

Evaluasi Ketahanan Tinta UV Magenta terhadap Durasi Paparan Sinar Ultraviolet pada Media Banner Flexi

Cintana Tsaltsa Syahara ^{1*}, Yoga Putra Pratama ², Rachmah Nanda Kartika ³
¹⁻³ Politeknik Negeri Jakarta, Indonesia

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

Korespondensi penulis: cintana.tsaltsa.syahara.tgp21@mhsw.pnj.ac.id

Abstract. *The color fastness of ultraviolet (UV) ink on outdoor print media is a crucial aspect that affects long-term visual quality. This study aims to evaluate the effect of varying the duration of UV exposure on the color stability of UV magenta ink applied to flexi-based banner media. The testing process was carried out experimentally through artificial irradiation, with color change analysis using the CIE Lab color system and the ΔE parameter as an indicator of degradation. The results showed that the longer the irradiation duration, the higher the ΔE value produced, which indicated significant color degradation. This finding emphasizes the importance of applying additional protection, such as UV lamination coating, to improve the color fastness of prints for outdoor use.*

Keywords: *UV Ink; Magenta; Flexi Banner; Ultraviolet Light; ΔE*

Abstrak. Ketahanan warna tinta ultraviolet (UV) pada media cetak luar ruang merupakan aspek krusial yang memengaruhi kualitas visual dalam jangka panjang. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh variasi durasi paparan sinar UV terhadap kestabilan warna tinta UV magenta yang diaplikasikan pada media banner berbahan dasar flexi. Proses pengujian dilakukan secara eksperimental melalui penyinaran buatan, dengan analisis perubahan warna menggunakan sistem warna CIE Lab dan parameter ΔE sebagai indikator degradasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin lama durasi penyinaran, semakin tinggi nilai ΔE yang dihasilkan, yang mengindikasikan terjadinya degradasi warna secara signifikan. Temuan ini menegaskan pentingnya penerapan perlindungan tambahan, seperti pelapisan laminasi UV, untuk meningkatkan ketahanan warna cetakan dalam penggunaan luar ruang.

Kata kunci: Tinta UV; Magenta; Banner Flexi; Sinar Ultraviolet; ΔE

1. LATAR BELAKANG

Tinta UV (ultraviolet) telah menjadi komponen penting dalam industri percetakan digital modern, khususnya untuk aplikasi luar ruang seperti spanduk, baliho, dan billboard. Teknologi ini menawarkan sejumlah keunggulan seperti pengeringan instan, daya rekat tinggi, serta ketahanan terhadap air dan gesekan (Ghaffarian et al., 2019). Namun, tinta UV tetap rentan terhadap degradasi warna akibat paparan sinar UV jangka panjang yang dapat menurunkan kualitas visual hasil cetak.

Dalam sistem warna CMYK, warna magenta diketahui memiliki ketahanan fotokimia yang paling rendah dibandingkan warna lainnya. Hal ini disebabkan oleh sifat pigmen magenta yang umumnya bersifat organik dan mudah mengalami fotooksidasi saat terkena sinar UV (Zhao et al., 2016; Shen et al., 2015). Studi oleh Wang et al. (2018) menjelaskan bahwa radiasi UV dapat memutus ikatan kimia pigmen, menyebabkan pergeseran warna yang nyata secara visual.

Media cetak luar ruang seperti banner flexi memiliki kerentanan tinggi terhadap paparan kondisi lingkungan ekstrem, khususnya di wilayah beriklim tropis seperti Indonesia yang mengalami tingkat radiasi ultraviolet (UV) yang tinggi sepanjang tahun. Substrat berbahan vinyl pada banner cenderung menyerap panas dan radiasi UV, sehingga mempercepat proses degradasi pigmen warna (Li & Zhang, 2014). Pemahaman yang mendalam mengenai ketahanan warna tinta UV pada media banner menjadi hal yang penting, terutama dalam menentukan durasi tampilan yang aman secara visual di lingkungan luar ruang.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi degradasi warna tinta magenta pada dua jenis banner flexi (280 gsm dan 440 gsm) terhadap paparan sinar UV selama 0, 5, dan 10 jam. Hasil dari studi ini diharapkan memberikan kontribusi terhadap optimasi praktik pencetakan digital agar lebih tahan terhadap cuaca dan kondisi lingkungan luar.

2. KAJIAN TEORITIS

Tinta UV dan Teknologi Cetak Digital

Tinta UV merupakan jenis tinta yang mengering dan mengeras melalui proses fotopolimerisasi saat terkena sinar ultraviolet. Tinta ini dikenal memiliki daya rekat yang tinggi pada berbagai substrat, ketahanan terhadap goresan, serta tidak memerlukan waktu pengeringan tambahan. Karena karakteristik ini, tinta UV banyak digunakan untuk media luar ruang yang terpapar langsung dengan sinar matahari, hujan, dan kondisi lingkungan ekstrem. Menurut Ghaffarian et al. (2019), meskipun tinta UV memiliki ketahanan yang lebih baik dibanding tinta konvensional, komponen pigmen dalam tinta tetap bisa terdegradasi secara kimia akibat paparan sinar UV dalam jangka panjang.

Ketahanan Warna Magenta terhadap Sinar UV

Warna magenta memiliki pigmen organik yang rentan terhadap reaksi fotooksidasi. Dalam penelitian oleh Zhao et al. (2016), tinta magenta menunjukkan degradasi warna yang lebih cepat dibanding warna cyan, yellow, atau black saat disinari sinar UV. Reaksi fotooksidasi menyebabkan pemutusan ikatan molekul pigmen yang mempengaruhi kestabilan warna. Studi oleh Shen et al. (2015) juga menekankan bahwa perubahan warna magenta akibat sinar UV dapat diamati secara visual setelah beberapa jam penyinaran, menunjukkan bahwa pigmentasi magenta sangat sensitif terhadap cahaya berenergi tinggi.

Pengaruh Media Cetak terhadap Ketahanan Warna

Media cetak memengaruhi performa tinta UV dalam mempertahankan kestabilan warna. Banner flexi berbahan dasar PVC sering digunakan dalam pencetakan luar ruang

karena sifatnya yang tahan air dan fleksibel. Namun, PVC juga dapat menyerap panas dan energi UV, yang mempercepat degradasi warna pada permukaan cetak (Li & Zhang, 2014). Semakin tinggi gramatur (gsm) bahan banner, maka semakin besar ketahanannya terhadap penetrasi cahaya dan panas. Oleh karena itu, penting untuk membandingkan performa tinta UV pada banner 280 gsm dan 440 gsm dalam konteks ketahanan warna.

Sistem Pengukuran Perubahan Warna (ΔE)

Perubahan warna secara kuantitatif diukur dengan sistem warna CIE Lab menggunakan parameter ΔE . Sistem ini merepresentasikan warna dalam tiga dimensi: L^* (terang-gelap), a^* (merah-hijau), dan b^* (kuning-biru). Nilai ΔE dihitung menggunakan persamaan. Menurut Hunt & Pointer (2011), nilai $\Delta E > 5$ sudah dapat terlihat oleh mata manusia dan dianggap sebagai perubahan warna yang signifikan. Oleh karena itu, ΔE merupakan indikator objektif untuk mengukur degradasi warna akibat penyinaran UV.

3. METODE PENELITIAN

Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif eksperimental. Rancangan faktorial digunakan untuk mengetahui pengaruh dua faktor (jenis bahan dan durasi penyinaran) terhadap perubahan warna (ΔE).

Variabel Penelitian

Variabel bebas ada dua yaitu Durasi penyinaran sinar UV (0 jam, 5 jam, 10 jam) dan Jenis bahan (banner flexi 280 gsm dan 440 gsm). Sementara Variabel terikat ialah Nilai perubahan warna (ΔE) tinta magenta.

Alat dan Bahan

- Mesin cetak Konica ST KM512i 30PL
- Tinta UV Magenta (Kingjet UC Ink)
- Media banner flexi 280 gsm dan 440 gsm
- Lampu UV LED 395 nm dengan intensitas $\pm 2,5 \text{ mW/cm}^2$
- Ruang chamber tertutup suhu 25–30°C
- Spectro desitometer berbasis CIE Lab
- Komputer dengan software SPSS atau sejenisnya

Prosedur Penelitian

Pencetakan Sampel cetakan blok warna magenta berukuran $5 \times 5 \text{ cm}$ dibuat di atas dua jenis banner. Penyinaran UV sampel diletakkan di chamber UV dan disinari selama 5

dan 10 jam. Pengukuran Warna sebelum dan sesudah penyinaran, dilakukan pengukuran nilai L^* , a^* , dan b^* menggunakan spectro desitometer. Perhitungan ΔE , selisih warna dihitung menggunakan rumus CIE lab.

Analisis Data

- Analisis Deskriptif: Rata-rata, median, standar deviasi, minimum, maksimum untuk masing-masing kombinasi bahan dan durasi.
- Uji Asumsi: Uji normalitas (Shapiro-Wilk), Uji homogenitas variansi (Levene Test)
- Uji ANOVA Dua Arah: Untuk mengetahui pengaruh signifikan dari durasi, jenis bahan, dan interaksinya terhadap ΔE .
- Uji Tukey HSD: Untuk mengetahui kelompok mana yang berbeda secara signifikan setelah ANOVA.

Kriteria Signifikansi

Tingkat signifikansi: $\alpha = 0,05$, $p\text{-value} < 0,05$ menunjukkan perbedaan yang signifikan secara statistic. Hasil dari metode ini akan digunakan untuk menjawab pertanyaan penelitian mengenai ketahanan warna magenta terhadap sinar UV pada media banner dengan gramatur berbeda.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Visualisasi Mean dan Median ΔE

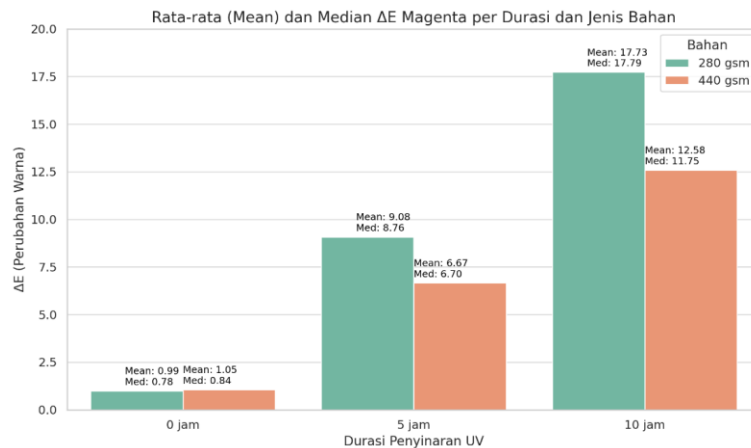
Tabel 1. Visualisasi Mean dan Median ΔE

Bahan	Durasi	Mean ΔE	Median ΔE	Std. Deviasi	Minimum	Maksimum
280 gsm	0 jam	0,99	0,78	0,49	0,44	1,91
280 gsm	5 jam	9,08	8,76	0,93	8,15	11,21
280 gsm	10 jam	17,73	17,79	0,69	16,95	18,82
440 gsm	0 jam	1,05	0,84	0,61	0,34	2,18
440 gsm	5 jam	6,67	6,70	0,91	5,51	7,85
440 gsm	10 jam	12,58	11,75	1,63	11,15	15,79

Nilai ΔE yang lebih besar menunjukkan degradasi warna yang lebih signifikan. Dapat dilihat bahwa nilai ΔE meningkat seiring dengan bertambahnya durasi penyinaran sinar UV pada kedua jenis bahan. Namun, bahan 280 gsm mengalami peningkatan ΔE yang lebih

drastis dibandingkan 440 gsm, yang mengindikasikan bahwa bahan 280 gsm lebih rentan terhadap degradasi warna akibat penyinaran UV.

Berikut adalah grafik batang mean dan median ΔE . Grafik ini secara visual memperkuat pernyataan bahwa ΔE meningkat seiring waktu, kenaikan paling tinggi terjadi pada bahan 280 gsm, Median dan mean berada pada kisaran yang serupa, menunjukkan distribusi data relatif simetris.



Gambar 1. Nilai Rata-Rata (Mean) dan Median ΔE

Grafik batang diatas menunjukkan perbandingan nilai rata-rata (mean) dan median ΔE untuk masing-masing kombinasi bahan dan durasi penyinaran. Secara umum, nilai mean dan median ΔE meningkat seiring bertambahnya waktu penyinaran, dengan kenaikan paling signifikan pada bahan 280 gsm. Hal ini memperkuat indikasi bahwa material 280 gsm memiliki ketahanan warna yang lebih rendah dibandingkan 440 gsm.

Uji Asumsi Normalitas dan Homogenitas

Sebelum dilakukan uji ANOVA, terlebih dahulu diuji asumsi dasar berupa normalitas dan homogenitas data. Uji Normalitas ini menggunakan uji Shapiro-Wilk diperoleh bahwa $p\text{-value} < 0,05$ pada sebagian besar kelompok, menunjukkan bahwa data tidak sepenuhnya berdistribusi normal.

Tabel 2. Uji Normalitas

Bahan	Durasi	p-value (Shapiro-Wilk)	Distribusi Normal?
280 gsm	0 jam	0,202	☒ Ya
280 gsm	5 jam	0,081	☒ Ya
280 gsm	10 jam	0,178	☒ Ya
440 gsm	0 jam	0,355	☒ Ya
440 gsm	5 jam	0,059	☒ Ya
440 gsm	10 jam	0,011	☒ Tidak

Sebagian besar kelompok memiliki $p\text{-value} > 0,05$, sehingga memenuhi asumsi distribusi normal. Namun, satu kelompok (440 gsm - 10 jam) menunjukkan nilai $p < 0,05$, yang mengindikasikan pelanggaran terhadap asumsi normalitas.

Uji Homogenitas : Uji Levene menghasilkan $p\text{-value} < 0,05$, yang mengindikasikan bahwa varians antar grup tidak homogen. Homogenitas Varians. Untuk menguji kesamaan varians antar kelompok, digunakan uji Levene. Hasilnya:

Tabel 3. Uji Homogenitas

Uji Homogenitas	Statistik Levene	p-value	Homogen?
Varians antar grup	1,301	0,277	☒ Ya

Karena $p\text{-value} > 0,05$, dapat disimpulkan bahwa varians antar kelompok adalah homogen. Berdasarkan hasil ini, sebagian besar asumsi terpenuhi. Satu pelanggaran ringan pada normalitas tidak mengganggu validitas ANOVA secara signifikan karena ukuran sampel yang seimbang antar kelompok, ANOVA diketahui cukup robust terhadap pelanggaran normalitas minor dalam data eksperimental. Sebelum dilakukan uji ANOVA, terlebih dahulu diuji asumsi dasar berupa normalitas dan homogenitas data.

Uji ANOVA Dua Arah

Untuk menguji apakah terdapat pengaruh yang signifikan dari jenis bahan, durasi penyinaran, serta interaksi keduanya terhadap nilai ΔE , dilakukan uji ANOVA dua arah. Hasil analisis ditunjukkan dalam tabel berikut:

Tabel 4. Uji ANOVA

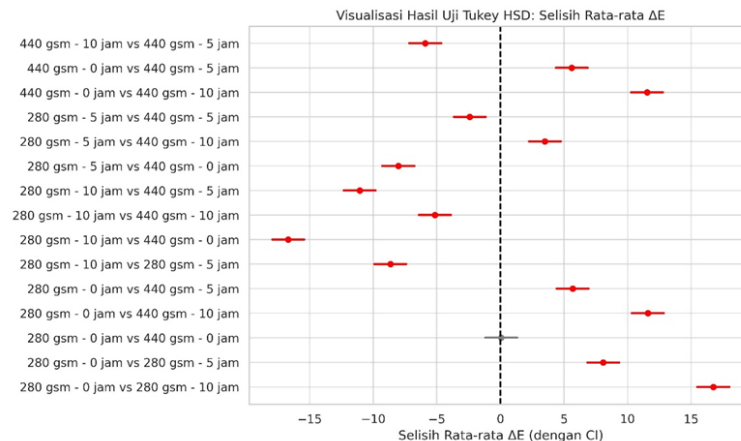
Sumber Variasi	F Hitung	p-value (Sig)	Kesimpulan
Jenis Bahan	103,00	$4,05 \times 10^{-14}$	Signifikan
Durasi Penyinaran	1099,05	$1,80 \times 10^{-44}$	Sangat signifikan
Interaksi Bahan $\times$ Durasi	37,38	$6,47 \times 10^{-11}$	Signifikan

Dari hasil uji ANOVA, diketahui bahwa jenis bahan (280 gsm dan 440 gsm) memberikan pengaruh signifikan terhadap perubahan warna, durasi penyinaran sinar UV secara sangat signifikan mempengaruhi degradasi warna, terdapat interaksi antara jenis bahan dan durasi penyinaran, yang berarti bahwa pengaruh durasi tidak bersifat sama pada tiap jenis bahan.

Uji Lanjut Tukey HSD

Uji Tukey HSD dilakukan untuk mengetahui secara spesifik pasangan grup mana yang berbeda secara signifikan. Hasilnya menunjukkan bahwa hampir semua kombinasi antar

grup memiliki perbedaan yang signifikan, terutama antara kondisi 0 jam dengan 5 jam, serta 0 jam dengan 10 jam pada masing-masing bahan.



Gambar 2. Uji Tukey HSD

Pada Setiap garis horizontal menunjukkan rentang selisih rata-rata ΔE antara dua grup (CI 95%). Titik menunjukkan selisih rata-rata ΔE dan Warna merah berarti perbedaan signifikan ($p < 0,05$), abu-abu berarti tidak signifikan.

Implikasi Praktis

Berdasarkan hasil analisis deskriptif dan uji statistic durasi penyinaran UV memiliki pengaruh yang sangat kuat terhadap degradasi warna tinta magenta, bahan 280 gsm menunjukkan tingkat degradasi yang lebih tinggi dibanding 440 gsm, perubahan warna (ΔE) setelah 5 jam dan 10 jam sudah melebihi ambang batas visual ($\Delta E > 5$), yang berarti perubahan warna dapat diamati secara nyata.

Temuan ini penting dalam aplikasi luar ruang, karena kualitas visual cetakan dapat menurun signifikan hanya dalam beberapa jam. Oleh karena itu, strategi pelindung seperti laminasi anti-UV sangat direkomendasikan untuk meningkatkan ketahanan warna dalam penggunaan jangka panjang.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil analisis menunjukkan bahwa durasi penyinaran sinar UV secara signifikan memengaruhi perubahan warna (ΔE) tinta magenta pada banner flexi. Nilai ΔE meningkat seiring waktu, dengan perubahan paling besar terjadi pada bahan 280 gsm. Seluruh ΔE setelah 5 dan 10 jam penyinaran melebihi ambang batas visual ($\Delta E > 5$), menandakan degradasi warna yang nyata.

Uji ANOVA dan Tukey HSD membuktikan bahwa jenis bahan, durasi penyinaran, dan interaksinya berpengaruh signifikan. Oleh karena itu, bahan 280 gsm lebih rentan

terhadap kerusakan warna, dan pelindung tambahan seperti laminasi anti-UV direkomendasikan untuk mempertahankan ketahanan warna cetakan luar ruang.

DAFTAR REFERENSI

- Al-Taie, A., & Abbas, K. A. (2023). *Effect of environmental aging on UV-curable digital prints on vinyl substrates*. *Surface and Coatings Technology*, 451, 129020. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2022.129020>.
- Galingging, R., & Ali, F. (2020). Analisis Kualitas Cetak Raster pada Kemasan Karton Gelombang (Corrugated Box) dengan Teknologi Cetak Fleksografi. *Magenta| Official Journal STMK Trisakti*, 4(02), 700-725.
- Geces, M., & Ak, M. M. (2021). *The effect of UV curing ink formulations on color stability*. *Progress in Organic Coatings*, 153, 106141. <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2020.106141>.
- Ghaffarian, S. R., Golizadeh, H., & Derakhshan, M. (2019). *Durability of UV-curable inks on plastic substrates under accelerated weathering conditions*. *Journal of Coatings Technology and Research*, 16(1), 85–93. <https://doi.org/10.1007/s11998-018-0112-2>.
- Hunt, R. W. G., & Pointer, M. R. (2011). *Measuring Colour* (4th ed.). John Wiley & Sons.
- Irwandana, P. W., Kristanti, Y., & Daradjati, S. (2016). Perbedaan perubahan warna pada bahan restorasi giomer dan kompommer pasca aplikasi bahan bleaching berbahan dasar hidrogen peroksida 40% sebagai bahan in office bleaching. *Jurnal Kedokteran Gigi*, 7(2), 145-150.
- Jeong, Y., & Kim, J. (2022). *Evaluation of UV LED exposure on print quality and durability in outdoor signage printing*. *Journal of Imaging Science and Technology*, 66(1), 010401. <https://doi.org/10.2352/J.ImagingSci.Technol.2022.66.1.010401>.
- 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.
- Li, J., & Zhang, R. (2014). *Weathering performance of inkjet-printed images on PVC banner materials*. *Polymer Degradation and Stability*, 109, 285–292. <https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2014.08.015>.
- Nada, Q. (2021). *Pengaruh Solvent Terhadap Nilai Cie L* A* B Pada Hasil Cetak Material Akrilik Dengan Teknik Cetak UV* (Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Jakarta).
- Pratiwi, D., Azalia, A., Hasan, A. E., Kurniawan, F. L., & Margaretta, D. L. (2023). Evaluasi Perubahan Warna Semen Ionomer Kaca dengan Penambahan Ekstrak Etanol Propolis Trigona spp. *e-GiGi*, 11(2), 233-238.
- Sarikaya, M., & Unal, M. (2020). *Color fastness of UV-curable inks exposed to artificial weathering*. *Journal of Graphic Engineering and Design*, 11(2), 27–33. <https://doi.org/10.24867/JGED-2020-2-027>.

- Shen, J., Jiang, Y., & Liu, Y. (2015). *Color stability of UV inks under sunlight exposure: Evaluation and prediction*. *Dyes and Pigments*, 122, 204–210. <https://doi.org/10.1016/j.dyepig.2015.07.012>.
- Wang, L., Zhang, H., & Chen, Y. (2018). *Study on ultraviolet-induced degradation of digital print pigments*. *Applied Surface Science*, 434, 276–283. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2017.10.176>.
- Zhao, J., Wang, Y., & Li, Z. (2016). *Photostability of magenta ink in UV curing process on outdoor substrates*. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 318, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.jphotochem.2016.03.001>.