikel pada kain. Sampel kain poliester setelah immobilisasi nanopartikel ZnO memiliki nilai UPF 50+. Perlakuan immobilisasi nanopartikel ZnO dengan metode immobilisasi menggunakan binder meningkatkan nilai UPF kain sebesar 94.2% dari kondisi sebelum perlakuan.



Gambar 7 Citra SEM sampel kain terimmobilisasi nanopartikel ZnO menggunakan binder poliakrilat dengan variasi konsentrasi ZnO: a) blanko; b) 0,5%; c) 1,0%; d) 1,2% (Perbesaran 1000x).

UCAPAN TERIMAKASIH

Kegiatan penelitian ini terlaksana dengan bantuan anggaran penelitian DIPA Balai Besar Tekstil tahun 2018.

PUSTAKA

1. Kim, Y.K. (2015). Ultraviolet protection finishes for textiles. Functional finishes for textile : 464-485.
2. WHO (2006), Solar ultraviolet radiation: global burden of disease from solar ultraviolet radiation, Environmental burden of disease series ; no. 13 , p. 4.
3. Dutra, E.A., Oliveira, D.A., Hackmann, E.R., dan Santoro. M.I., (2004). Determination of sun protection factor (SPF) of sunscreens by ultraviolet spectrophotometry. Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences Vol. 40(3) : 381 – 385.
4. Selishchev, D.S., Karaseva, I.P., Uvaev, V.V., Kozlov, D.V., dan Parmon, V.N. (2013). Effect of preparation method of functionalized textile materials on their photocatalytic activity and stability under UV irradiation. Chemical Engineering Journal 224 : 114–120.
5. Zayat , M. , Garcia-Parejo , P. and Levy , D. (2007), Preventing UV-light damage on light sensitive materials using a highly protective UV-absorbing coating, Chemical Society Reviews , 36 , 1270 – 1281.
6. Lu, (2014), Fabrication of CeO₂ Nanoparticle-modified Silk for UV Protection and Antibacterial Applications.
7. Li, H., Deng H. dan Zhao, J. (2009). Performance research of polyester fabric treated by nano titanium dioxide (nano-TiO₂) anti-ultraviolet finishing. International Journal of Chemistry Vol. 1(1): 57 – 62.
8. Dastjerdi, R., Montazera, M., dan Shahsavan, S., (2010). A novel technique for producing durable multifunctional textiles using nanocomposite coating. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces 81 : 32–41.
9. Ibrahim, N.A. , El-Zairy, E.M.R., Abdalla, W.A., Khalil, H.M. (2013), Combined UV-protecting and reactive printing of Cellulosic/wool blends, Carbohydrate Polymers 92 (2013) 1386– 1394.
10. Scalia, S., Tursilli, R., Bianchi, A., Lo-Nostro, P., Bocci, E., Ridi, F. & Baglioni, P. 2006, ‘Incorporation of the sunscreen agent, octyl methocycinnamate in a cellulosic fabric grafted with b-cyclodextrin’. International Journal of Pharmaceutics, vol. 308, pp. 155–159.
11. Mahltig, B., Böttcher, H., Rauch, K., Dieckmann, U., Nitsche, R. & Fritz, T. 2005, ‘Optimized UV protecting coatings by combination of organic and inorganic UV absorbers’, Thin Solid Films, vol. 485, no. 1-2, pp. 108-114.
12. Innes, B., Tsuzuki, T., Dawkins, H., Dunlop, J., Trotter, G., Nearn, M.R. & McCormick, P.G. 2002, ‘Nanotechnology and the cosmetic chemist’, Cosmetics, Aerosols and Toiletries in Australia, vol. 15, no. 10-12, pp. 21-24.
13. Sawaji, J. & Yoshikawa, T. 2004, ‘Quantitative evaluation of antifungal activity of metallic oxide powders (MgO, CaO and ZnO) by an indirect conductimetric assay’, Journal of Applied Microbiology, vol. 96, no. 4, pp. 803-809.
14. Yadollahia, Gholamalia, I., Namazia, H., Aghazadeh, M., (2015), Synthesis and characterization of antibacterial carboxymethylcellulose/ZnO nanocomposite hydrogels, International Journal of Biological Macromolecules 74 (2015) 136–141
15. Sugiyana, D., Septiani, W., Mulyawan, A.S., Wahyudi, T., (2017). Immobilisasi nanopartikel ZnO pada kain atap kapas dan evaluasi ketahanannya terhadap ultraviolet, Arena Tekstil 32 (1):
16. Sugiyana, D., Septiani, W., Mulyawan, A.S., Wahyudi, T., (2017). Sintesis nanopartikel ZnO dan immobilisasinya pada kain kapas sebagai absorber ultraviolet, Arena Tekstil 32 (2).

PEMANFAATAN KITOSAN UNTUK MENINGKATKAN SIFAT TAHAN API KAIN KAPAS

UTILIZATION OF CHITOSAN TO IMPROVE FLAME RETARDANT OF COTTON FABRIC

CICA KASIPAH

BALAI BESAR TEKSTIL

Jalan Jendral A. Yani no. 390 Bandung 40272 Telepon (022) 7206214, 7206215 Fax. (022) 7271288

e-mail : texirdti@bdg.centrin.net.id

ABSTRAK

Penggunaan zat tahan api pada tekstil yang bersifat ramah lingkungan sangat diperlukan untuk menggantikan zat tahan api yang bersifat toksik. Pada penelitian ini telah dilakukan aplikasi kitosan-fosfat sebagai zat tahan api yang bersifat ramah lingkungan untuk meningkatkan sifat tahan api kain kapas. Metodologi penelitian meliputi pelapisan kitosan dan amonium polifosfat pada kain kapas yang dilakukan dengan 2 tahapan proses. Tahap 1 pelapisan kitosan pada serat kapas dengan cara perendaman, dilanjutkan tahap 2 pelapisan amonium polifosfat pada kain kapas yang telah mengandung kitosan dengan cara *pad-dry-cure*. Evaluasi dan pengujian dilakukan terhadap sifat tahan api kain kapas sebelum dan sesudah diproses dengan kitosan dan amonium polifosfat dengan metode SNI 0989:2011, uji morfologi permukaan kain kapas menggunakan SEM (*scanning electron microscope*). Melalui 2 tahap proses pelapisan kitosan dan amonium polifosfat pada kain kapas, diperoleh kain kapas dengan kondisi optimum pelapisan kitosan 1% dan amonium polifosfat 2% yang bersifat tahan api dengan waktu perambatan nyala api 0 detik.

Kata kunci : antiapi, kitosan, *padding*, selulosa

ABSTRACT

The use of environmental friendly flame retardant agent in textiles is very necessary to replace the toxic flame retardant agent. In this research has been carried out the application of environmental friendly chitosan-phosphate to improve the flame retardant properties of cotton fabrics. The research methodology included coating chitosan and ammonium polyphosphate on cotton fabric carried out in 2 steps of the process. Step 1 coating chitosan on cotton fiber by immersion, followed by step 2 coating of ammonium polyphosphate on cotton fabric containing chitosan by pad-dry-cure. Evaluation and testing were carried out on flame retardant properties of cotton fabrics before and after being processed with chitosan and ammonium polyphosphate using SNI 0989: 2011 method, morphological testing of cotton fabric surfaces using scanning electron microscope (SEM). Through two steps of chitosan and ammonium polyphosphate coating process on cotton fiber, obtained cotton fabric with optimum coating conditions of 1% chitosan and 2% ammonium polyphosphate which is flame retardant with the flame spread time of 0 seconds.

Keywords : *flame retardant, chitosan, padding, cellulose*

PENDAHULUAN

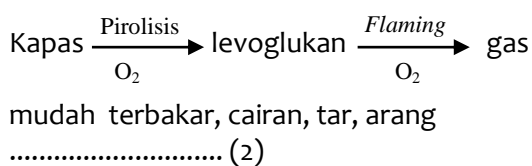
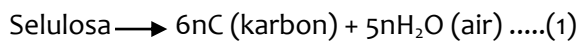
Serat selulosa pada kain kapas merupakan salah satu biopolimer terpenting di dunia. Keuntungan utamanya adalah ketersediaan dalam jumlah besar, memiliki sifat mekanik yang bagus, biodegradabilitas, dan hidrofilisitas yang tinggi.¹

Kain kapas banyak digunakan baik sebagai kain sandang maupun sebagai kain non-sandang. Kain kapas sebagai kain sandang, banyak digunakan sebagai kain untuk pakaian seragam, diantaranya sebagai seragam pekerja/karyawan dan juga seragam militer. Sedangkan sebagai kain non-sandang,

kain kapas banyak digunakan sebagai kain untuk tekstil interior maupun tekstil pada transportasi.^{2,3}

Sifat tahan api sering diperlukan pada kain kapas dalam berbagai penggunaannya, yaitu sebagai kain sandang bila digunakan untuk pakaian pekerja industri pertambangan, industri kimia bahkan pemadam kebakaran, serta sebagai kain non-sandang untuk tekstil interior dan tekstil pada alat transportasi sebagai kain jok.^{3,4} Untuk meningkatkan sifat tahan api pada produk tekstil digunakan senyawa yang bersifat tahan api, yang populer adalah yang berbasis halogen, akan tetapi senyawa tersebut bersifat korosif, dapat menimbulkan senyawa dioksin, karsinogen dan diduga memberikan produk samping berupa uap beracun HBr dan HCl.⁵

Dekomposisi termal selulosa terjadi diatas temperatur 300°C melalui dua cara. Cara pertama, proses dehidrasi disertai dekomposisi rantai glikosil membentuk arang dan air (persamaan 1) yang dominan terjadi pada suhu rendah. Cara kedua, pemutusan rantai glikosil dengan transglikosilasi intermolekuler untuk membentuk levoglukan yang dominan terjadi pada suhu tinggi, kemudian levoglukan terdekomposisi termal dan melepaskan sejumlah besar gas mudah terbakar, cairan, tar, dan arang. Gas-gas ini menyebabkan pembakaran dan menghasilkan tambahan panas untuk mengubah cairan dan tar menjadi uap yang mudah terbakar dan menyebarkan rambatan api hingga tersisa residu carbon (persamaan 2).⁶



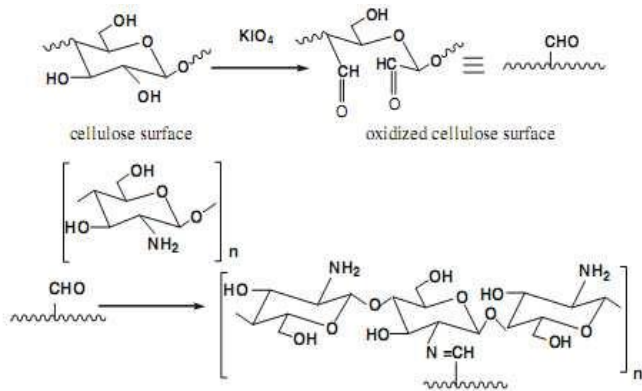
Zat tahan api pengganti senyawa berbasis halogen saat ini digunakan zat tahan api berbasis fosfor karena mempunyai sifat toksisitas yang rendah, produk sampingnya ramah lingkungan, dan uap yang ditimbulkan lebih sedikit. Zat tahan api berbasis fosfor ini memiliki kelemahan yaitu kain terbakar setelah terkena api, walaupun terbentuk arang pada sisa pembakarannya.⁵ Kitosan mempunyai gugus hidroksil dan gugus amino

bila digunakan bersama-sama dengan amonium polifosfat diharapkan dapat meningkatkan sifat tahan api amonium polifosfat pada kain kapas dengan adanya ikatan ionik dengan fosfor.⁷ Ikatan kitosan dengan fosfor menurut Matevosyan, G.L. dkk dinyatakan menurut reaksi pada Gambar 2.

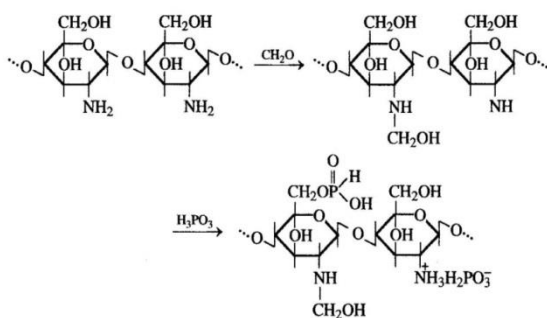
Kitosan adalah biopolimer alam berupa polisakarida linier dari β-1,4-D-glukosamina. Dengan adanya kandungan gugus amina primer yang bersifat kationik, pada pH < 6,5 kitosan yang berada dalam larutan akan bermuatan positif sehingga kitosan merupakan polimer polikationik.⁸

Pelapisan kitosan pada kain kapas telah dilakukan oleh Winiati. W, dkk^{9,10} yaitu pelapisan kitosan pada kain kapas dengan cara perendaman/exhaust menurut reaksi yang ditunjukkan pada Gambar 1. Dari percobaan tersebut diperoleh bahwa proses pelapisan dengan cara exhaust telah berhasil melapiskan kitosan pada kain kapas. Oksidasi selulosa dengan KIO₄ atau NaIO₄ (kalium/natrium metaperiodat) menyebabkan terjadinya oksidasi pada gugus hidroksil C2 dan C3 yang menghasilkan gugus 2,3-dialdehida. Gugus-gugus dialdehida tersebut dapat berikatan dengan gugus amino pada kitosan membentuk ikatan dimana kitosan terlapiskan pada permukaan kapas.

Pada penelitian ini dilakukan ko-aplikasi kitosan dan amonium polifosfat untuk meningkatkan sifat tahan api kain kapas dengan 2 tahapan proses, yaitu tahap 1 pelapisan kitosan pada serat kapas dengan cara perendaman dengan variasi konsentrasi kitosan 0,5% dan 1%, dilanjutkan tahap 2 pelapisan amonium polifosfat pada kain kapas yg telah mengandung kitosan dengan cara pad-dry-cure dengan variasi konsentrasi amonium polifosfat 1-5%. Dengan cara ini, diharapkan akan diperoleh kain kapas tahan api yang lebih baik serta proses dan produk yang ramah lingkungan. Keberhasilan pelapisan kitosan dan amonium polifosfat pada kain diamati dengan melakukan pengujian tahan api, uji morfologi menggunakan SEM (*scanning electron microscope*), dan uji TGA (*thermogravimetry analysis*).



Gambar 1. Reaksi pelapisan kitosan pada selulosa⁹



Gambar 2. Reaksi kitosan dengan fosfor dengan adanya formaldehida⁷

METODE

Bahan

Kain kapas dengan berat $0,361 \text{ kg/m}^2$, amonium polifosfat grade teknis, kitosan grade industri diperoleh dari PT. Biotech Surindo Cirebon, asam asetat grade p.a, natrium metaperiodat grade p.a. diperoleh dari Merck.

Peralatan

Peralatan yang digunakan meliputi *pad-dry-cure* skala laboratorium, microwave oven, alat *Scanning Electron Microscope* (SEM) merek JEOL JSM-6510/LV/A/LA, alat uji sifat nyala api sesuai ASTM D 1230.

Prosedur Kerja

- Potong kain ukuran $30 \times 35 \text{ cm}$
- Buat larutan kitosan dengan variasi konsentrasi $0,5\%$ dan 1% (b/v) dalam asam asetat 1% (v/v)
- Buat larutan amonium polifosfat dengan variasi konsentrasi 1% - 5% (b/v) dalam aquades

- Pelapisan kitosan dan amonium polifosfat pada kain kapas dilakukan dengan 2 tahapan proses. Tahap 1 pelapisan kitosan pada serat kapas dengan cara perendaman, dilanjutkan tahap 2 pelapisan amonium polifosfat pada kain kapas yang telah mengandung kitosan dengan cara *pad-dry-cure*.
- Tahap Pelapisan kitosan pada kain kapas:
 - Aplikasi kitosan pada kain kapas dilakukan dengan cara perendaman, dengan penambahan natrium metaperiodat pada konsentrasi $2,5\%$ terhadap berat kain, dan larutan kitosan dengan variasi konsentrasi $0,5\%$ dan 1% (b/v) dalam asam asetat 1% , pada suhu 80°C , vlot $1:40$, waktu 80 menit.
 - Tahap pelapisan amonium polifosfat pada kain kapas yang telah mengandung kitosan, dilakukan dengan menggunakan amonium polifosfat dengan variasi konsentrasi 1% - 5% dalam aquades. Pada mesin *padding*, kain yang telah melalui tahap pelapisan kitosan, diimpregnasi kemudian diperas diantara 2 rol pemeras untuk mendapatkan WPU 70% dilanjutkan pengeringan pada temperatur 100°C selama 3 menit dan pelapisan pada temperatur 160°C selama 3 menit.

Pengujian

Pengujian sifat tahan api kain sebelum dan sesudah diproses dengan kitosan dan amonium polifosfat dengan metode SNI 0989:2011, uji morfologi menggunakan SEM (*scanning electron microscope*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil uji tahan api

Pengujian sifat tahan api kain dilakukan untuk mengetahui efektifitas penggunaan kitosan-fosfat pada kain kapas dalam meningkatkan sifat tahan api kain kapas. Data hasil uji ketahanan api kain kapas hasil penelitian ditunjukkan pada Tabel 1. Berdasarkan SNI 0989:2011¹¹, jika nyala api merambat pada kain sejauh 127 mm dengan waktu kurang dari $3,5$ detik, dengan bahan dasar kain terbakar, menjadi arang atau meleleh, maka kain diklasifikasikan tidak cocok untuk penggunaan sebagai pakaian.

Dari data yang tertera pada Tabel 1 memperlihatkan bahwa kain kapas kontrol tanpa dilapisi dengan kitosan dan amonium polifosfat terbakar sempurna tanpa terbentuknya arang (*char forming*), dengan waktu terbakar 19,73 detik. Hal ini menunjukkan kain kapas kontrol tersebut dapat diterima sebagai kain untuk pakaian, akan tetapi belum memenuhi kriteria kain kapas tahan api yang dapat menghambat perambatan nyala api. Pada penelitian ini dilakukan variasi konsentrasi kitosan, yaitu 0,5% dan 1% pada kain kapas untuk mengetahui konsentrasi minimum amonium polifosfat yang masih memberikan sifat tahan api pada kain kapas. Aplikasi amonium polifosfat dilakukan pada variasi konsentrasi 1% - 5%.

Pada Tabel 1 ditunjukkan kain kapas yang telah dilapisi amonium polifosfat dengan variasi konsentrasi 1%, 2%, 3%, 4%, 5% tanpa terlebih dahulu dengan dilapisi dengan kitosan menghasilkan kain yang terbakar dengan waktu perambatan nyala api rata-rata 17,8 detik, namun terjadi pengarangan. Hal ini menunjukkan bahwa amonium polifosfat dapat menghambat pembakaran pada kain kapas, sesuai dengan persamaan reaksi 3 dan 4. Pengujian tahan api dilakukan juga pada kain kapas yang telah dilapisi dengan kitosan pada konsentrasi 0,5 % dan 1 % tanpa dilapisi dengan amonium polifosfat. Kain tersebut terbakar sempurna dengan waktu perambatan nyala api 18,3 detik, tanpa terjadi pengarangan. Hal ini karena kitosan merupakan senyawa organik yang mudah terbakar.

Kain yang telah dilapisi dengan kitosan pada konsentrasi 0,5% dapat berikatan dengan amonium polifosfat pada konsentrasi 3%, menghasilkan kain yang tidak terbakar, dengan waktu perambatan nyala api 0 detik. Pada konsentrasi amonium polifosfat 1% dan 2% kain kapas masih terbakar dengan waktu perambatan nyala api lebih dari 3 detik, yaitu 18,1 detik dan 19,9 detik, dan terjadi pengarangan (*char forming*) pada kain tersebut. Kain yang telah dilapisi dengan kitosan pada konsentrasi 1% dan amonium polifosfat pada konsentrasi 4% dan 5% tetap tidak terbakar.

Kain yang telah dilapisi dengan kitosan pada konsentrasi 1% dapat berikatan dengan amonium polifosfat pada konsentrasi 2%, menghasilkan kain yang tidak terbakar, dengan waktu perambatan nyala api 0 detik. Pada konsentrasi amonium polifosfat 1% kain kapas masih terbakar dengan waktu perambatan nyala api 15,6 detik, dan terjadi pengarangan (*char forming*) pada kain tersebut. Kain yang telah dilapisi dengan kitosan pada konsentrasi 1% dan amonium polifosfat pada konsentrasi 3%, 4% dan 5% tetap tidak terbakar.

Berdasarkan hasil uji pada Tabel 1, diperoleh 2 sampel kain kapas tahan api yang optimum yaitu kain kapas dengan pelapisan kitosan 0,5%-amonium polifosfat 3%, dan kain kapas dengan pelapisan kitosan 1%-amonium polifosfat 2%. Selanjutnya, kedua sampel tersebut uji morfologi menggunakan SEM.

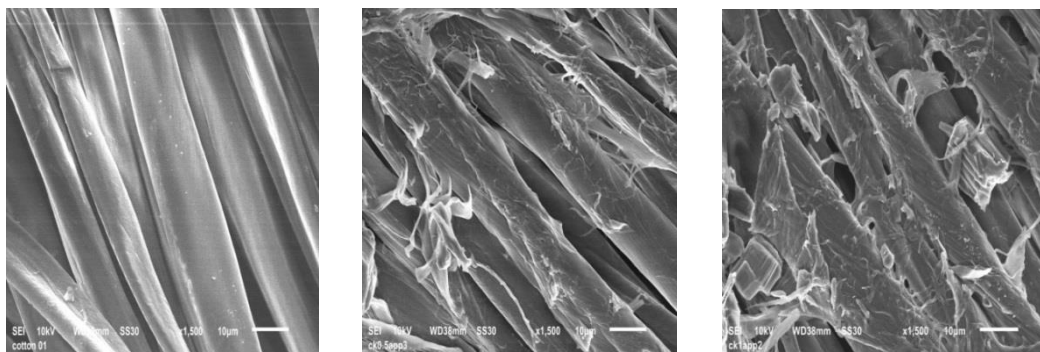
Tabel 1. Pelapisan kain kapas dengan variasi konsentrasi kitosan dan APP

Kode	Kitosan (%)	APP (%)	Waktu terbakar (detik)	Pengarangan (<i>char forming</i>) (-) (+)
KoAPP0	0	0	19,73	-
KoAPP1	0	1	17,8	+
KoAPP2	0	2	17,8	+
KoAPP3	0	3	17,8	+
KoAPP4	0	4	17,8	+
KoAPP5	0	5	17,8	+
Ko,5APP0	0,5	0	18,3	-
Ko,5 APP1	0,5	1	18,1	+
Ko,5 APP2	0,5	2	19,9	+

Tabel 1. Pelapisan kain kapas dengan variasi konsentrasi kitosan dan APP (lanjutan)

Kode	Kitosan (%)	APP (%)	Waktu terbakar (detik)	Pengarangan (char forming) (-) (+)
K0,5 APP3	0,5	3	0	tidak terbakar
K0,5 APP4	0,5	4	0	tidak terbakar
K0,5 APP5	0,5	5	0	tidak terbakar
K1APP0	1	0	18,3	-
K1APP1	1	1	15,6	+
K1 APP2	1	2	0	tidak terbakar
K1 APP3	1	3	0	tidak terbakar
K1 APP4	1	4	0	tidak terbakar
K1 APP5	1	5	0	tidak terbakar

Analisa scanning electron microscope (SEM)



Kain kapas (C0)

CK0,5APP3

CK1APP2

Gambar 4. Hasil uji SEM kain kapas yang telah dilapisi dengan kitosan dan APP

Analisa SEM dilakukan untuk melihat apakah ada perbedaan antara struktur permukaan kain kapas yang telah dilapisi kitosan dan dilapisi dengan amonium polifosfat terhadap struktur permukaan kain kapas kontrol. Hasil citra SEM yang ditunjukkan pada Gambar 4. Gambar 4 menunjukkan morfologi serat yang menggambarkan kain dilapisi oleh kitosan-amonium polifosfat atau tidak. Pada Gambar 4 a, dapat terlihat penampang serat yang tidak dilapisi oleh kitosan-amonium polifosfat terlihat bersih. Pada gambar 4b dan 4c terlihat penampang serat terlapisi partikel kitosan-amonium polifosfat.

KESIMPULAN

Melalui 2 tahap proses pelapisan kitosan dan amonium polifosfat pada kain kapas yaitu proses untuk pelapisan kitosan dengan cara perendaman dilanjutkan dengan proses pelapisan amonium polifosfat dengan cara *pad-dry-cure* diperoleh kain kapas dengan kondisi optimum pelapisan kitosan 1% dan amonium polifosfat 2% yang bersifat tahan api dengan waktu perambatan nyala api 0 detik.

PUSTAKA

1. Yang, Z., Wang, X., Lei., D., Fei, B., Xin, J. A Durable Flame Retardant for Cellulosic Fabrics. *Polymer Degradation and Stability* 97, 2467-2472 (2012).

2. Winiati, W., Septiani, W., Kasipah, C., Wibisana, A. Aplikasi Kitosan sebagai Zat Antibakteri pada Kain Poliester-Selulosa dengan cara Modifikasi Gugus poliester-selulosa. *Arena Tekstil* 32 (2), 93-102 (2017).
3. Nazar, S. Environmentally friendly flame-retardant textiles, *Environmentally friendly flame-retardant textiles*, 339-368 University of Bolton, UK.
4. Das, S. Performance of Home Textiles (2010). Woodhead Publishing India in Textiles.
5. Charuchinda, S., Srikulkit, K., Mowattana, T. Co-Application of Sodium polyphosphate and Chitosan to Improve Flame Retardancy of Cotton Fabric. *J. Sci. Res. Chula. Univ* 30 (1) 97-107 (2005).
6. Tahlawy, K. Chitosan Phosphate: A New Way for Production of Eco-friendly Flame Retardant Cotton Textiles. *Taylor and Francis* 99 (3), 185-191 (2008).
7. Carosio, F., Alongi, J., Malucelli, G. Layer by Layer Ammonium Polyphosphate-Based Coating for Flame Retardancy of Polyester-Cotton Blend. *Carbohydrate Polymer* 88, 1460-1469 (2012).
8. Winiati, W., Kasipah, C., Septiani, W., Novarini, E., Yulina, R. Aplikasi Kitosan sebagai Anti Bakteri pada Kain Poliester-Selulosa dengan cara Perendaman. *Arena Tekstil* 31 (1), 1-10 (2016).
9. Winiati, W., Kasipah, C., Yulina, R., Wahyudi, T., Mulyawan, A. S., Septiani, W. Fiksasi Kitosan pada Kain Katun sebagai Anti Bakteri. *Arena Tekstil* 29 (1), 25-36 (2014).
10. Winiati, W., Kasipah, C., Yulina, R., Wahyudi, T., Mulyawan, A. S., Septiani, W. Pengaruh Berat Molekul Kitosan Terhadap Fiksasi Kitosan pada Kain Katun sebagai Anti Bakteri. *Arena Tekstil* 29 (2), 81-90 (2014).
11. SNI 0989:2011, Tekstil Sandang-Cara Uji Sifat Nyala Api.

IMPLEMENTASI PROGRAM RECP (*RESOURCES EFFICIENT & CLEANER PRODUCTION*) DI INDUSTRI TEKSTIL MENUJU INDUSTRI HIJAU

*IMPLEMENTATION OF RECP (RESOURCES EFFICIENT & CLEANER PRODUCTION) PROGRAM
IN TEXTILE INDUSTRY TOWARDS GREEN INDUSTRY*

DONI SUGIYANA, TATANG WAHYUDI

BALAI BESAR TEKSTIL

Jalan Jendral Ahmad Yani No. 390 Bandung 40272 Telepon (022) 7206214, 7206215 Fax. (022) 7271288

e-mail : texirdti@bdg.centrin.net.id

ABSTRAK

Industri hijau adalah industri yang dalam proses produksinya mengutamakan upaya efisiensi dan efektivitas penggunaan sumber daya secara berkelanjutan sehingga mampu menyelaraskan pembangunan industri dengan kelestarian fungsi lingkungan hidup serta dapat memberi manfaat bagi masyarakat. Kegiatan ini bertujuan untuk mengimplementasikan dan mengevaluasi pelaksanaan prinsip industri hijau melalui program RECP (*Resources Efficiency and Cleaner Production*). RECP adalah program yang digagas oleh UNIDO (*United Nations of Industrial Development Organization*) bekerjasama dengan Balai Besar Tekstil, diimplementasikan di 3 perusahaan pilot project Industri Tekstil di Jawa Barat pada periode tahun 2015-2016. Metode implementasi RECP dilakukan melalui penggunaan beberapa opsi (individual atau gabungan) antara lain: tata kelola area kerja, substitusi bahan, peningkatan pengendalian proses, modifikasi peralatan, penggantian teknologi, guna ulang dan daur ulang di lokasi, pemanfaatan produk samping dan modifikasi produk. Evaluasi dari hasil implementasi RECP pada 3 pilot project industri tekstil yang mewakili proses *Spinning*, *Dyeing-Finishing* dan *Garmen* menunjukkan penurunan rata-rata intensitas konsumsi energi listrik (15,6%), konsumsi energi termal (31,6%), konsumsi air (21,9), timbulan air limbah (22,0%) dan intensitas gas rumah kaca (20,2%).

Kata kunci : berkelanjutan, industri hijau, lingkungan, RECP, sumber daya

ABSTRACT

Green industry is an industry which in its production process prioritizes efficiency and effectiveness of sustainable use of resources therefore be able to harmonize industrial development with the sustainability of environmental functions and share the benefit to the community. This activity aimed to implement and evaluate the implementation of green industry principles through the RECP (Resources Efficiency and Cleaner Production) program. RECP is a program initiated by UNIDO (United Nations of Industrial Development Organization) in collaboration with the Center for Textiles, implemented in 3 pilot projects of textile industry in West Java in the 2015-2016 period. The method of implementing RECP is carried out through the use of several options (individual or combination), among others: good housekeeping, material substitution, improvement of process control, equipment modification, technology replacement, reuse and recycling on site, utilization of by-products and product modification. Evaluation of the results of the implementation of RECP on the 3 textile industry pilot projects representing the Spinning, Dyeing-Finishing and Garment processes showed a decrease in the average intensity of electricity consumption (15.6%), thermal energy consumption (31.6%), water consumption (21.9), waste water generation (22.0%) and greenhouse gas intensity (20.2%).

Keywords : sustainable, green industry, environment, RECP, resources

PENDAHULUAN

Industri hijau adalah industri yang dalam proses produksinya mengutamakan upaya efisiensi dan efektivitas penggunaan sumber daya secara berkelanjutan sehingga mampu menyelaraskan pembangunan industri dengan kelestarian fungsi lingkungan hidup serta dapat memberi manfaat bagi masyarakat (UU No. 3/2014 tentang Perindustrian). Industri hijau memiliki beberapa karakteristik dasar pada proses produksinya, antara lain: penggunaan bahan baku dan bahan penolong yang efisien, penggunaan air yang efisien, penggunaan energi yang efisien, proses produksi yang efektif, kemasan yang aman dan ekonomis, serta daur ulang air dan energi alternatif. Dengan dilaksanakannya prinsip proses produksi sesuai karakteristik industri hijau diharapkan akan memberikan dampak antara lain: tingkat *reject* rendah, timbulan limbah lebih sedikit, pengelolaan limbah lebih mudah dan rendah biaya, emisi gas rumah kaca rendah, dan imej/citra positif sebagai industri hijau.

RECP adalah salah satu program yang digagas oleh UNIDO (*United Nations of Industrial Development Organization*). Dalam konteks industri hijau, RECP merupakan perangkat yang sangat membantu berkaitan dengan efisiensi penggunaan bahan, air dan energi oleh perusahaan dan minimalisasi limbah cair, limbah padat dan gas rumah kaca. Benang merah utama RECP dalam pembangunan industri hijau adalah pengembangan *triple bottom line* dan memberikan kontribusi terhadap realisasi *green economy* dan *green growth*. RECP mengacu pada aplikasi berkelanjutan dari strategi lingkungan pencegahan dan metode produktivitas total untuk proses, produk dan jasa untuk meningkatkan efisiensi dan mengurangi risiko terhadap manusia dan lingkungan. RECP terdiri dari tiga unsur keberlanjutan (*triple bottom line*) yang dapat dipraktekkan secara sinergis, unsur-unsur tersebut adalah:

1. Efisiensi produksi melalui optimalisasi penggunaan sumber daya alam yang produktif (material, energi dan air);
2. Pengelolaan lingkungan melalui minimalisasi dampak terhadap lingkungan melalui pengurangan limbah dan emisi;

3. Pembangunan manusia dengan meminimalkan risiko industri bagi masyarakat.

Sebagai salah satu institusi Kementerian Perindustrian yang berperan sebagai Lembaga Sertifikasi Industri Hijau (LSIH), Balai Besar Tekstil memiliki tugas untuk mensosialisasikan dan meningkatkan level industri tekstil menjadi industri yang hijau. Dalam tujuan tersebut, Balai Besar Tekstil bekerjasama dengan UNIDO telah melaksanakan kegiatan implementasi RECP di industri tekstil dengan tujuan untuk mengimplementasikan dan mengevaluasi pelaksanaan prinsip industri hijau melalui program RECP (*Resources Efficiency and Cleaner Production*) untuk mencapai industri tekstil hijau.

METODE

Waktu dan lokasi kegiatan

Kegiatan kerjasama UNIDO (*United Nations of Industrial Development Organization*) dengan Balai Besar Tekstil dilaksanakan pada periode tahun 2015-2016, dengan lokasi implementasi di 14 perusahaan *pilot project* Industri Tekstil di Jawa Barat. Dalam tulisan ini ruang lingkup dibatasi hanya menampilkan hasil studi dari 3 (tiga) industri yang mewakili industri tekstil garmen, pencelupan-penyempurnaan dan *spinning*.

Metode RECP

Metode implementasi RECP dilakukan melalui penggunaan beberapa opsi (*individual* atau *gabungan*) antara lain:

1. Tata kelola area kerja
 - Perubahan pada prosedur operasional dan manajemen lingkungan kerja untuk mengurangi sampah/limbah.
 - Solusi tipikal:
 - Mematikan yang tidak digunakan
 - Memperbaiki yang rusak
 - Menjaga lingkungan kerja terorganisir dan bersih
 - Meminimisasi dan mengatur inventory
 - Mengkonfirmasi prosedur kerja yang benar
 - Menjaga motivasi staf
2. Substitusi bahan
 - Menggunakan input alternatif dan/atau material bukan B3 dan terbarukan

sehingga lebih sedikit masalah limbah yang ditimbulkan.

Solusi tipikal:

- Menggunakan energi baru/terbarukan
- Menggunakan material terbarukan dan *sustainable*
- Menggunakan material sekunder
- Menggunakan material tepat guna
- Menggunakan bahan bukan B3
- Menggunakan bahan baku lokal

3. Peningkatan pengendalian proses
Memperbaiki kendali pada proses dan peralatan dengan operasi kontinyu pada efisiensi terbaik dan lebih rendah limbah.

Solusi tipikal:

- Pemantauan pada proses operasi standar
- Pengukuran konsumsi air, energi dan material
- Kontrol terotomatisasi (*auto shut off*, dsb)
- Pemeliharaan preventif

4. Modifikasi peralatan
Meningkatkan kualitas peralatan produksi untuk mencegah limbah dan meningkatkan efisiensi.

Solusi tipikal:

- Insulasi
- Penempatan *line* produksi dengan benar
- Memperbaiki temperatur, tekanan, kecepatan, putaran proses
- Rasionalisasi sistem utilitas dan distribusi
- Mengkombinasikan langkah proses

5. Penggantian teknologi
Penggantian teknologi (proses) dengan teknologi lebih efisien dan rendah/tanpa limbah.

Solusi tipikal:

- Boiler, motor, kipas, kompresor yang lebih efisien
- Perubahan proses inti, misalnya kimia menjadi mekanik (i.e. *deskinning*)
- Peralatan dengan siklus *recovery* terintegrasi
- Proses separasi *advanced*
- Pemanasan atau pendinginan dengan proses tenaga matahari

6. Guna ulang dan daur ulang di lokasi
Pemanfaatan limbah (material, energi, air) dalam perusahaan yang sama untuk penggunaan yang sama atau alternatif.

Solusi tipikal:

- Penggunaan air dan energy *countercurrent* atau *cascaded*
- *Recovery* panas dan kondensat
- Penggunaan kemasan dari bahan datang untuk produk keluar

7. Pemanfaatan produk samping
Mengkonversi material limbah menjadi material input substitusi untuk pengguna/pabrik lain.

Solusi tipikal:

- Provisi *cooling water* untuk penggunaan *heating/cooling* eksternal (gedung, perikanan, dsb)
- Segregasi bahan dapat daur ulang untuk *recycle* eksternal dan *recovery* sumber daya (misal makanan hewan)
- Simbiosis industri, *reuse* pada proses industri.

8. Modifikasi produk
Desain ulang produk untuk mengurangi dampak lingkungan selama proses produksi, penggunaan dan/atau pembuangan.

Solusi tipikal:

- Desain untuk *lifetime* produk yang optimal.
- Desain untuk konsumsi minimum air, energi, dsb.
- Desain untuk manufaktur yang rendah limbah
- Desain untuk memungkinkan *recycle*, *refurbishment* dsb.

Indikator RECP yang diperhitungkan adalah:

1. Output produksi per satuan konsumsi material (ton produk /ton material)
2. Intensitas konsumsi energi per satuan output produksi (kWh/ton produk)
3. Intensitas konsumsi air per satuan output produksi (ton produk /m³ air)
4. Timbulan limbah per satuan output produksi (ton limbah padat /ton produk)

5. Timbulan limbah cair per satuan output produksi (m³ limbah cair/ton produk)
6. Emisi udara per satuan output produksi (ton CO₂/ton produk)

4) dan *Spinning* (Tabel 5 dan 6). Hasil ditunjukkan dalam tabel yang menunjukkan data opsi RECP yang telah diimplementasikan dan tabel yang menunjukkan hasil/indikator yang dicapai setelah implementasi RECP.

Berdasarkan Tabel 1 dan 2 dapat dilihat bahwa di industri garmen PT. A telah diimplementasikan 5 opsi RECP yang *viabile* dengan investasi sebesar 66,802 USD, penghematan yang diperoleh adalah 538,320 USD/tahun.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil implementasi RECP yang ditampilkan adalah data pada 3 *pilot project* pada industri tekstil mewakili proses Garmen (Tabel 1 dan 2), *Dyeing-Finishing* (Tabel 3 dan

Tabel 1. Opsi RECP yang telah diimplementasikan di PT. A (Garmen)

No	Opsi RECP yang telah diimplementasikan	Investasi
1	<i>Part replacement of fluorescent lamp (36 watt) with LED lamps</i>	27,650 USD
2	<i>Improved steam distribution insulation using high quality rock wool material</i>	15,000 USD
3	<i>Installed invertors on all major drives/motors</i>	1,655 USD
4	<i>Optimize/improve power factor by installing capacitor bank to major motors and main distribution</i>	21,702 USD
5	<i>Recover and reuse condensate as process water so far not as boiler feed water (BFW) due to conveyance to long distance</i>	795 USD
	TOTAL	66,802 USD

Tabel 2. Hasil/indikator yang dicapai setelah implementasi RECP di PT. A (Garmen)

No	Komponen	Unit	Sebelum RECP	Setelah RECP	Penghematan (USD/tahun)
1	<i>Production</i>	Ton/year	577	770	<i>Based on 800 T/ year production</i>
2	<i>Specific Electricity Consumption (SEC)</i>	kWh/kg	10.21	8.12	167,200
3	<i>Specific Water Consumption (SWC)</i>	Liter/kg	208.5	159	7,920
4	<i>Specific Coal Consumption</i>	kg/kg	23.15	17.31	350,400
5	<i>Specific Waste Water Generation</i>	Liter/kg	167	127	12,800
6	<i>GHG emission</i>	- kg CO ₂ /kg -T/year	65.1 52,080	49.1 39,280	-(24.6% reduction in energy use) -12,800 T (24.6% reduction in GHG)
	TOTAL Saving (USD)				538,320

Berdasarkan Tabel 3 dan 4 dapat dilihat bahwa di industri dyeing finishing PT. B telah diimplementasikan 20 opsi RECP yang

viable dengan investasi sebesar 2,015 milyar USD, penghematan yang diperoleh adalah 1,083,750 USD/tahun.

Tabel 3. Opsi RECP yang telah diimplementasikan di PT. B (Dyeing Finishing)

No	Opsi RECP yang telah diimplementasikan	Investasi
1	<i>Direct fired (natural gas) stenters: reliable, more efficient with accurate temperature control and adjustable production speed according to requirements</i>	US\$1.6 million
2	<i>In yarn dyeing process, cooling cycle avoided and rinsing performed in hot condition, reducing process time by 30 minutes per batch and reducing water and energy consumption</i>	BPC measure no investment
3	<i>Optimize cloth/ liquor ratio to reduce water, wastewater, steam, chemicals and energy consumption</i>	No cost option
4	<i>For exhaust fan, innovative silencer designed in company and installed to reduce noise pollution and provide a comfortable working environment</i>	Low cost in-house fabrication
5	<i>Production planning devised to match resource requirements, such as steam to regulate boiler operation</i>	No cost
6	<i>Part replacement of fluorescent lamps (36 watt) with LED lamps</i>	US\$80,000
7	<i>Replacement of identified old, inefficient motors with energy-efficient motors</i>	US\$120,000
8	<i>Recovery of caustic soda almost >90% by modifying idle recovery system</i>	US\$15,000
9	<i>Replaced magnetic ballast with electronic ballast</i>	Low cost
10	<i>Improved steam distribution insulation using high quality rock wool material</i>	US\$15,000
11	<i>Wherever feasible, heating is switched from direct steaming to indirect heating and collecting condensates</i>	Low cost
12	<i>Installed invertors on all major drives/motors</i>	US\$85,000
13	<i>Replaced steam traps to improve steam quality (wet steam)</i>	Low cost
14	<i>Recover and reuse condensate as process water (so far not as boiler feed water due to distance)</i>	Low cost
15	<i>Optimize/improve power factor by installing capacitor bank to major motors and main distribution</i>	US\$69,000
16	<i>Optimization of compressed air as per usage requirement from 7 bar to 6 bar</i>	No cost
17	<i>Continuous capacity building of employees and involvement of shop floor staff in RECP</i>	No cost
18	<i>Installation of variable speed drives (VSD) for motors with fluctuating load</i>	US\$24,000
19	<i>Installation of skylight/daylight using transparent roofing sheets to use natural daylight in several sheds/production areas</i>	US\$7,000
20	<i>Segregation of lean wastewater and concentrated wastewater before pre-treatment</i>	No cost

Tabel 4. Hasil yang dicapai setelah implementasi RECP di PT. B (*Dyeing Finishing*)

No	Komponen	Unit	Sebelum RECP	Setelah RECP	Penghematan (USD/tahun)
1	Production	M yard/year	25	25	NA
2	Specific electricity consumption (SEC)	kWh/yard	0.31	0.18 (42%)	357,500
3	Specific steam consumption	kg/year	4.03 16,791	3.76(7%) 15,615x	78,750
4	Caustic recovery	T/year	200	730 (24Be)	79,450
5	Energy saving from (DGF) stenter	cost/year	1,569,000	1,004,160	564,840*
6	Specific water consumption	m ³ /T	256	240	14,400
7	Specific WW generation pollution load	m ³ kg/T	90	60 80.4	50.5 29,160
8	Chemical consumption	T/year	230	177	53,000
9	GHG emissions	T/year	42,158	38,340	3,818
	TOTAL				1,083,750

Berdasarkan Tabel 5 dan 6 dapat dilihat bahwa di industri *spinning* PT. C telah diimplementasikan 9 opsi RECP yang *viable* dengan investasi sebesar 56,000 USD, penghematan yang diperoleh adalah 46,927 USD/tahun.

Tabel 5. Opsi RECP yang telah diimplementasikan di PT. C (*Spinning*)

No	Opsi RECP yang telah diimplementasikan	Investasi
1	Part replacement of fluorescent lamp (36 watt) with LED lamps	10,000 US\$
2	Replaced magnetic ballast with electronic ballast	Low cost
3	Optimize/improve power factor by installing capacitor bank to major motors and main distribution	5,000Us\$
4	Auditing of compressed air supply and reduced leakages (instrument tools)	2,000 US\$
5	Auditing of electricity consumption and yarn production in Ring spinning process	No cost
6	Optimization of compressed air as per usage requirement from 7 bars to 6.8 bars	No cost
7	Installation of variable speed drives (VSD) for motors Ring Spinning	24,000 US\$
8	Installation of roof fan to use fresh air and throw out hot air in several sheds/production areas	Low cost
9	Monitoring software in winding process, production, compress air and electricity consumption	15,000 US\$

Tabel 6. Hasil/indikator yang dicapai setelah implementasi RECP di PT. C (Spinning)

No	Komponen	Unit	Sebelum RECP	Setelah RECP	Penghematan (USD/tahun)
1	Production	Bales/year	36,867	39,106	
2	Electricity	kWh	ND	ND	
3	Specific Electricity Cons	kWh/Bale	336	324	USD 46,927
4	Water	M ³	ND	ND	NA
5	Waste Water	M ³ /Bale	ND	ND	NA
6	GHG emission	T CO ₂ /year	13,140	12,670	470 T CO ₂

KESIMPULAN

Berdasarkan evaluasi dari hasil implementasi RECP pada 3 pilot project industri tekstil yang mewakili proses spinning, dyeing-finishing dan garmen menunjukkan hasil yang efektif dalam meningkatkan performa profil/indikator lingkungan. Secara keseluruhan implementasi RECP di industri tekstil menghasilkan penurunan rata-rata intensitas konsumsi energi listrik (15,6%), konsumsi energi termal (31,6%), konsumsi air (21,9), timbulan air limbah (22,0%) dan intensitas gas rumah kaca (20,2%).

UCAPAN TERIMAKASIH

Kegiatan penelitian ini terlaksana dengan bantuan pembiayaan UNIDO tahun 2016 melalui kerjasama UNIDO-BBT.

PUSTAKA

- UNIDO. (2015). *Resource Efficient and Cleaner Production*. Training module, Bandung, October 2015, Balai Besar Tekstil.
- UNIDO (2016), *Advanced Training in Resource Efficient and Cleaner Production Methods and Technique with Special Application for Textile and Garment Sector*, Training module, Bandung, Mei 2016, Balai Besar Tekstil.
- UNIDO, (2016). *International Training on Green Houses Gasses Accounting for Textile and Garment Enterprises Resource Efficient and Cleaner Production for Clean and Competitive Industries*. Training module, Bandung, Desember 2016, Balai Besar Tekstil.
- UNIDO, (2017). *Training of Trainers Resource Efficient and Cleaner Production under Programme in Indonesia*. Training module, Bandung, Agustus 2017, Balai Besar Tekstil.
- UNIDO, (2017). *Case Study Resource Efficient and Cleaner Production Indonesia PT Argo Pantex Tbk*.
- UNIDO, (2017). *Case Study Resource Efficient and Cleaner Production Indonesia PT Sansan Soudaratex*.
- UNIDO, (2017). *Case Study Resource Efficient and Cleaner Production Indonesia PT Superbtex*.
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Industri Hijau (2016), *Pelatihan Industri Hijau*, Training Module, Kementerian Perindustrian.
- JICA (2015), *Energy Audit in Textile Industry - Handbook*, Balai Besar Tekstil Bandung.
- JICA (2016). *Energy Conservation for Textile Industry - Handbook*, Balai Besar Tekstil Bandung.

APLIKASI MIKROKAPSUL MINYAK KULIT JERUK NIPIS (*Citrus aurantifolia*) UNTUK KAIN ANTI NYAMUK

APPLICATION OF CITRUS AURANTIFOLIA PEEL OIL MICROCAPSULES FOR MOSQUITO REPELLENTS FABRIC

TATANG WAHYUDI, AGUS SURYA MULYAWAN dan DONI SUGIYANA

BALAI BESAR TEKSTIL

Jalan Jendral Ahmad Yani No. 390 Bandung 40272 Telepon (022) 7206214, 7206215 Fax. (022) 7271288

e-mail : texirdti@bdg.centrin.net.id

ABSTRAK

Pada penelitian ini telah dilakukan aplikasi mikrokapsul minyak kulit jeruk nipis (*Citrus aurantifolia*) pada kain kapas untuk memperoleh sifat anti nyamuk. Minyak kulit jeruk nipis diisolasi dengan menggunakan metode hidrodestilasi, sedangkan mikrokapsul dibuat dengan menggunakan metode *coacervation*/pemisahan fasa berbasis kulit kapsul etil selulosa. Mikrokapsul diimmobilisasikan pada kain kapas dengan cara *pad-dry-cure* menggunakan binder poliurethan. Uji anti nyamuk dilakukan pada kain kapas mengandung mikrokapsul dengan mengukur efek *repellency* terhadap sejumlah nyamuk *A. agepty* yang telah dikondisikan. Hasil percobaan menunjukkan bahwa mikrokapsul minyak jeruk nipis berhasil dibuat dengan ukuran partikel berkisar 30-105 μm , yang diperoleh pada kondisi optimum rasio minyak terhadap air sebesar 1 : 20 dan rasio *core/shell* sebesar 2 : 1,5. Hasil uji *repellency* sampel kain kapas mengandung mikrokapsul minyak jeruk nipis terhadap nyamuk *A. agepty* memberikan persentase *repellency* sebesar 67%-75% hingga hari ke 5.

Kata kunci : mikrokapsul, minyak kulit jeruk nipis, kain kapas, anti nyamuk

ABSTRACT

In this research, application of lime (*Citrus aurantifolia*) peel oil microcapsule on cotton fabric to obtain mosquito repellency was studied. Lime peel oil was isolated using hydrodistillation method, while as microcapsules was formed using *coacervation* method based on ethyl cellulose shell. The microcapsules immobilized on cotton fabrics with *pad-dry-cure* method using polyurethane as binder. Mosquito repellent was investigated on cotton fabrics contained microcapsules through a measurement of repellency effect from a number of conditioned *A. agepty* mosquitos. The results showed that lime oil microcapsules has formed with a particle size ranging from 30 - 105 μm , achieved at optimized condition: o / w ratio = 1:20 and core /shell ratio = 2 : 1.5. Repellency test of fabric samples contained lime oil microcapsules against *A. agepty* mosquitos shows repellency percentage as 67%-75% up to 5 days.

Keywords : microcapsule, lime peel oil, cotton fabric, mosquito-repellent

PENDAHULUAN

Penggunaan material/bahan kimia terenkapsulasi untuk proses penyempurnaan tekstil beberapa dekade belakangan ini telah berkembang dengan tujuan untuk menghasilkan tekstil dan produk tekstil dengan performa serta fungsi tertentu yang dapat dimanfaatkan oleh konsumen. Salah satu aplikasi metode mikroenkapsulasi pada bidang tekstil adalah tekstil fungsional dengan kemampuan

aromaterapi dan sebagai pengusir serangga seperti nyamuk dan sebagainya dengan menggunakan bahan aktif minyak atsiri. Minyak atsiri merupakan produk metabolit sekunder tumbuhan, antara lain: minyak jeruk yang diperoleh dari kulit jeruk, minyak sereh, minyak bunga ros, lavender dan lain-lain.^{1,2} Indonesia memiliki banyak keragaman hayati yang dapat dijadikan sebagai penghasil berbagai jenis minyak atsiri yang dapat digunakan di berbagai

bidang seperti bidang farmasi, medis dan bidang lainnya. Salah satu sumber penghasil minyak atsiri adalah kulit jeruk nipis yang telah dilaporkan oleh beberapa peneliti dapat digunakan sebagai pengusir serangga.^{3,4,5,6}

Mikroenkapsulasi merupakan salah satu metode yang sangat sesuai untuk diaplikasikan pada pembuatan tekstil fungsional anti nyamuk. Melalui teknik pengemasan zat aktif anti nyamuk sedemikian rupa sehingga tersalut oleh suatu polimer tertentu, zat aktif tersebut dapat keluar secara terkontrol dan perlahan (*time release*).^{3,7} Karakteristik polimer kulit kapsul harus bersifat stabil, inert terhadap bahan yang dikapsulasikan (*core*), tidak higroskopik serta mampu membentuk film yang bersifat kohesif terhadap *core* dengan kekuatan, fleksibilitas, stabilitas dan sebagainya sesuai dengan yang diinginkan.^{7,8} Dalam penerapannya mikrokapsul umumnya diaplikasikan pada kain melalui berbagai metode antara lain: *padding*, *coating*, *spraying*, atau *printing*.^{9,10}

Dalam beberapa studi dilaporkan minyak kulit jeruk nipis memiliki kandungan zat aktif lebih tinggi dibanding dengan jenis jeruk lainnya.^{5,11} Namun demikian, penelitian mengenai aplikasinya sebagai tekstil anti nyamuk belum banyak dipelajari. Pada penelitian ini telah dipelajari pemanfaatan minyak kulit jeruk nipis sebagai bahan aktif pengusir nyamuk dengan metode mikroenkapsulasi dan immobilisasi mikrokapsul pada kain kapas. Pembuatan mikrokapsul minyak jeruk nipis dilakukan dengan teknik *coacervation* menggunakan bahan kulit (*shell*) kapsul polimer etil selulosa. Metode immobilisasi mikrokapsul minyak jeruk nipis pada kain kapas dilakukan dengan teknik *pad-dry-cure* menggunakan binder.

METODE

Bahan dan peralatan penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: kulit buah jeruk nipis/*Citrus aurantifolia*, etil selulosa (Merck), polivinil alkohol/PVA (Merck), emulsifier Tween 80 (Merck), etil asetat (Merck), air demineralisasi (Brataco). Peralatan utama yang digunakan antara lain: alat hidrodestilasi Stahl, *Gas Chromatograph-Mass Selective Detector/ GC-MSD* (Agilent), *magnetic stirrer* (IKA C-MAG HS7),

scanning electron microscope/SEM (JEOL, JSM 6510, Japan), alat penyaringan (Milipore) dan kolom gelas.

Pembuatan mikrokapsul minyak kulit jeruk nipis

Minyak kulit jeruk nipis diperoleh melalui metode penyulingan secara hidrodestilasi dengan kondisi optimum mengikuti metode pada studi penulis sebelumnya.¹² Buah jeruk nipis dicuci dengan alkohol untuk menghilangkan insektisida dan fungisida yang mungkin terdapat pada permukaan kulitnya, kemudian dibilas dengan air sampai bersih, dan dikupas untuk memisahkan kulitnya. Kulit jeruk nipis yang telah dipotong-potong berukuran $\pm 2 \text{ cm}^2$ sebanyak 500 gram disuling selama 8 jam. Minyak yang diperoleh ditampung dalam botol gelas bertutup rapat dan disimpan di lemari pendingin.

Pembuatan mikrokapsul minyak jeruk nipis dengan basis kulit etil selulosa dilakukan dengan metode dengan variabel optimum yang diperoleh dari studi penulis sebelumnya.¹² Metode yang digunakan adalah difusi emulsi-solvent melalui 2 tahapan yaitu tahap pembuatan emulsi minyak jeruk nipis dan tahap pembentukan mikrokapsul minyak jeruk nipis. Tahap pembuatan emulsi minyak jeruk nipis dimulai dengan pembuatan larutan fasa minyak, dibuat dengan melarutkan etil selulosa dengan pelarut etil asetat dengan rasio fasa minyak terhadap fasa air sebesar 1 : 20, diaduk dengan menggunakan *magnetic stirrer* hingga larut. Selanjutnya tambahkan sejumlah volume jeruk nipis dan aduk kembali hingga bercampur homogen. Larutan fasa air dibuat dengan melarutkan polivinil alkohol (PVA) dalam pelarut air yang telah dijenuhkan dengan etil asetat (10%), kemudian tambahkan emulsifier Tween 80. Langkah selanjutnya adalah pembuatan larutan emulsi minyak-dalam-air (emulsi O/W) menggunakan rasio minyak jeruk (*core*) terhadap kulit kapsul (*shell*) etil selulosa adalah: 2 : 1,5. Larutan dibuat dengan cara memasukkan larutan fasa minyak ke dalam larutan fasa air secara perlahan-lahan sambil terus diaduk.

Tahap pembentukan mikrokapsul minyak jeruk nipis dimulai dengan memasukkan larutan emulsi O/W secara perlahan-lahan ke dalam air tetes demi tetes sambil terus dilakukan pengadukan dengan menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan konstan. Secara

perlahan akan tampak deposit mikrokapsul minyak jeruk nipis yang berwarna putih pada permukaan air. Kemudian dilakukan penyaringan dan pencucian terhadap mikrokapsul dengan menggunakan air.

Immobilisasi mikrokapsul pada kain kapas

Immobilisasi mikrokapsul minyak jeruk nipis berbasis kulit kapsul etil selulosa pada kain kapas menggunakan metode sesuai hasil optimasi pada studi penulis sebelumnya.¹³ Immobilisasi mikrokapsul pada kain kapas diawali dengan penyiapan sampel kain kapas siap celup dengan gramasi 0,01 gram/cm². Volume larutan mikrokapsul yang diimmobilisasikan ditentukan sebesar 100 mL dengan masing-masing kadar sebagai berikut: mikrokapsul minyak jeruk EC 1,4% dan binder poliurethan 4%. Larutan mikrokapsul dan binder diaduk sampai homogen, kemudian kain kapas dimasukkan ke dalam larutan mikrokapsul selama 5-10 menit sambil diaduk dengan batang pengaduk. Sebagai pembanding, dibuat pula sampel kain mengandung binder tanpa mikrokapsul. Sampel kain selanjutnya dikeringkan pada mesin *drying* selama 3 menit. Proses perendaman kain dengan dan tanpa mikrokapsul dan pengeringannya diulang sebanyak 2 hingga 3 kali.

Pengujian dan karakterisasi

Evaluasi karakteristik dan morfologi mikrokapsul minyak jeruk dilakukan dengan menggunakan instrumen *scanning electron microscopy/SEM* untuk melihat morfologi dan ukuran mikrokapsul. Komponen kimia minyak jeruk dianalisis menggunakan GCMSD dengan kolom kapiler DB 35 ms dengan panjang 30 m, diameter kolom 0,25 mm dengan ketebalan film fasa cair 0,25 mikron. Analisis berlangsung dengan pemrograman temperatur dari 50-250°C dengan kecepatan kenaikan temperatur 3,5°C/menit, temperature injektor 250°C, dan

jumlah minyak yang diinjeksikan sebanyak 1 µL. Uji anti nyamuk mengikuti metode yang dilakukan oleh Specos dkk.⁴ Pengujian dilakukan dengan menyiapkan nyamuk betina dewasa sebanyak 200 ekor dalam kotak berukuran 50 cm x 50 cm x 50 cm. Kotak dibuat dengan dilengkapi lubang untuk memasukkan dan mengeluarkan tangan melalui lubang dengan tidak menyebabkan nyamuk terlepas dari kotak. Sampel kain uji dan sampel kain control dibuat berbentuk sarung tangan. Sampel kain uji dan kontrol dibiarkan terpapar bersama nyamuk selama 1 menit dalam kotak. Persentase nyamuk yg mendarat pada sampel kain dan persentase *repellency* dihitung dengan mengikuti persamaan (1) dan (2).⁴

$$\% \text{ nyamuk yg mendarat pada sampel kain} = (MTF/MUF) \times 100 \dots\dots\dots(1)$$

dengan,

MTF = sarung tangan kain mengandung mikrokapsul

MUF = sarung tangan kain tanpa mikrokapsul

$$\% \text{ Repellency} = 100 - \{(MTF/MUF) \times 100\} \quad (2)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik minyak kulit jeruk nipis

Proses preparasi minyak kulit jeruk nipis dengan menggunakan teknik penyulingan hidrodestilasi menggunakan metode Stahl menghasilkan minyak dengan kualitas cukup baik. Secara organoleptis minyak yang dihasilkan berwarna agak kehijauan serta berbau sangat harum. Dari 500 gram kulit jeruk nipis segar diperoleh minyak sebanyak 2,1 gram dengan karakteristik sebagaimana tercantum pada Tabel 1.

Tabel 1. Sifat fisiko kimia minyak kulit jeruk nipis (*Citrus aurantifolia*)

No	Parameter	Karakteristik
1	Bau	Sangat harum
2	Warna	Jernih kuning kehijauan
3	Berat jenis pada 25 °C	0,8549
4	Indeks bias pada 20 °C	1,4756
5	Kelarutan dalam alkohol	Larutan jernih dalam 0,1-0,3 volume alkohol 95%, sampai pada penambahan 10 mL

Tabel 1 memperlihatkan bahwa minyak kulit jeruk nipis hasil destilasi mempunyai berat jenis 0,855 yang berarti telah memenuhi persyaratan, dimana nilai berat jenis minyak jeruk yang baik berkisar 0,854 – 0,859. Indeks bias minyak kulit jeruk nipis yang baik akan berkisar 1,4750 – 1,4770 pada temperatur 20°C. Sebagaimana tercantum pada Tabel 1 minyak kulit jeruk nipis hasil destilasi mempunyai indeks bias yang berada dalam rentang tersebut yakni 1,4756 pada temperatur 20°C.

Minyak atsiri akan larut dalam alkohol dan tidak larut dalam air, sehingga tingkat kelarutannya mudah diketahui dengan menggunakan alkohol pada berbagai tingkat konsentrasi. Kelarutannya ditentukan oleh daya larut dan mutu minyak itu sendiri. Minyak yang kaya akan komponen teroksigenasi lebih mudah larut dalam alkohol daripada yang banyak mengandung senyawa terpena. Minyak jeruk nipis hasil preparasi tidak larut dalam alkohol 70% dan alkohol 80%, tetapi dapat larut pada penambahan 0,2 mL alkohol 95%. Penurunan kelarutan dapat terjadi bila kondisi penyimpanan kurang baik seperti terkena cahaya langsung, udara dan air menimbulkan Pengaruh kurang baik. Selama penyimpanan dapat terjadi proses polimerisasi yang akan menurunkan daya larut, sehingga untuk melarutkannya diperlukan konsentrasi alkohol yang lebih tinggi. Polimerisasi akan cepat terjadi jika minyak mengandung sejumlah senyawa terpena yang mudah mengalami resinifikasi.

Sebagian besar minyak atsiri mengandung sedikit asam, yang dinyatakan dengan bilangan

asam. Bilangan asam suatu minyak dinyatakan sebagai jumlah KOH yang diperlukan untuk menetralkan asam bebas dalam 1 gram minyak. Bilangan asam suatu minyak atsiri bertambah, jika umur simpan minyak bertambah, terutama bila cara penyimpanan minyak kurang baik. Proses seperti oksidasi aldehida dan hidrólisis ester akan meningkatkan bilangan asam. Minyak yang telah dikeringkan dan terlindung dari cahaya dan udara mempunyai jumlah asam bebas yang relatif lebih kecil. Minyak hasil preparasi mempunyai bilangan asam kecil yakni 0,561. Dengan demikian berdasarkan pada hasil karakterisasi sifat fisiko kimia minyak kulit jeruk nipis yakni berat jenis, indeks bias dan kelarutan dalam alkohol, jika dibandingkan dengan data kualitas minyak jeruk nipis yang bermutu baik, maka minyak jeruk nipis hasil preparasi juga termasuk bermutu baik. Hasil analisis minyak kulit jeruk nipis menggunakan GC-MSD dapat dilihat pada Gambar 1 dan Tabel 2. Tampak bahwa komponen utama minyak jeruk nipis teridentifikasi 1-limonen dan β -pinen. Jika dibandingkan dengan hasil penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Haro dan Faas (1985), maka terdapat beberapa perbedaan komponen minor baik secara kualitatif maupun kuantitatif. Perbedaan susunan kimia tersebut dimungkinkan oleh beberapa faktor seperti tingkat kematangan, teknik penyulingan yang digunakan, lamanya penyimpanan, kondisi iklim dan tanah/daerah penanaman yang akan mempengaruhi terhadap faktor genetika dalam menghasilkan sistem enzim yang khas pada pengaturan kelenjar setiap tanaman.



Gambar 1. Kromatogram minyak kulit jeruk nipis hasil pengukuran menggunakan GC-MSD.

Tabel 2. Komposisi kimia minyak jeruk nipis

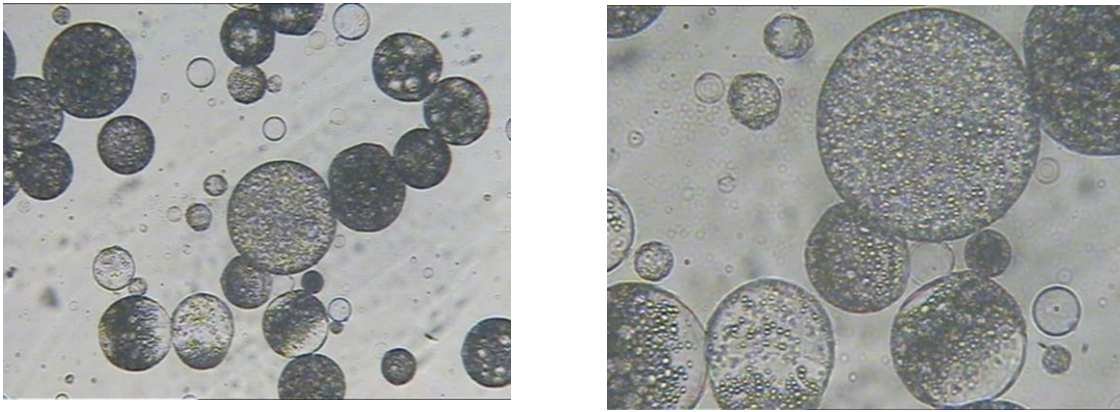
No Puncak	Waktu retensi (menit)	Komponen	Luas puncak (%)	Kualitas (%)
1	2,21	Trans-Osimen	0,21	83
2	2,41	Bisiklo[3,1,1]hept-2-en,3,6,6-trimetil	1,44	91
3	2,97	Trisiklena	3,46	91
4	3,21	2- β -pinena	17,01	91
5	3,59	α -pinena	0,71	72
6	4,48	Sikloheksen 1-metil-44-(1-metiletil)	9,94	87
7	4,81	1-Limonen	37,61	89
8	5,70	τ -Terpinena	2,32	95
9	6,72	α -Terpinolena	0,29	96
10	7,1	Linalool	1,08	50
11	9,47	3-Sikloheksen-1-ol	1,78	87
12	9,88	1- α -Terpinol	2,79	90
13	10,48	Asam 9-oktadesionat	0,31	40
14	11,36	1,7- Nonadiena,4,8-dimetil	2,84	38
15	12,12	Nerol	0,43	59
16	12,28	Sitral	3,31	94
17	15,25	Neril asetat	0,23	72
18	15,75	Geranil asetat	0,91	86
19	16,14	(-)- β Elemena	0,43	70
20	16,75	Trans Kariofirena	1,00	93
21	17,19	Fenol, 2,6-dimetil	0,88	43
22	17,40	α -Guaiana	2,15	92
23	18,27	Adamantana, 1-bromo	1,19	36

Immobilisasi mikrokapsul pada kain kapas

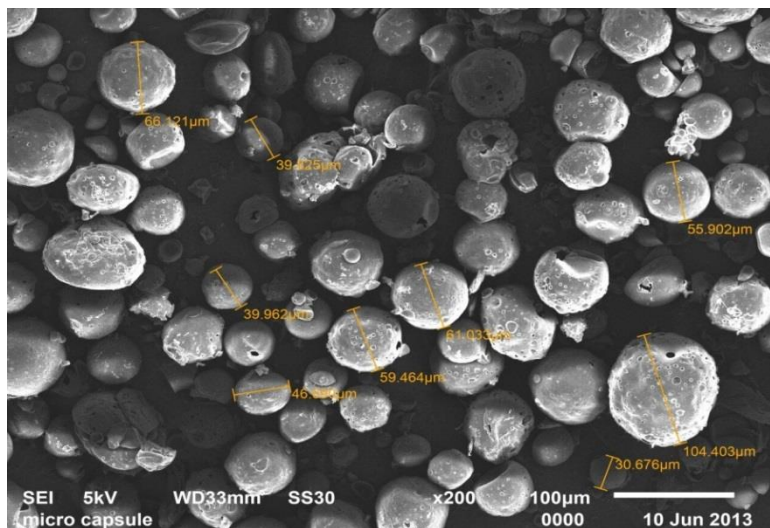
Dalam pembuatan mikrokapsul minyak jeruk nipis yang dilakukan cukup banyak variabel yang berpengaruh terhadap mikrokapsul yang dihasilkan seperti pengaruh rasio fasa minyak terhadap fasa air, rasio minyak (*core*) terhadap kulit kapsul (*shell*), jumlah emulsifier dan pengadukan. Rasio fasa minyak terhadap fasa air merupakan variabel yang sangat penting dalam pembuatan mikrokapsul. Pada penelitian ini pembuatan mikrokapsul etil selulosa dilakukan dengan rasio fasa minyak dan fasa air = 1 : 20. Rasio tersebut adalah merupakan kondisi optimal hal ini sesuai dengan sebagaimana yang telah dilaporkan oleh peneliti sebelumnya.¹¹ Pada kondisi tersebut kapasitas pengisian kapsul (*loading capacity*) adalah yang tertinggi adalah sebesar 45%. Dilaporkan pula bahwa ukuran partikel mikrokapsul akan meningkat dengan semakin bertambahnya fasa minyak. Alasannya adalah dikarenakan fasa minyak akan semakin lebih sulit menyebar dalam

fasa air. Disamping itu sistem emulsi yang stabil juga sulit untuk dicapai, karena peluang terjadinya penyatuan (*coalescence*) tetesan-tetesan fasa minyak akan semakin meningkat, sehingga ukuran partikel mikrokapsul yang terbentuk menjadi akan lebih besar pula.

Ukuran partikel mikrokapsul dan ketebalan kulit kapsul juga dipengaruhi oleh rasio inti (*core*) minyak terhadap kulit kapsulnya, sehingga akan berpengaruh pula terhadap efisiensi enkapsulasi. Ukuran partikel yang terbentuk pada rasio *core* terhadap *shell* 2 : 1,5 tampak menghasilkan mikrokapsul dengan ukuran cukup baik. Hasil karakterisasi mikrokapsul menggunakan mikroskop laboratorium dan SEM dapat dilihat pada Gambar 2 dan 3. Tampak bahwa ukuran partikel mikrokapsul pada kondisi optimum pembuatan memperlihatkan ukuran yang beragam dimana ukuran mikrokapsul terkecil 17,9 μm sedangkan yang terbesar berukuran 120,6 μm .

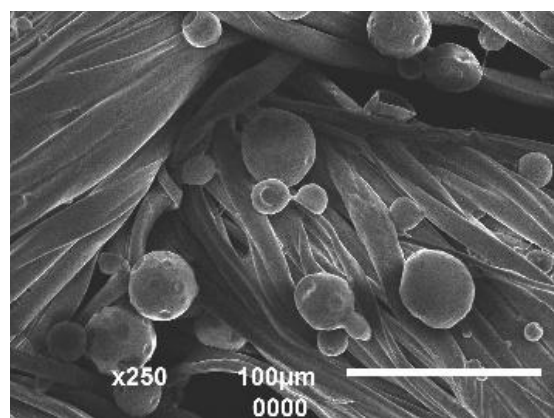


Gambar 2. Hasil pengamatan menggunakan mikroskop terhadap mikro kapsul minyak jeruk nipis dalam etil selulosa pada perbesaran: a)320 X; b) 640 X



Gambar 3. Hasil pengukuran menggunakan SEM terhadap mikro kapsul minyak jeruk nipis (perbesaran 200X)

Mikrokapsul yang telah terbentuk kemudian diimmobilisasikan pada kain kapas dengan cara pencelupan kain kapas ke dalam larutan mikrokapsul. Hasil pengamatan berupa citra SEM dapat dilihat pada Gambar 4. Tampak bahwa partikel mikrokapsul kulit jeruk nipis teramati menempel di permukaan sampel kain kapas, dengan ukuran mikrokapsul berada pada rentang 30 µm – 105 µm.



Gambar 4. Hasil pengamatan menggunakan SEM terhadap sampel kain katun mengandung mikrokapsul (perbesaran 250x)

Uji anti nyamuk (*repellency test*) kain hasil percobaan

Pada percobaan uji anti nyamuk atau *repellency test* terhadap nyamuk ini, pertama-tama disiapkan larutan suspensi mikrokapsul minyak kulit jeruk yang dihasilkan pada kondisi proses yakni rasio *core/shell* = 2 : 1,5 dan O/W = 1 : 20. Selanjutnya larutan suspensi mikrokapsul tersebut dibuat 2 (dua) variasi yakni yang tanpa penambahan binder poliuretan (PU) dan dengan penambahan binder PU. Untuk mengkoreksi adanya pengaruh penambahan PU terhadap efektivitas mikrokapsul, maka disiapkan pula larutan binder PU saja.

Sampel yang siap diuji dapat dilihat pada Gambar 5. Tangan yang telah dipasang sarung tangan kain hasil perlakuan dimasukkan ke dalam kotak yang berisi dengan nyamuk *A. agepty* dewasa yang sebelumnya telah dikondisikan dalam keadaan lapar selama 1 menit. Hasil uji anti nyamuk atau *repellency test* disajikan pada Tabel 3. Dari Tabel 3 tampak bahwa kain yang telah mengalami perlakuan dengan menggunakan mikrokapsul minyak jeruk nipis baik yang tunggal maupun yang dicampur dengan binder PU memberikan efek *repellency* berkisar 67-75%. Di sisi lain, binder PU yang digunakan nampak tidak terlalu signifikan memberikan efek *repellency* terhadap nyamuk.



Gambar 5. Uji *repellency* kain hasil percobaan terhadap nyamuk *A. agepty*

Tabel 3. Hasil uji *repellency test* kain hasil perlakuan dengan mikrokapsul minyak jeruk

Replikasi	Tangan telanjang	Kain kontrol	Kain dengan perlakuan mikrokapsul minyak jeruk	Kain dengan perlakuan binder PU	Kain dengan perlakuan mikrokapsul + binder PU
Jumlah nyamuk yang mendarat pada sampel kain (ekor)					
1	29	9	4	10	5
2	-	15	1	11	5
3	-	13	4	9	3
Rata-rata	29	12	3	10	4
Repellency (%)	-	-	75	16	67

KESIMPULAN

Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa komponen utama minyak jeruk nipis adalah 1-limonen dan β -pinen. Mikrokapsul minyak jeruk nipis dalam kapsul etil selulosa berhasil disintesis dengan metode *coacervation* pada kondisi optimum ratio *core/shell* = 2 : 1,5 dan ratio *O/W* = 1 : 20, menghasilkan mikrokapsul dengan ukuran 30 – 105 μm dan *oil content* sebesar 45%. Sampel kain kapas dengan treatment mikrokapsul minyak jeruk *C. aurantifolia* memberikan persentase *repellency* sebesar 67% - 75% hingga hari ke 5. Teknik mikroenkapsulasi menggunakan *shell* etil selulosa terbukti memperlihatkan sifat *time/controlled release* minyak jeruk.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini terlaksana dengan bantuan anggaran penelitian DIPA Balai Besar Tekstil tahun 2016.

PUSTAKA

1. Wang J.M., Zheng W., Song Q.W., Zhu H., & Zhou Y., Preparation and characterization of natural fragrant microcapsules, *Journal of Fiber Bioengineering and Informatics* **1**, 293-299 (2009).
2. *Indonesian essential oils the scents of natural life, Handbook of commodity profile* (Deperindag, 2011).
3. Sakulku U et.al (2009), Characterization and mosquito repellent activity of citronella oil nanoemulsion, *International Journal of Pharmaceutics*, **372**, 105–111.
4. Specos M.M., García J.J., Tornesello J., Marino P., Della Vecchia M., M.V. Defain Tesoriero M.V., et.al. Microencapsulated citronella oil for mosquito repellent finishing of cotton textiles, *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, **104** (10), 653-658 (2010).
5. Nerio L.S., Verbel J.O., & Stashenko E., Repellent activity of essential oils: review, *Bioresources Technology*, **101**, 372-378 (2010).
6. Solomon B., Sahle F.F., Mariam T.G., Asres K., Neubert R.H.H.H., Microencapsulation of citronella oil for mosquito-repellent application: Formulation and in vitro permeation studies, *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics*, **80**, 61-66 (2012).
7. Ghulam Murtaza, Ethylcellulose Microparticles: A Review, *Acta Poloniae Pharmaceutica - Drug Research* **69**, 11-22 (2012).
8. Gordon Nelson (2002), Application of microcapsulation in textile, *International Journal of Pharmaceutics*, **242**, 55-62.
9. Badulescu R., Vivod V., Jausovec D., & Voncina B., Grafting of ethylcellulose microcapsules onto cotton fibers, *Carbohydrate Polymers*, **71**, 85–91 (2007).
10. Martins I.M., Barreiro M.F., Coelho M., & Rodrigues A.E., Microencapsulation of essential oils with biodegradable polymeric carriers for cosmetic application-review, *Chemical Engineering Journal*, **245**, 191-200 (2014).
11. Guenther E., Minyak Atsiri, Jilid I dan III, Penerbit Universitas Indonesia (1990).
12. Wahyudi, T., Mulyawan, A.S., Kasipah, C., Prayudie, U., Julaeha, E., Pembuatan mikrokapsul minyak jeruk (*Citrus aurantifolia*) untuk aplikasi pada penyempurnaan tekstil, *Arena Tekstil* Vol. **32** (1), 1-8. (2017).
13. Wahyudi, T., Mulyawan, A.S., Sugiyana, D., Julaeha, E., Immobilisasi mikrokapsul minyak jeruk nipis (*Citrus aurantifolia*) pada kain kapas, *Arena Tekstil* **32**(2), 103-110 (2017).

PEMANFAATAN SURFAKTAN MINYAK SAWIT PADA PROSES PEMASAKAN-PENGELANTANGAN DAN PENCELUPAN TEKSTIL

THE UTILIZATION OF PALM OIL SURFACTANT FOR SCOURING-BLEACHING AND DYEING TEXTILE

ARIF WIBI SANA dan ZUBAIDI KAILANI

BALAI BESAR TEKSTIL

Jalan Jendral Ahmad Yani No. 390 Bandung 40272 Telepon (022) 7206214, 7206215 Fax. (022) 7271288

e-mail : texirdti@bdg.centrin.net.id

ABSTRAK

Pemanfaatan minyak sawit sebagai bahan dasar surfaktan minyak nabati berpotensi lebih ramah lingkungan dibandingkan surfaktan berbasis minyak bumi. Pada penelitian ini, surfaktan minyak sawit metil ester sulfonat (MES), dietanol amida (DEA), dan surfaktan minyak bumi diaplikasikan dalam proses pemasakan, pengelantangan, serta pencelupan kain kapas, rayon, dan poliester. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jenis surfaktan minyak sawit yang berpotensi diaplikasikan dalam proses basah tekstil. Setelah pemasakan dan pengelantangan, surfaktan dievaluasi berdasarkan hasil uji kekuatan tarik, daya serap, dan derajat putih kain sedangkan kekuatan warna, beda warna (dE), serta ketahanan luntur terhadap pencucian dan gosokan dievaluasi setelah pencelupan. Hasil pengujian kekuatan tarik menunjukkan adanya penurunan sebesar (2,8 ~ 25,7)% pada kain kapas dan rayon. Hasil pengujian daya serap, derajat putih, dan kekuatan warna menunjukkan nilai tertinggi diperoleh pada kain yang diproses dengan MES 2 dengan nilai 0,47 detik; 72,02%; dan 120,23% secara berurutan. Beda warna terbaik diperoleh pada kain yang diproses dengan MES 1 (dE = 0,09). Dari hasil tersebut disimpulkan bahwa MES lebih berpotensi untuk diaplikasikan dalam proses pemasakan, pengelantangan, dan pencelupan tekstil dibandingkan DEA.

Kata kunci : MES, DEA, Minyak Sawit, Surfaktan, Tekstil

ABSTRACT

Utilization of palm oil as a base material of vegetable oil surfactants is potentially more environmental friendly when compared with oil-based surfactants. In this study, methyl ester sulphonates (MES), diethanol amide (DEA), and petroleum-based surfactants were applied in scouring, bleaching, and dyeing cotton, rayon and polyester. The purpose of this study is to determine the type of surfactant that is potential to be applied in textile wet process. After scouring-bleaching, surfactant was evaluated based on the tensile strength test, the absorbency of the fabric, and the whiteness index, whereas the color strength, color difference (dE), as well as the color fastness to washing and rubbing were evaluated after dyeing. Tensile strength test results showed a decrease of (2.8 ~ 25.7)% in cotton and rayon fabrics. The result of absorption test, whiteness index, and color strength showed that the highest value was obtained on fabric processed with MES 2 by value at 0,47 second; 72,02%; and 120,23% respectively. The best value in color difference was obtained on the fabric processed with MES 1 (dE = 0,09). It can be concluded that in scope of textile scouring, bleaching, and dyeing application, MES is more potential than DEA.

Keywords : DEA, MES, Palm Oil, Surfactant, Textile

PENDAHULUAN

Kelapa sawit menghasilkan dua macam minyak nabati yang berlainan sifatnya, yaitu minyak yang berasal dari sabut (*mesokarp*)

dan minyak yang berasal dari biji (*kernel*). Minyak yang dihasilkan dari dari sabut dikenal dengan *crude palm oil* (CPO) dan dari inti (biji) disebut minyak inti sawit atau *palm kernel oil*

(PKO) —(Hambali, Suryani, and Rivai 2012). Indonesia adalah produsen minyak sawit utama di dunia dengan jumlah produksi pada tahun 2014 mencapai 31,5 juta ton (Nirwana, Irdoni, and Yuniharti 2015). Minyak sawit dapat ditingkatkan nilai tambahnya sekitar 70 hingga 80% melalui proses perubahan menjadi surfaktan. Saat ini, dari 95.000 ton kebutuhan surfaktan Indonesia per tahun, sekitar 45.000 ton masih diimpor (Puwaningtyas and Pramudono 2009).

Dewasa ini, isu lingkungan menjadi sangat sensitif sehingga dunia industri dituntut untuk semakin peduli terhadap lingkungannya. Limbah proses basah (proses kimia) industri tekstil terindikasi sebagai kontributor pencemaran lingkungan yang signifikan. Selektivitas dalam pemilihan bahan baku dan zat pembantu bisa menjadi solusi dalam mengurangi pencemaran limbah tekstil. Dalam proses basah tekstil, surfaktan berperan sangat penting sebagai zat pembasah, pendispersi, pengemulsi, perata, pelumas, anti busa, deterjen dan, *finishing agent* (Wang and Zhu 2006). Surfaktan yang digunakan oleh industri tekstil saat ini berbahan dasar minyak bumi yang bersifat kurang ramah lingkungan dan tidak terbarukan sehingga apabila ditemukan surfaktan alternatif pengganti yang lebih ramah lingkungan, maka pencemaran limbah tekstil bisa dikurangi.

Surfaktan adalah suatu zat yang bersifat aktif permukaan yang dapat menurunkan tegangan permukaan (*surface tension*) dan antarmuka (*interfacial tension*) antara dua bahan, baik berupa cairan-cairan, cairan-padatan, atau cairan-gas. Surfaktan bersifat amfifilik, yaitu senyawa yang memiliki gugus hidrofilik dan lipofilik yang berlainan sifat dalam satu molekulnya sehingga mampu menyatukan dua bahan yang berbeda kepolarannya. Surfaktan dikelompokkan menjadi empat kelompok berdasarkan gugus hidrofiliknya, yaitu surfaktan anionik, kationik, amfoterik, dan nonionik. Jenis yang paling banyak digunakan adalah anionik dan nonionik (Hambali, Suryani, and Rivai 2012; Farn 2007). Pada umumnya surfaktan diproduksi dengan menggunakan bahan baku minyak bumi (*petroleum*). Selain itu surfaktan juga dapat diproduksi menggunakan bahan baku minyak nabati (Hambali, Suryani, and Rivai 2012).

Surfaktan metil ester sulfonat (MES) merupakan surfaktan anionik yang dibuat dengan menggunakan bahan baku fraksi stearin minyak sawit. Stearin sawit merupakan fraksi padat yang dihasilkan dari fraksinasi CPO setelah melalui pemurnian. MES bersifat lebih ramah lingkungan bila dibandingkan dengan linier alkil benzen sulfonat (LAS), yaitu surfaktan anionik yang dibuat dari bahan minyak bumi (Hambali, Suryani, and Rivai 2012; Yangxin, Zhao, and Bayly 2008). Selain itu MES bersifat terbarukan dan mengandung antioksidan karoten sehingga memiliki kestabilan oksidatif, dapat terserap dengan baik dalam air, memiliki kelarutan yang tinggi, tidak terpengaruh oleh kesadahan air, kemampuan deterjensi yang lebih baik pada bahan kapas dan poliester, kaya akan kandungan asam lemak C_{16} dan C_{18} serta toleran terhadap ion Ca (Hambali, Suryani, and Rivai 2012; Martínez et al. 2010). Surfaktan dietanol amida (DEA) merupakan surfaktan nonionik yang dibuat dengan menggunakan bahan baku asam laurat. Bahan tersebut diperoleh dari fraksinasi minyak inti sawit (PKO) (Hambali, Suryani, and Rivai 2012).

Berdasarkan literatur dan informasi yang diperoleh, surfaktan minyak sawit MES dan DEA sudah dimanfaatkan untuk aplikasi produk pembersih, makanan dan minuman, serta sedang dikembangkan dalam aplikasi perminyakan. Surfaktan DEA dari asam laurat minyak inti sawit telah diaplikasikan pada pembuatan sabun transparan (Hambali et al. 2005). Pada seminar nasional tentang pemanfaatan surfaktan minyak sawit, dikemukakan prospek pemanfaatan emulsifier berbasis minyak sawit untuk industri makanan dan minuman (Lukas 2005). Surfaktan MES memiliki peluang untuk dikembangkan pada peningkatan produksi sumur minyak bumi (*enhanced oil recovery*)/EOR (Rivai et al. 2011). Teknologi EOR menggunakan MES terus mengalami perkembangan dari mulai skala laboratorium hingga skala pilot (Hambali, Suryani, and Rivai 2013). Namun hingga saat ini, surfaktan minyak sawit belum dimanfaatkan untuk bidang tekstil, khususnya untuk proses basah tekstil.

Surfaktan MES dan DEA diduga dapat diaplikasikan dalam proses basah tekstil karena adanya kesamaan sifat aktif permukaan antara surfaktan minyak bumi dan

surfaktan minyak sawit. Untuk membuktikan hipotesa tersebut, pada penelitian ini dilakukan pemanfaatan surfaktan minyak sawit MES dan DEA pada proses basah tekstil dengan ruang lingkup pemasakan-pengelantangan secara simultan (*simultaneous scouring-bleaching*) dan pencelupan (*dyeing*). Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui jenis surfaktan minyak sawit yang paling berpotensi untuk diaplikasikan pada proses basah tekstil dengan cara mengevaluasi hasil pengujian kekuatan tarik, daya serap, derajat putih, kekuatan warna, beda warna, serta ketahanan luntur warna terhadap pencucian dan gosokan pada kain kapas, rayon, dan poliester sehingga diharapkan dapat menjadi alternatif pengganti surfaktan komersil yang terbuat dari minyak bumi.

METODE

Bahan

Bahan yang digunakan adalah kain tenun kapas dan rayon mentah (*greige*) yang diperoleh dari PT. Kusumahadi Santosa sedangkan kain poliester mentah diperoleh dari PT. Sipatex. Surfaktan minyak sawit yang digunakan adalah MES 1 (metil ester sulfonat) dan DEA (dietanol amida), diperoleh dari dari SBRC-IPB (*Surfactant and Bionergi Research Center-Institut Pertanian Bogor*) serta MES 2, diperoleh dari CV. Agroraya Indonesia. Surfaktan komersil pembanding yang digunakan adalah Teepol (*sodium alkyl*

sulphate; CAS-No. 72906-11-7) yang berfungsi sebagai zat pembasah pada pemasakan-pengelantangan serta pencelupan kain kapas dan rayon) dan Stamol WS (*sodium polynaphthalene sulphonate*; CAS-No. 36290-04-7) yang berfungsi sebagai zat pendispersi pada pencelupan poliester.

Hidrogen peroksida (H_2O_2) 35 %, soda kostik (NaOH) 38 °Be, garam glauber (Na_2SO_4), soda abu (Na_2CO_3), natrium hidrosulfit ($Na_2S_2O_4$), asam asetat (CH_3COOH), dan stabilizer (*peroxide killer*) diperoleh dari Bratachem. Zat warna reaktif yang digunakan untuk pencelupan kain kapas adalah *Reactive Blue KNR* (C.I. *Reactive Blue 19*) dan untuk rayon adalah *Procion Red HE3B* (C.I. *Reactive Red 120*) sedangkan untuk pencelupan poliester menggunakan zat warna dispersi *Dianix Yellow F3G-E conc.* (C.I. *Disperse Yellow 64*).

Pemasakan-Pengelantangan dan Pencelupan Kain Kapas dan Rayon

Proses pemasakan-pengelantangan kain kapas dan rayon, pemasakan/relaksasi poliester, serta pencelupan kain kapas dan rayon dilakukan dengan metode perendaman (*exhaust*) menggunakan mesin *exhaust dyeing* skala laboratorium (Werner Mathis AG). Formulasi bahan dan kondisi proses tersaji dalam Tabel 1 dan 2. Setelah pencelupan, kain dicuci sabun dengan formulasi surfaktan 1 mL/L, dipanaskan 95 °C selama 10 menit, dan dibilas dengan air bersih.

Tabel 1. Formulasi Pemasakan-Pengelantangan

Bahan dan Kondisi Proses	Jenis Kain		
	Kapas	Rayon	Poliester
Surfaktan	2 mL/L	2 mL/L	2 mL/L
H_2O_2 35%	6 mL/L	6 mL/L	--
NaOH 38 °Be	3 mL/L	--	--
Na_2CO_3	--	5 g/L	1 g/L
Stabilizer	1 mL/L	1 mL/L	--
Suhu	98 °C	80 °C	90 °C
Waktu	60 menit	60 menit	45 menit
Vlot	1 : 20	1 : 20	1 : 20

Tabel 2. Formulasi Pencelupan

Bahan dan Kondisi Proses	Jenis Kain		
	Kapas	Rayon	Poliester
Surfaktan	2 mL/L	2 mL/L	1 mL/L
Zat Warna	Reaktif 2 % of weight fabrics (o.wf.)	Reaktif 2 % o.w.f	Dispersi 2 % o.w.f
Na ₂ SO ₄	60 g/L	40 g/L	--
Na ₂ CO ₃	20 g/L	20 g/L	--
CH ₃ COOH	--	--	0,5 mL/L (pH 4 ~ 5)
Suhu	80 °C	80 °C	130 °C
Waktu	60 menit	60 menit	60 menit
Vlot	1 : 20	1 : 20	1 : 20

Pencelupan Kain Poliester

Proses pencelupan kain poliester dilakukan dengan metode perendaman menggunakan mesin *exhaust dyeing* HT/HP skala laboratorium (SDL Atlas). Formulasi bahan dan kondisi proses tersaji dalam Tabel 2. Setelah pencelupan, kain dicuci reduksi dengan formulasi surfaktan 1 ml/L, natrium hidrosulfit 3 g/L, soda kostik 3 g/L, dipanaskan 70 °C selama 10 menit, dan dibilas dengan air bersih.

Pengujian yang dilakukan pada surfaktan sebelum pemasakan dan pengelantangan meliputi observasi visual, uji pH larutan (ASTM E70 2007), dan waktu pembasahan (AATCC TM-17 2005). Pengujian yang dilakukan pada kain setelah pemasakan dan pengelantangan meliputi pengujian kekuatan tarik (ASTM D 5035 2011), derajat putih (AATCC TM-110 2005), dan daya serap bahan (SNI 0279 2013). Pengujian yang dilakukan pada kain setelah pencelupan meliputi ketahanan warna (AATCC *Evaluation Procedure* 6 2008), beda warna (SNI ISO 105-J03 2010), ketahanan luntur warna terhadap pencucian (SNI ISO 105-Co4 2010), dan ketahanan luntur warna terhadap gosokan (SNI ISO 105-X12 2012).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran pH larutan yang disajikan pada Tabel 3 menunjukkan surfaktan komersil dan MES 1 bersifat asam, sedangkan DEA bersifat basa dan MES 2 bersifat netral.

Kemungkinan hal ini dapat disebabkan karena pada saat sistesis, MES 1 dan DEA belum mengalami proses penetralan sehingga nilai pH tidak mendekati 7. Pada proses basah tekstil, pH mendekati netral lebih direkomendasikan agar surfaktan tidak mengganggu reaksi antara zat pengelantang atau zat warna dengan serat.

Waktu pembasahan menunjukkan kemampuan surfaktan dalam menurunkan tegangan permukaan, makin cepat waktu pembasahan maka makin mudah suatu bahan terserap. Hasil pengujian waktu pembasahan yang ditunjukkan pada Tabel 3 diketahui bahwa surfaktan pembanding (teepol) memiliki waktu pembasahan yang paling cepat (16,88 detik) sedangkan surfaktan MES 2 memiliki waktu pembasahan yang paling lambat (104,18 detik). Nilai waktu pembasahan surfaktan MES 2 dan DEA tidak jauh berbeda (104,18 dan 102,27 detik) namun bila dibandingkan dengan kedua surfaktan tersebut, MES 1 memiliki waktu pembasahan lebih cepat (54,65 detik) walaupun belum secepat surfaktan pembanding.

Pengujian kekuatan tarik kain dilakukan untuk mengetahui pengaruh pemasakan dan pengelantangan terhadap sifat fisis kain. Hasil pengujian yang diperlihatkan pada Tabel 4 menunjukkan bahwa kekuatan tarik kain pada kain kapas dan rayon mengalami penurunan setelah pemasakan-pengelantangan untuk semua jenis surfaktan.

Tabel 3. Hasil pengujian sebelum pemasakan-pengelantangan

Parameter Uji	Teepol	MES 1	MES 2	DEA
Penampakan Visual Sampel	Bentuk	cairan kental	cairan encer	Serbuk
	Warna	Tak berwarna	coklat kehitaman	Putih
pH	5,7	5,0	7,0	8,4
Wetting time (detik)	16,88	54,65	104,18	102,27

Tabel 4. Hasil pengujian setelah pemasakan-pengelantangan

Parameter Uji	Jenis Kain	Kain Mentah	Pemasakan-pengelantangan					
			Tanpa surfaktan	+ Teepol	+ MES 1	+ MES 2	+ DEA	
Kekuatan tarik (N)	Kapas	Arah Lusi	287,81	242,89	242,42	239,97	222,34	230,26
		Arah Pakan	222,12	184,33	187,78	194,76	185,95	182,26
	Rayon	Arah Lusi	176,01	138,86	139,14	130,63	137,02	140,67
		Arah Pakan	99,38	88,91	88,02	86,84	89,04	96,58
	Poliester	Arah Lusi	362,49	387,89	376,69	382,28	373,81	363,10
		Arah Pakan	264,43	302,03	295,69	281,39	286,28	276,06
Derajat putih (%)	Kapas	13,09	63,66	69,91	68,33	70,11	68,46	
	Rayon	5,7	67,75	69,34	68,61	71,57	66,31	
	Poliester	67,42	67,8	68,67	64,05	72,02	64,72	
Daya serap kain (detik)	Kapas	> 5 min	> 5 min	15,90	10,60	90,60	24,80	
	Rayon	21,00	0,69	0,60	0,54	0,46	0,55	
	Poliester	3,20	138,51	> 5 min	> 5 min	176,80	34,80	

Kain kapas yang diproses dengan MES 2 mengalami penurunan kekuatan tarik sebesar 22,7% sedangkan kain rayon yang diproses dengan surfaktan MES 1 mengalami penurunan kekuatan tarik sebesar 25,7%. Kain poliester mengalami peningkatan kekuatan tarik dari 0,2 hingga 14,7%. Proses pemasakan-pengelantangan secara simultan menggunakan NaOH sebagai zat pemasak dan hidrogen peroksida sebagai zat pengelantang yang berfungsi untuk menyabunkan sisa minyak, menetralkan asam karboksilat, melarutkan zat penganji, dan mendispersikan kotoran alami pada serat alam sedangkan

surfaktan berfungsi sebagai zat pembasah. Penurunan kekuatan tarik pada kain berbasis serat selulosa seperti kapas dan rayon dapat terjadi karena pH terlalu basa dan mengakibatkan ion perhidroksil (HO_2^-) dari hidrogen peroksida terdekomposisi lebih cepat. Bila kecepatan dekomposisi terlalu tinggi, maka ion HO_2^- yang tidak terpakai dapat merusak serat, akibatnya kekuatan tarik kain menurun. pH yang aman dan optimum untuk proses bleaching serat selulosa terletak antara 10,5 ~ 10,8 dimana kecepatan evolusi ion perhidroksil sama dengan kecepatan yang

diperlukan untuk mendekomposisi noda (Menezes and Choudhari 2011).

Derajat putih dapat dijadikan satu tolak ukur untuk menilai sejauh mana efektivitas proses persiapan penyempurnaan suatu bahan dalam hal ini pemasakan-pengelantangan secara simultan pada kain kapas dan rayon, serta pemasakan-relaksasi pada kain poliester. Makin tinggi nilai derajat putih, makin putih penampakan suatu bahan. Dari hasil pengujian derajat putih, yang disajikan pada Tabel 4 diketahui bahwa nilai derajat putih kain pada semua jenis surfaktan memiliki nilai yang saling mendekati, namun nilai derajat putih yang paling menonjol diperoleh pada surfaktan MES 2 dengan nilai secara berturut-turut pada kain kapas, rayon, dan poliester adalah 70,11%; 71,57%; dan 72,57%. Hal ini dapat disebabkan oleh pH MES 2 yang netral (pH 7). pH netral tidak akan mengganggu reaksi antara zat pengelantang dan serat sehingga proses pengelantangan atau pemutihan menjadi lebih optimum.

Daya serap kain menunjukkan kemampuan surfaktan dalam membantu penyerapan terhadap suatu bahan, makin cepat nilai daya serap maka daya serap terhadap bahan semakin baik. Dari hasil pengujian daya serap yang disajikan pada Tabel 4 diketahui bahwa kain yang diproses dengan surfaktan MES 2 memiliki daya serap paling cepat (0,46 detik). Fenomena tersebut juga dapat dianalisis berdasarkan nilai pH. MES 2 memiliki pH netral yang memungkinkan reaksi pemasakan lebih optimum sehingga kemampuan penghilangan kotoran lebih besar dan hasilnya penyerapan kain pun lebih baik. Adapun pada kain poliester, nilai yang paling baik ditunjukkan oleh kain mentah (3,2 detik). Hal ini dapat disebabkan oleh penutupan pori-pori serat pada saat proses pemasakan yang menggunakan surfaktan dan alkali lemah sehingga daya serap kain lebih lambat dibandingkan kain yang belum diproses (kain mentah). Nilai paling buruk ditunjukkan oleh teepol dan MES 1 dimana waktu penyerapan lebih dari 5 menit. Fenomena tersebut kemungkinan disebabkan oleh pH larutan Teepol dan MES 1 yang bersifat asam dimana masing-masing surfaktan memiliki nilai pH 5,7 dan 5,0.

Kekuatan warna menunjukkan sejauh mana zat warna dapat terserap oleh bahan.

Makin tinggi kekuatan warna suatu bahan, makin tua warna yang terlihat. Salah satu fungsi dari surfaktan adalah sebagai zat pembasah. Minyak sawit sebagai bahan baku surfaktan nabati memiliki nilai keseimbangan antara gugus hidrofilik dan hidrofobik atau *hydrophile-lipophile balance* (HLB) sekitar 7 hingga 10. Berdasarkan tabel nilai HLB dan aplikasinya, nilai tersebut menunjukkan bahwa surfaktan dapat diaplikasikan sebagai zat pembasah (Hambali, Suryani, and Rivai 2012). Surfaktan mampu meningkatkan daya serap kain, memfasilitasi perpindahan larutan melalui struktur kain dan difusi zat warna di dalam serat (Ristić 2013). Tabel 5 menyajikan data hasil uji kekuatan warna kain kapas dan rayon yang dicelup zat warna reaktif dengan variasi penambahan surfaktan MES 1, MES 2, DEA, dan teepol serta kain poliester yang dicelup zat warna dispersi dengan variasi penambahan surfaktan MES 1, MES 2, DEA, dan setamol. Perbandingan/standar yang digunakan adalah kain yang dicelup tanpa surfaktan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada kain kapas dan poliester, kekuatan warna paling tinggi diperoleh pada kain yang diproses dengan surfaktan MES 2 (120,23 % dan 106,95 %) sedangkan pada kain rayon, kekuatan warna paling tinggi diperoleh pada kain yang diproses dengan surfaktan MES 1 (108,31 %). Kekuatan warna yang paling rendah diperoleh pada surfaktan DEA pada pencelupan kapas dan rayon dengan zat warna reaktif (29,94 % dan 35,97 %). Kekuatan warna memiliki korelasi dengan daya serap sehingga apabila daya serap suatu bahan lebih baik maka kekuatan warna kain setelah pencelupan juga lebih baik. Sebagaimana dijelaskan dalam uraian sebelumnya bahwa MES 2 memiliki keunggulan dalam hal pH yang netral sehingga tidak mempengaruhi reaksi yang terjadi antara zat warna dan serat.

Pengujian beda warna dilakukan untuk mengetahui perbedaan warna antara kain hasil celup yang menggunakan surfaktan minyak sawit dan kain hasil celup yang menggunakan surfaktan perbandingan. Semakin kecil nilai beda warna (dE) semakin baik. Untuk aplikasi tekstil, nilai beda warna yang masih diterima adalah kurang dari 1.

Pada pencelupan kain kapas dan rayon, surfaktan yang digunakan sebagai perbandingan adalah Teepol karena potensi

yang ingin dilihat adalah surfaktan sebagai zat pembasah sedangkan pada pencelupan kain poliester, surfaktan yang digunakan sebagai pembanding adalah Setamol karena potensi yang ingin dilihat adalah sebagai zat pendispersi. Tabel 5 juga menyajikan data hasil uji beda warna kain kapas dan rayon yang dicelup zat warna reaktif dengan variasi penambahan surfaktan MES 1, MES 2, DEA, dan Teepol serta kain poliester yang dicelup zat warna dispersi dengan variasi penambahan surfaktan MES 1, MES 2, DEA, dan setamol. Pembanding/standar yang digunakan adalah kain yang dicelup dengan surfaktan pembanding. Hasil pengujian menunjukkan bahwa surfaktan MES 1 dan 2 yang diaplikasikan dalam pencelupan semua jenis kain memiliki nilai beda warna kurang dari 1. Beda warna yang paling kecil diperoleh pada kain yang diproses dengan surfaktan MES 1, dengan nilai secara berurutan pada kain kapas, rayon, dan poliester adalah 0,29; 0,36; dan 0,09. Beda warna yang paling besar diperoleh pada pencelupan kain kapas dan

rayon dengan surfaktan DEA dengan nilai beda warna 8,38 dan 6,41. Seperti halnya dalam kekuatan warna, beda warna juga ditentukan oleh banyaknya zat warna yang terfiksasi. pH DEA yang cenderung basa dapat mengganggu zat warna reaktif yang mudah terhidrolis dalam suasana alkali sehingga pada saat reaksi fiksasi, zat warna yang terikat lebih sedikit, akibatnya warna lebih muda dan beda warna terhadap kain standar juga besar. Tahan luntur warna merupakan salah satu parameter yang sangat penting untuk menentukan kualitas hasil pencelupan. Hasil pengujian pada Tabel 6 menunjukkan bahwa ketahanan luntur warna terhadap pencucian untuk semua jenis kain yang dicelup dengan bantuan surfaktan komersil dan surfaktan minyak sawit, memiliki nilai skala 4-5. Ini mengindikasikan bahwa surfaktan tidak mempengaruhi reaksi pengikatan antar zat warna dan serat sehingga ketahanan luntur warna terhadap pencucian tetap baik.

Tabel 5. Hasil pengujian setelah pencelupan

Parameter Uji	Jenis Kain	Pencelupan			
		+ Surfaktan Pembanding	+ MES 1	+ MES 2	+ DEA
Kekuatan warna/ color strength (%)	Kapas	110,85	113,45	120,23	29,94
	Rayon	100,61	108,31	93,96	35,97
	Poliester	101,88	103,15	106,95	103,69
Beda warna (color difference)	Kapas	-	0,29	0,68	8,38
	Rayon	-	0,36	0,47	6,41
	Poliester	-	0,09	0,71	0,87

Tabel 6. Hasil pengujian tahan luntur warna terhadap pencucian

Jenis Kain	Kain Pelapis (Multifiber)	Nilai Grey Scale				
		Tanpa Surfaktan	Surfaktan Pembanding	MES 1	MES 2	DEA
Kapas	Asetat	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	Kapas	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	Nilon	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	Poliester	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	Akrilat	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	Wool	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5

Tabel 6. Hasil pengujian tahan luntur warna terhadap pencucian (lanjutan)

Jenis Kain	Kain Pelapis (Multifiber)	Nilai Grey Scale				
		Tanpa Surfaktan	Surfaktan Pemanding	MES 1	MES 2	DEA
Rayon	Asetat	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	Kapas	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	Nilon	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	Poliester	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	Akriat	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	Wool	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
Poliester	Asetat	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	Kapas	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	Nilon	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	Poliester	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	Akriat	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	Wool	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5

Tabel 7. Hasil pengujian tahan luntur warna terhadap gosokan

Jenis Kain	Gosokan	Nilai Grey Scale				
		Tanpa Surfaktan	Surfaktan Pemanding	MES 1	MES 2	DEA
Kapas	Kering	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	Basah	4	4	4	4	4-5
Rayon	Kering	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	Basah	4	4	4	4	4-5
Poliester	Kering	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	Basah	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5

Tabel 7 menyajikan hasil pengujian ketahanan luntur warna terhadap gosokan kering dan basah. Hasil uji tahan luntur warna terhadap gosokan kering untuk semua jenis kain yang dicelup dengan bantuan surfaktan pembanding dan surfaktan minyak sawit memiliki nilai skala 4-5, sementara untuk gosokan basah memiliki nilai skala 4. Adapun nilai uji gosok basah terbaik (skala 4-5) diperoleh pada kain yang diproses dengan bantuan surfaktan DEA. Hal ini dapat dipahami bahwa hasil pencelupan dengan surfaktan DEA memiliki warna yang paling muda dibandingkan dengan surfaktan lain sehingga warna yang terkikis oleh gosokan pun relatif lebih sedikit.

KESIMPULAN

Surfaktan MES unggul dalam hasil uji daya serap kain, derajat putih, kekuatan warna, dan beda warna sedangkan DEA unggul dalam ketahanan luntur warna terhadap gosokan basah. MES dan DEA memiliki ketahanan luntur warna yang sama terhadap pencucian dan gosokan kering. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa MES lebih berpotensi untuk diaplikasikan pada pemasakan, pengelantangan, dan pencelupan tekstil sehingga diharapkan dapat menjadi alternatif pengganti surfaktan komersil yang terbuat dari minyak bumi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada SBRC - IPB (*Surfactant and Bionergi Research Center* - Institut Pertanian Bogor) dan CV. Agroraya Indonesia atas kerjasamanya dalam penelitian ini.

PUSTAKA

- AATCC Evaluation Procedure 6. 2008. *Instrumental Color Measurement*.
- AATCC TM-110. 2005. *Whiteness of Textiles*.
- AATCC TM-17. 2005. *Wetting Agents, Evaluation of*.
- ASTM D 5035. 2011. *Standard Test Method for Breaking Force and Elongation of Textile Fabrics (Strip Method)*.
- ASTM E70. 2007. *Standard Test Method for pH of Aqueous Solutions With the Glass Electrode*.
- Farn, Richard J. 2007. *Chemistry and Technology of Surfactants*.
- Hambali, Erliza, Tatit K Bunasor, Ani Suryani, and Giri Angga Kusumah. 2005. "Aplikasi Dietanolamida Dari Asam Laurat Minyak Inti Sawit Pada Pembuatan Sabun Transparan." *Teknologi Industri Pertanian* 15 (2): 46–53.
- Hambali, Erliza, Ani Suryani, and Mira Rivai. 2012. *Teknologi Surfaktan Dan Aplikasinya*. Bogor: IPB Press.
- Hambali, Erliza, Ani Suryani, and Mira Rivai. 2013. "Proses Pengembangan Teknologi Surfaktan MES Dari Metil Ester Minyak Sawit Untuk Aplikasi EOR/IOR : Dari Skala Lab Ke Skala Pilot." *Konferensi Nasional "Inovasi Dan Technopreneurship"*.
- Lukas, Eddy. 2005. "Prospek Pemanfaatan Emulsifier Berbasis Minyak Sawit Pada Industri Makanan Dan Minuman" Seminar Na: 38–47.
- Martínez, Daniel, Gustavo Orozco, Sandra Rincón, and Iván Gil. 2010. "Simulation and Pre-Feasibility Analysis of the Production Process of α -Methyl Ester Sulfonates (α -MES)." *Bioresource Technology* 101 (22): 8762–71.
- Menezes, Edward, and Mrinal Choudhari. 2011. "Pre-Treatment of Textiles prior to Dyeing." *Textile Dyeing*, 221–41.
- Nirwana, Irdoni, and Jatikta Yuniharti. 2015. "Sintesis Surfaktan Metil Ester Sulfonat Dari Palm Oil Methyl Ester Dan Natrium Metabisulfit Dengan Penambahan Katalis Kalsium Oksida." *Jurnal Riset Kimia* 8 (2).
- Puwaningtyas, Ery Fatarina, and Bambang Pramudono. 2009. "Pembuatan Surfaktan Polyoxyethylene Dari Minyak Sawit :." *Reaktor* 12 (3): 175–82.
- Ristić, Nebojša. 2013. "The Effect of Nonionic Surfactant Treatment on Dyeing of Cotton Fabrics" 62: 8–13.
- Rivai, Mira, Irawadi, Tun Tedja, Ani Suryani, and Dwi Setyaningsih. 2011. "Penentuan Kondisi Proses Produksi Surfaktan Mes Untuk Aplikasi EOR pada Batuan Karbonat." *Agrointek* 1 (1): 45–52.
- SNI 0279. 2013. *Cara Uji Daya Serap Bahan Tekstil*.
- SNI ISO 105-C04. 2010. "Ketahanan Luntur Warna Terhadap Pencucian."
- SNI ISO 105-J03. 2010. *Perhitungan Beda Warna*.
- SNI ISO 105-X12. 2012. *Ketahanan Luntur Warna Terhadap Gosokan*.
- Wang, Ziping, and Young Zhu. 2006. "Surfactant Applications in Textile Processing." In *Handbook of Detergents, Part D: Formulations*, 279–3004. CRC Press.
- Yangxin, Y.U., Jin Zhao, and Andrew E Bayly. 2008. "Development of Surfactants and Builder in Detergent Formulations." *Chinese Journal of Chemical Engineering* 16 (4): 517–28.

POTENSI BAMBU GOMBONG DAN INDUSTRI UNTUK PEMBUATAN SERAT RAYON VISKOSA

SUSI SUGESTY, TEDDY KARDIANSYAH, FREDERIKUS TUNJUNG SETA dan REYNALDO BIANTORO
BALAI BESAR PULP DAN KERTAS KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN
Jalan Raya Dayeuhkolot No. 132 Bandung 40258

ABSTRAK

Saat ini ketersediaan *dissolving pulp* (pulp rayon) dari kayu sebagai bahan baku pembuatan serat rayon viskosa di Indonesia masih sangat mengandalkan impor, kondisi ini diperkuat juga dengan adanya persyaratan SVLK (Sistem Verifikasi Legalitas Kayu). Salah satu solusi adalah dengan menggunakan bahan baku selain kayu yaitu bambu. Penelitian ini bertujuan untuk mencari kondisi operasi pembuatan *dissolving pulp* dari bambu Industri dan Gombang serta kondisi operasi pembuatan serat rayon viskosa. Pembuatan pulp dengan proses *Pre-hydrolyzed-Kraft* dan pemutihan pulp dengan teknologi ramah lingkungan yaitu ECF (*Elemental Chlorine Free*) dengan tahap ODoEoD₁D₂ diakhiri dengan penambahan asam. Proses pembuatan serat rayon yang optimal pada penelitian ini adalah dengan menggunakan *dissolving pulp* bambu Gombang; waktu alkalisasi 14 menit, temperatur 52 °C ; penggunaan CS₂ 33%; temperatur aging 42 °C dan waktu pematangan viskosa selama 7 jam, dan penambahan zat aditif.

Kata kunci : bambu gombang, rayon viskosa, *dissolving pulp*, *elemental chlorine free*

ABSTRACT

Currently the availability of wood pulp as a raw material for making viscose rayon fibers in Indonesia still relies heavily on imports, this condition is also reinforced by the existence of SVLK (Timber Legality Verification System) requirements. One solution is to use non wood raw materials, namely bamboo. This aims of this study to find the operating conditions for making *dissolving pulp* from Industrial and Gombang bamboo and also the operating conditions for making viscose rayon fibers. Pulping process with the *Pre-hydrolyzed-Kraft* and pulp bleaching process with ECF (*Elemental Chlorine Free*) with the stages ODoEoD₁D₂ with acid. The optimal process for making rayon fibers in this experiment is to use Gombang bamboo *dissolving pulp*; alkalization time of 14 minutes, temperature of 52 °C; CS₂ dosage 33%; the aging temperature is 42 °C and the viscose ripening time is 7 hours, and additives added.

Keywords : gombang bamboo, viscose rayon, *dissolving pulp*, *elemental chlorine free*

PENDAHULUAN

Industri serat rayon viskosa di Indonesia dalam beberapa tahun ini mengalami peningkatan yang cukup pesat, peningkatan tersebut seiring dengan laju pertumbuhan penduduk dan banyaknya permintaan tekstil di pasaran dunia (Hassi dkk., 2011). Industri rayon selama ini masih sangat mengandalkan impor untuk memenuhi kebutuhan *dissolving pulp* sebagai bahan baku serat rayon viskosa. Salah satu upaya untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan mencari bahan baku alternatif *dissolving pulp* untuk pembuatan rayon yaitu bambu yang

banyak ditanam di hutan rakyat dan mempunyai potensi sangat besar untuk pembuatan serat rayon viskosa (Sugesty, 2014).

Industri tekstil di Indonesia tumbuh dengan pesat dalam dekade terakhir, kebutuhan industri meningkat seiring dengan laju pertumbuhan penduduk dan banyaknya permintaan tekstil di pasaran dunia. Secara langsung hal tersebut dapat mempengaruhi kebutuhan serat kapas sebagai bahan baku. Ketergantungan antara faktor – faktor iklim, cuaca, dan kesuburan tanah menyebabkan hasil panen kapas tidak selalu memenuhi

bahan baku serat. Untuk mengatasi hal tersebut dibuatlah bahan baku serat semi sintetis (*viscose*) dari bahan dasar selulosa dengan kualitas yang menyamai serat alam (Long, 2005). Bahkan serat ini mempunyai kelebihan yaitu komposisi dapat di atur sesuai kebutuhan. Sumber *viscose* juga lebih efisien 3 sampai 4 kali dibandingkan dengan serat kapas. Serat *viscose* sangat penting bagi upaya Indonesia untuk menurunkan impor kapas. Saat ini, sedang dibangun industri pembuatan serat *viscose* di daerah Sukoharjo dan Riau sehingga akan membuat semakin meningkatnya kebutuhan bahan baku pembuatan serat *viscose* yaitu *dissolving pulp*. Meningkatnya kebutuhan rayon akan berbanding lurus dengan meningkatnya kebutuhan akan bahan baku pembuatan serat rayon yaitu *dissolving pulp*. Bahan baku *dissolving pulp* yang telah teruji dan digunakan di Industri umumnya adalah serat panjang dari kayu pinus dan serat pendek dari kayu ekaliptus (Syafii dan Siregar, 2006).

Akan tetapi bahan baku dari industri serat rayon *viscose* tersebut masih berasal dari impor dari luar negeri diantaranya Afrika Selatan, Amerika Serikat, Austria, dll (Sixta, 2006). Sementara itu Indonesia hanya memiliki satu industri pulp yang memproduksi *dissolving pulp* dengan bahan baku serat pendek. Bahan baku serat pendek di Indonesia ditanam dalam bentuk Hutan Tanaman Industri (HTI). Serat asli berasal dari bahan baku kayu dimana di Indonesia telah dikembangkan pola HTI (hutan tanaman industri). Pengembangan hutan tanaman industri (HTI) sampai saat ini kurang berhasil mengimbangi laju kebutuhan pasokan bahan baku kayu yang semakin besar jumlahnya (Pasaribu dan Tampubolon, 2007).

Bertolak dari kondisi tersebut, salah satu solusi yang dapat menjadi bahan pertimbangan adalah memproduksi *dissolving pulp* untuk pembuatan serat rayon *viscose* dengan menggunakan bahan baku non-kayu serat panjang dengan memanfaatkan hutan rakyat. Hal ini juga dapat menjaga kelestarian hutan di Indonesia. Salah satu jenis sumber serat pulp adalah bambu yang banyak ditanam di kawasan hutan rakyat. Bahan baku tersebut banyak dijumpai dan potensinya sangat besar. Tinjauan morfologis terhadap serat bambu menunjukkan bahwa serat ini layak untuk

dibuat *dissolving pulp*, walaupun masih ada kendala terhadap kualitas yang dihasilkannya seperti masih tingginya kandungan pentosan, abu dan rendahnya viskositas, hal ini kemungkinan akan berdampak pada kualitas serat rayon yang dihasilkannya. Panjang serat bambu rata-rata berkisar antara 2,3 – 4,4 mm, termasuk ke dalam serat panjang dan lebih panjang dari serat kayu pinus yang mempunyai panjang rata-rata 2,7 mm (Walker, 2006; Smook, 1992). Pemakaian serat bambu sebagai bahan baku *dissolving pulp* diharapkan dapat menjadi salah satu solusi dalam diversifikasi penggunaan bahan baku pulp khususnya bahan baku untuk pembuatan serat rayon sebagai pengganti kapas.

Penelitian ini adalah lanjutan dari penelitian bambu sebagai bahan baku *dissolving pulp* substitusi kapas untuk serat rayon. Berbagai jenis bamboo telah dibuat *dissolving pulp* dengan berbagai kondisi proses. Jenis bambu terpilih serta kondisi proses pembuatan pulp yang optimal yang akan dilanjutkan pada penelitian ini. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kualitas serat rayon viskosa yang dihasilkan dari *dissolving pulp* bambu Industri dan bambu Gombang.

Bahan dan metoda

Penelitian ini menggunakan bahan baku *dissolving pulp* dari bambu Gombang dan bambu Industri (campuran dari bambu Tali dan bambu Temen). Pelaksanaan penelitian ini meliputi persiapan bahan baku, prahidrolisa dengan asam encer, pembuatan pulp, pemutihan pulp, dan analisa karakteristik *dissolving pulp* (pulp putih) bambu, pembuatan serat rayon viskosa, analisa viskosa dan serat yang dihasilkan.

a. Persiapan Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini dikeringkan dalam udara terbuka untuk memperoleh kadar air yang seragam. Penentuan kadar air dilakukan dengan metoda oven menurut Standar Nasional Indonesia (SNI).

b. Pembuatan Pulp

Pembuatan pulp (pemasakan) bambu dilakukan dengan proses *Pre-hydrolyzed-Kraft* (PHK) dalam digester berputar (*rotary digester*) menggunakan

udara panas yang dapat dikontrol. Pulp hasil prehidrolisa dengan asam kemudian direfining selanjutnya dicuci, dilanjutkan dengan pemasakan menggunakan proses kraft dan dicuci menghilangkan lindi hitam dalam pulp. Pulp yang diperoleh diuraikan seratnya menggunakan agitator, kemudian disaring dengan saringan datar bergetar (*flat screen*) dan ditentukan rendemen total (*total yield*) dan bilangan Kappanya. Kondisi pemasakan selengkapnya tercantum pada Tabel 1.

c. Pemutihan Pulp

Pemutihan pulp hasil pemasakan bertujuan untuk mendapatkan pulp dengan derajat putih yang diinginkan.

Pemutihan pulp dilakukan tanpa menggunakan klorin (Cl_2), tetapi menggunakan senyawa klorin dioksida (ClO_2) yang dikenal dengan proses *elemental chlorine free* (ECF). Pemutihan pulp menggunakan 5 tahapan proses yaitu $OD_0EoD_1D_2$. Pulp dari setiap tahap pemutihan dicuci dengan air panas dan air dingin hingga bersih (pH netral). Pada tahap akhir ditambahkan asam untuk mengurangi kadar mineral dan meningkatkan derajat putih (*brightness*). Kondisi proses pemutihan pulp seperti pada Tabel 2. Pulp putih (*dissolving pulp*) yang diperoleh ditentukan rendemen pemutihan pulp dan rendemen pulp putih atas dasar bahan baku.

Tabel 1. Kondisi pemasakan bambu proses prahidrolisa-kraft

No	Parameter	Kondisi pemasakan
1	Prehidrolisa asam sulfat, %	0,2-0,4
2	Temperatur, °C	165
3	Nilai banding serpih : cairan pemasak (rasio)	1: 5
4	Sulfiditas, %	30-32
5	Alkali aktif, %	20-24
6	Target bilangan Kappa	10-15
7	Waktu Pemasakan, jam	2 + 1,5
8	Faktor H	1500-1600

Tabel 2. Kondisi Proses Pemutihan Pulp

Parameter	O	D ₀	E ₀	D ₁	D ₂	Asam
ClO_2 , %	-	0.22 KN	-	1	0.5	-
O_2 , psig	87	-	29	-	-	-
NaOH, %	1.5	-	1	-	-	-
H_2SO_4	-	Mengatur pH akhir	-	-	-	0,5
Konsistensi, %	10	60	10	10	10	10
Temperatur, °C	95	60	70	75	75	ruang
Waktu, Menit	60	60	60	180	180	5
pH akhir	10.5-10.8	2.5-3.5	11.5-12.0	4.0	3.5	3

d. Pengujian Karakteristik *Dissolving Pulp* Bambu

Karakteristik *dissolving pulp* diuji sesuai dengan spesifikasi SNI 0938:2010Pulp Rayon. Parameter yang diuji meliputi selulosa alfa, kelarutan dalam NaOH 18 % (S18), kelarutan dalam NaOH 10% (S10), kadar ekstraktif diklorometana (DCM), kadar abu, kadar abu tak larut asam, viskositas instrinsik, viskositas kuprietilendiamina dan derajat cerah (Kocurek, 1989).

Pengujian selulosa alfa sesuai dengan prosedur dalam SNI 0444 Pulp–Cara uji kadar selulosa alfa, beta dan gamma, kelarutan dalam alkali menggunakan SNI ISO 692, Pulp –Cara uji kelarutan dalam alkali, kadar ekstraktif berdasarkan SNI 7197, Cara uji kadar ekstraktif kayu dan pulp dalam diklorometana, kadar abu berdasarkan SNI 7460, Pulp, kertas dan karton – Cara uji kadar abu, viskositas intrinsik berdasarkan SNI ISO 5351:2012Pulp - Cara uji bilangan viskositas limit (viskositas intrinsik) dalam larutan kuprietilendiamina (CED) dan SNI 0936, Pulp–Cara uji viskositas-Kuprietilendiamin (Viskometer kapiler), serta derajat cerah menggunakan SNI ISO 2470, Kertas, karton dan pulp – Cara uji faktor pantul biru cahaya baur (derajat cerah ISO).

e. Pembuatan Serat Rayon Viskosa Dari *Dissolving Pulp* Bambu

Dissolving pulp yang telah dihasilkan dari pembuatan dan pemutihan pulp diukur kadar airnya dan ditimbang 100 gram untuk dibuat menjadi serat

rayon viskosa. Untuk pembuatan serat rayon viskosa, kondisi operasinya seperti pada Tabel 3 berikut ini. Setelah gelembung dihilangkan dari larutan viskosa, kemudian dipintal dengan larutan spinbath yang terdiri dari H₂SO₄, ZnSO₄, dan Na₂SO₄ pada bak pertama, aquademin pada bak kedua, dan aquademin dengan temperatur 50 °C pada bak ketiga (Östberg, 2012)

f. Karakterisasi Serat Rayon yang Dihasilkan

Serat rayon yang dihasilkan kemudian dianalisa kekuatan serat dan spektra FTIR.

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Komponen Kimia *Dissolving Pulp*

Dissolving pulp dari dua jenis bambu dapat memenuhi spesifikasi SNI pulp rayon, hanya parameter kadar abu tak larut asam yang masih belum memenuhi persyaratan SNI. Karakteristik kandungan selulosa *dissolving pulp* bambu lebih tinggi dari kandungan selulosa yang disyaratkan pada spesifikasi pulp rayon. Karakteristik kelarutan pulp dalam larutan alkali (S10 dan S18) dan kadar ekstraktif *dissolving pulp* lebih rendah dari spesifikasi pulp rayon. *Dissolving pulp* masih belum memenuhi persyaratan SNI pada parameter kadar abu tak larut asam, hal ini kemungkinan dapat diatasi dengan perlakuan awal secara mekanis menggunakan dekortikator dan dalam skala pabrik dengan proses pencucian pulp menggunakan *difuser washer*.

Tabel 3. Kondisi Pembuatan Serat Rayon Viskosa

No.	Proses	Temperatur (°C)	Waktu (menit)	Keterangan
1.	Alkalisasi	52	7-14	Direaksikan dengan NaOH 18%
2.	<i>Pressing</i> dan <i>Filtering</i>	ruang	15	-
3.	Pemeraman (<i>Aging</i>)	42	150-210	-
4.	Xanthasi	30	45	Direaksikan dengan CS ₂
5.	Pelarutan	10	150	Direaksikan dengan NaOH 3% dan ditambahkan aditif
6.	Pematangan	20	210-420	Sebelum dan sesudah pematangan ditambahkan aditif (Long, 2005)
7.	Penyaringan	20	60	-
8.	Penghilangan gelembung	20	60	-

b. Ballfall (viskositas) dan Hasil Pemintalan Rayon

Ballfall/viskositas viskosa dihitung setelah proses *dissolving*/pelarutan untuk menentukan kekentalan viskosa dan menjadi salah satu indikator kualitas viskosa (Stevens, 2001). Dari tabel di bawah dapat dilihat bahwa penggunaan $MnSO_4$ sebagai aditif pada

pembuatan serat rayon dari *dissolving pulp* bambu pada umumnya tidak berhasil dikarenakan penambahan $MnSO_4$ akan menambah kadar kandungan logam sehingga viskosa yang dihasilkan tidak berhasil disaring pada saat proses filtrasi, berbeda terbalik dengan *dissolving pulp* dari kayu.

Tabel 4. Hasil Komponen Kimia *Dissolving Pulp* Bambu Industri dan Gombong

No.	Parameter Uji	Satuan	SNI 0938:2010 Pulp Rayon	Bambu Gombong	Bambu Industri
1	Selulosa alfa	%	min. 94	96,69	95,87
2	S10	%	maks. 7,9	5,15	7,88
3	S18	%	maks. 4,9	2,65	3,56
4	Kadar abu tak larut asam	mg/kg	maks. 80	82	88
5	Kadar ekstraktif (diklorometana)	%	maks. 0,2	0,08	0,20
6	Kadar abu	%	maks. 0,15	0,07	0,11
7	Viskositas (intrinsik)	mL/g	min. 400	484	434
8	Viskositas (kuprietilendiamin)	cP	min. 6,2	10,59	9,46
9	Derajat cerah	% ISO	min. 88	88,31	87,40
10	Derajat Polimerisasi	-	-	1086	678
11	Pentosan	%	-	0,3	1,2

Tabel 5. Hasil Pembuatan Rayon Viskosa

No.	Bahan Baku	Ballfall (s)	Keterangan	Hasil
1.	Bambu Industri	26	Menggunakan Metode Industri Rayon Menggunakan $MnSO_4$ 0,4% Menggunakan Pulp 125 gr Viskosa tidak dapat disaring	Tidak Dapat dipintal
2.	Bambu Gombong	170	<i>Dissolving Pulp</i> 100 gr Filtrasi viskosa masih susah Tidak menggunakan $MnSO_4$	Tidak dapat dipintal
3.	Bambu Gombong	135	<i>Dissolving Pulp</i> mendapat perlakuan awal dengan diblender CS ₂ 38%	Tidak dapat dipintal
4.	Bambu Gombong	73	Menggunakan PEG saat Alkalisasi CS ₂ 38% selama 1 jam Waktu Pemeraman 3 jam Menggunakan Feeder Inlet Viscose	Tidak dapat dipintal

Tabel 5. Hasil Pembuatan Rayon Viskosa (lanjutan)

No.	Bahan Baku	Ballfall (s)	Keterangan	Hasil
5.	Bambu Industri	26	CS ₂ 36% Waktu Pematangan 7 Jam	Tidak Dapat dipintal
6.	Domsjo	106	<i>Dissolving Pulp</i> 125 gr Waktu pematangan 9 jam	Dapat Dipintal
7.	Bambu Industri	114	<i>Dissolving pulp</i> 100 gr Waktu alkalisasi 14 menit CS ₂ 33% Waktu Pemeraman 3 jam Waktu Pematangan 7 jam	Dapat Dipintal
8.	Bambu Gombong	108	<i>Dissolving pulp</i> 100 gr Waktu alkalisasi 14 menit CS ₂ 33% Waktu Pemeraman 3,5 jam Waktu Pematangan 7 jam	Dapat Dipintal
9.	Bambu Gombong + Aditif	91	<i>Dissolving pulp</i> 100 gr Waktu alkalisasi 14 menit CS ₂ 33% Waktu Pemeraman 3,5 jam Waktu Pematangan 7 jam	Dapat Dipintal
10.	Bambu Industri + Aditif	51	<i>Dissolving pulp</i> 100 gr Waktu alkalisasi 14 menit CS ₂ 33% Waktu Pemeraman 3 jam Waktu Pematangan 7 jam	Dapat Dipintal
11.	Bambu Gombong + Aditif	108	<i>Dissolving pulp</i> 100 gr Waktu alkalisasi 14 menit CS ₂ 33% Waktu Pemeraman 3,5 jam Waktu Pematangan 3,5 jam	Dapat Dipintal

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa penggunaan MnSO₄ sebagai aditif pada pembuatan serat rayon dari *dissolving pulp* bambu pada umumnya tidak berhasil dikarenakan penambahan MnSO₄ akan menambah kadar kandungan logam sehingga viskosa yang dihasilkan tidak berhasil disaring pada saat proses filtrasi, berbeda terbalik dengan *dissolving pulp* dari kayu.

Dissolving pulp bambu berhasil dipintal menjadi serat rayon dikarenakan proses pematangan atau *ripening* viskosa diturunkan dari waktu proses yang biasa digunakan di industri dengan bahan baku pulp kayu yaitu 9 jam menjadi 7 jam. Pada waktu proses

pematangan selama 9 jam, viskosa sudah sangat kental dan rusak sehingga susah untuk dipompakan menuju *spinbath* dan tidak dapat melewati *spineret*. Hal itu dapat ditunjukkan dengan warna viskosa yang telah berubah warnanya menjadi hijau tua menuju ke hitam. Sedangkan pada percobaan nomor 5, waktu pematangan menjadi 7 jam tetapi belum berhasil dibuat menjadi serat rayon dikarenakan *ballfall*/viskositasnya terlalu rendah (*encer*) sehingga serat mudah putus pada saat proses pemilinan.

Dengan adanya penambahan aditif pada proses *dissolving*/pelarutan dan *ripening*/pematangan, terbukti dapat

memperlancar proses pemilinan. Tanpa ditambah aditif hanya dapat ditarik sampai ke godet 1, sedangkan setelah ditambah aditif proses pemilinan dapat lebih panjang sampai ke godet 3. Aditif yang digunakan akan berpengaruh pada distribusi partikel gel di dalam viskosa dan akan mempengaruhi proses pematangan viskosa. Apabila banyak terdapat gel di dalam viskosa akan menghambat proses filtrasi dan akan membuat viskosa susah melewati lubang *spinnerete*.

Dari hasil analisa kekuatan tarik beberapa jenis serat diatas, yang dapat menghasilkan serat rayon dengan spesifikasi serat rayon reguler industri (minimal 2,6 gram/denier) adalah bambu gombang dengan zat aditif pada godet ketiga dikarenakan kekuatan tarik serat akan meningkat sesuai dengan urutan godet pada saat proses *spinning*.

Pada pembuatan serat rayon tanpa menggunakan aditif, viskosa banyak tertahan di *spineret* sehingga mengurangi jumlah serat yang keluar, akibatnya serat rayon yang

terbentuk tidak mampu untuk dipintal pada godet kedua dan ketiga.

Zat aditif ditambahkan pada saat proses *dissolving* atau pelarutan selulosa xantat dan saat pematangan viskosa dengan tujuan mempengaruhi distribusi gel sehingga selulosa xantat dapat lebih banyak larut menjadi viskosa dan mengurangi timbulnya *bubble* atau gelembung udara dan gel yang menandakan selulosa belum sepenuhnya larut menjadi viskosa. Serat rayon dari bambu Gombang memiliki kekuatan tarik lebih tinggi dari persyaratan SNI 08-0116-2004, *Serat Stapel Rayon Viskosa Reguler*

Proses alkalisasi bertujuan melarutkan hemiselulosa termasuk pentosan dan meningkatkan reaktifitas *dissolving pulp*. Banyaknya hemiselulosa yang larut akan lebih banyak molekul selulosa yang bereaksi dengan CS₂, sehingga yang dikonversikan menjadi viskosa juga lebih banyak. Kadar pentosan dan S18 pada *dissolving pulp* bambu Industri juga lebih tinggi daripada bambu Gombang sehingga lebih susah dalam proses filtrasi.

Tabel 6. Hasil Analisa Kekuatan Rata-Rata Serat Rayon

No.	Serat Rayon	Kehalusan (Denier)	Kekuatan Tarik (gr)	Kekuatan tarik Rata-Rata (gr/Denier)
1.	Bambu Gombang Godet 1	32,94	16,1	0,49
2.	Bambu Gombang +Aditif Godet 1	20,94	5,8	0,28
3.	Bambu Gombang +Aditif Godet 2	14,16	13,1	0,92
4.	Bambu Gombang +Aditif Godet 3	9,53	27,1	2,84
5.	Bambu Industri Godet 1	9,49	3,7	0,39
6.	Bambu Industri +Aditif Godet 1	15,30	6,1	0,40
7.	Bambu Industri +Aditif Godet 2	14,61	6,1	0,42
8.	Bambu Industri +Aditif Godet 3	12,85	6,8	0,53

Godet 1: pemintalan pada gulungan pertama dengan jarak 1 meter dari *spinnerete*

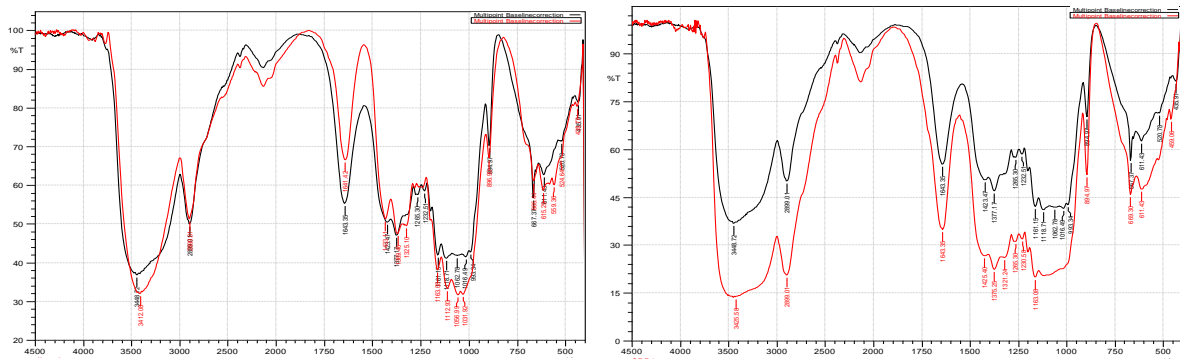
Godet 2: pemintalan pada gulungan kedua dengan jarak 2 meter dari *spinnerete*

Godet 3: pemintalan pada gulungan ketiga dengan jarak 3 meter dari *spinnerete*

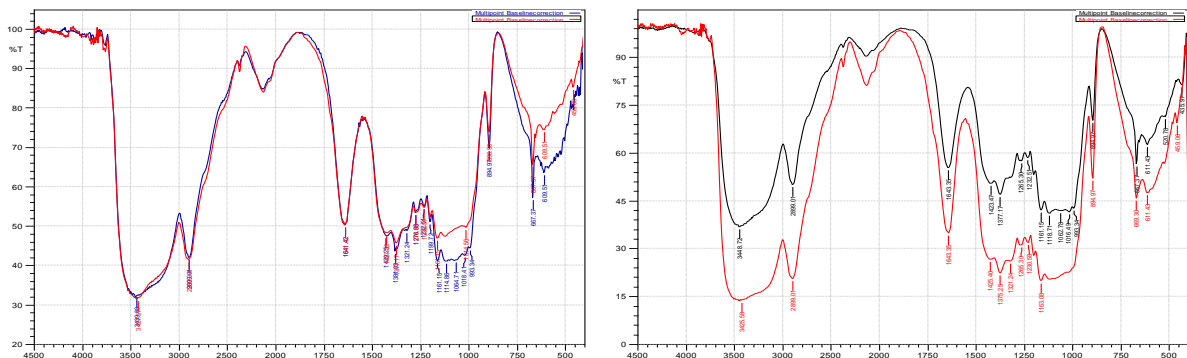
c. Hasil Analisis FTIR

Dari kurva FTIR diatas dapat dilihat bahwa tidak ada perubahan gugus fungsi selama *dissolving pulp* diproses menjadi serat rayon, hanya terdapat perbedaan intensitas. Pada umumnya intensitas serat rayon (metrah) lebih tinggi daripada serat dari *dissolving pulp* (hitam). Pada serat rayon

terdapat beberapa puncak yang cukup jelas yaitu 3449 cm^{-1} yang menunjukkan vibrasi tekuk dari OH; 2899 cm^{-1} yang menunjukkan vibrasi mulur simetris dari CH_2 ; 1644 cm^{-1} yang menunjukkan vibrasi ulur dari ikatan rangkap alken; 1377 cm^{-1} yang menunjukkan deformasi ulur dari C-H, serta 1161 dan 1232 cm^{-1} yang menunjukkan jembatan C-O-C asimetris.



Gambar 1. Spektra FTIR *Dissolving Pulp* dan Serat Rayon Bambu Industri (kiri) serta Bambu Gombang (kanan)



Gambar 2. Spektra FTIR Serat Bambu Gombang dan Serat Bambu Gombang + Aditif (kiri) serta Bambu Industri (kanan)

Kesimpulan

1. Karakteristik *dissolving pulp* bambu Gombang dan Industri dapat memenuhi spesifikasi pulp rayon dari bahan baku kayu kecuali kadar abu tak larut asam
2. *Dissolving pulp* bambu Gombang dan Industri dapat dibuat serat rayon viskosa dengan waktu pematangan viskosa yang lebih pendek 2 jam dibandingkan dengan menggunakan *dissolving pulp* dari kayu
3. Dengan adanya penambahan aditif akan memudahkan proses pemintalan serat
4. Kekuatan serat yang memenuhi spesifikasi persyaratan SNI 08-0116-2004,

5. Proses pembuatan serat rayon yang optimal pada penelitian ini adalah dengan menggunakan *dissolving pulp* bambu Gombang; waktu alkalisasi 14 menit, temperatur $52\text{ }^{\circ}\text{C}$; penggunaan CS_2 33%; temperatur aging $42\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan waktu pematangan viskosa selama 7 jam, dan penambahan zat aditif.

Ucapan Terima Kasih

Kami menyampaikan terima kasih kepada Balai Besar Pulp dan Kertas yang telah mendukung penelitian ini serta PT. Indo Bharat Rayon atas penyediaan aditif, sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan lancar.

PUSTAKA

- Hassi, Heikki dan Aivilon Oy. 2011. *Future Outlook For Man-Made Cellulosic Fibres*. Forestcluster Ltd's Annual Seminar.
- Kocurek, M. J. 1989. *Alkaline Pulping, Pulp and Paper Manufacture, Volume V*. TAPPI-CPPA. Canada
- Long, Sin Yi. 2005. *New Developments In The Use Of Additives In The Viscose Industry*. Lenzinger Berichte, 84 (2005) 22-26. Akzo Nobel Surface Chemistry Pte Ltd. Singapore.
- Östberg, Linda. 2012. *Some Aspects On Pulp Pre-Treatment Prior to Viscose Preparation*, Karlstad University. Swedia.
- Pasaribu, R.A dan A.P.Tampubolon. 2007. *Status Teknologi Pemanfaatan Serat Kayu Untuk Bahan Baku Pulp*. Workshop Sosialisasi Program dan Kegiatan BPHPS Guna Mendukung Kebutuhan Riset Hutan Tanaman Kayu Pulp dan Jejaring Kerja. (Tidak dipublikasikan).
- Syafii, W dan I.Z. Siregar. 2006. Sifat kimia dan dimensi serat kayu mangium (Acacia mangium Willd.) dari tiga provenans. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis*. Vol. 4. No.1 : 29-32. Masyarakat Peneliti Kayu Indonesia
- Sixta, H. 2006. *Handbook of Pulp*. Wiley VCH. Weinheim
- Smook, G. A. 1992. *Handbook of Pulp and Paper Technologist*. Angus Wilde. Canada
- Stevens, M.P. 2001. *Polymer Chemistry*. Oxford University Press. Oxford
- Sugesty, Susi. 2014. *Bambu Sebagai Bahan Baku Dissolving Pulp Untuk Serat Rayon Substitusi Kapas*. Balai Besar Pulp dan Kertas. Bandung
- Walker, C.F.J. 2006. *Primary Wood Processing: Principles and Practice, 2nd Edition*, Springer Verlag, DordrechtWenzl, F. H. J. 1970. *The Chemical Technology of Wood*. Academic Press. New York.

ILUSTRASI DIGITAL DALAM BISNIS *APPAREL*

DIGITAL ILLUSTRATION IN THE APPAREL BUSINESS

RIKA NUGRAHA

UNIVERSITAS KUNINGAN

Jalan Cut Nyak Dhien Nomor 36 A Cijoho Kuningan.

e-mail : rika.nugraha@uniku.ac.id/fkom@uniku.ac.id

ABSTRAK

Perkembangan digitalisasi saat ini telah berkembang pesat serta adanya inovasi-inovasi berbasis teknologi informasi agar dapat terus membantu penggunanya dalam menyelesaikan aktivitasnya sehari-hari. Berbagai sektor telah merambah salah satunya dalam pemanfaatan teknologi tekstil. Digitalisasi dalam produk tekstil fungsional tidak saja dalam penggunaan mesin-mesin tekstil, digitalisasi visual mengalami perkembangan pula pada bisnis *apparel* di Indonesia. Perkembangan bisnis *apparel* dengan konsep *zero waste* dan *sustainable apparel* mulai diimplementasikan oleh desainer-desainer *fashion* di Indonesia dalam upaya peningkatan mutu TPT Nasional. Metode penelitian dilakukan dengan pendekatan komparasi dari penggunaan *apparel* ilustrasi digital para desainer *fashion* Indonesia. Terdapat nama ilustrator digital Renata Owen dan Komikus Ario Anindito yang bekerjasama dengan desainer *fashion* mengemas ilustrasi digital menjadi tampilan visual menarik pada *apparel*. Visual digital dalam *apparel* adalah salah satu bisnis retail di industri tekstil atau industri *fashion* yang mengemas bisnis *apparel* dengan tampilan ilustrasi-ilustrasi digital seperti ilustrasi komik, ilustrasi *figure*, ilustrasi tifografi, ilustrasi dekoratif diterapkan pada *apparel*. Perkembangan aplikasi digital *software* mempengaruhi perkembangan penggunaan teknologi tekstil di Indonesia. Kolaborasi antara desainer *fashion* dan pengembang *software* digital teknologi tekstil terus dilakukan dalam upaya restrukturisasi infrastruktur konvensional agar tepat guna, terutama dalam menyongsong era teknologi 4.0. Implikasi penelitian berupa kompulir data akurasi mengenai penerapan ilustrasi digital pada bisnis *apparel* di Indonesia.

Kata kunci : Ilustrasi, Digital, *Apparel*

ABSTRACT

The development of digitalization is now growing rapidly and the existence of information technology-based innovations in order to continue to help its users in completing their daily activities. Various sectors have penetrated one of them in the use of textile technology. Digitalization in functional textile products not only in the use of textile machinery, visual digitalization has also developed in *apparel* business in Indonesia. Development of *apparel* business with the *zero waste* concept, *sustainable apparel* began to be implemented by *fashion* designers in Indonesia in an effort to improve the quality of national textile products. The research method was carried out with a comparative approach from the use of digital illustration *apparel* Indonesian *fashion* designers. There is a digital illustrator name Renata Owen and Comicist Ario Anindito who collaborates with *fashion* designers to package digital illustrations into an attractive visual display on *apparel* business. Digital visuals in *apparel* are one of the retail businesses in the textile industry or *fashion* industry that pack *apparels* with digital illustration displays such as comic illustrations, *figure* illustrations, thypographic illustrations, decorative illustrations applied to *apparel*. The development of digital *software* applications influences the development of the use of textile technology in Indonesia. Collaboration between *fashion* designers and digital *software* developers of textile technology continues to be carried out in an effort to restructure conventional infrastructure to be effective, especially in the era of technology 4.0. The research implications are in the form of compiling accuracy data regarding the application of digital illustrations on *apparel* business in Indonesia.

Keywords : Illustration, Digital, *Apparel*

PENDAHULUAN

Ilustrasi digital merupakan eksplorasi kemampuan kreatif program komputer untuk membuat seni visual berupa ilustrasi (*illustration making*) dan memperbaiki ilustrasi (*Illustration Editing*). Secara sistem ilustrasi digital diolah melalui Gambar Vektor dan Gambar Bitmap dalam *software* komputer. Ilustrasi digital diterapkan dalam *apparel* perkembangannya dimulai pengaplikasiannya pada casual T-Shirt dengan bentuk tampilan ilustrasi sederhana berupa font (huruf). Bisnis *fashion* menggunakan *digital printing* memasuki ranah Indonesia pada 2015 melalui *Apparel Production Expo*. Teknik *digital printing* yang biasa digunakan pada kertas telah bergeser kepada produk tekstil. Terdapat tiga kategori digital printing untuk produk tekstil yaitu *sublimasi*, *direct to textile* dan *direct to garment*. Jumlah penduduk di Indonesia yang mencapai 250 juta menjadi peluang karena selama ini tekstil dalam negeri belum mampu memenuhi kebutuhan tersebut.

Menghadapi persaingan menuju pelaksanaan Masyarakat Ekonomi Asean (MEA), desain yang dimiliki Indonesia lebih baik, namun kebijakan di Indonesia masih diperlukan pertimbangan, disebabkan baru segelintir pelaku industri tekstil di Indonesia untuk menggunakan ketiga jenis *digital printing* dalam setiap produksinya. Adapun era digital juga memengaruhi para ilustrator manual untuk meningkatkan kualitasnya sehingga industri ilustrasi di Indonesia memegang posisi penting dalam industri kreatif. Berkembang pesat dan mempunyai tempat tersendiri di masyarakat dengan memanfaatkan internet, para ilustrator memiliki keleluasaan berkarya, berkolaborasi dan memamerkan karya mereka. Karya-karya mereka tersebar dalam bentuk sekuel cerita, aplikasi *mobile* hingga komik strip yang tersebar di berbagai media cetak. Terdapat beberapa ilustrator yang membidik ranah tekstil *apparel* sebagai media berkarya dan mempunyai segmentasi yang cukup diterima dalam industri *fashion* khususnya. Diantaranya adalah Renata Owen sebagai ilustrator muda dengan karya monumentalnya seperti Aqua Danone dan Ario Anindito sebagai ilustrator

dan komikus muda yang bergabung pada Marvel Comic.

Kedua ilustrator muda ini mengembangkan karyanya dengan memanfaatkan perkembangan industri *fashion* yang dikhususkan untuk *middle to high consumer*. Mereka menggabungkan kemampuan ilustrasi manual dan digital untuk diterapkan pada visualisasi rancangan *apparel* yang berbeda sehingga mempunyai nilai jual yang cukup tinggi.



Gambar 1. Ilustrasi Digital karya Renata Owen (Rika Nugraha, 2018)



Gambar 2. Ilustrasi Digital karya Renata Owen (Rika Nugraha, 2018)



Gambar 3. Ilustrasi Digital karya Renata Owen (Rika Nugraha, 2018)



Gambar 4. Ilustrasi Digital karya Ario Anindito (Rika Nugraha, 2018)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam ruang lingkup tekstil terdapat 5 jenis tekstil garapan yang dijadikan sumber acuan dalam penentuan produksi:

1. *House Hold Textile*
2. *Consumer Textile*
3. *Apparel Men, Woman, Kids*
4. *Industrial Textile*
5. *Furnishing Textile*

Penerapan ilustrasi digital pada *apparel* mempunyai keterkaitan antara kebutuhan *consumer textile* sebagai pihak pengguna/user dari *middle to high fashion*. Kebutuhan *apparel* menunjukkan varian tampilan visual yang diterapkan pada *apparel* wanita. Segi *industrial textile* memberikan angin segar untuk para *vendor digital printing* dalam memasuki era digital dengan penyediaan sarana industri untuk masyarakat luas.

Kemampuan membaca peluang bagi pelaku industri di tanah air melalui media digitalisasi semakin bertambah dengan adanya permintaan *fast fashion*. Industri *ready to-wear*, bisnis inovatif, *demand* konsumen digital melalui media baik aplikasi *e-commerce*, *personal shopper* menjadi budaya digitalisasi *fashion* dengan manajemen *supply chain* yang membuat jaringan produksi dan distribusinya secara efektif dan efisien. Penerapan visualisasi digital pada *apparel* termasuk dalam *slow fashion* yang dapat ditinjau dengan mengetahui tabel perbedaan *Slow Fashion* dan *Fast Fashion*.

Tabel 1. *Slow Fashion*

SLOW FASHION
Penggunaan tahan lama
Ketahanan lebih Baik
Berkualitas tinggi
Harga produk tinggi
Produksi beretika ramah lingkungan
Kecepatan produksi bukan prioritas utama
Penggunaan mesin digital

Tabel 2. *Fast Fashion*

FAST FASHION
Target produksi tinggi
Biaya produksi rendah
Pekerja murah
Permasalahan keselamatan kerja
Harga produk murah
Produksi <i>by season</i>
Produksi tidak ramah lingkungan
Penggunaan mesin digital

Terdapat tiga kategori digital printing untuk produk tekstil yaitu *sublimasi*, *direct to textile* dan *direct to garment*.



Gambar 4. *Dye Sublimation Printer* (Sumber : Plotterpro, 2018)

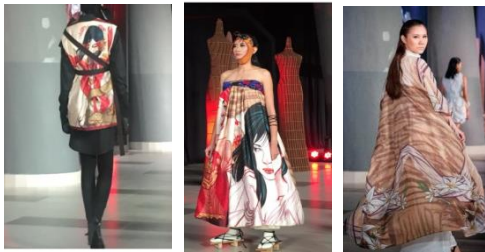


Gambar 5. *Direct to Fabric Printer* (Sumber : Vastrajet, 2018)



Gambar 6. Direct to Textile Printer
(Sumber : Mimaklusa, 2018)

Karya ilustrasi Ario Anindito dalam *apparel* wanita, menerapkan ilustrasi digital pada *ready to-wear* dengan konsep Bawang Merah dan Bawang Putih menggunakan *Direct Fabric Printer*.



Gambar 7. Penerapan Ilustrasi Digital Ario Anindito pada *Apparel* Wanita
(Anindito, 2018)



Gambar 8. Karya ilustrasi Renata Owen dan Danny Satriady dalam *apparel* wanita, menerapkan ilustrasi digital pada *ready to-wear* dengan konsep Urban Etnik menggunakan *Dye Sublimation Printer*



Gambar 9. Penerapan Ilustrasi Digital Renata Owen pada *Apparel* Wanita
(Renata Owen, 2016)



Gambar 10. Penerapan Ilustrasi Digital Renata Owen pada *Apparel* Wanita
(Renata Owen, 2016)



Gambar 11. Penerapan Ilustrasi Digital Renata Owen pada *Apparel* Wanita
(Renata Owen, 2016)



Gambar 12. Penerapan Ilustrasi Digital Renata Owen pada *Apparel* Wanita
(Renata Owen, 2016)



Gambar 13. Penerapan Ilustrasi Digital Renata Owen pada Apparel Wanita (Renata Owen, 2016)

KESIMPULAN

Perkembangan digitalisasi dalam era multidimensional memiliki 5 generasi sekaligus yang hidup dalam waktu yang bersamaan yakni generasi *baby boomers*, Gen X, Gen Y, Gen Z dan Gen Alpha. Pendekatan generasi dalam era digitalisasi juga membawa pengaruh pada sektor industri tekstil, dimana generasi *baby boomers*, Gen X dan separuh Gen Y akan lebih menerima brand yang mapan atau perusahaan industri ternama.

Kelompok kedua Gen X, Gen Y dan separuh Gen Z cenderung menyukai *experiential brand* yang dianggap lebih berkembang dan lebih tertarik pada brand yang memiliki keterikatan personal dengan diri mereka seperti yang tengah diinisiasi oleh para ilustrator muda ini. Renata Owen dan Ario Anindito adalah figure kesuksesan para ilustrator muda dalam menampilkan karya – karya mereka di dunia industri memberikan dampak positif terhadap profesi ilustrasi di Indonesia, memberikan *demand value* terhadap produk digitalisasi di Indonesia, serta pilihan produk *apparel* dengan pengaruh besar

terhadap ekonomi digital. Proses bisnis dan mindset cara orang bekerja sudah berubah memanfaatkan teknologi atau muncul *tagline* baru mengenai *digital space* di Indonesia.

Teknologi digital tekstil pada tahun 2030 Indonesia sedang berada di puncak bonus demografi yang usia produktifnya 2x lebih besar dibandingkan dengan yang tidak produktif. Pertumbuhan ekonomi di angka 5 %, konsumen kelas negara dapat bertambah 145 juta konsumen. Ekonomi Indonesia pada 2030 setara dengan ekonomi negara di ASEAN perlu didukung oleh infrastruktur yang mumpuni, dengan kata lain pertumbuhan ekonomi digital.

Bisnis *apparel* sebagai salah satu sektor pertumbuhan ekonomi digital merupakan stimulus kepada pelaku bisnis *e-commerce* mulai dari industri tekstil level pemula, UKM hingga *established business* untuk memanfaatkan teknologi informasi menuju perekonomian digital.

PUSTAKA

1. Sulistiyo Nugroho, Adi. *E-Commerce Teori dan Implementasi*, Ekuilibra. Yogyakarta. (2016).
2. Tapscott, Don. *Era Ekonomi Digital di Abad Networked Intelligence*. Abdi Tandur (1995).
3. Wolsen, Lea . *Step-step Realistic Digital Printing*. Elex Media Komputindo (2016).
4. Engel, Yohanes Agatha. *Pahlawan Ekonomi Kreatif (Indonesian Edition)*. Elex Media Komputindo (2017).
5. Gopalakhrisan, Karthik, Ganesan. *Apparel Manufacturing Technology*. CRC Press (2016).

ANALISIS DAYA DUKUNG LINGKUNGAN KOTA TASIKMALAYA

CARRYING CAPACITY RATIO ANALYSIS OF KOTA TASIKMALAYA

RUDI BURNAMA

Magister Ilmu Lingkungan Universitas Padjadjaran Bandung. e-mail: burnama53@gmail.com

ABSTRAK

Menjaga keseimbangan lingkungan bukan berarti menjadi antipati terhadap pembangunan. Tulisan ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan lingkungan untuk mendukung kehidupan dalam suatu keterbatasan kemampuan dan kondisi alam. Pada tahun 1996 Tasikmalaya dipecah menjadi Kota dan Kabupaten. Pembagian daerah administratif tersebut menimbulkan permasalahan pembangunan, budaya dan lingkungan. Kota Tasikmalaya terus mengalami transisi ke arah ciri kota besar yang ditandai dengan pembangunan cukup pesat dan perpindahan penduduk. Namun pembagian Kota dan Kabupaten ini menimbulkan dampak tersendiri terhadap daya dukung lingkungan Kota Tasikmalaya sebagai bagian terpisah dari Kabupaten. Dalam pengambilan kebijakan dan perencanaan pembangunan, Pemerintah Kota harus mempertimbangkan faktor daya dukung lingkungan. Metode dan analisis perlu digunakan untuk menghitung kemampuan lahan untuk alokasi pemanfaatan ruang, perbandingan antara ketersediaan dan kebutuhan lahan; dan perbandingan antara ketersediaan dan kebutuhan air. Pada akhirnya diperoleh batasan maksimum dari kemampuan lingkungan untuk mendukung kehidupan dan pembangunan yang dilaksanakan di Kota Tasikmalaya.

Kata kunci : daya dukung lingkungan, penggunaan lahan, ketersediaan air

ABSTRACT

Maintaining environmental balance does not mean being an antipathy towards development. This paper aims to determine the ability of the environment to support life in a limited capacity and natural conditions. In 1996 Tasikmalaya was divided into Kota and Kabupaten. The division of administrative regions raises development, cultural and environmental problems. Kota Tasikmalaya continues to experience a transition towards the characteristics of a large city characterized by rapid development and population movements. However, the division of the City and Regency has its own impact on the carrying capacity of the Kota Tasikmalaya as a separate part of Kabupaten. In policy development and planning, the City Government must consider the carrying capacity of the environment. Methods and analysis need to be used to calculate the ability of land for allocation of spatial use, the comparison between the availability and needs of land; and comparison between availability and water requirements. In the end, maximum limits were obtained from the ability of the environment to support life and development carried out in the Kota Tasikmalaya.

Keywords : Carrying Capacity, land use, water supply

PENDAHULUAN

Tasikmalaya merupakan daerah yang administratif yang sangat luas. Dahulu merupakan suatu Kabupaten besar di Jawa Barat yang terkenal akan kerajinan payung dan kelom geulis (berupa bakiak yang dilukis dengan motif khas Tasikmalaya). Namun seiring dengan perkembangannya Tasikmalaya dibagi menjadi 2 (dua) wilayah

administratif yaitu Kota Tasikmalaya dan Kabupaten Tasikmalaya.

Dampak pemecahan Kota Tasikmalaya yang sangat dirasakan adalah perubahan perekonomian dan sosial budaya dari Kota Tasikmalaya. Pada tahun 2001 mulai terjadi ledakan perpindahan penduduk dari daerah sekitar Kota Tasikmalaya seperti dari Ciamis, Banjar, Garut, bahkan Bandung dan Jawa Tengah. Faktor utama perpindahan ini terjadi

karena perkembangan perekonomian Kota Tasikmalaya. Hal ini dapat dilihat dari berdiri bisnis *leasing*, bank, dan perusahaan lain. Dampak yang paling terlihat adalah mulai ramainya Kota Tasikmalaya oleh kendaraan dari luar Kota Tasikmalaya. Pada akhir pekan tahun 2001 sudah mulai terlihat kemacetan karena meningkatnya jumlah kendaraan bermotor baik yang hanya melintas kota ataupun milik penduduk yang menetap. Mulai saat itu dimulai suatu pembangunan pusat perbelanjaan Mayasari Plaza dan Asia Plaza. Lebih lanjut pusat perbelanjaan inilah yang membuat Kota Tasikmalaya hampir mendekati ciri kota besar di Indonesia. Pasar-pasar tradisional juga semakin dipercantik dan jalan-jalan mulai diperlebar.

Namun disisi lain dari dampak pembangunan ini adanya suatu fenomena yang penulis sebut fenomena kota transisi. Perubahan sosial, ekonomi, budaya, dan politik menimbulkan perubahan perilaku masyarakat. Perpindahan penduduk dari kota sekitar menimbulkan pembauran budaya. Suatu kota kecil mengalami perubahan yang luar biasa. Pembangunan perumahan juga semakin banyak. Permasalahan timbul bila daya dukung lingkungan Kota Tasikmalaya ternyata tidak mendukung. Apalagi Kota Tasikmalaya merupakan wilayah administratif yang berbeda dari Kabupaten Tasikmalaya yang berarti daya dukung lingkungan Kota Tasikmalaya akan menjadi berbeda dibandingkan seperti pada saat Kota dan Kabupaten masih menjadi satu wilayah administratif.

Konsep daya dukung lingkungan (*Carrying Capacity*) berasal dari pengelolaan hewan ternak dan satwa liar. Daya dukung lingkungan menunjukkan besarnya kemampuan lingkungan untuk mendukung kehidupan hewan yang dinyatakan dalam jumlah ekor per satuan luas lahan. Jumlah hewan yang didukung kehidupannya itu tergantung pada biomas (bahan organik tumbuhan) yang tersedia untuk makanan hewan buas¹. Konsep ini telah diterapkan pula pada populasi manusia. Secara pengertian, daya dukung lingkungan adalah kemampuan lingkungan untuk mendukung perikehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya². Secara sederhana daya dukung lingkungan adalah batasan maksimum dari kemampuan

lingkungan untuk mendukung kehidupan dan pembangunan yang dilaksanakan. Apabila perkembangan suatu daerah tidak dikendalikan maka dapat terjadi konversi lahan untuk aktivitas yang tidak sesuai dengan fungsi dan daya dukungnya yang akan berdampak pada penurunan daya dukung lingkungan³.

METODE

Pengumpulan data yang dilakukan berupa observasi lapangan, studi literatur, pengumpulan data sekunder dari BPS Kota Tasikmalaya. Analisis yang dilakukan adalah *overlay* peta, perbandingan ketersediaan lahan dan kebutuhan lahan, perbandingan ketersediaan air dan kebutuhan akan air, serta analisis tapak ekologi (*ecological footprint*).

Penentuan Kemampuan Lahan

Analisis ini membutuhkan data peta lereng, tanah, erosi, dan drainase. Peta yang digunakan dapat berskala 1:250.000, 1:100.000, atau 1:50.000. Untuk keperluan analisa dan uji silang dari data kelas dan subkelas, diperlukan juga data yang memuat sifat-sifat biofisik wilayah, antara lain: tanah, topografi, iklim, hujan, dan genangan/drainase. Dari *overlay* peta, didapat kombinasi keempat parameter di atas, sehingga dapat dilakukan identifikasi kelas lahan. Besarnya hambatan yang ada untuk masing-masing parameter menentukan masuk ke dalam kelas dan subkelas mana lahan tersebut. Dari hasil identifikasi, dapat didelineasi kelas dan subkelas kemampuan lahan⁴.

Informasi yang diperoleh dari hasil analisis daya dukung secara umum akan menyangkut masalah kemampuan (daya dukung) yang dimiliki oleh suatu daerah dalam mendukung proses pembangunan dan pengembangan daerah itu dengan melihat perbandingan antara jumlah lahan yang dimiliki dan jumlah penduduk yang ada. Produktivitas lahan, komposisi penggunaan lahan, permintaan perkapita, dan harga produk pertanian, semua dipertimbangkan untuk mempengaruhi daya dukung dan digunakan sebagai parameter masukan model tersebut⁶.

Perbandingan Ketersediaan Lahan (Supply) dan Kebutuhan Lahan (Demand)

Melalui metode ini dapat diketahui gambaran umum apakah daya dukung lahan suatu wilayah dalam keadaan surplus atau defisit. Hasil perhitungan dengan metode ini dapat dijadikan bahan masukan/pertimbangan dalam penyusunan rencana tata ruang dan evaluasi pemanfaatan ruang, terkait dengan penyediaan produk hayati secara berkelanjutan melalui upaya pemanfaatan ruang yang menjaga kelestarian fungsi lingkungan hidup⁵.

Perhitungan daya dukung meliputi perhitungan ketersediaan yang merupakan perhitungan ketersediaan lahan tersisa yang dapat dipergunakan. Ketersediaan lahan ditentukan berdasarkan produksi aktual setempat dari semua komoditas yang ada di wilayah tersebut.

$$SL = \frac{\sum(P_i \times H_i)}{H_b} \times \frac{1}{P_{tvb}} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

S_L = Ketersediaan lahan (ha)

P_i = Produksi aktual tiap jenis komoditas (satuan tergantung kepada jenis komoditas). Komoditas yang diperhitungkan adalah pertanian, perkebunan, kehutanan, peternakan, dan perikanan.

H_i = Harga satuan tiap jenis komoditas (Rp/satuan) di tingkat produsen.

H_b = Harga satuan beras (Rp/kg) di tingkat produsen.

P_{tvb} = Produktivitas beras (kg/ha)

Dalam perhitungan ini faktor konversi yang digunakan untuk menyetarakan produk non beras dengan beras adalah harga.

Perhitungan Kebutuhan Lahan

Kebutuhan lahan adalah kebutuhan hidup minimum. Kebutuhan lahan tercemin pada kemungkinan penggunaan lahan untuk memenuhi kebutuhan tertentu. Tekanan penduduk terhadap daya dukung lahan dapat ditentukan berdasarkan nilai perbandingan antara jumlah penduduk dan persentase petani dengan luas lahan minimal untuk hidup layak⁶. Kebutuhan lahan dapat dihitung dengan rumus:

$$D_L = N \times KHL_i \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan:

D_L = Total kebutuhan lahan setara beras (ha)

N = Jumlah penduduk (jiwa)

KHL = Luas lahan yang dibutuhkan untuk kebutuhan hidup layak per penduduk

Luas lahan yang dibutuhkan untuk kebutuhan hidup layak per penduduk adalah kebutuhan hidup layak per penduduk dibagi produktivitas beras total. Kebutuhan hidup layak per penduduk diasumsikan sebesar 1 ton setara beras/kapita/ton. Daerah yang tidak memiliki data produktivitas beras lokal dapat menggunakan data rata-rata produktivitas nasional sebesar 2400 kg/ha/tahun⁷. Dalam penghitungan ini, faktor konversi yang digunakan untuk menyetarakan produk non beras dengan beras adalah harga. Hasil dari penghitungan ketersediaan lahan dan kebutuhan lahan, maka akan diketahui Status Daya Dukung Lahan⁸. Status daya dukung lahan diperoleh dari perbandingan antara ketersediaan lahan (S_L) dan kebutuhan lahan (D_L).

Perhitungan Ketersediaan Air (Water Supply) dan Kebutuhan Air (Water Demand)

Metode ini menunjukkan cara penghitungan daya dukung air di suatu wilayah, dengan mempertimbangkan ketersediaan dan kebutuhan akan sumber daya air bagi penduduk yang hidup di wilayah itu. Dengan metode ini, dapat diketahui secara umum apakah sumber daya air di suatu wilayah dalam keadaan surplus atau defisit. Keadaan surplus menunjukkan bahwa ketersediaan air di suatu wilayah tercukupi, sedangkan keadaan defisit menunjukkan bahwa wilayah tersebut tidak dapat memenuhi kebutuhan akan air. Guna memenuhi kebutuhan air, fungsi lingkungan yang terkait dengan sistem tata air harus dilestarikan.

Hasil perhitungan dengan metode ini dapat dijadikan bahan masukan/pertimbangan dalam penyusunan rencana tata ruang dan evaluasi pemanfaatan ruang dalam rangka penyediaan sumber daya air yang berkelanjutan. Penghitungan Ketersediaan (Supply) Air menggunakan Metode Koefisien

Limpasan yang dimodifikasi dari metode rasional⁹. Rumus yang digunakan adalah :

$$C = \sum (ci \times Ai) / \sum Ai \dots\dots\dots (3)$$

$$R = \sum Ri / m \dots\dots\dots (4)$$

$$SA = 10 \times C \times R \times A \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan:

SA = ketersediaan air (m³/tahun)

C = koefisien limpasan tertimbang

Ci = Koefisien limpasan penggunaan lahan i (lihat lampiran Permen LH No 17/2009)

Ai = luas penggunaan lahan i (ha) dari data BPS atau Daerah Dalam Angka, atau dari data Badan Pertanahan Nasional (BPN)

R = rata-rata aljabar curah hujan tahunan wilayah (mm/tahunan) dari data BPS atau BMG atau dinas terkait setempat.

Ri = curah hujan tahunan pada stasiun i

m = jumlah stasiun pengamatan curah hujan

A = luas wilayah (ha)

10 = faktor konversi dari mm.ha menjadi m³

Perhitungan Kebutuhan Air (Water Demand)

Penghitungan Kebutuhan (Demand) Air menggunakan rumus.

$$D_A = N \times KHL_A \dots\dots\dots(6)$$

Keterangan:

D_A = Total kebutuhan air (m³/tahun)

N = Jumlah penduduk (orang)

KHL_A = Kebutuhan air untuk hidup layak= 1600 m³ air/kapita/tahun,= 2 x 800 m³ air/kapita/tahun, dimana 800 m³ air/kapita/tahun merupakan kebutuhanair untuk keperluan domestik dan untuk menghasilkan pangan kebutuhan air total sebesar 1000–2000 m³/orang/tahun.

Teknik Ecological Footprint

Ecological Footprint atau Tapak Ekologi adalah sejumlah area yang terdiri dari lahan dan air yang produktif secara biologi yang dibutuhkan oleh individu, populasi atau aktivitas tertentu untuk memproduksi bahan konsumsi dan untuk mengolah limbahnya dengan teknologi dan management. Tapak ekologi sering dinyatakan dalam satuan global hektar (gha) karena yang menjadi ruang

lingkup dalam tapak ekologi individu mencakup lahan atau laut dari seluruh dunia¹⁰.

Jejak ekologis adalah instrumen untuk menghitung (*accounting tool*), yang memungkinkan bagi kita untuk mengestimasi kebutuhan manusia terhadap konsumsi sumberdaya dan asimilasi limbah pada sejumlah populasi manusia atau ekonomi, berkenaan dengan lahan produktif yang sesuai. Metoda yang digunakan untuk menghitung tapak ekologi adalah metode yang dikembangkan oleh Global Footprint Network (GFN-USA). Tapak ekologi dihitung menggunakan rumus :

$$EF_i = (TE_i / Y_{nasi}) * EQF_i \dots\dots\dots (7)$$

Keterangan :

EF_i = *Ecological Footprint* produk ke-i

TE_i = Jumlah produksi produk ke-i (kg/kapita)

Y_{nas i} = *Yield* (produktivitas nasional) produk ke-i

EQF_i = Nilai ekuivalensi kategori *land cover*

Dalam menghitung tapak ekologi ada 2 faktor yang perlu diperhatikan yaitu *faktor ekuivalensi* dan *faktor panen*.

Faktor ekuivalensi merupakan faktor yang digunakan untuk mengkombinasi tapak ekologi dari lahan yang berbeda-beda. Agar ini dapat dikombinasikan maka dibutuhkan koefisien untuk menyamakannya. Dengan kata lain, ini dipakai untuk mengkonversi satuan lokal lahan tertentu menjadi satuan yang universal, yaitu hektar global (gha). Faktor penyama telah ditentukan oleh Global Footprint Network (GFN) untuk 6 (enam) kategori lahan, yaitu: lahan pertanian (2,64), lahan perikanan (0,40), lahan peternakan (0,50), lahan kehutanan (1,33), lahan terbangun (2,64) dan lahan penyerapan karbon/lahan yang diperlukan untuk mengabsorsi CO₂ yang bersumber dari bahan bakar fosil (1,33). Faktor panen merupakan perbandingan antara luasan lahan bioproduktif di suatu wilayah dengan luasan lahan bioproduktif yang sama di wilayah yang lain untuk tiap komoditas yang sama. Faktor ini juga menggambarkan kemampuan suatu populasi untuk menyertakan penguasaan teknologi dan manajemen dalam pengelolaan lahan. Setiap wilayah memiliki faktor panen masing-masing dan dihitung per tahun¹¹.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Kemampuan Lahan

Hasil overlay peta merupakan informasi fisiografi wilayah. Tempat tertinggi di Kota Tasikmalaya terdapat di bagian barat dan selatan, kemudian menurun ke tengah di sekitar pusat kota menuju utara serta sebagian kecil dari timur ke tengah dan utara Kota Tasikmalaya. Pada bagian selatan wilayah Kota Tasikmalaya, di sekitar Kecamatan Kawalu dan Cibeureum, kondisinya cenderung berbukit-bukit dengan ciri hutan dan kebun campuran.

Ditinjau dari kondisi hidrogeologi, Kota Tasikmalaya dikategorikan sebagai daerah akuifer. Alirannya didasarkan melalui celahan dan ruang antara butir yang merupakan ciri dari lereng gunung api strato. Sistem akuifer di Kota Tasikmalaya yang dapat dimanfaatkan untuk pengambilan air dibagi menjadi 3 kelompok, yaitu; sistem akuifer tunggal pada unit vulkanik, sistem akuifer pada celahan-celahan batuan sedimen tersier serta sistem akuifer rekahan-rekahan yang dibentuk oleh batu gamping.

Sumber daya air, sebagai ciri utama kondisi hidrologi wilayah Kota Tasikmalaya dapat diklasifikasikan menjadi 4 bagian, yaitu¹²:

1. Air permukaan: Air permukaan dapat diartikan sebagai aliran air yang mengalir permukaan Kota Tasikmalaya maupun dalam bentuk genangan yang cukup luas, bentuknya meliputi sungai dan air dalam cekungan (danau).
2. Air hujan : Air permukaan jenis air hujan yang dapat dimanfaatkan untuk sumber daya air setempat cukup besar. Di Kecamatan Tamansari potensi air tersebut mencapai 49-416 juta m³/hari, sementara di Kecamatan Mangkubumi mencapai 59-501 juta m³/hari.
3. Air sungai dan air waduk : Sungai-sungai yang mengalir Kota Tasikmalaya adalah Citanduy, Ciloseh, Ciwulan serta Cibanjangan. Sedangkan anak sungainya yaitu beberapa anak sungai dari Sungai Cibanjangan yang meliputi Sungai Cihideung/Dalem Suba, Cipedes, Ciromban, Cidukuh, Cicacaban, Cibadodon, Cikalang, Tonggong Londok, Cibeureum dan Cimulu. Sungai-sungai

tersebut mengalir sepanjang tahun dan bermuara di Sungai Citanduy, kecuali Sungai Ciwulan. Kota Tasikmalaya termasuk ke dalam 2 (dua) Daerah Aliran Sungai (DAS) yaitu DAS Citanduy dan DAS Ciwulan. DAS Citanduy memiliki limpasan air sungai rata-rata bulanan sebesar 17 m³/detik atau rata-rata harian sekitar 5,5 m³/detik, sedangkan DAS Ciwulan memiliki limpasan air sungai rata-rata harian sebesar 13,7 m³/detik. Jumlah kedua limpasan adalah 1.658.880 m³/hari. Sedangkan waduk/situ di Kota Tasikmalaya mempunyai potensi menyediakan air sebesar 1.646.750 m³. Situ-situ tersebut adalah Situ Gede di Kecamatan Mangkubumi (6.000 m³/detik), Situ Cibeureum, Situ Cibanjangan, Situ Malingping, Situ Bojong dan Situ Cicangri di Kecamatan Tamansari (6.000 m³/detik).

4. Air Tanah : Selain potensi air permukaan, Kota Tasikmalaya memiliki potensi kandungan air tanah yang relatif dangkal, karena air tanah dapat diperoleh dari sumur dengan kedalaman antara 3,00-10,00 m. Kedalaman sumur gali untuk bisa keluar air cukup dangkal, antara 1,50-7,00 m. Sumber air tanah dalam bentuk mata air yang terdapat di Kecamatan Bungursari (mata air Cibunigeulis), Kecamatan Tamansari (mata air Cibangbay) serta Kecamatan Mangkubumi (mata air Cianjur II).

Hasil interpretasi foto udara tahun 2008, penggunaan lahan di Kota Tasikmalaya terdiri dari 1.884,82 Ha (10,90%) luas lahan terbangun dan sekitar 15.411,34 Ha (89,10%) luas lahan tidak terbangun¹².

1. Lahan Terbangun, meliputi:
 - a. Lahan perumahan/perumahan, mencapai sekitar 1.539 Ha (8,90%) dari total luas lahan Kota Tasikmalaya;
 - b. Lahan jasa dan perdagangan sekitar 122,23 Ha (0,71%) dari total luas lahan Kota Tasikmalaya;
 - c. Lahan Lapangan Udara Wiriadinata mencapai 111,55 Ha (0,65%) dari total luas lahan Kota Tasikmalaya;
 - d. Sisanya sekitar 112,04 Ha (0,65%) dari total luas lahan Kota Tasikmalaya dimanfaatkan untuk perkantoran, pusat pemerintah, fasilitas sosial dan

transportasi, militer, industri, fasilitas olahraga, sarana olahraga, terminal dan stasiun.

2. Lahan Non Terbangun
 - a. Lahan yang dimanfaatkan untuk pertanian sekitar 6.300,92 Ha (36,45%) dari total luas lahan Kota Tasikmalaya;
 - b. Lahan kebun campuran sekitar 6.157,19 Ha (35,62%) dari total luas lahan Kota Tasikmalaya;
 - c. Lahan ladang sekitar 1.776,07 Ha (10,28%) dari total luas lahan Kota Tasikmalaya;
 - d. Lahan hutan seluas 409,06 Ha (2,37%) dari total luas lahan Kota Tasikmalaya;
 - e. Lahan kosong seluas 338,11 Ha (1,96%) dari total luas lahan Kota Tasikmalaya;
 - f. Sisanya seluas 418,13 Ha (2,42%) dari total luas lahan Kota Tasikmalaya

merupakan lahan galian pasir, TPU, taman, situ, lahan tidak produktif, belukar dan lahan lainnya.

Analisis Tingkat Ketersediaan (S_L) dan Kebutuhan Lahan (D_L) Kota Tasikmalaya

Perhitungan ketersediaan lahan yaitu dengan menggunakan data produksi actual tiap jenis komoditi (P_i) dan harga beras di tingkat produsen (H_b), harga satuan tiap komoditi di tingkat produsen (H_i) dan produktivitas beras di Kota Tasikmalaya (P_{tvb}) (Tabel 1). Dengan Harga beras Rp 10.000 / kg dan Produktivitas beras sebesar 7.504,269 kg/Ha, maka diperoleh nilai $S_L = 22.121$ Ha. Artinya ketersediaan lahan untuk produktivitas di kota tasikmalaya mencapai 22.121 Ha.

Tabel 1. Nilai Total Produksi Kota Tasikmalaya

No	Komoditas	Produksi (P_i kg)	Satuan	Harga Satuan (H_i) Rp	Per Satuan	Nilai Produksi ($P_i H_i$)
Padi dan Palawija						
1	Padi Sawah	79,083,000	kg	10,000	kg	790,830,000,000
2	Padi Ladang	27,000	kg	4,300	kg	116,100,000
3	Ubi Kayu	5,412,000	kg	937	kg	5,071,044,000
4	Ubi Jalar	161,000	kg	2,850	kg	458,850,000
5	Jagung	54,000	kg	3,600	kg	194,400,000
6	Kedelai	447,000	kg	7,000	kg	3,129,000,000
7	Kacang Tanah	26,000	kg	9,500	kg	247,000,000
Perkebunan						
8	Kelapa	1,316,800	kg	3,500	kg	4,608,800,000
9	Kopi	4,550	kg	25,000	kg	113,750,000
10	Cengkeh	1	kg	90,000	kg	59,400
11	Kakao	19	kg	22,000	kg	410,300
12	Aren	20	kg	18,000	kg	356,760
13	Mendong	662	kg	2,700	kg	1,788,507
Sayur Mayur						
14	Melinjo	2,000	kg	25,000	kg	50,000,000
15	Petai	66,300	kg	15,000	kg	994,500,000
16	Kacang Panjang	123,800	kg	15,000	kg	1,857,000,000
17	Petai	33,000	kg	15,000	kg	495,000,000
18	Cabe Besar	368,700	kg	29,600	kg	10,913,520,000
19	Cabe Rawit	22,200	kg	14,000	kg	310,800,000
20	Jamur	2,836	kg	3,000	kg	8,508,000
21	Tomat	94,600	kg	75,000	kg	7,095,000,000
22	Terong	39,000	kg	4,000	kg	156,000,000
23	Buncis	111,400	kg	6,500	kg	724,100,000
24	Timun	236,800	kg	4,000	kg	947,200,000
25	Kangkung	46,300	kg	30,000	kg	1,389,000,000
26	Bayam	36,000	kg	6,000	kg	216,000,000
Perikanan						
27	Perairan Umum	101,900	kg	21,945	kg	2,236,195,500
28	Tambak	9,295,400	kg	46,000	kg	427,588,400,000
29	Sawah	658,400	kg	16,500	kg	10,863,600,000
30	Kolam Air Deras	21,950	kg	18,500	kg	406,075,000
Produksi Susu						
31	Sapi Perah	439,429.00	kg	4,000	kg	1,757,716,000
Produksi Telur						
32	Ayam Buras	426.92	kg	20,000	kg	8,538,400
33	Ayam Petelur	1,052,844	kg	21,000	kg	22,109,724,000
34	Itik	293,072	kg	22,000	kg	6,447,584,000
Produksi Daging						
35	Sapi Potong	3,396,421	kg	51,000	kg	173,217,471,000
36	Kambing	18,802	kg	85,000	kg	1,598,170,000
37	Domba	49,836	kg	110,000	kg	5,481,960,000
38	Ayam Buras	644,392	kg	60,000	kg	38,663,520,000
39	Ayam Ras Petelur	61,313	kg	16,000	kg	981,008,000
40	Ayam Ras Pedaging	4,911,315	kg	28,000	kg	137,516,820,000
41	Itik	28,075	kg	42,000	kg	1,179,150,000
NILAI PRODUKSI TOTAL						1,659,984,118,867

Sumber : Hasil Olah Data

Sedangkan untuk perhitungan D_L dibutuhkan data Kebutuhan Hidup Layak per Lahan. Dengan penduduk Kota Tasikmalaya tahun 2015 sebesar 750.076 jiwa¹³, dan

kebutuhan hidup layak per penduduk sebesar 1000 kg per penduduk, maka diperoleh $KHL_L = 0,1333$ dan $D_L = 99,953$ Ha.

Berdasarkan Permen LH No. 17 Tahun 2009 tentang Pedoman Penentuan Daya Dukung Lingkungan Hidup dalam Penataan Ruang Wilayah, bila $S_L < D_L$ maka daya dukung lahan dinyatakan defisit atau terlampaui. Hal ini menunjukkan bahwa ketersediaan lahan Kota Tasikmalaya sudah tidak dapat memenuhi kebutuhan akan produksi hayati di wilayah tersebut.

Analisis Ketersediaan (Supply) dan Kebutuhan (Demand) Air

Ketersediaan air ditentukan dengan menggunakan metode koefisien limpasan berdasarkan informasi penggunaan lahan serta data curah hujan tahunan. Sementara itu, kebutuhan air dihitung dari hasil konversi terhadap kebutuhan hidup layak. Dengan metode ini, dapat diketahui secara umum apakah sumber daya air di suatu wilayah

dalam keadaan *surplus* atau *defisit*. Keadaan *surplus* menunjukkan bahwa ketersediaan air di suatu wilayah tercukupi, sedangkan keadaan *defisit* menunjukkan bahwa wilayah tersebut tidak dapat memenuhi kebutuhan akan air¹⁵. Kota Tasikmalaya memiliki curah hujan rata-rata 302,67 mm/tahunan.

Perhitungan Kebutuhan air di Kota Tasikmalaya (Tabel 2) dilakukan dengan memakai standar maksimal kebutuhan air menurut WHO yaitu sebesar 2000 m³/orang/tahun. Dengan menggunakan rumus $D_A = N \times KHL_A$ dimana N = jumlah penduduk Kota Tasikmalaya tahun 2015 sebesar 750.076 jiwa, maka diperoleh $DA = 1.500.152.000$. Dari hasil perhitungan terlihat bahwa $S_A < D_A$ yang berarti Kota Tasikmalaya mengalami defisit air untuk memenuhi kebutuhan hidup layak akan air.

Tabel 2. Perkiraan Ketersediaan Air Kota Tasikmalaya

No	Jenis Penggunaan Lahan	Luas (dalam Ha)(A _i)	Koefisien Limpasan (C _i)	C _{ix} A _i
1	Belukar	90,62	0,35	31,717
2	Demau	117,68	0,4	47,072
3	Fasilitas Sosial	0,3	0,9	0,27
4	Fasilitas Olah Raga	13,35	0,9	12,015
5	Galian Pasir	27,58	0,4	11,032
6	Hutan	395,59	0,35	138,4565
7	Kebun	6024,06	0,35	2108,421
8	Kolam	168,16	0,4	67,264
9	Ladang	1663,73	0,35	582,3055
10	Lanud	0,49	0,9	0,441
11	Militer	81,77	0,9	73,593
12	Pabrik	30,22	0,9	27,198
13	Pasar	14,07	0,7	9,849
14	Pendidikan	9,27	0,8	7,416
15	Perkantoran	20,07	0,7	14,049
16	Permukiman	230,57	0,6	138,342
17	Pertamina	7,58	0,5	3,79
18	Prasarana Umum	2,61	0,4	1,044
19	Pusat Pemerintahan	1,22	0,5	0,61
20	Rawa	6,33	0,35	2,2155
21	Sawah	6146,83	0,3	1844,049
22	Stasiun	0,14	0,3	0,042
23	Tanah Kosong	3291,33	0,35	1151,9655
24	Terminal	1,33	0,5	0,665
25	TPU/Makam	40,17	0,2	8,034
	Total	18385,07		6281,856
	Koefisien Limpasan Tertimbang (C)			0,341682463
	Rata2 Curah Hujan (mm/tahun)			302,67
	$S_A = 10 \times C \times R \times A$ (m ³ /tahun)			19.013.293,56

Sumber : Hasil Olah Data

Tabel 3. *Ecological Footprint* Kota Tasikmalaya

Komoditas	Produksi (Pi kg)	Satuan	Hasil Panen Nasional (ton/Ha/tahun)	Eq. Fact. Crops (Gha/Ha)	Occupied Crops Area (gha)
Padi dan Palawija					
Padi Sawah	79.083.000	kg	53,18	2,39	3.554,13
Padi Ladang	27.000	kg	33,42	2,39	1,93
Jagung	54.000	kg	48,44	2,39	2,66
Kedelai	447.000	kg	14,16	2,39	75,45
Kacang Tanah	26.000	kg	11,24	2,39	5,53
Perkebunan					
Kelapa	1.316.800	kg	1.130,00	2,39	2,79
Kakao	19	kg	821,00	2,39	0,00
Sayur Mayur					
Terong	39.000	kg	107,58	2,39	0,87
Buncis	111.400	kg	509,00	2,39	0,52
Perikanan					
Perairan Umum	101.900	kg	1,00	0,41	41,78
Tambak	9.295.400	kg	1,00	0,41	3.811,11
Sawah	658.400	kg	1,00	0,41	269,94
Kolam Air Deras	21.950	kg	1,00	0,41	9,00
Produksi Susu					
Sapi Perah	439.429,00	kg	1,00	0,50	219,71
Produksi Telur					
Ayam Buras	426,92	kg	1,00	0,50	0,21
Ayam Petelur	1.052.844	kg	1,00	0,50	526,42
Itik	293.072	kg	1,00	0,50	146,54
Produksi Daging					
Sapi Potong	3.396.421	kg	436,50	0,50	3,89
Kambing	18.802	kg	68,80	0,50	0,14
Domba	49.836	kg	64,00	0,50	0,39
Ayam Buras	644.392	kg	267,60	0,50	1,20
Ayam Ras Petelur	61.313	kg	250,00	0,50	0,12
Ayam Ras Pedaging	4.911.315	kg	275,00	0,50	8,93
Itik	28.075	kg	26,00	0,50	0,54
TOTAL					8.684
N	750.076	jiwa			
EF	0,012	gha			

Sumber : Hasil Olah Data

Analisis Ecological Footprint

Analisis *Ecological Footprint* membutuhkan data produksi aktual dari tiap komoditas, produksi aktual tiap komoditas per hektar per tahun, dan faktor pengali *Ecological Footprint* dari tiap komoditas (Tabel 3).

Diperoleh nilai EF = 0,012 gha. Hal ini berarti penduduk Kota Tasikmalaya membutuhkan lahan produktif seluas 0,012 global hektar yang didalamnya juga terdapat air yang dapat digunakan manusia untuk memproduksi sesuatu yang berguna untuk kebutuhan hidupnya serta untuk mengolah limbahnya sendiri.

KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan telah menunjukkan bahwa $S_L < D_L$, daya dukung lahan dinyatakan defisit atau terlampaui yang berarti bahwa ketersediaan lahan Kota Tasikmalaya sudah tidak dapat memenuhi kebutuhan akan produksi hayati di wilayah tersebut. Sedangkan dari sisi air, hasil

perhitungan $S_A < D_A$ yang berarti Kota Tasikmalaya mengalami defisit air untuk memenuhi kebutuhan hidup layak akan air. Pada tapak ekologi, penduduk Kota Tasikmalaya membutuhkan lahan produktif seluas 0,012 global hektar untuk kebutuhan hidupnya serta untuk mengolah limbahnya sendiri.

Kota Tasikmalaya masih memiliki lahan cukup luas untuk pengembangan fisik kota ke depan yang harus disiapkan untuk lahan ruang terbuka hijau sebesar 30% dari total luas lahan Kota Tasikmalaya, 20% ruang terbuka hijau publik meliputi taman kota, taman pemakaman umum, jalur hijau sepanjang jalan dan sungai, dan 10% ruang terbuka hijau privat meliputi kebun atau halaman rumah/gedung milik masyarakat/swasta yang ditanami tumbuhan. Pemerintah Kota Tasikmalaya juga harus mengembangkan lahan untuk produksi sumber daya hayati, melakukan upaya konservasi sumber daya air, serta menganalisis pelaksanaan Rencana Tata

Ruang Wilayah. Perkembangan pembangunan yang pesat di Kota Tasikmalaya harus disertai upaya konservasi sumber daya alam dan lingkungan agar pembangunan dapat berkelanjutan.

PUSTAKA

1. Soemarwoto, Otto. 2004. *Ekologi, Lingkungan Hidup, dan Pembangunan*, Cetakan Kesepuluh. PD Djembatan.
2. Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 17 Tahun 2009 Tentang Pedoman Penentuan Daya Dukung Lingkungan Hidup dalam Penataan Ruang Wilayah.
3. Nurhayati, Mika. 2009. *Strategi Optimasi Daya Dukung Lingkungan*. Program Pascasarja UI, 2009.
4. Asdak, Chay. 2007. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: GadjahMada University Press.
5. Jamulyo dan Sunarto. 1996. *Kemampuan Lahan (Hasil Penelitian Evaluasi Sumberdaya Lahan*. Angkatan VI 1-31 Juli 1996). Yogyakarta :UGM.
6. Afni, Nur. 2015. *Daya Dukung Lingkungan Kecamatan Pattalassang Kabupaten Takalar*, hal. 76.
7. Mardiyana. 2005. *Evaluasi Kemampuan Lahan Di Wilayah Kecamatan Karanganyar Kabupaten Pekalongan*. Skripsi Program Studi Survei dan Pemetaan Wilayah. Universitas Negeri Semarang.
8. Prasetya, Felik Dwi Yoga. 2010. *Evaluasi Kemampuan Lahan Untuk Mendukung Pengembangan Pariwisata Dengan Menggunakan Data Citra Satelit*. Skripsi. Program Studi Teknik Geomatika. FTSP. ITS.
9. Effendi, H. 2007. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta : Penerbit Kanisius.
10. <http://www.footprintnetwork.org/en/index.php/GFN/page/glossary/#Ecologicalfootprint>
11. Diambil dari <https://nnnnhayati.wordpress.com/2013/09/10/cara-menghitung-tapak-ekologi-tapak-ekologi-indonesia/> diakses tanggal 1 September 2017 pukul 16.40
12. Tasikmalaya, Kota, Rencana Tata Ruang Wilayah 2011-2031, 2011. BPS Kota Tasikmalaya, <https://tasikmalayakota.bps.go.id>

PEMBUATAN KAIN KAPAS ANTISEPTIK MENGGUNAKAN EKSTRAK SIRIH

PRODUCTION OF ANTISEPTIC COTTON FABRICS USING BETEL EXTRACT

RR. SRIE GUSTIANI, CICA KASIPAH dan WULAN SEPTIANI

BALAI BESAR TEKSTIL

Jalan Jendral Ahmad Yani No. 390 Bandung 40272 Telepon (022) 7206214, 7206215 Fax. (022) 7271288

e-mail : texirdti@bdg.centrin.net.id; sgustiani@yahoo.com

ABSTRAK

Produk tekstil dapat terkontaminasi oleh mikroorganisme, seperti bakteri dan jamur. Zat antimikrobal/antiseptik pada tekstil dapat digunakan sebagai pencegah aktivitas mikrobial. proses pembuatan tekstil antimikroba/antiseptik dilakukan menggunakan metode *Pad Dry Cure*. Kain kapas tanpa dan dengan diproses dan dilapisi dengan sirih, variasi konsentrasi 1, 5 dan 10 g/l. Selanjutnya kain yang telah diproses dikarakterisasi melalui beberapa parameter uji diantaranya SEM, FTIR, antibakteri. Hasil penelitian menunjukkan sirih sangat baik sebagai antiseptik pada pakaian dalam, berdasarkan hasil uji antibakteri. Untuk kain yang telah diproses dengan sirih, poliuretan merupakan *cross link agent* yang paling baik digunakan karena setelah dicuci selama 9 kali tidak mengalami penurunan efisiensi pencegahan pertumbuhan bakteri baik *E. coli* dari 98,8% menjadi 98,3% maupun *S. aureus* dari 99% menjadi 98,8%. Dari hasil SEM kain tanpa sirih terlihat tidak ada partikel yang menempel. Dari hasil uji FTIR dapat dilihat adanya puncak serapan pada pangan gelombang 1579 dan 1502 cm^{-1} , yang menunjukkan adanya sirih pada kain yang telah diproses.

Kata kunci : tekstil, antiseptik, kain, sirih, kapas

ABSTRACT

*Textile products can be contaminated by microorganisms, such as bacteria and fungi. Antimicrobial/antiseptic materials in textiles can be used as a prevented to microbial activity. The process of making antimicroba/antiseptic textiles is carried out using the Pad dry cure method. Cotton fabrics without and with processed and coated with betel, variations in concentrations of 1, 5 and 10 g / l. Furthermore, the processed fabric is characterized by several test parameters including SEM, FTIR, antibacterial. The results showed that betel is very good as an antiseptic in cotton fabrics, based on the antibacterial test. For fabrics that has been processed betel, poly urethane is the best cross link agent because after being washed for 9 times there is no decrease in the efficiency of prevention of the growth of good *E. coli* bacteria from 98.8% to 98.3% and *S. aureus* from 99 % to 98.8%. From the results of SEM the fabric without betel visible no particles attached. From the results of the FTIR test, it can be seen that there are absorption peaks on waves of 1579 and 1502 cm^{-1} , which indicate the presence of betel on processed fabrics.*

Keywords : *textile, antiseptic, fabrics, betel, cotton*

PENDAHULUAN

Bahan antimikroba atau antiseptik memiliki peranan yang penting karena langsung bereaksi dengan kulit manusia¹. Pakaian dalam dan kaos kaki adalah produk yang secara langsung menempel pada kulit, yang mudah berkeringat dalam waktu yang lama yang mungkin dapat menyebabkan

infeksi kulit dan perasaan tidak nyaman². Untuk alasan ini, harus digunakan bahan tekstil yang dapat melawan atau meminimalkan pertumbuhan mikroorganisme selama dipakai dan disimpan. Produk tekstil yang ditambahkan bahan yang memiliki fungsi medis sangat diapresiasi dengan perkembangan di bidang tekstil medis dan

berdasarkan tujuan penggunaannya untuk aplikasi pakaian antibakteri/antiseptik.

Mengenal pentingnya bahan tanaman sebagai bahan antibakteri, banyak penelitian yang dilakukan di bidang produk tekstil bioaktif sebagai perlindungan bagi pengguna produk dari mikroba yang umumnya menyebabkan infeksi. Bahan antimikroba alami tidak bersifat racun dan tidak menyebabkan alergi³. Dalam beberapa tahun terakhir, resistensi obat pada manusia, hewan dan tumbuhan patogen telah berkembang, karena penyalahgunaan antibiotik biasanya diaplikasikan dalam pengobatan penyakit menular⁴⁻⁵.

Dalam makanan yang mengandung patogen, resistensi antimikroba meningkat selama beberapa dekade terakhir⁶⁻⁷. Situasi yang mengkhawatirkan ini menyebabkan ahli mikrobiologi mencari senyawa antimikroba baru dari berbagai sumber, termasuk tanaman obat⁸. Digunakan dalam pengobatan tradisional sebagai obat karminatif, stimulan, antiseptik, antijamur, dan antibakteri⁹. Pengobatan kasus infeksi yang paling tepat adalah dengan menggunakan bahan yang mengandung antibiotik atau antibakteri. Antibakteri adalah obat atau senyawa kimia yang digunakan untuk membunuh atau menghambat pertumbuhan bakteri, khususnya bakteri yang merugikan manusia. Zat antimikroba dapat digunakan pada produk tekstil untuk bidang kedokteran. Zat antimikroba hanya memiliki sifat sebagai penghambat antimikroba, sedangkan permasalahan lain yang terjadi di bidang kedokteran salah satunya adalah keputihan. Untuk menangani permasalahan keputihan melalui bidang tekstil diperlukan tekstil antiseptik. Tekstil pakaian dalam antiseptik untuk keputihan merupakan salah satu produk yang dapat dihasilkan melalui metode tekstil medis.

Daun sirih yang berwarna hijau mengandung uap air 85,4%, protein 3,1%, lemak 0,8%, karbohidrat 6,1%, serat 2,3%, kalsium 230 mg, fosfor 40 mg, zat besi 7mg, besi terionisasi 3.5 mg, yodium 3,4 µg, karoten (sebagai vitamin A) 9600 IU, tiamin 70 µg, riboflavin 30 µg, asam nikotin 0,7 mg dan vitamin C 5 mg/ 00 gm. Daun sirih (*Piper betle* L.) adalah istilah yang digunakan untuk menjelaskan daun sirih beserta komponen

quid lainnya seperti Slaked lime (*chuna*), Areca nut (*Areca catechu* L., *supari*), Kattha (*Acacia catechu* L. f.) Daun sirih merupakan aromatik, karminatif, stimulan, zat, antiseptik, antibakteri, ekspektoran, gangguan pencernaan bantuan, membersihkan suara dan menyembuhkan perut kembung daun ini juga memiliki sifat penyembuhan luka¹⁰.

Bakteri *Escherichia coli* merupakan bakteri flora normal yang terdapat di vagina, yang berperan dalam mengatur pH pada lendir yang keluar dari vagina. Lendir fisiologis yang keluar dari vagina tidak berbahaya, namun jika lendir yang keluar adalah lendir patologis maka akan berbahaya. Lendir secara patologis ditandai dengan adanya perubahan warna dan bau busuk. Hal ini disebabkan oleh infeksi bakteri atau adanya bakteri flora normal yang berlebihan di vagina. Lendir patologis atau abnormal ini akan menyebabkan infeksi ke organ dalam seperti infeksi saluran kemih. Pada penelitian ini dilakukan pembuatan kain antiseptik dengan menggunakan sirih sebagai bahan aktifnya, kemampuan sirih sebagai antiseptik dilakukan pada bakteri *E. coli* dan *S. aureus*.

METODE

Bahan

Aquades, sirih, kain kapas, *finishing agent*, *E. coli*, *S. aureus*, adhesive, larutan asam, larutan basa, alkohol.

Alat

Alat-alat yang digunakan meliputi padder, saringan, inkubator, oven, FTIR, SEM, cawan petri, tabung reaksi, botol semprot, Bunsen, rak tabung, *beaker glass*, *stirrer*.

Pembuatan kain kapas antiseptik

Serbuk sirih diekstraksi dengan air dengan variasi konsentrasi serbuk sirih 1, 5, 10 g serbuk sirih/1L air. Kain direndam dalam larutan sirih dan pinang dengan variasi konsentrasi larutan sirih dan pinang (1,5,10 g/L), dan juga variasi binder (PVA, binder 722, poli uretan). Proses dilanjutkan dengan *padding*. Kemudian sampel dikeringkan. Karakterisasi yang dilakukan meliputi : FTIR, SEM, Pencucian rumah tangga dengan mesin *lounder o'meter* (SNI-ISO 105-Co6: 2010) , uji antibakteri.

Uji antibakteri

Diuji terhadap 2 jenis bakteri *E.coli* dan *S. aureus*. Pengujian antibakteri pada material tekstil dilakukan merujuk kepada AATCC 100 – 2004. Inokulum bakteri dikulturkan selama 24 jam sambil dikocok pada shaker sehingga dihasilkan larutan inokulum yang mengandung sekitar $1 - 2.10^5$ mikroorganisme/mL. Sebelum diteteskan ke kain, inokulum dibiarkan 15 menit tanpa dikocok. Dua contoh uji (yang sudah disterilkan dengan autoclave selama 15 menit) diletakkan pada cawan petri kemudian ditetesi dengan sekitar 1 mL inokulum sampai terbasahi merata. Kain segera dimasukkan dalam bejana tertutup dan dibiarkan selama 0 jam (blanko) dan 24 jam (sampel). Untuk pengujian 0 jam bejana yang berisi kain segera ditambahkan 100 mL aquades steril kemudian dikocok dengan keras selama 1 menit. Untuk pengujian 24 jam, setelah 24 jam ditambahkan 100 mL aquades steril kemudian dikocok dengan keras selama 1 menit. Dari larutan yang dihasilkan masing-masing dibuat pengenceran 100 kali. Larutan agar disiapkan dengan melarutkan 23 gram *nutrien agar* ke dalam 1 liter larutan bufer fosfat pH 7. Pada cawan Petri dituangkan larutan *nutrient agar* sebanyak 15 mL setelah dingin dibungkus kertas kemudian disterilkan dalam autoclaf selama 15 menit. Ke dalam dua buah cawan petri berisi *nutrien agar* dipipet masing-masing 0,1 mL larutan inokulum yang telah diencerkan

dan cawan petri segera ditutup, kemudian diinkubasi selama 48 jam, setelah 48 jam jumlah koloni mikroorganisme dihitung dengan mengalikan faktor pengenceran yang dilakukan. Hasil penghitungan koloni bakteri dinyatakan dalam *Colony Forming Unit*, CFU/mL.

$$\% R (\% \text{ reduksi}) = \frac{\text{Blanko} - \text{Sampel}}{\text{Blanko}} \times 100\%$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini telah diuji kemampuan sirih sebagai antiseptik yang dilapiskan pada kain kapas pakaian dalam terhadap bakteri *Escherchia coli* dan *Staphylococcus aureus* (Tabel 1).

Uji antibakteri dilakukan pada kain kapas yang tidak diproses dengan sirih, serta diproses dengan sirih pada konsentrasi 1, 5 dan 10 g/L. Tabel 1 menunjukkan hasil uji aktivitas antibakteri dari daun sirih pada kain kapas. Kemampuan daun sirih sebagai antiseptik yaitu mampu menghambat pertumbuhan bakteri *E. coli* dan *S. aureus* selama 48 jam sebanyak 99,9% pada setiap. Sirih dapat menghambat pertumbuhan bakteri gram negatif dan gram positif dengan sangat baik, maka dapat digunakan sebagai antiseptik pakaian kain.

Tabel 1. Hasil Uji Antibakteri Kain Kapas yang Diproses dengan Ekstrak Daun Sirih

Variasi Konsentrasi ekstrak daun sirih (g/L)	Bakteri <i>Escherichia coli</i>			Bakteri <i>Staphylococcus aureus</i>		
	Inkubasi 0 jam	Inkubasi 24 jam	% R	Inkubasi 0 jam	Inkubasi 24 jam	% R
Kain blanko	3.000.000	3.000.000	0	5.000.000	5.000.000	0
1	3.000.000	148	99,9	5.000.000	200	99,9
5	3.000.000	380	99,9	5.000.000	200	99,9
10	3.000.000	156	99,9	5.000.000	179	99,9

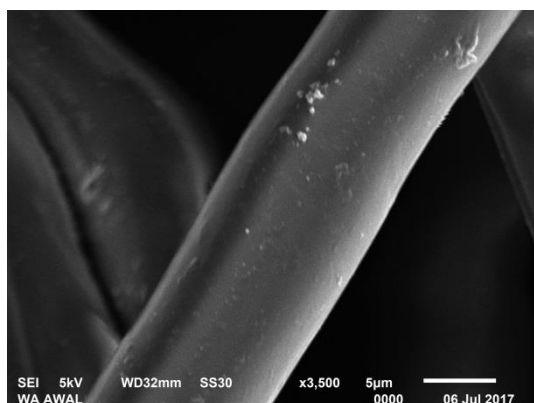
Pada penelitian ini dilakukan pula proses pemberian antiseptik pada kain kapas dengan penambahan *crosslink agent*, diantaranya Polivinil alkohol (PVA), poliuretan dan binder. Tabel 2 menunjukkan hasil hasil uji antibakteri kain kapas yang diproses dengan ekstrak daun sirih dengan variasi *cross link agent*. Dari hasil uji tersebut digambarkan bahwa penggunaan *crosslink agent* dapat membuat sirih masih menempel pada kain dan berfungsi dengan baik sebagai antiseptik, walaupun telah dicuci sebanyak 9 kali skala rumah tangga. Hal tersebut dapat dibuktikan dengan tidak berkurang secara signifikan efisiensi pencegahan pertumbuhan bakteri pada kain yang telah diproses pinang dan sirih dengan ditambahkan *cross link agent*. Untuk kain yang telah diproses sirih, poliuretan merupakan *cross link agent* yang paling baik digunakan karena setelah dicuci selama 9 kali tidak mengalami penurunan efisiensi

pencegahan pertumbuhan bakteri baik *E. coli* dari 98,8% menjadi 98,3% maupun *S. aureus* dari 99% menjadi 98,8%. Untuk kain yang telah diproses pinang, polivinil alkohol merupakan *cross link agent* yang paling baik digunakan karena setelah dicuci selama 9 kali tidak mengalami penurunan efisiensi pencegahan pertumbuhan bakteri baik *E. coli* dari 99,7% menjadi 98,9% maupun *S. aureus* dari 92,9% menjadi 90,5%.

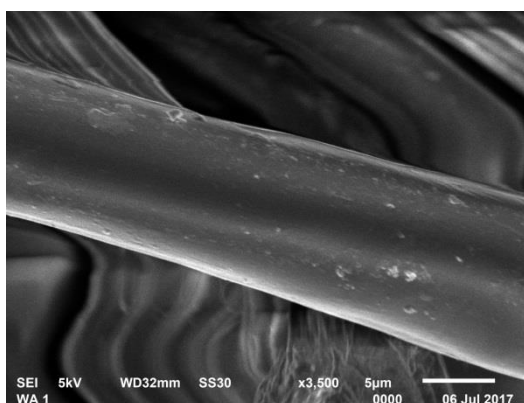
Gambar 1 menunjukkan morfologi serat yang menggambarkan kain dilapisi oleh sirih atau tidak. Pada Gambar 1 a, dapat terlihat penampang serat yang tidak dilapisi oleh partikel sirih. dimana permukaan serat terlihat bersih. Pada gambar 1 b, c, d dan e terlihat penampang serat dilapisi partikel halus dengan konsentrasi sirih lebih banyak maka makin banyak pula terlihat partikel berupa bulu-bulu halus menempel pada penampang serat.

Tabel 2. Hasil Uji Antibakteri Kain Kapas yang Diproses dengan Ekstrak Daun Sirih dengan Variasi *cross link agent*

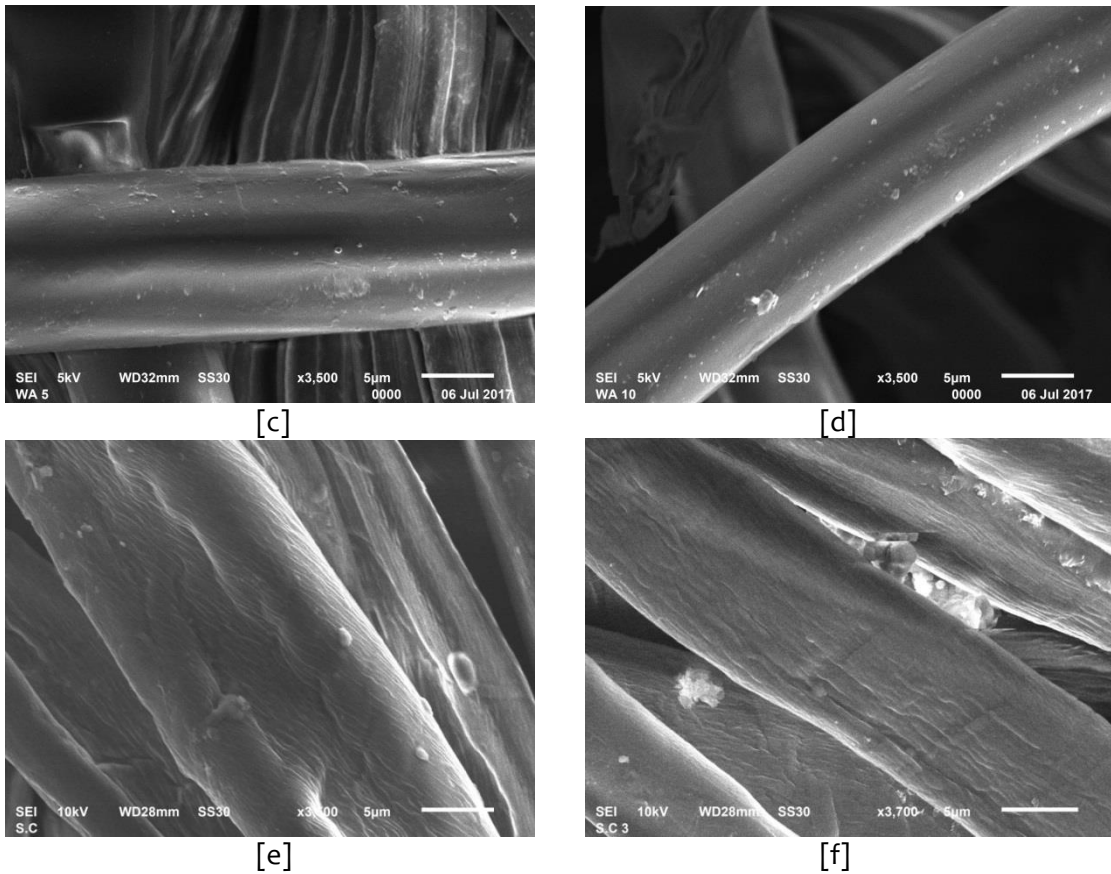
Jenis Binder	Pencucian rumah tangga *)	Bakteri <i>Escherichia coli</i>			Bakteri <i>Staphylococcus aureus</i>		
		Inkubasi 0 jam	Inkubasi 24 jam	% R	Inkubasi 0 jam	Inkubasi 24 jam	% R
Kain blanko		3.760.000	3.760.000	0	580.000	700.000	- 20,7
Poly Vinil Alkohol	Sebelum pencucian	139.000.000	3.000.000	97,8	292.000.000	3.000.000	98,9
	9 X cuci	82.000.000	3.000.000	96,3	231.000.000	3.000.000	98,7
Binder 722	Sebelum pencucian	172.000.000	3.000.000	98,3	314.000.000	3.000.000	99,0
	9 X cuci	82.000.000	3.000.000	97,4	129.000.000	3.000.000	97,7
Poly uretan	Sebelum pencucian	252.000.000	3.000.000	98,8	211.000.000	2.000.000	99,0
	9 X cuci	185.000.000	3.000.000	98,3	169.000.000	2.000.000	98,8



[a]



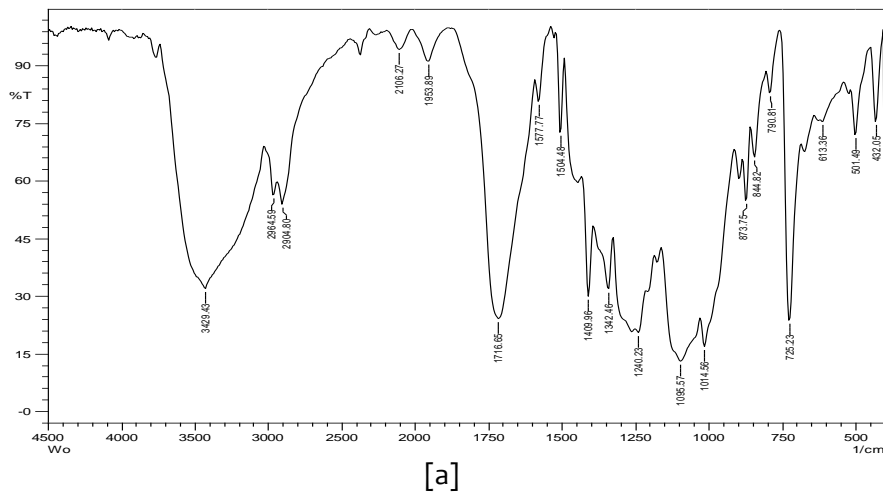
[b]

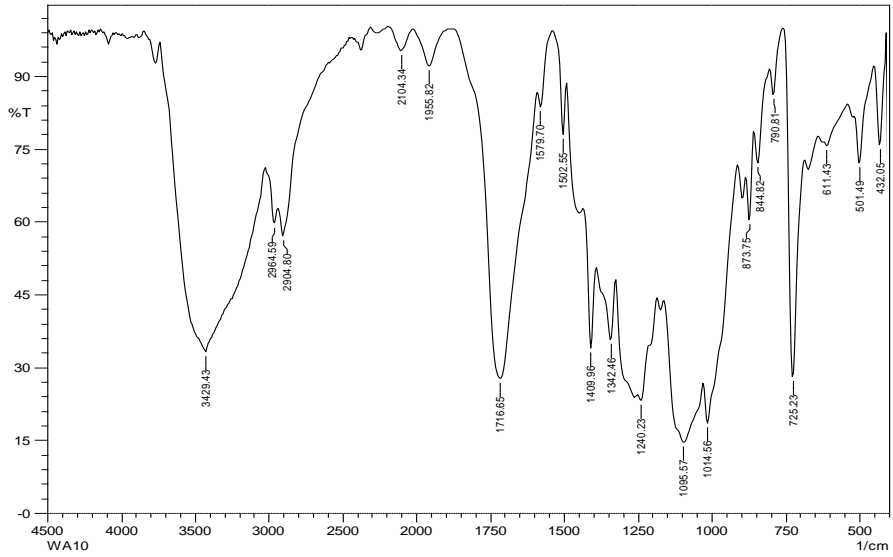


Gambar 1. Citra SEM kain kapas (a) tanpa sirih dan pinang; (b) diproses dengan sirih 1 g/L; (c) diproses dengan sirih 5 g/L; (d) diproses dengan sirih 10 g/L; (e) kain kapas diproses dengan sirih + poliuretan sebelum dicuci (f) kain kapas diproses dengan sirih + poliuretan setelah dicuci.

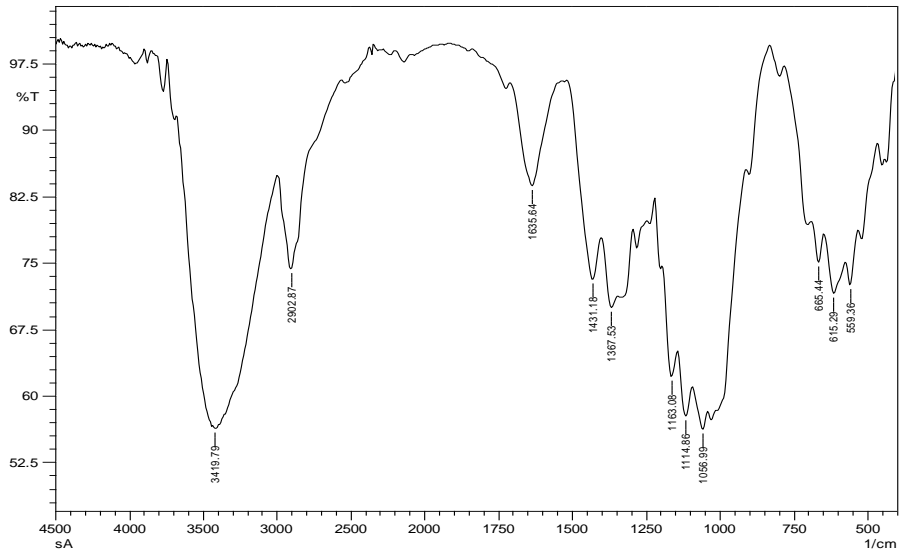
Gambar 1 f menunjukkan morfologi kain diproses dengan ekstrak sirih dengan diberi *cross link agent*, terlihat bahwa sirih dan masih menempel pada permukaan kain. Hal tersebut disebabkan karena penggunaan *cross link agent* memberikan ikatan kimia antara sirih dengan kain kapas. Gambar 2 menunjukkan spektrum FTIR pada kain yang diproses dan tidak diproses dengan sirih serta

tanpa dan dengan *cross link agent*. Dari gambar terlihat bahwa terdapat kesamaan puncak serapan antara kain kapas dengan oleorisin. Spektrum pada kain kapas dan oleoresin pada sirih menunjukkan beberapa puncak diantaranya yaitu pada panjang gelombang 3400, 2900, 1600, 1500, 1400, 1300 dan 1000 cm^{-1} , dimana terdapat gugus OH, CH, C=C, C=O, CH_2 , C-O.

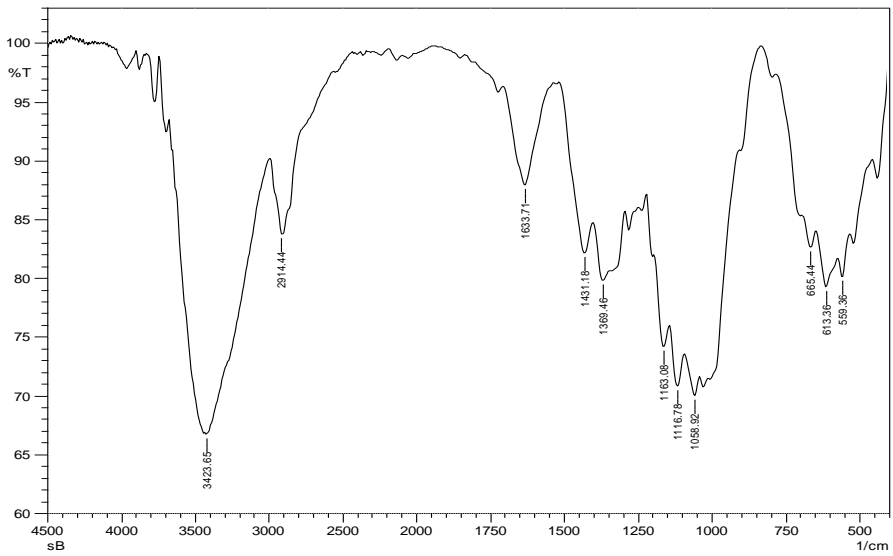




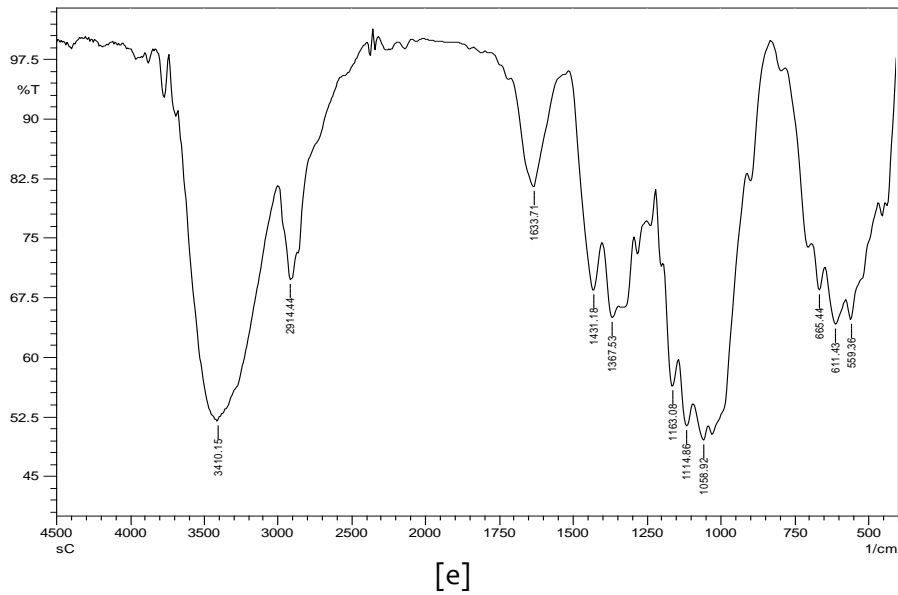
[b]



[c]



[d]



Gambar 2. Spektrum FTIR kain kapas (a) tidak diproses dengan sirih; (b) diproses dengan sirih 10g/L; (c) kain kapas diproses dengan sirih + PVA (d) kain kapas diproses dengan sirih + binder 722 (e) kain kapas diproses dengan sirih + poliuretan

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian sampai dengan saat ini dapat ditarik kesimpulan sementara, yaitu :

1. Sirih dapat menempel pada kain dengan menggunakan cara pad-dry-cure
2. Kain yang diberikan *cross ling agent* dapat memberikan ikatan kimia pada penempelan sirih, hal tersebut dapat dibuktikan dengan hasil pencucian berulang yang tetap baik terhadap sebagai zat antiseptik
3. Sirih baik untuk digunakan sebagai antiseptik, dimana hal tersebut dibuktikan dengan hasil uji antibakteri sebesar 99%.

PUSTAKA

1. Rathinamoorthy R, Udayakumar S & Thilagavaty G, *Int J Pharma Life Sci*, 2 (2011) 1147.
2. Sathianarayanan M P, Bhat N V, Kokate S S & Walnuj V E, *Indian J Fibre Text Res*, 35 (2010) 50.
3. Deepti Gupta & Ankur Laha, *Indian J Fibre Text Res* 32 (2007) 88
4. Loper JE, Henkels MD, Roberts RG, Grove GG, Willett MJ and Smith TJ. 1999. Evaluation of streptomycin, oxatetracycline, and copper resistance of *Erwinia amylovora* isolated from pear orchards in Washington State. *Plant Dis.* **75**: 287–290.
5. Davis J. 1994. Inactivation of antibiotics and the dissemination of resistance gene. *Science*. 264:375–382.
6. Service RF. 1995. Antibiotics that resist resistance. *Science*. **270**:724–727.
7. Chiu CH, Wu TL, Su LH, Chu C, Chia JH, Kuo AJ, Chien MS and Lin TY. 2002. The emergence in Taiwan of fluoroquinolone resistance in *Salmonella enterica* serotype Choleraesuis. *N Engl J Med*. **346**: 413-419.
8. Boonmar S, Bangtrakulnonth A, Pornruangwong S, Samosornsuk S, Kaneko K and Ogawa M. 1998. Significant increase in antibiotic resistance of *Salmonella* isolates from human beings and chicken meat in Thailand. *Vet Microbiol*. **62**: 73-80.
9. Davis MA, Hancock DD, Besser TE, Rice DH, Gay JM, Gay C, Gearhart L and DiGiacomo R. 1999. Changes in antimicrobial resistance among *Salmonella enterica* serovar *Typhimurium* isolates from humans and cattle in the Northwestern United States, 1982-1997. *Emerg Infect Dis* **5**: 802-806.
10. Threlfall EJ, Ward LR, Frost JA and Willshaw GA. 2000. The emergence and spread of *Int J Food Microbiol*. **62**: 1-5.