



INSTITUT PERTANIAN BOGOR

**KARAKTERISTIK TEKSTIL FUNGSIONAL BERPEWARNA
ALAMI EKSTRAK KAYU SECANG – INDIGO DENGAN
PELAPISAN *N-DOPED CARBON DOTS WAX***

TESIS

**YUNIAR DUWI SUSANTI
E2501251018**

**FAKULTAS KEHUTANAN DAN LINGKUNGAN
PROGRAM STUDI ILMU DAN TEKNOLOGI HASIL HUTAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University



PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Karakteristik Tekstil Fungsional Berpewarna Alami Ekstrak Kayu Secang – Indigo dengan Pelapisan *N-Doped Carbon Dots Wax*” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir tesis ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, September 2026

Yuniar Duwi Susanti
E2501251018

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2026
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University



SOROTAN

YUNIAR DUWI SUSANTI. Karakteristik Tekstil Fungsional Berpewarna Alami Ekstrak Kayu Secang – Indigo dengan Pelapisan *N-Doped Carbon Dots Wax*. Dibimbing oleh DEDED SARIP NAWAWI, YANICO HADI PRAYOGO, dan MAYA ISMAYATI.

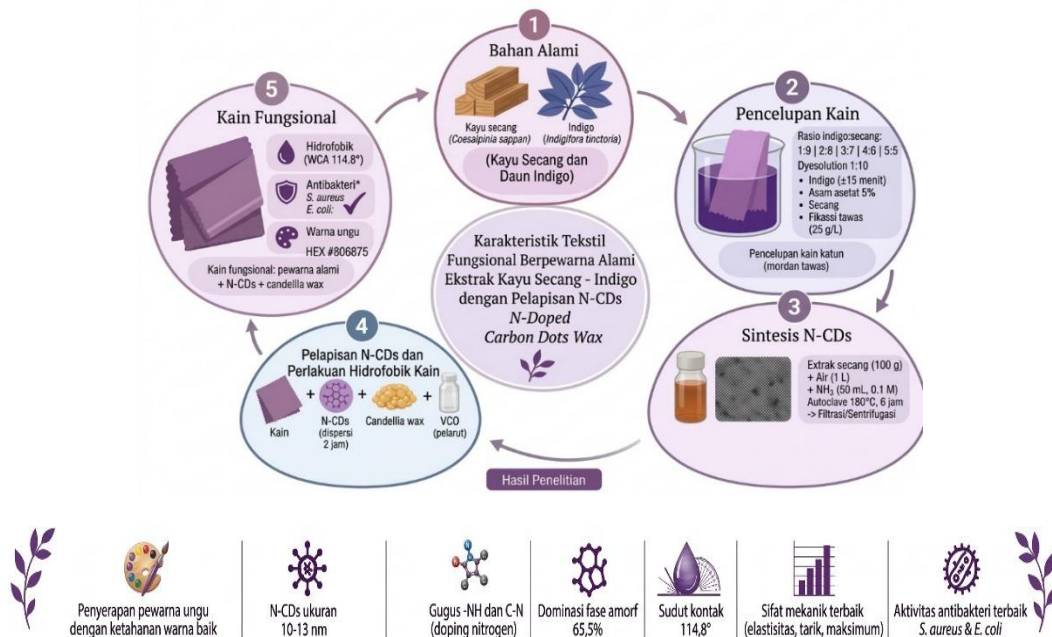
1. Pewarnaan alami kain katun dengan kombinasi ekstrak kayu secang dan indigo.
2. *N-doped carbon dots* dan *candellia wax* digunakan sebagai pelapis penambah sifat antimikroba dan hidrofobik kain.
3. Rasio pencelupan indigo dan ekstrak secang 1:9 menghasilkan warna abu keungu-unguan.
4. *N-doped carbon dots* berhasil disintesis dengan karakteristik ukuran 10-13 nm, kaya gugus fungsi, dan memiliki dominasi amorf.
5. Tekstil fungsional menunjukkan aktivitas antibakteri dan sifat hidrofobik yang baik.

HIGHLIGHTS

YUNIAR DUWI SUSANTI. Characteristics of Functional Textiles Dyed with Natural Secang Wood Extract – Indigo and Coated with N-Doped Carbon Dots Wax. Supervised by DEDED SARIP NAWAWI, YANICO HADI PRAYOGO, and MAYA ISMAYATI.

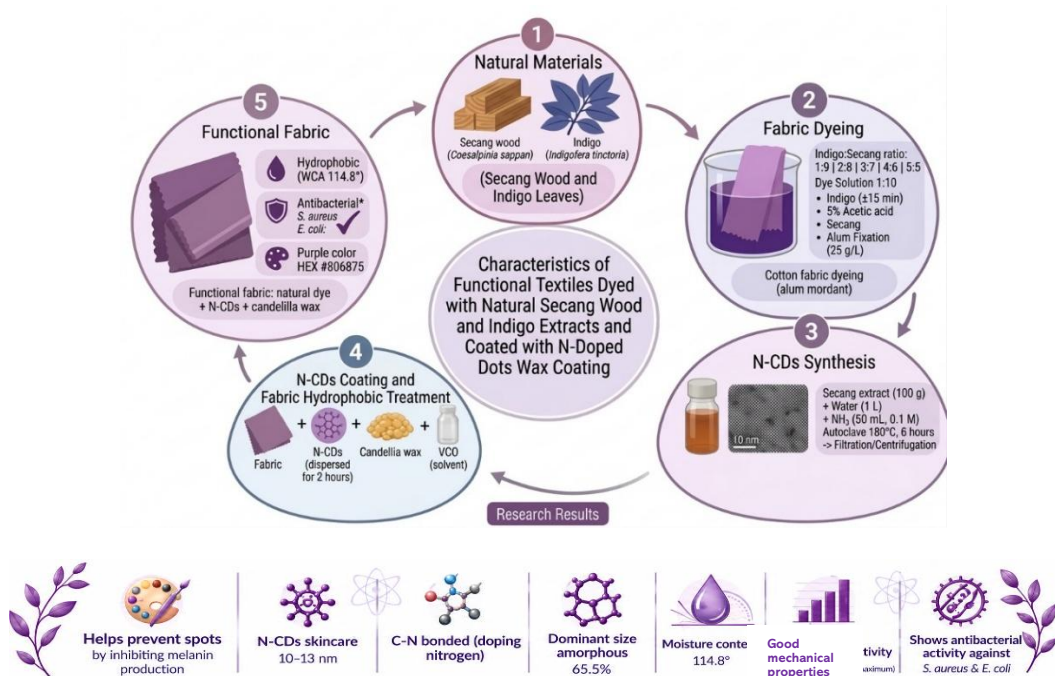
1. Natural dyeing of cotton fabric using a combination of secang wood and indigo extracts.
2. N-doped carbon dots and candelilla wax were used as coatings to enhance antimicrobial and hydrophobic properties.
3. An indigo to secang ratio of 1:9 produced a grayish purple color.
4. N-doped carbon dots were successfully synthesized, with a size of 10–13 nm, abundant functional groups, and predominantly amorphous structure.
5. The functional textile exhibited good antibacterial activity and hydrophobic properties.

RINGKASAN VISUAL



Pembuatan dan hasil karakteristik kain fungsional

GRAPHICAL SUMMARY



Fabrication and characterization of functional fabrics



RINGKASAN

YUNIAR DUWI SUSANTI. Karakteristik Tekstil Fungsional Berpewarna Alami Ekstrak Kayu Secang – Indigo dengan Pelapisan *N-Doped Carbon Dots Wax*. Dibimbing oleh DEDED SARIP NAWAWI, YANICO HADI PRAYOGO, dan MAYA ISMAYATI.

Inovasi dalam bidang pewarna alami dan lapisan tekstil fungsional menunjukkan potensi yang besar. Tekstil fungsional berkaitan dengan penggunaan pewarna untuk estetika. Kayu secang (*Caesalpinia sappan* L.) mengandung brazilin yang menghasilkan warna merah, sedangkan daun nila (*Indigofera tinctoria* L.) mengandung indikan menghasilkan warna biru. Kombinasi antara zat warna alami secang dan indigo dapat menghasilkan warna ungu. Pewarna alami memiliki sifat antimikroba, antioksidan, dan perlindungan terhadap UV sehingga dapat meningkatkan nilai guna kain. Selain itu, tuntutan tekstil fungsional mendorong inovasi teknologi pelapisan permukaan kain dengan *carbon dots*. *Carbon dots* dengan doping nitrogen (N-CDs) yang disintesis kemudian kombinasikan menggunakan *candellia wax* untuk menambahkan sifat hidrofobik yang dapat diaplikasikan menjadi *wrapped* makanan. Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan pewarna alami yang berasal dari kayu secang dan daun nila yang dikombinasikan dengan lapisan N-CDs serta *candellia wax* untuk menghasilkan kain fungsional. Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahap yaitu persiapan bahan baku, ekstraksi kayu secang dan daun nila, aplikasi tawas dan pewarna, pembuatan N-CDs, pelapisan N-CDs dan *candellia wax*, uji karakterisasi, serta analisis data.

Hasil penelitian menunjukkan keberhasilan penyerapan pewarna ungu dengan ketahanan warna yang baik. N-CDs berhasil disintesis dengan ukuran 10–13 nm. Hasil spektroskopi transformasi fourier inframerah dan difraksi sinar-X menunjukkan adanya situs karbon dalam N-CDs serta kelimpahan gugus fungsional. N-CDs berhasil disintesis dengan keberadaan gugus fungsi –NH dan C–N mengonfirmasi keberhasilan doping nitrogen menggunakan amonium, sedangkan keberadaan gugus hidroksil dan domain karbon aromatik berperan dalam meningkatkan aktivitas antioksidan, sifat hidrofilik, dan karakteristik optik N-CDs. Difraktogram N-CDs menunjukkan dominasi fase amorf 65,5%. Proses pewarnaan, pelapisan dengan N-CDs, dan perlakuan hidrofobik menghasilkan sudut kontak sebesar 114,8°. Sampel kain hasil pewarnaan yang dilapisi N-CDs memiliki nilai tertinggi pada elastisitas, kekuatan tarik, dan kekuatan maksimum. Selain itu, pelapisan kain yang telah diwarnai dengan N-CDs dan *candellia wax* untuk menjadi kain fungsional menghasilkan aktivitas antibakteri terbaik terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*.

Kata kunci: antibakteri, hidrofobik, N-CDs, pewarna alami

SUMMARY

YUNIAR DUWI SUSANTI. Characteristics of Functional Textiles Dyed with Natural Secang Wood Extract – Indigo and Coated with N-Doped Carbon Dots Wax. Supervised by DEDED SARIP NAWAWI, YANICO HADI PRAYOGO, and MAYA ISMAYATI.

Innovation in the field of natural dyes and functional textile coatings shows great potential. Functional textiles are associated with the use of dyes to provide aesthetic value. Secang wood (*Caesalpinia sappan* L.) contains brazilein, which produces a red color, while indigo leaves (*Indigofera tinctoria* L.) contain indican, which produces a blue color. The combination of natural secang wood and indigo dyes can produce a purple color. Natural dyes possess antimicrobial, antioxidant, and UV-protective properties, which can enhance the functional value of textiles. In addition, the growing demand for functional textiles has encouraged innovations in surface coating technologies using carbon dots. Nitrogen doped carbon dots (N-CDs) were synthesized and subsequently combined with candelilla wax to impart hydrophobic properties to the fabric, with potential applications in food wrapping. This study aimed to apply natural dyes derived from secang wood and indigo leaves in combination with an N-CDs and candelilla wax coating to produce functional textiles. The study was conducted through several stages, including raw material preparation, extraction of secang wood and indigo leaves, alum mordanting and dyeing, N-CDs synthesis, N-CDs and candelilla wax coating, characterization, and data analysis.

The results showed successful uptake of the purple dye with good color fastness. N-CDs were successfully synthesized with particle sizes ranging from 10–13 nm. Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) and X-ray diffraction (XRD) analyses indicated the presence of carbon sites and abundant functional groups in the N-CDs. The N-CDs exhibited –NH and C–N functional groups, supporting the successful incorporation of nitrogen using ammonium as the nitrogen source. Meanwhile, the presence of hydroxyl groups and aromatic carbon domains contributed to the antioxidant activity, hydrophilic properties, and optical characteristics of the N-CDs. The XRD diffractogram showed that the N-CDs were predominantly amorphous, with an amorphous phase of 65,5%. The dyeing process, N-CDs coating, and hydrophobic treatment resulted in a water contact angle of 114,8°. The dyed fabric coated with N-CDs exhibited the highest values for elasticity, tensile strength, and maximum strength. Furthermore, coating the dyed fabric with N-CDs and *candelilla wax* to produce functional textiles resulted in the highest antibacterial activity against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*.

Keywords: antibacterial, hydrophobic, natural dyes, N-CDs



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tim Penguji pada Ujian Tesis:
1 Dr. Arinana S.Hut., M.Si.
2 Dr. Ir. Rita Kartika Sari M.Si.

Judul Tesis : Karakteristik Tekstil Fungsional Berpewarna Alami Ekstrak Kayu
Secang – Indigo dengan Pelapisan *N-Doped Carbon Dots Wax*
Nama : Yuniar Duwi Susanti
NIM : E2501251018

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Prof. Dr. Ir. Deded Sarip Nawawi, M.Sc.F.Trop.

Pembimbing 2:
Dr. Yanico Hadi Prayogo, S.Si., M.Si.

Pembimbing 3:
Maya Ismayati, Ph.D.

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Prof. Dr. Ir. I Wayan Darmawan, M.Sc. F.Trop.
NIP 196602121991031002

Dekan Fakultas Kehutanan dan Lingkungan:
Prof. Dr. Ir. Dodik Ridho Nurrochmat, M.Sc.F.Trop.
NIP 197003291996081001



Tanggal Ujian: 7 September 2026

Tanggal Lulus: 30 SEP 2026



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PRAKATA

Puji dan syukur kehadiran Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Januari sampai bulan Juni 2026 ini ialah Pewarna Alami Tekstil Fungsional, dengan judul “Karakteristik Tekstil Fungsional Berpewarna Alami Ekstrak Kayu Secang – Indigo dengan Pelapisan *N-Doped Carbon Dots Wax*”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada para pihak yang telah membantu penyelesaian penulisan tugas akhir ini yaitu:

1. Prof. Dr. Ir. Deded Sarip Nawawi, M.Sc.F.Trop., Dr. Yanico Hadi Prayogo, S.Si., M.Si., dan Ibu Maya Ismayati, Ph.D. yang telah membimbing, banyak memberi saran, dan arahan selama penyusunan tesis ini, serta seluruh dosen pengajar dan staf di Fakultas Kehutanan dan Lingkungan, IPB University.
2. Kedua orang tua tercinta Bapak Haryoto dan Ibu Suryantik yang telah memberikan dukungan, doa, dan kasih sayangnya tiada henti selama masa studi hingga penyusunan tesis ini.
3. Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP) Republik Indonesia melalui program Riset dan Inovasi untuk Indonesia Maju (RIIM), berdasarkan Kontrak No. 37/II.7/HK/2023 (PIC: Maya Ismayati, Ph.D), atas dukungan pendanaan yang diberikan dalam pelaksanaan penelitian ini.
4. Dr. Ni Putu Ratna Ayu Krishanti dan seluruh pihak di BRIN yang telah membantu selama pelaksanaan penelitian, khususnya dalam proses analisis dan karakterisasi.
5. Saudara kandung saya Deska Ari Kurniyanti S.Hut. dan Febriah Ayu Wardani yang selalu memberikan dukungan, semangat, serta doa selama proses penyelesaian studi ini.
6. Teman seperjuangan Nasya Fadilah S.Hut., Nurhayati S.Hut., Ananda Putri S.T., dan lainnya yang telah memberikan bantuan, semangat, diskusi, dan dukungan selama proses penelitian dan penyusunan tesis ini.
7. Teman-teman terdekat Mutia Valma S.Hut., Serina Putri Apsya S.Hut, M.Si., Pricillia Destiana S.Hut., dan pihak yang secara langsung ataupun tidak langsung membantu dalam proses penyusunan tesis ini.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, September 2026

Yuniar Duwi Susanti



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Ruang Lingkup	3
TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Pewarna Alami	4
2.2 Kayu Secang	4
2.3 Daun Nila	5
2.4 Mordan	5
2.5 <i>Carbon Dots</i>	5
2.6 Ketahanan Warna	6
METODE	7
3.1 Waktu dan Tempat	7
3.2 Alat dan Bahan	7
3.3 Prosedur Kerja	7
3.4 Analisis Data	11
HASIL DAN PEMBAHASAN	12
4.1 Rasio Pewarna Ekstrak Terbaik	12
4.2 Karakteristik N-CDs	13
4.3 Aktivitas Antioksidan Ekstrak, CDs, dan N-CDs	18
4.4 Pelapis Hidrofobik Terbaik	19
4.5 Karakteristik Kekuatan Luntur Warna dan Sifat Hidrofobik Kain Pewarnaan dan Pelapisan dan Pelapisan N-CDs <i>Wax</i>	21
4.6 Kekuatan Sifat Mekanis Kain	25
4.7 Morfologi Kain Fungsional	27
4.8 Antibakteri	29
SIMPULAN DAN SARAN	31
5.1 Simpulan	31
5.2 Saran	31
DAFTAR PUSTAKA	32
RIWAYAT HIDUP	45

DAFTAR TABEL

1	Perbedaan klasifikasi warna (ΔE^*)	6
2	Ketahanan luntur kain pewarnaan variasi pencelupan	12
3	Nilai sudut kontak kain terlapis N-CDs dan <i>candellia wax</i> pada pelarut air, etanol, dan VCO	20
4	Hasil pewarnaan dan pelapisan N-CDs pada kain fungsional	22
5	Hasil kelunturan warna kain fungsional	22
6	Hasil pengujian sudut kontak dengan air, minuman bersoda, dan minyak pada kain fungsional	24
7	Mikrograf kain katun, kain pewarnaan, kain fungsional, dan kain setelah pencucian 10 kali	28

DAFTAR GAMBAR

1	Tahapan prosedur penelitian	7
2	Kain yang telah diberi pewarna campuran ekstrak secang (S) dan indigo (I) dengan berbagai variasi rasio dan jumlah pencucian	13
3	Spektrum serapan UV-Vis N-CDs dan CDs	14
4	Mikrograf partikel (a) dan distribusi ukuran (b) partikel N-CDs	15
5	Spektrum uji FTIR N-CDs	16
6	Struktur carbon dots (CDs) dengan gugus fungsi permukaan (Kuznietsova <i>et al.</i> 2026)	17
7	Difraktogram N-CDs	18
8	Aktivitas antioksidan pewarna, CDs, dan N-CDs. Angka yang diikuti dengan huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata berdasarkan uji lanjut Duncan ($p < 0.05$)	19
9	Hasil pengujian sudut kontak kain dengan N-CDs dan <i>candellia wax</i> , menggunakan pelarut air, etanol, dan VCO.	21
10	Larutan setelah pencucian kain pewarnaan tanpa pelapisan N-CDs dan <i>candellia wax</i> (a), larutan setelah pelapisan N-CDs (b), dan larutan setelah pencucian kain fungsional (c)	23
11	Grafik sudut kontak kain fungsional	25
12	Grafik elastisitas (Gpa) (a), kekuatan tarik (N/m^2) (b), kekuatan maksimum (c) kain fungsional	26
13	Grafik zona inhibisi bakteri terhadap ekstrak pewarna, kain hasil pewarnaan, serta pelapisan N-CDs dan <i>candellia wax</i> . Huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata berdasarkan uji lanjut Duncan ($p < 0.05$)	29

DAFTAR LAMPIRAN

1	Hasil uji ANOVA dan Duncan aktivitas antioksidan	41
2	Hasil uji ANOVA dan Duncan kelunturan warna	41
3	Hasil uji ANOVA dan Duncan antibakteri	42
4	Hasil pengujian antibakteri pada ekstrak pewarna, CDs, N-CDs, dan kain hasil pewarnaan	44