

Ekstraksi Kayu Nangka (*Artocarpus heterophyllus lam*) dengan Pelarut Etanol sebagai Pewarna Tekstil Menggunakan Metode *Microwave-Assisted Extraction*

Dhaniar Rulandri Widoretno, Delita Kunhermanti, Mahfud Mahfud dan Lailatul Qadariyah
Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia
e-mail: lailatul_2008@yahoo.com

Abstrak—Seiring berkembangnya teknologi menyebabkan kebanyakan industri tekstil di Indonesia lebih memilih menggunakan pewarna sintetis pada proses pewarnaan kain. Pada kenyataannya pewarna sintetis dapat berdampak negatif karena bersifat toxic bagi kesehatan pekerja dan lingkungan. Untuk mengatasi masalah tersebut, salah satu cara yang dapat dilakukan adalah dengan penggunaan zat warna alami. Salah satu potensi yang belum dimanfaatkan di Indonesia adalah limbah kayu nangka dari industri meubel, kayu nangka sendiri mengandung zat warna yang memberikan pigmen warna kuning sehingga dapat dimanfaatkan sebagai alternatif sumber bahan pewarna alami. Dalam penelitian ini bahan yang akan diekstraksi adalah kayu nangka (*Artocarpus heterophyllus lam*) dengan ukuran serbuk antara 35 mesh – 60 mesh. Proses ekstraksi dilakukan dengan menggunakan pelarut etanol 96% sebanyak 200 mL. Ekstraksi dengan menggunakan metode *Microwave-Assisted Extraction* dilakukan pada kondisi operasi yang berbeda, yakni meliputi perbandingan rasio bahan terhadap pelarut (0,02; 0,04; 0,06; 0,08; 0,1 g/mL), daya microwave (100; 264; 400; 600; 800 watt), serta waktu ekstraksi (10; 20; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90 menit). Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh yield optimum sebesar 3,39% pada daya 400 watt, 3,67% pada rasio bahan terhadap pelarut 0,02 g/mL, dan 3,49% pada waktu ekstraksi 30 menit dengan daya microwave 600 watt. Hasil pengujian pewarnaan pada tekstil menunjukkan bahwa pewarna alami kayu nangka dapat digunakan sebagai pewarna pewarna tekstil karena dapat memberikan hasil pewarnaan yang permanen.

Kata Kunci—pewarna alami, kayu nangka, microwave-assisted extraction, tekstil.

I. PENDAHULUAN

PERKEMBANGAN ekonomi di Indonesia dipengaruhi oleh berbagai sektor, salah satunya adalah sektor industri tekstil. Namun banyaknya industri tekstil di Indonesia linier dengan semakin banyaknya dampak negatif yang dihasilkan oleh industri tersebut mulai dari pencemaran lingkungan berupa pencemaran debu yang dihasilkan dari penggunaan mesin berkecepatan tinggi, limbah cair yang berasal dari tumpahan dan air cucian tempat pencelupan larutan kanji dan proses pewarnaan yang berdampak bahaya bagi kesehatan karyawan dan lingkungan sekitar.

Gabungan air limbah pabrik tekstil di Indonesia rata-rata mengandung 750 mg/l padatan tersuspensi dan 500 mg/L BOD. Perbandingan COD : BOD adalah dalam kisaran 1,5 : 1 sampai 3 : 1. Kandungan limbah industri tekstil terdiri dari logam berat terutama As, Cd, Cr, Pb, Cu, Zn, hidrokarbon terhalogenasi (dari proses *dressing* dan *finishing*), pigmen zat warna dan pelarut organik, serta *tensioactive (surfactant)* [1]. Terjadinya pencemaran air akan mengganggu ekosistem makhluk hidup di sekitar sumber air dan menurunkan

kualitas perairan. Sedangkan untuk pekerja industri tekstil, dampak negatif yang dapat terjadi berupa bahaya keracunan bahan kimia pada saat proses pewarnaan. Salah satu faktor penyebab adanya dampak negatif dari industri tekstil adalah penggunaan bahan pewarna buatan yang berasal dari bahan-bahan kimia.

Melihat permasalahan yang terjadi pada industri tekstil, maka penggunaan bahan pewarna alami diharapkan mampu menjadi solusi untuk mengurangi dampak negatif dari industri tekstil. Salah satu bahan alam yang belum dimanfaatkan dan ketersediannya cukup melimpah adalah limbah kayu nangka. Kebanyakan limbah kayu nangka yang biasa digunakan dalam industri *furniture* tidak diolah dan dibuang begitu saja. Padahal pada bagian kayu nangka mengandung *flavonoid*, *tannin* dan *kuinon* yang memberikan warna kuning sitrun pada kayu nangka [2].

Ekstraksi adalah pemisahan atau pengambilan satu komponen yang terdapat di dalam suatu bahan padat atau cairan dengan menggunakan batuan pelarut berdasarkan perbedaan kelarutan antara pelarut dan zat terlarut, efektivitas suatu proses ekstraksi juga ditentukan oleh kemurnian pelarut, suhu ekstraksi, metode ekstraksi dan ukuran partikel-partikel bahan yang diekstraksi. Makin murni suatu pelarut dan makin lama waktu kontak antara pelarut dengan bahan yang diekstraksi pada suhu tertentu, maka ekstrak yang dihasilkan makin banyak [3].

Dari beberapa penelitian terdahulu ekstraksi zat warna dari kayu nangka yang telah dilakukan kebanyakan menggunakan proses konvensional misalnya ekstraksi dengan refluks, soxhletasi dan maserasi. Meskipun proses tersebut cukup efektif, namun proses ekstraksi dengan cara konvensional memerlukan waktu yang lebih lama. Menurut beberapa hasil penelitian, *microwave-assisted extraction* meningkatkan efisiensi dan efektifitas ekstraksi bahan aktif berbagai jenis rempah-rempah, tanaman herbal, dan buah-buahan [4]. Gelombang mikro mengurangi aktivitas enzimatis yang merusak senyawa target sehingga pemanasan dengan MAE memiliki kelebihan pemanasan yang lebih merata karena bukan mentransfer panas dari luar tetapi membangkitkan panas dari dalam bahan tersebut [5]. Selain itu waktu pemanasan dengan gelombang mikro jauh lebih cepat jika dibandingkan dengan waktu reaksi pemanasan konvensional.

Berdasarkan uraian di atas, maka penulis berkeinginan untuk memanfaatkan dan mengembangkan penelitian mengenai pewarna alami yang berasal dari limbah kayu nangka sebagai alternatif pewarna pada tekstil dengan proses *microwave-assisted extraction*.

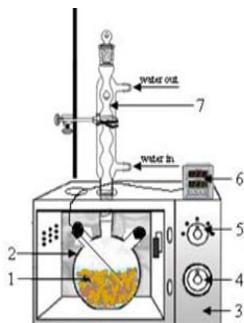
II. URAIAN PENELITIAN

A. Tahap Persiapan Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah serbuk kayu nangka. Sebelum digunakan, serbuk kayu dikeringkan di bawah sinar matahari selama 6 jam sampai kadar air mencapai kurang lebih 2%. Selanjutnya kayu nangka yang sudah kering dihancurkan lagi dengan menggunakan blender kemudian diayak dengan ukuran antara 35 mesh hingga 60 mesh.

B. Deskripsi Peralatan

Skema alat proses ekstraksi menggunakan metode *microwave assisted extraction* adalah sebagai berikut :



Gambar 1. Skema alat *Microwave-assisted Extraction*
Keterangan gambar :

1. Bahan yang diekstraksi (kayu nangka)
2. Ekstraktor (labu alas bulat leher tiga)
3. *Microwave oven*
4. Pengatur waktu
5. Pengatur daya
6. Indikator suhu
7. Kondensor *allihn*

Spesifikasi *microwave* yang digunakan :

- Tipe : EMM2007X
- Daya maksimal : 800 W
- Frekuensi : 2450 MHz
- Dimensi : 461x373x280mm

C. Prosedur Penelitian

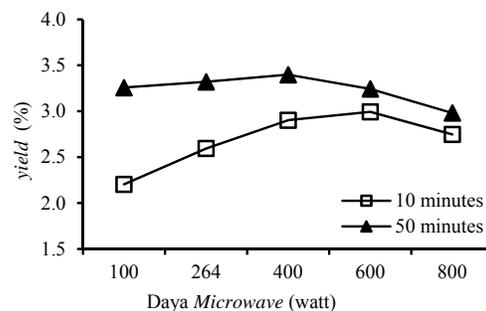
Penelitian ini menggunakan metode *microwave-assisted extraction*. Tahap awal yang harus dilakukan yaitu menimbang bahan sesuai variabel. Kemudian memasukkan bahan ke dalam labu leher tiga dan menambahkan pelarut sebanyak 200 mL dan mendiamkan sampai bahan baku terendam. Selanjutnya mengatur daya dan waktu *microwave* sesuai variabel. Hasil ekstrak kemudian ditampung dalam beaker glass, untuk selanjutnya disaring dengan menggunakan penyaringan vakum. Filtrat yang diperoleh kemudian dipekatkan dengan memanaskan di atas *hotplate* dengan suhu 80°C hingga kering dan menjadi serbuk. Selanjutnya menimbang zat warna yang dihasilkan untuk menghitung %*yield* dan %*recovery*.

D. Tahap analisa

Analisa yang dilakukan meliputi analisa %*yield*, %*recovery*, analisa kualitatif, dan uji pewarnaan pada kain dengan membandingkan antara pewarna alami dengan pewarna sintetis batik.

III. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

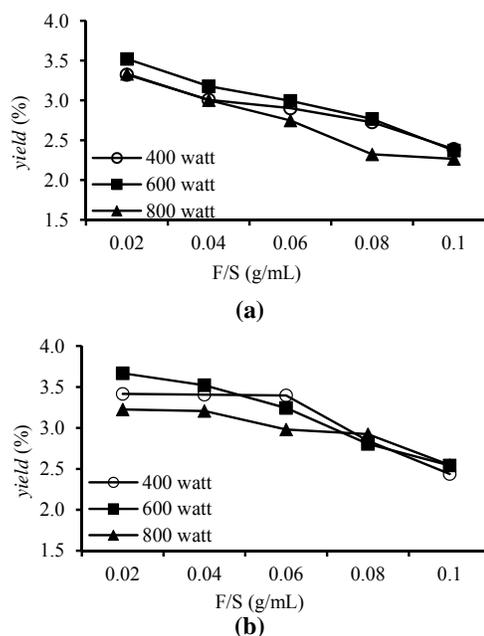
A. Pengaruh Daya *Microwave* terhadap *Yield* Pewarna



Gambar 2. Pengaruh Daya *Microwave* terhadap *Yield* Pewarna yang diperoleh pada Rasio 0,06 g/mL

Pada Gambar 2 menunjukkan *yield* ekstrak zat warna mengalami peningkatan yang signifikan seiring dengan semakin meningkatnya daya *microwave* yang digunakan, namun kemudian tren dari *yield* mengalami penurunan dari daya 600 watt ke 800 watt pada waktu 10 menit dan 400 watt ke 600 watt pada waktu 50 menit. Menurut Chemat dan Cravotto bahwa semakin besar daya yang digunakan maka waktu yang dibutuhkan untuk mencapai suhu titik didih pelarut tersebut semakin kecil, namun pada titik tertentu cenderung konstan [6]. Pada daya yang terlalu tinggi dapat menyebabkan degradasi senyawa zat warna sehingga *yield* yang diperoleh cenderung semakin kecil. *Yield* optimum yang diperoleh pada waktu 10 menit adalah sebesar 2,99%, sedangkan pada waktu 50 menit adalah sebesar 3,40%.

B. Pengaruh Rasio Bahan terhadap Pelarut terhadap *Yield* Pewarna

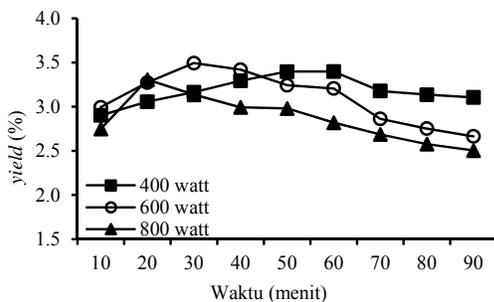


Gambar 3. Pengaruh Rasio Bahan terhadap Pelarut Etanol 96% terhadap *Yield* Pewarna yang diperoleh pada Waktu Ekstraksi: (a) 10 menit dan (b) 50 menit

Gambar 3 (a) dan (b) menunjukkan bahwa pada semua daya *microwave* mengalami kecenderungan hasil yang sama, yaitu semakin besar massa bahan pada perbandingan rasio bahan terhadap pelarut maka hasil *yield* yang diperoleh cenderung menurun. Hal ini karena semakin besar volume pelarut yang digunakan menyebabkan terjadinya pembengkakan (*excessive swelling*) pada material yang diekstraksi dan menimbulkan *thermal stress* berlebih yang disebabkan oleh timbulnya panas terlalu cepat pada larutan akibat dari penyerapan gelombang mikro oleh air. *Thermal stress* yang berlebih akan berakibat negatif terhadap senyawa-senyawa fitokimia [7]. Sedangkan dengan volume pelarut yang cukup dapat menghasilkan *yield* zat warna yang lebih banyak dibandingkan dengan rasio bahan terhadap pelarut yang besar, karena pada volume pelarut yang lebih besar terjadi pembengkakan bahan yang berlebihan sehingga menyebabkan penyerapan energi secara langsung kedalam matriks bahan [8]. Hal ini menyebabkan dinding sel pecah dan pelepasan zat warna ke dalam pelarut terjadi dengan lebih mudah [9].

Pada rasio bahan dan pelarut etanol 96% pada waktu 10 menit ini, diperoleh daya *microwave* optimum yaitu 600 watt dengan *yield* paling tinggi yaitu sebesar 3,52% pada rasio 0,02 g/mL dan paling rendah sebesar 2,37% pada rasio 0,1 g/mL. Sedangkan pada rasio bahan terhadap pelarut etanol 96% pada waktu 50 menit ini, daya *microwave* optimum yaitu 600 watt dengan *yield* paling tinggi yaitu sebesar 3,67% pada rasio 0,02 g/mL dan paling rendah sebesar 2,54% pada rasio 0,1 g/mL.

C. Pengaruh Lama Waktu Ekstraksi terhadap Yield Pewarna



Gambar 4. Pengaruh Waktu Ekstraksi terhadap Yield Pewarna yang diperoleh pada Rasio 0,06 gr/mL

Gambar 4 menunjukkan bahwa grafik memiliki kecenderungan yaitu semakin lama waktu ekstraksi maka *yield* yang diperoleh cenderung mengalami kenaikan dan mencapai titik optimum pada waktu tertentu yang berbeda untuk setiap daya kemudian mengalami penurunan setelah mencapai waktu optimum. Dikarenakan kandungan zat warna pada bahan baku memiliki jumlah pada batasan tertentu dan pelarut yang digunakan mempunyai batas kemampuan untuk melarutkan bahan yang ada, sehingga walaupun waktu ekstraksi diperpanjang tetapi kemampuan solut yang ada pada bahan sudah tidak maksimal. Selain itu, dengan waktu yang terlalu lama dapat menyebabkan terjadinya degradasi pada senyawa zat warna sehingga *yield* yang diperoleh cenderung semakin kecil. Waktu paparan yang terlalu lama harus dihindari untuk mencegah terjadinya

degradasi senyawa hasil ekstraksi dan menurunkan hasil ekstrak yang dihasilkan [7].

Ekstraksi dengan pelarut etanol 96% yang ditunjukkan oleh Gambar 3, diperoleh waktu optimum pada daya *microwave* 400 watt adalah 60 menit dengan *yield* sebesar 3,39%, pada daya *microwave* 600 watt adalah 30 menit dengan *yield* sebesar 3,49%, dan pada daya *microwave* 800 watt adalah 20 menit dengan *yield* sebesar 3,30%. Pada Gambar 4 juga dapat dilihat bahwa semakin tinggi daya *microwave* yang digunakan untuk menghasilkan *yield* yang optimum maka akan semakin cepat waktu yang dibutuhkan untuk proses ekstraksi. Hal ini disebabkan karena paparan radiasi yang tinggi akan mempersingkat waktu yang digunakan untuk meningkatkan suhu larutan, sehingga proses ekstraksi berlangsung dengan singkat untuk mencapai hasil yang optimum.

D. Perbandingan Recovery pada Ekstraksi Zat Warna Kayu Nangka Metode MAE dengan Metode Soxhletasi

Dalam penelitian ini dilakukan perhitungan *recovery* untuk mengetahui pengaruh penggunaan metode MAE dalam mengekstrak sejumlah besar kandungan zat warna alami yang terdapat dalam kayu nangka apabila dibandingkan dengan metode *soxhletasi*. Nilai akumulasi *recovery* dapat diperoleh dengan cara membandingkan *yield* pewarna yang didapatkan dari metode MAE yang digunakan dengan *yield* zat warna alami yang didapatkan dari metode *Soxhletasi*. Untuk *yield* zat warna alami yang diperoleh dengan menggunakan metode *Soxhletasi* memiliki nilai sebesar 4,46%.

Nilai akumulasi *recovery* untuk ekstraksi zat warna alami dengan menggunakan pelarut etanol 96% adalah sebesar 60,41%. Nilai akumulasi *recovery* tertinggi tersebut diperoleh ketika ekstraksi zat warna alami dilakukan menggunakan daya 600 watt, waktu ekstraksi 30 menit dan rasio antara bahan terhadap etanol 96% sebesar 0,1 g/mL.

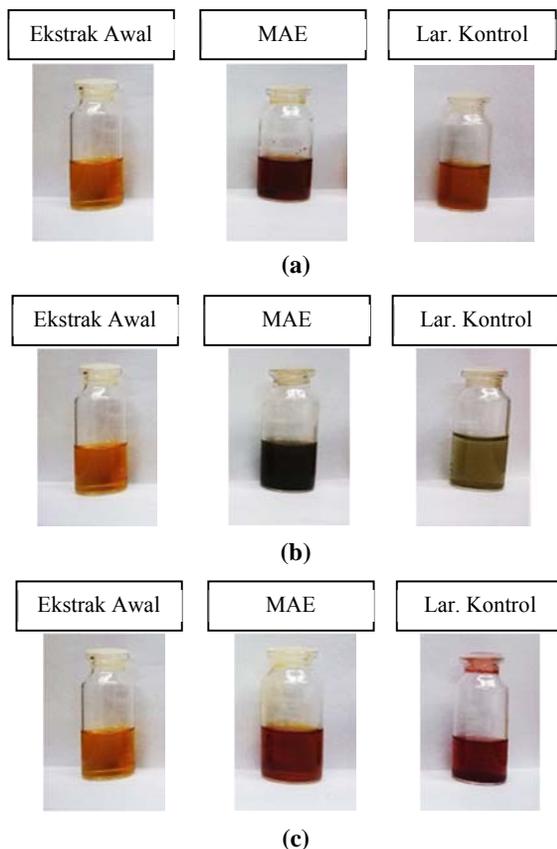
E. Analisa Kualitatif Ekstrak Zat Warna Kayu Nangka (*Artocarpus heterophyllus lam*)

Analisa kualitatif yang dilakukan pada zat warna alami yang diperoleh dari hasil ekstraksi kayu nangka ini untuk mengetahui adanya kandungan senyawa flavonoid, tanin, dan kuinon.

Tabel 1. Hasil analisa kualitatif ekstrak kayu nangka

No	Jenis Senyawa	Hasil	Keterangan
1.	Flavonoid	Terbentuk warna kuning/jingga/merah	+
2.	Tanin	Terbentuk warna hijau kehitaman	+
3.	Kuinon	Terbentuk warna merah	+

Untuk membandingnya hasil analisa kualitatif pada hasil ekstrak zat warna dengan menggunakan metode MAE, maka dilakukan pula analisa pada larutan kayu nangka yang belum mendapatkan perlakuan ekstraksi, ekstrak zat warna menggunakan metode maserasi yang tidak terpengaruh oleh panas, dan juga pengujian pada larutan kontrol (yaitu: kuersetin, asam tanic, dan pewarna bakau) untuk mengetahui apakah terjadi perubahan warna yang sama pada hasil ekstrak zat warna menggunakan MAE dengan larutan kontrol. Berikut ini merupakan gambar yang menunjukkan bahwa terjadi perubahan warna setelah dilakukan prosedur analisa kandungan flavonoid, tanin, dan kuinon pada ekstrak zat warna kayu nangka.



Gambar 5. Hasil Uji Kualitatif pada Ekstrak Zat Warna Kayu Nangka pada Analisa: (a) Flavonoid, (b) Tanin, dan (c) Kuinon

Pada analisa kualitatif untuk menentukan adanya kandungan flavonoid, tanin, dan kuinon pada ekstrak zat warna kayu nangka digunakan metode uji fitokimia. Uji fitokimia merupakan uji kualitatif untuk membuktikan adanya senyawa flavonoid, tanin, dan kuinon atau senyawa-senyawa lain yang ingin diketahui. Pada analisa adanya kandungan flavonoid dalam ekstrak zat warna kayu nangka seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5 (a), pada prosedur analisa digunakan magnesium dan HCl pekat dimana ketika sampel ditambahkan dengan HCl maka terjadi perubahan warna dari warna standar yaitu kuning kemerahan menjadi warna jingga/kuning/merah untuk sampel ekstrak zat warna dengan MAE, dan larutan kontrol (kuersetin). Dengan adanya perubahan warna tersebut, maka ekstrak zat warna kayu nangka yang diuji mengandung senyawa flavonoid karena perubahan warna yang terjadi sama atau mendekati perubahan warna dari kuersetin sebagai larutan kontrol.

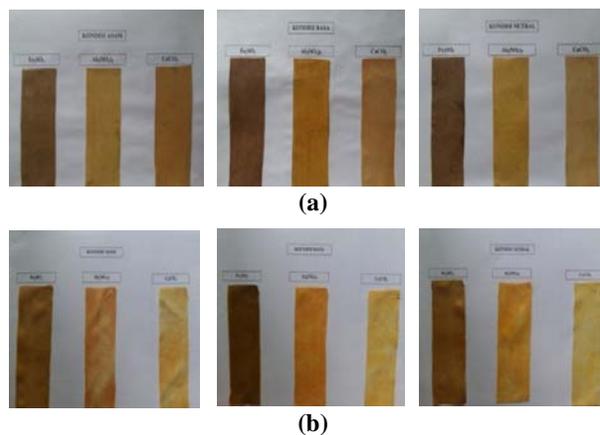
Pada analisa adanya kandungan tanin dalam ekstrak zat warna kayu nangka seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5 (b), pada prosedur analisa kandungan tanin digunakan larutan $FeCl_3$ dimana jika terdapat senyawa tanin maka terjadi perubahan warna dari warna standar yaitu kuning kemerahan menjadi warna hijau kehitaman. Uji fitokimia dengan menggunakan $FeCl_3$ digunakan untuk menentukan apakah sampel mengandung senyawa fenol (-OH) ditunjukkan dengan warna hijau kehitaman atau biru tua setelah ditambahkan dengan $FeCl_3$. Hal ini dikarenakan senyawa tanin merupakan senyawa polifenol yang apabila ditambahkan dengan $FeCl_3$ akan membentuk senyawa kompleks dengan adanya ion Fe^{3+} [10]. Dari hasil analisa, terjadi perubahan warna dari warna standar yaitu kuning

kemerahan menjadi warna hijau kehitaman pada sampel larutan kayu nangka yang belum mendapatkan perlakuan ekstraksi, ekstrak zat warna dengan MAE, dan larutan kontrol (tanic acid). Dengan adanya perubahan warna tersebut, maka ekstrak zat warna kayu nangka yang diuji mengandung senyawa tanin karena perubahan warna yang terjadi sama atau mendekati perubahan warna dari tanic acid sebagai larutan kontrol.

Pada analisa adanya kandungan kuinon dalam ekstrak zat warna kayu nangka seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5 (c), pada prosedur analisa digunakan larutan NaOH 1 % dimana ketika ekstrak zat warna kayu nangka ditambahkan dengan larutan NaOH 1 % maka terjadi perubahan warna dari warna standar yaitu kuning kemerahan menjadi warna merah pada sampel larutan kayu nangka yang belum mendapatkan perlakuan ekstraksi, ekstrak zat warna dengan MAE, dan larutan kontrol (zat warna bakau). Dengan adanya perubahan warna tersebut, maka ekstrak zat warna kayu nangka yang diuji mengandung senyawa kuinon karena perubahan warna yang terjadi sama atau mendekati perubahan warna dari zat warna kayu nangka sebagai larutan kontrol.

F. Membandingkan Ketahanan Warna dan Ketahanan Luntur antara Pewarna Alami dengan Pewarna Sintetis Batik

Uji warna dan ketahanan luntur dilakukan dengan menggunakan proses pewarnaan bahan tekstil. Pada kain mori yang telah diwarnai dengan berbagai jenis pewarna pada berbagai kondisi dan difiksasi dengan fiksator yang berbeda akan diperoleh warna yang berbeda. Hasil pewarnaan dengan perbedaan ketahanan warna dapat dilihat pada hasil pencelupan pada Gambar 6.



Gambar 6. Hasil Pewarnaan Kain Mori dengan : (a) Ekstrak dengan Pelarut Etanol, dan (c) Pewarna Sintetis

Gambar 6 (a) merupakan hasil pencelupan kain pada pewarna alami kayu nangka dengan ekstraksi menggunakan etanol dimana pada kain menghasilkan warna kuning. Sedangkan Gambar 6 (b) merupakan hasil pencelupan kain pada pewarna sintetis dimana pada kain menghasilkan warna kuning.

Pada pewarnaan dengan menggunakan fiksator tawas, kain yang dicelup dengan pH basa diperoleh kain dengan warna kuning yang lebih tua dibanding pada pH netral dan asam. Begitu juga untuk pewarnaan dengan menggunakan

fiksator kapur tohor, kain yang dicelup dengan pH basa diperoleh kain dengan warna kuning yang lebih tua dibanding pada pH netral dan asam. Sedangkan pada pewarnaan dengan menggunakan *fiksator* ferro sulfat pada kain yang dicelup dengan pH basa diperoleh kain dengan warna coklat yang lebih tua dibanding pada pH netral dan asam. Hasil keseluruhan menunjukkan bahwa pada kain yang dicelup dengan pH yang berbeda akan diperoleh kain dengan ketuaan warna yang berbeda, dengan urutan tingkat ketuaan sebagai berikut : pH alkali > pH netral > pH asam.

Berdasarkan sifat fisik dari sampel ekstrak zat warna alami kayu nangka terlihat bahwa zat warna yang dihasilkan dengan menggunakan pelarut etanol menghasilkan warna yang baik. Hal ini disebabkan karena pelarut etanol baik digunakan sebagai pelarut untuk zat-zat yang tidak tahan suhu tinggi, sehingga dapat menghasilkan warna yang cerah tidak mendegradasi senyawa yang terkandung dalam bahan.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Zat warna alami dari kayu nangka (*Artocarpus heterophyllus lam*) dapat diekstrak menggunakan metode *Microwave-assisted Extraction*.
2. Semakin besar daya *microwave* yang digunakan, semakin besar *yield* yang diperoleh dengan *yield* ekstraksi terbesar pada 600 watt saat 10 menit waktu ekstraksi dan 400 watt saat 50 menit waktu ekstraksi.
3. Semakin besar rasio bahan terhadap pelarut, semakin kecil *yield* yang diperoleh dengan *yield* ekstraksi terbesar pada 0,02 g/mL.
4. Semakin lama waktu ekstraksi yang digunakan, semakin besar *yield* yang diperoleh dengan *yield* ekstraksi terbesar pada waktu ekstraksi 60 menit (daya 400 watt), 30 menit (daya 600 watt), dan 20 menit (daya 800 watt).
5. Nilai akumulasi *recovery* tertinggi untuk ekstraksi zat warna alami dengan pelarut etanol 96% adalah sebesar 60,41%.
6. Dari hasil analisa kualitatif menunjukkan bahwa ekstrak zat warna alami kayu nangka mengandung senyawa flavonoid, tannin, dan kuinon.
7. Kualitas pewarnaan menggunakan pewarna kayu nangka sebanding dengan pewarna sintetis, yang ditunjukkan oleh *color strength* yang seimbang dan ketahanan yang sama dalam pencucian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pratiwi, Y. 2010. *Penentuan Tingkat Pencemaran Limbah Industri Tekstil berdasarkan Nutrition Value Coefficient Bioindikator*. Jurnal Teknologi 3 (2): 129-137.
- [2] Dany, EP., Ritaningsih, dan Purwanto. 2012. *Pengambilan Zat Warna Alami dari Kayu Nangka*. Jurnal Teknologi Kimia dan Industri 1 (1).
- [3] Geankoplis, C. J. 1995. *Transport Processes and Unit Operation*, third edition, Allyn and Bacon, Inc., Boston.
- [4] Calinescu, I., C. Ciuculescu, M. Popescu, S. Bajenaru, dan G. Epure. 2001. *Microwaves Assisted Extraction of Active Principles from Vegetal Material*. Romanian International Conference on Chemistry and Chemical Engineering 12: 1-6.
- [5] Saleh, M., Mawardi M., Eddy W., dan D. Hatmoko. 2005. *Determinasi Dan Morfologi Buah Eksotis Potensial di Lahan Rawa*. Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa Banjarbaru.
- [6] Chemat, F. dan Cravotto G. 2013. *Microwave-assisted Extraction for Bioactive Compounds Theory and Practise*. Springer. New York.
- [7] Wang, S., Chen F., Wu J., Wang Z., dan Hu X. 2008. *Optimization of Pectin Extraction Assisted by Microwave from Apple Pomace*. Journal of Food Engineering 78: 693-700.
- [8] Guo, Z.K., Jin Q.H., Fan G.Q., Duan Y.P., Qin C., dan Wen M.J. 2001. *Microwave Assisted Extraction of Effective Constituents from a Chinese Herbal Medicine Radix puerariae*. Analytica Chimica Acta 436: 41-47.
- [9] Mandal, V., Mohan Y, dan Hemalath S. 2007. *Microwave Assisted Extraction-an innovative and Promising Extraction Tool for Medicinal Plant Research*. Phcog Rev 1 (1): 7-18.
- [10] Mangunwardoyo, W., Lily I., Endang S.H. 2008. *Analisis Senyawa Bioaktif dari Ekstrak Biji Picung (Pangium edule Reinw) segar*. Berita Biologi 9 (3).