Indones. J. Math. Nat. Sci. 49(1) 2026
Indonesian Journal of Mathematics and Natural Sciences
https://journal.unnes.ac.id/journals/JM/index

Pengaruh Konsentrasi Gum Arabic Terhadap Karakteristik Fisik Tinta Sablon Kertas Berbasis Pigmen Alami Ekstrak Kunyit (Curcuma Longa L.) Melalui Metode Ultrasound-Assisted Extraction (UAE)

Kiki Listia Akansha*, Sahiba Sahila*, Heribertus Rudi Kusumantoro

Program Studi Teknologi Rekayasa Cetak dan Grafis 3 Dimensi, Jurusan Teknik Grafika dan Penerbitan, Politeknik Negeri Jakarta, Indonesia
Jalan Prof. Dr. G.A Siwabessy, Kampus Baru UI Depok, Jawa Barat,16424

E-mail: kiki.listia.akansha.tgp22@mhsw.ac.id, sahiba.sahila@lecturer.pnj.ac.id

Diterima 7 Januari 2026 Disetujui 3 April 2026

Abstrak

Penggunaan pewarna sintetis dalam industri sablon menghasilkan limbah kimia yang sulit terurai, sehingga pigmen alami seperti kunyit (Curcuma longa L.) berpotensi dikembangkan sebagai alternatif tinta ramah lingkungan. Namun, tinta berbasis pigmen alami memiliki kelemahan pada stabilitas fisik sehingga diperlukan penambahan bahan pengikat seperti gum arabic. Pembuatan tinta dilakukan dengan mencampurkan ekstrak kurkumin dengan gum arabic. Metode ekstraksi kurkumin dilakukan menggunakan Ultrasound-Assisted Extraction (UAE) dengan pelarut etanol 96%, kemudian diformulasikan menjadi tinta dengan variasi konsentrasi gum arabic 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, dan 10% (w/v) pada kertas kraft 150 GSM. Parameter yang diuji meliputi pH, kadar padatan, serta lightfastness melalui pengukuran nilai density dan L*a*b*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa formulasi tinta optimal diperoleh pada konsentrasi gum arabic 10% dengan nilai pH 4,26, kadar padatan 14,96%, density 0,82, dan nilai ΔE sebesar 9,976 yang mengindikasikan peningkatan stabilitas warna setelah paparan cahaya. Dengan demikian, penambahan gum arabic meningkatkan stabilitas fisik dan kualitas warna tinta sablon berbasis ekstrak kunyit.

Kata kunci: gum arabic, kunyit, sifat fisik, tinta sablon organik, ultrasound-assisted extraction (UAE).

Abstract

*The use of synthetic dyes in the screen-printing industry produces chemical waste that is difficult to decompose, therefore natural pigments such as turmeric (*Curcuma longa* L.) have the potential to be developed as environmentally friendly ink alternatives. However, inks based on natural pigments have limitations in physical stability, thus requiring the addition of binders such as gum arabic. The ink was prepared by mixing curcumin extract with gum arabic. Curcumin extraction was carried out using the Ultrasound-Assisted Extraction (UAE) method with 96% ethanol solvent, followed by ink formulation with variations of gum arabic concentrations at 0%, 2.5%, 5%, 7.5%, and 10% (w/v) on 150 GSM kraft paper. The evaluated parameters included pH, solid content, and lightfastness through density and L*a*b* measurements. The results showed that the optimal ink formulation was obtained at 10% gum arabic concentration, with a pH value of 4.26, solid content of 14.96%, density of 0.82, and ΔE value of 9.976, indicating improved color stability after light exposure. Therefore, the addition of gum arabic enhanced the physical stability and color quality of turmeric extract-based screen-printing ink.*

Keywords: gum arabic, turmeric, physical properties, organic screen-printing ink, ultrasound-assisted extraction (UAE)

How to cite:
Akansha, K.L., Sahila, S., Kusumantoro, H.R. (2026). Pengaruh Konsentrasi Gum Arabic Terhadap Karakteristik Fisik Tinta Sablon Kertas Berbasis Pigmen Alami Ekstrak Kunyit (*Curcuma Longa* L.) Melalui Metode *Ultrasound-Assisted Extraction* (UAE). *Indonesian Journal of Mathematics and Natural Sciences*, 47(1), 1-11.

PENDAHULUAN

Penggunaan tinta sintetis dalam industri sablon (cetak saring) secara terus-menerus menimbulkan kekhawatiran terhadap dampak pada lingkungan akibat kandungan logam berat seperti senyawa Kromium Heksavalen (Cr6+) yang sulit terurai secara alami, sehingga termasuk pada kategori limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) (Violita et al., 2022; Wijayanti et al., 2020). Dalam upaya mengurangi dampak tersebut, pengembangan pigmen berbahan alami mulai dilakukan karena lebih ramah lingkungan. Salah satu sumber pigmen alami yang berpotensi menjadi alternatif adalah tanaman kunyit.

Kunyit mengandung senyawa kurkumin mencapai 75% yang menghasilkan pigmen kuning atau jingga (Jiang et al., 2021; Manasa et al., 2023; Yuniarti et al., 2024). Pigmen tersebut dapat diperoleh melalui metode *Ultrasound-Assisted Extraction* (UAE), yaitu teknik yang menggunakan gelombang ultrasonik frekuensi tinggi untuk membantu merusak struktur dinding sel tanaman sehingga senyawa di dalamnya lebih mudah terlepas dan menghasilkan ekstrak pekat (Insuan et al., 2022; Putri et al., 2025). Dibandingkan metode konvensional, UAE memiliki kelebihan antara lain waktu yang singkat, suhu rendah, dan minimnya penambahan pelarut (Kumar et al., 2021). Oleh karena itu, pemilihan metode UAE berpotensi meningkatkan kualitas pigmen alami kunyit yang digunakan dalam formulasi tinta.

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa pigmen alami terutama berasal dari kunyit terbukti memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai bahan dasar tinta ramah lingkungan pada aplikasi tekstil maupun kertas (Abdurahman & Kahdar, 2021; Lutfiah Wardani et al., 2025; Yuniarti et al., 2024). Penelitian (Abdurahman & Kahdar, 2021; Muryeti, 2021) juga melaporkan bahwa efektivitas pigmen alami terhadap substrat bergantung pada bahan pengikat (*binder*) yang digunakan dalam formulasi tinta untuk menjamin daya rekat dan ketajaman warna yang dihasilkan.

Dalam formulasi tinta sablon, selain pigmen dibutuhkan pula bahan tambahan seperti bahan pengikat yang berpengaruh secara langsung terhadap karakteristik fisik tinta, sehingga dapat memengaruhi daya lekat dan kestabilan tinta pada substrat (Arumsari & Kusumawati, 2025). Salah satu bahan pengikat yang umum digunakan dalam pembuatan tinta organik adalah gum arabic. Namun, penggunaan gum arabic dalam konsentrasi yang berbeda dapat menghasilkan karakteristik tinta yang berbeda pula (Lazuardi & Haryanto, 2020). Dengan demikian, diperlukan variasi konsentrasi gum arabic untuk mengetahui formulasi yang sesuai

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengkaji pengaruh konsentrasi gum arabic terhadap karakteristik tinta sablon kertas berbasis pigmen alami ekstrak kunyit melalui metode *Ultrasound-Assisted Extraction* (UAE). Karakterisrik fisik tinta sablon ekstrak kunyit dianalisis melalui parameter uji pH, solid content, hingga kualitas warna mengukur nilai density dan L*a*b* (ΔE). Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan formulasi tinta sablon alami yang memiliki karakteristik fisik baik, serta meningkatkan pemanfaatan bahan hayati lokal sebagai alternatif bahan sintetis.

METODE

Bahan

Bahan yang digunakan yaitu bubuk kunyit, etanol 96%, gum arabic, aquades, natrium benzoat, natrium alginat, dan larutan asam sitrat konsentrasi 15%.

Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi *ultrasonic bath* dengan frekuensi 40 kHz yang berfungsi untuk membantu proses ekstraksi. Selain itu, digunakan *hot plate* sebagai alat pemanas dan pengaduk untuk menghasilkan campuran yang homogen selama proses pembuatan tinta.

Ultrasound-Assisted Extraction (UAE)

Bubuk kunyit dicampur dengan etanol menggunakan rasio 1:4 (w/v), kemudian dipanaskan menggunakan alat ultrasound bath pada frekuensi 40 kHz, suhu 60°C selama 60 menit. Campuran dibiarkan selama ±1 jam untuk mengendapkan residu bubuk kunyit. Hasil ekstrak dipisahkan dari residu padat. Ekstrak disimpan dalam wadah kedap cahaya.

Proses Pembuatan Tinta (*Mixing*)

Panaskan aquades hingga suhu 60°C menggunakan *hot plate.* Campurkan gum arabic (0%, 2,5%, 5%, 7,5%, dan 10% w/v), natrium benzoat 3% (w/v), dan natrium alginat 5% (w/v) ke dalam aquades secara bertahap sambil diaduk hingga homogen selama 50 menit. Kemudian, ekstrak kunyit ditambahkan dengan perbandingan ekstrak terhadap aquades sebesar 1:2 (v/v). Tahap terakhir dilakukan fiksasi dengan menambahkan larutan asam sitrat.

Proses Sablon

Proses cetak sablon dilakukan secara manual menggunakan *screen* dengan tinta organik. Kain/*screen* yang telah dipasang pada bingkai sablon diletakkan di atas media cetak kertas kraft putih 150 GSM. Tuang tinta di atas *screen* kemudian tarik menggunakan rakel dan lakukan terhadap semua variasi sampel. Langkah terakhir, keringkan tinta hasil cetak menggunakan *hair dryer*.

Kadar Padatan (*Solid Content*)

Timbang cawan kosong, kemudian oven pada suhu 105°C selama 60 menit dan simpan dalam desikator selama 30 menit. Masukkan tinta sebanyak 2 gram ke dalam cawan, lalu oven kembali selama 60 menit dan simpan dalam desikator selama 30 menit. Setelah tinta mengering, timbang kembali cawan beserta sampel. Hasil pengujian dihitung untuk mendapatkan persentase padatan tinta menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Solid content (\%)} = \frac{\text{Berat sampel kering dan cawan} - \text{Berat cawan kosong}}{\text{Berat sampel basah dan cawan} - \text{Berat cawan kosong}} \times 100\%$$

Paparan Cahaya (*Lightfastness*)

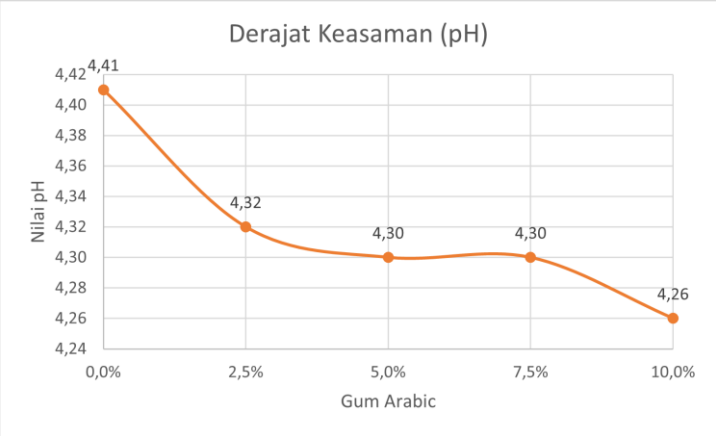
Paparan cahaya dilakukan untuk melihat ketahanan tinta organik terhadap sinar UV. Dalam pengujian ini, tinta hasil sablon dipotong dengan ukuran 2x5 cm sebanyak 5 buah untuk setiap sampel. Nilai L*a*b* diukur menggunakan alat spectrodensitometer sebelum dan sesudah sampel diuji di dalam alat *lightfastness chamber* yang dilengkapi lampu xenon sebagai simulasi cahaya matahari dan dipaparkan selama 8 jam per hari selama 3 hari. Hasil pengukuran L*a*b* diukur menggunakan rumus untuk mendapatkan nilai ΔE. Adapun rumus yang digunakan sebagai berikut:

$$\Delta E = \sqrt{(L^2 - L^1)2 + (a^2 - a^1)2 + (b^2 - b^1)}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Nilai pH

Derajat keasaman atau pH merupakan parameter uji untuk mengetahui tingkat asam-basa. Hal ini dilakukan karena nilai pH dapat memengaruhi kualitas dan kestabilan performa tinta terutama berbahan dasar alami seperti ekstrak kunyit. Adapun nilai pH dari tinta organik dengan variasi konsentrasi gum arabic ditunjukkan pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Grafik Nilai pH

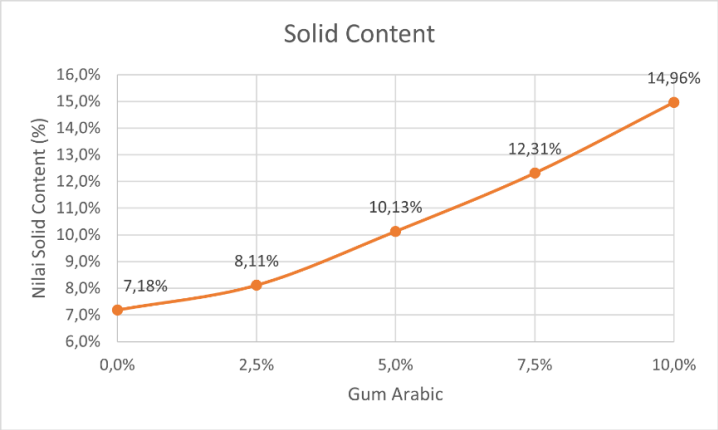
Berdasarkan **Gambar 1**, dapat terlihat bahwa penambahan konsentrasi gum arabic cenderung menyebabkan penurunan nilai pH tinta organik berbasis ekstrak kunyit. Pada konsentrasi 0%, nilai pH tercatat paling tinggi sebesar 4,41, kemudian menurun menjadi 4,32 pada konsentrasi 2,5%. Penurunan melambat pada konsentrasi 5% dan 7,5% yang keduanya sama-sama menunjukkan nilai pH sebesar 4,30. Selanjutnya, pH kembali menurun pada konsentrasi 10% hingga mencapai nilai terendah sebesar 4,26.

Penurunan nilai pH tersebut menunjukkan bahwa penambahan gum arabic berpengaruh terhadap keasaman tinta. Meskipun demikian, seluruh formulasi stabil berada pada kondisi asam karena memiliki nilai pH di bawah 7. Hal tersebut mendukung tujuan formulasi pembuatan tinta sablon organik ekstrak kunyit berwarna kuning, karena kurkumin akan menampilkan warna kuning hingga jingga yang optimal dalam kondisi asam (Rahayu, 2010). Kondisi ini sejalan dengan penelitian

sebelumnya yang menyatakan bahwa peningkatan konsentrasi gum arabic menyebabkan nilai pH menurun atau dalam kondisi asam (Ismaiel et al., 2022).

Nilai *Solid Content*

Kadar padatan atau *solid content* merupakan jumlah komponen padat *non*-volatil yang terkandung dalam tinta setelah pelarut atau bahan yang mudah menguap dihilangkan. Parameter ini dapat memengaruhi karakteristik tinta seperti daya lekat, ketebalan atau densitas tinta, serta kestabilan tinta pada media cetak. Nilai solid content pada tinta organik ditunjukkan pada **Gambar 2.**



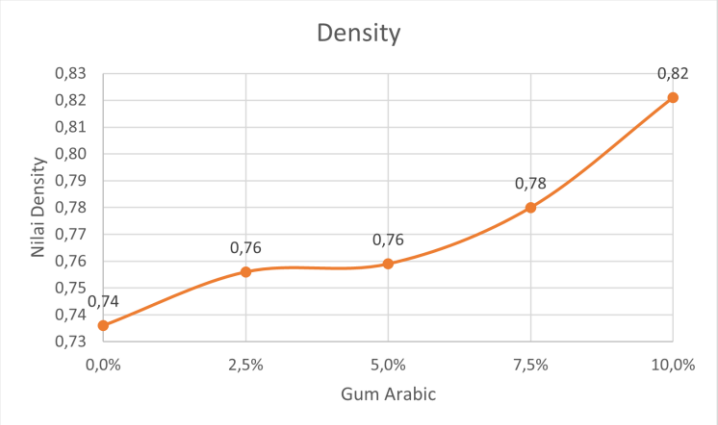
Gambar 2. Grafik Nilai *Solid Content*

Pada **Gambar 2** menunjukkan bahwa nilai kadar padatan tinta mengalami peningkatan seiring dengan penambahan konsentrasi gum arabic. Hal tersebut terlihat dari formulasi tanpa penambahan gum arabic (0%) yang memiliki kadar padatan terendah sebesar 7,18%, kemudian mengalami peningkatan secara bertahap hingga mencapai kadar padatan tertinggi sebesar 14,96% pada konsentrasi gum arabic 10%.

Peningkatan persentase ini menandakan bahwa penambahan gum arabic menambah jumlah komponen padat *non*-volatil dalam tinta organik. Semakin tinggi konsentrasi gum arabic yang ditambahkan, maka semakin besar pula kandungan padatan yang tersisa setelah penguapan pelarut. Kadar padatan (*solid content*) diketahui berpengaruh terhadap kerataan serta intensitas warna. Oleh karena itu, peningkatan nilai pada formulasi tinta turut memengaruhi kualitas visual hasil cetak (Abdan et al., 2022).

Nilai *Density*

Density tinta merupakan nilai yang menunjukkan kerapatan dan ketebalan warna tinta pada media cetak berdasarkan kemampuan tinta dalam menyerap dan memantulkan cahaya. Nilai *density* diukur menggunakan alat spectrodensitometer setelah tinta diaplikasikan pada media cetak. Adapun grafik nilai *density* ditunjukkan pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Nilai *Density*

Nilai *density* pada **Gambar 3**, menunjukkan kenaikan grafik yang sejalan dengan konsentrasi gum arabic yang ditambahkan. Formulasi tinta tanpa penambahan gum arabic (0%) menghasilkan nilai *density* terendah sebesar 0,76, kemudian meningkat menjadi 0,76 pada konsentrasi 2,5% dan 5%, 0,78 pada konsentrasi 7,5%, serta mencapai nilai tertinggi sebesar 0,82 pada konsentrasi gum arabic 10%.

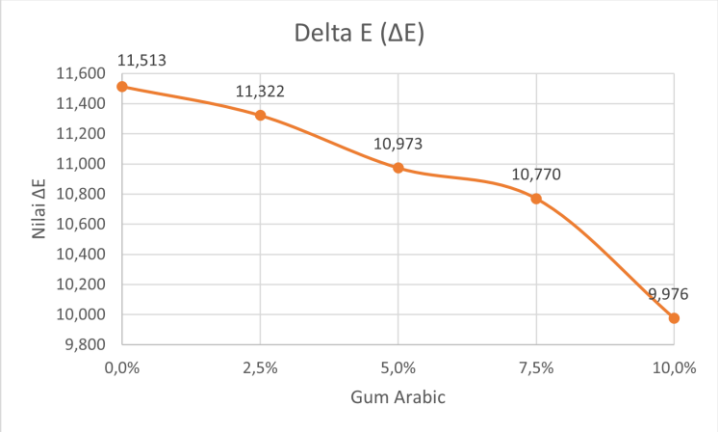
Hasil tersebut berbanding lurus dengan hasil *solid content*, sehingga menunjukkan bahwa peningkatan jumlah padatan dapat mempengaruhi kerapatan dan ketebalan warna tinta. Hal ini sejalan dengan penelitian (Suryadi et al., 2020), yang menyatakan bahwa nilai *density* dipengaruhi oleh ketebalan lapisan tinta. Oleh karena itu, semakin tinggi nilai *density*, maka warna cetakan akan terlihat semakin pekat dan tajam.

Nilai ΔE

Delta E (ΔE) merupakan nilai yang mengukur deviasi warna antara sampel berdasarkan sistem warna CIE L*a*b* sebelum dan sesudah dilakukan uji *lightfastness*. Parameter L* menunjukkan tingkat kecerahan, sedangkan a* dan b* menunjukkan arah warna. Adapun nilai L*a*b* sebelum dan sesudah pengujian lightfastness ditampilkan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Nilai L*a*b*

Sampel	Sebelum Uji *Lightfastness*			Sesudah Uji *Lightfastness*		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
0%	91,681	-7,688	57,631	92,258	-5,473	46,348
2,5%	91,343	-6,981	58,213	91,504	-4,636	47,138
5%	91,232	-7,015	57,526	91,491	-5,177	46,711
7,5%	90,325	-6,689	57,822	91,088	-4,457	47,313
10%	90,471	-6,559	61,541	90,333	-4,537	51,773



Gambar 4. Nilai ΔE

Data pada **Gambar 4** mengindikasikan bahwa penambahan konsentrasi gum arabic berpengaruh terhadap ketahanan tinta organik terhadap paparan cahaya. Formulasi tinta organik tanpa penambahan gum arabic (0%) menunjukkan ketahanan cahaya paling rendah dengan nilai ΔE sebesar 11,513. Seiring meningkatnya konsentrasi gum arabic, nilai ΔE cenderung menurun hingga mencapai 9,976 pada konsentrasi 10%. Semakin kecil nilai ΔE, maka ketahanan tinta terhadap paparan cahaya semakin baik. Sementara itu, nilai ΔE yang semakin besar menunjukkan terjadinya penyimpangan atau perubahan warna yang semakin signifikan (Kusumantoro et al., 2022).

SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian, menunjukkan bahwa penambahan gum arabic pada formulasi tinta sablon organik ekstrak kunyit dengan metode UAE memengaruhi karakteristik fisik dan stabilitas warna secara signifikan. Peningkatan gum arabic sebagai bahan pengikat (*binder*) mampu mempertahankan warna yang semakin baik terhadap paparan cahaya. Selain itu, persentase *solid content* yang sejalan dengan nilai density menghasilkan tinta organik dengan intensitas warna yang semakin tinggi. Formulasi tinta optimal diperoleh pada konsentrasi gum arabic 10% dengan nilai pH 4,26, kadar padatan 14,96%, *density* 0,82, dan nilai ΔE 9,976. Hal ini mengindikasikan bahwa gum

arabic berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan pengikat yang mampu meningkatkan stabilitas fisik dan kualitas tinta sablon organik berbasis ekstrak kunyit.

DAFTAR PUSTAKA

Abdan, M. F., Komalasari, M., & Ardyansyah, R. (2022). *The Effect of Solid Content Percentage and Concentration of Dispersing Agent (Anionic-Nonionic) on Quality of Polyester Dyed Fabric with Disperse by High Temperature/Pressure Method*. *4*(2), 130–140. https://doi.org/10.37577/sainteks.v%vi%i.462

Abdurahman, S. N., & Kahdar, K. (2021). Eksplorasi Ekstrak Pewarna Alami Sebagai Bahan Pewarna Organik Untuk Tekstil Cetak. *JURNAL RUPA*, *6*(2), 134. https://doi.org/10.25124/rupa.v6i2.3792

Arumsari, A. G., & Kusumawati, D. N. I. (2025). Pelatihan Penggunaan Bahan Kimia untuk Cat Air Ramah Lingkungan. *Journal of Community Development and Empowerment*, *1*(4), 84–88. https://doi.org/10.70716/jocdem.v1i4.227

Insuan, W., Hansupalak, N., & Chahomchuen, T. (2022). Extraction of curcumin from turmeric by ultrasonic-assisted extraction, identification, and evaluation of the biological activity. *Journal of HerbMed Pharmacology*, *11*(2), 188–196. https://doi.org/10.34172/jhp.2022.23

Ismaiel, A. El, Basheer, E. O., Elhassan, I. H., Alnor, M. A., Abdullatif, G., Ali, M., Ahmed, S. Y., & Babekir, W. S. (2022). Effect of Arabic Gum (AG) on Physical Characteristics of yoghurt. In *IJISET-International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology* (Vol. 09). www.ijiset.com

Jiang, T., Ghosh, R., & Charcosset, C. (2021). Extraction, purification and applications of curcumin from plant materials-A comprehensive review. In *Trends in Food Science and Technology* (Vol. 112, pp. 419–430). Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.04.015

Kumar, K., Srivastav, S., & Sharanagat, V. S. (2021). Ultrasound assisted extraction (UAE) of bioactive compounds from fruit and vegetable processing by-products: A review. *Ultrasonics Sonochemistry*, *70*, 105325. https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2020.105325

Kusumantoro, H. R., Djonaedi, E., & Yuniarti, E. (2022). Analisis Perubahan Warna dalam Proses Pengeringan Tinta DYE dengan Menggunakan Lighfastness Chamber. *Journal of Applied Electrical Engineering*, *6*(1), 22–26. https://doi.org/https://doi.org/10.30871/jaee.v6i1.4040

Lazuardi, I., & Haryanto, D. (2020). PENGARUH VARIASI VOLUME PEWARNA DAN MASSA GUM ARAB PADA KECEPATAN PENGERINGAN DAN VISKOSITAS TINTA DARI KULIT BUAH NAGA. In *JURNAL ENVIROTEK VOL* (Vol. 12).

Lutfiah Wardani, J., Fitriyana, dan, & Studi, P. D. (2025). PENGARUH ASAM SEBAGAI MORDAN TERHADAP HASIL PEWARNAAN PADA KAIN KATUN MENGGUNAKAN ZAT WARNA DARI EKSTRAK KUNYIT. *Pengaruh Asam Sebagai …) JURNAL TEKNIK KIMIA VOKASIONAL*, *5*(1), 24–30. https://doi.org/10.46964/jimsi.v5i1.1375

Manasa, P. S. L., Kamble, A. D., & Chilakamarthi, U. (2023). Various Extraction Techniques of Curcumin─A Comprehensive Review. *ACS Omega*, *8*(38), 34868–34878. https://doi.org/10.1021/acsomega.3c04205

Muryeti. (2021). *Teknologi Tinta Cetak dan Coating* (Cetakan Pertama). PNJ Press.

Putri, I. D., Rosalina, Utami, A., Rahmatia, L., Enriyani, R., Ismail, Alminda, A. F., & Irawan, C. (2025). Optimasi Ultrasound-Assisted Extraction pada Rimpang Bangle Hitam (Zingiber ottensii Valeton) serta Potensinya sebagai Antioksidan dan Antimikrob. *WARTA AKAB*, *49*(2), 63–71. https://doi.org/https://doi.org/10.55075/wa.v49i2.289

Rahayu, H. D. I. (2010). *PENGARUH PELARUT YANG DIGUNAKAN TERHADAP OPTIMASI EKSTRAKSI KURKUMIN PADA KUNYIT (Curcuma domestica Vahl.)* [Universitas Muhammadiyah Surakarta]. https://eprints.ums.ac.id/8997/

Suryadi, G. S., Susianti, Nugraha, M., Azhar Ulfah Alifah, B., & Suryani, M. (2020). OPTICAL DENSITY OF YELLOW PRINTS AT COATED AND UNCOATED PAPER. *Jurnal Ilmiah Publipreneur*, *7*(2), 9. https://doi.org/10.46961/jip.v7i2.84

Violita, L., Apriani, I., & Sulastri, A. (2022). Kemampuan Tanaman Kangkung Air Dalam Menurunkan Krom Heksavalen (Cr 6+) Pada Limbah Cair Sablon. *Jurnal Rekayasa Lingkungan Tropis*, *3*(1), 37–44. https://jurnal.untan.ac.id/index.ph

Wijayanti, A., Winarni, Ratnaningsih, Hadisoebroto, R., Tazkiaturrizki, & KusumadewiRiana Ayu. (2020). PELATIHAN PENGOLAHAN AIR LIMBAH INDUSTRI RUMAHAN SABLON (WARNA DAN B3) DI KELURAHAN KRENDANG, KECAMATAN TAMBORA,

JAKARTA BARAT. *Jurnal Wahana Abdimas Sejahtera*, 1–12. https://doi.org/10.25105/juara.v1i1.6309

Yuniarti, E., Djonaedi, E., Rudi Kusumantoro, H., Zahira Adni Shaffa, G., & Salsabila. (2024). Peningkatan Kualitas Bio-Ink dengan Penambahan Pigmen Kunyit Untuk Warna Yellow pada Printer Digital. *Lipida: Jurnal Teknologi Pangan Dan Industri Perkebunan*, *4*(2). https://jurnal.politap.ac.id/index.php/lipida