

Analisis Impregnasi Nanopartikel Tembaga (Cu) Pada *Non Woven Polypropylene*

Muhammad Ivan Rizaldy ¹⁾, Ridwan ²⁾, Musfirah Cahya FT ³⁾

¹⁾Fakultas Sains dan Teknologi Informasi, Institut Sains dan Teknologi Nasional, Jagakarsa, Jakarta Selatan

²⁾Pusat Sains dan Teknologi Bahan Maju (PSTBM) Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN), Setu, Tangerang Selatan
Email: musfirah@istn.ac.id

Abstrak

Untuk mengetahui densitas dengan nanopartikel tembaga dan penambahan massa kain *non woven polypropylene* serta karakteristik struktur kristal dari nanopartikel tembaga yang terbentuk. Sintesis nanopartikel tembaga menggunakan bahan *precursor* tembaga sulfat pentahidrat ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), asam askorbat ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$) sebagai antioksidan, dan larutan reduktor menggunakan natrium borohidrat (NaBH_4). Pembentukan nanopartikel tembaga secara *ex-situ* dan diimpregnasikan pada kain *non woven polypropylene* melalui proses perendaman dengan variasi waktu berbeda. Berdasarkan karakterisasi *X-ray Diffraction* (XRD), *Fourier Transform Infrared* (FTIR), dan *Scanning Electron Microscope* (SEM), nanopartikel tembaga terkarakterisasi sebagai *face centered cubic* dengan peningkatan kristalinitas yang cukup signifikan pada $[1\ 1\ 1]$ berukuran rata-rata 65 nm dan panjang gelombang menunjukkan pada puncak $730\ \text{cm}^{-1}$ dan $710\ \text{cm}^{-1}$ teridentifikasi sebagai nanopartikel tembaga. Penambahan densitas tertinggi pada sampel sebesar 5.37%.

Kata kunci: Densitas, Nanopartikel, Struktur Kristal, Tembaga.

Abstract

*To determine the density with copper nanoparticles and the addition of mass of polypropylene non-woven fabric and the characteristics of the crystal structure of the formed copper nanoparticles. Synthetic copper nanoparticles using substances which is precursor of copper from copper sulfate pentahydrate ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), ascorbate acid ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$) as an antioxidant, and reductor solution using sodium borohydrate (NaBH_4). The *ex-situ* formation of copper nanoparticles was then impregnated on non-woven polypropylene through an immersion process with different variations of time. Based on characterization of *X-ray Diffraction* (XRD), *Fourier Transform Infrared* (FTIR), and *Scanning Electron Microscope* (SEM), formed copper nanoparticles characterized of *face centered cubic* with high increasing of crystallinity at $[1, 1, 1]$ with average size is 65 nm and the wavelength showed at the peak of $730\ \text{cm}^{-1}$ and $710\ \text{cm}^{-1}$ identified as copper nanoparticles. The addition of the highest density in the sample is 5.37%.*

Keywords: Copper, Crystal Structure, Density, Nanoparticle.

1. Pendahuluan

Saat ini pemakaian masker telah menjadi norma baru bagi kehidupan masyarakat guna menekan penyebaran virus SARS-CoV-2 sebagai momok Covid-19. Hampir seluruh negara di dunia mewajibkan masyarakatnya agar memakai masker di ruang publik agar terlindungi dari penularan virus. Terlepas dari bayang-bayang pandemi Covid-19, sedari mungkin kita harus mempersiapkan dan mengantisipasi krisis kesehatan penyakit

menular, terlebih penyakit infeksius pernapasan. Maka, dengan memiliki dan memakai masker wajah kita harus beradaptasi bahwa penggunaan masker sudah menjadi bagian aksesori pokok.

Tingkat keefektifan masker menangkal berbagai macam virus atau bakteri yang menyebabkan penyakit infeksi saluran pernapasan pun beragam. Masker jenis N95 dan masker bedah memiliki tingkat keefektifan lebih dari 90% lalu diikuti dengan masker kain (Atmojo et al., 2020).

Untuk meningkatkan tingkat efisiensi penyaringan masker dengan sifat antimikroba dan antivirus, studi tentang nanoteknologi dan nanopartikel telah banyak dilakukan oleh peneliti terdahulu, khususnya nanopartikel metal karena sifat antimikroba yang sangat kuat karena rasio permukaan dan volume yang tinggi sebagai antimikroba dibanding dengan kondisi massalnya.

Nanopartikel metal dari perak (Ag), senyawa perak (Ag⁺), titanium dioksida (TiO₂), seng oksida (ZnO), alumunium (Al), dan alumunium oksida (Al₂O₃) telah dimasukkan ke berbagai filter sebagai sifat antimikroba. Diantara logam-logam tersebut, nanopartikel tembaga (Cu) dan tembaga oksida (CuO) merupakan mikrobisida yang kuat terhadap mikroorganisme, terlebih proses pembiayaan yang lebih murah dibandingkan dengan logam lainnya (L. Tamayo et al., 2016).

Masker N95 yang terimpregnasi tembaga oksida tersebut terbukti dapat mengurangi titer virus pada permukaan masker sebesar 99,99% setelah 30 menit sehingga masker ini telah melewati standar EN 14683:2005 dan NIOSH N95 di Eropa (Borkow et al., 2010). Tingkat keamanan dari penggunaan masker terimpregnasi tembaga oksida tidak menyebabkan iritasi pada kulit atau keracunan inhalasi atau keracunan saat menelan air liur.

Berdasarkan pemaparan data tersebut, dilakukan penelitian perendaman kain *non woven polypropylene* terimpregnasi nanopartikel tembaga dengan variasi waktu perendaman yang berbeda. Nanopartikel tembaga disintesis dengan metode reduksi kimia *ex-situ* menggunakan bahan *precursor* tembaga sulfat pentahidrat (CuSO₄·5H₂O), asam askorbat (C₆H₈O₆) sebagai antioksidan, dan larutan reduktor menggunakan natrium borohidrat (NaBH₄). Karakterisasi pada penelitian ini menggunakan *X-ray Diffraction* (XRD), *Fourier Transform Infrared* (FTIR), dan *Scanning Electron Microscope* (SEM). Dari hasil data karakterisasi tersebut, akan

dianalisis struktur kristal dan ukuran nanopartikel dari nanopartikel yang terbentuk, ikatan senyawa dari proses sintesis nanopartikel, dan tampilan morfologi pada kain *non woven polypropylene* yang terimpregnasi nanopartikel tembaga. Selain itu, akan diketahui penambahan massa pada kain *non woven polypropylene* yang telah terimpregnasi nanopartikel tembaga.

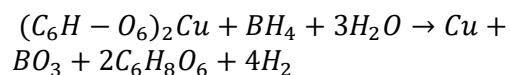
2. Bahan dan Metode

Bahan

Tembaga sulfat pentahidrat (CuSO₄·5H₂O), asam askorbat (C₆H₈O₆), natrium borohidrat (NaBH₄), natrium karbonat (Na₂CO₃), dan gas Argon adalah bahan dari Laboratorium Pusat Sains dan Teknologi Bahan Maju Badan Teknologi Nasional (PSTBM-BATAN). Deterjen non ionik Nonylphenol ethoxylate 10 dan kain *non woven polypropylene* dibeli melalui pasar *e-commerce*. Bahan pelarut terbuat dalam *de-ionized water*.

Sintesis Larutan Nanopartikel Tembaga

Nanopartikel tembaga disintesis menggunakan metode reduksi kimia. *Precursor* garam tembaga sulfat pentahidrat (CuSO₄·5H₂O) 0.01 M, asam askorbat (C₆H₈O₆) 0.024 M, dan natrium borohidrat (NaBH₄) 0.01 M dilarutkan dalam *de-ionized water*. Dicampurkan tembaga sulfat pentahidrat (CuSO₄·5H₂O) 0.01 M dan asam askorbat (C₆H₈O₆) 0.024 M dengan *distirring* selama 10 menit menggunakan *magnetic stirrer*. Selanjutnya, zat pereduksi natrium borohidrat (NaBH₄) 0.01 M ditambahkan ke solusi untuk mereduksi tembaga. Seketika solusi larutan berubah warna menjadi coklat kehitaman, dan proses *stirring* dilanjutkan selama 15 menit. Hasil reaksi reduksi tembaga sulfat pentahidrat dapat ditulis sebagai :



Proses Perendaman dan Impregnasi

Larutan sintesis nanopartikel yang terbentuk akan dijadikan sebagai media rendam untuk kain *non woven polypropylene*. Pada proses ini, dilakukan tiga variasi waktu perendaman pada kain

non woven polypropylene. Variasi waktu perendaman tersebut ialah:

- **Sampel 1**, direndam pada larutan nanopartikel tembaga pada suhu 30°C selama 5 menit. Kemudian suhu larutan dinaikkan hingga 80°C dan tetap direndam selama 15 menit.
- **Sampel 2**, direndam pada larutan nanopartikel tembaga pada suhu 30°C selama 10 menit. Kemudian suhu larutan dinaikkan hingga 80°C dan tetap direndam selama 30 menit.
- **Sampel 3**, direndam pada larutan nanopartikel tembaga pada suhu 30°C selama 20 menit. Kemudian suhu larutan dinaikkan hingga 80°C dan tetap direndam selama 60 menit.

Karakterisasi

Sampel pada penelitian dilakukan analisis karakterisasi meliputi beberapa teknik:

Analisis X-Ray Diffraction

Analisis XRD nanopartikel tembaga dilakukan pada *X-Ray Diffraction* (PANalytical Empyrean) yang dioperasikan pada 40 kV dan 30 mA dengan radiasi Cu K_{α} ($\lambda = 0.15460\text{nm}$). Sampel dipindai dengan rentang 20° hingga 120° dengan *step size* 0.026 dan waktu pindai selama 36.465 sekon.

Preparasi sampel larutan nanopartikel tembaga dilakukan untuk mendapatkan nanopartikel tembaga dalam bentuk bubuk. Bubuk nanopartikel tembaga ditempatkan pada lempeng aluminium agar terpapar sinar-X selama pengumpulan data.

Ukuran nanopartikel diukur menggunakan persamaan Scherrer berdasarkan pola difraksi XRD yang terbentuk.

$$D = \frac{K\lambda}{\beta \cos \theta} \quad (1)$$

Dengan K diketahui sebagai bilangan Scherrer's yang konstan (faktor bentuk) dengan rentang 0.9-1.0, λ merupakan panjang gelombang sumber radiasi sinar-X yang bernilai 1.5418Å, β merupakan lebar sudut penuh pada setengah maksimum (*full width at half maximum* (FWHM)) dari puncak difraksi sinar-X pada sudut difraksi berdasarkan analisis *software* High Scopus

Plus v.3.0e dengan XRD *database* ICDD-PDF 2 *release* 2003 dan ICSD, dan θ merupakan sudut Bragg.

Parameter kisi dapat ditentukan berdasarkan jarak antar bidang (*d-spacing*) yaitu:

$$d_{hkl} = \frac{\lambda}{\sqrt{h^2+k^2+l^2}} \quad (2)$$

Dengan a adalah parameter kisi atau konstanta kisi dalam angstrom [Å], d adalah jarak antarplanar dalam angstrom [Å], dan hkl adalah indeks Miller bidang kristal.

Analisis Fourier Transform Infrared

Pelapisan tembaga nanopartikel terhadap sampel menggunakan metode impregnasi dievaluasi dengan *Fourier Transformed Infrared Spectroscopy* (Tensor27 ATR Crystal Ge) dalam rentang frekuensi 500-4000 cm^{-1} .

Analisis Scanning Electron Microscope dan Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy

Analisis *Microscopy* (SEM, JEOL JSM-6510LA) dilengkapi dengan Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (EDX) digunakan untuk mengidentifikasi karakteristik morfologi dan memperkirakan massa dari tembaga nanopartikel pada sampel. Analisis dilakukan dengan melapisi sampel berukuran 1x1 cm menggunakan emas (Au) yang dialiri gas Argon selama 20 detik dalam alat *sputtering* (GSL-1100X-SPC-12 *Compact Plasma Sputtering Coater*).

Densitas

Untuk menentukan persentase penambahan tembaga nanopartikel pada sampel kain *non woven polypropylene*, potongan sampel 5 x 5 cm dipreparasi dengan dicuci menggunakan deterjen non ionik dan natrium karbonat ($\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{s})$). Pencucian dilakukan dalam keadaan mendidih menggunakan magnetic stirrer selama 15 menit. Sampel dikeringkan pada udara tertutup semalaman dalam suhu ruang. Kemudian sampel ditimbang menggunakan neraca analitik untuk mendapatkan berat sampel sebelum diimpregnasi (M_0).

Selanjutnya, sampel diimpregnasi ke dalam larutan nanopartikel tembaga.

Kemudian sampel diseimbangkan keadaannya dengan suhu ruang selama 10 menit. Setelah diimpregnasi, sampel dibilas menggunakan *de-ionized water* sebanyak tiga kali pembilasan untuk menghilangkan partikel-partikel selain tembaga. Pembilasan dilakukan selama 5 menit. Setelah itu, sampel dikeringkan pada suhu ruang semalaman dan dilanjutkan dengan pemanasan sampel menggunakan oven pada suhu 100°C selama 2 jam. Sampel ditimbang kembali untuk mendapatkan berat sampel setelah diimpregnasi (M_1)

$$\% \text{ Penambahan Massa} = \frac{M_1 - M_0}{M_1} \times 100\% \quad (3)$$

3. Hasil dan Pembahasan

Persentase Densitas Tembaga dan Penambahan Massa Tembaga Nanopartikel
Tabel 1. Penimbangan Rata – Rata Sampel (M_0) dan Densitas Sampel

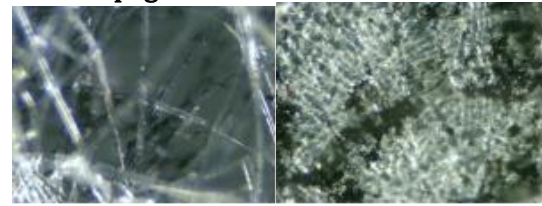
No	Sampel	Penimbangan Rata – Rata (M_1) (gr)	Densitas (g/cm^3)
1.	Satu	0.08644	0.0034
2.	Dua	0.09246	0.0036
3.	Tiga	0.10021	0.0040

Tabel 2. Penimbangan Rata – Rata Sampel (M_1) dan Densitas Sampel

No	Sampel	Penimbangan Rata – Rata (M_1) (gr)	Densitas (g/cm^3)
1.	Satu	0.08979	0.0036
2.	Dua	0.09522	0.0038
3.	Tiga	0.1059	0.0042

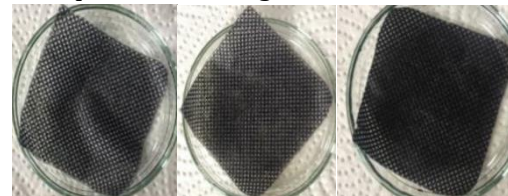
Pada Tabel 1 dan Tabel 2 diatas, masing-masing ketiga sampel kain *non woven polypropylene* mengalami penambahan massa setelah proses perendaman dan proses impregnasi. Berdasarkan persamaan (3), pada sampel 1 dan sampel 2, penambahan rata-rata nanopartikel tembaga (Cu) sebanyak 3.73% dan 2.89%. Sedangkan pada sampel 3, penambahan nanopartikel tembaga (Cu) lebih banyak dibandingkan dengan sampel 1 dan sampel 2 yaitu berkisar sebesar 5.37%.

Hasil Impegnasi



Gambar 1. Citra mikroskop non woven polypropylene terimpregnasi nanopartikel tembaga dengan perbesaran 100x

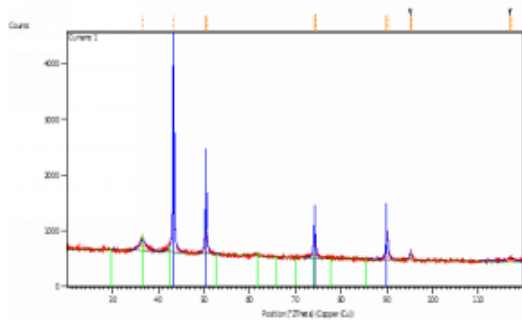
Distribusi nanopartikel tembaga pada kain *non woven polypropylene* dapat dilihat pada Gambar 1. Terlihat bahwa persebaran distribusi dari nanopartikel hampir merata dan ukuran nanopartikel yang tertangkap oleh citra mikroskop dapat dikatakan hampir homogen. Hasil tersebut merupakan pengaruh dari penggunaan bahan asam askorbat ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$) sebagai antioksidan dan sebagai pemberi suasana asam dalam pembentukan nanopartikel tembaga sehingga dapat mengontrol ukuran partikel dan morfologi persebaran nanopartikel tembaga.



Gambar 2. Sampel kain 1, sampel kain 2, dan sampel kain 3 terimpregnasi nanopartikel Cu

Dengan pengamatan langsung setelah proses perendaman, warna kain sampel 3 terlihat lebih pekat dibandingkan dengan sampel 2 dan sampel 1. Hal ini menandakan nanopartikel Cu yang terimpregnasi pada sampel 3 lebih banyak dan terdistribusi merata. Variasi waktu pencelupan yang dilakukan pada penelitian ini lebih efektif pada sampel 3 dengan lama pencelupan selama 20 menit pada suhu 30°C dan pada suhu 80°C selama 60 menit.

Analisis X-Ray Diffraction



Gambar 3. Difraksi sinar-X (XRD) nanopartikel tembaga

Analisis *X-Ray Diffraction* terhadap nanopartikel tembaga (Cu) yang dilakukan oleh Geniometer (Theta/Theta, tegangan dan arus operasional sebesar 40 kV dan 30mA, $2\theta/\theta$, - *Scanning mode, Fixed Monochromator*). Pengambilan data terhadap 2θ pada rentang 20° hingga 120° . Lebar sudut penuh pada setengah maksimum (*full width at half maximum (FWHM)*) dari puncak difraksi sinar-X didapatkan menggunakan analisis *software* High Scopus Plus v.3.0e dengan XRD database ICDD-PDF 2 *release* 2003 dan ICSD. Pembentukan 2θ nanopartikel tembaga (Cu) terhadap metode perendaman dinyatakan

Tabel 3. Daftar Puncak XRD dari Nanopartikel Tembaga (Cu)

Intensitas (%)	Posisi 2θ (°)	Ketinggian (cts)	FWHM (°)	Area
4.68	36.53	145	0.715	8.95
2.34	36.62	73	0.715	4.47
100.00	43.3	3102	0.113	30.17
50.00	43.41	1551	0.113	15.09
30.23	50.43	938	0.155	12.58
15.11	50.56	469	0.155	6.29
15.87	74.11	492	0.17	7.17
7.93	74.32	246	0.17	3.58
13.88	89.92	431	0.19	7.04
6.94	90.21	215	0.19	3.52
4.61	95.13	143	0.165	2.06
2.31	95.45	72	0.165	1.03
1.46	116.91	45	0.8	3.15
0.73	117.38	23	0.8	1.58

Data difraksi menunjukkan bahwa nanopartikel tembaga (Cu) memiliki karakteristik *Face Centered Cubic* (FCC) yang diindeks sebagai [1 1 1], [2 0 0], [2 2

0], [3 1 1], dan [2 2 2] yang diamati pada sampel ini terbentuk pada masing-masing sudut difraksi yaitu 43.3° , 50.43° , 74.11° , 89.92° , dan 95.13° . Hasil puncak difraksi penelitian ini memiliki kesamaan karakteristik terhadap hasil penelitian sintesis dan sifat optik nanopartikel tembaga yang diindeks sebagai [1 1 1], [2 0 0], [2 2 0], [3 1 1], dan [2 2 2] yang terbentuk pada sudut difraksi 43.17° , 50.47° , 74.15° , 89.9° , dan 95.27° (Singh et al., 2017).

Disisi lain, terdapat satu puncak yang diindeks terhadap tembaga oksida (Cu_2O) yang sesuai dengan [1 1 0] pada sudut difraksi 36.5° . Posisi puncak tembaga oksida (Cu_2O) serupa dengan posisi puncak kristal tembaga murni FCC yang diindeks [1 1 1] (Raffi et al., 2010) dan kehadiran tembaga oksida (Cu_2O) menunjukkan oksidasi parsial nanopartikel Cu dengan oksigen yang terlarut dalam larutan (Karthik & Geetha, 2013).

Tabel 4. Daftar Puncak Terhadap d-space

Intensitas (%)	Posisi 2θ (°)	d-space (nm)	FWHM (rad)
4.68	36.53	0.24579	0.01248
2.34	36.62	0.24579	0.01248
100.00	43.3	0.20879	0.001972
50.00	43.41	0.20879	0.001972
30.23	50.43	0.1808	0.002705
15.11	50.56	0.18080	0.002705
15.87	74.11	0.12783	0.002967
7.93	74.32	0.12783	0.002967
13.88	89.92	0.109	0.003316

6.94	90.21	0.109	0.00331 6
4.61	95.13	0.10436	0.00288
2.31	95.45	0.10436	0.00288
1.46	116.91	0.09038	0.013 96
0.73	117.38	0.09038	0.01396

Posisi puncak memiliki pengaruh dengan pengindeksan *d-space* yang terbentuk dari metode perendaman yang dilakukan. Penentuan *d-space* berdasarkan nilai panjang gelombang dari *X-Ray* sebesar 0.154 nm. Pembentukan *d-space* dinyatakan pada Tabel 4.

Posisi puncak juga berpengaruh terhadap pengindeksan pada *index Miller* [h, k, l]. Pada Tabel 5. diatas, perlu menemukan konstanta pembagi yang berasal dari nilai pada kolom ke 3 menjadi bilangan bulat.yaitu 46 (182 - 136 = 46). Pada sampel, puncak intensitas tertinggi untuk bahan *face centered cubic* (FCC) umumnya pada refleksi [1, 1, 1], [2, 0, 0], dan [2, 2, 0] (Alam et al., 2015). Berdasarkan hal tersebut, hasil pengindeksan sederhana pada nanopartikel tembaga menunjukkan sebagai *face face centered cubic* (FCC).

Tabel 5. Pengindeksan Puncak Sederhana

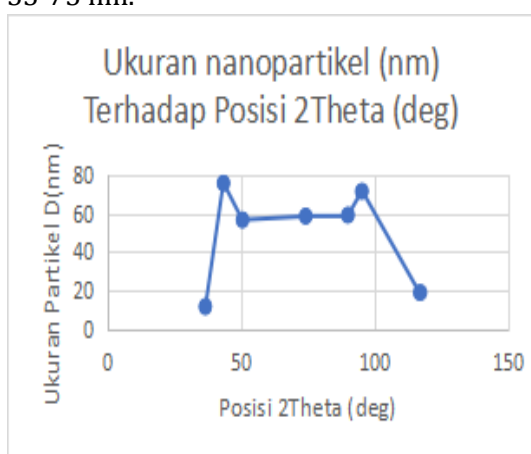
Posisi 2θ (°)	$1000 \times \sin^2 \theta$	$1000 \times \frac{\sin^2 \theta}{46}$	Pencerminan [h k l]	$h^2+k^2+l^2$
36.53	98	2	[1 1 0]	$1^2+1^2+0^2=2$
36.62	98	2	[1 1 0]	$1^2+1^2+0^2=2$
43.3	136	3	[1 1 1]	$1^2+1^2+1^2=3$
43.41	136	3	[1 1 1]	$1^2+1^2+1^2=3$
50.43	182	4	[2 0 0]	$2^2+0^2+0^2=4$
50.56	183	4	[2 0 0]	$2^2+0^2+0^2=4$
74.11	363	8	[2 2 0]	$2^2+2^2+0^2=8$
74.32	364	8	[2 2 0]	$2^2+2^2+0^2=8$
89.92	500	11	[3 1 1]	$3^2+1^2+1^2=11$
90.21	501	11	[3 1 1]	$3^2+1^2+1^2=11$
95.13	545	12	[2 2 2]	$2^2+2^2+2^2=12$
95.45	547	12	[2 2 2]	$2^2+2^2+2^2=12$
116.91	726	16	[4 0 0]	$4^2+0^2+0^2=16$
117.38	729	16	[4 0 0]	$4^2+0^2+0^2=16$

Tabel 6. Ukuran Nanopartikel Tembaga (Cu)

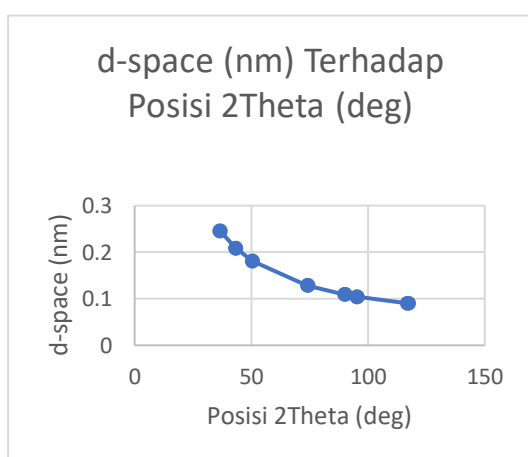
Posisi 2θ (°)	[h k l]	Posisi θ (°)	FWHM (β (rad))	Ukuran partikel D(nm)	<i>d-space</i> (nm)
36.53	[1 1 0]	18.265	0.01248	11.6	0.2457
36.62	[1 1 0]	18.31	0.01248	12	0.2457
43.3	[1 1 1]	21.65	0.001972	75.6	0.2087
43.41	[1 1 1]	21.705	0.001972	75.6	0.2087
50.43	[2 0 0]	25.215	0.002705	56.62	0.1808
50.56	[2 0 0]	25.28	0.002705	56.66	0.1808
74.11	[2 2 0]	37.055	0.002967	58.5	0.1278
74.32	[2 2 0]	37.16	0.002967	58.61	0.1278

89.92	[3 1 1]	44.96	0.003316	59	0.109
90.21	[3 1 1]	45.105	0.003316	59.2	0.109
95.13	[2 2 2]	47.565	0.00288	71.3	0.1043
95.45	[2 2 2]	47.725	0.00288	71.5	0.1043
116.91	[4 0 0]	58.455	0.01396	19	0.0903
117.38	[4 0 0]	58.69	0.01396	19.1	0.0903

Ukuran nanopartikel dapat diestimasi menggunakan persamaan Debye-Scherrer pada persamaan (1). Ukuran nanopartikel Cu berdasarkan data karakterisasi XRD (Tabel 6.) dalam kisaran 55-75 nm.



Gambar 4. Grafik Ukuran Nanopartikel terhadap 2θ (o)



Gambar 5. Grafik Ukuran Nanopartikel terhadap d-space (nm)

Pada Gambar 4 menunjukkan bahwa grafik ukuran nanopartikel tembaga menunjukkan ukuran terbesar pada posisi puncak 43.3° sebesar 75.6 nm. Ukuran nanopartikel mengalami penurunan pada

puncak 50.43° menjadi 56.62° , dan setelah itu nanopartikel tembaga mengalami kenaikan ukuran hingga posisi puncak 95.45° sebesar 71.5 nm. Berdasarkan grafik tersebut, nanopartikel tembaga yang terbentuk hampir homogen. Berbeda dengan ukuran nanopartikel, ukuran *d-space* pada posisi puncak nanopartikel tembaga yang terbentuk mengalami penurunan grafik sesuai pada Gambar 5.

Berdasarkan index Miller [h, k, l] tiap puncak, struktur kristal pada tiap puncak difraksi nanopartikel tembaga (Cu) dapat diestimasi dengan parameter sel satuan tembaga (Cu) sebesar $3,615 \text{ \AA}$. Struktur kristal *face centered cubic* (FCC) memiliki tepi sel satuan a sebesar $3,615 \text{ \AA}$ yang dapat dihitung secara teoritis menggunakan persamaan (2). Konstanta kisi 'a' berdasarkan eksperimen dihitung berdasarkan tiap puncak hasil difraksi dari pola XRD nanopartikel tembaga. Konstanta kisi teoritis dan eksperimen menunjukkan kesesuaian. Rincian nilai kisi 'a' dari semua puncak dihasilkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Konstanta Kisi Nanopartikel Tembaga (Cu)

Posisi 2θ (o)	[h, k, l]	d-space (nm)	Kisi a (\AA)	Struktur Kristal
36.53°	[1 1 0]	0.2457	3.47	Cubic
36.62°	[1 1 0]	0.2457	3.47	Cubic
43.3°	[1 1 1]	0.2087	3.614	Cubic
43.41°	[1 1 1]	0.2087	3.614	Cubic
50.43°	[2 0 0]	0.1808	3.616	Cubic
50.56°	[2 0 0]	0.1808	3.616	Cubic
74.11°	[2 2 0]	0.1278	3.614	Cubic

74.32°	[2 2 0]	0.1278	3.614	Cubic
89.92	[3 1 1]	0.109	3.615	Cubic
°				
90.21°	[3 1 1]	0.109	3.615	Cubic
95.13	[2 2 2]	0.1043	3.613	Cubic
°				
95.45°	[2 2 2]	0.1043	3.613	Cubic
116.9	[4 0 0]	0.0903	3.612	Cubic
1°				
117.3	[4 0 0]	0.0903	3.612	Cubic
8				

Sebagai analisis perbandingan pada penelitian untuk mendapatkan nanopartikel tembaga (Cu), perbandingan merujuk pada *X-Ray Diffraction Studies of Copper Nanopowder* yang dilakukan oleh T. Theivasanthi dan M. Alagar. Pada penelitian mereka menghasilkan tiga puncak difraksi utama pada posisi 2θ yaitu 43.64° , 50.8° , 74.42° dimana sesuai dengan pengindeksan index Miller [1, 1, 1], [2, 0, 0] dan [2, 2, 0]. Nanopartikel yang terbentuk diamati dan dibandingkan dengan daftar difraksi bubuk standar dari JCPDS, berkas tembaga No. 04-0836 (Theivasanthi & Alagar, 2010).

Tabel 8. menunjukkan sudut difraksi sinar-X yang diperoleh secara eksperimental, sudut difraksi sinar-X berdasarkan penelitian T. Theivasanthi dan M. Alagar, dan sudut difraksi standar spesimen tembaga (Cu). Disimpulkan kembali bahwa analisis XRD yang didapatkan menyatakan partikel yang dihasilkan adalah nanopartikel tembaga (Cu) dengan karakteristik *Face Centered Cubic* (FCC).

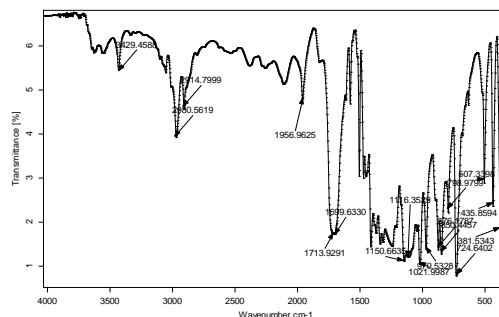
Tabel 8. Perbandingan Eksperimen Sudut Difraksi dan Standar dari Spesimen Tembaga

Hasil eksperimen sudut difraksi (2θ) (°)	Hasil eksperimen sudut difraksi oleh T. Theivasanthi dan M. Alagar (2θ) (°)	Standar dari JCPDS, berkas tembaga No. 04-0836
---	--	--

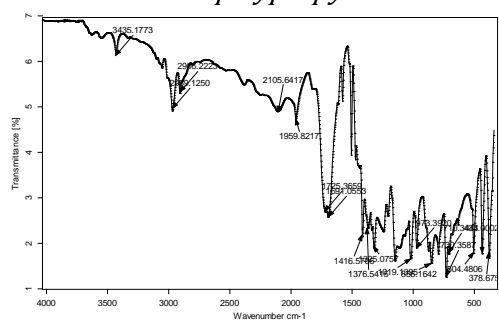
43.3	43.64	43.297
50.34	50.8	50.433
74.11	74.42	74.13

Analisis *Fourier Transform Infrared*

Fourier Transform InfraRed digunakan untuk mengeksplorasi interaksi antara kain *non woven polypropylene* dan nanopartikel tembaga.



Gambar 6. Spektrum FTIR dari kain *non woven polypropylene*



Gambar 7. Spektrum FTIR dari kain *non woven polypropylene* terimpregnasi nanopartikel tembaga

Pada Gambar 6 menunjukkan hasil spektrum FTIR terhadap kain *non woven polypropylene* dan Gambar 7 menunjukkan hasil spektrum FTIR terhadap kain *non woven polypropylene* terimpregnasi nanopartikel tembaga. Untuk kain *non woven polypropylene* teridentifikasi pada puncak bilangan gelombang 973 cm^{-1} yang terlepas dari sifat taktisnya (Shaikh et al., 2015)

Tabel 9. Penetapan Puncak Bilangan Gelombang dari Non Woven Polypropylene Terimpregnasi Nanopartikel Tembaga

Absorpsi (%)	Bilangan gelombang (cm ⁻¹)	Ikatan senyawa			
6.2	3435	O — H stretching	2.0	1325	NO ₂ stretching
		N — H stretching			SO ₂ asymmetric stretching
4.9	2969	C — H stretching			B — O stretching
5.2	2906	C — H stretching	1.6	1019	C — H stretching
4.9	2105	C=C stretching C≡C			C—C—O stretching
		Cu — H stretching	1.9	973	C — O stretching
4.7	1959	O — H stretching			C — H stretching
		Cu — H stretching			C—C weak stretching
2.7	1725	C=O stretching			N — H stretching
		O — H stretching			O — H stretching
		Cu — H stretching	1.7	856	B — H wagging
2.6	1691	C — H stretching			Cu=O stretching
2.2	1416	N — H stretching			C—C weak stretching
		N — N stretching	1.2	730	C—H out of plane bending
		O — H stretching			N — O stretching
		N=O stretching			Cu=O stretching
2.4	1376	B — O stretching			N — H wagging
		B — N stretching	1.7	710	C — H of plane bending
		C — H stretching			Cu — H bending
					NO ₂ bending
					C—H out of plane bending
					Cu — H bending

1.8	504	S – S <i>stretching</i>
2.4	441	S – S <i>stretching</i> (weak)

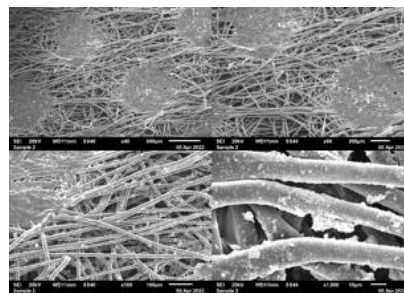
Dapat diidentifikasi ikatan senyawa yang terbentuk pada Gambar 7 yang merupakan spektrum FTIR kain *non woven polypropylene* terimpregnasi nanopartikel tembaga pada Tabel

Puncak pada bilangan gelombang 1376 cm^{-1} , 1325 cm^{-1} , dan 973 cm^{-1} menunjukkan adanya unsur B yang mungkin berasal dari senyawa NaBH_4 . Selain unsur B, senyawa SO_2 dan unsur S teridentifikasi pada puncak bilangan gelombang 1325 cm^{-1} dan 504 cm^{-1} yang mungkin berasal dari senyawa $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

Berdasarkan hasil analisis karakterisasi *X-Ray Diffraction* dari difraksi puncak eksperimen nanopartikel tembaga bahwa partikel tersebut merupakan nanopartikel tembaga dengan dengan karakteristik *Face Centered Cubic* (FCC). Sehingga, nanopartikel tembaga pada kain *non woven polypropylene* dapat dikaitkan dengan beberapa puncak seperti pada 710 cm^{-1} , 730 cm^{-1} , 856 cm^{-1} , 973 cm^{-1} , 1725 cm^{-1} , 1959 cm^{-1} , dan 2105 cm^{-1} . Mereka terutama dikaitkan dengan getaran ikatan tembaga (Cu) (Shaikh et al., 2015).

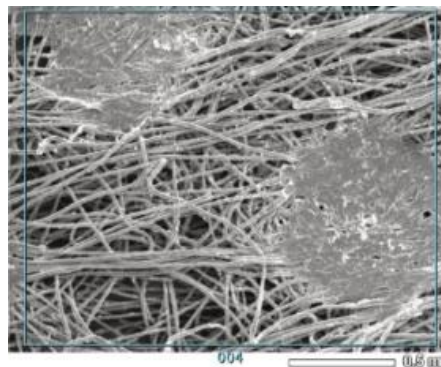
Analisis Scanning Electron Microscope dan Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy

Analisis morfologi nanopartikel Cu dilakukan dengan *Scanning Electron Microscope* dimana sampel disiapkan dengan cara dilapisi dengan emas untuk menghindari efek pengisian dari Gambar yang akan diperoleh.



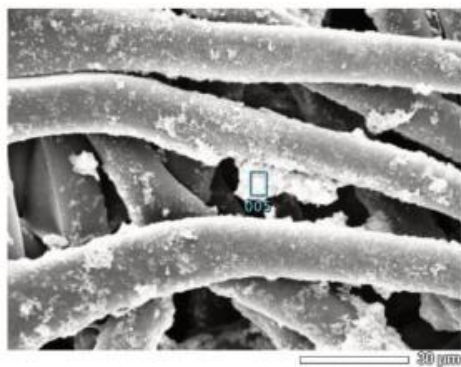
Gambar 8. Morfologi kain non woven polypropylene terimpregnasi nanopartikel Cu

Pada Gambar 8 Terlihat tampilan morfologi kain *non woven polypropylene* yang terimpregnasi nanopartikel Cu, yang berupa gumpalan tersebar pada serat kain. Ukuran nanopartikel Cu yang terbentuk berada pada kisaran 55-75 nm yang didapat menggunakan persamaan Debye-Scherrer dengan data yang berasal dari karakterisasi puncak oleh *X-Ray Diffraction*.



Gambar 9. Analisis kuantitatif unsur pada potongan kain non woven polypropylene terimpregnasi nanopartikel tembaga

Pada Gambar 9 dilakukan analisis kuantitatif EDAX untuk mengetahui kadar unsur yang terkandung dalam potongan sampel. Unsur karbon (C) sebesar 60% massa, unsur oksigen (O) sebesar 23.81% massa, dan unsur tembaga (Cu) sebesar 15.29% massa terklasifikasi dalam sampel.



Gambar 10. Analisis kuantitatif pada gumpalan nanopartikel tembaga

Dari analisis kuantitatif EDAX pada gumpalan nanopartikel pada Gambar 10, unsur tembaga (Cu) teridentifikasi sebesar 78.63% massa. Berdasarkan rangkaian analisis karakterisasi *X-Ray Diffraction*, *Fourier Transform InfraRed* dan *Scanning Electron Microscope*, nanopartikel yang terbentuk merupakan nanopartikel tembaga dengan karakteristik *face centered cubic* (FCC) berukuran 55-75 nm.

Tabel 10. Analisis kuantitatif EDAX potongan kain non woven polypropylene terimpregnasi nanopartikel tembaga

Element	keV	Mass%	Error%	Atom%	wt%	K
C K	0.277	60.90	0.05	74.57	60.7	52.5756
O K	0.525	23.81	0.27	21.89	23.89	20.0585
Cu K	8.040	15.29	0.50	3.54	15.34	27.3659

Tabel 11. Analisis kuantitatif EDAX nanopartikel tembaga

Element	keV	Mass%	Error%	Atom%	wt%	K
C K	0.277	19.14	0.18	53.65	19.13	3.8496
O K	0.525	2.23	0.23	4.69	2.22	2.0940
Cu K	8.040	78.63	0.70	41.66	78.63	94.0564

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian impregnasi nanopartikel tembaga terhadap kain *non woven polypropylene* pada tiga proses pencelupan yang berbeda, disimpulkan bahwa berdasarkan hasil karakterisasi dan analisis menggunakan *X-Ray Diffraction*, *Fourier Transform InfraRed* dan *Scanning Electron Microscope*, nanopartikel tembaga (Cu) yang terbentuk memiliki struktur *face centered cubic* (FCC) diindeks sebagai [1 1 1], [2 0 0], [2 2 0], [3 1 1], dan [2 2 2] yang diamati pada masing-masing sudut difraksi yaitu 43.3°, 50.43°, 74.11°, 89.92°, dan 95.13°. Nanopartikel tembaga pada kain *non woven polypropylene* berada pada puncak 710 cm⁻¹, 730 cm⁻¹, 856 cm⁻¹, 973 cm⁻¹, 1725 cm⁻¹, 1959 cm⁻¹, dan 2105 cm⁻¹. Ukuran nanopartikel tembaga yang terbentuk dalam kisaran 55-75 nm menggunakan persamaan Debye-Scherrer.

Pada ketiga kain *non woven polypropylene* yang terimpregnasi nanopartikel tembaga, terjadi penambahan massa setelah terimpregnasinya nanopartikel tembaga yaitu sampel 1 sebesar 3.73%, sampel 2 sebesar 2.89%, dan sampel 3 sebesar 5.37%. Dan, untuk Persebaran nanopartikel tembaga (Cu) yang terimpregnasi pada kain *non woven polypropylene* menunjukkan sampel 3 terlihat paling homogen dengan durasi pencelupan pada suhu 30°C selama 20 menit dan pada suhu 80°C selama 60 menit.

Saran

Saran yang diberikan untuk penelitian selanjutnya mengenai impregnasi nanopartikel tembaga terhadap kain adalah pemantauan kain saat proses perendaman akan sangat berpengaruh dengan terimpregnasinya nanopartikel tembaga. Dalam hal ini, kain tidak boleh

terlipat selama proses impregnasi dan proses perendaman dikarenakan proses ini merupakan faktor penting untuk memperoleh persebaran nanopartikel tembaga yang homogen pada kain.

Daftar Referensi

Alam, M. M., Mia, M. N. H., Hasan, R., Shahinuzzaman, M., Islam, M. K., & Uddin, K. M. N. (2015). Study of Structural and Morphological Properties of Vacuum Coated Copper (Cu) Metal Thin Film. *Materials Sciences and Applications*, 06(08), 753–759.

<https://doi.org/10.4236/msa.2015.68077>

Atmojo, joko tri, Iswahyuni, S., Rejo, & Setyorini, C. (2020). Penggunaan Masker Dalam Pencegahan Dan Penanganan Covid-19. *Penggunaan Masker Dalam Pencegahan Dan Penanganan Covid-19: Rasionalitas, Efektivitas, Dan Isu Terkini*, 3(2), 84–95.

Karthik, A. D., & Geetha, K. (2013). Synthesis of copper precursor, copper and its oxide nanoparticles by green chemical reduction method and its antimicrobial activity. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 3(5), 16–21.

<https://doi.org/10.7324/JAPS.2013.3504>

Raffi, M., Mehrwan, S., Bhatti, T. M., Akhter, J. I., Hameed, A., Yawar, W., & Ul Hasan, M. M. (2010). Investigations into the antibacterial behavior of copper nanoparticles against *Escherichia coli*. *Annals of Microbiology*, 60(1), 75–80.

<https://doi.org/10.1007/s13213-010-0015-6>

Shaikh, T. N., Chaudhari, S., Patel, B. H., & Patel, M. (2015). Study of Conductivity Behavior of Nano Copper Loaded Nonwoven Polypropylene Based Textile Electrode for ECG. *International Journal of Emerging Science and Engineering*, 4, 2319–6378.

Singh, J., Lodhi, P. D., Choudhary, K. K., & Kaurav, N. (2017). Study of synthesis and optical properties of Cu nanoparticles. *Journal of Physics: Conference Series*, 836(1), 9–11.

<https://doi.org/10.1088/1742-6596/836/1/012032>

Theivasanthi, T., & Alagar, M. (2010). X-Ray Diffraction Studies of Copper Nanopowder. 1(2), 112–117.

<http://arxiv.org/abs/1003.6068>