

Analisis Perubahan Warna dalam Proses Pengeringan Tinta *DYE* dengan Menggunakan *Lighfastness Chamber*

Heribertus Rudi Kusumantoro^{1*}, Emmidia Djonaedi¹, dan Endang Yuniarti¹

¹Politeknik Negeri Jakarta, Jakarta, Indonesia

*Email: lrudi.kusumantoro@grafika.pnj.ac.id

Abstrak—Warna merupakan unsur penting dalam menghasilkan cetakan dengan kualitas yang baik, dimana warna harus baik dan stabil. Dalam usaha menjaga warna agar tidak terjadi penyimpangan selama proses cetak maupun setelah cetak, faktor pengeringan merupakan salah satu proses yang dalam prakteknya terdapat faktor-faktor berpengaruh lainnya, seperti paparan sinar, suhu, dan kelembapan. Fokus penelitian ini adalah untuk menganalisis dan memperoleh interval waktu maksimal dari tinta *dye water-based* pada cetakan dengan acuan voga 3. Metode penelitian ini adalah kuantitatif komparasi, dimulai dari mencetak voga 3 menggunakan mesin printer HP 2132, lalu pemendar cahaya menggunakan mesin *Lighfastness Chamber*, setelah itu pengukuran nilai L dan ΔE dengan alat ukur *Spectrodense*, dan terakhir dilakukan analisis. Menurut Affia, 2021 pada penelitiannya mengenai lama paparan sinar terhadap cetakan menunjukkan bahwa kandungan *solid content* berpengaruh terhadap nilai ΔE dan waktu paparan maksimal tinta *yellow* adalah 10 jam, sedangkan tinta *black* adalah 20 jam. Pada hasil penelitian ini didapatkan bahwa paparan sinar, suhu, dan kelembapan berpengaruh terhadap penyimpangan warna dan tinta A22 (*Black*) memiliki nilai ΔE paling kecil, diikuti A11 (*Yellow*), A6 (*Magenta*), dan diposisi terakhir A1 (*Cyan*).

Kata Kunci: warna, tinta *dye*, penyimpangan warna

I. PENDAHULUAN

WARNA merupakan salah satu hal yang sangat diperhatikan dalam cetakan. Produk cetakan diharapkan memiliki kualitas warna yang stabil dan baik. Namun pada kenyataannya, warna hasil cetakan dapat berbeda dengan *proofing* yang diberikan dikarenakan warna di layar komputer dan *printer* berbeda. Sederhananya, setiap alat yang digunakan sebaiknya memiliki *profile* yang sama. Sehingga, dapat menghasilkan warna yang lebih akurat dan mirip dengan yang diharapkan [1]. Kualitas warna juga dipengaruhi oleh *whiteness* dan *brightness* kertas yang digunakan seperti *coated paper* dan *uncoated paper* [2]. Sebagai contoh produk hasil cetakan yang biasanya disimpan terlebih dahulu sebelum akhirnya dikirim kepada *customer* akan mengalami pudarnya warna yang dipengaruhi oleh sinar matahari, suhu, kelembapan karena produk tersebut akan mengalami pengeringan yang lebih lama karena proses

penyimpanan. Dampak yang diakibatkan oleh paparan sinar pada cetakan adalah *pigment* memudar sehingga terjadi perubahan warna [3]. Menurut [4] bahwa lama paparan sinar terhadap cetakan menunjukkan bahwa kandungan *solid content* berpengaruh terhadap nilai ΔE dan waktu paparan maksimal tinta *yellow* adalah 10 jam, sedangkan tinta *black* adalah 20 jam.

Pengeringan cetakan berbeda-beda tergantung pada jenis media cetak yang digunakan, seperti pada material kertas *art carton* dimana tinta akan masuk ke dalam lapisan *coating* melalui gaya kapiler dan menyisakan pigmen pada permukaannya. Masalah pada metode pengeringan ini diakibatkan oleh kelembapan kertas dan kehalusan permukaan material kertas yang digunakan [5]. Penyebab lain pengeringan tinta yang kurang baik ialah dipengaruhi ukuran partikel tinta cetak yang digunakan pada proses cetak. Semakin kecil ukuran partikel tinta maka akan semakin mudah tinta masuk ke dalam pori-pori kertas pada proses pengeringan.

Tinta *dye* merupakan jenis tinta yang menggunakan *dye* dan bukan pigmen sebagai bahan pewarnaannya dan berfungsi untuk memberikan warna, membentuk bodi pada tinta. Pada jenis *printer inkjet* untuk menghasilkan gambar berwarna secara langsung pada substrat atau di atasnya media transfer dimana gambar ditransfer ke substrat. Secara khusus, ada dua tipe dasar dari tinta *dye* yang digunakan untuk pencetakan inkjet: tinta *water base* atau berbasis air dan tinta *oil based* atau berbasis minyak [6]. Tinta *dye* sendiri termasuk molekul dan senyawa yang menyerap radiasi elektromagnetik atau panjang gelombang tertentu [7].

Wilhelm Imaging Research pusat pengujian yang terkenal dan terpercaya melakukan pengujian ketahanan tinta/media inkjet di dalam ruangan menggunakan tinta inkjet yang beragam. Mereka menerbitkan hasil yang menunjukkan beberapa cetakan yang menggunakan tinta *dye* diperkirakan memiliki ketahanan 120 tahun, sedangkan tinta berbasis pigmen hanya bertahan hingga 34 tahun. Kelebihan dari tinta *dye* dibandingkan dengan pigmen ialah tinta *dye* menghasilkan warna yang lebih cemerlang. Hal ini dikarenakan partikel dalam tinta pigmen kering memiliki permukaan yang kasar, sehingga cahaya yang dipantulkan dari cetakan cenderung menyebar ke segala arah,

dibandingkan tinta *dye* yang memiliki permukaan tinta kering yang halus.

Dikarenakan dampak pemudaran warna pada masing-masing warna tinta berbeda-beda, tergantung kepada waktu pendaran cahaya, suhu, dan kelembapan yang ada, maka perlu lakukan pengujian pengeringan tinta *dye* menggunakan mesin *lightfastness chamber*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh waktu pendaran pada masing-masing warna tinta *dye* pada cetakan *Digital Printer*. Hasil akhir dari pengujian ini adalah waktu pendaran cahaya maksimal untuk cetakan *Digital Printer* jika dibandingkan 0 jam.

II. METODE

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium/ Bengkel Teknik Grafika dan Penerbitan, Politeknik Negeri Jakarta. Perubahan yang diamati atau diukur pada penelitian ini adalah waktu penyinaran, suhu, kelembapan, dan nilai ΔE pada masing-masing tinta. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah kuantitatif komparasi.



Gambar 1. Flowchart Penelitian

Penelitian dilakukan empat tahap utama, yaitu tahap persiapan cetak, proses cetak, proses pendaran/paparan cahaya, dan pengukuran pengukuran nilai CIE L^*a^*b serta perhitungan nilai ΔE . Adapun urutan proses sebagai berikut:

A. *Persiapan cetak*

Persiapan yang dilakukan untuk mencetak adalah menyiapkan alat cetak digital berupa HP 2132 dan bahan yang digunakan berupa tinta *dye* serta media cetak berupa kertas *art carton* 135 gsm.

B. *Proses cetak*

Proses cetak dilakukan dengan menggunakan acuan cetak voga 3 dengan image sesuai dengan standar tersebut. Proses cetak menggunakan cetak digital dengan mesin *printer* HP 2132.

C. *Pendaran/paparan cahaya*

Setelah proses cetak, kemudian cetakan masuk pada proses pendaran cahaya menggunakan mesin *lightfastness chamber*. Variabel waktu pendaran/paparan cahaya yang digunakan ialah dengan kelipatan 2 jam pada setiap sampelnya, terdapat 13 (0 jam – 24 jam) variabel waktu dengan masing-masing warna terdiri dari memiliki 24 sampel.

D. *Pengukuran nilai CIE L^*a^*b dan perhitungan nilai ΔE*

Setelah dipaparkan, hasil cetakan diukur nilai L^*a^*b dengan menggunakan alat spektrodensitometer. Dari hasil nilai L^*a^*b maka dihitung nilai ΔE , hal ini dilakukan untuk melihat acuan penyimpangan warna yang terjadi setelah dilakukan proses paparan (*lightfastness*) pada cetakan.

Setelah itu dilakukan analisa nilai light (L) dan nilai ΔE untuk melihat perubahan warna yang terjadi diakibatkan oleh pendaran cahaya, suhu, dan kelembapan. Suhu yang digunakan pada penelitian ini adalah 50-59°C, dimana suhu ini mewakili panas udara maksimal matahari, serta dengan kelembapan 30%-45%. Menurut Komisi *Internationale de l'Eclairage* (CIE), rumus yang digunakan untuk menghitung nilai ΔE sebagai berikut:

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

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengeringan tinta pada material dapat dipengaruhi oleh suhu maupun jenis material cetak yang digunakan. Pengeringan tinta yang baik dapat menghasilkan produk dengan kualitas yang baik dengan warna stabil, banyak produk yang penggunaannya *outdoor* akan lebih sering terkena sinar matahari dan menyebabkan pemudaran warna pada cetakan seiringnya waktu. Pemilihan jenis tinta yang digunakan pada proses cetak juga akan mempengaruhi nilai pemudaran warna yang terjadi. Pada setiap warna pun nilai ΔE atau nilai penyimpangan warna yang dihasilkan dapat berbeda-beda tergantung pada jenis pigmen yang digunakan [8].

Pengaruh pendaran cahaya UV akan menurunkan kemampuan filter tinta sehingga nilai L akan semakin turun dan mendekati nilai L kertas. Kecenderungan penurunan ini bersifat sama pada semua *pigment*, karena pengukuran nilai L tergantung pada kemampuan reflektansi warna *pigment*, bukan pada gugus kromofor (gugus pemberi warna pada molekul pigmen). Arti dari reflektansi ialah atau kemampuan warna

untuk memantulkan atau membiaskan warna pada cetakan yang rendah [7].

Oleh karena itu berkurangnya nilai L juga dapat mengindikasikan peluruhan pigmen pemberi warna pada tinta. Tapi pada praktiknya, nilai L setelah paparan tidak akan mencapai nilai L pada nilai L kertas, hal ini karena disebabkan lignin pada kandungan kertas menguning (*yellowing*) membentuk senyawa kompleks baru (*lignin* terurai dalam UV membentuk senyawa turunan *fenolik*) sehingga nilai L akhir tidak setinggi nilai L awal kertas [6]. Berikut di bawah ini disajikan tabel nilai ΔL pada tinta *dye* menggunakan waktu pendaran cahaya yang sudah ditentukan.

Tinta *water-based* biasanya dicetak diatas media berbasis *coated paper* yang penggunaannya diluar ruangan, dimana pada prakteknya cetakan akan dipengaruhi oleh suhu, kelembapan dan terkena paparan sinar. Pada tinta, pigmen yang digunakan memiliki kemampuan reflektansi dan peluruhan pigmen yang berbeda-beda.

TABEL I
NILAI ΔL TINTA DYE DIGITAL PRINTER CMYK

Sampel	ΔL			
	A1 (Cyan)	A6 (Magenta)	A11 (Yellow)	A22 (Black)
1	0	0	0	0
2	0,43	-0,53	0,25	1,33
3	0,55	-0,6	-1,6	1,55
4	0,73	3,68	1,45	2,08
5	-2,77	3,45	1,05	2,08
6	-2,83	4,51	1,91	2,01
7	-2,68	3,41	1,58	2,08
8	-2,93	3,59	1,48	2,04
9	-2,96	3,34	1,49	2,14
10	-2,62	3,47	1,52	2,29
11	-2,45	3,13	1,4	2,66
12	-2,7	3,61	1,68	2,11
13	-2,75	3,01	1,52	2,08

A. Analisis Nilai ΔL tinta A1 (Cyan)

Pada tabel 1 terlihat tinta A1 (Cyan) nilai ΔL memiliki nilai negatif pada paparan sinar diatas 6 jam, sehingga mengindikasikan perubahan warna yang signifikan dibandingkan tinta lain seperti tinta A22 (Black) yang cenderung bernilai positif. Hal ini dapat dipengaruhi oleh kekentalan dari tinta cyan itu sendiri, dimana [9] menyebutkan bahwa tinta cyan dan yellow memiliki nilai negatif dengan nilai ΔE kedua warna tersebut cenderung sangat besar dibanding yang lainnya.

B. Analisis Nilai ΔL tinta A6 (Magenta)

Pada tabel diatas terlihat nilai ΔL terbesar terdapat pada sampel ke-6 (10 jam) warna A6 (Magenta) dengan nilai sebesar 4,51, sedangkan nilai terkecil terdapat padawarna A11 (Yellow) sampel ke-2 (2 jam) dengan nilai 0,25. Penurunan nilai L pada tinta dapat dipengaruhi oleh kemampuan dari tinta terhadap cahaya (*lightfastness*). Diantara semuanya, tinta A6 (Magenta)

memiliki nilai ΔE yang cenderung lebih tinggi bila dibandingkan dengan tinta yang lain.

C. Analisis Nilai ΔL tinta A11 (Yellow)

Pada tabel 1 terlihat tinta A11 (Yellow) memiliki nilai ΔE yang lebih kecil dan stabil dibandingkan dengan yang lain dan tidak mengalami perubahan nilai yang drastis jika dibandingkan dengan tinta A1 dan A6 Dalam jurnal pengujian *lightfastness* menggunakan tinta *base color* terdapat daftar pigmen tinta yang memiliki ketahanan cahaya dari baik hingga buruk, beberapa pigmen yellow seperti yellow 74 termasuk jajaran dengan ketahanan *lightfastness* menengah, serta yellow 12 dan 13 kategori buruk [7]. Secara teori (berdasar standar *whitetile*) yellow akan memiliki reflektansi paling tinggi dibandingkan warna lain (ingat, putih bukanlah warna) sehingga memiliki L yang paling tinggi diikuti warna orange dan green.

D. Analisis Nilai ΔL Tinta A22 (Black)

Pada tabel 1 terlihat tinta A22 (Black) tidak menunjukkan perubahan L kearah negatif seperti tinta A1 (Cyan). Warna black merupakan yang paling rendah karena cenderung menyerap semua panjang gelombang dan sedikit merefleksikannya sehingga memiliki nilai L yang paling rendah. Laju penurunan nilai L akan semakin bertambah bukan karena nilai L awal, tapi pada karakter ketahanan pigmen tersebut. Ketahanan ini dipengaruhi oleh kuat ikatan gugus kromofor pemberi warna [9].

E. Analisis Nilai ΔL Gabungan Seluruh Tinta Per 2 jam

Terlihat pada tabel 1 sampel ke-2 dengan waktu paparan 2 jam tinta A6 (Magenta) memiliki nilai L negatif dengan nilai sebesar -0,53. Pada sampel ke-3 (4 jam) tinta A6 dan A11 bernilai negatif, sementara tinta A22 (Black) memiliki nilai ΔL tertinggi dibanding yang lain. Pada paparan sinar 6 jam terlihat semua tinta memiliki nilai positif dengan nilai ΔL tertinggi diperoleh tinta A6 (Magenta) sebesar 3,68. Sementara pada sampel 5 ke 6 terlihat tinta A6 (Magenta) mengalami peningkatan yang cukup signifikan yaitu 1,06 poin, bila dibandingkan dengan tinta yang lainnya. Pada sampel 7 tinta A6 (Magenta) masih menjadi tinta dengan nilai ΔL tertinggi 3,41 diikuti tinta A22, A11, dan yang terakhir tinta A1 dengan nilai sebesar -2,68. Pada sampel ke-8 (14 jam) sampai ke-13 (24 jam) tinta A1 (Cyan) terus bernilai negatif yang menunjukkan perubahan warna yang signifikan jika dibandingkan dengan tinta yang lainnya. Berikut di bawah ini disajikan tabel nilai ΔE pada tinta *dye* menggunakan waktu pendaran cahaya yang sudah ditentukan.

F. Analisis Nilai ΔE tinta A1 (Cyan)

Pada tabel 2 terlihat tinta A1 (Cyan) memiliki nilai penyimpangan warna terkecil dengan nilai 0,54. Pada sampel 1 sampai 3 terlihat nilai tidak melebihi 1, tetapi pada sampel ke-4 terjadi peningkatan nilai ΔE sebanyak 5,79 poin menjadi 5,78. Hal tersebut terjadi lagi dimana sampel 4 mengalami kenaikan ΔE dari 5,78 menjadi 11,57, nilai tersebut cenderung stabil sampai pada sampel ke-9 dan berubah menjadi 12,57. Hal ini dapat dipengaruhi oleh kekentalan dari tinta cyan itu sendiri [10] menyebutkan bahwa tinta cyan dan yellow memiliki nilai

negatif dengan nilai ΔE kedua warna tersebut cenderung sangat besar dibanding yang lainnya.

TABEL 2
NILAI ΔL TINTA DYE DIGITAL PRINTER CMYK

Sampel	ΔE			
	A1 (Cyan)	A6 (Magenta)	A11 (Yellow)	A22 (Black)
1	0	0	0	0
2	0,54	5,28	1,99	2,11
3	0,78	5,38	2,86	2,31
4	5,78	8,24	3,19	2,18
5	11,57	8,25	3,48	2,11
6	11,57	8,25	3,48	2,11
7	11,70	9,81	4,21	2,07
8	11,69	8,84	3,21	2,23
9	11,87	8,81	3,62	2,10
10	12,57	9,10	3,39	2,34
11	11,90	9,21	3,16	2,44
12	12,06	9,47	3,01	2,37
13	12,27	8,91	3,10	2,38

G. Analisis Nilai ΔL tinta A6 (Magenta)

Berdasarkan tabel 2 terlihat bahwa tinta A6 (Magenta) mengalami penyimpangan warna paling cepat pada sampel ke-2 dengan waktu pendaran cahaya selama 2 jam, dengan nilai ΔE sebesar 5,28. Nilai tersebut terus naik dan mengalami penurunan pada sampel ke-8 dan ke-9. Semakin tinggi nilai ΔE maka perbedaan warna akan semakin jauh [11]

H. Analisis Nilai ΔE tinta A11 (Yellow)

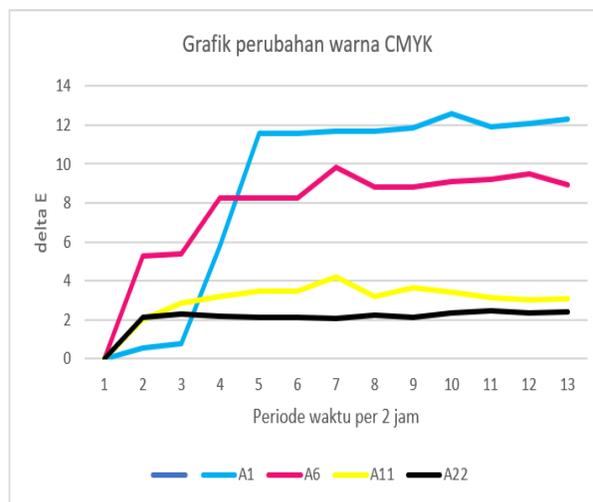
Pada tabel 2 terlihat tinta A11 (Yellow) memiliki nilai ΔE yang lebih kecil dan stabil dibandingkan dengan yang lain dan tidak mengalami perubahan nilai yang drastis jika dibandingkan dengan tinta A1 dan A6 Dalam jurnal pengujian *lightfastness* menggunakan tinta *base color* terdapat daftar pigmen tinta yang memiliki ketahanan cahaya dari baik hingga buruk, beberapa pigmen *yellow* seperti *yellow 74* termasuk jajaran dengan ketahanan *lightfastness* menengah, serta *yellow 12* dan *13* kategori buruk [9]. Secara teori (berdasar standar *whitetile*) *yellow* akan memiliki reflektansi paling tinggi dibandingkan warna lain (ingat, putih bukanlah warna) sehingga memiliki L yang paling tinggi diikuti warna *orange* dan *green*.

I. Analisis Nilai ΔE Tinta A22 (Black)

Pada tinta A22 (Black) terlihat memiliki nilai ΔE yang lebih kecil dibandingkan dengan tinta yang lainnya, hal tersebut dapat disebabkan kekentalan tinta yang mempengaruhi perpindahan warna [10]. Pada warna A22 terlihat penyimpangan warna yang terjadi cenderung stabil setiap waktunya pada masing-masing sampel, dengan nilai ΔE terbesar pada sampel ke-11 dengan nilai 2,44.

J. Analisis Nilai ΔE Gabungan Seluruh Tinta Per 2 jam

Terlihat pada tabel 2 sampel ke-2 dengan waktu paparan 2 jam tinta A6 (Magenta) memiliki nilai ΔE tertinggi dengan nilai sebesar 5,38. Pada sampel ke-3 (4 jam) dan ke-4 (6 jam) seluruh tinta mengalami peningkatan nilai ΔE lebih dari 1 poin, sementara tinta A22 (Black) justru mengalami penurunan sebanyak 0,13 poin. Pada sampel ke-5 dan ke-6 seluruh tinta terlihat memiliki nilai yang stabil, sedangkan tinta A1 dan A6 mengalami peningkatan pada 2 jam selanjutnya, tinta A11 dan A22 malah mengalami penurunan.



Gambar 2. Grafik Perubahan Warna CMYK



Gambar 3. Perbedaan warna hasil sebelum (atas) dan sesudah (bawah)

Pada sampel 7 tinta A11 (Yellow) terlihat mengalami perubahan nilai yang cukup signifikan menjadi 4,21 dan tinta A6 (Magenta) menjadi 9,81. Lalu pada 2 jam selanjutnya hingga pada sampel ke-13 (24 jam) hanya tinta A1 dan A6 yang mengalami naik-turun nilai ΔE , sementara tinta A11 dan A22 cenderung stabil naik.

Pada tabel di atas juga terlihat tinta warna A1 (Cyan) dengan waktu pendaran cahaya selama 0 – 24 jam memiliki nilai ΔE yang cukup besar walaupun memiliki nilai yang kecil pada waktu pendaran cahaya selama 2 jam. Nilai ΔE terbesar ialah 12,57 pada sampel ke-10 (18 jam). Penyimpangan warna pada masing-masing tinta dapat diakibatkan oleh jenis pigmen yang digunakan pada saat pembuatan tinta [9]. Dibawah ini ditampilkan grafik perubahan warna pada tinta CMYK.

Pada grafik di atas terlihat pada tinta warna A1 (Cyan) memiliki nilai ΔE yang cukup besar dibandingkan dengan tinta yang lain. Perubahan drastis juga terlihat dari sampel 3 ke 5 dimana garis biru menanjak jauh keatas dan terus mengalami

perubahan nilai ΔE ketas secara stabil dengan nilai tertinggi sebesar 12,57 pada sampel ke-10 (16 jam).

Terlihat juga perubahan nilai ΔE yang cenderung kecil terdapat pada tinta A22 (*Black*) dan cenderung konstan setelah mengalami kenaikan nilai pada sampel ke-2 (2 jam) dengan nilai sebesar 2,11. Sedangkan tinta A11 (*Yellow*) dan A6 (*Magenta*) memiliki nilai ΔE yang tidak stabil, etidak stabilan nilai ini dapat sebabkan oleh degradasi struktur kimia oleh sinar uv (*ultraviolet*) maupun buatan akan memecah ikatan tertentu dalam tinta sehingga memodifikasi sruktur molekulnya. Perubahan ini kemudian mengubah kemampuan pigmen untuk menyerap cahaya pada spektrum tertentu sehingga menyebabkan berkurangnya kekuatan warna atau variasi rona warna tinta. Perubahan ini bersifat kumulatif dan *ireversibel* [11]. Selain degredasi struktur kimia, faktor lainnya ialah kelembapan dimana hasil pengujian menunjukkan semakin rendah nilai kelembapan maka nilai pemudaran warna akan semakin tinggi, dan sebaliknya [12].

IV. KESIMPULAN

Waktu pengeringan tinta *dye* CMYK pada kertas *art carton* 135 gsm mempengaruhi nilai penyimpangan warna (ΔE) pada tinta *dye* Digital Printer, dibantu dengan beberapa faktor berpengaruh seperti paparn sinar, suhu, dan kelembapan. Waktu maksimum paparan sinar dibandingkan dengan acuan waktu 0 jam pada tinta A1 (*Cyan*) adalah 2 jam dengan nilai ΔE sebesar 0,54, A6 (*Magenta*) adalah 2 jam dengan nilai ΔE sebesar 5,28, A11 (*Yellow*) adalah 2 jam dengan nilai 1,99, dan A22 (*Black*) adalah 2 jam dengan nilai ΔE sebesar 2,11. Sementara dari keseluruhan warna yang sudah diuji selama waktu 0-24 jam, warna A22 (*Black*) menunjukkan ketahanan warna yang baik dengan nilai ΔE yang lebih kecil dan konstan dibandingkan warna lain.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Politeknik Negeri Jakarta melalui Unit Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (UP2M) atas dukungan dana dan seluruh pihak yang turun

tangan membantu sehingga penelitian ini sehingga dapat terlaksana dengan baik.

REFERENSI

- [1] "ICC Profile: Mengapa Warna Hasil Cetak Berbeda dengan Design? - Texco News." <https://news.texco.co.id/apa-itu-icc-profile-warna-cetak-berbeda/> (accessed Jun. 29, 2022).
- [2] "Analisa Whiteness Dan Brightness Pada Coated Paper Dan Uncoated Paper Terhadap Kualitas Hasil Cetak Pada Teknologi Cetak Offset - Repository Politeknik Negeri Jakarta." <https://repository.pnj.ac.id/eprint/3965/> (accessed Jun. 29, 2022).
- [3] D. Tutak, C. Aydemir, and A. Akgul, "Investigation of the effects of silicone oil coating and hot air drying on the optical and physical properties of heat-set web offset printing papers," *Journal of Graphic Engineering and Design*, vol. 9, no. 2, pp. 41–45, 2018, doi: 10.24867/JGED-2018-2-041.
- [4] "Pengaruh Pemaparan Sinar Terhadap Penyimpangan Warna Pada Kertas Art Carton 210 GSM - Repository Politeknik Negeri Jakarta." <https://repository.pnj.ac.id/id/eprint/3810/> (accessed Jun. 29, 2022).
- [5] I. Karlovits and G. Lavrič, "Paper surface efficiency and inkjet colour reproduction on invasive and agro residue papers," *International Symposium on Graphic Engineering and Design*, pp. 177–183, 2020, doi: 10.24867/GRID-2020-P17.
- [6] "Aharon Shmaiser | Research contributor in Substrate (printing), Digital printing." <https://typeset.io/authors/aharon-shmaiser-1511xxriey> (accessed Jun. 29, 2022).
- [7] "US8045167B2 - Determining solid concentration of an ink - Google Patents." <https://patents.google.com/patent/US8045167B2/en> (accessed Jun. 29, 2022).
- [8] T. Cigula, T. Tomašegović, and T. Hudika, "Effect of the paper surface properties on the ink transfer parameters in offset printing," *Nordic Pulp and Paper Research Journal*, 2019, doi: 10.1515/NPPRJ-2019-0018.
- [9] N. Azmi Jurusan Teknik Grafika dan Penerbitan and P. U. Negeri Jakarta Kampus Jl DRG ASiwabessy, "Pengaruh Waktu Pemaparan Sinar Terhadap Penyimpangan Warna Matahari (Lightfastness) Pada Cetakan Dengan Menggunakan Tinta Base Color (Indoor)," *Jurnal Poli-Teknologi*, vol. 15, no. 3, 2016, doi: 10.32722/PT.V15I3.863.
- [10] "Analisa Perpindahan Warna Tinta Dye-Sublimasi Digital Printing Pada Chiffon Cerutti (Poliester) Dengan Mesin Heat Press - Repository Politeknik Negeri Jakarta." <https://repository.pnj.ac.id/id/eprint/3773/> (accessed Jun. 29, 2022).
- [11] A. S. R. Sinaga and E. Marpaung, "Segmentasi Warna HSV Telapak Tangan Untuk Deteksi Bakteri Pada Pandemi Covid 19," *Fountain of Informatics Journal*, vol. 5, no. 3, pp. 1–5, Nov. 2020, doi: 10.21111/FIJ.V5I3.4925.
- [12] C. Aydemir, N. Kašiković, C. Horvath, and S. Durdevic, "Effect of paper surface properties on ink color change, print gloss and light fastness resistance," *Cellulose Chemistry and Technology*, vol. 55, no. 1–2, pp. 133–139, 2021, doi: 10.35812/Cellulosechemtechnol.2021.55.14.