

PENGAMBILAN ZAT WARNA INDIGO DARI DAUN MUDA *STROBILANTHES CUSIA* MELALUI PROSES MASERASI MENGGUNAKAN PELARUT AIR

Rahmad Azizul Khakim¹, Dewi Wahyuningtyas²

^{1,2}Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

e-mail :¹khakimespero26@gmail.com,²dewi.wahyuningtyas@akprind.ac.id

ABSTRACT

Indigo is one of the most attractive natural dyes and promising trading commodities in textile industries. It is obtained by taking dye from the Strobilanthes cusia plants. The growth of them in Indonesia are abundant, especially in Temanggung Regency. This study aims to determine the effect of material-solvent volume ratio on indigo color and the effect of maceration time on indigo color. The process of taking indigo dye consisted of chopping the young leaves into uniform size, maceration using water solvent with material-solvent ratio (1:5; 1:6; 1:7; 1:8; 1:9; 1:10; and 1:11) at room temperature with varying time (2;3;4;5;6;24;48;72 and 96 hours), and the separation between filtrate and residue. The experiment results based on the physical appearance showed that there were differences in the color density and the sediment appearance. To determine indigo color, they were analyzed using a UV-Vis spectrophotometer at a wavelength of 409 nm. The optimum conditions were obtained maceration time of 72 hours, material-solvent volume ratio of 1:11, and the highest absorbance value of 38.335. To determine indirubin color, they were analyzed at a wavelength of 678 nm. The optimum conditions were obtained maceration time of 72 hours, material-solvent volume ratio of 1:5, and the highest absorbance value of 9.425. The higher the volume of solvent, the higher the indigo absorbance value, while the lower the indirubin absorbance value. A high absorbance value indicates that the concentration of indigo and indirubin dyes in leaves is also the highest according to Lambert Beer's Law.

Keywords: absorbance, maceration time, natural dye indigo, solvent volume, *Strobilanthes cusia*

INTISARI

Indigo adalah salah satu pewarna alami yang sangat menarik dan komoditas perdagangan yang cukup menjanjikan di industri tekstil. Indigo diperoleh dengan cara pengambilan zat warna dari tanaman Strobilanthes cusia. Pertumbuhan Strobilanthes cusia di Indonesia sangat besar terutama di Kabupaten Temanggung. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perbandingan bahan dan volume pelarut terhadap warna indigo dan pengaruh waktu maserasi daun muda Strobilanthes cusia terhadap warna indigo yang dihasilkan. Proses pengambilan zat warna indigo terdiri dari pencacahan daun muda Strobilanthes cusia berukuran seragam, maserasi menggunakan pelarut air dengan perbandingan bahan dan pelarut (1:5; 1:6; 1:7; 1:8; 1:9; 1:10; dan 1:11) pada suhu ruang dengan waktu bervariasi (2;3;4;5;6;24;48;72 dan 96 jam), dan pemisahan filtrat dari residu daun. Hasil percobaan berdasarkan kenampakan fisik terlihat perbedaan kepekatan warna yang gelap dan timbul sedimen. Untuk mengetahui kandungan warna indigo, hasil percobaan dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 409 nm didapatkan kondisi optimum pada waktu maserasi 72 jam, perbandingan bahan dan pelarut 1:11 dan nilai absorbansi tertinggi sebesar 38,335. Untuk mengetahui kandungan warna indirubin, hasil percobaan dianalisis pada panjang gelombang 678 nm didapatkan kondisi optimum waktu maserasi 72 jam, perbandingan bahan dan pelarut 1:5, dan nilai absorbansi tertinggi sebesar 9,425. Semakin banyak volume pelarut maka semakin banyak nilai absorbansi indigo sementara semakin sedikit nilai absorbansi indirubin. Nilai absorbansi yang tinggi menunjukkan bahwa konsentrasi zat warna indigo dan indirubin dalam daun Strobilanthes cusia juga tertinggi sesuai dengan Hukum Lambert Beer.

Kata kunci : absorbansi, pewarna alami indigo, *Strobilanthes cusia*, volume pelarut, waktu maserasi

1. PENDAHULUAN

Indigo adalah salah satu pewarna alami yang sangat menarik dan dijuluki sebagai “King of Dye” (Kurniawan, 2019). Kebutuhan pewarna indigo untuk industri batik dan tekstil kerajinan cukup tinggi. Indigo telah menjadi salah satu komoditas perdagangan yang cukup menjanjikan (Muzzaninah et. al., 2018). *Strobilanthes*

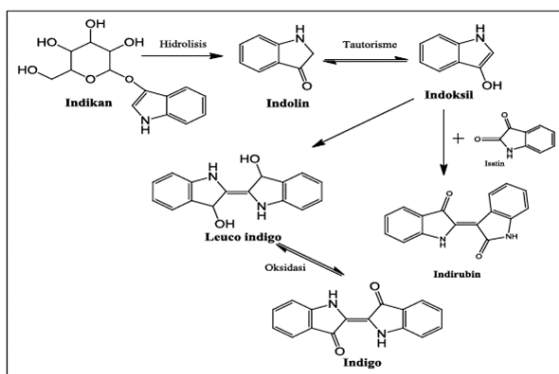
cusia berasal dari keluarga *Acanthaceae* adalah tanaman tahunan semak liar yang dapat tumbuh berkisar 13-18 cm, dengan panjang daun 10-18 cm, memiliki membranosa dengan 6-7 saraf lateral yang dapat berbentuk setengah, elips, bulat telur atau lancip di kedua ujungnya (Saikhom et. al., 2015). Penelitian terkait pengambilan zat pewarna alami indigo telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya, salah satunya adalah ekstraksi indigo dari daun *Strobilanthes cusia* dan kajian pembentukan kompleks dengan ion Ni^{2+} (Kurniawan, 2020).

Strobilanthes cusia tumbuh sangat baik di lingkungan tanah berkarakter basah. Selain dimanfaatkan sebagai bahan pewarna alami, tanaman *Strobilanthes cusia* juga dimanfaatkan sebagai tanaman herbal. Beberapa kegunaan lainnya untuk mengobati peradangan, penyakit kulit, melepuh dan pendarahan (Yu et al., 2021). Tanaman *Strobilanthes cusia* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Tanaman *Strobilanthes cusia*

Pewarna alami indigo merupakan salah satu pewarna alam yang digunakan oleh perajin batik dan tekstil kerajinan. Indigo disebut juga dengan nila/tom/tarum. Pada proses pewarnaan batik tradisional, indigo digunakan untuk memberi warna biru (Kurniawan, 2019). Mekanisme reaksi pembentukan indigo dari tanaman *Strobilanthes cusia* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Mekanisme reaksi pembentukan indigo dari tanaman *Strobilanthes cusia*

Maserasi merupakan metode ekstraksi dengan proses perendaman bahan dengan pelarut yang sesuai dengan senyawa aktif yang akan diambil tanpa pemanasan atau pemanasan pada suhu rendah (Chairunnisa et al., 2019). Kelebihan dari metode maserasi adalah biayanya yang lebih murah, mudah untuk dilakukan dan tanpa pemanasan sehingga tidak merusak senyawa flavonoid (Cuppet et al., 1954).

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses maserasi antara lain waktu, suhu, jenis pelarut, perbandingan bahan dan pelarut. Semakin lama kontak antara pelarut dengan bahan yang akan memperbanyak jumlah sel yang pecah dan bahan aktif yang terlarut (Wahyuni dan Widjanarko, 2015).

Semakin banyak pelarut maka pemecahan dinding dan membran sel akibat perbedaan tekanan antara di dalam dan di luar sel berjalan lebih optimal sehingga flavonoid di sitoplasma akan semakin banyak yang terlarut dalam pelarut (Koirewoa, 2012).

Penelitian ini bertujuan mengetahui metode pengambilan zat warna indigo alami dari daun *Strobilanthes cusia* yang optimal berdasarkan variabel perbandingan daun dengan air serta waktu maserasi dilihat dari λ 409 nm dan λ 678 nm. Selain itu, juga tujuan lainnya yaitu mengetahui hubungan antara nilai absorbansi dengan konsentrasi zat terlarut menggunakan hukum Lambert-Beer.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Desain Penelitian

Penelitian ini berjenis penelitian eksperimen dengan bahan utama daun muda *Strobilanthes cusia* yang kemudian di ekstraksi dengan variasi perbandingan bahan dan volume pelarut serta waktu maserasi. Analisis hasil penelitian ini meliputi analisis uji warna menggunakan alat spektrofotometer UV-Vis, uji penampakan fisik, dan uji konsentrasi zat warna menggunakan referensi hukum Lambert-Beer.

2.2. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan antara lain: neraca analitik, labu takar, gelas, kuvet, pisau, pro pipet, saringan, corong kaca, pengaduk merkuri, pipet tetes, corong plastik, dan spektrofotometer UV-Vis. Bahan yang digunakan meliputi: air, aquadest, daun muda *Strobilanthes cusia* dari Produsen Pewarna Alam Shibiru, Temanggung.

2.3. Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Kegiatan eksperimen dilaksanakan di Laboratorium Teknik Kimia Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta (Proses fermentasi melalui metode maserasi menggunakan daun muda *Strobilanthes cusia* direndam dalam air dengan variabel ukuran dan variabel waktu yang telah ditentukan).

2.4. Prosedur Kerja

a. Tahapan Persiapan

Preparasi alat dan bahan, memilih pucuk tanaman *Strobilanthes cusia* yang telah berusia sekitar 1 bulan diambil dan dipanen. Kemudian, daun dipilih dan dipisahkan dari rantingnya. Daun muda *Strobilanthes cusia* dicacah dengan ukuran 0,5 cm dan ditimbang sebanyak 15 gram kemudian dimasukkan ke dalam masing-masing gelas.

b. Tahapan Pelaksanaan

Daun muda *Strobilanthes cusia* yang telah disiapkan di dalam gelas plastik diberi pelarut air dengan perbandingan berat daun dan volume pelarut (1:5; 1:6; 1:7; 1:8; 1:9; 1:10; dan 1:11 b/v). Sampel kemudian dilakukan proses maserasi pada suhu ruangan 25°C selama variasi waktu tertentu (2; 3; 4; 5; 6; 24; 48; 72; dan 96 jam).

Setelah proses maserasi selesai, sampel larutan dipisahkan antara ampas daun muda *Strobilanthes cusia* dan cairan ekstrak hasil maserasi dengan cara penyaringan. Cairan disimpan didalam botol dan siap

untuk dianalisis. Proses penyaringan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Proses Penyaringan

2.5. Metode Analisis

a. Analisis Kenampakan Fisik

Pada analisis ini sampel diamati secara visual dengan cara membandingkan warna dari tiap variabel hasil proses maserasi.

b. Analisis Warna

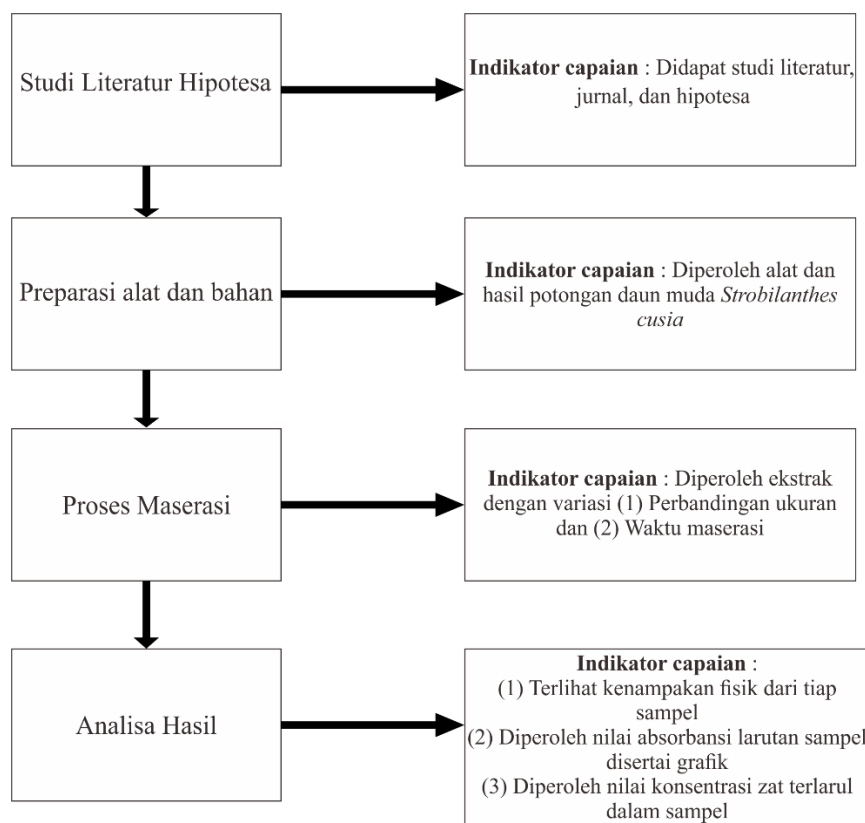
Pada analisis ini sampel yang ada di gelas plastik dipipet dan dimasukkan kedalam kuvet sesuai batas garis. Sampel diberi pelarut air dengan perbandingan berat dan volume sesuai dengan variabel penelitian tersebut dimasukkan ke dalam kuvet sesuai batas garis yang terdapat di kuvet sesuai dengan sampel uji bagan Dengan variabel waktu mulai 24 jam, 48 jam, dan 72 jam, hasil proses maserasi diencerkan terlebih dahulu dengan faktor pengenceran 25, yaitu hasil sampel dipipet sebanyak 1 mL lalu dimasukkan kedalam labu takar 25 mL lalu diencerkan dengan akuades hingga tanda batas, setelah itu baru dipipet dan dimasukkan kedalam kuvet hingga tanda batas garis yang terdapat di kuvet. Selanjutnya sampel dalam kuvet tersebut di analisis atau di uji menggunakan alat spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 409 nm dan 678 nm. Dasar pemilihan panjang gelombang tersebut juga mengacu pada grafik spektrum lampu wolfram oleh (Afandi et al., n.d.) yang memperoleh nilai pik tertinggi untuk warna biru (indigo) pada panjang gelombang (400-470) nm dan untuk warna merah (indirubin) adalah pada panjang gelombang 570 nm hingga seterusnya.

c. Analisis Konsentrasi Zat Warna

Analisis larutan hasil maserasi yang telah dilakukan menggunakan spektrofotometer UV-Vis dibandingkan dengan persamaan dari hukum Lambert-beer.

d. Diagram Alir Indikator Capaian Proses Penelitian

Indikator capaian pada setiap tahapan proses penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram alir indikator capaian tahapan proses penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Analisis Kenampakan Fisik

a. Kepekatan warna

Beberapa sampel memiliki kepekatan warna. Kepekatan warna tersebut dipengaruhi oleh dua faktor yaitu seberapa banyak volume pelarut dan seberapa lama waktu proses maserasi yang dilakukan. Hasil sampel didapatkan, semakin banyak volume pelarut yang digunakan maka hasil dari ekstrak daun semakin banyak dan semakin lama waktu maserasi maka akan menambah tingkat kepekatan warna dari larutan sampel.

b. Sedimentasi

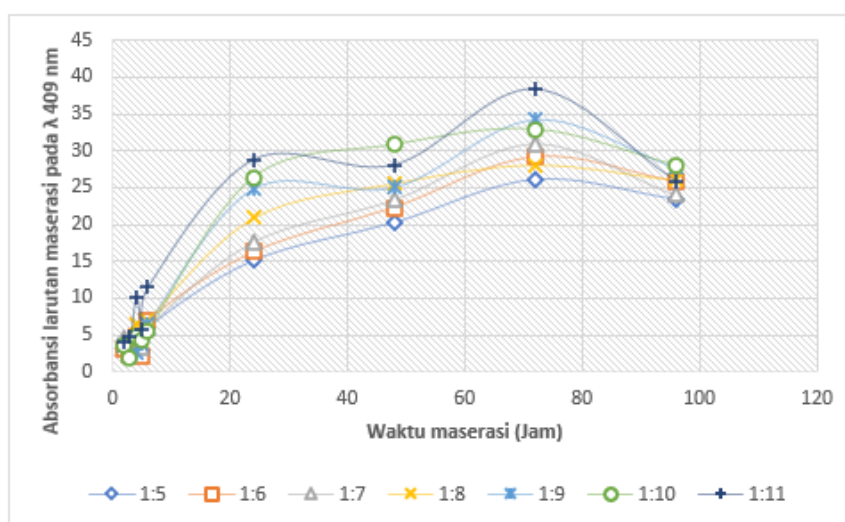
Larutan sampel hasil proses maserasi terdapat sedikit sedimentasi atau endapan yang disebabkan oleh faktor penyimpanan pada suhu ruang relatif sejuk. Hal ini berhubungan dengan faktor kelarutan suatu zat sangat bergantung pada suhu. Dengan molekul air yang dipanaskan, maka pelarut air tersebut akan mengalami pergerakan partikel yang lebih cepat sehingga proses larutnya zat terlarut juga lebih cepat. Sebaliknya, pada suhu rendah suatu zat padat terlarut dapat mengalami pengendapan. Hal tersebut sesuai teori mengenai faktor yang mempengaruhi kelarutan yaitu suhu, tekanan, dan polaritas (Pangestu, 2022).

3.2. Pengaruh volume pelarut dan waktu maserasi terhadap nilai absorbansi pada λ 409 nm

Hasil percobaan maserasi terhadap daun muda *Strobilanthes cusia* dengan berbagai ukuran dengan berbagai ukuran dengan λ 409 nm dapat dilihat dari Tabel 1 dan Gambar 4.

Tabel 1. Absorbansi Larutan Hasil Maserasi pada λ 409

Waktu (Jam)	Volume Pelarut (mL)						
	1:5	1:6	1:7	1:8	1:9	1:10	1:11
2	2,775	3,12	4,585	3,48	3,51	3,55	4,125
3	2,625	2,31	2,31	2,04	2,25	1,95	4,785
4	4,825	4,83	4,9	6,48	2,52	4,8	10,01
5	2,875	2,19	3,255	4	3,735	4,4	5,665
6	6,1	7,02	6,02	6,96	6,57	5,6	11,495
24	15,125	16,32	17,675	20,88	24,885	26,4	28,765
48	20,225	22,32	23,38	25,56	25,065	30,8	28,05
72	26,05	29,16	31,01	28,08	34,245	32,9	38,335
96	23,4	25,86	24,045	26	27,765	28,05	25,905



Gambar 5. Pengaruh volume pelarut dan waktu maserasi 2 jam sampai 72 jam terhadap absorbansi larutan hasil maserasi dengan λ 409 nm

Dari data tabel dan grafik untuk panjang gelombang 409 nm dapat dilihat bahwa semakin lama waktu maserasi yang dilakukan maka cenderung semakin besar nilai absorbansi larutan. Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama waktu maserasi yang dilakukan, cenderung semakin banyak zat pewarna terekstrak. Lama waktu maserasi yang paling optimum adalah selama 72 jam ditandai dengan adanya penurunan nilai absorbansi setelah 72 jam pada semua variabel volume pelarut.

Dari data tabel dan grafik hasil pengamatan pada panjang gelombang 409 nm menunjukkan bahwa volume pelarut yang digunakan maka nilai absorbansi larutan yang didapat cenderung semakin besar. Perbandingan volume pelarut yang paling optimum adalah 1:11 ditandai dengan nilai absorbansi paling besar pada setiap waktu maserasinya.

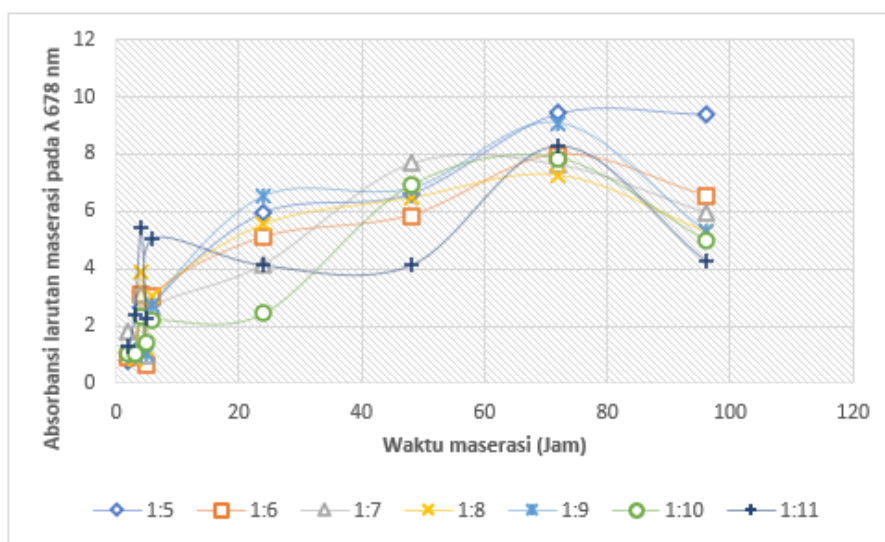
Jadi, data tabel absorbansi larutan hasil maserasi pada λ 409 nm menunjukkan variabel yang paling optimum adalah waktu maserasi selama 72 jam dengan volume pelarut 1:11 sehingga diperoleh nilai absorbansi optimum sebesar 38,335.

3.3. Pengaruh volume pelarut dan waktu maserasi terhadap nilai absorbansi pada λ 678 nm

Hasil percobaan maserasi terhadap daun muda *Strobilanthes cusia* dengan berbagai ukuran dengan λ 678 nm dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 5.

Tabel 2. Absorbansi larutan hasil maserasi pada λ 678

Waktu (Jam)	Volume Pelarut (mL)						
	1:5	1:6	1:7	1:8	1:9	1:10	1:11
2	0,75	0,93	1,785	1,08	1,08	1,05	1,265
3	1,125	0,99	0,945	0,84	0,945	1	2,42
4	2,675	3,09	3,115	3,88	1,17	2,35	5,445
5	0,85	0,66	0,945	1,2	1,035	1,4	2,255
6	2,775	3,06	2,66	3,04	2,745	2,2	5,06
24	5,975	5,1	4,165	5,56	6,525	2,45	4,125
48	6,625	5,85	7,7	6,48	6,795	6,9	4,125
72	9,425	7,98	7,665	7,28	9,09	7,85	8,305
96	9,4	6,54	5,985	5,31	5,31	5	4,29



Gambar 6. Pengaruh volume pelarut dan waktu maserasi terhadap absorbansi larutan hasil maserasi dengan λ 678 nm

Dari data tabel dan grafik untuk panjang gelombang 678 nm dapat dilihat bahwa bahwa semakin lama waktu maserasi yang dilakukan maka cenderung semakin besar nilai absorbansi larutan.

Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama waktu maserasi yang dilakukan, cenderung semakin banyak zat pewarna terekstrak. Lama waktu maserasi yang paling optimum adalah selama 72 jam ditandai dengan adanya penurunan nilai absorbansi setelah 72 jam pada semua variabel volume pelarut.

Dari data tabel dan grafik hasil pengamatan pada panjang gelombang 678 nm menunjukkan volume pelarut yang digunakan maka nilai absorbansi larutan yang didapat cenderung semakin besar. Perbandingan volume pelarut yang paling optimum adalah 1:5 ditandai dengan nilai absorbansi paling besar pada setiap waktu maserasinya.

Jadi, hasil percobaan dengan panjang gelombang 678 nm didapatkan waktu maserasi paling optimum selama 72 jam dan perbandingan volume pelarut 1:5 didapatkan nilai absorbansi optimum sebesar 9,425. Pada panjang gelombang 678 nm perbandingan volume pelarut didapatkan titik optimum pada 1:5. Hal ini dikarenakan kandungan senyawa indirubin pada daun muda *Strobilanthes cusia* relatif sedikit dibandingkan indigo, maka hanya perlu sedikit pelarut untuk mengekstraknya. Karena sampel daun berbeda-beda, sehingga hasil absorbansi mengalami penyimpangan, tetapi hasil keseluruhan mengalami kenaikan namun tidak konstan.

3.4. Pengaruh Keseluruhan Ukuran Bahan dan Waktu Terhadap Absorbansi

Dari tabel 1 dan 2 hasil pengukuran absorbansi didapatkan waktu paling optimal untuk proses maserasi yaitu selama 72 jam atau 3 hari. Dikarenakan dari grafik dengan λ 409 nm (indigo) maupun 678 nm (indirubin) terlihat cenderung naik nilai absorbansinya. Data tabel absorbansi larutan hasil maserasi pada panjang gelombang 409 nm menunjukkan bahwa variabel paling optimum adalah waktu maserasi 72 jam dengan volume pelarut 1:11 menghasilkan nilai absorbansi sebesar 38,335. Sementara itu, data tabel absorbansi larutan hasil maserasi pada panjang gelombang 678 nm menunjukkan bahwa variabel paling optimum adalah waktu maserasi 72 jam dengan volume pelarut 1:5 menghasilkan nilai absorbansi sebesar 9,425.

3.5. Hubungan antara hasil absorbansi larutan proses maserasi dengan konsentrasi berdasarkan hukum Lambert-Beer

Merujuk pada hukum Lambert-Beer yang menyatakan bahwa jumlah radiasi cahaya tampak, Ultra-violet dan cahaya-cahaya lain yang diserap atau ditransmisikan oleh suatu larutan merupakan suatu fungsi eksponen dari konsentrasi zat dan tebal larutan.

Adapun rumus hukum Lambert-Beer sebagai berikut :

$$A = a \cdot b \cdot c$$

Keterangan :

A = Absorbansi

a = konstanta absorptivitas (L/mol.cm)

b = tebal kuvet (cm)

c = konsentrasi (mol/L)

Dari persamaan diatas jika kita mengabaikan konstanta “a” dan “b” karena bernilai tetap. Lalu dimasukkan hasil pengukuran absorbansi kedalam persamaan diatas, maka didapatkan nilai yang sama antara absorbansi dengan konsentrasi. Jika dibandingkan antara hasil persamaan dari nilai absorbansi terkecil hingga terbesar menggunakan hukum Lambert-Beer maka didapat pernyataan bahwa semakin tinggi nilai absorbansi suatu zat,

makan semakin tinggi pula konsentrasinya. Hal ini menjadikan hubungan antara hasil absorbansi larutan hasil maserasi dengan konsentrasi zat tersebut adalah linear.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- a. Larutan sampel hasil proses maserasi terdapat sedikit sedimentasi atau endapan yang disebabkan oleh faktor penyimpanan pada suhu ruang relatif sejuk.
- b. Hasil percobaan dengan panjang gelombang 409 nm didapatkan waktu maserasi paling optimum selama 72 jam dan perbandingan volume pelarut 1:11 didapatkan nilai absorbansi optimum sebesar 38,335.
- c. Hasil percobaan dengan panjang gelombang 678 nm didapatkan waktu maserasi paling optimum selama 72 jam dan perbandingan volume pelarut 1:5 didapatkan nilai absorbansi optimum sebesar 9,425.
- d. Hasil pengamatan nilai absorbansi larutan menunjukkan bahwa konsentrasi warna biru (indigo) lebih tinggi dari pada warna merah (indirubin).
- e. Perbandingan hasil absorbansi menggunakan hukum Lambert-Beer didapatkan pernyataan, semakin tinggi nilai absorbansi suatu zat, maka semakin tinggi konsentrasi dan semakin tinggi konsentrasi maka semakin tinggi nilai absorbansi suatu zat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam penulisan laporan ini penulis menyampaikan banyak terimakasih atas bantuan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung, baik secara moril maupun materil. Pada kesempatan ini penyusun menyampaikan terima kasih kepada Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta yang telah memberikan kesempatan untuk dapat mengikuti program MBKM (Merdeka Belajar Kampus Merdeka), Ibu Dewi Wahyuningtyas, S.T., M.Eng., yang telah membimbing penulis dalam melakukan penelitian sampai sejauh ini, dan teman-teman yang ikut berpartisipasi dalam kegiatan MBKM (Merdeka Belajar Kampus Merdeka).

DAFTAR PUSTAKA

- Afandi, R., Purwanto, A., & Fisika UNY, P. (n.d.). Spektrofotometer Cahaya Tampak...(Riski Afandi)161
SPEKTROFOTOMETER CAHAYA TAMPAK SEDERHANA UNTUK MENENTUKAN PANJANG
GELOMBANG SERAPAN MAKSIMUM LARUTAN Fe(SCN) 3 DAN CuSO 4 Simple Visible Light
Spectroscopy to Determine The Maximum Absorbance Wavelength of Fe(SCN) 3 and CuSO 4 solutions.
- Ben, B. L. (1981). Column Chromatography-spectrophotometric determination of indigo and indirubin in Qingdai, a traditional Chinese medicine. *Chin. Trad. Herb. Drugs*, 12, 11-15.
- Chairunnisa, S., Wartini, N. M., & Suhendra, L. (2019). Pengaruh Suhu dan Waktu Maserasi terhadap Karakteristik Ekstrak Daun Bidara (*Ziziphus mauritiana* L.) sebagai Sumber Saponin. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 7(4), 551. <https://doi.org/10.24843/jrma.2019.v07.i04.p07>
- Cuppett, S., Schrepf, M., & Hall III, C. (1954). Natural Antioxidant—Are They Reality. Dalam Foreidooon Shahidi Natural Antioxidants, Chemistry, Health Effect and Applications.
- Kurniawan, C. (2020). Ekstraksi indigo dari daun strobilanthes cusia dan kajian pembentukan kompleks dengan

- ion Ni²⁺. *Jurnal Kimia Dan Kemasan*, 42(2), 93. <https://doi.org/10.24817/jkk.v42i2.5977>
- Lestari, K., & S. (1998). Pengkajian Zat Warna Alam Untuk Batik Sebagai Alternatif Pewarna. *Dinamika Kerajinan Dan Batik*, 17, 33–42.
- Muzzazinah, Kristiandi, & Nurmiyati. (2018). Peningkatan kualitas pewarna Indigo melalui inovasi teknologi tepat guna pada ukm tom batik. *Prosiding PKM-CSR*, 1, 682–695.
- Ningrum, M. P. (2017). *Pengaruh Suhu dan Lama Waktu Maserasi Terhadap Aktivitas Antioksidan Ekstrak Metanol Rumput Laut Merah (Eucheuma cottonii)*.
- Pangestu, A. (2022). *Pengertian Reaksi Pengendapan, Kelarutan, Aplikasi dan Contohnya*. www.pakarkimia.com. <https://www.pakarkimia.com/reaksi-pengendapan/>
- Shin JH, Lee JH (1993). Cultural conditions and growth characteristics of indigo (*Polygonum tinctorium*) cells in an air-lift bioreactor. *Kor. J. Biotechnol. Bioeng.*, 8:193-199.
- Saikhom, J. D., Potsangbam, K. S., & Choudhury, M. D. (2015). Effect of various mordants in Kum dyed cotton, silk and woollen yarns.
- Tang, Y. (1987). Determination of indirubin in Qingdai (*Baphicacanthus cusia* Bremk.) and Chinese medicines containing it. *Chin. J. Pharm. Anal*, 7, 40-42.
- Wahyuni, D. T., & Widjanarko, S. B. (2015). Pengaruh Jenis Pelarut Dan Lama Ekstraksi Terhadap Ekstrak Karotenoid Labu Kuning Dengan Metode Gelombang Ultrasonik [In Press April 2014]. *Jurnal Pangan Dan Agroindustri*, 3(2), 390–401. <https://jpa.ub.ac.id/index.php/jpa/article/view/155>
- Yu, H., Li, T. na, Ran, Q., Huang, Q. wan, & Wang, J. (2021). *Strobilanthes cusia* (Nees) Kuntze, a multifunctional traditional Chinese medicinal plant, and its herbal medicines: A comprehensive review. *Journal of Ethnopharmacology*, 265, 113325. <https://doi.org/10.1016/J.JEP.2020.113325>