

## STUDI PROSES BLEACHING SERAT ECENG GONDOK SEBAGAI REINFORCED FIBER

Achmad Syah Ronie

Program Studi Teknik Kimia  
Pascasarjana Universitas Diponegoro  
SEMARANG

**Abstrak.** Serat eceng gondok dapat dikembangkan menjadi produk yang lebih berkualitas. Saat ini sedang berkembang penelitian tentang serat alami sebagai bahan pengisi matriks komposit. Proses bleaching adalah salah satu proses yang sangat penting pada proses pembuatan serat eceng gondok. Perbedaan kondisi pada proses bleaching mempengaruhi kualitas produk serat eceng gondok yang dihasilkan seperti kuat tarik dan derajat kecerahan. Hidrogen peroksida mempunyai kelebihan yaitu sifatnya yang lebih ramah lingkungan dibandingkan oksidator lain karena peruraiannya hanya menghasilkan air dan oksigen. Tujuan penelitian ini adalah menentukan pengaruh konsentrasi  $H_2O_2$ , pH dan suhu terhadap kuat tarik dan derajat kecerahan serta menentukan kinetika reaksi pada proses bleaching tersebut. Proses bleaching dilakukan dengan memasukkan serat eceng gondok kedalam larutan hidrogen peroksida dalam suasana basa. Hasil optimum didapat pada konsentrasi  $H_2O_2$  3 %, pH 11 dan suhu  $60^\circ C$  dengan harga derajat kecerahan dan kuat tarik masing-masing 82,10 dan 119,75 Mpa. Nilai konstanta kinetika reaksi  $k_1$ ,  $k_2$  dan  $k_3$  berturut-turut adalah  $10,6222 M^{-2}$ ,  $0,00076046 M^{-1}$  dan  $136403,6508 M^{-1}$ . Perubahan derajat kecerahan dan kuat tarik dari serat eceng gondok setelah dibleaching diharapkan dapat digunakan sebagai bahan baku reinforced fiber.

Kata kunci: serat eceng gondok, bleaching, konstanta kinetika reaksi, derajat kecerahan, kuat tarik.

### PENDAHULUAN

Eceng gondok hidup mengapung di air dan kadang-kadang berakar dalam tanah. Tingginya sekitar 0,4 - 0,8 meter. Tidak mempunyai batang. Daunnya tunggal dan berbentuk oval. Ujung dan pangkalnya meruncing, pangkal tangkai daun menggelembung. Permukaan daunnya licin dan berwarna hijau. Bunganya termasuk bunga majemuk, berbentuk bulir, kelopaknya berbentuk tabung. Bijinya berbentuk bulat dan berwarna hitam. Buahnya kotak beruang tiga dan berwarna hijau. Akarnya merupakan akar serabut. (Wikipedia).

Eceng gondok tumbuh di kolam-kolam dangkal, tanah basah dan rawa, aliran air yang lambat, danau, tempat penampungan air dan sungai. Tumbuhan ini dapat mentolerir perubahan yang ekstrim dari ketinggian

air, laju air, dan perubahan ketersediaan nutrisi, pH, temperatur dan racun-racun dalam air. (Discover Life). Pertumbuhan eceng gondok yang cepat terutama disebabkan oleh air yang mengandung nutrisi yang tinggi, terutama yang kaya akan nitrogen, fosfat dan potasium. Kandungan garam dapat menghambat pertumbuhan eceng gondok seperti yang terjadi pada danau-danau di daerah pantai Afrika Barat, di mana eceng gondok akan bertambah sepanjang musim hujan dan berkurang saat kandungan garam naik pada musim kemarau. (Discover Life).

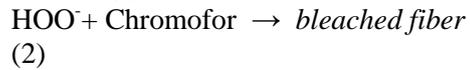
Proses bleaching adalah salah satu proses yang sangat penting pada proses pembuatan serat eceng gondok. Perbedaan kondisi pada proses bleaching seperti konsentrasi bahan pemutih (*bleaching agent*), pH, temperatur, katalis dan waktu

mempengaruhi kualitas produk serat eceng gondok yang dihasilkan seperti kuat tarik dan derajat kecerahan. Selama ini proses bleaching banyak menggunakan senyawa klor seperti klorin atau klor dioksida. (Van Daam, 2002). Kelemahan senyawa klor sebagai *bleaching agent* adalah sifatnya yang beracun dan tidak ramah lingkungan (Bjorklund, 2008).

Hidrogen peroksida telah banyak digunakan sebagai pengganti senyawa klor pada proses bleaching pada industri Pulp. Hidrogen peroksida mempunyai kelebihan yaitu sifatnya yang lebih ramah lingkungan dibandingkan oksidator lain karena peruraiannya hanya menghasilkan air dan oksigen (Filho and Ulrich, 2002) dan kekuatan oksidatornya pun dapat diatur sesuai kebutuhan (Potucek and Milichovsky, 2000), sehingga dalam penelitian ini digunakan hidrogen peroksida. Dari penelitian yang dilakukan oleh Tutus (2004), Proses bleaching dengan hidrogen peroksida meningkatkan derajat kecerahan dari pulp yang dihasilkan dibandingkan dengan klorin dioksida. Proses bleaching pulp dengan hidrogen peroksida memberi hasil optimal jika dalam keadaan basa yaitu pada pH 9 dengan menggunakan  $\text{NaSiO}_3$  sebagai senyawa penstabil peroksida. Dari penelitian Darmanto dkk (2008), perlakuan alkali dengan  $\text{NaOH}$  10% selama 30 menit akan meningkatkan kekuatan (*strenght*) dan daya mulur (*elongation*) dari serat tunggal daun pelepah kelapa secara optimal.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan kualitas serat eceng gondok sebagai *reinforced fiber*. Secara spesifik penelitian ini bertujuan untuk menentukan pengaruh konsentrasi hidrogen peroksida suhu pH terhadap kecerahan dan kuat tarik serat eceng gondok, mencari kondisi optimum pada proses bleaching, serta menentukan kinetika reaksi pada proses bleaching dengan hidrogen peroksida..

Reaksi yang terjadi pada proses bleaching adalah sebagai berikut:



(Nagiev, 2007)

Anion perhidroksil ( $\text{HOO}^-$ ) berguna sebagai spesies aktif yang sangat berperan dalam proses bleaching dengan menggunakan peroksida. Anion ini merupakan nucleophile kuat yang menyerang gugus aldehyd dan keton tidak jenuh serta memutus rantai phenol terkonjugasi kelompok karbonil atau etilen (Craig, 1999). Reaksi pada lignin dengan peroksida merupakan reaksi searah dan dapat mengakibatkan kehilangan permanan pada sebagaian besar gugus kromofor (gugus yang memberikan warna pada serat) yang terkandung di dalam molekul lignin (Tutus, 2004).

Untuk menentukan persamaan laju kinetika reaksi pada proses bleaching dengan hidrogen peroksida digunakan rumus:

$$r = \frac{k_1 C_P C_{OH}}{[1 + k_2 C_P][1 + k_3 C_{OH}]}$$

(Liu, 2003)

(3)

dimana:

$C_P$  = Konsentrasi  $\text{H}_2\text{O}_2$  pada waktu t menit

$C_{OH}$  = Konsentrasi ion  $\text{OH}^-$  pada waktu t menit

dimana

$$k_1 = k_I \theta_1^2 h_f^2$$

$$k_2 = K_{P1} h_f$$

$$k_3 = K_{OH1} h_f$$

Dimana

$$k_I = k_1' K_{P1} K_{OH1}$$

$k_1'$  = konstanta kecepatan reaksi untuk penghilangan kromofor

$\theta_1$  = konsentrasi total *single* kromofor *site*

$h_f$  = faktor *hindrance* (gangguan)

$K_{p1}$  = konstanta absorpsi isothermal untuk peroksida pada *single* kromofor *site*

$K_{OH1}$  = konstanta absorpsi isothermal untuk ion hidroksida pada *single* kromofor *site*

## METODE

### Bahan

Bahan utama pada penelitian ini adalah eceng gondok yang diambil dari daerah Semarang dan sekitarnya. Bahan lain yang digunakan adalah  $H_2O_2$  p.a.(E. Merck),  $NaSiO_3$  p.a.(E. Merck),  $NaOH$  p.a.(E. Merck),  $KMnO_4$  p.a (E. Merck),  $H_2C_2O_4$  p.a (E. Merck),  $H_2SO_4$  p.a (E. Merck), Aquadest.

### Alat

Alat utama penelitian ini adalah reaktor tanki dengan waterbath . Sementara alat lain yang digunakan adalah mesin uji tarik serat TENSO LAB, Alat Chromameter model CR-400 Konika Minolta , oven, timbangan digital, termometer, dan pH meter

### Rancangan Percobaan

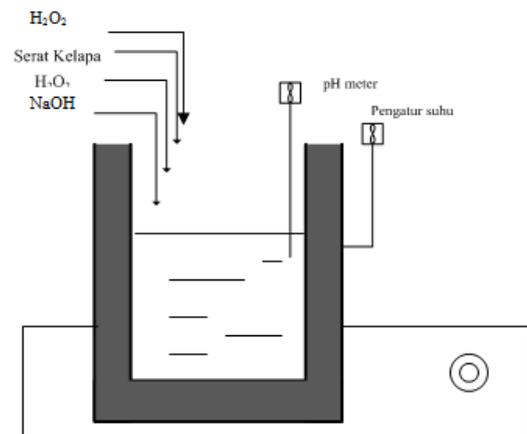
Penelitian menggunakan metode eksperimental yang dilakukan di laboratorium. Pada proses bleaching serat eceng gondok ini dilakukan 12 run dengan 3 variabel berubah. Kegiatan penelitian dilakukan dengan tahapan sebagai berikut

### Analisa Awal Bahan Baku

Analisa ini meliputi analisa derajat kecerahan (*brightness*) dan kuat tarik (*tensile strenght*) bahan baku sebelum dilakukan proses bleaching. Ini berguna sebagai pembandingan untuk hasil serat eceng gondok setelah proses bleaching.

### Proses Bleaching

Pada tahap ini dimulai dengan menimbang serat eceng gondok sebesar 25 gram, selanjutnya dimasukkan dalam reaktor tangki. Ditambahkan hidrogen peroksida sebanyak 0,5 liter dengan variasi konsentrasi 0,5 %, 1 %, 2 % dan 3 %,  $NaSiO_3$  sebanyak 2,5 gr. Selanjutnya proses bleaching dilakukan dengan variasi suhu 50, 60, 70 dan 80 °C. Selama percobaan juga akan divariasikan pH antara 9, 10, 11 dan 12 dengan ketelitian  $\pm 0,1$ . pH diatur dengan penambahan  $NaOH$ . Setiap 10 menit diukur pH dan diambil larutan hidrogen peroksida untuk dititrasi dengan  $KMnO_4$  untuk mengetahui jumlah hidrogen peroksida sisa.



Gambar 1. Reaktor tangki dengan waterbath

### Analisa Hasil

Analisa hasil serat eceng gondok yang telah melalui proses bleaching antara lain analisa derajat kecerahan (*brightness*) dengan alat Chromameter model CR-400 Konika Minolta dengan sistem CIE 1976  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  (CIELAB) (Melgosa, 1999) dan analisa kuat tarik (*tensile strenght*) dengan alat TENSO LAB tipe 168 E.

### Penentuan Parameter Kinetika Reaksi

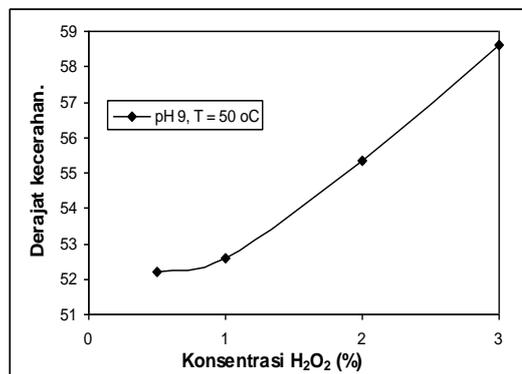
Untuk menentukan parameter kinetika reaksi dari proses bleaching hidrogen peroksida maka diperlukan data konsentrasi  $OH^-$  dan konsentrasi

hidrogen peroksida sisa setiap 10 menit. Konsentrasi  $\text{OH}^-$  diperoleh dari pengukuran pH dan konsentrasi  $\text{H}_2\text{O}_2$  sisa diperoleh dari titrasi dengan  $\text{KMnO}_4$  secara Permanganometri. Nilai konstanta  $k_1$ ,  $k_2$  dan  $k_3$  diperoleh dari perhitungan data-data dengan bantuan *software* MATLAB 7.4.0.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengaruh konsentrasi hidrogen peroksida terhadap kecerahan (*brightness*) serat

Proses bleaching dengan hidrogen peroksida dilakukan dengan konsentrasi bervariasi yaitu 0,5 %, 1%, 2% dan 3% dalam kondisi operasi yang tetap yaitu waktu proses bleaching 1 jam, pH 9 serta suhu 50°C. Selanjutnya masing – masing serat eceng gondok tersebut dianalisa derajat kecerahannya. Analisa derajat kecerahan dilakukan menggunakan alat Chromameter CR-400 pada Laboratorium Pangan Jurusan Teknologi Pangan Universitas Katolik Soegiyopranoto Semarang. data hubungan antara konsentrasi hidrogen peroksida terhadap derajat kecerahan disajikan pada Gambar 2.



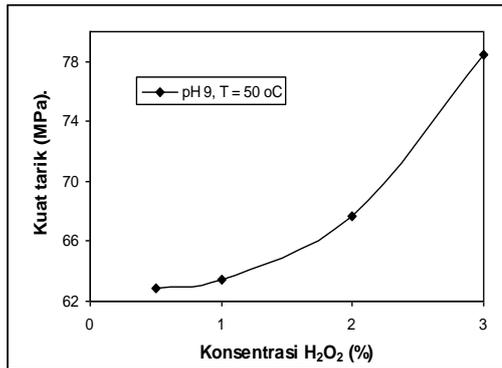
**Gambar 2.** Grafik hubungan konsentrasi  $\text{H}_2\text{O}_2$  dengan derajat kecerahan serat (pH 9, T = 50 °C)

Gambar 2 menunjukkan adanya peningkatan derajat kecerahan dengan semakin meningkatnya konsentrasi hidrogen peroksida yang dipakai. Derajat kecerahan yang tertinggi dicapai

pada konsentrasi hidrogen peroksida 3 % yaitu sebesar 58,61. Selama proses bleaching terjadi penurunan pH yang sangat berarti yaitu ketika baru proses berjalan sekitar 10 menit pH menurun menjadi 7, hal ini disebabkan jumlah  $\text{NaOH}$  yang ditambahkan sedikit pada saat awal sehingga sebelum 1 jam  $\text{OH}^-$  sudah habis bereaksi dengan hidrogen peroksida dan jika dilanjutkan hingga akhir maka pH turun menjadi sekitar 6 (keadaan asam). Proses bleaching tidak efektif pada keadaan asam, karena hidrogen peroksida akan terdekomposisi menjadi air sehingga lambat bereaksi dengan gugus kromofor pada lignin, sehingga derajat kecerahan yang didapat rendah. Hal ini sesuai literatur menurut Van Daam (2002) bahwa reaksi bleaching dengan hidrogen peroksida akan efektif pada keadaan basa antara pH 8 hingga pH 12.

### Pengaruh konsentrasi hidrogen peroksida terhadap kuat tarik (*tensile strenght*) serat

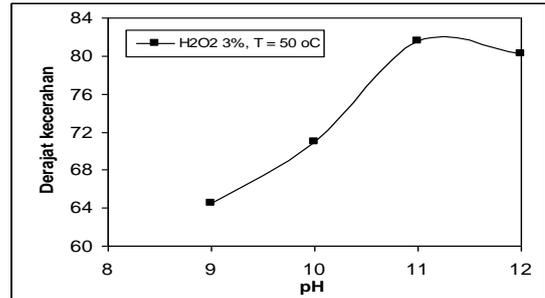
Pada penelitian dengan variabel konsentrasi hidrogen peroksida ini dilakukan pada pH 9 (keadaan alkali) dan suhu 50 °C, dimana menurut penelitian yang terdahulu (Prasad, dkk., 2005 dan Darmanto dkk, 2008) proses perendaman dalam larutan alkali dapat meningkatkan kuat tarik (*tensile strenght*) dari serat tersebut. Analisa kuat tarik dilakukan menggunakan alat Tenso Lab tipe 168 E pada Laboratorium Bahan Teknik Jurusan Teknik Mesin dan Industri Universitas Gadjah Mada Yogyakarta. Kuat tarik tertinggi didapat pada konsentrasi  $\text{H}_2\text{O}_2$  3 % yaitu sebesar 78,44 MPa. Hubungan antara konsentrasi hidrogen peroksida terhadap kuat tarik disajikan pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Grafik hubungan konsentrasi H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dengan kuat tarik serat (pH 9, T = 50 °C)

**Pengaruh pH terhadap derajat kecerahan (*brightness*) serat**

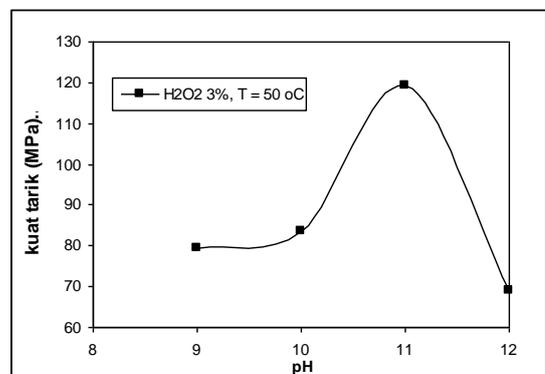
Proses bleaching serat eceng gondok dengan hidrogen peroksida dilakukan dengan variasi pH 9, 10, 11 dan 12 dengan konsentrasi H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 3 % dan suhu 50 °C. Untuk mendapatkan pH tersebut dilakukan pengaturan pH dengan menggunakan larutan NaOH. Untuk mendapatkan nilai pH yang dikehendaki maka digunakan alat pH meter. Derajat kecerahan serat sangat dipengaruhi oleh pH (Tutus,2004). Semakin basa larutan maka jumlah gugus anion perhidroksil (OOH) yang terbentuk tiap waktu semakin banyak. Sehingga reaksi yang terjadi antara gugus anion perhidroksil (OOH) dengan gugus kromofor pada lignin semakin cepat. Derajat kecerahan tertinggi dicapai pada pH 11 yaitu 81,53. Data hubungan antara pH dengan derajat kecerahan tersaji pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Grafik hubungan pH larutan dengan derajat kecerahan serat (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 3 % , T = 50 °C)

**Pengaruh pH terhadap kuat tarik (*tensile strenght*) serat**

Proses bleaching yang dilakukan dalam kondisi alkali mempengaruhi kuat tarik serat. Menurut penelitian yang terdahulu (Prasad, dkk., 2005 dan Darmanto dkk, 2008) proses perendaman dalam larutan alkali dapat meningkatkan kuat tarik (*tensile strenght*) dari serat tersebut. Pada pH 11 menghasilkan kuat tarik yang terbesar yaitu 119,38 MPa. Sedangkan pada pH 12 mengalami penurunan kuat tarik menjadi 68,97 MPa. Hal ini disebabkan pada pH 12, adanya degradasi atau penurunan kekuatan karena kerusakan pada selulosanya, sehingga mengurangi kekuatan dari serat itu. Hal ini sesuai yang dikemukakan Lewin (2007). Data hubungan antara pH dan kuat tarik tersaji pada gambar 5.

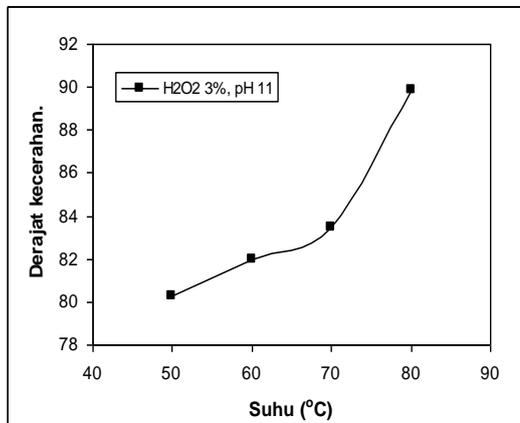


**Gambar 5.** Grafik hubungan pH dengan kuat tarik serat (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 3 % , T = 50 °C)

**Pengaruh suhu terhadap derajat kecerahan (*brightness*) serat**

Suhu mempengaruhi derajat kecerahan dari serat. Hal ini berhubungan dengan peningkatan kecepatan reaksi, dimana semakin tinggi suhu maka reaksi akan berlangsung lebih cepat (Van Daam,2002). Pada prose bleaching, semakin tinggi suhu maka proses pembentukan gugus anion perhidroksil ( $OOH^-$ ) akan semakin cepat sehingga hal ini akan berpengaruh pada proses penghilangan gugus kromofor pada lignin serat tersebut.

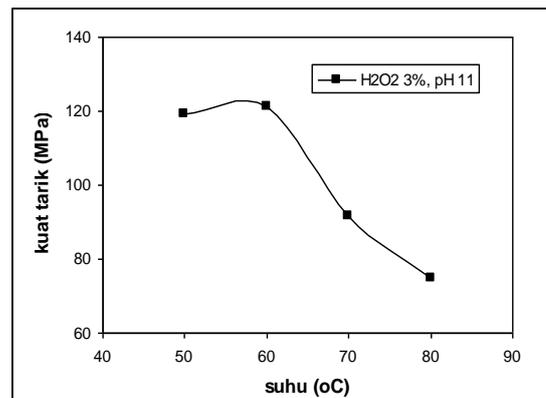
Setelah dilakukan analisa dengan alat Chromameter CR-400 diperoleh hasil pada suhu antara 50 – 70 °C, derajat kecerahan yang didapat hampir sama, yaitu antara 81- 83 %. Sedangkan pada suhu 80 °C diperoleh derajat kecerahan yang sangat tinggi yaitu 89,89 %. Hal ini disebabkan dengan semakin meningkatnya suhu maka reaksi yang berlangsung semakin cepat. Hal ini didukung dengan nilai tetapan kinetika reaksi nilai  $k_1$  dan  $k_3$  (Tabel 3) yang didapat yang semakin besar dengan semakin meningkatnya suhu. Data hubungan antara suhu dengan derajat kecerahan tersaji pada Gambar 6.



**Gambar 6.** Grafik hubungan suhu dengan derajat kecerahan serat. ( $H_2O_2$  3 %, pH 11)

**Pengaruh suhu terhadap kuat tarik (*tensile strenght*) serat**

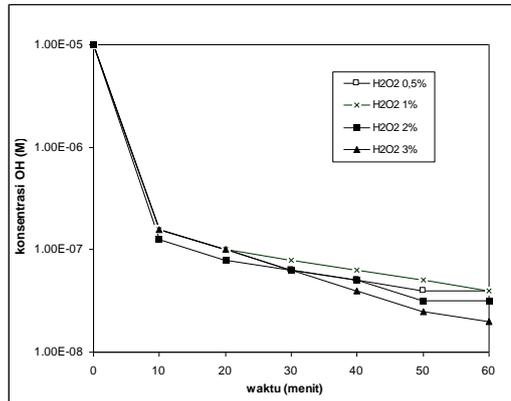
Suhu berpengaruh terhadap kuat tarik serat. Hal ini disebabkan oleh reaksi yang terjadi antara gugus anion perhidroksil dengan lignin. Jika lignin telah habis bereaksi dengan gugus anion perhidroksil, maka gugus anion perhidroksil ini akan menyerang selulosa, sehingga akan mengurangi kekuatan dari serat tersebut. Pada suhu 50 - 60 °C kuat tarik serat relatif hampir sama yaitu 119,38 MPa dan 121,11. Tetapi pada suhu 70 °C mengalami penurunan kuat tarik serat menjadi 91,46 MPa dan pada suhu 80 °C menjadi 74,70 MPa. Hal ini menunjukkan semakin tinggi suhunya maka semakin banyak selulosa yang mengalami degradasi sehingga kuat tarik semakin menurun. Hal ini sesuai dengan yang dikemukakan Lewin (2007). Data hubungan antara suhu dengan kuat tarik tersaji pada Gambar 7.



**Gambar 7.** Grafik hubungan suhu dengan kuat tarik ( $H_2O_2$  3 %, pH 11)

**Tinjauan Kinetika Reaksi**

Reaksi pada proses bleaching serat eceng gondok dengan hidrogen peroksida merupakan reaksi fase padat cair dengan absorpsi hidrogen peroksida dan ion hidroksida pada permukaan serat. Grafik hubungan konsentrasi  $OH^-$  terhadap waktu pada konsentrasi  $H_2O_2$  yang berbeda seperti tersaji pada Gambar 8.



**Gambar 8.** Grafik hubungan konsentrasi OH<sup>-</sup> terhadap waktu pada variasi konsentrasi H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

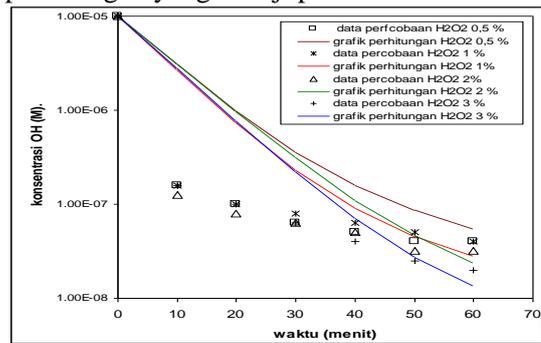
Pada Gambar 8. terlihat penurunan konsentrasi OH<sup>-</sup> yang sangat besar pada awal reaksi (proses bleaching). Hal ini menunjukkan reaksi berlangsung lebih cepat pada awal proses bleaching. Proses bleaching ini dilakukan pada pH 9. Ketika reaksi sedang berlangsung 10 menit, pH sudah berubah menjadi netral sekitar 7 dan selanjutnya menjadi asam. (pH sekitar 6). Pada pH asam penurunan konsentrasi menjadi kecil dan reaksi berjalan lambat. Hal ini sesuai dengan yang dikemukakan oleh Jones (1999). Dari data percobaan dengan menggunakan persamaan (3) dengan bantuan software MATLAB 7.4. selanjutnya diperoleh nilai konstanta kecepatan reaksi k<sub>1</sub>, k<sub>2</sub> dan k<sub>3</sub>, seperti tersaji pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Konstanta kecepatan reaksi tiap konsentrasi H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> yang berbeda

Konstanta	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 0,5 %	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 1 %	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 2 %	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 3 %
k <sub>1</sub> (M <sup>-2</sup> )	71.7029	73.0698	80.8147	94.3155
k <sub>2</sub> (M <sup>-1</sup> )	0.00025863	0.00038795	0.00039563	0.00051726
k <sub>3</sub> (M <sup>-1</sup> )	8665643.9681	18133662.2238	40118722.0724	64189954.7742

Dari Tabel 1 semakin besar konsentrasi H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> semakin besar nilai k<sub>1</sub>, k<sub>2</sub> dan k<sub>3</sub>. Hal ini menunjukkan dengan semakin meningkatnya konsentrasi H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, menaikkan nilai konstanta absorpsi isothermal peroksida (K<sub>P1</sub>) dan ion hidroksida (K<sub>OH1</sub>) pada *single* kromofor *site* dan juga menaikkan

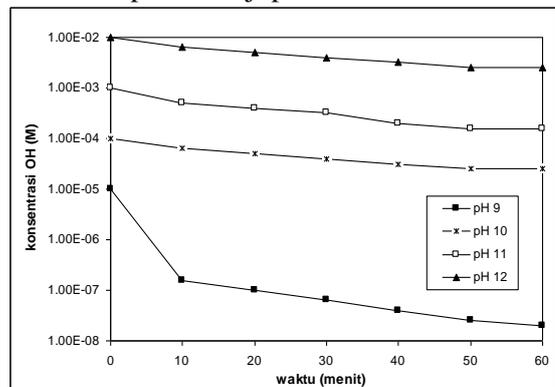
konstanta kecepatan reaksi untuk penghilangan kromofor (θ<sub>1</sub>). Dari harga k<sub>1</sub>, k<sub>2</sub> dan k<sub>3</sub> diketahui harga k<sub>3</sub> bernilai paling besar. Hal ini berarti absorpsi isothermal untuk ion hidroksida pada *single* kromofor *site* berlangsung sangat cepat dibandingkan absorpsi isothermal untuk peroksida pada *single* kromofor *site*. Dari Tabel 1 dapat dibuat hubungan antara data percobaan dan grafik perhitungan yang tersaji pada Gambar 9.



**Gambar 9.** Data percobaan dan grafik perhitungan pada variasi konsentrasi H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

Dari Gambar 9 terlihat adanya penyimpangan data percobaan terhadap garis perhitungan yang dibuat terutama pada waktu 10, 20 dan 30 menit. Hal ini menunjukkan bahwa permodelan kinetika reaksi yang digunakan tidak cocok untuk pH 9.

Grafik hubungan konsentrasi OH<sup>-</sup> terhadap waktu pada pH yang berbeda seperti tersaji pada Gambar 10.



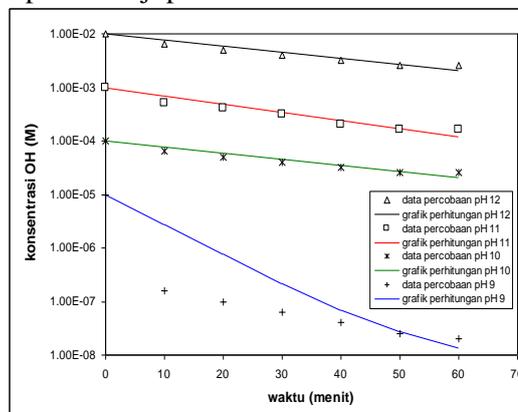
**Gambar 10.** Grafik hubungan konsentrasi OH<sup>-</sup> terhadap waktu pada variasi pH

Pada Gambar 10 terlihat perbedaan penurunan konsentrasi OH<sup>-</sup> antara pH 9 dengan pH yang lain. Pada proses bleaching yang dilakukan pH 9, Ketika reaksi sedang berlangsung 10 menit, pH sudah berubah menjadi netral sekitar 7 dan selanjutnya menjadi asam.( pH sekitar 6) . Sedangkan pada pH lain relatif stabil. Dari data percobaan dengan menggunakan persamaan (3) dengan bantuan *software* MATLAB 7.4.0 selanjutnya diperoleh nilai konstanta kecepatan reaksi k<sub>1</sub>, k<sub>2</sub> dan k<sub>3</sub> yang tersaji pada Tabel 2.

**Tabel 2** Konstanta kecepatan reaksi tiap pH yang berbeda

Konstanta	pH 9	pH 10	pH 11	pH 12
k <sub>1</sub> (M <sup>-2</sup> )	94,3155	4,8998	6,5596	7,342
k <sub>2</sub> (M <sup>-1</sup> )	0,00051726	0,00069126	0,00076046	0,00092167
k <sub>3</sub> (M <sup>-1</sup> )	64189954,7742	1604748,8801	160474,8869	24071,22549

Pada Tabel 2 terlihat dengan variasi pH 9, 10, 11 dan 12 diperoleh kenaikan harga k<sub>1</sub> dan k<sub>2</sub> (kecuali harga k<sub>1</sub> pada pH 9) dan penurunan harga k<sub>3</sub>. Penurunan harga k<sub>3</sub> menunjukkan penurunan nilai konstanta absorpsi isothermal ion hidroksida (K<sub>OH1</sub>). Dari Tabel 2 dapat dibuat hubungan antara data percobaan dan grafik perhitungan seperti tersaji pada Gambar 11.

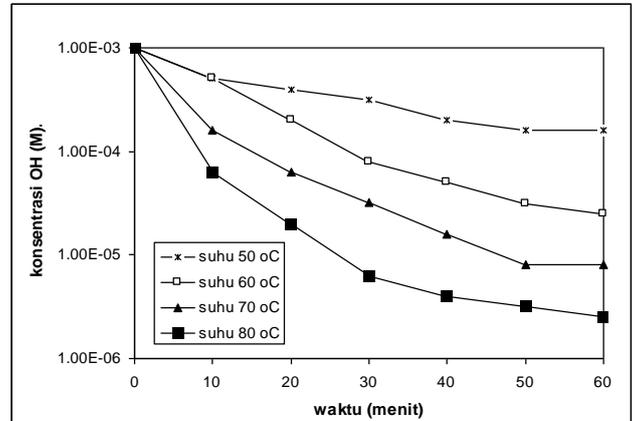


**Gambar 11.** Data percobaan dan grafik perhitungan pada variasi pH

Dari Gambar 11 terlihat permodelan kinetika reaksi yang

digunakan sesuai untuk pH 10, pH 11 dan pH 12, tetapi tidak sesuai untuk pH 9.

Grafik hubungan konsentrasi OH<sup>-</sup> terhadap waktu pada suhu yang berbeda seperti tersaji pada Gambar 12



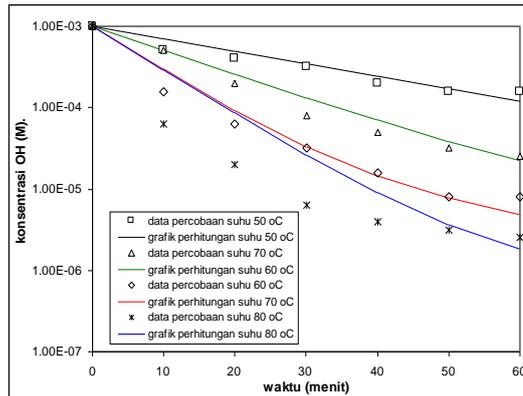
**Gambar 12.** Grafik hubungan konsentrasi OH<sup>-</sup> terhadap waktu pada variasi suhu

Dari data percobaan dengan menggunakan persamaan (3) dengan bantuan *software* MATLAB 7.4.0 selanjutnya diperoleh nilai konstanta kecepatan reaksi k<sub>1</sub>, k<sub>2</sub> dan k<sub>3</sub> yang tersaji pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Konstanta kecepatan reaksi tiap suhu yang berbeda

Konstanta	suhu 50 °C	suhu 60 °C	suhu 70 °C	suhu 80 °C
k <sub>1</sub> (M <sup>-2</sup> )	6,5596	10,0708	13,5164	67,5634
k <sub>2</sub> (M <sup>-1</sup> )	0,00076046	0,00076046	0,00076046	0,00076046
k <sub>3</sub> (M <sup>-1</sup> )	120474,8869	128379,9072	192569,8644	481424,6635

Dari Tabel 3 diperoleh nilai harga k<sub>1</sub> dan k<sub>3</sub> mengalami kenaikan dan harga k<sub>2</sub> tetap. Hal ini menunjukkan kenaikan suhu tidak mempengaruhi konstanta absorpsi isothermal peroksida (K<sub>P1</sub>). Dari Tabel 3 dapat dibuat hubungan antara data percobaan dan grafik perhitungan seperti tersaji pada Gambar 13.



**Gambar 13.** Data percobaan dan grafik perhitungan pada variasi suhu

**Hasil analisa produk akhir**

Perbandingan serat eceng gondok sebelum dan sesudah proses bleaching dengan kondisi terbaik ( $H_2O_2$  3%, pH 11,  $T = 60\text{ }^\circ\text{C}$ ) tersaji pada gambar 14..



(a) sebelum dibleaching



(b) setelah dibleaching

**Gambar 14.** Serat eceng gondok sebelum dibleaching dan setelah dibleaching dengan kondisi terbaik

Dari Gambar 14 terlihat perubahan warna dari serat eceng gondok yang berwarna merah coklat sebelum proses bleaching menjadi kuning muda setelah proses bleaching. Data perbandingan hasil analisa serat sebelum dan setelah proses bleaching tersaji pada tabel 4.

**Tabel 4.** Hasil analisa serat eceng gondok sebelum dan setelah proses bleaching

Serat eceng gondok	Derajat kecerahan ( <i>Brightness</i> )	Kuat tarik ( <i>Tensile Strength</i> ) MPa
Sebelum Proses Bleaching	47,78	59,99
Setelah Proses Bleaching ( $H_2O_2$ 3%, pH 11, $T = 60\text{ }^\circ\text{C}$ )	82,10	119,75

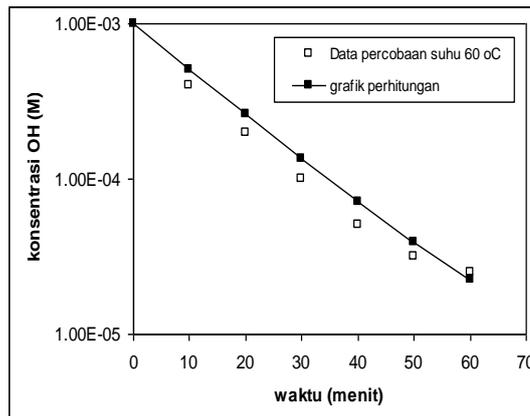
Dari Tabel 4 diatas dapat dilihat perbedaan antara serat eceng gondok sebelum dibleaching dengan serat eceng gondok setelah dibleaching. Dari derajat kecerahan dan kuat tarik yang didapat, pada serat eceng gondok setelah dibleaching memiliki sifat yang lebih baik dibanding pada serat eceng gondok sebelum dibleaching. Hal ini ditunjukkan dengan meningkatnya nilai derajat kecerahan dan kuat tarik. Ini sesuai dengan literatur yang dikemukakan oleh Van Daam (2002).

Dari data perubahan konsentrasi  $OH^-$  terhadap waktu, dengan

menggunakan bantuan *software* MATLAB diperoleh nilai  $k_1$ ,  $k_2$ , dan  $k_3$  berturut-turut adalah  $10,6222 \text{ M}^{-2}$ ,  $0,00076046 \text{ M}^{-1}$  dan  $136403,6508 \text{ M}^{-1}$ . Sehingga dengan rumus persamaan 3 diperoleh

$$r = \frac{10,6222C_p C_{OH}}{[1 + 0,00076046C_p][1 + 136403,6508C_{OH}]}$$

Dari data tersebut dibuat hubungan antara data percobaan dan hasil perhitungan yang tersaji pada gambar 15.



**Gambar 4.15** Hubungan data percobaan dan grafik perhitungan pada suhu 60 °C

**PENUTUP**

Kondisi akhir proses bleaching yang paling baik seperti konsentrasi  $\text{H}_2\text{O}_2$ , pH, dan suhu berturut – turut yaitu 3 %, 11, dan 60 °C. Hasil analisa dari kondisi tersebut didapat derajat kecerahan (brightness) sebesar 82,10 dan kuat tarik (tensile strenght) sebesar 119,75 MPa. Hasil dari penelitian didapat adanya pengaruh konsentrasi, pH dan suhu terhadap derajat kecerahan dan kuat tarik serat. Terdapat peningkatan derajat kecerahan dan kuat tarik yang cukup signifikan antara serat yang sudah dibleaching dengan serat sebelum dibleaching. Dari kondisi diatas diperoleh nilai konstanta kinetika reaksi  $k_1$ ,  $k_2$  dan  $k_3$  berturut-turut adalah  $10,6222 \text{ M}^{-2}$ ,  $0,00076046 \text{ M}^{-1}$  dan  $136403,6508 \text{ M}^{-1}$ .

**DAFTAR PUSTAKA**

Asasutjarit, C., Hirunlabh, J., and Khedari, J. 2005. **Development of coconut coir-based lightweight cement board.** *Journal of Construction and Building Material*, Vol 72: 233-240.

Bathia, Sobha. 2008. **Bridging the Gap Between Engineering and the Global World: A Case Study of the Coconut (Coir) Fiber Industry in Kerala, India.** Morgan and Claypool Publisher: New York.

Bismarck, A., Mohanty, A. K., and Aranberri-askargotra, I. 2001. **Surface characterization of natural fibers: surface properties and the water uptake behavior of modified sisal and coir fibers.** *Journal Green Chemistry*, Vol 3: 100-107.

Bjorklund, M. 2008. **Bleaching of Pulp.** United States Patent no. 6.777.548 B1, 23 November 2008.

Brahmakumar, M., Pavithran, C., and Pillai, R. M. 2005. **Coconut fibre reinforced polyethylene composites: effect of natural waxy surface layer of the fibre on fibre/matrix interfacial bonding and strength of composites.** *Journal of Composites Science and Technology*, Vol 65: 563-569.

Darmanto, S., Umardhani, Y., Setyoko, B., dan Kusumayanti, H.. 2008. **Peningkatan Kualitas Pelepah Kelapa Sebagai Serat Komposit Otomotif dengan Perlakuan Kimia dan Fisik.** Lembaga Penelitian Universitas Diponegoro: Semarang.

Filho, C., and Ulrich, H. 2002. **Hydrogen Peroxide in Chemical Pulp Bleaching.** Iberoamerican Congress on Pulp and Paper Research: Brasil.

- Jones, Craig. 1999. **Application of Hydrogen Peroxide and Derivates**. RSC Publisher: Cambridge.
- Khan, M., Siraj, M. S., and Rahman, M. 2003. **Improvement of mechanical properties of coir fiber (*cocus nucifera*) with 2-hydroxyethyl methacrylate (hema) by photocuring**. *Journal Polymer- Plastics Technology and Engineering*. Vol 42: 253-267.
- Lewin, Menachem. 2007. **Handbook of Fiber Chemistry 3rd Edition**. CRC Press Taylor and Francis Group: New York.
- Liu, Shijie. 2003. **Chemical kinetics of alkaline peroxide brightening of mechanical pulps**. *Journal of Chemical Engineering Science*, Vol 58: 2229-2244.
- Melgosa, Manuel. 1999. **Testing CIELAB-based color-difference formula**. *Journal Color Research and Application*. Vol 25: 49-55.
- Nagiev, Tofik. 2007. **Coherent Synchronized Oxidation Reactions by Hydrogen Peroxide**. Elsevier B. V.: Amsterdam.
- Potucek, F. and Milichovsky, M. 2000. **Kraft pulp bleaching with hydrogen peroxide and peracetic acid**. *Journal Chem Papers*, Vol 54: 406-411.
- Sapuan, S. M., 2005. **Tensile strenghts of coconut spathe-fiber reinforced epoxy composites**. *Journal of Tropical Algiculture*. Vol. 43: 63-65.
- Subaida, E., Chandrakaran, S., and Sankar, N. 2008. **Experimental investigation on tensile and pullout behavior of woven coir geotextile**. *Journal Geotextile and Geomembranes*. Vol 26: 384-392.
- Tutus, Ahmed. 2004. **Bleaching of rice straw pulps with hidrogen peroxide**. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, Vol 8: 1327-1329.
- Van Dam, J.E.G. 2002. **Coir Processing Technologies: Improvement of Drying, Softening, Bleaching and Dyeing Coir Fibre/Yarn and Printing Coir Floor Coverings**. FAO and CFC: Netherlands.