

IMMOBILISASI NANOPARTIKEL TEMBAGA (Cu) DAN EKSTRAK KULIT BUAH PINANG (*Areca catechu*) PADA KAIN KATUN

QURRATA AINI¹, NURALANG¹, ARMITHA DEA PRADINA¹, MUHAMMAD ARIEF YAMIN¹, AMANDA¹, DAN DIAH RISKI GUSTI^{1*}

¹Program Studi Kimia, Jurusan MIPA, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi, Jalan Jambi – Muara Bulian No. KM. 15, Mendalo Darat, Kec. Jambi Luar Kota, Jambi, Indonesia

*alamat email korespondensi: diahgusti@unja.ac.id

Informasi Artikel	Abstrak/Abstract
Riwayat Naskah: Diterima pada 25 Februari 2022 Diterima setelah direvisi pada 28 Juni 2022 Diterbitkan pada 30 Juni 2022	Nanopartikel tembaga (Cu) merupakan salah satu nanopartikel logam yang memberikan banyak manfaat dan menjadi perhatian dikarenakan sifat fisik dan kimianya menarik. Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis nanopartikel Cu dengan menggunakan bioreduktor berupa ekstrak limbah kulit buah pinang yang juga bertindak sebagai pewarna alami untuk menghasilkan kain katun yang diharapkan dapat bertindak sebagai agen antibakteri. Penggunaan pewarna alami ini merupakan salah satu cara pemanfaatan limbah dari tanaman pinang yang merupakan komoditas lokal dari Provinsi Jambi yang selama ini belum dimanfaatkan secara optimal. Pada proses sintesis nanopartikel Cu yang dilakukan, metode yang digunakan adalah reduksi kimia. Metode reduksi kimia sering digunakan untuk mensintesis logam menjadi nanopartikel. Penggunaan ekstrak tanaman dapat menjadi sebuah bioreduktor yang baik untuk mendapatkan sintesis nanopartikel dengan ukuran yang kecil. Hasil XRD menunjukkan sintesis ekstrak kulit buah pinang dengan Cu menghasilkan CuO dan Cu ₂ O yang merupakan nanopartikel Cu. Sedangkan hasil SEM memperlihatkan kain katun telah berhasil dilapisi oleh nanopartikel Cu.
Kata Kunci: Bioreduktor; kain katun; kulit buah pinang; nanopartikel; tembaga.	
<i>Keywords:</i> <i>Bioreductor; cotton fabric; betel nut skin; nanoparticles; copper.</i>	Copper nanoparticles are one of the metal nanoparticles that provide many benefits and are of concern due to their attractive physical and chemical properties. This study aims to synthesize Cu nanoparticles using bioreduction in the form of areca nut peel waste extract which also acts as a natural dye to produce a cotton fabric that is expected to act as an antibacterial agent. The use of this natural dye is one way of the utilization of waste from areca nut plants which is a local commodity from Jambi province that has not been used optimally. In the synthesis process of Cu nanoparticles carried out, the method used is chemical reduction. Chemical reduction methods are often used to synthesize metals into nanoparticles. The use of plant extracts can be a good bioreduction to obtain nanoparticle synthesis with a small size. The results of XRD showed that the synthesis of areca nut peel extract with Cu produced CuO and Cu ₂ O which are Cu nanoparticles. Meanwhile, SEM results showed that cotton fabric has been successfully coated by Cu nanoparticles.

PENDAHULUAN

Pada tanaman pinang dengan nama latin *Areca catechu* merupakan salah satu tanaman *family palmae*. Tanaman pinang telah menjadi salah satu komoditas perkebunan yang penting di Indonesia. Kementerian perdagangan berdasar BPS menyebutkan bahwa produksi atau ekspor tanaman pinang di Indonesia semakin pesat setiap tahunnya. Kurun waktu tahun 2012 hingga 2015 terjadi peningkatan jumlah ekspor dari 42 ribu ton menjadi 47,1 ribu ton [7]. Salah satu daerah penghasil komoditi pinang berkualitas baik di Indonesia adalah Provinsi Jambi. Daerah utama penghasil pinang di Provinsi Jambi yaitu Kabupaten Tanjung Jabung Timur, Tanjung Jabung Barat dan Kabupaten Muaro Jambi. Pada tahun 2018

produksi pinang di Provinsi Jambi mencapai 1622 ton per tahunnya [1].

Banyaknya produksi pinang ini menghasilkan limbah berupa kulit buah pinang. Pemanfaatan kulit buah pinang saat ini sangat jarang diolah oleh masyarakat umum. Kebanyakan kulit pinang hanya menjadi limbah industri dalam pengolahan biji buah pinang. Dalam kulit buah pinang terdapat banyak kandungan senyawa metabolit sekunder diantaranya adalah senyawa tanin dan flavonoid [2]. Senyawa ini sangat berguna bagi kehidupan dimana senyawa flavonoid memiliki sifat antioksidan dan senyawa tanin bersifat antibakteri [5]. Tanin juga telah dimanfaatkan sebagai pewarna alami dalam industri, senyawa tanin dalam ekstrak kulit soga tinggi menghasilkan warna coklat kemerahan pada

kain yang diwarnainya [6]. Oleh karena itu potensi yang sangat besar pada kulit buah pinang ini dapat diimplementasikan menjadi pewarna alami pada kain. Zat warna alam telah direkomendasikan sebagai pewarna yang ramah baik bagi lingkungan maupun kesehatan. Pewarna dari zat alam dapat diperoleh dengan cara ekstraksi [23] Ekstrak dari kulit buah pinang menghasilkan zat warna cokelat kemerahan yang dimana warna tersebut sangat cocok dijadikan sebagai pewarna alami [10].

Selain dengan menggunakan ekstrak tanaman, salah satu upaya untuk meningkatkan sifat antibakteri pada serat kain adalah dengan mengaplikasikan nanopartikel pada serat kain tersebut agar memiliki sifat antibakteri [14]. Perkembangan teknologi nano di bidang tekstil menghasilkan inovasi baru terkait tekstil multifungsi yang memberikan nilai tambah salah satunya adalah kemampuan dalam menghambat pertumbuhan bakteri pada kain [3]. Salah satu nanopartikel logam yang memberikan banyak manfaat adalah nanopartikel tembaga hal ini menjadi perhatian peneliti dikarenakan sifat fisik dan kimianya menarik serta harga preparasinya yang murah [15]. Berdasarkan riset yang telah dilakukan, tembaga telah diidentifikasi sebagai logam yang memiliki sifat antimikroba seperti antibakteri dan antivirus [14]. Minoshima et al (2016) telah melaporkan bahwa logam tembaga secara efisien dapat menonaktifkan virus influenza A dan bakteriofag Q [8]. Permukaan tembaga dapat menghancurkan virus corona manusia HCoV-229 E, selain itu stabilitas permukaan virus COVID-19 hanya bertahan 0,774 jam pada tembaga sehingga permukaan paduan tembaga mungkin mampu menekan transmisi virus COVID-19 [16].

Metode yang dapat digunakan pada proses sintesis nanopartikel Cu yaitu reduksi kimia. Metode ini banyak digunakan untuk mensintesis logam menjadi nanopartikel. Penggunaan ekstrak tanaman dapat menjadi sebuah bioreduktor yang baik untuk mendapatkan sintesis nanopartikel dengan ukuran yang kecil [11]. Pada kulit buah pinang terkandung senyawa flavonoid yang bersifat sebagai antioksidan. Senyawa ini terbukti bahwa dapat mereduksi suatu prekursor untuk menjadi partikel logam [4].

Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis nanopartikel Cu dengan menggunakan bioreduktor berupa ekstrak limbah kulit buah pinang. Penggunaan ekstrak limbah kulit buah pinang dapat digunakan sebagai pewarna alami dan menjadi salah satu cara pemanfaatan limbah dari tanaman pinang yang merupakan komoditas lokal dari Provinsi Jambi. Kombinasi antara nanopartikel Cu yang memiliki sifat antimikroba seperti antibakteri dan antivirus dengan ekstrak limbah kulit buah

pinang yang bertindak sebagai pewarna alami diharapkan dapat menghasilkan suatu inovasi terbaru untuk diaplikasikan pada bidang tekstil khususnya pada industri kain katun.

EKSPERIMEN

Material

Material yang digunakan adalah kulit buah pinang (*Arecha catechu*), tembaga(II) sulfat pentahidrat(p.a Merck), kain katun, aquadest, kertas saring whatman dan polivinil alkohol(p.a Sigma Aldrich).

Instrumentasi

Adapun alat dan instrumen yang digunakan adalah gelas ukur merk pyrex, gelas beker merk pyrex, erlenmeyer merk pyrex, cawan penguap, oven lab merk Memmert UN110, *magnetic stirrer* merk Thermo, *ultrafiltration sentrifuge* merk Sigma, *hot plate scientific* merk cimarec, instrument *Scanning Electron Microscope* Merk FEI dan *X-Ray Diffraction* Merk PanAnalytical.

Prosedur

Ekstraksi kulit pinang

Sampel kulit buah pinang (*Arecha catechu*) diperoleh dari Kabupaten Tanjung Jabung Timur, Jambi. Metode pertama diawali dengan proses pembuatan ekstrak. Kulit pinang dipotong kecil-kecil ditambahkan aquadest dan direbus hingga mendidih. Angkat lalu saring dan setelah dingin larutan ekstrak bisa digunakan untuk proses pencelupan zat warna. Adapun perbandingan bahan dan air yang digunakan dalam pembuatan ekstrak adalah 1:3 [15].

Sintesis nanopartikel Cu

Nanopartikel Cu dibuat dengan menggunakan metode yang dilakukan Putri *et al* (2019) [15] dengan modifikasi, sintesis dilakukan menggunakan metode reduksi kimia dengan menggunakan larutan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ dengan konsentrasi 0,1 M sebagai prekursor. Air rebusan kulit buah pinang dicampurkan dengan larutan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ dengan rasio 1:2 dengan total volume 600 ml. Selanjutnya ditambahkan larutan PVA 1% sebanyak 120 ml campuran diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 2 jam. Endapan dipisahkan dengan filtrat dengan cara disentrifugasi lalu dikeringkan menggunakan oven. Endapan yang tertinggal merupakan nanopartikel tembaga yang

selanjutnya dilakukan karakterisasi dengan menggunakan XRD.

Immobilisasi nanopartikel Cu dan ekstrak pada kain

Kain katun dipotong kecil-kecil dengan ukuran 2cmx2cm kemudian dimordan yaitu penambahan sifat ion logam pada kain dengan menggunakan larutan nanopartikel Cu selama 24 jam selanjutnya kain diangkat dan dilakukan pengeringan. Kain yang telah dimordan dicelupkan dalam air secukupnya, hal ini dilakukan agar proses pembasahan berlangsung lebih cepat dan merata. Setelah selesai, kain yang sudah diangkat digantung hingga tidak ada tetesan air lagi namun kain tidak dalam kondisi kering. Kain dicelup ke dalam ekstrak kulit pinang dan dilakukan pengeringan. Proses pencelupan dan pengeringan dilakukan sebanyak 5 kali pengulangan. Selanjutnya kain dimasukkan pada larutan fiksasi yang berisi larutan nanopartikel Cu. Setelah fiksasi kain tersebut dibilas hingga bersih kemudian dikeringkan [17]. Hasilnya dikarakterisasi permukaan kain dengan menggunakan SEM.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan Ekstrak Limbah Kulit Buah Pinang

Ekstrak limbah kulit buah pinang diperoleh dengan cara kulit pinang dipotong hingga berukuran kecil. Hal ini bertujuan untuk memperluas permukaan sampel kulit pinang, dengan memperkecil ukuran sampel maka luas permukaannya menjadi semakin besar dan interaksi kontak dengan pelarut menjadi semakin besar sehingga proses ekstraksi akan semakin efektif [9]. Selanjutnya dicuci hingga bersih dengan aquades kemudian ditimbang kulit pinang sebanyak 200 g lalu dimasukkan ke dalam gelas kimia yang ditambahkan 600 ml aquades pada gambar 1a lalu dipanaskan hingga mendidih kemudian didinginkan hingga mencapai suhu ruang dan disaring dengan kertas saring didapatkan hasil warna larutan yang berubah menjadi warna kecoklatan pada **Gambar 1**. Perendaman dilakukan menggunakan pelarut berupa aquades. Aquades dipilih sebagai pelarut karena memiliki sifat polar yang dapat menarik senyawa polar yang terdapat pada sampel seperti senyawa tanin yang dimiliki oleh kulit pinang. Senyawa tanin dapat mereduksi ion logam yang terdapat pada sampel dalam keadaan teroksidasi [22].

Adanya kandungan tanin dalam kulit pinang merupakan potensi bahwa kulit pinang dapat dijadikan sebagai salah satu alternatif sumber zat

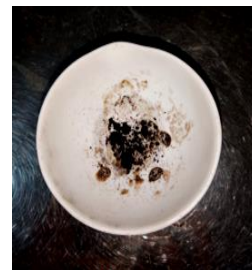
pewarna alami untuk tekstil. Pada pembuatan ekstrak dari kulit pinang ini volume bahan dan air yang digunakan adalah 1:3.



Gambar 1. Ekstrak limbah kulit buah pinang.

Sintesis Nanopartikel Cu

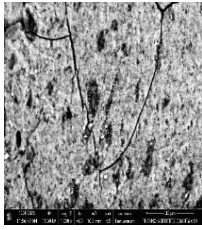
Pembuatan nanopartikel Cu telah umum dilakukan oleh ilmuwan karena biayanya yang ekonomis dan memiliki sifat oksidasi yang lebih baik dibandingkan dengan logam lain. Selain itu, senyawa ini lebih tidak bersifat *toxic* terhadap mamalia [18]. Sintesis nanopartikel tembaga dilakukan dengan menggunakan metode fisika dan metode kimia [19]. Dalam perkembangan pembuatan nanopartikel, dilakukan metode “*green synthesis*” yaitu metode yang lebih ramah lingkungan dengan memanfaatkan bioreduktor berupa ekstrak tanaman. Metode ini dapat menghasilkan nanopartikel dengan stabilitas dan morfologi yang lebih baik serta memiliki berbagai macam manfaat terapeutik [20]. Sintesis nanopartikel Cu menggunakan metode *green synthesis* dengan bioreduktor berupa ekstrak tanaman dilakukan untuk mereduksi ion logam yang memiliki ukuran nano.



Gambar 2. Nanopartikel Cu.

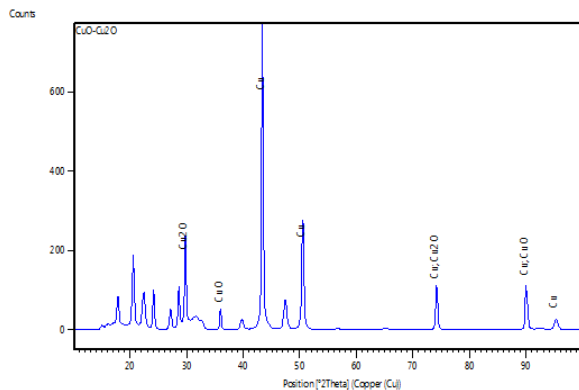
Ekstrak limbah kulit buah pinang yang telah dibuat kemudian ditambahkan dengan larutan larutan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ dengan perbandingan 1:2. ditambahkan larutan PVA (*polivinil alcohol*) lalu di *magnetic stirrer* selama 2 Jam. Setelah itu, dilakukan sentrifugasi dengan kecepatan 4500 rpm selama 30 menit untuk mendapatkan endapan nanopartikel Cu. Endapan yang masih basah dikeringkan dengan oven dengan menggunakan suhu 100°C sampai terbentuk nanopartikel Cu. Pengujian terakhir yaitu mengkarakterisasi nanopartikel Cu yang terbentuk dengan

menggunakan XRD dan melihat morfologi pada nanopartikel tersebut dengan menggunakan SEM. Hasil SEM dapat dilihat pada **Gambar 3** berikut.



Gambar 3. Hasil SEM Nanopartikel pada perbesaran 1000x.

Karakterisasi pertama yaitu analisa morfologi nanopartikel Cu yang telah didapatkan dengan menggunakan SEM dengan perbesaran 1000x. Hasil karakterisasi menunjukkan partikel dengan ukuran dan bentuk yang beraturan dimana tidak terdapat aglomerasi (gumpalan).



Gambar 4. Hasil XRD nanopartikel Cu.

Selanjutnya dilakukan karakterisasi terhadap nanopartikel yang didapatkan dengan menggunakan XRD. Tujuan dari penggunaan XRD ini adalah untuk melihat kandungan senyawa yang terdapat di dalam sampel nanopartikel yang didapatkan yang terlihat pada **Tabel 1**.

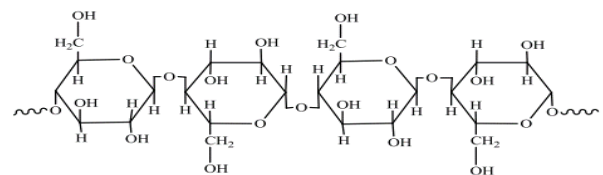
Tabel 1. Hasil XRD nanopartikel Cu.

Visible Ref. Code	Score	Compound Name	Displ. [°2Th] Scale Fac.	Chem. Formula
01-071-4610	77	Copper	0.000	0.811 Cu
01-071-4310	2	Copper Oxide	0.000	0.573 Cu ₂ O
00-001-1117	2	Copper Oxide	0.000	0.027 CuO

Didapatkan pada *peak* tertinggi yaitu kandungan Cu yang sangat besar. Kemudian didapatkan Cu₂O serta CuO. Kriteria terbaik suatu nanopartikel Cu yaitu membentuk Cu yang teroksidasi membentuk Cu₂O atau CuO.

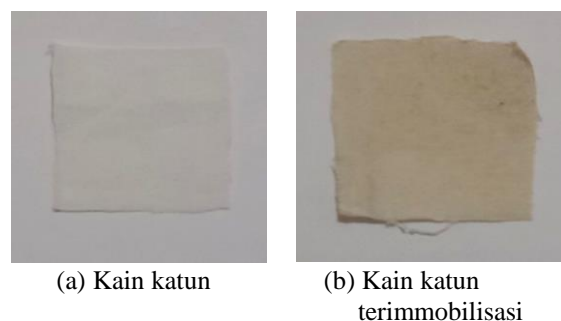
Immobilisasi Nanopartikel Cu dan Ekstrak pada Kain

Immobilisasi nanopartikel Cu dan ekstrak pinang dilakukan terhadap kain katun. Kain katun tergolong serat jenis kapas. Serat kapas adalah serat alam yang berasal dari serat tumbuh-tumbuhan yang tergolong kedalam serat selulosa dan banyak dipergunakan pada industri tekstil. Beberapa penelitian dan studi tentang modifikasi kain kapas yang telah dilakukan oleh para peneliti membuktikan bahwa dapat memberikan pengaruh yang baik terhadap proses pencelupan dan penyempurnaannya, dikarenakan telah terjadi perubahan muatan ion pada permukaan serat kapas tersebut yang dapat terlihat pada **Gambar 5**.



Gambar 5. Struktur selulosa [21]

Kain katun yang digunakan dipotong dengan ukuran 2 cm x 2 cm untuk memudahkan dalam proses immobilisasi, kemudian dimordan yakni dengan penambahan sifat ion logam pada kain dengan menggunakan larutan nanopartikel Cu selama 24 jam. Kain yang sudah dimordan kemudian dikeringkan untuk menghilangkan kandungan air yang terdapat dalam serat kain. Kain dicelupkan kembali ke dalam ekstrak kulit pinang dan dikeringkan. Proses pengulangan pencelupan dan pengeringan ini dilakukan sebanyak 5 kali untuk mendapatkan hasil immobilisasi nanopartikel Cu dan ekstrak limbah kulit buah pinang yang maksimal. Kemudian pada tahap fiksasi yakni penguncian warna pada kain dengan menggunakan bahan fiksator. Larutan fiksasi yang digunakan yakni larutan nanopartikel Cu. Setelah difiksasi kain dibilas hingga bersih kemudian dikeringkan.



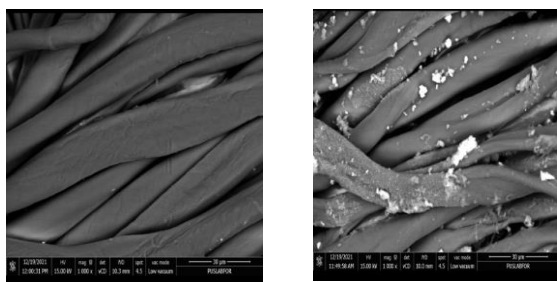
(a) Kain katun

(b) Kain katun terimmobilisasi

Gambar 6. Immobilisasi nanopartikel Cu dan ekstrak pada kain katun

Immobilisasi kain katun **Gambar 6(a)** dengan nanopartikel Cu dan ekstrak limbah kulit buah pinang memberikan hasil seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 6(b)**, nanopartikel Cu dan ekstrak kulit pinang melapisi baik serat maupun rongga diantara serat pada kain katun.

Hasil yang diperoleh selanjutnya dilakukan karakterisasi menggunakan instrumen *Scanning Electron Microscope* (SEM). Adapun hasil SEM yang didapat terlihat pada **Gambar 7**.



(a) Kain katun

(b) Kain katun terimmobilisasi

Gambar 7. Citra SEM kain katun terimmobilisasi dengan perbesaran 1000x.

Karakterisasi menggunakan instrumen SEM dilakukan dengan perbesaran 1000x untuk mengetahui morfologi bentuk dan permukaan serat kain katun terimmobilisasi nanopartikel Cu yang selanjutnya dibandingkan dengan kain blanko (kain katun sebelum terimmobilisasi nanopartikel Cu).

Hasil karakterisasi menggunakan instrumen SEM pada perbesaran 1000x memperlihatkan adanya lapisan serat maupun rongga pada kain katun. Hasil citra SEM yang ditunjukkan pada **Gambar 7(b)** menunjukkan bahwa nanopartikel Cu yang diimmobilisasi memperlihatkan perlekatan yang baik pada permukaan kain katun serta tidak terjadi kerusakan pada permukaan serat kain katun. Pada pembesaran 1000x tampak bahwa nanopartikel menempel dengan cukup erat pada permukaan serat dan distribusi nanopartikel terlihat cukup merata.

Nanopartikel Cu yang terkandung dalam kain tersebut mempunyai sifat antimikroba seperti antibakteri dan antivirus. Permukaan tembaga dapat menghancurkan virus corona manusia HCoV-229 E, selain itu stabilitas permukaan virus COVID-19 hanya bertahan 0,774 jam pada tembaga sehingga permukaan paduan tembaga mampu menekan transmisi virus COVID-19 [16]. Hal ini memberi potensi dalam penggunaan nanopartikel Cu untuk dapat diaplikasikan sebagai pelapis pada kain katun.

SIMPULAN

Immobilisasi nanopartikel tembaga (Cu) dan ekstrak kulit buah pinang (*Areca catechu*)

menghasilkan kain katun yang dapat bertindak sebagai agen antibakteri dan pewarna pada kain dengan melihat karakterisasi dari kain yang terlapisi nanopartikel Cu dan ekstrak kulit buah pinang. Analisa morfologi nanopartikel Cu telah didapatkan dengan menggunakan SEM dengan perbesaran 1000x. Didapatkan partikel dengan bentuk dan ukuran yang beraturan. Lalu karakterisasi nanopartikel didapatkan pada peak tertinggi yaitu kandungan Cu dengan *score* 77. Kemudian didapatkan Cu_2O serta CuO. Kriteria terbaik suatu nanopartikel Cu yaitu membentuk Cu yang teroksidasi membentuk Cu_2O atau CuO. Nanopartikel Cu yang terbentuk diaplikasikan pada kain katun bersama ekstrak kulit buah pinang dan menghasilkan kain katun yang terlapisi nanopartikel dan ekstrak kulit buah pinang sebagai pewarna alaminya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Jambi dan Laboratorium Instrumentasi dan Tugas Akhir Fakultas Sains dan Teknologi UNJA atas bantuannya dalam memfasilitasi pendanaan dan pengadaan alat bahan pada penelitian ini.

REFERENSI

- [1] BPS Provinsi Jambi, "Jambi Dalam Angka", Available at: <https://jambi.bps.go.id/publication/2018/08/16/463fb7693f6a21782bbe309c/provinsi-jambi-dalam-angka> 2018. html, 2018, diakses pada tanggal 13 Februari 2021.
- [2] A.H. Cahyanto, "Aktivitas ekstrak etanol biji pinang (*Areca catechu* L.)", *Jurnal Kementerian Perindustrian*, vol. 14, no. 2, pp. 70–73, 2018.
- [3] I. N. Eskani., A. Haerudin, J. Setiawan, Farida, Isnaini, D.W. Lestari, and W. Astuti, "Ketahanan sifat antibakteri kain batik teraplikasi nanopartikel ZnO", *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia*, pp. 14–15, 2020.
- [4] M. Farias., P.S. Oliveira, F.S. Dutra, T.J. Fernandes, C.M. Pereira, S.Q. Oliveira, F.M. Stefanello, C.L. Lencina, and A.G. Barschak, "Eugenol derivatives as potential antioxidants: Is phenolic hydroxyl necessary to obtain an effect", *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, vol. 66, no.5, pp. 733–746, 2014.
- [5] E. Gresinta, S. Noer, and R.D. Pratiwi, "Penetapan kadar senyawa fitokimia (tannin, saponin dan flavonoid sebagai kuersetin) pada ekstrak daun inggu (*Ruta angustifolia* L.)",

- Jurnal Ilmu Mipa*. vol. 118, no. 3, pp. 19-25, 2018.
- [6] P.A. Handayani and A.A. Mualimin, "Pewarna alami batik dari tanaman nila (indigofera) dengan katalis asam", *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, vol 2, no.1, pp.1-6, 2013.
- [7] Kemendag, *Peluang Ekspor Gambir dan Biji Pinang*. 2017.
- [8] M. Minoshima, Y. Lu, T. Kimura, R. Nakano, H. Ishiguro, Y. Kubota, K. Hashimoto, and K. Sunada, "Comparison of the antiviral effect of solid-state copper and silver compounds", *Journal of Hazardous Materials*, vol. 312, pp. 1-7, 2016.
- [9] E. Nurnasari and H. Prabowo, "Pengaruh ukuran sampel dan lama waktu destilasi terhadap rendemen minyak atsiri tembakau lokal indonesia", *Jurnal Tanaman Tembakau*, vol. 11 no. 2, pp. 47-57, 2019.
- [10] I.D.G. Prabawa, "Ekstrak biji buah pinang sebagai pewarna alami pada kain sasirangan", *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan*, vol. 7, no. 2, pp. 31, 2014.
- [11] W.D. Rengga, W.P. Hapsari, and D.W. Ardianto, "Sintesis nanopartikel tembaga dari larutan CuNO₃ menggunakan ekstrak cengkeh (*Syzygium aromaticum*)", *Jurnal Rekayasa Kimia & Lingkungan*, vol. 12, no. 1, pp. 15, 2017.
- [12] D.S. Fardhyanti dan R.D. Riski "Pemungutan brazilin dari kayu secang (*Caesalpinia Sappan* L.) dengan metode maserasi dan aplikasinya untuk pewarnaan kain", *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, vol. 4, no. 1, pp. 6-13, 2015.
- [13] E. Rohaeti, "Sinergi penelitian dan pembelajaran untuk mendukung pengembangan literasi kimia pada era global ruang seminar FMIPA UNY", *Prosiding Seminar Nasional Kimia UNY*, pp. 285-296, 2017.
- [14] A. Ross-orozco, "Research on the antiviral and antibacterial properties of copper, as well as its possible application on surfaces for disease prevention", pp. 0-3, 2020.
- [15] S. E. Putri., N. Herawati., A. Fudhail, and R.Rauf. "Pengaruh PVA terhadap kestabilan nanopartikel tembaga dari CuSO₄ menggunakan bioreduktor kulit buah naga merah", *Prosiding Seminar Nasional Lembaga Penelitian Universitas Negeri Makassar*, pp. 296-298, 2019.
- [16] Scully, "The COVID-19 pandemic, part 1: can antimicrobial copper-based alloys help suppress infectious transmission of viruses originating from human contact with high-touch surfaces", *The Journal of Science and Engineering*, vol. 76, no. 6, pp. 523-527, 2020.
- [17] Y. Satria and D. Suheryanto. "Pengaruh Temperatur Ekstraksi Zat Warna Alam Daun Jati Terhadap Kualitas dan Arah Warna Pada Batik", *Dinamika Kerajinan dan Batik*, pp. 101-110, 2016.
- [18] M. Ramzan., R.M. Obodo., S. Mukhtar., S. Z. Ilyas., F. Aziz, and N. Thovhogi "Green synthesis of copper oxide nanoparticles using Cedrus deodara aqueous extract for antibacterial activity" *Materials Today*. vol. 36 no.16, pp 576-581. 2020.
- [19] R. Khani., B. Roostaei, G. Bagherzade, and Moudi, M, "Green synthesis of copper nanoparticles by fruit extract of *ziziphus spina-christi* application for adsorption of triphenylmethane dye and bacterial assay". *Journal of Molecular Liquids*, pp.541-549, 2018.
- [20] P. Sharma, S. Pant, V. Dave, K. Tak, V. Sadhu, and K.R. Reddy, "Green synthesis and characterization of copper nanoparticles by *Tinospora cardifolia* to produce nature friendly copper nano-coated fabric and their antimicrobial evaluation", *Journal of Microbiological Methods*, pp.107-116,2019.
- [21] L. Mulyadi, "Isolasi dan Karakterisasi Selulosa : Review", *JURNAL SAINTIKA UNPAM*, pp.177-182, 2019.
- [22] A.J. Rorong, "Analisis fenolik jerami padi (*Oryza sativa*) pada berbagai pelarut sebagai biosensitizer untuk fotoreduksi besi", *Jurnal MIPA UNSRAT*, vol. 4, no. 2, pp. 169-174, 2015.
- [23] Yernisa., E. Gumbira, and K. Syamsu "Aplikasi pewarna bubuk alami dari ekstrak biji pinang (*Areca catechu* L) pada pewarnaan sabun transparan", *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, vol. 23, no. 3, pp. 190-198, 2013.