

Pengaruh Penambahan TiO₂ terhadap Kemampuan Distribusi Warna Cetakan pada Kertas Komposit Berbasis Ampas Tebu

Fitri Kusuma Dewi^{1*}, Emmidia Djonaedi², Rachmah Nanda Kartika³
¹⁻³ Politeknik Negeri Jakarta, Indonesia

Alamat: Jl. Prof. DR. G.A. Siwabessy, Kukusan, Kecamatan Beji, Kota Depok 16425

Korespondensi penulis: fitri.kusuma.dewi.tgp21@mhs.wpnj.ac.id*

Abstract. The processing of natural fibers as raw materials for paper has grown over the past few years. However, the use of composite paper as a printing substrate has several drawbacks. One of them is the low color reproduction quality of printed images on paper made from natural fibers, caused by the insufficient whiteness of the paper. This study aims to investigate the effect of titanium dioxide (TiO₂) addition on the color reproduction quality of composite paper based on sugarcane bagasse fiber. TiO₂ was varied at concentrations of 0%, 10%, and 20%. Printing process was carried out using an inkjet printer with standard CMYK and RGB color patches. After that, the printed results were measured using colorimeter with D65 illuminant. Color distribution analysis was processed using MATLAB software. The results showed that the addition of TiO₂ increased the whiteness of the paper, as indicated by the higher L* values. The color gamut visualization demonstrated that the gamut area expanded as the TiO₂ content increased. This result shows that the addition of TiO₂ affects the color reproduction quality of composite paper.

Keywords: Titanium Dioxide, Composite Paper, Color Reproduction, Color Gamut

Abstrak. Pengolahan serat alam sebagai bahan baku kertas mengalami pertumbuhan selama beberapa tahun terakhir. Namun, penggunaan kertas komposit yang dihasilkan sebagai media cetak memiliki beberapa kekurangan. Salah satunya adalah rendahnya kualitas reproduksi warna cetakan pada kertas komposit berbahan serat alami yang disebabkan oleh tingkat keputihan warna dasar kertas yang kurang optimal. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan titanium dioksida (TiO₂) terhadap kualitas reproduksi warna pada kertas komposit berbasis ampas tebu. Variasi kadar TiO₂ yang digunakan adalah 0%, 10 % dan 20%. Proses pencetakan dilakukan menggunakan *printer inkjet* dengan *patch* warna standar CMYK dan RGB, kemudian hasil cetakan diukur menggunakan colorimeter berbasis *illuminant* D65. Analisis distribusi warna dilakukan menggunakan *software* MATLAB. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan TiO₂ berhasil meningkatkan kecerahan dan nilai keputihan kertas yang ditunjukkan oleh kenaikan nilai L*. Visualisasi *gamut* warna juga menunjukkan bahwa area *gamut* semakin luas seiring dengan peningkatan kadar TiO₂. Hal ini membuktikan bahwa penambahan TiO₂ memberikan pengaruh positif terhadap kualitas reproduksi warna pada kertas komposit.

Kata kunci: Titanium Dioksida, Kertas Komposit, Reproduksi Warna, Gamut Warna

1. LATAR BELAKANG

Kualitas reproduksi warna merupakan salah satu aspek krusial dalam industri grafika. Warna tidak hanya diposisikan sebagai unsur visual, namun juga dianggap memiliki peran penting dalam membentuk persepsi konsumen terhadap suatu produk (Amri dkk., 2022). Terdapat beberapa faktor teknis yang perlu diperhatikan untuk menghasilkan warna cetak yang optimal, diantaranya adalah formulasi tinta yang mempengaruhi ketajaman dan daya tahan warna (Supardianningsih & Adelia Krislia, 2022), kondisi mesin cetak yang digunakan, serta karakteristik *substrate* (media cetak) yang digunakan, seperti warna dasar kertas, kehalusan permukaan, fleksibilitas, opasitas kertas, dan sebagainya. Salah satu karakteristik yang paling

berpengaruh terhadap persepsi warna cetak yang dihasilkan adalah warna dasar kertas (Budiman, 2017).

Seiring dengan meningkatnya perhatian publik terhadap isu keberlanjutan dan lingkungan, penggunaan kertas berbahan dasar serat alami maupun kertas daur ulang juga mengalami peningkatan yang cukup signifikan. Adapun serat alam yang telah digunakan sebagai bahan baku kertas komposit pada penelitian terdahulu diantaranya adalah ampas tebu (Andaka & Wijayanto, 2019), kulit nanas (Aritonang dkk., 2019), tandan kosong kelapa sawit (Putri dkk., 2022), dan sebagainya. Namun, penggunaan kertas komposit berbahan dasar serat alam atau kertas daur ulang memiliki tantangan tersendiri, khususnya terkait dengan kestabilan warna hasil cetakan dan kualitas reproduksi warna. Hal ini disebabkan oleh warna dasar kertas komposit yang umumnya tidak netral seperti memiliki rona kekuningan atau kecoklatan, atau cenderung kehijauan, sehingga memberikan pengaruh terhadap tampilan warna hasil cetakan secara langsung (Asngad & Rahmawati, 2021). Oleh karena itu, diperlukan upaya untuk meningkatkan kemampuan kertas komposit dalam mereproduksi warna hasil cetak.

Salah satu bahan yang diketahui memiliki potensi untuk meningkatkan kemampuan tersebut adalah titanium dioksida (TiO₂) yang merupakan pigmen putih dengan indeks bias yang tinggi serta mampu memantulkan cahaya secara efektif (Liang & Ding, 2020). Penambahan TiO₂ ke dalam campuran formulasi kertas komposit terbukti dapat meningkatkan nilai keputihan dan kecerahan kertas (Stevani, 2021). Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh penambahan TiO₂ terhadap kemampuan kertas komposit dalam mereproduksi warna hasil cetakan sesuai dengan ketentuan rentang kadar bahan pengisi pada kertas yaitu 5%-20% (Muryeti, 2019).

2. KAJIAN TEORITIS

Kertas Komposit

Kertas komposit merupakan jenis kertas yang diolah bersama-sama dengan bahan baku tambahan tertentu dengan tujuan untuk memperbaiki kualitas kertas yang dihasilkan (Safrizal dkk., 2022). Dalam proses pembuatan kertas komposit, serat selulosa dari bahan baku utama dikombinasikan dengan bahan tambahan untuk meningkatkan karakteristik fisik maupun optik kertas. Salah satu komponen penting dalam pembuatan kertas komposit adalah penggunaan bahan perekat. Perekat berperan dalam mengikat serat dan *filler* membentuk jalinan yang kuat pada lembaran kertas (Nuryati dkk., 2022). Selain bahan perekat, bahan pengisi juga ditambahkan ke dalam campuran kertas komposit, seperti titanium dioksida, talc, kalsium karbonat, dan sebagainya.

Titanium Dioksida (TiO₂)

Titanium dioksida (TiO₂) dikenal sebagai pigmen putih anorganik yang memiliki indeks bias tinggi, sehingga mampu memantulkan cahaya secara efektif dan memberikan kontribusi signifikan terhadap peningkatan kecerahan dan keputihan (Stevani, 2021). Penggunaan TiO₂ sebagai *filler* telah banyak diterapkan pada berbagai material komposit untuk meningkatkan karakteristik fisik dan mekaniknya (Nurcahyadi, 2022). Selain memiliki kemampuan untuk meningkatkan tingkat kecerahan, keputihan, dan opasitas kertas, TiO₂ juga berperan untuk mengurangi pengaruh warna dasar kertas komposit terhadap persepsi warna cetakan. Hal ini disebabkan oleh kemampuan TiO₂ sebagai *optical filler* dalam meningkatkan kualitas sifat optik kertas (Liang & Ding, 2020).

Reproduksi Warna

Warna yang terlihat pada hasil akhir suatu cetakan merupakan hasil dari interaksi kompleks antara system reproduksi warna, media cetak, dan kondisi pencahayaan. Diperlukan pemahaman mengenai konsep ruang warna untuk memastikan warna hasil cetak sesuai dengan desainnya. Secara umum, ruang warna RGB digunakan dalam tampilan digital sedangkan ruang warna CMYK digunakan dalam sistem pencetakan. Konversi dari RGB ke CMYK sering kali menyebabkan pergeseran warna karena adanya perbedaan rentang warna (*gamut*) yang dapat di reproduksi oleh layar monitor dan *substrate* (media cetak) yang digunakan (Edy Jogatama Purhita, 2021). Oleh karena itu, ruang warna CIELAB sering dijadikan acuan untuk merepresentasikan persepsi warna secara visual. Ruang warna CIELAB digambarkan dalam tiga parameter, yaitu L* (kecerahan), a* (merah-hijau), dan b* (kuning-biru) yang memungkinkan perbedaan warna dapat dihitung secara kuantitatif. Pengukuran warna dilakukan menggunakan alat seperti colorimeter yang berfungsi mengubah informasi warna visual menjadi data numerik yang kemudian dapat digunakan untuk memastikan akurasi warna hasil cetak (Edy Jogatama Purhita, 2021).

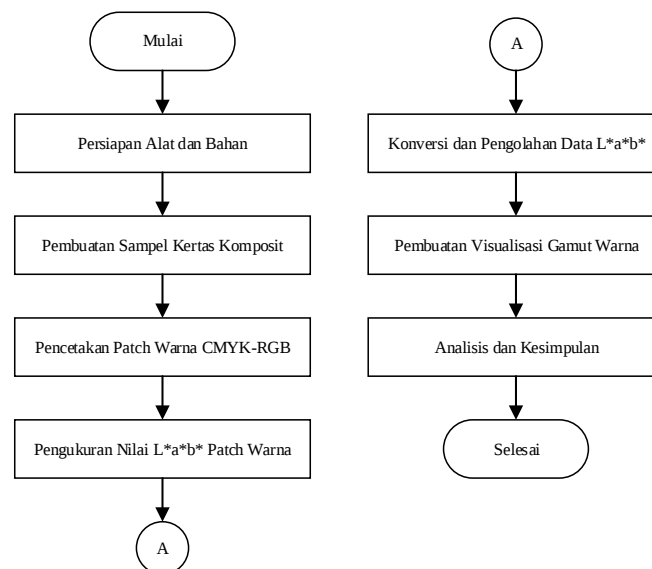
Gamut Warna

Gamut warna merupakan cakupan warna yang dapat direproduksi oleh suatu perangkat atau media, seperti monitor, *printer*, maupun media cetak seperti kertas. Pemahaman mengenai gamut warna menjadi sangat penting karena tidak semua warna yang dapat ditampilkan pada layar (RGB) dapat dicetak dengan sempurna pada media cetak (CMYK). Visualisasi cakupan *gamut* warna dilakukan dengan diagram kromatisasi seperti CIE 1931 yang memetakan distribusi warna secara dua dimensi (Sumijan & Pradani Ayu Widya Purnama, 2021). Adapun

software yang dapat digunakan untuk memproses data numerik dan menampilkan distribusi warna dalam bentuk visualisasi gamut adalah MATLAB (Hutagalung dkk., 2021). Penggunaan MATLAB untuk analisis warna berbasis data numerik memungkinkan visualisasi distribusi warna yang lebih presisi, termasuk dalam konteks pengujian cakupan warna antar media cetak (*substrate*).

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan titanium dioksida (TiO_2) terhadap kemampuan reproduksi warna pada kertas komposit berbasis serat alami. Metode yang digunakan adalah metode eksperimental yang terdiri dari beberapa tahapan, yaitu pembuatan sampel kertas komposit, pencetakan *patch* warna CMYK dan RGB, pengukuran warna hasil cetakan, serta analisis distribusi capaian warna dengan membuat visualisasi berupa *gamut* warna dua dimensi dengan *software* MATLAB 2021. Adapun standar pengukuran warna yang digunakan dalam pengukuran mengacu pada sistem *illuminant* D65 sebagai bentuk simulasi cahaya siang hari 6504K (Edy Jogatama Purhita, 2021).



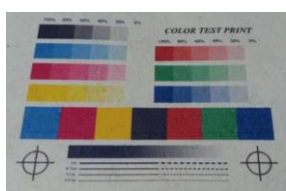
Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini menggunakan bahan utama berupa pulp ampas tebu dan pulp kertas HVS bekas dengan rasio 70:30 dengan tambahan bahan perekat PVAc sebesar 10% dari berat pulp. Selain itu, juga diberi tambahan titanium dioksida (TiO_2) sebagai bahan pengisi (*filler*) dengan variasi 0%, 10%, dan 20%. Penambahan TiO_2 dipilih karena bahan ini diketahui memiliki tingkat reflektansi (proporsi cahaya yang dipantulkan) tinggi serta dapat meningkatkan kecerahan dan keputihan kertas (Liang & Ding, 2020). Penentuan variasi kadar TiO_2 dengan interval 10 diharapkan dapat memberi hasil yang lebih jelas untuk dianalisis. Selain itu, batas

atas variasi kadar TiO_2 didasarkan pada teori bahwa kadar maksimum bahan pengisi dalam kertas adalah 20% (Muryeti, 2019). Proses pembuatan kertas dilakukan melalui dua tahap utama, yaitu pencampuran bahan sesuai rasio komposisi yang telah ditentukan serta pencetakan campuran menjadi lembaran berukuran 100 x 170 mm dan melalui tahap pengeringan selama 24-48 jam pada suhu ruang. Selanjutnya, dilakukan pencetakan *patch* warna standar CMYK dan RGB dengan menggunakan *printer inkjet* Canon Pixma IP 2771. Hasil cetakan diukur menggunakan Colorimeter ThreeNH berbasis *illuminant* standar D65 untuk memperoleh data warna numerik dalam ruang warna CIELAB yang kemudian dikonversikan ke ruang warna XYZ menggunakan *Microsoft Excel* agar data dapat dipetakan secara koordinat. Pengolahan data selanjutnya dilakukan dengan *software* MATLAB versi 2021 untuk membuat visualisasi distribusi capaian warna tiap sampel dalam diagram kromatisasi CIE (Sumijan & Pradani Ayu Widya Purnama, 2021).

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini membahas mengenai hasil pencetakan warna pada sampel kertas komposit serta analisis visualisasi *gamut* warna berdasarkan variasi kadar TiO_2 pada setiap sampel. Proses analisis dilakukan untuk mengetahui hubungan antara tingkat keputihan kertas dengan kemampuan reproduksi warna cetak.



Sampel A – 0% TiO_2



Sampel B – 10% TiO_2

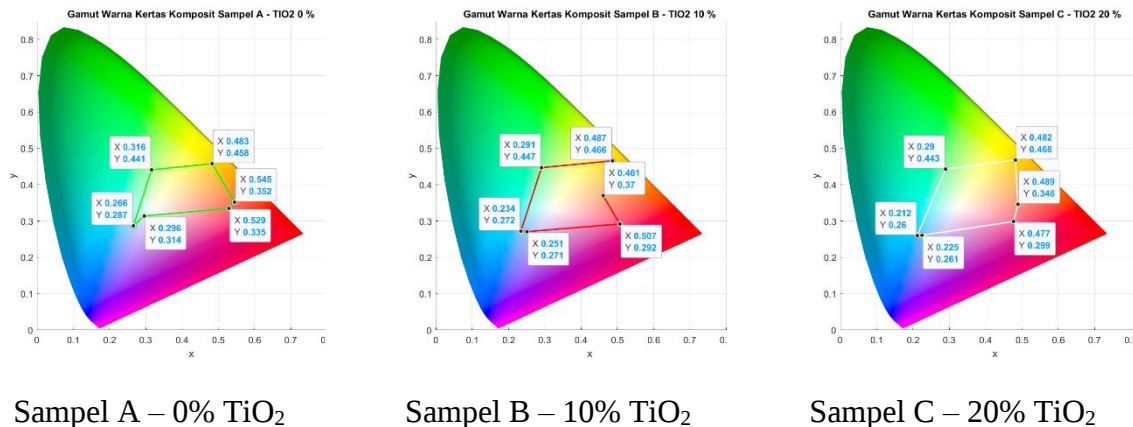


Sampel C – 20% TiO_2

Gambar 2. Hasil Cetakan Patch Warna

Gambar hasil cetakan *patch* warna pada masing – masing sampel kertas komposit menunjukkan perbedaan visual yang cukup jelas. Sampel A (0% TiO_2) menunjukkan hasil cetakan yang cenderung gelap dan kurang cerah, terutama pada area warna *blue* dan *red* yang tampak tidak terlalu tajam, menandakan keterbatasan media cetak, dalam hal ini adalah sampel kertas komposit dengan 0% TiO_2 untuk mereproduksi warna dengan optimal. Pada sampel B (10% TiO_2), hasil cetakan mulai tampak lebih cerah meskipun masih terdapat kecenderungan warna *red* yang kurang stabil secara visual. Sementara itu, sampel C (20% TiO_2) menunjukkan hasil cetakan dengan kualitas visual paling baik. *Patch* warna primer seperti *cyan*, *magenta*, *yellow*, *red*, *green* dan *blue* tampak lebih tajam dan cerah sejalan dengan peningkatan

kecerahan dan keputihan warna dasar kertas komposit akibat penambahan TiO_2 sebagai *optical filler*.



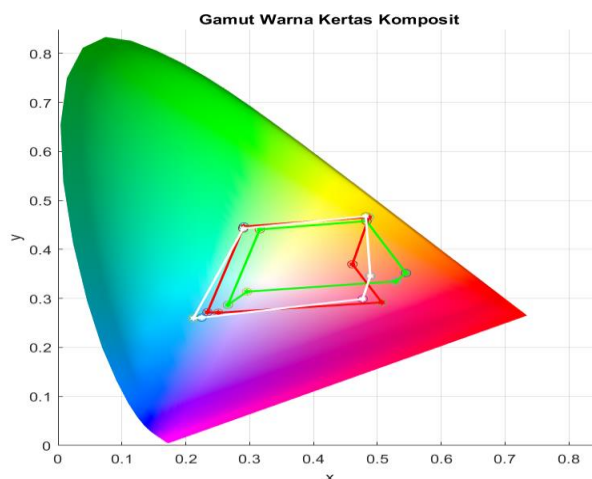
Gambar 3. Perbandingan Gamut Warna Sampel Kertas Komposit

Gambar 3 merupakan visualisasi gamut warna untuk masing – masing sampel kertas komposit dengan variasi kadar TiO_2 0%, 10% dan 20%. Adapun keterangan detail mengenai koordinat (x,y) dijabarkan melalui tabel berikut :

Tabel 1. Detail Koordinat (x,y) Sampel Kertas Komposit

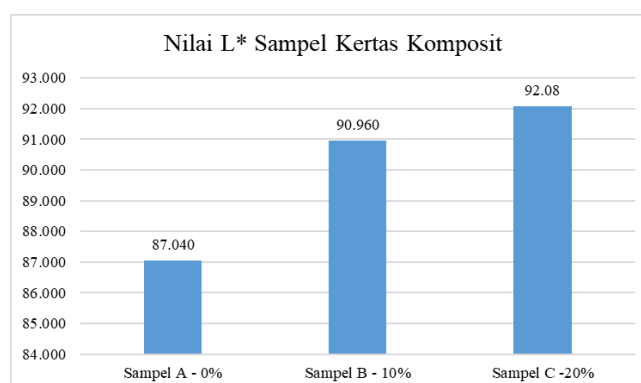
	Sampel A – 0% TiO_2		Sampel B – 10% TiO_2		Sampel C – 20% TiO_2	
	x	y	x	y	x	y
Cyan	0.266	0.287	0.234	0.272	0.212	0.260
Magenta	0.529	0.335	0.507	0.292	0.477	0.299
Yellow	0.483	0.458	0.487	0.466	0.482	0.468
Red	0.545	0.352	0.461	0.370	0.489	0.346
Green	0.316	0.441	0.291	0.447	0.290	0.443
Blue	0.296	0.314	0.251	0.271	0.225	0.261

Visualisasi hasil pengukuran warna pada diagram kromatisasi CIE diatas menunjukkan bahwa peningkatan kadar TiO_2 memberikan pengaruh terhadap perluasan *gamut* warna. Pada sampel A dengan 0% TiO_2 (garis berwarna hijau), terlihat bahwa area *gamut* warna cenderung lebih sempit dan terjadi penyempitan yang cukup signifikan di koordinat warna *blue*.



Gambar 4. Gamut Warna Sampel Kertas Komposit

Pada sampel B dengan 10% TiO_2 (garis warna merah), area distribusi warna mulai meluas meskipun masih terdapat distorsi pada koordinat warna *red* di sisi kanan *gamut*. Kemudian, pada sampel C dengan 20% TiO_2 (garis warna putih), area *gamut* warna tampak paling luas dan distribusinya pun stabil diseluruh spectrum warna. Hal tersebut sesuai dengan pertanyaan (Liang & Ding, 2020) bahwa peningkatan kecerahan dan keputihan kertas erpengaruh terhadap kemampuan reproduksi warna cetaknya.



Gambar 5. Grafik Nilai L* Sampel Kertas Komposit

Peningkatan luas *gamut* warna pada gambar 4, juga didukung oleh hasil pengukuran nilai L^* pada sampel kertas komposit. Grafik batang nilai L^* pada gambar 5 menunjukkan adanya peningkatan signifikan pada setiap penambahan kadar TiO_2 . Sampel A (0% TiO_2) terlihat memiliki nilai L^* paling rendah, sedangkan sampel C (20% TiO_2) memiliki nilai L^* paling tinggi yang menandakan terjadinya peningkatan kecerahan dan keputihan kertas komposit (Andrikustanto dkk., 2021). Hal ini selaras dengan hasil penelitian (Liang & Ding, 2020) yang menyatakan bahwa peningkatan *whiteness* mendukung reproduksi warna cetakan yang lebih optimal. Nilai L^* yang merepresentasikan kecerahan suatu warna memiliki rentang di angka 0-100 (Andrikustanto dkk., 2021), sementara nilai L^* maksimum yang didapatkan dari

penambahan 20% TiO₂ berada di angka 92.08. Berdasarkan data tersebut, dapat disimpulkan bahwa peningkatan nilai L* dapat meminimalisir pengaruh warna dasar kertas terhadap warna hasil cetak sehingga warna asli tinta menjadi lebih tampak dan kualitas reproduksi warna juga menjadi lebih baik.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penambahan titanium dioksida (TiO₂) dalam pembuatan kertas komposit berbasis ampas tebu memberikan pengaruh terhadap kualitas reproduksi warna hasil cetakan. Peningkatan kadar TiO₂ menyebabkan nilai L* kertas meningkat yang menunjukkan peningkatan kecerahan dan keputihan warna dasar kertas. Visualisasi *gamut* warna menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar TiO₂ yang diberikan, maka semakin luas area *gamut* warna yang dihasilkan. Hal ini membuktikan bahwa penambahan TiO₂ sebesar 20% (kadar maksimum filler dalam kertas) mampu meningkatkan nilai L* hingga 92.08 serta meningkatkan kualitas reproduksi warna cetakan pada kertas komposit yang dihasilkan.

DAFTAR REFERENSI

- Amri, L. H. A., Basuki, U., & Ruliftiawan, G. (2022). Controlling Color Consistency In The Production Process Of Packaging Print. *Kreator*, 9(1), 61–70. <https://doi.org/10.46961/kreator.v9i1.313>
- Andaka, G., & Wijayanto, D. (2019). *Pemanfaatan Limbah Ampas Tebu untuk Memproduksi Pulp dengan Proses Soda*.
- Andrikustanto, A. A., Prastiwinarti, W., & Hardiman, M. Y. (2021). *Analisa Whiteness Dan Brightness Pada Coated Paper Dan Uncoated Paper Terhadap Kualitas Hasil Cetak Pada Teknologi Cetak Offset*.
- Aritonang, B., Ritonga, A. H., & Sinaga, E. M. (2019). Pemanfaatan Limbah Kulit Nenas Dan Ampas Tebu Sebagai Bahan Dasar Dalam Pembuatan Kertas Menggunakan Bahan Pengikat Pati Limbah Kulit Pisang Kepok. *Jurnal Kimia Saintek dan Pendidikan*, 3, 64–75.
- Asngad, A., & Rahmawati, A. N. (2021). Kualitas Kertas Seni Dari Limbah Cangkang Telur Dan Rumput Gajah Dengan Penambahan Pelarut. *Seminar Nasional Pendidikan Biologi dan Saintek*.
- Budiman, L. L. (2017). Analisa Dryback Terhadap Perubahan Warna Dan Density Lapisan Tinta Pada Keadaan Wet Dan Dry Pada Kertas Coated Dan Uncoated. *Jurnal Poli-Teknologi*, 15(3). <https://doi.org/10.32722/pt.v15i3.862>
- Edy Jogatama Purhita. (2021). *NIRMANA - Pengantar Ilmu Warna*. Yayasan Prima Agus

Teknik.

- Hutagalung, S. H., Wibowo, D. B., & Haryanto, I. (2021). *Perencanaan Awal Software Untuk Menghasilkan Gradasi Warna: Validasi Dengan Software Meh Studi Kasus Pelat Datar Tipis*. 9(1).
- Liang, Y., & Ding, H. (2020). Mineral-TiO₂ composites: Preparation and application in papermaking, paints and plastics. *Journal of Alloys and Compounds*, 844, 156139. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2020.156139>
- Muryeti. (2019). *Material Kertas Dan Karton* (Nunung Martina & Mohammad Fauzy, Ed.). PNJPress.
- Nurchayadi, M. E. C. (2022). *Pengaruh Penambahan Titanium Dioksida (TiO₂) terhadap karakteristik sifat kuat tarik dan termal polipropilena (PP) Daur Ulang*.
- Nuryati, I., Eng, M., & Linangsari, T. (2022). *Program Studi Diploma Tiga Agroindustri Jurusan Teknologi Industri Pertanian Politeknik Negeri Tanah Laut Pelaihari 2022*.
- Putri, P. G., Ningtyas, K. R., & Agassi, T. N. (2022). Pembuatan Kertas Komposit Berbahan Baku Tandan Kosong Kelapa Sawit dan Serabut Kelapa: Manufacture of Composite Paper Material from Palm Oil Palm Empty Fruits and Coconut Fiber. *Daun: Jurnal Ilmiah Pertanian dan Kehutanan*, 9(2), 112–118. <https://doi.org/10.33084/daun.v9i2.4213>
- Safrizal, D., Herry, M., Rahmadhani, N. C., & Satriananda, S. (2022). Pembuatan Kertas Komposit Dari Tandan Kosong Kelapa Sawit (*Elaeis Guineensis*) Dan Limbah Kertas Hvs. *Jurnal Sains dan Teknologi Reaksi*, 20(01). <https://doi.org/10.30811/jstr.v20i01.3234>
- Stevani, A. (2021). Jurusan Fisika Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung Bandar Lampung. *Universitas Lampung*.
- Sumijan & Pradani Ayu Widya Purnama. (2021). *Teori dan Aplikasi Pengolahan Citra Digital Penerapan dalam Bidang Citra Medis*. Insan Cendekia Mandiri.
- Supardianningsih, S., & Adelia Krislia, F. M. (2022). Determination Of Cyan Offset Ink Formula On Absorb Paper To Get Good Printing Results. *Kreator*, 9(1), 1–13. <https://doi.org/10.46961/kreator.v9i1.475>.