

**PENGARUH SUHU BAKING TERHADAP HASIL PENCAPAN E TSA
PUTIH (*WHITE DISCHARGE*) PADA KAIN DENIM (KAPAS-SPANDEX)
HASIL CELUP ZAT WARNA INDIGO
*EFFECT OF BAKING TEMPERATURE ON WHITE ETCHING (WHITE
DISCHARGE) PRINTING OF DENIM FABRIC (COTTON-SPANDEX) DYED
WITH INDIGO DYES***

Nafisa Rizki Maulida*, Rr Wiwiek Eka Mulyani, Desti Martina, Sukirman
Politeknik STTT Bandung, Kota Bandung, 40272, Indonesia

*Penulis Korespondensi:
Alamat Email : nafisarizki221@gmail.com

Tanggal diterima: 07 Desember 2025, direvisi: 02 Januari 2026,
disetujui terbit: 05 Januari 2026

Abstrak

Pencapan etsa putih (*white discharge printing*) merupakan salah satu teknik pencapan pada bahan tekstil yang telah melalui proses pencelupan maupun pencapan. Proses ini menggunakan pasta cap yang mengandung zat pengetsa untuk menghilangkan zat warna pada area tertentu, sehingga warna dasar kain kembali sesuai dengan motif yang diinginkan. Zat pengetsa yang digunakan dapat berupa reduktor maupun oksidator. Pada penelitian ini zat pengetsa yang digunakan ialah kalium permanganat (KMnO_4) yang berbasis oksidator. Untuk membantu proses oksidasi zat warna bejana menggunakan KMnO_4 diperlukan suhu tinggi dengan pemanasan menggunakan metode uap kering (*baking*) guna membantu proses penguraian oksigen aktif. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi suhu *baking* terhadap hasil pencapan etsa pada kain denim (kapas 95% - spandex 5%). Variasi suhu *baking* yang dilakukan diantaranya 140, 150, 160, 170 dan 180°C dengan waktu selama 4 menit. Pengujian yang dilakukan meliputi uji derajat putih kain, ketajaman motif, dan kekuatan tarik kain. Berdasarkan hasil percobaan, derajat putih kain yang paling tinggi ialah pada suhu *baking* 150°C yaitu sebesar 54,248. Hasil ketajaman motif kain diperoleh 100% pada suhu 150, 160, 170 dan 180°C. Untuk kekuatan tarik, hasil uji menunjukkan bahwa variasi tinggi suhu *baking* berpengaruh terhadap penurunan kekuatan tarik kain. Pada suhu *baking* 150°C selama 4 menit menunjukkan hasil yang optimal.

Kata kunci: pencapan etsa, kalium permanganat, denim, *baking*, derajat putih

Abstract

White discharge printing is a technique used on dyed or printed textile materials. It involves printing a paste with a discharge/etching agent to reveal the original white color of the fabric in a desired design. The discharge agent can be either a reducing or oxidizing agent. In this study, potassium permanganate (KMnO_4) is used as the discharge agent. High temperature assistance, specifically dry steam (baking method) is required to aid the oxidation process of the dye using KMnO_4 . The study aims to investigate the effect of baking temperature on discharge printing results on denim fabric (95% cotton - 5% spandex). Baking temperatures tested

include 140, 150, 160, 170, and 180°C for 4 minutes. Tests were conducted to evaluate the fabric's whiteness, motif sharpness, and tensile strength. Results indicate that the highest degree of whiteness was achieved at a baking temperature of 150°C, measuring 54.248. Motif sharpness was 100% at temperatures of 150, 160, 170, and 180°C. Tensile strength decreased with higher baking temperatures, suggesting a negative impact on fabric strength. The baking temperature of 150°C for 4 minutes showed good results in the degree of whiteness and sharpness of the motif.

Key words: discharge printing, potassium permanganate, denim, baking, whiteness index

PENDAHULUAN

Kain denim pada awalnya dikembangkan sebagai bahan pakaian pekerja yang mengutamakan aspek ketahanan dan kegunaannya. Seiring dengan perkembangan mode fashion, karakteristik kain denim yang nyaman digunakan dan terkesan kasual menjadikannya material yang banyak digunakan pada berbagai jenis busana sehari-hari. Sejak abad ke-19, denim tetap diminati dan menjadi populer pada berbagai lapisan masyarakat. Perkembangan industri mode mendorong terjadinya berbagai modifikasi pada kain denim guna meningkatkan nilai estetika dan daya jualnya.¹

Modifikasi pada kain denim umumnya dilakukan dengan menciptakan efek visual tertentu, seperti tampilan permukaan kain menjadi lusuh, pelunturan warna pada area tertentu, atau pembentukan motif dekoratif. Upaya tersebut bertujuan untuk memberikan karakter visual yang khas. Proses pelunturan dapat dilakukan dengan beberapa cara, diantaranya pencucian abrasif (*acid wash, stone wash*), pencucian oksidatif basah menggunakan bahan oksidatif kuat (*bio bleach*), pemberian motif dengan proses pencapan etsa (*discharge printing*).^{13,14}

Metode pencucian abrasif cenderung menghasilkan efek lusuh secara menyeluruh yang tidak memiliki

batas motif yang tajam.¹⁵ Metode pencucian oksidatif, seperti menggunakan natrium hipoklorit atau hidrogen peroksida, memiliki keterbatasan dalam pengaturan pola dan berpotensi merusak serat. Metode pencapan etsa putih (*discharge printing*) merupakan metode yang memungkinkan pelunturan warna sesuai dengan desain motif yang diinginkan.²

Pencapan etsa putih (*white discharge printing*) merupakan teknik pencapan yang diaplikasikan pada bahan tekstil yang telah memiliki warna dasar, baik melalui proses pencelupan maupun pencapan sebelumnya. Pada proses ini, zat pengetsa diaplikasikan sesuai desain untuk menghilangkan warna pada area tertentu sehingga warna dasar kain tampak kembali. Motif yang dihasilkan bersifat permanen karena tidak melibatkan penambahan zat warna, melainkan berasal dari warna dasar kain.³

Keunggulan pencapan etsa putih terletak pada kemampuannya menghasilkan motif dengan ketahanan luntur yang baik terhadap pencucian dan gosokan. Selain itu, area motif yang dihasilkan tidak kaku karena tidak adanya penumpukan lapisan zat warna atau binder pada permukaan kain. Metode ini juga memungkinkan penerapan desain yang kompleks pada

warna dasar kain denim dengan hasil motif yang cerah dan kontras. Kain denim hasil pencapan etsa putih dapat diaplikasikan pada berbagai produk, seperti kemeja, *outerwear*, jaket, celana jeans, *totebag* dan lain sebagainya.^{5,6} Proses pencapan etsa putih melibatkan penggunaan zat pengetsa yang berfungsi menghilangkan zat warna indigo pada desain motif. Proses tersebut memerlukan bantuan panas untuk membantu reaksi kimia, khususnya dalam menguraikan oksidator menghasilkan oksigen aktif yang berperan dalam memutus ikatan rangkap pada struktur zat warna indigo. Oleh karena itu, proses pencapan harus dikendalikan agar hasil pencapan optimal tanpa menimbulkan kerusakan pada serat kain denim.⁷

Zat pengetsa yang digunakan pada pencapan etsa putih harus memiliki kemampuan untuk merusak struktur zat warna pada bahan. Reduktor natrium sulfoksilat formaldehid telah lama digunakan sebagai zat pengetsa pada pencapan etsa. Namun, zat pereduksi tersebut bersifat toksik, karsinogenik karena kandungan formaldehida, menimbulkan bau yang tidak sedap dan sangat menyengat.⁸ Oleh karena itu, pemilihan zat pengetsa perlu diperhatikan dalam pencapan etsa putih kain denim hasil celup zat warna indigo. Kalium permanganat (KMnO_4) merupakan oksidator kuat yang diketahui efektif dalam merusak struktur zat warna indigo melalui mekanisme oksidasi.^{4,9} Proses pencapan etsa putih pada kain denim campuran dengan komposisi kapas-spandex (95%-5%) menggunakan oksidator kalium permanganat (KMnO_4). Prinsipnya KMnO_4 akan mengoksidasi zat warna bejana (indigo) pada kain denim, sehingga bagian motif yang dicap menjadi putih kembali ke warna dasar kain. Reaksi oksidasi pada proses pencapan etsa putih menggunakan

KMnO_4 terjadi pada tahap fiksasi, baik melalui metode pengukusan (*steaming*) atau pemanggangan (*baking*). Kondisi suhu dan kelembaban pada tahap fiksasi menentukan kualitas hasil pencapan etsa. Kesalahan pengaturan kondisi proses dapat mengakibatkan oksidasi berlebih dan destruksi pada bahan selulosa.^{10,11}

Pada proses tersebut zat oksidator (KMnO_4) dalam suasana asam akan bereaksi dan menghasilkan *nascent oxygen* atau oksigen aktif yang mengoksidasi zat warna indigo. Namun, banyaknya oksigen aktif yang terurai secara berlebihan dapat mengoksidasi serat selulosa dan terjadi pembukaan cincin glukosa, sehingga berpotensi menurunkan kekuatan mekanik kain. Suhu dan lamanya waktu pemanasan harus disesuaikan secara tepat untuk menghindari terjadinya oksidasi yang berlebih.⁸

Menurut Shiddique dkk. 2017, proses pencapan etsa menggunakan zat pengetsa oksidator KMnO_4 masih harus dieksplorasi untuk mendapatkan hasil yang optimal. Pada penelitian sebelumnya proses pencapan dilakukan pada suhu ruang dengan waktu reaksi sekitar 30 menit. Untuk itu, perlu bantuan suhu proses guna meningkatkan efisiensi waktu proses pencapan.

Pada penelitian ini, pencapan etsa putih dilakukan dengan metode uap kering (*baking*) dengan waktu relatif singkat, yaitu sekitar 4 menit. Metode *baking* meminimalkan kelembaban, sehingga resiko migrasi pasta cap dan penyebaran motif dapat dihindari. Pada metode *baking*, pengaturan suhu proses menjadi hal yang sangat penting. Suhu proses yang terlalu rendah menyebabkan reaksi oksidasi KMnO_4 tidak berlangsung secara optimal, sedangkan suhu proses yang terlalu tinggi berpotensi merusak struktur kain denim.

Berdasarkan pertimbangan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh suhu proses *baking* pada pencapan etsa putih kain denim campuran kapas-spandex (95%-5%) menggunakan bantuan oksidator KMnO_4 . Adapun parameter yang diamati meliputi derajat putih, ketajaman motif, dan kekuatan tarik kain.

BAHAN DAN METODA

Bahan yang digunakan pada percobaan ini ialah kain denim campuran kapas-spandex (95%-5%) hasil celup zat warna bejana (indigo). Spesifikasi kain denim yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Gramasi Kain : 245,98 g/m².
- Anyaman : Keper
- Total Lusi : 17 helai/cm
- Total Pakan : 21 helai/cm
- Nomor Benang Lusi : 6,06 Ne₁
- Nomor Benang Pakan : 16,43 Ne₁

Zat yang digunakan diantaranya ialah; Kalium Permanganat (KMnO_4) sebagai zat oksidator didapat dari Bratachem, pengental CMC sebagai pengental pencapan didapat dari Chemifin, CH_3COOH teknis dalam mengatur suasana asam pada pasta cap, urea sebagai zat higroskopis dari Bratachem, air, Natrium Bisulfit (NaHSO_3) teknis sebagai zat reduktor dari Bratachem, Teepol dan Natrium karbonat (Na_2CO_3) yang berperan dalam proses pencucian dari Bratachem.

Peralatan yang digunakan meliputi Kassa/screen ukuran 54 T, rakel, neraca analitik, gelas ukur 100 mL, *mixer*, gelas plastik, batang pengaduk, Viscometer VT-04 untuk mengukur viskositas pasta cap, dan proses oksidasi dengan menggunakan mesin Infrared Tunnel Dryer Model M-100450XIR, Cina.

Proses pencapan etsa

Proses pencapan etsa putih (*white discharge*) diawali dengan membuat pengental induk yaitu melarutkan pengental CMC (*Carboxymethyl Cellulose*) 10% menggunakan *hand mixer* hingga terbentuk kekentalan yang sesuai dengan standar. Viskositas dari pengental induk kemudian diukur dengan menggunakan Viscometer VT-04. Pasta cap dibuat dengan menambahkan zat oksidator KMnO_4 , pengental CMC, urea, dan asam asetat sebagai pengatur suasana asam. Pasta cap yang digunakan memiliki viskositas 12.000 *centipoise*. Resep pembuatan pasta cap yang digunakan adalah sebagai berikut:

- KMnO_4 : 40 g/kg
- Pengental CMC 10% : 700 g/kg
- CH_3COOH 96% : pH 5
- Urea (1:1) : 20 g/kg
- *Balance* : $\frac{x \text{ g}}{1000 \text{ g}}$

Pasta cap dirakel sesuai dengan motif yang diinginkan. Kain yang sudah dicap, dikeringkan (*drying*) dengan *Infrared Stenter* pada suhu 100°C selama 4 menit. Proses oksidasi dilakukan dengan bantuan uap kering (*baking*) pada suhu yang divariasikan antara 140, 150, 160, 170, dan 180°C selama 4 menit. Selanjutnya, dilakukan proses pencucian dingin pada kain dengan menggunakan NaHSO_3 untuk menghilangkan sisa MnO_2 yang menempel pada kain, kemudian dilakukan proses pencucian panas menggunakan *teepol* dan Na_2CO_3 , dan kain dikeringkan.

Pengujian Derajat Putih

Untuk mengidentifikasi hasil pada pencapan etsa putih dilakukan pengukuran terhadap kecerahan atau *lightness* dan derajat putih kain sesuai dengan standar uji SNI 105-J02:2011 – Tekstil – Cara uji tahan luntur warna – Bagian J02: Penilaian derajat putih (*Whiteness index*) relatif dengan menggunakan spektrofotometer Minolta CM-3600d.

Pengujian Ketajaman Motif

Pengujian ketajaman motif hasil pencapan dilakukan dengan menggunakan segitiga siku-siku berukuran (20x1) cm. Presentase ketajaman motif diukur dengan menggunakan rumus: $A/20 \times 100\%$, dimana A adalah panjang motif hasil pencapan.

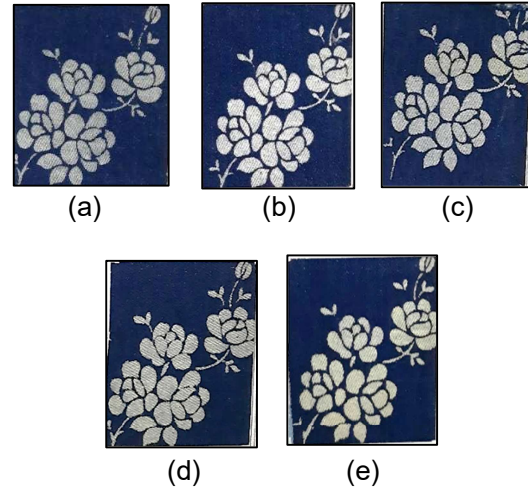
Pengujian Kekuatan Tarik

Pengujian terhadap kekuatan tarik kain pada arah lusi dan pakan sesuai standar uji SNI 08-0276:2009 – Cara uji kekuatan tarik dan mulur kain tenun dengan cara pita tiras menggunakan alat uji Tenso Lab.

PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Derajat Putih

Derajat putih merupakan nilai yang digunakan guna menyatakan suatu benda berwarna mendekati warna putih yang diukur menggunakan Spektrofotometer Minolta CM-3600d berdasarkan koordinat kekromatikan CIE. Pengukuran dilakukan pada iluminan D65 dan standar observer 10° untuk mendapatkan nilai *whiteness index* (WI).



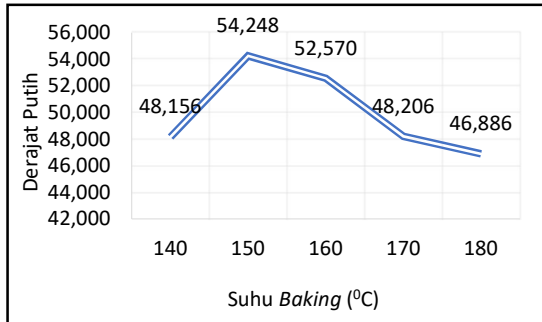
(a) 140°C, (b) 150°C, (c) 160°C, (d) 170°C,
(e) 180°C

Gambar 1. Hasil Pencapan Etsa Putih Terhadap Variasi Suhu *Baking*

Gambar 1 menunjukkan hasil pencapan etsa putih terhadap variasi suhu *baking*, secara visual dapat dilihat pada suhu di atas 150°C motif yang dihasilkan berwarna putih kecoklatan yang mengindikasikan adanya residu endapan MnO_2 yang tidak hilang saat dilakukan pencucian reduksi menggunakan natrium bisulfid ($NaHSO_3$). Pada saat proses pencucian garam mangan yang terbentuk dari $KMnO_4$ menjadi ion Mn^{2+} yang tidak berwarna dan dapat larut ketika proses pencucian selanjutnya.⁵

Nilai derajat putih kain dapat dipengaruhi oleh daya kerja zat pengetsa yang digunakan dalam hal ini ialah konsentrasi oksidator Kalium Permanganat ($KMnO_4$) serta metode proses pencapan. Pada metode *baking* yang menggunakan bantuan uap kering, suhu *baking* sangat berpengaruh terhadap proses penguraian Kalium permanganat ($KMnO_4$) yang akan menghasilkan *nascent oxygen* atau oksigen aktif yang akan memutus ikatan kimia yang membentuk kromofor pada zat warna

bejana, mengubah ikatan rangkap menjadi ikatan tunggal yang menyebabkan warna pada kain hilang atau tidak berwarna dan memunculkan warna asli sesuai dengan motif yang didesain.



Gambar 2. Grafik Hubungan Antara Suhu Baking Terhadap Hasil Derajat Putih Kain

Berdasarkan pada Gambar 2, derajat putih paling baik ada pada suhu *baking* 150°C yaitu WI sebesar 54,248 dan mengalami penurunan kembali pada suhu di atasnya. Hal tersebut menunjukkan penguraian oksigen aktif yang sesuai pada proses ini ialah pada suhu 150°C dan penguraian MnO₂ masih dalam jumlah yang terbatas sehingga dapat dihilangkan pada proses penetralan menggunakan natrium bisulfit. Pada suhu yang terlalu tinggi mengakibatkan oksidator KMnO₄ cepat terurai menghasilkan MnO₂ yang menimbulkan endapan coklat pada kain dan memengaruhi derajat putih kain.

Hasil Pengujian Ketajaman Motif

Pengujian terhadap ketajaman motif kain dilakukan dengan menggunakan motif segitiga siku-siku (20 cm x 1 cm) dan diukur sebanyak lima kali. Ketajaman motif ini menandakan viskositas dari pasta cap yang digunakan dan cetakan hasil motif etsa putih yang baik. Nilai yang mendekati 100% menunjukkan

ketajaman motif yang semakin baik, dan sebaliknya apabila hasil ketajaman motif kurang atau lebih dari 100% mengindikasikan kekentalan atau viskositas dari pasta cap yang digunakan tidak sesuai dan proses etsa putihnya tidak sempurna atau blobor. Hal tersebut akan mengurangi estetika dari hasil pencapan karena motif yang dihasilkan menjadi kurang tajam atau tidak sesuai dengan motif desain yang diinginkan.

Tabel 1. Hasil Pengujian Ketajaman Motif Kain Pada Pencapan Etsa Putih Terhadap Variasi Suhu *Baking*

Suhu <i>Baking</i> (°C)	Ketajaman Motif (%)
140	98,83
150	100
160	100
170	100

Hasil ketajaman motif kain dapat dilihat pada Tabel 1 di atas, suhu 140°C menunjukkan persen ketajaman motif yang lebih rendah dari 100% yaitu sebesar 98,83%. Hal tersebut mengindikasikan pada suhu 140°C dengan waktu 4 menit penguraian oksigen aktif untuk proses oksidasi zat warna bejana masih belum sempurna yang ditunjukkan dengan motif yang dihasilkan kurang tajam dibawah 100%. Pada suhu di atas 140°C ketajaman motifnya baik yaitu 100%. Ketajaman motif kain juga dipengaruhi oleh viskositas pasta cap pada rentang 9000-13000 cp (*centipoise*). Pada penelitian ini nilai viskositas pasta cap yang digunakan ialah 12000 cp dengan konsentrasi KMnO₄ sebanyak 40 g/kg menghasilkan ketajaman motif yang baik pada suhu *baking* ≥ 150°C.

Hasil Pengujian Kekuatan Tarik Kain

Kekuatan tarik kain diuji berdasarkan SNI 08-0276:2009 yang dilakukan guna mengetahui pengaruh pencapan etsa putih menggunakan zat oksidator Kalium permanganat (KMnO_4) pada kain denim dengan metode uap kering (*baking*). Berdasarkan hal tersebut dapat diketahui suhu *baking* yang sesuai dengan zat yang digunakan agar tidak terjadi kerusakan serat yang signifikan.

Tabel 2. Hasil Pengujian Kekuatan Tarik Kain Arah Lusi Pada Pencapan Etsa Putih Terhadap Variasi Suhu *Baking*

Suhu <i>Baking</i> (°C)	Rata-rata Kekuatan Tarik Arah Lusi (kg)	Standar Deviasi
Blanko	67,871	0,565
140	66,215	0,730
150	65,894	0,765
160	63,553	0,810
170	60,360	0,249
180	58,174	0,326

Dalam kondisi asam dan pada suhu tinggi selama proses *baking*, ion permanganat (MnO_4^-) mengalami reduksi bertahap yang menghasilkan oksigen aktif (*nascent oxygen*). Selama reaksi tersebut berlangsung, terbentuk oksigen aktif yang berperan utama dalam mengoksidasi struktur kromofor zat warna indigo. Berdasarkan Tabel 2. dan Tabel 3, terlihat bahwa kekuatan tarik arah lusi dan arah pakan yang menurun seiring dengan kenaikan suhu proses *baking*.

Pada data hasil uji kekuatan tarik, penurunan disebabkan oleh suhu yang tinggi yang mengakibatkan reaksi oksidasi berjalan lebih cepat, sehingga daya oksidasi oksigen aktifnya pun lebih banyak dan kemungkinan mendegradasi kain denim yang digunakan dan adanya kerusakan serat (oksiselulosa) berupa pemutusan rantai

molekul serat kapas akibat proses oksidasi. Selulosa memiliki struktur polimer glukosa yang dihubungkan dengan ikatan glikosidik. Oksigen aktif yang dihasilkan dari KMnO_4 akan memutus ikatan glikosidik tersebut. Penyebab terjadinya degradasi selulosa dapat disebabkan oleh penurunan panjang rantai selulosa dan konversi gugus hidroksil menjadi gugus karboksil dan aldehida yang diikuti dengan penurunan kekuatan tarik kain.
12

Tabel 3. Hasil Pengujian Kekuatan Tarik Kain Arah Pakan Pada Pencapan Etsa Putih Terhadap Variasi Suhu *Baking*

Suhu <i>Baking</i> (°C)	Rata-rata Kekuatan Tarik Arah Pakan (kg)	Standar Deviasi
Blanko	48,457	0,432
140	47,518	0,489
150	46,905	0,453
160	45,530	0,283
170	44,127	0,670
180	42,652	0,832

Kain denim yang digunakan pada arah pakan mengandung campuran serat spandex yang bersifat elastomer dan memiliki suhu titik lunak pada 170-230°C, sehingga pada suhu *baking* yang mendekati titik lunaknya dengan proses yang menggunakan oksidator KMnO_4 mempengaruhi kekuatan tarik kain.

Selain itu, proses pengujian kekuatan tarik dilakukan pada kain denim yang dilakukan proses pencapan blok menggunakan *screen* polos dan tanpa diberi motif, sehingga area yang terkena zat pengetsa KMnO_4 merupakan seluruh permukaan kain denim.

Meskipun terjadi penurunan, kekuatan tarik baik arah lusi maupun arah pakan masih memenuhi parameter kekuatan tarik sesuai dengan SNI 0560:2008 - standar kain

denim kapas yang mencantumkan kekuatan tarik arah lusi minimum adalah 39,42 kg dan 19,62 kg untuk arah pakan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil percobaan yang telah dilakukan pada proses pencapan etsa putih kain denim (kapas 95%-spandex 5%) hasil celup zat warna bejana menggunakan oksidator kalium permanganat ($KMnO_4$) dengan metode *baking* (uap kering), dapat disimpulkan bahwa suhu *baking* berpengaruh terhadap derajat putih kain, ketajaman motif yang dihasilkan, dan kekuatan tarik kain. Suhu *baking* 150°C selama 4 menit menunjukkan hasil derajat putih, ketajaman motif, dan kekuatan tarik kain yang optimal.

DAFTAR PUSTAKA

1. Islam, M. T. & Hassan, M. N. The Basic Layout of a Denim Textile Industry: A Basic Review. *J. Manag. Sci. Eng. Res.* 5, 1–16 (2021).
2. Annapoorani, S. G. Introduction to Denim. Sustainability in Denim (Elsevier Ltd, 2017). doi:10.1016/B978-0-08-102043-2.00001-0.
3. Moawaed, S. et al. Overview of Discharge Printing Techniques on Denim Fabric. *J. Text. Color. Polym. Sci.* 0, 0–0 (2022).
4. Othman, H. et al. Different printing techniques for printing denim fabrics. *J. Text. Color. Polym. Sci.* 0, 0–0 (2023).
5. Ragab, M., Othman, H. & Hassabo, A. Resist and Discharge Printing Techniques on Different Textile Based Materials. *J. Text. Color. Polym. Sci.* 0, 0–0 (2021).
6. Paul, Roshan. Denim - Manufacture, Finishing and Applications. Elsevier Ltd, (2015).
7. Hooda, S. Eco-friendly advances in textile printing: A review. *Int. J. Home Sci.* 11, 585–588 (2025).
8. Alsberg, F. R. & Liquorice, W. F. The Flash-age Fixation of Vat Prints Using Sodium Sulphoxylate Formaldehyde as Reducing Agent. *J. Soc. Dye. Colour.* 78, 603–608 (1962).
9. Halawa, A. R., Osman, H. & Mahmoud, A. E. M. A. Discharging Denim Fabrics Using Potassium Permanganate (KMnO₄), As an Oxidizing Agent. *Egypt. J. Chem.* 66, 283–293 (2023).
10. Wei, M., Zhang, S. & Yang, J. Development of functional polymers in modification of cotton for improving dyeability of reactive dyes. 3rd Int. Conf. Funct. Mol. (2005).
11. Abd El-Thalouth, I., Kantouch, F., Nassar, S. H., El-Hennawi, H. M. & Adel Youssef, M. Ecofriendly discharge printing on cotton fabrics using laccase enzyme. *Indian J. Fibre Text. Res.* 33, 52–57 (2008).
12. Mortazavi, S. M., Ziaie, A. & Khayamian, T. Evaluating Simultaneous Desizing and Bleaching of Greige Cotton Fabric using KMnO₄. *Text. Res. J.* 78, 497–501 (2008).
13. Siddique, Amna., Hussain, Tanveer., Ibrahim W., Raza Z A., Abid S. Optimization of Disccharge Printing Of Indigo Denim Using Potassium Permanganate Via Response Surface Regression. *Emerald Insight.* (2018).
14. Periyasamy, A P., Militky, J. Sustainability in Denim - Denim and Consumers' Phase Life Cycle. *The Textile Institute Book Series* 257-282. (2017)
15. Arjun, Dakuri., Hiranmayee, J., Farheen M N. Technology of Industrial Denim Washing: Review. *IJIET Vol.* 3 25-34. (2013)