



Pengaruh Jenis Laminasi terhadap Kuat Tarik dan Perubahan Warna pada *Pressure sensitive label PE White*

Miko Dwi Saputra¹Penulis¹, Vika Rizkia², Sahiba Sahila³

¹⁻³Teknologi Rekayasa Cetak dan Grafis 3 Dimensi, Politeknik Negeri Jakarta, Indonesia

*Penulis Korespondensi: dwimiko480@gmail.com

Abstract. *Pressure sensitive labels (PSLs) made of polyethylene (PE) white are widely used in the packaging industry due to their flexibility, moisture resistance, and ease of application on various substrates. This study aimed to examine the effect of glossy and matte lamination on the tensile strength and color difference (ΔE) of PE white PSLs. An experimental method was employed, with tensile testing conducted using a universal testing machine (UTM) in accordance with ASTM standards and color measurement performed using a spectrodensitometer based on the CIE Lab system. The samples were divided into three treatment groups, namely no lamination, glossy lamination, and matte lamination, with ink coverage controlled at two design conditions, full ink and minim ink. The results indicated that lamination type significantly affected both the mechanical and visual characteristics of the labels. In the tensile strength test, the highest mean value was obtained by one treatment group, indicating superior resistance to tensile loading. In terms of color stability, higher ΔE values indicated greater color change and lower lightfastness, whereas lower ΔE values reflected better color retention. Overall, the findings show that the combination of lamination type and ink coverage influences the performance of PE white PSLs in both mechanical strength and color stability.*

Keywords: *Glossy Lamination; Matte Lamination; Polyethylene White; Pressure-Sensitive Label; Tensile Strength.*

Abstrak. *Pressure sensitive label (PSL) berbahan polyethylene (PE) white banyak digunakan di industri kemasan karena sifatnya yang fleksibel dan mudah diaplikasikan pada berbagai substrat. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh jenis laminasi, yaitu glossy dan doff, terhadap kuat tarik dan perubahan warna (ΔE) pada PSL PE white dengan variasi cakupan tinta full ink dan minim ink. Penelitian dilakukan secara eksperimental melalui pengujian kuat tarik menggunakan universal testing machine (UTM) dan pengukuran warna menggunakan spektrodensitometer berbasis CIE Lab. Nilai ΔE dihitung dari perbedaan parameter warna sebelum dan sesudah uji lightfastness. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan laminasi dan cakupan tinta memberikan pengaruh terhadap karakteristik mekanik dan visual label. Pada pengujian kuat tarik, perlakuan tertentu menghasilkan nilai rata-rata tertinggi sehingga menunjukkan ketahanan tarik yang lebih baik. Sementara itu, pada pengujian warna, nilai ΔE tertinggi menunjukkan perubahan warna paling besar atau kestabilan warna yang lebih rendah. Dengan demikian, kombinasi perlakuan laminasi dan cakupan tinta memengaruhi performa PSL PE white, baik dari sisi ketahanan mekanik maupun kestabilan warna.*

Kata kunci: Kekuatan Tarik; Label Peka Tekanan; Laminasi Glossy; Laminasi Matte; Polietilena Putih.

1. LATAR BELAKANG

Perkembangan industri kemasan dan percetakan label mendorong meningkatnya kebutuhan terhadap material label yang tidak hanya unggul secara visual, tetapi juga memiliki ketahanan mekanik dan stabilitas terhadap pengaruh lingkungan. *Pressure sensitive label* menjadi salah satu pilihan utama dalam industri kemasan karena mudah diaplikasikan, memiliki daya rekat yang baik, serta dapat digunakan pada berbagai substrat tanpa memerlukan panas atau pelarut tambahan (Fitzgerald et al., 2023; Xue et al., 2025). Label pada kemasan tidak hanya berfungsi sebagai identitas produk, tetapi juga dapat mendukung komunikasi visual yang lebih dinamis ketika dirancang responsif terhadap deformasi atau perubahan lingkungan (de Castro et al., 2024).

Struktur antarmuka juga dapat memengaruhi performa label karena luas kontak permukaan yang lebih besar dapat memperkuat adhesi dan mengubah respons label terhadap perlakuan permukaan (Clarke et al., 2025). Selain ketahanan mekanik, kestabilan warna juga merupakan parameter penting dalam menilai mutu label karena perubahan warna dapat menurunkan kualitas estetika dan persepsi konsumen terhadap produk. Perubahan warna yang nyata dapat menunjukkan terjadinya penuaan atau kerusakan material (N et al., 2023). Pengukuran warna menggunakan sistem CIE Lab dan parameter ΔE digunakan secara luas untuk menilai perubahan warna secara objektif, sehingga mampu menggambarkan tingkat kestabilan warna suatu material secara kuantitatif (N et al., 2023; Naffah et al., 2024; Singh et al., 2024). Dalam konteks material multilayer, keberadaan label dan lapisan tambahan juga perlu dipertimbangkan karena dapat memengaruhi keterurutan proses daur ulang serta kualitas material hasil olahan kembali (Schmiedt et al., 2025).

Laminasi sering diterapkan sebagai lapisan pelindung tambahan untuk meningkatkan daya tahan permukaan cetak terhadap gesekan, kelembapan, dan paparan cahaya. Akan tetapi, setiap jenis laminasi berpotensi memberikan pengaruh yang berbeda terhadap sifat mekanik maupun optik label. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa karakteristik *pressure-sensitive adhesive* sangat dipengaruhi oleh struktur material, kondisi permukaan, dan perlakuan antarmuka, sehingga finishing permukaan dapat menentukan performa akhir label secara signifikan (Jeon et al., 2024; Mozelewska & Antosik, 2022; Ortega-Iguña et al., 2022). Label yang mampu menunjukkan perubahan visual akibat stimulus mekanik membuka peluang penggunaan sebagai media informasi aktif, bukan sekadar elemen dekoratif (Park et al., 2022).

Di sisi lain, stabilitas warna pada label juga dipengaruhi oleh paparan lingkungan dan karakter material penyusunnya. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa perubahan warna dapat terjadi akibat paparan cahaya, proses aging, maupun interaksi dengan permukaan dan komposisi bahan, sehingga pengujian warna menjadi penting dalam kajian material label (Luo et al., 2024; Naffah et al., 2024; Singh et al., 2024). Berdasarkan hal tersebut, kajian mengenai pengaruh jenis laminasi terhadap kuat tarik dan perubahan warna pada *Pressure sensitive label PE white* menjadi relevan untuk dilakukan, baik sebagai kontribusi akademik maupun sebagai dasar pertimbangan dalam aplikasi industri percetakan dan kemasan (Fitzgerald et al., 2023; Jeon et al., 2024). Selain itu, respons warna yang dapat berubah akibat deformasi menunjukkan bahwa label berpotensi memiliki fungsi sensorik yang relevan untuk aplikasi pemantauan kondisi produk maupun permukaan (Poloni et al., 2022).

2. KAJIAN TEORITIS

Pressure sensitive label merupakan jenis label yang dapat menempel pada permukaan hanya dengan tekanan ringan tanpa memerlukan panas atau pelarut tambahan, sehingga banyak digunakan dalam industri kemasan karena praktis dan mudah diaplikasikan pada berbagai substrat. Kinerja *Pressure sensitive label* sangat dipengaruhi oleh sifat material penyusunnya, terutama keseimbangan antara daya rekat, kekuatan kohesif, dan karakter permukaan substrat. (Jeon et al., 2024) menjelaskan bahwa *pressure-sensitive adhesive* bekerja secara efektif ketika sifat mekanik dan kondisi antarmuka material berada dalam keseimbangan yang sesuai. (Ortega-Iguña et al., 2022) juga menunjukkan bahwa kondisi substrat, kekasaran permukaan, dan perlakuan antarmuka berpengaruh terhadap performa mekanik adhesif. Karakter adhesi pada PSA juga dapat berubah ketika berinteraksi dengan permukaan yang berbeda, sehingga performa finishing label perlu dianalisis bersama kondisi antarmuka materialnya (Jha et al., 2024).

Pada label berbahan polyethylene white, sifat material yang fleksibel dan tahan lembap membuatnya sesuai untuk aplikasi kemasan, tetapi tetap memerlukan perlakuan tambahan agar ketahanan fungsionalnya lebih baik. Dalam konteks ini, laminasi menjadi salah satu bentuk finishing yang penting karena dapat mengubah perilaku mekanik maupun visual label. Kuat tarik adalah kemampuan material untuk menahan gaya tarik hingga sebelum mengalami kerusakan atau putus, sehingga parameter ini penting untuk menilai ketahanan label dalam proses produksi, distribusi, dan penggunaan. Jika label memiliki kuat tarik yang rendah, maka label lebih mudah robek, berubah bentuk, atau rusak saat mengalami tekanan mekanik. (Luo et al., 2024) menyatakan bahwa *pressure-sensitive adhesive* memiliki perilaku mekanik yang sangat dipengaruhi oleh suhu, kelembapan, dan kondisi lingkungan. Hal tersebut menunjukkan bahwa sifat mekanik label tidak hanya ditentukan oleh bahan dasar, tetapi juga oleh kondisi pemakaian dan perlakuan permukaan yang diterapkan. Stabilitas visual pada label penting karena perubahan warna kecil sekalipun dapat memengaruhi persepsi mutu dan konsistensi tampilan produk di mata pengguna akhir (Wang et al., 2024)

(Ortega-Iguña et al., 2022) menegaskan bahwa interaksi antara substrat dan *adhesive* berperan besar dalam hasil uji mekanik. Dengan demikian, laminasi pada label PE white dapat memengaruhi hasil kuat tarik karena lapisan tambahan berpotensi memperkuat atau justru mengubah struktur respons material terhadap gaya. (Mozelewska & Antosik, 2022) menunjukkan bahwa pada *pressure-sensitive adhesive*, komposisi material dan kondisi modifikasi dapat memengaruhi berbagai sifat penting seperti adhesi, tack, kohesi, dan

thermal resistance. Temuan tersebut memperkuat bahwa perubahan komposisi atau lapisan tambahan pada sistem *adhesive* dapat berdampak langsung terhadap performa material.

Perubahan warna pada penelitian ini dinyatakan menggunakan sistem CIE Lab dan parameter ΔE , yang digunakan untuk mengukur perbedaan warna sebelum dan sesudah perlakuan. Nilai ΔE menunjukkan besarnya perubahan warna secara kuantitatif, sehingga semakin tinggi nilai ΔE maka semakin besar perubahan warna yang terjadi. (Naffah et al., 2024) menjelaskan bahwa pengukuran warna dengan CIE Lab banyak digunakan karena mampu menggambarkan perubahan warna secara objektif dan terukur. (Singh et al., 2024) juga menyatakan bahwa stabilitas warna merupakan aspek penting dalam material yang dipasangkan dengan lapisan lain karena perubahan warna dapat memengaruhi tampilan akhir.

(Kulčar et al., n.d.) menunjukkan bahwa *facestock Pressure sensitive label* dapat mengalami perubahan warna yang dipengaruhi oleh kondisi material dan paparan lingkungan. (Feng et al., 2023) memperlihatkan bahwa perubahan warna pada label dapat digunakan sebagai indikator kondisi tertentu, sehingga evaluasi warna menjadi bagian penting dalam pengembangan material label. (Jiang et al., 2024) juga menegaskan bahwa kestabilan visual sangat menentukan fungsi label, terutama ketika label digunakan untuk komunikasi informasi visual. Oleh sebab itu, kajian ΔE dan CIE Lab relevan untuk menilai pengaruh laminasi terhadap kestabilan warna label PE white.

Laminasi merupakan lapisan pelindung tambahan yang digunakan untuk meningkatkan daya tahan permukaan cetak terhadap gesekan, kelembapan, dan paparan cahaya. Laminasi glossy biasanya menghasilkan permukaan yang lebih mengkilap dan tajam, sedangkan laminasi doff cenderung memberikan tampilan yang lebih redup dan lembut. Perbedaan karakter optik tersebut dapat memengaruhi pantulan cahaya, persepsi warna, dan hasil pengukuran ΔE pada label. Selain memengaruhi tampilan, laminasi juga dapat mengubah ketahanan mekanik karena menambah struktur lapisan pada label.

(Luo et al., 2024) juga menunjukkan bahwa temperature dan humidity memengaruhi elastisitas serta kekakuan *pressure-sensitive adhesive*. Artinya, performa akhir label sangat dipengaruhi oleh kombinasi material dasar, kondisi lingkungan, dan perlakuan finishing. Dalam penelitian ini, pengaruh laminasi perlu diuji langsung karena setiap jenis laminasi dapat memberikan respons yang berbeda terhadap kuat tarik dan perubahan warna. (Jeon et al., 2024) menegaskan bahwa *pressure-sensitive adhesive* memiliki karakteristik mekanik dan antarmuka yang sensitif terhadap kondisi material. Pada aspek warna, (Naffah et al., 2024) membuktikan bahwa warna material dapat berubah secara signifikan setelah proses perlakuan atau paparan

tertentu. (Singh et al., 2024) juga memperlihatkan bahwa perbedaan substrat dan perlakuan permukaan dapat menghasilkan nilai ΔE yang berbeda.

Penelitian terdahulu telah memberikan dasar teoritis yang kuat mengenai *pressure-sensitive adhesive*, kuat tarik, dan stabilitas warna, tetapi masih terbatas dalam membahas label PE white dengan kombinasi laminasi glossy dan doff secara spesifik. (Jeon et al., 2024) meneliti perilaku *pressure-sensitive adhesive* dalam kondisi ekstrem, namun fokusnya bukan pada label cetak dengan variasi finishing. (Ortega-Iguña et al., 2022) meneliti pengaruh substrat dan antarmuka terhadap adhesif, tetapi konteksnya berbeda dari label polyethylene white. (Naffah et al., 2024) menyoroti perubahan warna pada material dengan pengukuran ΔE , tetapi bukan pada pengaruh laminasi terhadap label komersial. (Mozelewska & Antosik, 2022) menegaskan pentingnya modifikasi pada *pressure-sensitive adhesive* untuk memperbaiki sifat teknis, tetapi belum mengaitkannya dengan finishing label cetak. (Luo et al., 2024) menunjukkan bahwa kondisi lingkungan memengaruhi mekanik PSA, sehingga mendukung perlunya pengujian pada label yang memiliki lapisan tambahan.

Dengan demikian, masih terdapat celah penelitian yang menghubungkan laminasi, kuat tarik, dan perubahan warna pada satu material label yang sama. Celah tersebut penting karena industri membutuhkan data empiris untuk memilih finishing yang tidak hanya menarik secara visual, tetapi juga stabil dan tahan pakai. Penelitian ini hadir untuk mengisi kekosongan tersebut dengan membandingkan performa label PE white pada kondisi tanpa laminasi, laminasi glossy, dan laminasi doff secara simultan. Secara akademik, penelitian ini diharapkan memperkaya literatur mengenai hubungan antara finishing, sifat mekanik, dan kestabilan visual pada label berbasis film plastik. Secara praktis, hasil penelitian ini dapat menjadi dasar pertimbangan bagi industri percetakan dan kemasan dalam memilih jenis laminasi yang paling sesuai. Selain itu, hasil pengujian kuat tarik dan perubahan warna dapat membantu menentukan kombinasi material dan finishing yang paling efisien dari sisi fungsi dan tampilan. Pada akhirnya, kajian teoritis ini menjadi landasan untuk menganalisis pengaruh jenis laminasi terhadap kuat tarik dan perubahan warna pada *Pressure sensitive label PE white*.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan rancangan eksperimen laboratorium dengan pendekatan kuantitatif untuk menganalisis pengaruh jenis laminasi terhadap kuat tarik dan perubahan warna pada *Pressure sensitive label PE white*. Rancangan yang digunakan adalah faktorial 2×3 dengan dua faktor utama, yaitu ink coverage dan jenis laminasi, sedangkan bahan, ukuran label, dan jenis printer dijaga tetap. Desain faktorial juga digunakan untuk menilai pengaruh

dua variabel bebas terhadap satu variabel terikat yang bersifat kontinu, sekaligus melihat kemungkinan adanya interaksi di antara keduanya (Andrade, 2024) pada penelitian ini, Kombinasi perlakuan terdiri atas enam desain, yaitu tanpa laminasi dengan minim ink, tanpa laminasi dengan full ink, glossy laminasi dengan minim ink, glossy laminasi dengan full ink, doff laminasi dengan minim ink, dan doff laminasi dengan full ink. Setiap perlakuan dilakukan dalam tiga replikasi untuk memperoleh data yang lebih stabil dan dapat dibandingkan secara statistik. Pendekatan faktorial dipilih karena memungkinkan analisis pengaruh masing-masing faktor sekaligus interaksi antar faktor terhadap respon penelitian.

Objek penelitian adalah label PE white yang dicetak menggunakan printer DURST T340 RSG dengan tinta UV digital. Ukuran label ditetapkan $5,5 \times 15$ cm agar seluruh sampel memiliki ukuran yang seragam dan hasil pengujian dapat dibandingkan secara adil. Pengujian dilakukan terhadap dua respon utama, yaitu kuat tarik dan perubahan warna (lightfastness). Kuat tarik diukur menggunakan alat uji tarik sesuai prinsip pengujian film tipis, sedangkan perubahan warna dianalisis melalui pengukuran warna CIE Lab dan nilai ΔE menggunakan spectrodensitometer. Hasil perbedaan kuat tarik ini sejalan dengan temuan bahwa sifat mekanik sistem berbasis label sangat dipengaruhi oleh struktur material dan kondisi antarmuka selama pembebanan (Li et al., 2023). Dengan demikian, data yang diperoleh bersifat kuantitatif dan dapat dianalisis untuk melihat kecenderungan pengaruh tiap perlakuan.

Teknik pengumpulan data dilakukan melalui observasi hasil cetak, pengujian laboratorium, dan pencatatan nilai pengukuran dari setiap sampel. Data kuat tarik diperoleh dari tiga replikasi tiap desain, lalu dicatat sebagai nilai rata-rata agar mewakili karakter tiap perlakuan. Data perubahan warna diambil sebelum dan sesudah pengujian lightfastness untuk kemudian dihitung nilai CIE Lab dan ΔE -nya. Karena seluruh perlakuan dicetak pada bahan, ukuran, dan mesin yang sama, maka perbedaan hasil dapat dikaitkan dengan jenis laminasi dan cakupan tinta. Pengujian instrumen tidak dibahas secara rinci karena penelitian ini mengacu pada prosedur standar uji tarik film tipis dan pengukuran warna Lab- ΔE .

Analisis data dilakukan secara deskriptif kuantitatif untuk membandingkan nilai rata-rata kuat tarik dan ΔE pada setiap perlakuan. Hasil analisis kemudian ditafsirkan berdasarkan kecenderungan nilai tertinggi, terendah, dan perbedaan antar kombinasi perlakuan. Dengan cara ini, penelitian dapat menunjukkan perlakuan mana yang paling baik terhadap performa mekanik maupun kestabilan warna label. Model penelitian secara konseptual menggambarkan bahwa jenis laminasi dan cakupan tinta memengaruhi kuat tarik serta perubahan warna pada label PE white.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

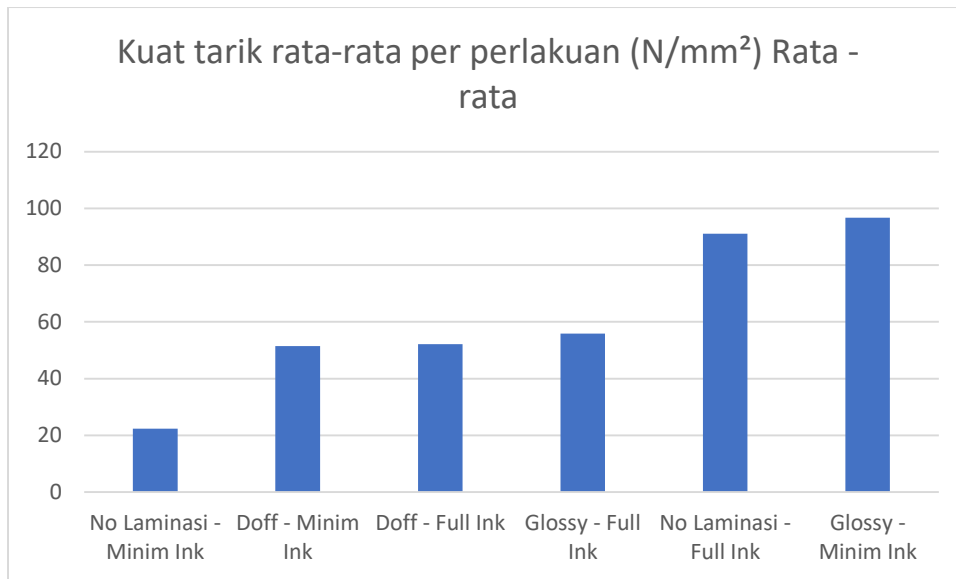
Hasil penelitian diperoleh dari enam kombinasi perlakuan, yaitu tanpa laminasi dengan minim ink, tanpa laminasi dengan full ink, laminasi glossy dengan minim ink, laminasi glossy dengan full ink, laminasi doff dengan minim ink, dan laminasi doff dengan full ink. Setiap perlakuan diuji sebanyak tiga replikasi untuk memperoleh data yang lebih stabil dan dapat dibandingkan secara kuantitatif. Data yang dihasilkan kemudian dianalisis pada dua fokus utama, yaitu kuat tarik dan perubahan warna, karena kedua aspek tersebut merupakan tujuan utama penelitian ini. Pengelompokan pembahasan seperti ini memudahkan pembacaan hasil sekaligus memperjelas hubungan antara jenis laminasi, cakupan tinta, dan performa label PE white. Dengan rancangan faktorial, analisis hasil juga dapat melihat kecenderungan pengaruh masing-masing perlakuan serta kemungkinan interaksinya.

Hasil Pengujian Kuat Tarik

Tabel 1. Data kuat tarik tiap perlakuan
Kuat tarik rata-rata per perlakuan (N/mm²)

| Perlakuan | Rata - rata |
|------------------------|-------------|
| No Laminasi -Minim Ink | 22,333 |
| Doff - Minim Ink | 51,499 |
| Doff - Full Ink | 52,166 |
| Glossy - Full Ink | 55,888 |
| No Laminasi - Full Ink | 91,111 |
| Glossy - Minim Ink | 96,667 |

Hasil pengujian kuat tarik pada *Pressure sensitive label* PE white menunjukkan adanya perbedaan nilai pada setiap kombinasi perlakuan. Berdasarkan data rata-rata, perlakuan Glossy–Minim Ink menghasilkan kuat tarik tertinggi sebesar 96,667 N/mm², sedangkan perlakuan No Laminasi–Minim Ink menghasilkan kuat tarik terendah sebesar 22,333 N/mm². Perlakuan No Laminasi–Full Ink berada pada urutan berikutnya dengan nilai 91,111 N/mm², diikuti Glossy–Full Ink sebesar 55,888 N/mm², Doff–Full Ink sebesar 52,166 N/mm², dan Doff–Minim Ink sebesar 51,499 N/mm². Data ini menunjukkan bahwa jenis laminasi dan cakupan tinta memberikan pengaruh terhadap kemampuan label menahan gaya tarik. Secara umum, hasil tersebut menegaskan bahwa finishing permukaan tidak hanya berperan pada tampilan, tetapi juga pada ketahanan mekanik label. Pada pengujian film tipis, kuat tarik memang menjadi parameter penting untuk menilai ketahanan material terhadap beban hingga titik putus.



Gambar 1. Data kuat tarik tiap perlakuan

Perbedaan nilai kuat tarik tersebut menunjukkan bahwa kombinasi finishing dan cakupan tinta memengaruhi performa label secara mekanik. Nilai tertinggi pada perlakuan Glossy–Minim Ink mengindikasikan bahwa lapisan glossy pada desain dengan cakupan tinta lebih ringan mampu memberikan dukungan yang lebih baik terhadap ketahanan tarik. Sebaliknya, nilai sangat rendah pada No Laminasi–Minim Ink menunjukkan bahwa tanpa lapisan pelindung, label menjadi lebih rentan terhadap gaya tarik. Hasil ini sejalan dengan konsep bahwa sifat mekanik pressure sensitive *adhesive* dipengaruhi oleh karakter antarmuka, struktur material, dan kondisi permukaan. Dengan demikian, kuat tarik label PE white tidak hanya ditentukan oleh bahan dasar, tetapi juga oleh finishing yang diterapkan pada permukaannya.

Hasil Pengujian Perubahan Warna

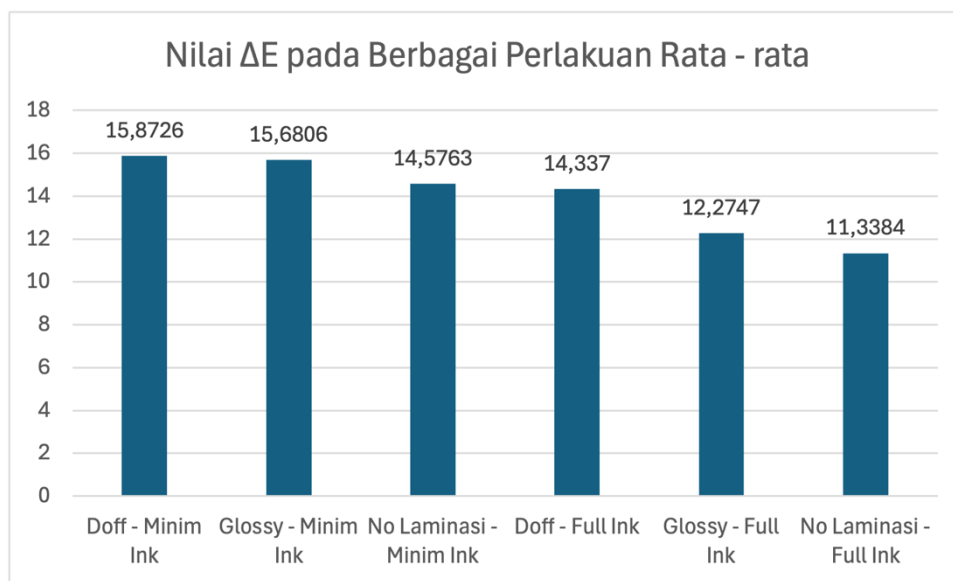
Tabel 2. Nilai CIE Lab sebelum dan sesudah lightfastness

| Perlakuan | Nilai rata-rata LAB pada Berbagai Perlakuan | | | | | |
|-----------------------|---|----------|----------|---------|---------|---------|
| | L_before | a_before | b_before | L_after | a_after | b_after |
| Glossy Full Ink | 81,3067 | -9,7656 | 69,09 | 84,1378 | 0,31 | 62,7044 |
| Glossy Minim Ink | 89 | -8,7678 | 87,3178 | 92,0878 | 0,9456 | 75,7189 |
| Doff Full Ink | 80,8322 | -8,9522 | 68,1567 | 84,15 | 0,2622 | 57,7 |
| Doff Minim Ink | 88,0522 | -7,9767 | 85,7 | 91,4611 | 1,1567 | 73,4389 |
| No Laminasi Full Ink | 81,8878 | -8,4378 | 66,8211 | 84,5056 | 0,6878 | 60,6411 |
| No Laminasi Minim Ink | 89,4433 | -7,94 | 86,7778 | 92,4433 | 1,2733 | 76,1222 |

Tabel 3. Rata-rata nilai ΔE tiap perlakuan

| Nilai ΔE pada Berbagai Perlakuan | |
|--|-------------|
| Perlakuan | Rata - rata |
| Doff - Minim Ink | 15,8726 |
| Glossy - Minim Ink | 15,6806 |
| No Laminasi - Minim Ink | 14,5763 |
| Doff - Full Ink | 14,337 |
| Glossy - Full Ink | 12,2747 |
| No Laminasi - Full Ink | 11,3384 |

Hasil pengujian perubahan warna menunjukkan bahwa setiap kombinasi perlakuan menghasilkan nilai ΔE yang berbeda. Nilai ΔE tertinggi diperoleh pada perlakuan Doff–Minim Ink sebesar 15,8726, sedangkan nilai terendah diperoleh pada perlakuan No Laminasi–Full Ink sebesar 11,3384. Perlakuan Glossy–Minim Ink menghasilkan ΔE sebesar 15,6806, No Laminasi–Minim Ink sebesar 14,5763, Doff–Full Ink sebesar 14,337, dan Glossy–Full Ink sebesar 12,2747. Data ini menunjukkan bahwa jenis laminasi dan cakupan tinta memengaruhi kestabilan warna label setelah pengujian lightfastness. Semakin besar nilai ΔE , semakin besar perubahan warna yang terjadi, sedangkan nilai yang lebih kecil menunjukkan warna yang lebih stabil



Gambar 2. Grafik rata-rata ΔE per perlakuan

Nilai ΔE yang tinggi pada perlakuan Doff–Minim Ink dan Glossy–Minim Ink menunjukkan bahwa kombinasi jenis laminasi dan cakupan tinta dapat memperbesar perubahan warna setelah paparan cahaya. Sebaliknya, nilai terendah pada No Laminasi–Full Ink menunjukkan bahwa kondisi tersebut lebih stabil secara visual dibanding perlakuan lain. Hal ini menegaskan bahwa laminasi tidak selalu menghasilkan kestabilan warna yang lebih

baik, karena hasilnya sangat bergantung pada interaksi antara permukaan, tinta, dan karakter finishing. Dalam konteks label berbasis PE white, kestabilan warna menjadi penting karena warna yang berubah dapat menurunkan kualitas tampilan dan persepsi konsumen terhadap produk. Dengan demikian, hasil uji warna memperlihatkan bahwa pemilihan finishing perlu mempertimbangkan bukan hanya fungsi proteksi, tetapi juga respons optik terhadap paparan lingkungan.

Pembahasan Umum

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis laminasi dan cakupan tinta memberikan pengaruh yang berbeda terhadap kuat tarik dan perubahan warna pada *Pressure sensitive label PE white*. Pada pengujian mekanik, perlakuan Glossy–Minim Ink menghasilkan nilai kuat tarik tertinggi, sedangkan pada pengujian warna, perlakuan No Laminasi–Full Ink menunjukkan kestabilan warna terbaik berdasarkan nilai ΔE terendah. Pola ini menegaskan bahwa perlakuan yang paling baik secara mekanik tidak selalu menjadi perlakuan yang paling stabil secara visual. Dengan kata lain, hasil penelitian memperlihatkan adanya perbedaan respons antara kekuatan fisik dan ketahanan warna pada label yang sama. Karena itu, pemilihan finishing label perlu disesuaikan dengan prioritas penggunaan akhir, apakah lebih menekankan ketahanan tarik atau kestabilan warna.

Perbedaan ini dapat dijelaskan melalui karakter dasar material dan struktur lapisan pada label. Laminasi glossy tampak memberi keuntungan pada sisi mekanik karena permukaan yang lebih terlindungi dan struktur lapisan yang lebih stabil dapat membantu label menahan gaya tarik dengan lebih baik. Sementara itu, pada aspek warna, perlakuan tanpa laminasi pada full ink justru menunjukkan hasil yang lebih stabil, kemungkinan karena interaksi cahaya dan permukaan tidak terlalu dipengaruhi oleh lapisan tambahan. Nilai ΔE yang lebih besar pada beberapa perlakuan mengindikasikan bahwa perubahan warna tetap terjadi setelah pengujian lightfastness, dan fenomena ini menunjukkan bahwa kestabilan warna sangat dipengaruhi oleh kombinasi antara jenis finishing dan cakupan tinta. Temuan ini sejalan dengan prinsip bahwa pada factorial experiment, hasil satu faktor dapat bergantung pada level faktor lainnya, sehingga pembacaan hasil tidak boleh dilakukan secara terpisah.

Dari sisi praktis, hasil ini menunjukkan bahwa tidak ada satu perlakuan yang unggul mutlak untuk semua aspek. Jika tujuan utama adalah meningkatkan kuat tarik, maka perlakuan Glossy–Minim Ink menjadi pilihan yang paling baik berdasarkan data penelitian ini. Namun, jika tujuan utama adalah menjaga kestabilan warna, maka No Laminasi–Full Ink memberikan hasil yang paling baik karena menghasilkan ΔE paling rendah. Kondisi ini penting bagi industri percetakan label karena pemilihan finishing harus mempertimbangkan fungsi produk, bukan

hanya penampilan akhir. Dengan demikian, penelitian ini memberikan dasar bahwa optimasi label PE white perlu dilakukan secara seimbang antara performa mekanik dan visual.

Jika dibandingkan dengan teori *Pressure sensitive label*, hasil penelitian ini masih berada dalam jalur yang logis karena label berbasis film memang dikenal memiliki respons yang berbeda terhadap perlakuan permukaan, beban mekanik, dan paparan cahaya. Konsep colorfastness pada label menegaskan bahwa perubahan warna dapat terjadi akibat pengaruh cahaya dan kondisi lingkungan, sedangkan tensile strength menunjukkan kemampuan material mempertahankan integritas fisiknya. Oleh karena itu, temuan penelitian ini memperkuat bahwa laminasi tidak hanya berperan sebagai pelindung visual, tetapi juga sebagai faktor yang dapat mengubah performa label secara keseluruhan. Dengan menggabungkan hasil kuat tarik dan perubahan warna, penelitian ini menunjukkan bahwa kualitas label harus dipahami sebagai kombinasi antara ketahanan fisik dan kestabilan warna.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa jenis laminasi dan cakupan tinta memberikan pengaruh terhadap kuat tarik dan perubahan warna pada *Pressure sensitive label* PE white. Pada pengujian kuat tarik, perlakuan Glossy–Minim Ink menghasilkan nilai rata-rata tertinggi, sedangkan No Laminasi–Minim Ink menghasilkan nilai terendah. Sementara itu, pada pengujian perubahan warna, perlakuan No Laminasi–Full Ink menunjukkan kestabilan warna terbaik dengan nilai ΔE terendah, sedangkan Doff–Minim Ink menghasilkan perubahan warna terbesar. Hasil ini menunjukkan bahwa tidak semua perlakuan unggul secara bersamaan pada aspek mekanik dan visual, sehingga pemilihan finishing perlu disesuaikan dengan kebutuhan akhir label. Secara umum, penelitian ini membuktikan bahwa laminasi berperan penting dalam menentukan performa label, tetapi efeknya bergantung pada kombinasi dengan cakupan tinta yang digunakan.

Penelitian ini memiliki keterbatasan pada jumlah perlakuan yang masih terbatas pada enam kombinasi dan pengujian hanya dilakukan pada satu jenis bahan label, yaitu PE white, sehingga hasilnya belum dapat digeneralisasi untuk seluruh jenis label peka tekan. Selain itu, pengujian warna hanya berfokus pada nilai ΔE setelah lightfastness, sehingga perubahan visual pada kondisi lain seperti kelembapan atau gesekan belum dianalisis. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan agar variasi bahan, jenis tinta, dan parameter laminasi diperluas agar hubungan antarperlakuan dapat dipahami lebih komprehensif. Penelitian berikutnya juga dapat menambahkan uji ketahanan permukaan, uji adhesi, atau pengamatan mikroskopis agar pengaruh laminasi terhadap struktur label dapat dijelaskan lebih mendalam. Dengan demikian,

hasil penelitian ini dapat menjadi dasar awal untuk pengembangan label yang lebih kuat, stabil, dan sesuai kebutuhan industri percetakan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada keluarga tercinta atas doa, dukungan, kesabaran, dan semangat yang senantiasa diberikan selama proses penyusunan penelitian ini. Ucapan terima kasih secara khusus penulis sampaikan kepada kakak saya, Ririn Nur Intan Sari, atas perhatian, bantuan, dan dukungan yang sangat berarti hingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik. Penulis juga berterima kasih kepada teman-teman serta semua pihak yang telah membantu, mendukung, dan kebersamai selama proses penelitian dan penulisan artikel ini. Semoga segala kebaikan yang telah diberikan mendapatkan balasan yang berlipat ganda.

DAFTAR REFERENSI

- Andrade, C. (2024). Understanding factorial designs, main effects, and interaction effects: Simply explained with a worked example. *Indian Journal of Psychological Medicine*, 46(2), 175–177. <https://doi.org/10.1177/02537176241237066>
- Clarke, B. R., Hu, X., Petek, E., Witt, C. L., Katsumata, R., Watkins, J. J., Crosby, A. J., & Tew, G. N. (2025). Wet/dry bottlebrush pressure-sensitive adhesives via a dangling defect-driven design. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 17(20), 30140–30148. <https://doi.org/10.1021/acsami.5c05934>
- de Castro, L. D. C., Engels, T. A. P., Oliveira, O. N., & Schenning, A. P. H. J. (2024). Sticky multicolor mechanochromic labels. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 16(11), 14144–14151. <https://doi.org/10.1021/acsami.3c19420>
- Feng, T., Chen, H., & Zhang, M. (2023). Applicability and freshness control of pH-sensitive intelligent label in cool chain transportation of vegetables. *Foods*, 12(18), Article 3489. <https://doi.org/10.3390/foods12183489>
- Fitzgerald, D. M., Colson, Y. L., & Grinstaff, M. W. (2023). Synthetic pressure-sensitive adhesives for biomedical applications. *Progress in Polymer Science*, 142, 101692. <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2023.101692>
- Jeon, J., Kim, J., Park, S., Bryan, G., Broderick, T. J., Stone, M., & Tsukruk, V. V. (2024). Double-sided pressure-sensitive adhesive materials under human-centric extreme environments. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 16(36), 48257–48268. <https://doi.org/10.1021/acsami.4c09327>
- Jha, A., Gryska, S., Barrios, C., & Frechette, J. (2024). Adhesion and contact aging of acrylic pressure-sensitive adhesives to swollen elastomers. *Langmuir*, 40(8), 4267–4276. <https://doi.org/10.1021/acs.langmuir.3c03413>
- Jiang, C., Liu, G., Zhang, Q., Wang, S., & Zou, Y. (2024). Preparation and characterization of intelligent packaging labels based on pea starch, κ -carrageenan and black raspberry extract for monitoring freshness of pork. *Food Chemistry: X*, 24, 101850. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2024.101850>

- Kulčar, R., Maretić, D., & Vukoje, M. (n.d.). *Dynamics of thermochromic color change of pressure-sensitive labels facestock made from environmentally friendly materials*. <https://raconteur.uberrip.com/i/1289441-future-of-packaging-2020/13?m4=>
- Luo, W., Chen, W., Liu, D., Huang, X., & Ma, B. (2024). Effect of temperature and humidity on mechanical properties and constitutive modeling of pressure-sensitive adhesives. *Scientific Reports*, 14(1), Article 64960. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-64960-2>
- Mozelewska, K., & Antosik, A. K. (2022). Influence of silicone additives on the properties of pressure-sensitive adhesives. *Materials*, 15(16), 5713. <https://doi.org/10.3390/ma15165713>
- N, J., Ahmed, N., & Rattan, R. (2023). Evaluation and assessment of the colour stability of modified polymethyl methacrylate denture base materials and polyether ether ketone in a cast partial denture framework: An in vitro study. *Cureus*. <https://doi.org/10.7759/cureus.48189>
- Naffah, N., Ounsi, H., Ozcan, M., & Salameh, Z. (2024). Evaluation of the color stability of three resin-ceramic materials using a spectrophotometer and a digital photography software. *Contemporary Clinical Dentistry*, 15(1), 44–50. https://doi.org/10.4103/ccd.ccd_656_18
- Ortega-Iguña, M., Chludzinski, M., & Sánchez-Amaya, J. M. (2022). Comparative mechanical study of pressure-sensitive adhesives over aluminium substrates for industrial applications. *Polymers*, 14(21), 4783. <https://doi.org/10.3390/polym14214783>
- Park, K. H., Lee, D. Y., Yoon, S. H., Kim, S. H., Han, M. S., Jeon, S., Kim, Y., Lim, Y. K., Hwang, D. H., Jung, S. H., & Lim, B. (2022). Adhesion improvement of solvent-free pressure-sensitive adhesives by semi-IPN using polyurethanes and acrylic polymers. *Polymers*, 14(19), 3963. <https://doi.org/10.3390/polym14193963>
- Poloni, E., Rafsanjani, A., Place, V., Ferretti, D., & Studart, A. R. (2022). Stretchable soft composites with strain-induced architected color. *Advanced Materials*, 34(6), e2104874. <https://doi.org/10.1002/adma.202104874>
- Schmiedt, R., Krainz, M., Tosić, K., Sharbafian, F., Krauter, S., Krauter, V., Novak, M., Rainer, B., Washüttl, M., & Apprich, S. (2025). Impact of EVOH, Ormocer® coating, and printed labels on the recyclability of polypropylene for packaging applications. *Polymers*, 17(24), 3332. <https://doi.org/10.3390/polym17243332>
- Singh, P., Maiti, S., & Shenoy, A. (2024). Comparative evaluation of bond strength and color stability of polyetheretherketone and zirconia layered with indirect composite before and after thermocycling: An in vitro study. *Journal of Indian Prosthodontic Society*, 24(3), 252–258. https://doi.org/10.4103/jips.jips_36_24
- Wang, G., Wang, S., Hu, T., & Shi, F. (2024). Multifunctional hydrogel with 3D printability, fluorescence, biodegradability, and biocompatibility for biomedical microrobots. *Molecules*, 29(14), 3351. <https://doi.org/10.3390/molecules29143351>
- Xue, W., Zhang, X., Sun, C., Wei, C., Zhang, L., Yang, H., & Wang, R. (2025). Biobased itaconate acrylic pressure-sensitive adhesives via emulsion polymerization: Sustainable design for high peel resistance. *ACS Omega*, 10(37), 42494–42506. <https://doi.org/10.1021/acsomega.5c03586>