TESIS – SF185401

STUDI TEKSTIL ANTIJAMUR TERMODIFIKASI DENGAN NANOPARTIKEL PERAK (AgNPs) MENGGUNAKAN EKSTRAK *AGERATUM CONYZOIDES L.*

ANISA RATNASARI

01111850012010

DOSEN PEMBIMBING

Endarko, M.Si, Ph.D.

DEPARTEMEN FISIKA

FAKULTAS SAINS DAN ANALITIKA DATA

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

2020

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

TESIS – SF185401

STUDI TEKSTIL ANTIJAMUR TERMODIFIKASI DENGAN NANOPARTIKEL PERAK (AgNPs) MENGGUNAKAN EKSTRAK *AGERATUM CONYZOIDES L.*

ANISA RATNASARI

01111850012010

DOSEN PEMBIMBING

Endarko, M.Si, Ph.D.

DEPARTEMEN FISIKA

FAKULTAS SAINS DAN ANALITIKA DATA

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

2020

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

THESIS – SF185401

STUDY OF MODIFIED ANTIFUNGAL TEXTILE WITH SILVER NANOPARTICLES (AgNPs) USING *AGERATUM CONYZOIDES L.* EXTRACT.

ANISA RATNASARI

01111850012010

SUPERVISOR

Endarko, M.Si, Ph.D.

PHYSICS DEPARTEMENT

FACULTY OF SCIENCE AND DATA ANALYTICS

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

2020

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

Tesis di susun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar

Magister Sains (M. Si)

di Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

ANISA RATNASARI

NRP. 01111850012010

Tanggal Ujian: 17 Juli 2020

Periode Wisuda: September 2020

Disetujui oleh:

Pembimbing:

1. Endarko, M. Si, Ph. D
   NIP: 1974.1117.199903.1.001 .....

Penguji:

2. Prof. Dr. rer. nat. Agus Rubiyanto, M. Eng. Sc
   NIP: 1965.0619.198903.1.001 .....

3. Dr. Moch. Zainuri, M. Si
   NIP: 1964.0130.199002.1.001 .....

Kepala Departemen Fisika
Fakultas Sains dan Analitika Data

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS SAINS DAN ANALITIKA DATA DEPARTEMEN FISIKA

Dr. Gatut Yudhoyono, M.T
NIP. 196406161989031.004

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

STUDI TEKSTIL ANTIJAMUR TERMODIFIKASI DENGAN NANOPARTIKEL PERAK (AgNPs) MENGGUNAKAN EKSTRAK *AGERATUM CONYZOIDES L.*

Nama Mahasiswa : Anisa Ratnasari
ID Mahasiswa : 01111850012010
Pembimbing : Endarko, M. Si, Ph.D.

ABSTRAK

Pengembangan tekstil yang dimodifikasi dengan nanopartikel mendapat perhatian yang cukup besar. Sejumlah nanopartikel dapat dideposisikan pada serat tekstil. Meskipun beberapa metode deposisi nanopartikel perak dapat dilakukan, kecenderungan saat ini berfokus pada metode yang lebih terjangkau dan ramah lingkungan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk memodifikasi tekstil antijamur dengan AgNPs menggunakan *green method*. Sifat-sifat tekstil seperti morfologi permukaan, kandungan unsur, densitas, penyerapan air, dan kemampuan antijamur dikarakterisasi secara komprehensif. Studi ini menunjukkan bahwa deposisi AgNP dalam tekstil dapat berhasil dilakukan dengan menggunakan *green method*, yang sesuai dengan karakterisasi permukaan morfologi menggunakan FESEM dan EDX. Kemampuan penyerapan air untuk tekstil termodifikasi lebih rendah dari tekstil yang tidak termodifikasi. Selain itu, kemampuan antijamur efektif pada tekstil termodifikasi setelah 5 kali pencucian.

Kata kunci: *Ageratum conyzoides L.*, AgNPs, Antijamur, Tekstil

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

STUDY OF MODIFIED ANTIFUNGAL TEXTILE WITH SILVER NANOPARTICLES (AgNPs) USING *AGERATUM CONYZOIDES L.* EXTRACT.

Student Name : Anisa Ratnasari
Student ID : 01111850012010
Supervisor : Endarko, M. Si, Ph.D.

ABSTRACT

The enhancement of textiles modified with nanoparticles received considerable attention. A great number of nanoparticles can be deposited on textile fibers. Although several methods of deposition of silver nanoparticles can be carried out, the current trend focuses on methods that are more affordable and environmentally friendly. Therefore, this study aims to modify antifungal textiles with AgNPs using the green method. Textile properties such as surface morphology, elemental content, density, water absorption, and antifungal ability are comprehensively characterized. This study shows that deposition of AgNPs in textiles can be successfully carried out using the green method, which appropriate by surface morphological characterization using FESEM and EDX. The water absorption ability of modified textiles is lower than unmodified textiles. In addition, the antifungal ability is effective on modified textiles after 5 washing cycles.

Keywords: *Ageratum conyzoides L.*, AgNPs, Antifungal, Textile

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, yang telah melimpahkan karunia dan ridho-NYA sehingga dapat menyelesaikan tesis yang berjudul

"STUDI TEKSTIL ANTIJAMUR TERMODIFIKASI DENGAN NANOPARTIKEL PERAK (AgNPs) MENGGUNAKAN EKSTRAK *AGERATUM CONYZOIDES L.*"

Shalawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada Rasulullah, Nabi Muhammad SAW yang telah menuntun dari kebodohan menuju kebenaran. Penulisan tesis ini disusun untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar magister sains (M.Si) di bidang fisika medis dan biofisika. Studi tesis ini dilaksanakan dengan sumber dana yang berasal dari dana penelitian kerjasama internasional No. 1171/PKS/ITS/2019.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan kesempatan penulis untuk menempuh studi magister dan menyelesaikannya
2. Kedua orang tua yang senantiasa mendukung, memberikan do'a dan kehidupan terbaik
3. Kakek Alm. Muhadjari yang senantiasa mendo'akan dan memberikan pengalaman hidup yang berharga. Semoga dipertemukan kembali di Jannah-Nya nanti
4. Lovely little sister Lutfiah Anjarwati atas perhatian dan semangat yang diberikan
5. Seluruh keluarga besar kakek Alm. Muhadjari dan nenek Sriah atas do'a dan dukungan terbaik
6. Bapak Endarko, Ph. D atas bimbingan, arahan dan waktu yang telah diluangkan kepada penulis untuk berdiskusi selama menjadi dosen wali, dosen pembimbing dan kesediaan beliau untuk mengikut-sertakan penulis pada penelitian kerjasama internasional di UTM, Johor Bahru, Malaysia.

7. Bapak Achmad Syafiuddin, Ph. D atas bimbingan, pengalaman dan ilmu yang diberikan di bidang tulis-menulis paper internasional. Semoga silaturrahmi senantiasa terjalin.
8. Isfina Uniatunada dan Noer Fajar sebagai tim AgNPs Antijamur, Annisa Nurul Aini dan Dian Rosyidah. Semoga silaturrahmi kita senantiasa terjaga
9. Prof. Agus Rubiyanto dan Dr. Moch. Zainuri selaku dosen penguji yang memberikan saran dan arahan
10. Dr. Gatut Yudhoyono selaku Kepala Departemen Fisika, Dr. Agus Purwanto selaku ketua program studi Pascasarjana Departemen Fisika, dan seluruh dosen Departemen Fisika
11. Ayu Syahputri dan Erin Wahyu Wijayanti yang selalu memberikan dukungan dan keceriaan selama ini. Semoga persahabatan kita selalu terjalin dan semakin dewasa
12. Niki Hardjanti, Fitri Nurina, Miftakhul Lailiyah, Fairly Araminta, Ayunis Sholehah, Nabella Bethari, Mbak Winda Kurnia, Mbak Rahmi Intan Yunifar, Sofi Nida Aulia, Laila Sulaiman yang selalu memberikan dukungan selama ini. Semoga persahabatan kita selalu terjalin dan semakin dewasa
13. Almh. Irma Puspitasari yang memberikan do'a dan dukungan. Semoga kita dapat berjumpa kembali di Jannah-Nya nanti
14. Mbak Dyan, Mbak Anisa Ramadan, Mbak Indah A. R, Mbak Riza, Mbak Tika, beserta teman-teman HIMMPAS ITS 2019-2020, Bu Win selaku mentor dan teman-teman Mentoring ITS. Semoga silaturrahmi kita senantiasa terjaga
15. Teman-teman Fisika Medis-Biofisika dan Departemen Fisika: Khansa, Andri, Ramadona, Mas Yaqin, Mas Fajar Timur, Nura, Ridlo, Laode, Amel, Zahro, Akifah, Adit, Ipul, Vinda, Ulya, Mbak Reni, dan Mbak Latifa. Semoga persaudaraan kita senantiasa terjalin.

Surabaya Juli 2020

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
LEMBAR PENGESAHAN TESIS vii
ABSTRAK ix
ABSTRACT xi
KATA PENGANTAR xiii
DAFTAR ISI xv
BAB I 1
PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Perumusan Masalah 3
1.3 Tujuan Penelitian 3
1.4 Batasan Masalah 3
1.5 Manfaat Penelitian 4
BAB II 5
TINJAUAN PUSTAKA 5
2.1 Tekstil 5
2.1.1 Cotton 5
2.1.2 Polycotton 5
2.1.3 Silk 5
2.2 *Aspergillus sp.* 6
2.3 *Ageratum conyzoides L.* 6
2.4 Silver Nanopartikel (AgNPs) 7
2.5 Sintesis Silver Nanopartikel (AgNPs) 8
2.5.1 Physical Synthesis 8
2.5.2 *Chemical Synthesis* 8
2.5.3 *Green Synthesis* 8
2.6 Deposisi Silver Nanopartikel (AgNPs) 9
2.6.1 *Solution-Immersion* 9
2.6.2 *Layer by Layer* 9

2.6.3 *Sonochemical* 9
2.7 Mekanisme Aktivitas Antijamur 10
BAB III 11
METODOLOGI PENELITIAN 13
3.1 Alat dan Bahan 13
3.2 Preparasi Ekstrak *Ageratum conyzoides L.* 13
3.3 Preparasi Medium Kultur 13
3.4 Preparasi Tekstil 14
3.5 Preparasi Tekstil Antijamur 14
3.6 Uji Aktivitas Antijamur 15
3.7 Ketahanan Cuci 15
3.8 Uji Densitas Tekstil 16
3.9 Uji Penyerapan Air 16
3.10 Uji Morfologi 17
3.11 Diagram Alir Penelitian 17
BAB IV 19
PEMBAHASAN 19
4.1 Morfologi Permukaan 19
4.2 Komposisi Elemental 21
4.3 Karakterisasi Pemetaan *(Mapping)* 23
4.4 Densitas Tekstil 26
4.5 Penyerapan Air 27
4.6 Aktivitas Antijamur 27
4.7 Ketahanan Cuci 29
BAB V 31
KESIMPULAN 31
DAFTAR PUSTAKA 33
LAMPIRAN 39
BIODATA PENULIS 47

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Elemental Tekstil sebelum dan sesudah dideposisi 19
Tabel 4.2 Densitas Tekstil sebelum (tanpa -A) dan sesudah dideposisi (dengan -A) 24
Table 4.3 Penyerapan Air sebelum (tanpa -A) dan sesudah dideposisi (dengan -A) 25
Tabel 4.4 Zona Hambat pada Tekstil Sebelum dan Sesudah Dideposisi 26
Tabel 4.5 Zona Hambat pada Uji Ketahanan Cuci 27

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 *Aspergillus sp.* 6
Gambar 2.2 *Ageratum conyzoides L.*.....7
Gambar 2.3 Mekanisme Antimikroba AgNPs 10
Gambar 3.1 Skema Alur Preparasi Ekstrak Daun *Ageratum conyzoides L.* 12
Gambar 3.2 Skema Alur Preparasi Medium Kultur 13
Gambar 3.3 Skema Alur Preparasi Tekstil 13
Gambar 3.4 Skema Alur Preparasi Tekstil Antijamur.....14
Gambar 3.5 Skema Alur Uji Aktivitas Antijamur 14
Gambar 3.6 Skema Alur Uji Ketahanan Cuci Tekstil terhadap Aktivitas Antijamur.....14
Gambar 3.7 Skema Alur Uji Densitas Tekstil.....15
Gambar 3.8 Skema Alur Uji Penyerapan Air 15
Gambar 3.9 Diagram Alir Penelitian 16
Gambar 4.1 FESEM sebelum AgNPs terdeposisi (a) silk, (b) cotton, (c) fiber, dan (d) polycotton. 17
Gambar 4.2 FESEM setelah AgNPs terdeposisi (a-b) SA, (c-d) CA, (e-f) FA, dan (g-h) PCA 18
Gambar 4.3 Spektra EDX Tekstil (a) SA, (b) CA, (c) FA, dan (d) PCA 20
Gambar 4.4. Pemetaan Cotton sebelum AgNPs terdeposisi (a) Pemetaan secara menyeluruh; (b) Pemetaan unsur C (karbon); (c) Pemetaan unsur O (oksigen).....21
Gambar 4.5. Pemetaan Cotton setelah AgNPs terdeposisi (a) Pemetaan secara menyeluruh; (b) Pemetaan unsur Ag (silver); (c) Pemetaan unsur C (karbon); (d) Pemetaan unsur O (oksigen) 22
Gambar 4.6 Pemetaan unsur Ag (silver) pada (a) Fiber; (b) Polycotton; (c) Silk; (d) Cotton 23
Gambar L1. Pemetaan *Cotton* sebelum AgNPs terdeposisi (a) Pemetaan secara menyeluruh; (b) Pemetaan unsur C (karbon); (c) Pemetaan unsur O (oksigen) 37
Gambar L2. Pemetaan Fiber sebelum AgNPs terdeposisi (a) Pemetaan secara menyeluruh; (b) Pemetaan unsur C (karbon); (c) Pemetaan unsur O (oksigen) 38
Gambar L3. Pemetaan Polycotton sebelum AgNPs terdeposisi (a) Pemetaan secara menyeluruh; (b) Pemetaan unsur C (karbon); (c) Pemetaan unsur O (oksigen).....39

Gambar L4. Pemetaan *Silk* sebelum AgNPs terdeposisi (a) Pemetaan secara menyeluruh; (b) Pemetaan unsur C (karbon); (c) Pemetaan unsur O (oksigen) 40
Gambar L5. Pemetaan *Cotton* setelah AgNPs terdeposisi (a) Pemetaan secara menyeluruh; (b) Pemetaan unsur Ag (silver); (c) Pemetaan unsur C (karbon); (d) Pemetaan unsur O (oksigen)..... 41
Gambar L6. Pemetaan *Fiber* setelah AgNPs terdeposisi (a) Pemetaan secara menyeluruh; (b) Pemetaan unsur Ag (silver); (c) Pemetaan unsur C (karbon); (d) Pemetaan unsur O (oksigen) 42
Gambar L7. Pemetaan *Polycotton* setelah AgNPs terdeposisi (a) Pemetaan secara menyeluruh; (b) Pemetaan unsur Ag (silver); (c) Pemetaan unsur C (karbon); (d) Pemetaan unsur O (oksigen).....43
Gambar L8. Pemetaan *Silk* setelah AgNPs terdeposisi (a) Pemetaan secara menyeluruh; (b) Pemetaan unsur Ag (silver); (c) Pemetaan unsur C (karbon); (d) Pemetaan unsur O (oksigen) 44

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Silver nanopartikel (AgNPs) memiliki peranan penting untuk berbagai proses ilmiah dan industri. AgNPs populer di dunia ilmiah karena memiliki sifat fisik, kimia, dan biologisnya yang eksklusif dan diinginkan. Selain itu, AgNPs memiliki sifat antimikroba, seperti antibakteri, antijamur, dan antivirus. Beberapa industri menggunakan AgNPs untuk produk mereka, seperti kosmetik, deterjen, industri cat, dan tekstil. Dalam industri medis dan tekstil, AgNPs digunakan untuk menghambat pertumbuhan bakteri dan jamur (Syafiuddin, 2019).

Beberapa metode digunakan untuk sintesis AgNPs pada tekstil, seperti metode kimia, metode fisika, dan metode biologi (Kumar, Palanichamy, dan Roopan, 2014; Raza dkk., 2016; Jain dan Mehata, 2017). Prosedur kimia dan fisik yang digunakan untuk sintesis AgNPs berbahaya bagi lingkungan dan membutuhkan banyak energi. Berbeda dari metode kimia dan fisik, metode *green synthesis* memiliki beberapa keunggulan, seperti sederhana, tidak beracun, terjangkau dan ramah lingkungan (Bagherzade, Tavakoli, dan Namaei, 2017; Khalil dkk., 2014). Dalam *green synthesis*, zat pereduksi dan penstabil alami diperlukan, misalnya (Lee dkk., 2013) menggunakan susu sapi sebagai zat pereduksi dan penstabil. Reduktor dibutuhkan untuk mengurangi Ag^{+} menjadi Ag^{0}. Sehingga zat penstabil diperlukan untuk mencegah aglomerasi (Syafiuddin dkk., 2018).

Baru-baru ini, penelitian tentang modifikasi tekstil sedang berkembang. Modifikasi tekstil dengan menggunakan AgNPs dilakukan memiliki tujuan praktis yang beragam. Banyak prosedur untuk deposisi AgNP pada tekstil telah diusulkan dan masih dikembangkan. Prosedur-prosedur tersebut termasuk *solution-immersion*, *layer-by-layer deposition*, dan sonokimia. Sebagai contoh, AgNP dibentuk pada permukaan kain katun menggunakan metode *solution-immersion* dengan pra-aktivasi oleh kalium hidroksida dan reduksi perak nitrat ($AgNO_3$) (Shateri-Khalilabad,

Yazdanshenas, dan Etemadifar, 2017). Tekstil katun yang diolah menunjukkan aktivitas antibakteri yang tinggi terhadap *Staphylococcus aureus* Gram positif dan *Escherichia coli* Gram-negatif. Selain itu, serat nilon dan sutra digunakan untuk membuat tekstil antimikroba yang ditingkatkan menggunakan AgNPs yang disiapkan oleh metode deposisi *layer-by-layer* (Dubas, Kumlangdudsana, dan Potiyaraj, 2006). Penelitian ini berhasil mencapai pengurangan bakteri 80% dan 50% (*Staphylococcus aureus*) untuk sutra dan serat nilon masing-masing. Selain itu, pelapisan sonokimia dari AgNP pada berbagai kain tekstil, yaitu, nilon, poliester, dan kapas juga dapat dilakukan sebagai metode alternative (Perelshtein dkk., 2008). Metode yang berhasil menunjukkan aktivitas antibakteri yang sangat baik terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* tergantung pada jenis tekstil.

Telah diketahui bahwa metode *solution-immersion* merupakan prosedur sederhana untuk mendeposisikan AgNPs pada tekstil dibandingkan dengan yang lain. Selain itu, *solution-immersion* berpotensi mengurangi penggunaan konsumsi energi tinggi, sebagaimana metode deposisi *layer-by-layer* dan sonokimia digunakan. Saat ini, *Green Synthesis* berdasarkan sintesis in-situ biomolekul-mediasi tanaman tampaknya merupakan opsi yang cocok untuk pengendapan AgNP ke permukaan tekstil. Dalam metode ini, biomolekul yang ada pada tanaman digunakan sebagai agen pereduksi alami. Sebagaimana diketahui bahwa berbagai senyawa tanaman seperti tanin, flavonoid, antrakuinonoid, terpenoid, dan chalcones telah banyak digunakan sebagai agen pereduksi dan penstabil untuk *Green Synthesis* AgNPs dengan beberapa sifat yang dapat dimanfaatkan sebagai tekstil termodifikasi (Syafiuddin, 2019).

Berdasarkan pemaparan tersebut, penelitian ini dilakukan dengan metode *Green Synthesis* yang sederhana dan dapat dilakukan berdasarkan biomolekul tanaman untuk membuat tekstil antijamur dengan AgNPs. AgNPs dideposisi pada berbagai serat tekstil dengan mereduksi $AgNO_3$ menggunakan ekstrak *Ageratum conyzoides L.*. Selanjutnya, tekstil yang diolah diuji untuk aplikasi potensial sebagai tekstil antijamur. *Ageratum conyzoides L.* dikategorikan sebagai gulma dan umumnya ditemukan di Indonesia dan Malaysia. Hal ini berdasarkan flavonoid dan terpenoid yang dapat berpotensi sebagai agen pereduksi alami untuk mereduksi Ag^+ menjadi Ag^0 (Kasali dkk., 2002).

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang terkait AgNPs, maka timbul permasalahan antara lain;

1. Bagaimana pengaruh sintesis antijamur AgNPs dari ekstrak *Ageratum conyzoides L.* terhadap densitas kain *silk, cotton, fiber*, dan *polycotton*
2. Bagaimana pengaruh sintesis antijamur AgNPs dari ekstrak *Ageratum conyzoides L.* terhadap penyerapan air kain *silk, cotton, fiber*, dan *polycotton*
3. Bagaimana pengaruh sintesis antijamur AgNPs dari ekstrak *Ageratum conyzoides L.* terhadap morfologi kain *silk, cotton, fiber*, dan *polycotton*
4. Bagaimana pengaruh sintesis antijamur AgNPs dari ekstrak *Ageratum conyzoides L* terhadap aktivitas antijamur pada kain *silk, cotton, fiber*, dan *polycotton*
5. Bagaimana ketahanan cuci sintesis antijamur AgNPs dari ekstrak *Ageratum conyzoides L* pada kain *silk, cotton, fiber,* dan *polycotton*

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah, maka tujuan dari penelitian ini adalah untuk:

1. Mengetahui pengaruh sintesis antijamur AgNPs dari ekstrak *Ageratum conyzoides L.* terhadap densitas kain *silk, cotton, fiber*, dan *polycotton*
2. Mengetahui pengaruh sintesis antijamur AgNPs dari ekstrak *Ageratum conyzoides L.* terhadap penyerapan air kain *silk, cotton, fiber*, dan *polycotton*
3. Mengetahui pengaruh sintesis antijamur AgNPs dari ekstrak *Ageratum conyzoides L.* terhadap morfologi kain *silk, cotton, fiber*, dan *polycotton*
4. Mengetahui pengaruh sintesis antijamur AgNPs dari ekstrak *Ageratum conyzoides L.* terhadap aktivitas antijamur pada kain *silk, cotton, fiber*, dan *polycotton*
5. Mengetahui ketahanan cuci sintesis antijamur AgNPs dari ekstrak *Ageratum conyzoides L* pada kain *silk, cotton, fiber,* dan *polycotton*

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Ekstrak *Ageratum conyzoides L.* sebagai pereduktor dan penstabil ion Ag tidak ditentukan kandungan apa yang berperan sebagai bio-pereduktor dan bio-penstabil
2. Kain yang digunakan pada penelitian ini, yaitu *silk, cotton, fiber,* dan *polycotton*
3. Jamur yang dikultur pada penelitian ini, yaitu *Aspergillus sp.*

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah meningkatkan nilai guna gulma *Ageratum conyzoides L.* dan memberikan pengetahuan tentang AgNPs yang dapat berperan sebagai antijamur pada tekstil.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tekstil

2.1.1 Cotton

Serat *cotton* atau katun mempunyai penampang memanjang seperti pita yang terpilin. Kandungan terbesar dari serat katun adalah adalah selulosa.Serat katun juga memiliki daya serap tinggi dan bersifat hidrofilik (Noerati, Ichwan, dan Sumihartati, 2013). Katun memiliki gugus berupa –OH, yang mempunyai pasangan elektron bebas pada atom O yang dapat berinteraksi dengan nanopartikel perak membentuk ikatan –OAg (Erviana, Ratnawati, dan Rohaeti, 2017). Selain itu, katun yang terdeposisi dengan nanopartikel perak terbukti memiliki sifat antimikroba (Ahmed dan Emam, 2016).

2.1.2 Polycotton

Serat *polycotton* terbuat dari campuran *polyester* dan katun(Palme, 2016). Serat *polycotton* juga memiliki daya serap yang baik dan bersifat hidrofilik (Noerati, Ichwan, dan Sumihartati, 2013). Sama halnya dengan katun, *polycotton* memiliki gugus berupa –OH, sehingga dapat berinteraksi dengan nanopartikel perak membentuk ikatan –OAg (Erviana, Ratnawati, dan Rohaeti, 2017). Selain itu, *polycotton* dideposisi dengan nanopartikel metal terbukti memiliki sifat antimikroba (Aruna, Vasugi Raaja, dan Sathiesh Kumar, 2016).

2.1.3 Silk

Serat sutera mempunyai kandungan protein yang tinggi, yaitu fibroin dan serisin. Serat sutera juga memiliki daya serap dan bersifat hidrofilik (Noerati, Ichwan, dan Sumihartati, 2013). Serat Sutra memiliki gugus berupa —H, —CH3,—CH2OH dan —CH2C6H5OH (Hearle dan Morton, 2008).Selain itu, sutera yang terdeposisi AgNPs terbukti memiliki sifat antimikroba (Gulrajani dkk., 2008).

2.2 *Aspergillus sp.*

Aspergillus sp. adalah salah satu jenis patogen jamur yang menyebabkan penyakit aspergilosis (Lentino dkk., 1982). *Aspergillus sp.* ditunjukkan pada Gambar 2.1. Spesies dari jamur ini ada yang berbahaya dan ada yang tidak berbahaya. Namun, pada spesies tertentu akan menjadi patogen oportunistik yang dapat menyebabkan meningitis, meningoencephalitis, dan intracranial thrombophlebitis. *Aspergillus glaucus* adalah salah satu penyebab aspergillosis yang bersifat menyebabkan alergi dan perangsang, serta merupakan penyebab: Pneumonitis hipersensitif dan dermatitis. Sebuah laporan kasus dari American University of Beirut Medical Centre yang memaparkan kasus infeksi otak yang mematikan di pasien imunokompeten disebabkan oleh *Aspergillus glaucus* (Hasanah, Sennang, dan Rusli, 2018).

Gambar 2.1 *Aspergillus sp.* (Scazzocchio, 2009)

2.3 *Ageratum conyzoides L.*

Gulma babadotan yang memiliki nama ilmiah *Ageratum conyzoides Linn* merupakan salah satu gulma yang dapat berpotensi sebagai bioherbisida karena mempunyai senyawa alelopat. Potensi ini dapat dilihat dari indikasi dominannya babadotan dibandingkan gulma lain dalam suatu lahan. Menurut (Kamboj dan Saluja, 2008), tanaman *Ageratum conyzoides Linn* pada Gambar 2.2 diketahui mengandung metabolit sekunder seperti flavonoid, alkaloid, terpena, kromen, kromon, benzofuran,

kumarin, minyak atsiri, sterol dan tanin. Flavonoids dapat membentuk AgNPs dengan cara mereduksi ion perak (Ahmad dkk., 2010).

Gambar 2.2 *Ageratum conyzoides L.* (Santos dkk., 2016).

Penelitian tentang AgNPs yang direaksikan dengan ekstrak rerumputan untuk menghilangkan ion Ag^+ dan menghasilkan AgNPs telah berhasil dilakukan. Penelitian ini menunjukkan bahwa AgNPs memiliki kemampuan antimikroba, yaitu AgNPs mampu melawan bakteri langka di Sungai Melana dan Sungai Sekudai. Hal ini menunjukkan bahwa AgNPs sebagai material antimikroba berpotensi sebagai antijamur (Syafiuddin dkk., 2017).

2.4 Silver Nanopartikel (AgNPs)

Perkembangan teknologi yang pesat memunculkan berbagai macam inovasi dalam banyak bidang. Salah satu teknologi yang telah dikembangkan adalah teknologi nanosains. Sesuai dengan namanya, nanosains adalah ilmu dimana manusia berusaha untuk mempelajari berbagai gejala-gejala alam yang berukuran nanometer (Dwandaru, 2012). Dikarenakan ukurannya yang kecil ini, kecenderungan riset dan studi nanoteknologi saat ini berkembang secara positif, yang antara lain memberikan kontribusi terhadap pengembangan berbagai material yang bersifat antimikroba. Beberapa penelitian yang telah berhasil dilakukan dalam rangka aplikasi nanoteknologi untuk menghasilkan produk antimikroba diantaranya dilakukan melalui

rekayasa partikel logam dan oksida logam seperti silver (Ag), tembaga (Cu), TiO2, ZnO, dan MgO berukuran dalam skala nanometer untuk kemudian diaplikasikan pada proses berbagai produk lain yang bersifat antimikroba seperti tekstil, pulp, keramik dan sebagainya (Wahyudi, Sugiyana, dan Helmy, 2011). Salah satu oksida logam yaitu silver (Ag) telah banyak diteliti sebagai antijamur.

2.5 Sintesis Silver Nanopartikel (AgNPs)

2.5.1 Physical Synthesis

Metode fisis yang dapat digunakan untuk sintesis AgNPs adalah evaporasi-kondensasi dan laser ablasi. Distribusi nanopartikel yang tidak homogen dan tidak adanya pelarut merupakan kekurangan metode ini. Selain itu, metode fisis membutuhkan peralatan khusus seperti laser ablasi, konsumsi energi yang tinggi, waktu yang lama, dan konsentrasi yang tinggi (Beyene dkk., 2017). Karena dibutuhkan energi yang besar, maka memungkinkan pembiayaan yang perlu dipertimbangkan (Natsuki, Natsuki, dan Hashimoto, 2015).

2.5.2 *Chemical Synthesis*

Metode kimiawi adalah metode yang paling umum karena sederhana dan mudah dilakukan. Ukuran dan distribusi nanopartikel yang lebih homogen dapat tercapai dengan metode ini. Metode kimiawi membutuhkan biaya yang rendah dengan hasil yang tinggi (Beyene dkk., 2017). Secara umum, proses sintesis kimia AgNPs dalam larutan biasanya menggunakan tiga komponen utama berikut: (1) prekursor logam, (2) agen pereduksi dan (3) agen penstabil / capping (Natsuki, Natsuki, dan Hashimoto, 2015). Agen pereduksi dan penstabil yang digunakan biasanya berupa material kimia yang dapat bersifat toksik dan berbahaya bagi lingkungan (Prabhu dan Poulose, 2012).

2.5.3 *Green Synthesis*

Metode yang mudah, menguntungkan, handal, dan ramah lingkungan untuk sintesis AgNPs merupakan aspek yang penting dalam nanoteknologi (Beyene dkk., 2017). Metode *green synthesis* dapat memenuhi kebutuhan sintesis AgNPs yang bersifat ramah lingkungan karena tidak menggunakan bahan kimia berbahaya. Selain itu, green synthesis tidak memerlukan biaya yang tinggi (Natsuki, Natsuki, dan Hashimoto, 2015). Penggunaan biomassa seperti mikroorganisme dan ekstrak

tanaman dapat menjadi pilihan yang lebih baik disamping metode fisis dan metode kimiawi untuk sintesis AgNPs (Prabhu dan Poulose, 2012).

2.6 Deposisi Silver Nanopartikel (AgNPs)

2.6.1 *Solution-Immersion*

Prosedur *solution-immersion* adalah metode umum untuk mendeposisikan AgNPs pada kain. Prosedur ini sederhana, memiliki langkah yang tidak rumit dibandingkan dengan metode lain yang ada. Umumnya melibatkan tiga langkah, yaitu persiapan, perawatan, dan finalisasi. Dalam persiapan, kain terlebih dahulu dicuci untuk memastikan pembuangan bahan kimia residu. Selanjutnya, AgNP langsung dideposisikan pada kain menggunakan larutan AgNPs atau dengan merendam kain dalam perak nitrat (AgNO3) larutan sebelum menambahkan dengan zat pereduksi untuk membentuk partikel nano. Untuk finalisasi, kain yang dirawat biasanya dikeringkan sebelum digunakan (Prabhu dan Poulose, 2012).

2.6.2 *Layer by Layer*

Metode *layer by layer* juga dapat digunakan untuk mendeposisikan AgNPs pada berbagai tekstil. Metode ini dapat digunakan dengan menggunakan berbagai teknik seperti memutar, menyemprotkan, atau elektromagnetisme. Metode ini diusulkan pada tahun 1966 tetapi tidak terkenal, hingga dikenalkan kembali pada awal 1990-an sebagai prosedur yang dapat diautomatisasi. Meskipun dapat diautomatisasi, metode ini membutuhkan platform robotik (Syafiuddin, 2019).

2.6.3 *Sonochemical*

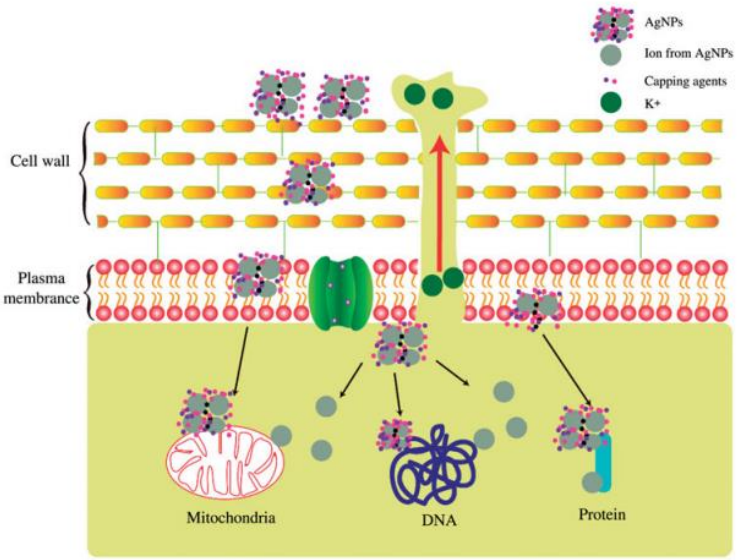
Prosedur *sonochemical* juga dapat digunakan untuk deposisi logam skala nano dan oksida logam pada berbagai bahan. Kain tekstil direndam dalam larutan AgNO3 dan etilena glikol sebagai zat pereduksi. Untuk menghilangkan O2 / udara, campuran dibersihkan dengan argon selama 1 jam. Selanjutnya, itu diiradiasi menggunakan ultrasonik intensitas tinggi di bawah aliran argon selama 1 jam. Selama proses, larutan amonia ditambahkan ke larutan selama 10 menit pertama sonikasi. Labu sonikasi ditempatkan dalam bak pendingin pada suhu 30 C. Tekstil yang diolah dicuci menggunakan air dan diikuti oleh etanol sebelum pengeringan dalam kondisi vakum (Wahyudi, Sugiyana, dan Helmy, 2011).

2.7 Mekanisme Aktivitas Antijamur

Beberapa penelitian telah meninjau aktivitas antimikroba, termasuk antijamur AgNPs dengan tiga mekanisme umum, yaitu (i) gangguan langsung pada membran sel; (ii) penyerapan ion silver bebas diikuti oleh gangguan replikasi DNA; dan (iii) terjadinya gangguan sistem pernafasan sel, gangguan produksi ATP dan pembentukan spesies oksigen reaktif (ROS) oleh AgNP dan ion silver (Pereira dkk., 2014).

AgNP dapat menembus dinding sel. AgNPs menonaktifkan gugus tiol sulfhidril dalam sel dinding sel (Alsammarraie dkk., 2018). Selain itu, AgNPs mengganggu enzim dan lipid dalam membran sel yang menyebabkan sel lisis (Prasher, Singh, dan Mudila, 2018). Ion Ag^+ dapat mengganggu kestabilan ion K^+ dan menyebabkan ion K^+ terlepas dari sitoplasma (Prasher, Singh, dan Mudila, 2018). Selain itu (Gambar 2.3), AgNPs dapat mengikat dan menonaktifkan kelompok enzim fungsional (Zhao dkk., 2018).

Ion AgNPs dapat berinteraksi dengan sitoplasma sel (Żarowska dkk., 2019). Interaksi ini berupa interaksi elektrostatik antara ion membran sel bermuatan yang negatif dan ion silver yang bermuatan positif. Interaksi ini menyebabkan penghambatan pada replikasi DNA (Gambar 2.3). Akibatnya, terjadi degradasi dan pertumbuhan mikroba terhambat (Zhao dkk., 2018; Durán dkk., 2016).



Gambar 2.3 Mekanisme Antimikroba AgNPs (Zhao dkk., 2020).

AgNPs dapat mempengaruhi enzim pernapasan di dalam mikroba. Gangguan pada enzim pernapasan ini mempengaruhi metabolisme sel normal (Haroon dkk., 2019). Gangguan pada enzim pernapasan terjadi ketika AgNPs menghambat aktivitas dehidrogenase rantai pernapasan pada mikroba. Penghambatan ini akan menyebabkan gangguan pada rantai pernapasan mikroba yang berdampak pada penghentian respirasi (Zheng dkk., 2018).

AgNPs juga dapat menghambat pertumbuhan mikroba dengan mempengaruhi pada pembentukan Adenosine triphosphate (ATP), energi penting bagi sel mikroba (Yamanaka, Hara, dan Kudo, 2005). Ion Ag^{+} yang dilepaskan dari AgNPs dapat menembus dinding sel dan berinteraksi dengan ribosom (Jalal dkk., 2018). Akibatnya, ion-ion ini akan menghambat ekspresi enzim dan protein (Gambar 2.3), yang diperlukan untuk produksi ATP. Selain itu, ion-ion ini juga akan mempengaruhi rantai pernapasan dengan mengurangi transfer elektron dan pembentukan ATP dalam sel (Zheng dkk., 2018).

AgNPs dapat menghasilkan radikal bebas ROS *(reactive oxygen species)* yang menyebabkan kerusakan oksidatif pada protein yang disebabkan oleh peningkatan permeabilitas dalam membran, dan inaktivasi dehidrogenase laktat (Durán dkk., 2016). ROS yang dihasilkan oleh AgNPs dapat menghambat proses nitrifikasi pada mikroba nitrifikasi. Selain itu, AgNPs dapat mengoksidasi DNA (Gambar 2.3). Kerusakan DNA akan merusak sel-sel bakteri karena menyebabkan terjadinya mutasi pada generasi selanjutnya (Zheng dkk., 2018).

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB III

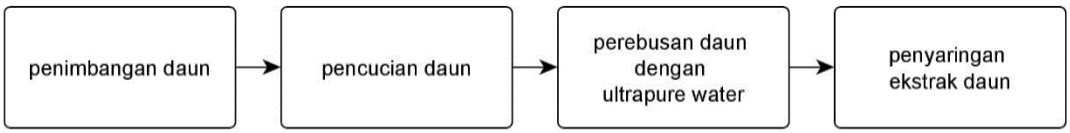
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Alat dan Bahan

Daun *Ageratum conyzoides L.* dikumpulkan di sekitar Universiti Teknologi Malaysia. Ukuran kertas pori Whatmann 11 um (Whatman cellulose filter, Sigma-Aldrich, USA) digunakan sebagai filter. *Ultrapure water* digunakan untuk proses sintesis. Jamur *Aspergillus sp.* diperoleh dari Fakultas Biosains dan Teknik Medis, Universiti Teknologi Malaysia. Selanjutnya, bubuk *malt extract agar* (Merck KGaA, Darmstadt, Jerman) digunakan. Garam perak nitrat ($AgNO_3$, QReC, Auckland, Selandia Baru) digunakan. Larutan $AgNO_3$ 0,1 M dibuat dengan melarutkan 1,698 g / 100 mL pada *ultrapure water*. 4 jenis tekstil digunakan dalam penelitian ini. Ada *silk* (S), *cotton* (C), *fiber* (F), dan *polycotton* (PC) yang diperoleh dari toko lokal.

3.2 Preparasi Ekstrak *Ageratum conyzoides L.*

Dalam penelitian ini, 10 g daun *Ageratum conyzoides L.* diukur dengan neraca analitik Mettler Toledo MS204S pada suhu kamar. Untuk menghilangkan kotoran, daun segar dicuci tiga kali untuk masing-masing menggunakan air keran dan *ultrapure water*. Daun dan 200 mL *ultrapure water* dimasukkan ke dalam gelas kimia. Campuran dipanaskan hingga 80 ^oC selama 40 menit. Campuran kemudian didinginkan pada suhu ruangan. Untuk mendapatkan ekstrak daun murni, campuran disaring menggunakan kertas saring dan *Glass Filtration Vacuum Set* digunakan untuk proses penyaringan.

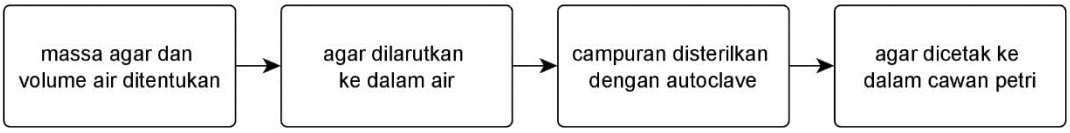


Gambar 3.1 Skema Alur Preparasi Ekstrak Daun *Ageratum conyzoides L.*

3.3 Preparasi Medium Kultur

Untuk mempertahankan keadaan steril, ESCO Laminar Airflow Cabinet dan Hirayama HICLAVE digunakan dalam pembuatan media dan kultur jamur. Diukur

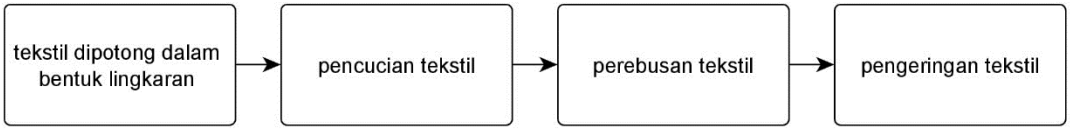
27,6 g agar-agar ekstrak Malt dan 575 mL air dalam botol reagen, lalu campur perlahan. Campuran disterilkan menggunakan autoklaf selama 50 menit pada 121^{o}C. Tempatkan agar-agar yang meleleh dalam botol reagen, parafilm, dan cawan petri dalam laminar airflow. Agar-agar yang meleleh dituangkan ke dalam cawan petri dan dibiarkan dingin. Setelah didinginkan, cawan petri ditutup rapat menggunakan parafilm.



Gambar 3.2 Skema Alur Preparasi Medium Kultur.

3.4 Preparasi Tekstil

Empat jenis tekstil, yaitu *silk, cotton, fiber* dan *polycotton* digunakan. Keempat jenis tekstil tersebut dipotong dalam bentuk lingkaran dengan diameter 8 mm. Tekstil dibilas menggunakan air keran tiga kali dan lapisan *ultrapure water*. Kemudian, mereka dimasukkan dan direbus menggunakan 25 mL *ultrapure water* pada 80 ^{o}C selama 30 menit. Setelah mendidih, tekstil diletakkan di atas aluminium foil. Kemudian, tekstil dikeringkan dalam Oven Memmert pada suhu 50 ^{o}C selama 10 menit.

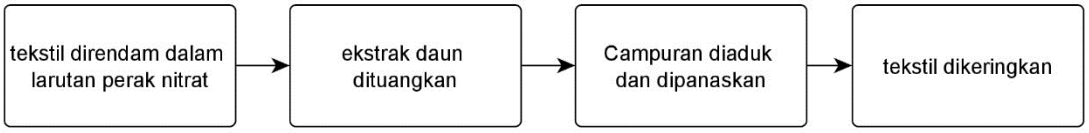


Gambar 3.3 Skema Alur Preparasi Tekstil.

3.5 Preparasi Tekstil Antijamur

Untuk mengaplikasikan AgNPs ke tekstil, tekstil direndam dalam larutan 5 mL AgNO3 0,1 M selama 30 menit ke dalam gelas kimia pada kecepatan 100 rpm. Kemudian, 5 mL ekstrak daun *Ageratum Conyzoides L*. dituangkan dengan hati-hati ke dalam gelas kimia tersebut pada suhu 50 ^{o}C. Campuran diaduk pada kecepatan 100 rpm. Campuran dipanaskan pada 50 ^{o}C selama 30 menit. Untuk mengeringkan tekstil, tekstil dikeringkan dalam oven pada suhu 50 ^{o}C selama 15 menit. Prosedur yang sama dilakukan untuk masing-masing tekstil. Empat jenis tekstil antijamur yang terbentuk

setelah prosedur ini dilakukan, yaitu SA (Silk-AgNPs), CA (Cotton-AgNPs), FA (Fiber-AgNPs), dan PCA (Polycotton-AgNPs).



Gambar 3.4 Skema Alur Preparasi Tekstil Antijamur.

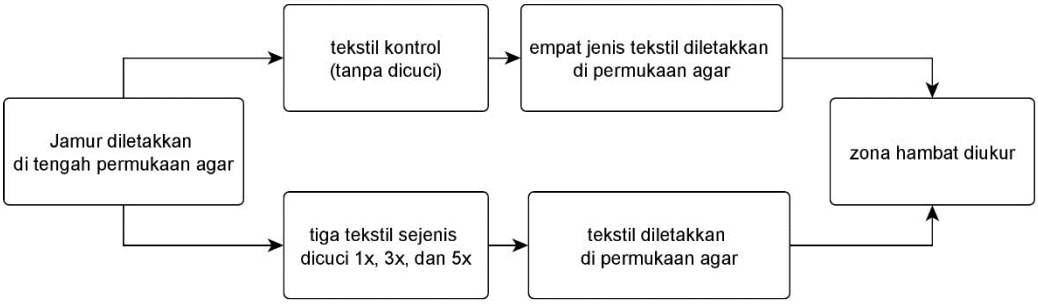
3.6 Uji Aktivitas Antijamur

Dalam penelitian ini, *Aspergillus sp.* digunakan untuk pemeriksaan antijamur. Menjadi cawan petri, *Aspergillus sp.* ditempatkan di tengah permukaan agar. Sebagai cawan petri kontrol, empat jenis tekstil ditempatkan di permukaan agar. Untuk cawan petri yang diamati, tiga tekstil antijamur dibentuk segitiga pada permukaan agar-agar. Cawan petri yang diberikan jamur diinkubasi pada suhu ruangan selama 24 jam untuk pengukuran zona hambat.

Gambar 3.5 Skema Alur Uji Aktivitas Antijamur.

3.7 Ketahanan Cuci

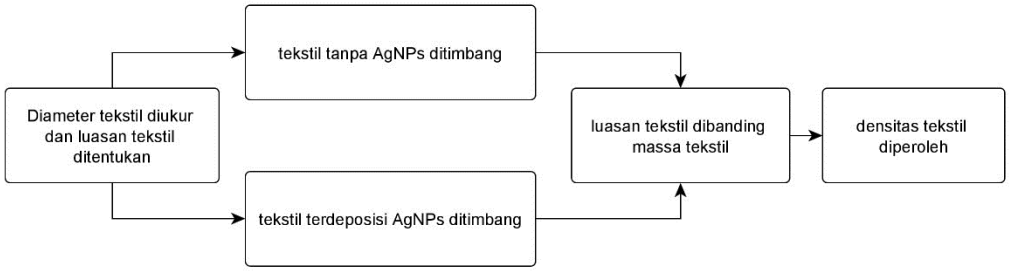
Zona hambat diukur untuk tekstil kontrol dan tekstil dicuci. Daya tahan pencucian untuk zona hambat dicatat. Tekstil dicuci sebanyak 1, 3, dan 5 kali pada 100 rpm selama 15 menit. Setelah tekstil dicuci dalam 1, 3, dan 5 kali, zona hambat diukur. Daya tahan pencucian menunjukkan pengaruh pencucian terhadap aktivitas antijamur pada tekstil yang terdeposisi AgNPs.



Gambar 3.6 Skema Alur Uji Ketahanan Cuci Tekstil terhadap Aktivitas Antijamur

3.8 Uji Densitas Tekstil

Densitas tekstil dapat diketahui melalui diameter dan luasan tekstil. Pada uji densitas diameter tekstil diukur dan luasan tekstil dihitung menggunakan rumus luas lingkaran. Massa tekstil kering ditimbang. Uji densitas (τ) dihitung dengan membandingkan massa tekstil terhadap luasan tekstil. Setelah itu, massa kering tekstil antijamur diukur dan diperoleh densitas tekstil antijamur dengan cara yang sama.



Gambar 3.7 Skema Alur Uji Densitas Tekstil

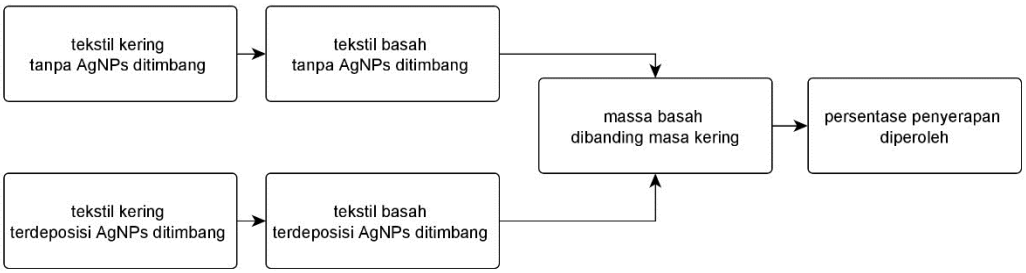
Densitas tekstil dinyatakan ke dalam persamaan:

$$D = \frac{m}{A} \quad \text{..... (3.1)}$$

dimana D adalah densitas kain tekstil (dalam g / m2), m adalah massa kain tekstil (dalam g), dan A adalah luasan kain tekstil (dalam m2).

3.9 Uji Penyerapan Air

Untuk uji penyerapan air, massa tekstil kering diukur. *Ultrapure water* ditambahkan ke dalam tekstil kering. Kemudian, massa tekstil basah diukur. Untuk perlakuan lain, tekstil antijamur kering diambil untuk ditimbang. Setelah itu, *ultrapure water* ditambahkan ke dalam tekstil kering. Kemudian, massa tekstil antijamur diukur.



Gambar 3.8 Skema Alur Uji Penyerapan Air

Persentase penyerapan air dinyatakan ke dalam persamaan:

$$W = \frac{\Delta m_a}{m_o} \times 100\% \quad \text{.....(3.2)}$$

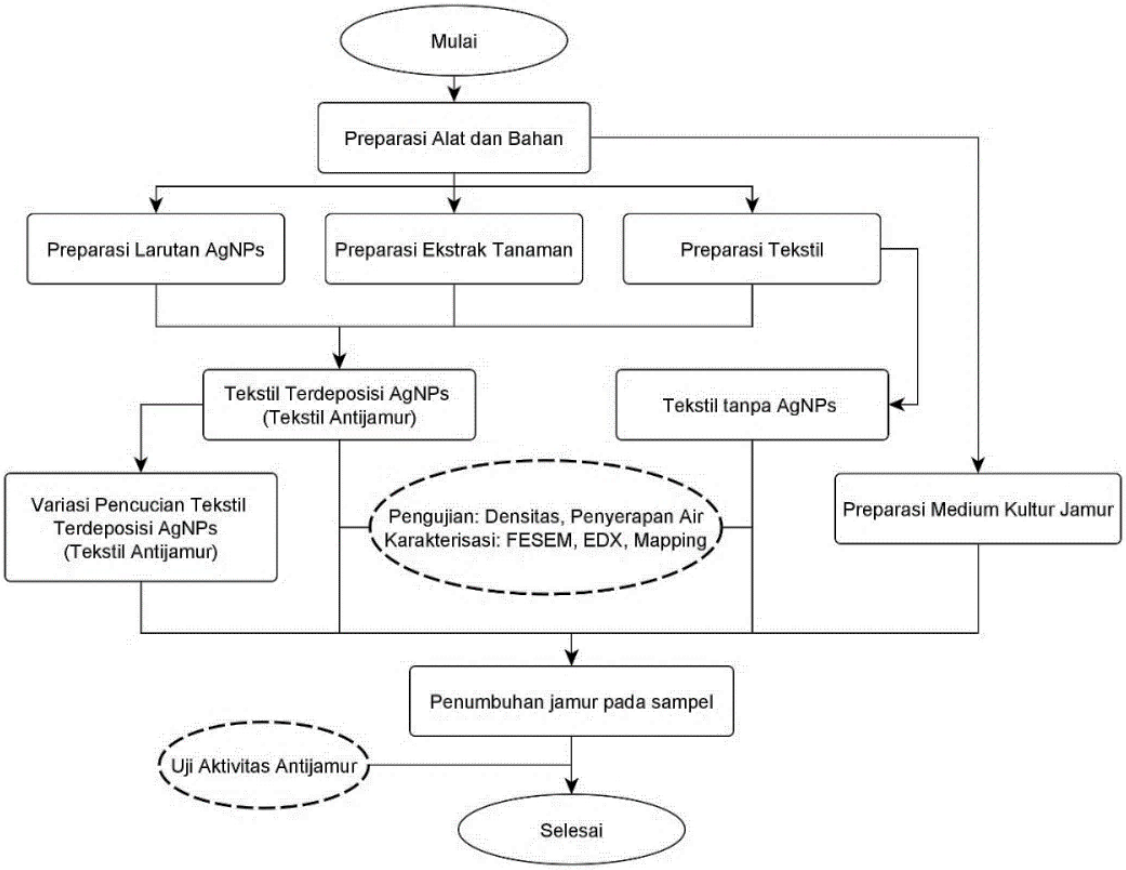
di mana W adalah penyerapan air oleh kain tekstil (dalam%), Δm_a adalah selisih massa kain tekstil sebelum dan setelah penyerapan air (dalam g), dan m_o adalah massa kain tekstil sebelum penyerapan air (dalam g).

3.10 Uji Morfologi

Morfologi AgNPs dipelajari menggunakan *Field Emission Scanning Electron Microscopy- Energy Dispersive X-ray spectroscopy* (FESEM-EDX, Zeiss Supra 35VP-Hitachi S-34000N). Peralatan dioperasikan pada tegangan akselerasi 5 kV dengan perbesaran × 50.000. AgNPs dikarakterisasi EDX untuk menentukan komposisi unsur dari nanopartikel yang diproduksi. Karakterisasi FESEM-EDX dilengkapi dengan perangkat lunak Bruker Quantax.

3.11 Diagram Alir Penelitian

Penelitian dilaksanakan sesuai dengan diagram alir sebagai berikut:



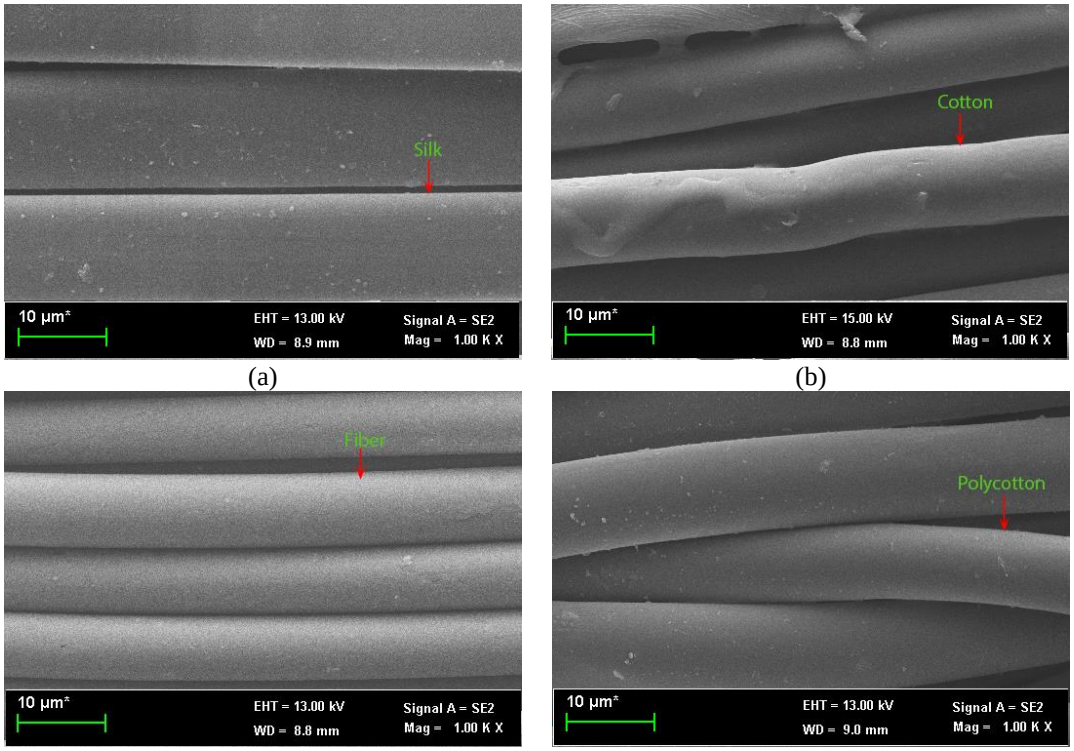
Gambar 3.9 Diagram Alir Penelitian

BAB IV

PEMBAHASAN

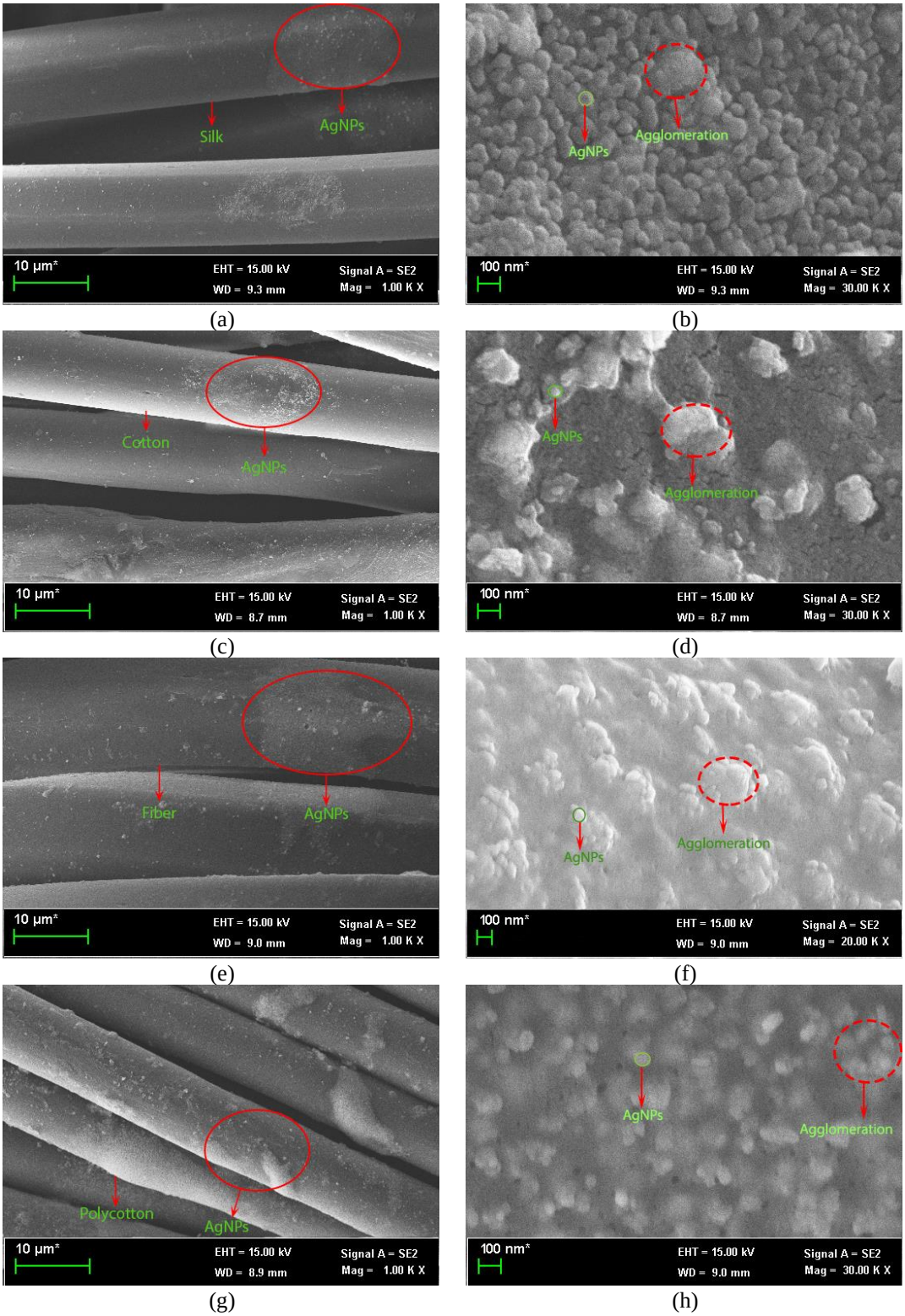
4.1 Morfologi Permukaan

Morfologi permukaan tekstil sebelum dan sesudah terdeposisi AgNPs menunjukkan hasil yang berbeda. Morfologi permukaan tekstil sebelum dan seudah AgNPs terdeposisi ditunjukkan oleh Gambar 4.1 dan Gambar 4.2.



Gambar 4.1 FESEM sebelum AgNPs terdeposisi (a) *silk*, (b) *cotton*, (c) *fiber*, dan (d) *polycotton*.

Gambar 4.1 menunjukkan morfologi permukaan tekstil sebelum AgNPs terdeposisi. Morfologi permukaan tekstil terlihat bahwa kain tekstil memiliki bentuk silinder panjang. Pada gambar tersebut, permukaan tekstil menunjukkan struktur serat kain tampak bersih tanpa adanya partikel AgNPs (Mahmud dkk., 2017).



Gambar 4.2 FESEM setelah AgNPs terdeposisi (a-b) SA, (c-d) CA, (e-f) FA, dan (g-h) PCA

Deposisi AgNPs pada tekstil mengubah morfologi permukaan tekstil seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.2. Secara umum, berdasarkan pengamatan ditunjukkan bahwa permukaan serat yang telihat kotor dapat diamati setelah AgNPs terdeposisi. Partikel AgNPs yang terdeposisi pada tekstil berbentuk sperikel (bola). Pembentukan partikel dan aglomerasi partikel dalam berbagai ukuran dapat diamati karena setiap permukaan kain memiliki interaksi unik antara AgNP dan serat tekstil (Mahmud dkk., 2017). Hal ini dikarenakan perbedaan gugus fungsi dan pasangan elektron bebas pada masing-masing tekstil untuk mengikat ion Ag^{+} (Noerati, Iwan, dan Atin 2013). Studi sebelumnya juga menunjukkan hasil yang sama ketika AgNPs dideposisikan pada kain sutera dengan memanfaatkan ekstrak tanaman *honeysuckle* (*Lonicera Caprifolium*) yang dikeringkan (Zhou dan Tang, 2018).

4.2 Komposisi Elemental

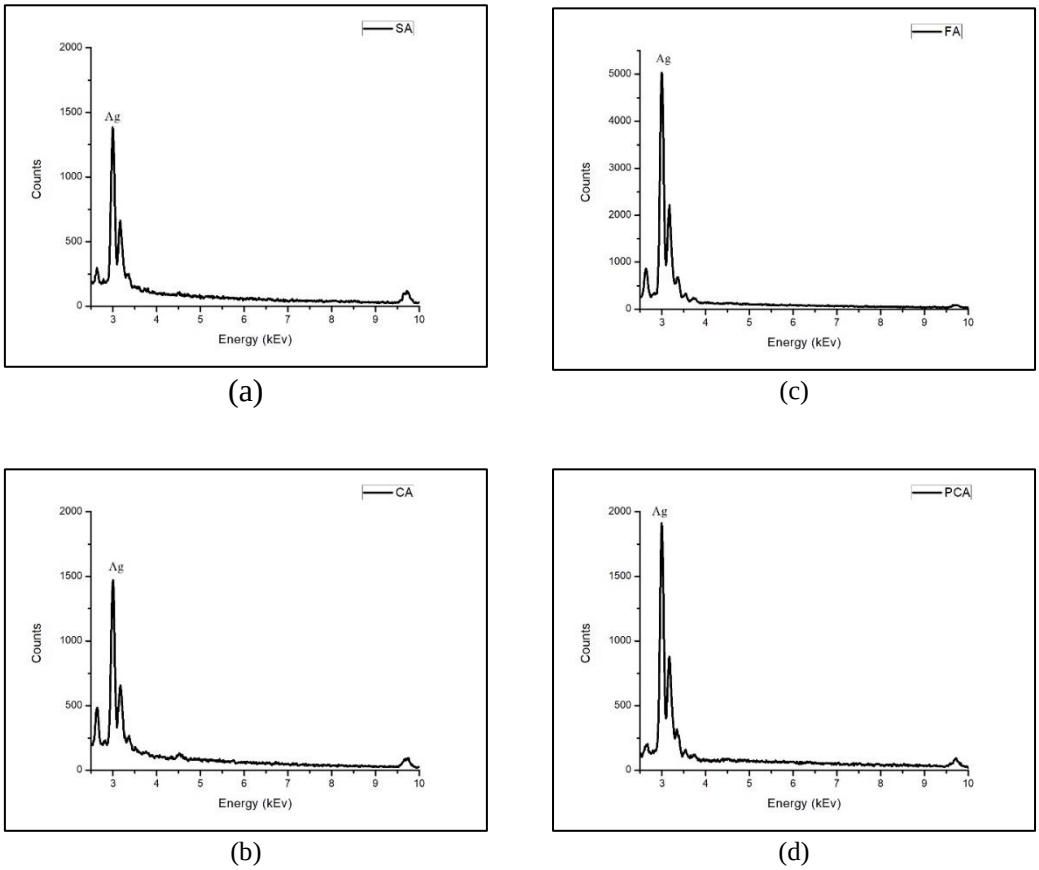
Karakterisasi EDX digunakan untuk menentukan komposisi unsur tekstil sebelum dan sesudah AgNPs terdeposisi. Ada beberapa unsur yang terdeteksi pada tekstil yang diolah seperti tercantum dalam Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Elemental Tekstil sebelum dan sesudah dideposisi

Tekstil	**Elemental**	**Sebelum Deposisi (%)**	**Setelah Deposisi (%)**
S	C	71.4	68.2
	O	28.6	18.3
	N	-	11.3
	Ag	-	2.3
C	C	72.4	65.9
	O	27.6	20.5
	N	-	11.7
	Ag	-	1.8
F	C	72.6	45.2
	O	27.4	20.9
	N	-	17.1
	Ag	-	16.9
PC	C	73.8	60.5
	O	26.2	19.3
	N	-	13.4
	Ag	-	6.8

Unsur-unsurnya adalah karbon (C), oksigen (O), nitrogen (N), dan perak (Ag). Perlu diketahui bahwa elemen C dan O yang terdeteksi kemungkinan berasal dari elemen tekstil. Selain itu, unsur N yang terdeteksi kemungkinan berasal dari ekstrak *Ageratum conyzoides L*.

Berdasarkan hasil tersebut dapat diketahui bahwa persentase Ag terbesar ditunjukkan oleh tekstil F. Secara keseluruhan, urutan tekstil dengan persentase unsur Ag terbesar adalah F, PC, S, dan C dengan masing-masing persentase 16.9%; 6.8%; 2.3%; dan 1.8%. Penelitian sebelumnya menunjukkan persentase kandungan unsur Ag yang hampir sama pada katun yang terdeposisi AgNPs sebesar 1.87%. Sedangkan persentase C dan O masing-masing terdeteksi sebesar 52.73% dan 45.40% (Fadlilah dkk.).



Gambar 4.3 Spektra EDX Tekstil (a) SA, (b) CA, (c) FA, dan (d) PCA

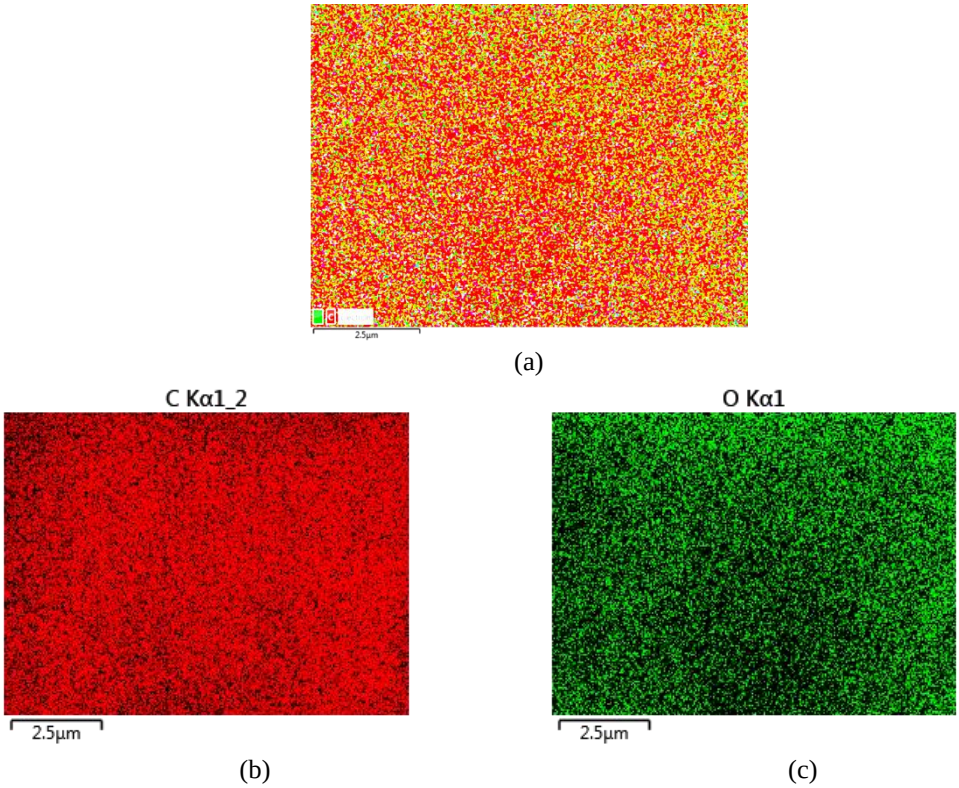
Gambar 4.3 menunjukkan spektrum EDX dari tekstil yang terdeposisi AgNPs. AgNPs yang terdeposisi pada tekstil memungkinkan disebabkan oleh ikatan fisik

antara AgNPs dan permukaan tekstil. Ikatan fisik menunjukkan bahwa AgNPs memiliki ikatan sementara secara fisis pada permukaan tekstil.

Spektrum EDX menunjukkan puncak tertinggi sekitar 3 keV untuk semua tekstil yang diperlakukan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.3. Hasil serupa diperoleh dari studi sebelumnya dengan puncak tertinggi yang diamati pada 3 keV ketika AgNPs disintesis menggunakan *Ocimum sanctum*, *Hydrangea paniculate*, dan *Tamarind fruit*. Puncak sekitar 3 keV dikaitkan sebagai karakteristik atom perak, yang memiliki tingkat energi sekitar 3 keV (Subba Rao dkk., 2013; Karunakaran dkk., 2017; Jayaprakash dkk., 2017).

4.3 Karakterisasi Pemetaan *(Mapping)*

Karakterisasi *mapping* digunakan untuk mengetahui persebaran kandungan unsur pada masing-masing sampel.



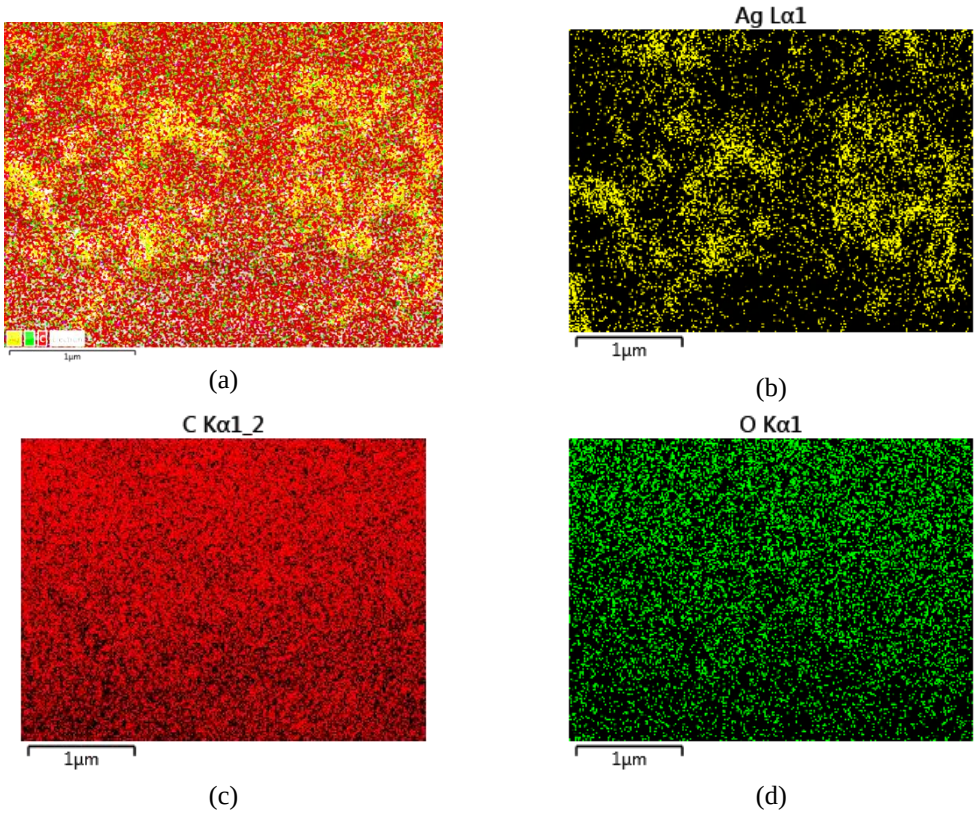
(a)

(b)

(c)

Gambar 4.4. Pemetaan *Cotton* sebelum AgNPs terdeposisi (a) Pemetaan secara menyeluruh; (b) Pemetaan unsur C (karbon); (c) Pemetaan unsur O (oksigen)

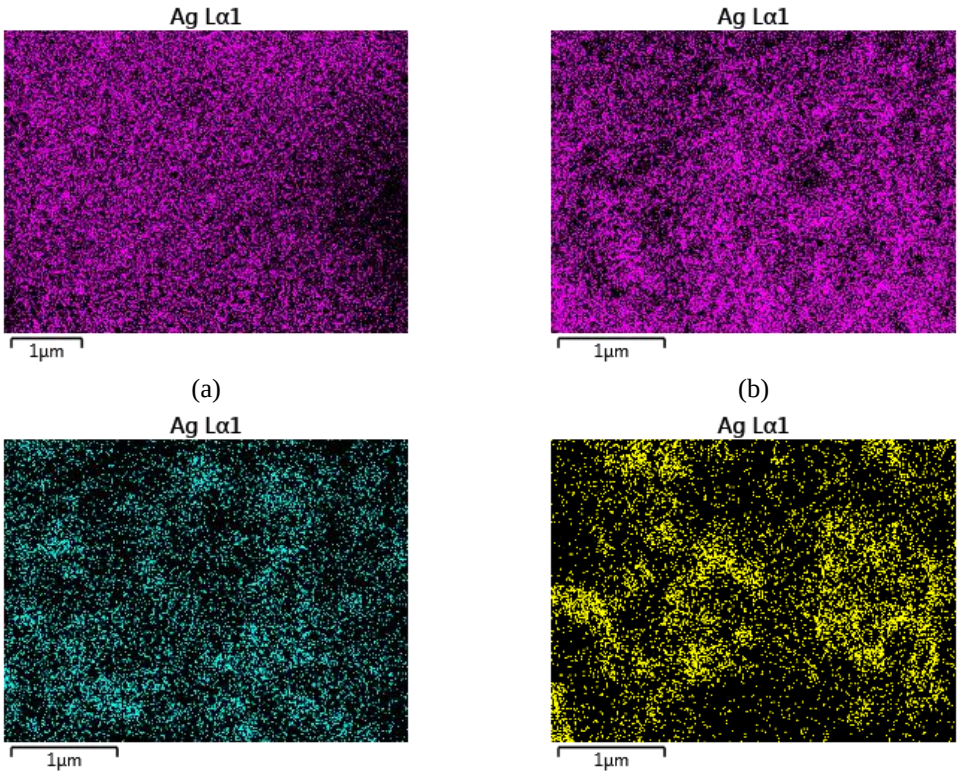
Gambar 4.4 menunjukkan pemetaan unsur-unsur yang terdapat pada *cotton* sebelum AgNPs terdeposisi. Gambar ini menunjukkan bahwa unsur C dan O tersebar merata pada *cotton*. Hal ini sesuai dengan hasil karakterisasi komposisi elemental EDX yang menunjukkan bahwa unsur C dan O terdeteksi pada *cotton* sebelum AgNPs dideposisikan.



Gambar 4.5. Pemetaan *Cotton* setelah AgNPs terdeposisi (a) Pemetaan secara menyeluruh; (b) Pemetaan unsur Ag (silver); (c) Pemetaan unsur C (karbon); (d) Pemetaan unsur O (oksigen)

Gambar 4.5 menunjukkan pemetaan unsur-unsur yang terdapat pada cotton setelah AgNPs terdeposisi. Gambar ini menunjukkan bahwa tidak hanya unsur C dan O saja yang tersebar, tetapi ditemukan adanya Ag pada *cotton*. Hasil ini mendukung hasil karakterisasi komposisi elemental yang menyebutkan kehadiran Ag setelah *cotton* dideposisi AgNPs. Berdasarkan gambar dapat diketahui bahwa unsur Ag tidak tersebar secara merata dibanding unsur C dan O. Disamping itu, pemetaan ini menunjukkan bahwa AgNPs berhasil dideposisikan pada *cotton*. Penelitian sebelumnya menunjukkan pemetaan Ag pada tekstil mengindikasikan bahwa Ag berhasil

dideposisikan pada *cotton* yang disintesis menggunakan jamur endofit (Shaheen dan Abd El Aty, 2018).



Gambar 4.6 Pemetaan unsur Ag (silver) pada (a) *Fiber*; (b) *Polycotton*; (c) *Silk*; (d) *Cotton*

Gambar 4.6 menunjukkan pemetaan unsur Ag yang terdapat pada empat tekstil setelah AgNPs terdeposisi. Pada pemetaan ini, Ag sangat tidak tersebar secara merata pada *cotton*. Sedangkan, Ag tersebar paling merata pada fiber. Jika polycotton dan silk dibandingkan, Ag pada polycotton lebih tersebar merata dibanding silk. Persebaran ini sesuai dengan komposisi elemental dimana unsur Ag paling banyak ditemukan pada fiber, diikuti polycotton, silk, dan cotton. Disamping itu, persebaran Ag pada permukaan tekstil secara logis juga mempengaruhi partikel Ag yang mengalami aglomerasi. Berdasarkan Gambar 4.2 (f), hampir seluruh permukaan fiber tertutup oleh Ag yang mengalami aglomerasi. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa komposisi Ag pada permukaan tekstil berpengaruh terhadap aglomerasi partikel (Syafiuddin dkk., 2020).

4.4 Densitas Tekstil

Uji densitas tekstil dilakukan untuk mengetahui massa tekstil yang terdapat dalam satu satuan luas. Tabel 4.2 menunjukkan densitas tekstil yang tidak dideposisi dan dideposisi. Sebelum dideposisi dengan AgNPs *cotton*, *polycotton*, *fiber*, dan *silk* memiliki densitas masing-masing sebesar 278,41, 119,32, 258,52, dan 99,43 g/m^2.

Tabel 4.2 Densitas Tekstil sebelum (tanpa -A) dan sesudah dideposisi (dengan -A)

Tekstil	**Densitas (g/m^2)**
S	99.43
C	278.41
F	258.52
PC	119.32
SA	119.32
CA	556.81
FA	357.95
PCA	139.20

Setelah dideposisi dengan AgNPs, nilai densitas meningkat hingga 556.81, 139.20, 357.95, dan 119.32 g/m^2. Tercatat bahwa pengendapan AgNPs pada *cotton*, *polycotton*, *fiber*, dan *silk* dapat meningkatkan densitas sebesar 2.0, 1.2, 1.4, dan 1.2 kali lebih tinggi dibandingkan dengan tekstil yang tidak dideposisi (Erdem dan Rajendran, 2016).

Secara umum, nilai densitas tekstil meningkat setelah diperlakukan dengan AgNPs. Peningkatan densitas ini disebabkan oleh peningkatan massa tekstil setelah dideposisi dengan AgNPs. Tabel 4.2 menunjukkan bahwa terjadi peningkatan densitas tertinggi pada *cotton* dibandingkan yang lain. Ini menunjukkan bahwa massa *cotton* meningkat secara signifikan. Peningkatan massa *cotton* menunjukkan bahwa AgNPs dapat terdeposisi dengan baik pada *cotton*. Hasil yang sama juga ditemukan bahwa densitas kain meningkat akibat adanya AgNPs yang terdeposisi didalamnya. Densitas *cotton* meningkat dari 135 menjadi 149 g/m^2, polyester dari 155 menjadi 174 g/m^2, dan nylon dari 102 menjadi 108 g/m^2 (Syafiuddin dkk., 2020).

4.5 Penyerapan Air

Uji penyerapan air digunakan untuk mengetahui kemampuan tekstil dalam menyerap air. Tabel 4.3 menunjukkan hasil uji penyerapan air dari tekstil yang tidak dideposisi dan dideposisi.

Table 4.3 Penyerapan Air sebelum (tanpa -A) dan sesudah dideposisi (dengan -A)

Textiles	**Water Absorption (%)**	**Textiles AgNPs**	**Water Absorption (%)**	**Different Pecentage (%)**
S	92.32	SA	89.47	2.84
C	69.57	CA	37.78	31.79
F	71.74	FA	41.94	30.25
PC	68.42	PC	56.25	12.17

Tekstil terbuat dari selulosa yang mudah menyerap air. Tekstil memiliki banyak gugus -OH yang dapat mengikat air melalui ikatan hydrogen (Tzanov dkk., 2001). Secara umum, persentase penyerapan air berkurang setelah kehadiran AgNPs. Penurunan persentase penyerapan air terbesar terjadi pada *cotton* sebesar 31.79%, diikuti *fiber* 30.25%, *polycotton* 12.17%, dan *silk* 2.84%.

Hasil serupa juga diperoleh dari penelitian sebelumnya yang meneliti penyerapan air dari polyester (Xing, Yang, dan Dai, 2007). Studi tersebut melaporkan bahwa deposisi AgNPs pada tekstil dapat membentuk penghalang antara serat tekstil dan air, yang dapat mempengaruhi karakteristik penyerapan air. Hal ini menunjukkan bahwa serat tekstil memiliki luas permukaan yang besar yang memungkinkan untuk menyerap air. Oleh karena itu, pengendapan AgNPs pada permukaan tekstil dapat mengurangi kemampuan tekstil dalam menyerap air (Erdem dan Rajendran, 2016).

4.6 Aktivitas Antijamur

Pengujian aktivitas Antijamur dilakukan untuk mengetahui kemampuan tekstil terdeposisi AgNPs untuk menghambat pertumbuhan jamur. Hasil pengujian ini disajkan pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Zona Hambat pada Tekstil Sebelum dan Sesudah Dideposisi

Tekstil	Sebelum Dideposisi (mm)	Sesudah Dideposisi (mm)
S	NA	12.00 ± 1.00
C	NA	14.67 ± 3.05
F	NA	15.33 ± 6.11
PC	NA	15.00 ± 7.81

Tabel 4.4 menyajikan zona hambatan tekstil yang diobati terhadap *Aspergilus sp.* Ditemukan bahwa *cotton* yang diberi perlakuan memiliki zona hambat sebesar 14,67 ± 3,05 mm. Selain itu, *silk, fiber,* dan *polycotton* melakukan zona penghambatan masing-masing sebesar 12,00 ± 1,00 mm, 15,33 ± 6,11 mm, dan 15,00 ± 7,81 mm. Secara umum, zona penghambatan tertinggi dilakukan oleh serat yang dideposisi dengan urutan *fiber, polycotton, cotton,* dan *silk.*

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian sebelumnya. AgNPs memiliki zona hambat masing-masing 16,00 ± 2,00 mm, 20,60 ± 1,52 mm, 19,30 ± 1,52 mm, 11,0 ± 1,60 mm ketika AgNPs diuji antijamur terhadap *Aspergillus niger, Aspergillus fumigatus,* dan *Aspergillus flavus* (Balashanmugam dkk., 2016; Bocate dkk., 2019). Selain itu, dengan metode deposisi fotokimia pada *cotton* terdeposisi AgNPs menunjukkan sifat antijamur terhadap *Candida albicans* dnegan zona hambat hingga 5 mm (Paladini dkk., 2014). Dengan menggunakan metode pad-dry-cure, kain *cotton* yang terdeposisi AgNPs juga memiliki sifat antijamur terhadap strain jamur yang berbeda, yaitu *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus niger*, *Penicillium sp.*, dan *Rhizoctonia oryzae* (Balakumaran dkk., 2016).

Telah dipastikan bahwa kemampuan antijamur dari AgNPs bergantung pada sifat partikelnya, prosedurnya, dan jenis jamurnya. Studi ini menemukan bahwa tekstil yang dideposisi memiliki sifat antijamur. Hasil ini kemungkinan terkait dengan mekanisme antijamur seperti (i) gangguan langsung pada membran sel; (ii) penyerapan ion silver bebas diikuti oleh gangguan replikasi DNA; dan (iii) terjadinya gangguan sistem pernafasan sel, gangguan produksi ATP dan pembentukan spesies oksigen reaktif (ROS) oleh AgNP dan ion silver (Pereira dkk., 2014; Azizi dkk., 2016).

4.7 Ketahanan Cuci

Uji ketahanan Cuci digunakan untuk mengetahui pengaruh pencucian terhadap aktivitas antijamur pada tekstil yang terdeposisi AgNPs. Tabel 4 menyajikan zona hambatan tekstil yang diolah setelah uji ketahanan cuci. Tekstil dicuci selama 1, 3, dan 5 kali.

Tabel 4.5 Zona Hambat pada Uji Ketahanan Cuci

Tekstil	**Zona Hambat (mm)**			
	Pencucian			
	Tanpa Pencucian	1 kali	3 kali	5 kali
SA	12.00	11.00	10.00	9.00
CA	15.00	12.00	11.00	10.00
FA	15.33	12.00	11.00	10.00
PCA	15.00	12.00	11.00	10.00

Secara umum, setelah mencuci zona hambat tekstil yang dideposisi menurun. Sedikit penurunan nilai zona hambat mungkin disebabkan oleh hilangnya AgNPs yang ada di tekstil setelah pencucian (Zhou dkk., 2017; Shahid dkk., 2018; Ibrahim dkk., 2017).

Hal ini konsisten dengan penelitian yang menunjukkan hilangnya AgNPs setelah uji ketahanan cuci. Penurunan zona hambat ini menunjukkan bahwa pencucian menyebabkan berkurangnya aktivitas antijamur pada tekstil. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa terjadi penurunan aktivitas antimikroba setelah beberapa kali pencucian. Penurunan yang terjadi sebesar 98.03% untuk sekali pencucian, (96.78%) untuk 5 kali pencucian dan 94.99% untuk sepuluh kali pencucian (Shahid dkk., 2018).

Hilangnya AgNPS dalam tekstil menunjukkan bahwa ada ikatan fisik antara AgNPs dan tekstil. Ikatan fisik kemungkinan disebabkan oleh gaya van der Waals. Secara logis, ikatan ini dapat dijelaskan, yaitu ikatan yang terjadi antara muatan negatif gugus -OH pada tekstil dan muatan positif Ag^{+} dari $AgNO_3$ yang tereduksi. Ikatan ini berupa gaya tarik antara dipol molekul non polar OH dan Ag. Ikatan van der Waals memiliki kekuatan ikatan yang lemah. Kekuatan ikatan yang lemah memungkinkan AgNPs mudah dilepaskan setelah dicuci (Hebeish, El-Bisi, dan El-Shafei, 2015).

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, AgNPs terdeposisi pada kain menggunakan metode *green synthesis* dan *solution-immersion* dapat disimpulkan bahwa:

1. Setelah dideposisi dengan AgNPs, nilai densitas tekstil meningkat. Peningkatan densitas ini disebabkan oleh peningkatan massa tekstil setelah AgNPs terdeposisi. Peningkatan terbesar terjadi pada *cotton*, diikuti oleh *fiber*, *polycotton*, dan *silk*.
2. Setelah dideposisi dengan AgNPs, persentase penyerapan air berkurang. Penurunan persentase penyerapan air terbesar terjadi pada *cotton*, diikuti *fiber*, *polycotton*, dan *silk*.
3. Secara morfologis, sebelum AgNPs terdeposisi, permukaan tekstil menunjukkan struktur serat kain yang tampak bersih dan tanpa adanya partikel AgNPs. Permukaan serat yang terlihat kotor dapat diamati setelah AgNPs terdeposisi.
4. Sebelum AgNPs terdeposisi, masing-masing tekstil tidak menunjukkan adanya zona habit. Zona hambat terbentuk untuk kain yang terdeposisi AgNPs. Urutan dari yang tertinggi zona hambat tersebut yaitu *cotton*, *polycotton*, *fiber* dan *silk*.
5. Setelah dilakukan pencucian, terjadi penurunan zona hambat. Penurunan nilai zona hambatan disebabkan oleh hilangnya AgNPs yang ada di tekstil setelah dilakukan pencucian.

5.2 Saran

1. Perlu penelitian lebih lanjut tentang mekanisme aktivitas antimikroba, khususnya aktivitas antijamur.
2. Perlu penelitian lebih lanjut tentang ikatan yang terbentuk antara AgNPs dan tekstil.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

DAFTAR PUSTAKA

Ahmad, Naheed, Seema Sharma, Md K. Alam, V. N. Singh, S. F. Shamsi, B. R. Mehta, and Anjum Fatma. 2010. "Rapid synthesis of silver nanoparticles using dried medicinal plant of basil", *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 81: 81-86.

Ahmed, Hanan B., and Hossam E. Emam. 2016. "Layer by layer assembly of nanosilver for high performance cotton fabrics", *Fibers and Polymers*, 17: 418-26.

Alsammarraie, Fouad K., Wei Wang, Peng Zhou, Azlin Mustapha, and Mengshi Lin. 2018. "Green synthesis of silver nanoparticles using turmeric extracts and investigation of their antibacterial activities", *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 171: 398-405.

Aruna, S, N Vasugi Raaja, and S Sathiesh Kumar. 2016. "Fabrication of antimicrobial textiles using hydrothermally synthesized copper oxide nanoparticles", *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 5: 2112-19.

Azizi, Zahra, Shahram Pourseyedi, Mehrdad Khatami, and Hamid Mohammadi. 2016. "Stachys lavandulifolia and Lathyrus sp. mediated for green synthesis of silver nanoparticles and evaluation its antifungal activity against Dothiorella sarmentorum", *Journal of Cluster Science*, 27: 1613-28.

Bagherzade, Ghodsieh, Maryam Manzari Tavakoli, and Mohmmad Hasan Namaei. 2017. "Green synthesis of silver nanoparticles using aqueous extract of saffron (Crocus sativus L.) wastages and its antibacterial activity against six bacteria", *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 7: 227-33.

Balakumaran, M. D., R. Ramachandran, S. Jagadeeswari, and P. T. Kalaichelvan. 2016. "In vitro biological properties and characterization of nanosilver coated cotton fabrics – An application for antimicrobial textile finishing", *International Biodeterioration & Biodegradation*, 107: 48-55.

Balashanmugam, P., M. D. Balakumaran, R. Murugan, K. Dhanapal, and P. T. Kalaichelvan. 2016. "Phytogenic synthesis of silver nanoparticles, optimization and evaluation of in vitro antifungal activity against human and plant pathogens", *Microbiological Research*, 192: 52-64.

Beyene, Hayelom Dargo, Adhena Ayaliew Werkneh, Hailemariam Kassa Bezabh, and Tekilt Gebregergs Ambaye. 2017. "Synthesis paradigm and applications of silver nanoparticles (AgNPs), a review", *Sustainable Materials and Technologies*, 13: 18-23.

Bocate, Karla Paiva, Guilherme Fonseca Reis, Patricia Canteri de Souza, Admilton G. Oliveira Junior, Nelson Durán, Gerson Nakazato, Márcia Cristina Furlaneto, Ricardo Sérgio de Almeida, and Luciano Aparecido Panagio. 2019. "Antifungal activity of silver nanoparticles and simvastatin against toxigenic species of Aspergillus", *International Journal of Food Microbiology*, 291: 79-86.

Dubas, Stephan T., Panittamat Kumlangdudsana, and Pranut Potiyaraj. 2006. "Layer-by-layer deposition of antimicrobial silver nanoparticles on textile fibers", *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 289: 105-09.

Durán, Nelson, Marcela Durán, Marcelo Bispo de Jesus, Amedea B. Seabra, Wagner J. Fávaro, and Gerson Nakazato. 2016. "Silver nanoparticles: A new view on mechanistic aspects on antimicrobial activity", *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine*, 12: 789-99.

Dwandaru, Wipsar Sunu Brams. 2012. "Aplikasi Nanosains dalam Berbagai Bidang kehidupan: Nanoteknologi", *UNY, Yogyakarta*.

Erdem, Ramazan, and Subbiyan Rajendran. 2016. "Influence of silver loaded antibacterial agent on knitted and nonwoven fabrics and some fabric properties", *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 11: 155892501601100107.

Erviana, Agustin, Anna Ratnawati, and Eli Rohaeti. 2017. "Perbedaan Aktivitas Antibakteri Bahan Tekstil Dilapisi Nanopartikel Perak Yang Dipreparasi Oleh Corynebacterium Glutamicum FHCC-0062", *Biologi-S1*, 6: 43-54.

Fadlilah, Dian Rosyida, Endarko Endarko, Anisa Ratnasari, Hozairi Hozairi, Zulkifli Yusop, and Achmad Syafiuddin. "Biointerface Research in Applied Chemistry".

Gulrajani, M. L., Deepti Gupta, S. Periyasamy, and S. G. Muthu. 2008. "Preparation and application of silver nanoparticles on silk for imparting antimicrobial properties", *Journal of Applied Polymer Science*, 108: 614-23.

Haroon, Mahvash, Almas Zaidi, Bilal Ahmed, Asfa Rizvi, Mohammad Saghir Khan, and Javed Musarrat. 2019. "Effective Inhibition of Phytopathogenic Microbes by Eco-Friendly Leaf Extract Mediated Silver Nanoparticles (AgNPs)", *Indian Journal of Microbiology*, 59: 273-87.

Hasanah, Nurul, Nurhayana Sennang, and Benny Rusli. 2018. "Aspergillus Glaucus Group dan Penicillium SP di Ruang Operasi Bedah Saraf", *Indonesian Journal of Clinical Pathology and Medical Laboratory*, 21: 158-61.

Hearle, John WS, and William Ernest Morton. 2008. *Physical properties of textile fibres* (Elsevier).

Hebeish, A., M. K. El-Bisi, and A. El-Shafei. 2015. "Green synthesis of silver nanoparticles and their application to cotton fabrics", *International Journal of Biological Macromolecules*, 72: 1384-90.

Ibrahim, N. A., E. M. El-Zairy, B. M. Eid, E. Emam, and S. R. Barkat. 2017. "A new approach for imparting durable multifunctional properties to linen-containing fabrics", *Carbohydrate Polymers*, 157: 1085-93.

Jain, Siddhant, and Mohan Singh Mehata. 2017. "Medicinal plant leaf extract and pure flavonoid mediated green synthesis of silver nanoparticles and their enhanced antibacterial property", *Scientific reports*, 7: 15867.

Jalal, Mohammad, Mohammad Azam Ansari, Mohammad A. Alzohairy, Syed Ghazanfar Ali, Haris M. Khan, Ahmad Almatroudi, and Kashif Raees. 2018. "Biosynthesis of Silver Nanoparticles from Oropharyngeal Candida glabrata Isolates and Their Antimicrobial Activity against Clinical Strains of Bacteria and Fungi", *Nanomaterials*, 8: 586.

Jayaprakash, N., J. Judith Vijaya, K. Kaviyarasu, K. Kombaiah, L. John Kennedy, R. Jothi Ramalingam, Murugan A. Munusamy, and Hamad A. Al-Lohedan. 2017. "Green synthesis of Ag nanoparticles using Tamarind fruit extract for the

antibacterial studies", *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 169: 178-85.

Kamboj, Anjoo, and Ajay Kumar Saluja. 2008. "Ageratum conyzoides L.: A review on its phytochemical and pharmacological profile", *International Journal of Green Pharmacy (IJGP)*, 2.

Karunakaran, Gopalu, Matheswaran Jagathambal, Manickam Venkatesh, Govindan Suresh Kumar, Evgeny Kolesnikov, Arkhipov Dmitry, Alexander Gusev, and Denis Kuznetsov. 2017. "Hydrangea paniculata flower extract-mediated green synthesis of MgNPs and AgNPs for health care applications", *Powder Technology*, 305: 488-94.

Kasali, Adeleke A., Peter Winterhalter, Adewale M. Adio, Holger Knapp, and Bernd Bonnlander. 2002. "Chromenes in Ageratum conyzoides L", *Flavour and Fragrance Journal*, 17: 247-50.

Khalil, Mostafa M. H., Eman H. Ismail, Khaled Z. El-Baghdady, and Doaa Mohamed. 2014. "Green synthesis of silver nanoparticles using olive leaf extract and its antibacterial activity", *Arabian Journal of Chemistry*, 7: 1131-39.

Kumar, Deenadayalan Ashok, V. Palanichamy, and Selvaraj Mohana Roopan. 2014. "Green synthesis of silver nanoparticles using Alternanthera dentata leaf extract at room temperature and their antimicrobial activity", *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 127: 168-71.

Lee, Kui-Jae, Sung-Hee Park, Muthusamy Govarthanan, Pyoung-Han Hwang, Young-Seok Seo, Min Cho, Wang-Hyu Lee, Jai-Young Lee, Seralathan Kamala-Kannan, and Byung-Taek Oh. 2013. "Synthesis of silver nanoparticles using cow milk and their antifungal activity against phytopathogens", *Materials Letters*, 105: 128-31.

Lentino, Joseph R, Mari Ann Rosenkranz, Jacqueline A Michaels, Viswanath P Kurup, Harold D Rose, and Michael W Rytel. 1982. "Nosocomial aspergillosis: a retrospective review of airborne disease secondary to road construction and contaminated air conditioners", *American Journal of Epidemiology*, 116: 430-37.

Mahmud, Sakil, Mst. Zakia Sultana, Md. Nahid Pervez, Md. Ahsan Habib, and Hui-Hong Liu. 2017. "Surface Functionalization of “Rajshahi Silk” Using Green Silver Nanoparticles", *Fibers*, 5: 35.

Natsuki, Jun, Toshiaki Natsuki, and Yoshio Hashimoto. 2015. "A Review of Silver Nanoparticles: Synthesis Methods, Properties and Applications", *International Journal of Materials Science and Applications*, 4: 325.

Noerati, Gunawan, Muhammad Ichwan, and Atin Sumihartati. 2013. "Bahan Ajar Pendidikan dan Latihan Profesi Guru (PLPG) Teknologi Tekstil." In.: Sekolah Tinggi Teknologi Tekstil. Bandung.

Paladini, Federica, Serena De Simone, Alessandro Sannino, and Mauro Pollini. 2014. "Antibacterial and antifungal dressings obtained by photochemical deposition of silver nanoparticles", *Journal of Applied Polymer Science*, 131.

Palme, Anna. 2016. *Recycling of cotton textiles: Characterization, pretreatment, and purification* (Chalmers University of Technology).

Pereira, L., N. Dias, J. Carvalho, S. Fernandes, C. Santos, and N. Lima. 2014. "Synthesis, characterization and antifungal activity of chemically and fungal-

produced silver nanoparticles against Trichophyton rubrum", *Journal of Applied Microbiology*, 117: 1601-13.

Perelshtein, Ilana, Guy Applerot, Nina Perkas, Geoffrey Guibert, Serguei Mikhailov, and Aharon Gedanken. 2008. "Sonochemical coating of silver nanoparticles on textile fabrics (nylon, polyester and cotton) and their antibacterial activity", *Nanotechnology*, 19: 245705.

Prabhu, Sukumaran, and Eldho K. Poulose. 2012. "Silver nanoparticles: mechanism of antimicrobial action, synthesis, medical applications, and toxicity effects", *International Nano Letters*, 2: 32.

Prasher, Parteek, Manjeet Singh, and Harish Mudila. 2018. "Green Synthesis of Silver Nanoparticles and their Antifungal Properties", *BioNanoScience*, 8: 254-63.

Raza, Muhammad Akram, Zakia Kanwal, Anum Rauf, Anjum Nasim Sabri, Saira Riaz, and Shahzad Naseem. 2016. "Size-and shape-dependent antibacterial studies of silver nanoparticles synthesized by wet chemical routes", *Nanomaterials*, 6: 74.

Santos, Rafaela F., Bárbara M. Nunes, Rafaela D. Sá, Luiz A. L. Soares, and Karina P. Randau. 2016. "Morpho-anatomical study of Ageratum conyzoides", *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 26: 679-87.

Scazzocchio, Claudio. 2009. "Aspergillus: a multifaceted genus", *Encyclopedia of Microbiology*: 401-21.

Shaheen, Th I., and Abeer A. Abd El Aty. 2018. "In-situ green myco-synthesis of silver nanoparticles onto cotton fabrics for broad spectrum antimicrobial activity", *International Journal of Biological Macromolecules*, 118: 2121-30.

Shahid, Mohammad, Yuyang Zhou, Xian-Wei Cheng, Mian Sahib Zar, Guoqaing Chen, and Ren-Cheng Tang. 2018. "Ferulic acid promoted in-situ generation of AgNPs@silk as functional colorants", *Journal of Cleaner Production*, 176: 736-44.

Shateri-Khalilabad, Mohammad, Mohammad E. Yazdanshenas, and Ali Etemadifar. 2017. "Fabricating multifunctional silver nanoparticles-coated cotton fabric", *Arabian Journal of Chemistry*, 10: S2355-S62.

Subba Rao, Y., Venkata S. Kotakadi, T. N. V. K. V. Prasad, A. V. Reddy, and D. V. R. Sai Gopal. 2013. "Green synthesis and spectral characterization of silver nanoparticles from Lakshmi tulasi (Ocimum sanctum) leaf extract", *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 103: 156-59.

Syafiuddin, Achmad. 2019. "Toward a comprehensive understanding of textiles functionalized with silver nanoparticles", *Journal of the Chinese Chemical Society*, 66: 793-814.

Syafiuddin, Achmad, Mohamad Ali Fulazzaky, Salmiati Salmiati, Martin Roestamy, Mohammad Fulazzaky, Kasni Sumeru, and Zulkifli Yusop. 2020. "Sticky silver nanoparticles and surface coatings of different textile fabrics stabilised by Muntingia calabura leaf extract", *SN Applied Sciences*, 2: 733.

Syafiuddin, Achmad, Salmiati, Tony Hadibarata, Ahmad Beng Hong Kueh, and Mohd Razman Salim. 2017. "Novel Weed-Extracted Silver Nanoparticles and Their Antibacterial Appraisal against a Rare Bacterium from River and Sewage Treatment Plan", *Nanomaterials (Basel, Switzerland)*, 8: 9.

Syafiuddin, Achmad, Salmiati Salmiati, Tony Hadibarata, Ahmad Beng Hong Kueh, Mohd Razman Salim, and Muhammad Abbas Ahmad Zaini. 2018. "Silver Nanoparticles in the Water Environment in Malaysia: Inspection, characterization, removal, modeling, and future perspective", *Scientific reports*, 8: 986.

Tzanov, Tzanko, Margarita Calafell, Georg M. Guebitz, and Artur Cavaco-Paulo. 2001. "Bio-preparation of cotton fabrics", *Enzyme and Microbial Technology*, 29: 357-62.

Wahyudi, Tatang, Doni Sugiyana, and Qomarudin Helmy. 2011. "Sintesis nanopartikel perak dan uji aktivitasnya terhadap bakteri E. coli dan S. aureus", *Arena Tekstil*, 26.

Xing, Yanjun, Xiaojun Yang, and Jinjin Dai. 2007. "Antimicrobial finishing of cotton textile based on water glass by sol–gel method", *Journal of Sol-Gel Science and Technology*, 43: 187-92.

Yamanaka, Mikihiro, Keita Hara, and Jun Kudo. 2005. "Bactericidal actions of a silver ion solution on Escherichia coli, studied by energy-filtering transmission electron microscopy and proteomic analysis", *Applied and environmental microbiology*, 71: 7589-93.

Żarowska, Barbara, Tomasz Koźlecki, Michał Piegza, Katarzyna Jaros-Koźlecka, and Małgorzata Robak. 2019. "New Look on Antifungal Activity of Silver Nanoparticles (AgNPs)", *Polish journal of microbiology*, 68: 515-25.

Zhao, Xixi, Haobin Zhao, Lu Yan, Na Li, Junling Shi, and Chunmei Jiang. 2020. "Recent developments in detection using noble metal nanoparticles", *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, 50: 97-110.

Zhao, Xixi, Liangfu Zhou, Muhammad Shahid Riaz Rajoka, Lu Yan, Chunmei Jiang, Dongyan Shao, Jing Zhu, Junling Shi, Qingsheng Huang, and Hui Yang. 2018. "Fungal silver nanoparticles: synthesis, application and challenges", *Critical reviews in biotechnology*, 38: 817-35.

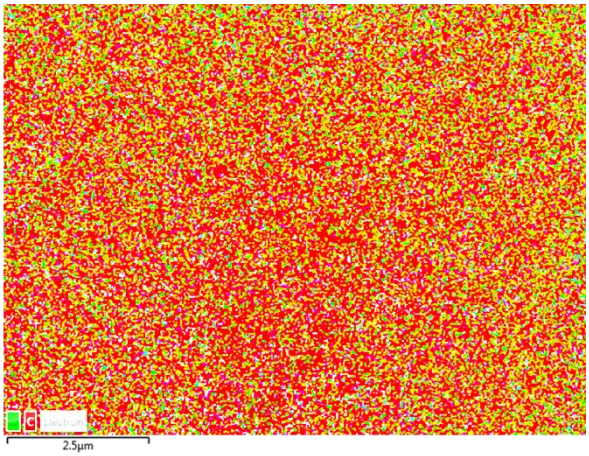
Zheng, Kaiyuan, Magdiel Inggrid Setyawati, David Tai Leong, and Jianping Xie. 2018. "Antimicrobial silver nanomaterials", *Coordination Chemistry Reviews*, 357: 1-17.

Zhou, Qingqing, Jingchun Lv, Yu Ren, Jiayi Chen, Dawei Gao, Zhenqian Lu, and Chunxia Wang. 2017. "A green in situ synthesis of silver nanoparticles on cotton fabrics using Aloe vera leaf extraction for durable ultraviolet protection and antibacterial activity", *Textile Research Journal*, 87: 2407-19.

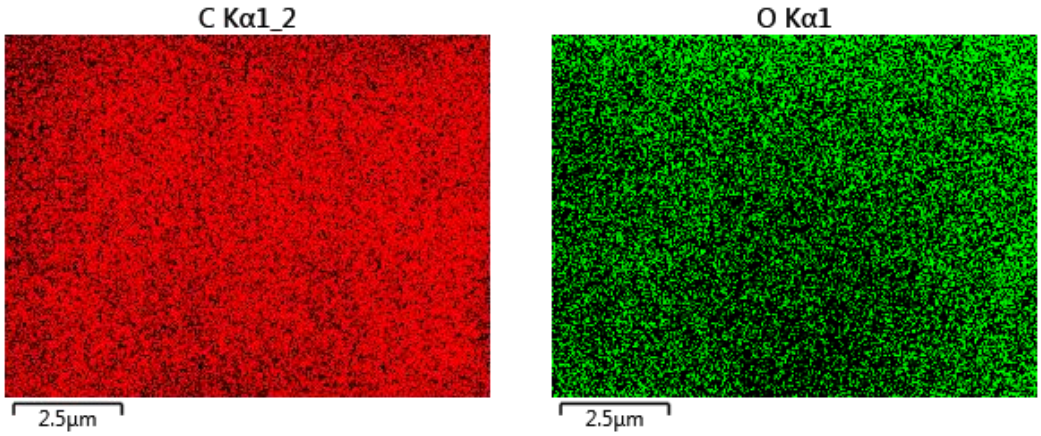
Zhou, Yuyang, and Ren-Cheng Tang. 2018. "Facile and eco-friendly fabrication of AgNPs coated silk for antibacterial and antioxidant textiles using honeysuckle extract", *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 178: 463-71.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

LAMPIRAN

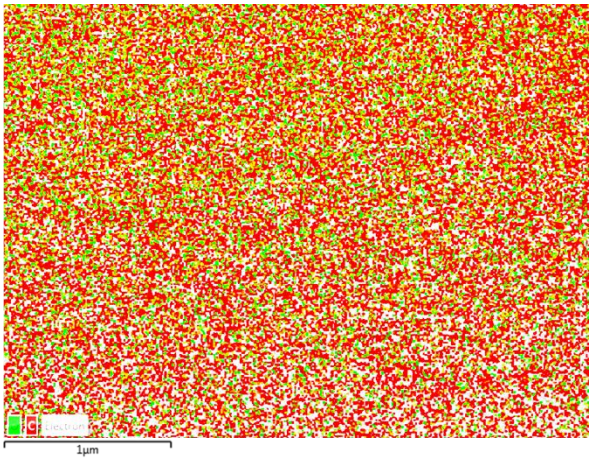


(a)

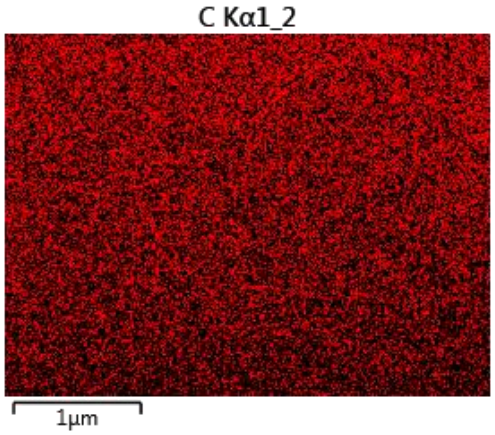


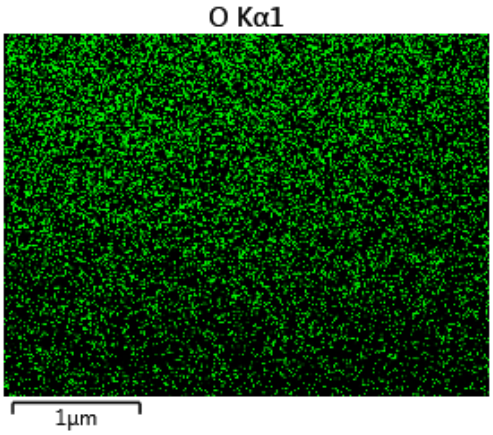
(b) (c)

Gambar L1. Pemetaan *Cotton* sebelum AgNPs terdeposisi (a) Pemetaan secara menyeluruh; (b) Pemetaan unsur C (karbon); (c) Pemetaan unsur O (oksigen)



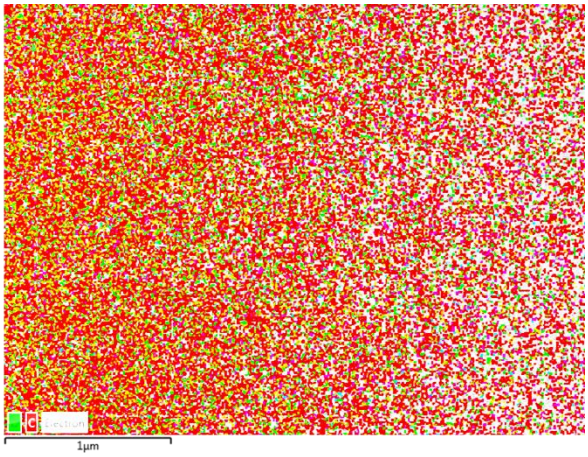
(a)



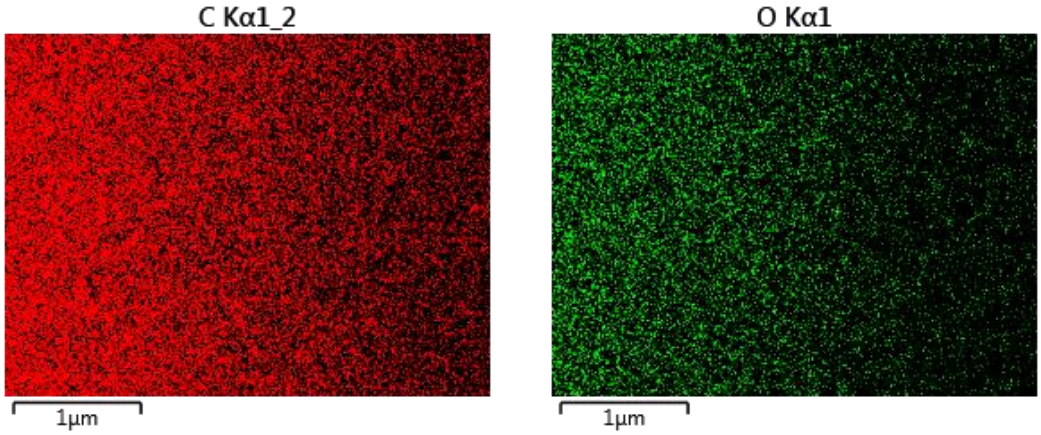


(b) (c)

Gambar L2. Pemetaan *Fiber* sebelum AgNPs terdeposisi (a) Pemetaan secara menyeluruh; (b) Pemetaan unsur C (karbon); (c) Pemetaan unsur O (oksigen)

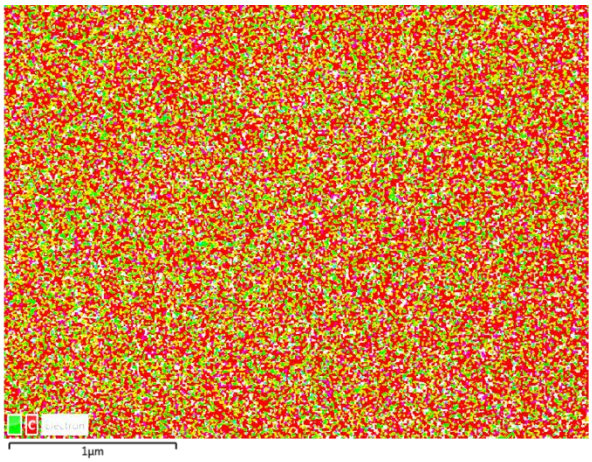


(a)

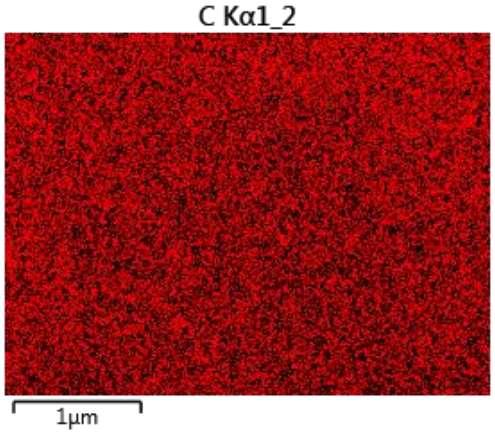


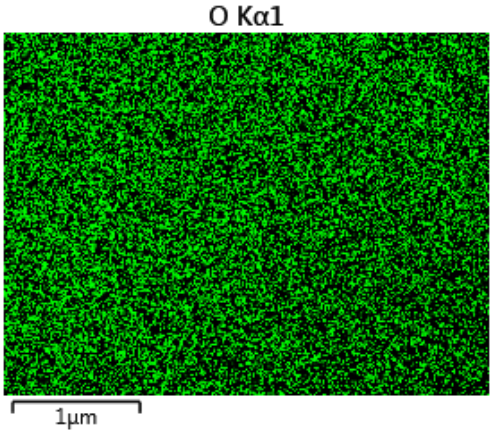
(b) (c)

Gambar L3. Pemetaan *Polycotton* sebelum AgNPs terdeposisi (a) Pemetaan secara menyeluruh; (b) Pemetaan unsur C (karbon); (c) Pemetaan unsur O (oksigen)



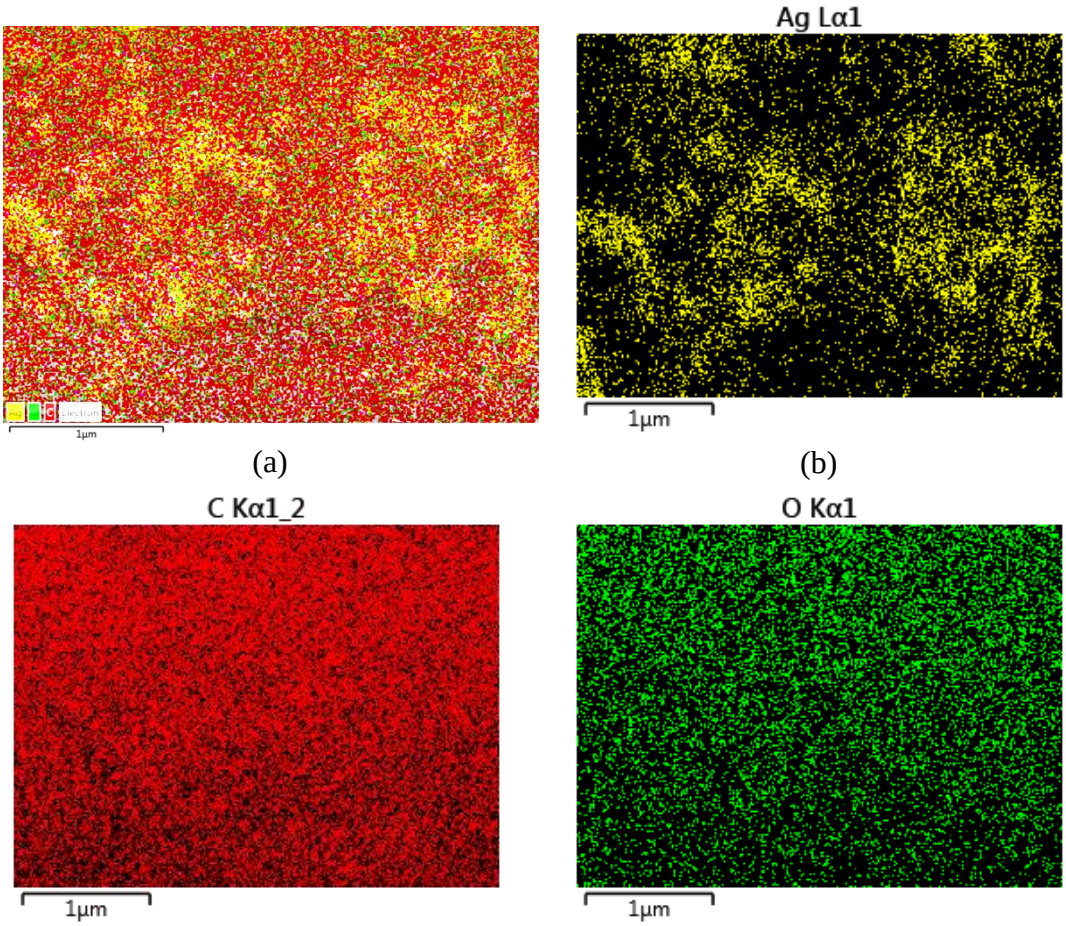
(a)



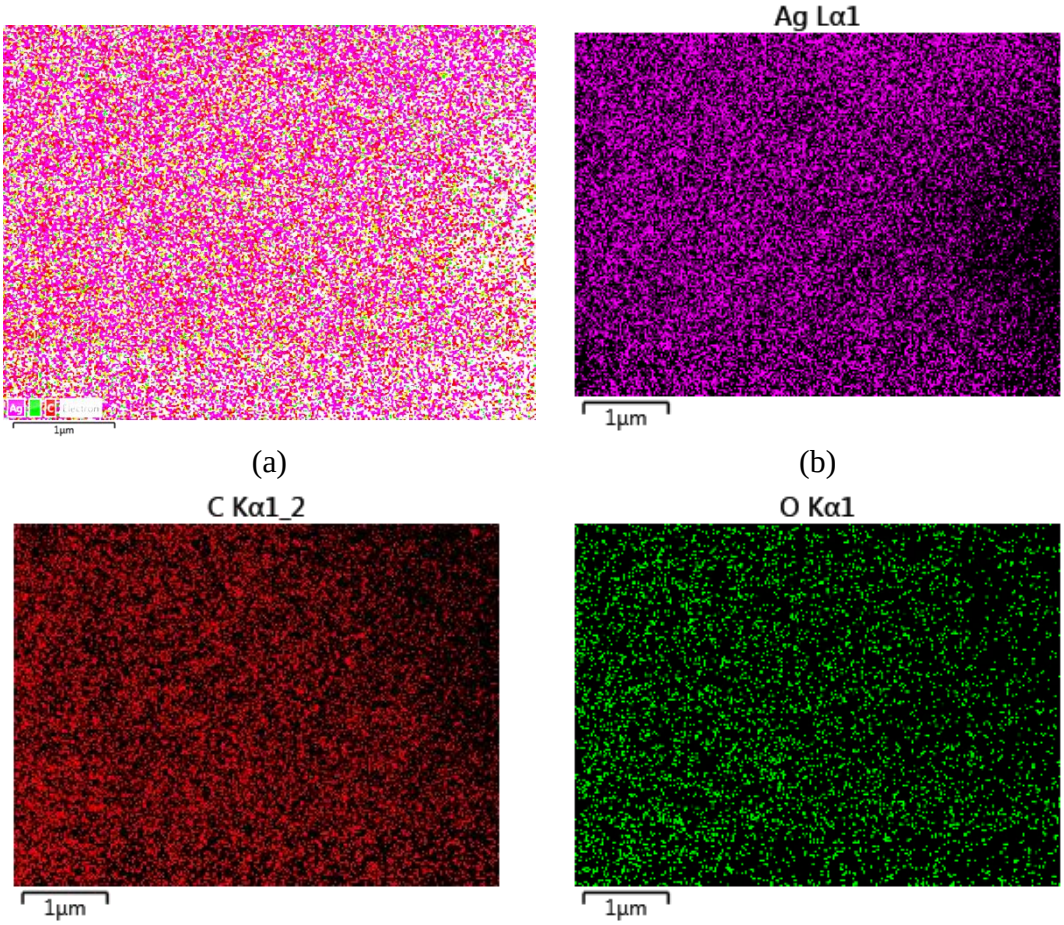


(b) (c)

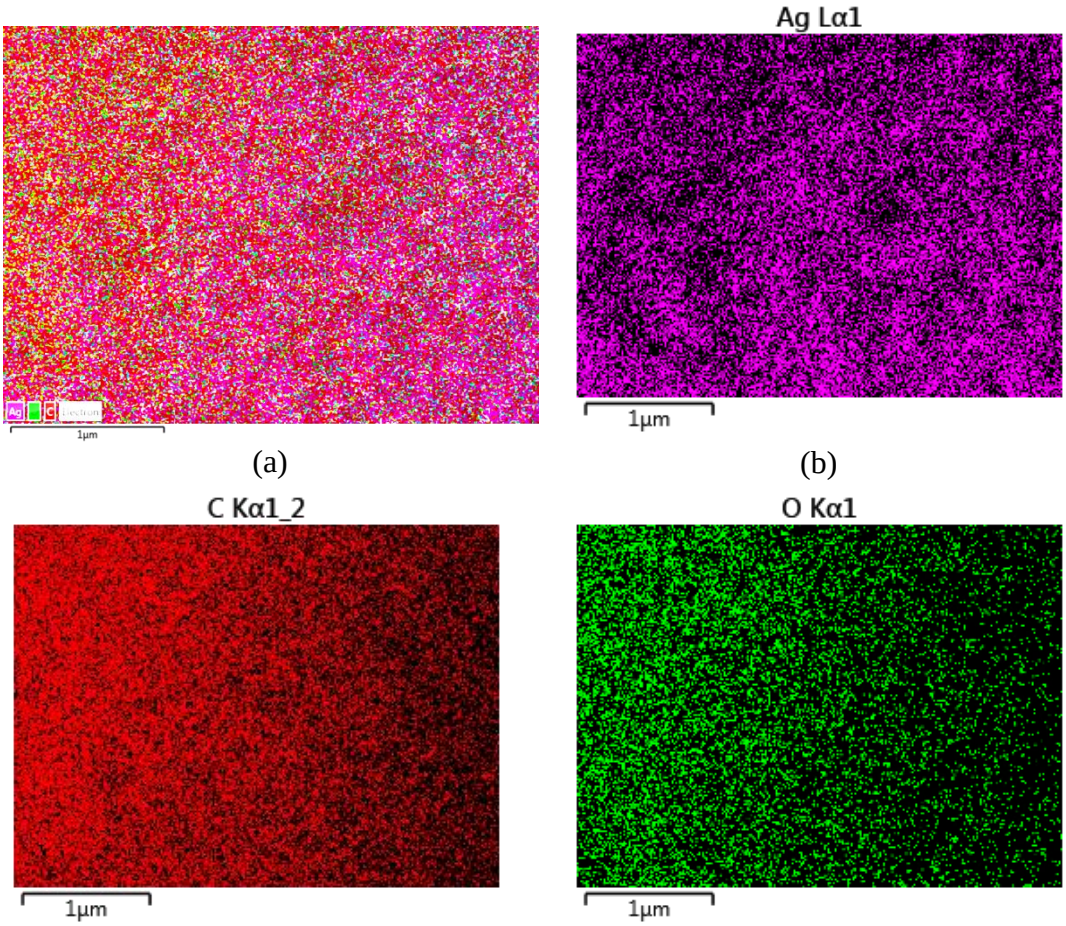
Gambar L4. Pemetaan *Silk* sebelum AgNPs terdeposisi (a) Pemetaan secara menyeluruh; (b) Pemetaan unsur C (karbon); (c) Pemetaan unsur O (oksigen)



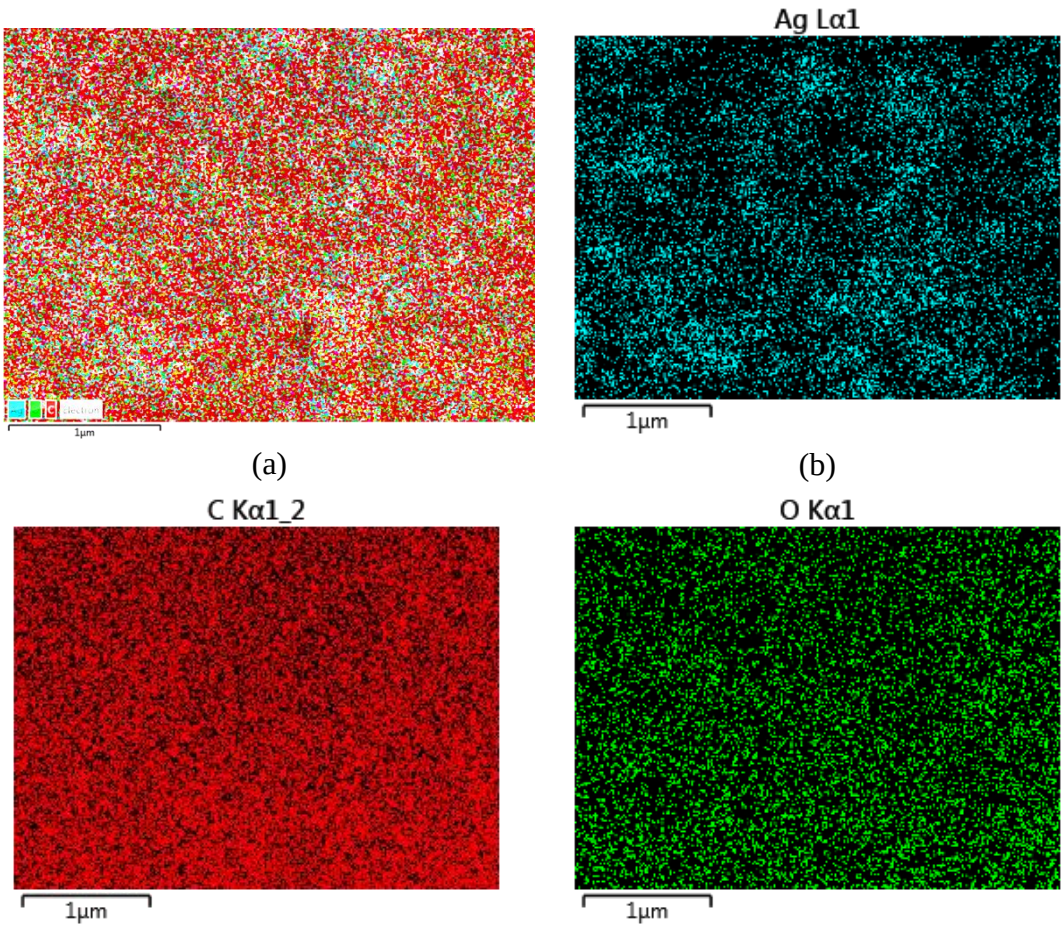
Gambar L5. Pemetaan *Cotton* setelah AgNPs terdeposisi (a) Pemetaan secara menyeluruh; (b) Pemetaan unsur Ag (silver); (c) Pemetaan unsur C (karbon); (d) Pemetaan unsur O (oksigen)



Gambar L6. Pemetaan *Fiber* setelah AgNPs terdeposisi (a) Pemetaan secara menyeluruh; (b) Pemetaan unsur Ag (silver); (c) Pemetaan unsur C (karbon); (d) Pemetaan unsur O (oksigen)



Gambar L7. Pemetaan *Polycotton* setelah AgNPs terdeposisi (a) Pemetaan secara menyeluruh; (b) Pemetaan unsur Ag (silver); (c) Pemetaan unsur C (karbon); (d) Pemetaan unsur O (oksigen)



Gambar L8. Pemetaan *Silk* setelah AgNPs terdeposisi (a) Pemetaan secara menyeluruh; (b) Pemetaan unsur Ag (silver); (c) Pemetaan unsur C (karbon); (d) Pemetaan unsur O (oksigen)

BIODATA PENULIS

Anisa Ratnasari, lahir di Surabaya pada 07 Feruari 1995. Penulis menempuh pendidikan menengah atas di SMA Negeri 2 Surabaya, dengan jurusan Sains (IPA) lulus tahun 2013. Setamat SMA, penulis melanjutkan pendidikan S1 di Departemen Fisika, FMIPA ITS, lulus tahun 2017 dengan beasiswa Bidik Misi dari DIKTI.

Pada Februari 2019, penulis melanjutkan pendidikan S2 di Pascasarjana ITS dengan mengambil bidang keahlian Fisika Medis dan Biofisika. Penelitian tesis yang dilakukan mengkaji sifat antimikroba material silver nanopartikel (AgNPs) yang dideposisikan pada tekstil, khususnya sifat antijamur. Penelitian dilakukan di Makmal Bioscience UTM-Malaysia. Sebagai materi tesis, hasil penelitian telah dipublikasikan pada jurnal terakreditasi Biointerface Research in Applied Chemistry. Pengalaman riset sebagai anggota tim penelitian kerjasama internasional ITS-UTM dana lokal ITS 2019.