

---

## Pengaruh Variasi Konsentrasi *Binder* Pada Pencapan Zat Warna Pigmen Terhadap Ketahanan Luntur Warna dan *Handfeel* Kain Polyester

Afriani Kusumadewi<sup>1\*</sup>, Luciana<sup>2</sup>, Feny Nurherawati<sup>3</sup>, Filly Pravitasari<sup>4</sup>, Andri Riswandi<sup>5</sup>,  
Susu Maulinawati<sup>6</sup>

<sup>1,2,3,4,5,6</sup> Fakultas Teknik, Universitas Insan Cendikia Mandiri, Jl. Pasir Kaliki No.199, Sukabungah,  
Kec. Sukajadi, Kota Bandung, Jawa Barat 40162, Indonesia  
afriani.kusumadewi@gmail.com<sup>1\*</sup>, lucianalaksmi697@gmail.com<sup>2</sup>, fenynurherawati02@gmail.com<sup>3</sup>,  
andririswandi18@gmail.com<sup>4</sup>, susimaulinawati2@gmail.com<sup>5</sup>

---

### ABSTRAK

Pencapan dengan zat warna pigmen dapat digunakan pada semua jenis serat. Zat warna pigmen tidak mempunyai afinitas terhadap serat, maka fiksasinya ke dalam serat diperlukan bantuan zat pengikat yaitu binder. Kekuatan ikatan antara zat warna pigmen dengan serat tergantung pada daya ikat dari binder yang digunakan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi binder terhadap ketahanan luntur warna dan *handfeel* kain poliester yang dicap dengan zat warna pigmen. Variasi konsentrasi binder yang digunakan adalah 7%, 10%, dan 20%. Pada penelitian ini akan mengevaluasi dari sifat kelunturan warnanya dan daya *handfeel* dari hasil pencapan tersebut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi *binder* memiliki pengaruh yang signifikan terhadap ketahanan luntur warna dan *handfeel* terhadap hasil pencapan kain poliester dengan zat warna pigmen. Semakin tinggi konsentrasi *binder*, semakin baik ketahanan luntur warna kain terhadap gosokan kering, gosokan basah, dan pencucian. Namun, semakin tinggi konsentrasi *binder* juga akan membuat *handfeel* kain semakin kaku. Berdasarkan hasil pengujian, konsentrasi *binder* 7% pada proses pencapan kain polyester dengan zat warna pigmen menghasilkan ketahanan luntur warna yang kurang baik dilihat dari nilai *gray staining*-nya pada angka 3, walaupun daya *handfeel*-nya lembut. Sedangkan *binder* dengan konsentrasi 20%, memiliki kelunturan warna yang sangat baik dilihat dari nilai *staining gray scale*-nya pada angka 4-5, namun daya *handfeel* kainnya begitu kaku. *Binder* dengan konsentrasi 10% memberikan hasil yang lebih seimbang, dengan memiliki nilai *staining gray scale* 3-4 dan daya *handfeel* kain yang masih cukup nyaman. sehingga dapat disimpulkan bahwa konsentrasi *binder* 10% memberikan hasil yang optimal baik dari segi kelunturan warnanya dan sifat *handfeel*-nya

**Kata Kunci:** kain poliester, variasi *binder*, zat warna pigmen.

### ABSTRACT

*Pigment dye's printing can be used on all types of fibers. Pigment printing do not have an affinity for fibers, so their fixation into the fiber requires the help of a binding agent, namely a binder. The bond strength between the pigment dye and the fiber depends on the binding power of the binder used. This study aims to determine the effect of binder concentration on the color fastness and grip of polyester fabrics stamped with pigment printing. The variations in binder concentration used were 7%, 10%, and 20%. This study will evaluate the color fastness properties and grip of the stamping results. The results showed that binder concentration had a significant effect on the color fastness and grip of the stamping results of polyester fabrics with pigment printing. The higher the binder concentration, the better the color fastness of the fabric to dry rubbing, wet rubbing, and colorfastness. However, the higher the binder concentration will also make the fabric grip stiffer. Based on the test results, the binder concentration of 7% in the polyester fabric printing process with pigment printing produces poor color fastness as seen from the gray staining value at number 3, although the grip is soft. While the binder with a concentration of 20% has very good color fastness as seen from the gray scale staining value at number 4-5, but the fabric grip is very stiff. Meanwhile, the binder with a concentration of 10% gives more balanced results, with a gray scale staining value of 3-4 and a fabric grip that is still quite comfortable. so it can be concluded that the binder concentration of 10% gives optimal results both in terms of color fastness and grip properties.*

**Keywords:** binder variations, pigment printing, polyester fabric.

## 1. Pendahuluan

Industri tekstil memegang peranan penting dalam perekonomian global, dan salah satu aspek yang sangat diperhatikan adalah kualitas produk tekstil, khususnya dalam hal ketahanan luntur warna dan *handfeel* kain. Kain poliester, yang merupakan salah satu jenis serat sintesis paling populer, sering digunakan dalam berbagai aplikasi tekstil karena sifatnya yang tahan lama, cepat kering, dan mudah perawatannya. Namun, proses pewarnaan kain poliester dengan zat warna pigmen menghadirkan tantangan tersendiri, terutama dalam mencapai ketahanan luntur warna yang tinggi dan *handfeel* kain yang tetap nyaman.

Pencapan dengan zat warna pigmen dapat digunakan pada semua jenis serat. Zat warna pigmen tidak mempunyai afinitas terhadap serat, maka fiksasinya ke dalam serat diperlukan bantuan zat pengikat yaitu *binder*. Kekuatan ikatan antara zat warna pigmen dengan serat tergantung pada daya ikat dari *binder* yang digunakan (Saad et al., 2025).

Zat warna pigmen adalah suatu zat yang tidak larut dalam air dan segala macam pelarut dan tidak mempunyai afinitas terhadap serat karena tidak mempunyai gugus pelarut dan gugus reaktif. Zat Warna Pigmen merupakan senyawa inert, stabil dan dapat mewarnai suatu zat atau bahan lain. Selain itu juga tahan terhadap sinar, panas, pelarut organik, air, alkali, asam dan zat warna pigmen dapat dipakai sebagai pewarna untuk bahan dari logam, kayu, plastik, tembok, kulit dan tekstil sekain itu digunakan juga sebagai pewarna produk kosmetik, sabun, malam, kapur dan sebagainya (Yang et al., 2021).

Penggunaan *binder* (perekat) dalam pencapan kain dengan zat warna pigmen sangat krusial karena *binder* berfungsi mengikat pigmen ke permukaan serat kain. Konsentrasi *binder* yang tepat harus ditentukan untuk mendapatkan hasil pencapan yang optimal. Konsentrasi *binder* yang terlalu rendah dapat menyebabkan warna mudah luntur, sementara konsentrasi yang terlalu tinggi dapat mengakibatkan *handfeel* kain menjadi kaku dan tidak nyaman (Kasymova et al., 2024).

Pengental berfungsi untuk melekatkan zat warna pada bagian bahan tekstil yang akan diwarnai selama proses pencapan berlangsung, sehingga diperoleh batas gambar yang tajam, warna yang rata, dan penetrasi zat warna yang cukup baik. Pengental digunakan dalam proses pencapan sebagai medium untuk melekatkan zat warna pada permukaan kain, medium air seperti halnya pada pencelupan tidak bisa dipergunakan karena sifat air yang menyebar sehingga menyebabkan gambar bolor (Elshemy et al., 2022).

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh variasi konsentrasi *binder* pada proses pencapan kain poliester dengan zat warna pigmen terhadap ketahanan luntur warna dan *handfeel* kain. zat warna pigmen yang pada proses pemanasan akan membentuk jaringan tiga dimensi dan berikatan silang dengan serat pada kondisi pH asam, menghasilkan lapisan seperti film pada permukaan kain. Dengan adanya lapisan film ini pada kain dapat meningkatkan daya ketahanan luntur zat warna pigmen terutama terhadap ketahanan gosok kain, jenis *binder* yang digunakan (Boonskulsopit et al., 2023).

*Binder* dan fiksatif memainkan peran penting dalam mencapai sifat tahan luntur optimal pada teknik cetak pigmen (Lu et al., 2023). *Binder* untuk zat warna pigmen adalah bahan yang digunakan untuk mengikat pigmen warna ke permukaan serat kain. *Binder* berfungsi sebagai perekat yang membantu pigmen menempel dengan baik pada kain, sehingga meningkatkan ketahanan luntur warna terhadap berbagai faktor seperti pencucian, gosokan, dan paparan sinar matahari. *Binder* yang baik tidak hanya harus efektif dalam mengikat pigmen, tetapi juga tidak boleh mengubah sifat fisik kain secara signifikan, terutama dalam hal *handfeel* atau kenyamanan kain.

Berikut adalah beberapa jenis *binder* yang umum digunakan untuk zat warna pigmen (Battersby, 2020) :

1. Akrilik: *Binder* berbasis akrilik adalah salah satu yang paling umum digunakan dalam pencapan pigmen. Mereka memiliki adhesi yang baik pada serat kain dan memberikan ketahanan luntur warna yang tinggi. *Binder* akrilik juga fleksibel, sehingga membantu menjaga *handfeel* kain.
2. Poliuretan: *Binder* poliuretan dikenal karena daya tahannya yang tinggi dan kemampuan mereka untuk memberikan elastisitas pada kain. Ini membuatnya cocok untuk kain yang membutuhkan fleksibilitas tinggi seperti kain untuk pakaian olahraga.
3. Vinil Asetat Etilena (VAE): *Binder* berbasis VAE adalah pilihan lain yang sering digunakan dalam pencapan pigmen. Jenis *binder* ini menawarkan keseimbangan antara adhesi yang baik dan fleksibilitas, serta tahan terhadap air dan pelarut.
4. Lateks: *Binder* lateks, baik dari karet alami maupun sintesis, juga digunakan dalam beberapa aplikasi. *Binder* lateks memberikan elastisitas yang baik, namun terkadang dapat mengubah *handfeel* kain menjadi sedikit lebih kaku dibandingkan dengan *binder* akrilik atau poliuretan.
5. Stiren-Butadiena: *Binder* ini memberikan ketahanan yang baik terhadap air dan pelarut, serta memberikan kekuatan mekanis yang baik pada pencapan pigmen. Stiren-Butadiena sering digunakan dalam aplikasi di mana ketahanan luntur warna sangat kritis.

## 2. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif eksperimental. Melalui pendekatan eksperimental, penelitian ini akan mengevaluasi ketahanan luntur warna terhadap pencucian, gosokan, dan sinar matahari.

### a. Bahan

1. Kain *polyester*
2. Zat warna pigmen
3. *Binder* ( snocryl rb -440 ) dengan variasi konsentrasi (misalnya: 7%, 10%, 20%)
4. *Thickener* ( dymathick dm 2588 )
5. *Wetting agent* ( wetmatic )
6. *Fixer* ( snotex d 200 )
7. Air

### b. Alat

1. Alat *mixing* (mixer) Agitator
2. *Mini steam* (Deppo) untuk pigmen pada temperatur 157°C x 10 menit
3. *Brookfield Viscometer* Model DV2T
4. Rakel
5. *Screen printing*
6. Mangkuk plastik
7. Mesin infrared
8. *Rubbing fastness tester* CFT (KMS)

### c. Resep dan cara kerja

**Tabel 1.** Pembuatan stok *binder*

| Resep                     | Resep 1           | Resep 2            | Resep 3            |
|---------------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| Konsentrasi <i>Binder</i> | <i>Binder</i> 7 % | <i>Binder</i> 10 % | <i>Binder</i> 20 % |
| <i>Thickener</i>          | 2%                | 2%                 | 2%                 |
| <i>Wetting agent</i>      | 1%                | 1%                 | 1%                 |
| <i>Fixer</i>              | 0.5%              | 0.5%               | 0.5%               |
| Air                       | 89.5%%            | 86.5%              | 76.5%              |

**Tabel 2.** Pembuatan zat warna pigmen

| Zat warna pigmen      |      |
|-----------------------|------|
| hipow blue bp         | 0.5% |
| ruco color black cone | 0.5% |
| hipow navy 17 sw      | 0.5% |
| Air                   | 20%  |

- Viscositas pasta pigmen dengan alat viskometer (110 dPa/1100 cPa)
- *Mixing* antara stok *binder* sebesar 80% dengan zat warna pigmen sebesar 20%.
- Proses pencapan kain *polyester* dengan tahapan proses : *Print-Dry-Steam*



**Gambar 7.** Hasil pencapan

### d. Langkah Kerja

Tahapan pengerjaan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3 dibawah ini.

**Tabel 3.** Langkah Kerja Percobaan

| Aktivitas                               | Variabel                                                                                                                                                                                                                                                         | Hasil                        |
|-----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| <b>Persiapan alat dan bahan</b>         | Kain <i>polyester</i><br>Zat warna pigmen<br>Binder (variasi konsentrasi)<br>Alat pencampuran<br><i>Screen printing</i><br>Alat pengering<br>Evaluasi                                                                                                            | Bahan siap digunakan         |
| <b>Pembuatan pasta cetak</b>            | Campurkan zat warna pigmen dan <i>binder</i> dengan konsentrasi yang telah ditentukan<br>Aduk hingga rata sehingga tidak ada gumpalan.                                                                                                                           | Pasta cetak siap digunakan   |
| <b>Pencapan kain</b>                    | Siapkan <i>screen printing</i> dengan desain yang diinginkan<br>Tuangkan pasta cap ke dalam <i>screen</i> .<br>Cetak pasta pada kain poliester dengan tekanan yang sama<br>Lakukan pencapan pada beberapa kain sampel dengan variasi konsentrasi <i>binder</i> . | Kain sampel telah diprinting |
| <b>Pengeringan</b>                      | Keringkan kain yang telah dicap dengan menggunakan alat pengering ( <i>mini steam</i> )                                                                                                                                                                          | Kain sampel kering           |
| <b>Pengujian ketahanan luntur warna</b> | Lakukan pengujian <i>wash test</i> dan <i>rub test</i> pada kain sampel dengan variasi konsentrasi <i>binder</i> .<br>Catat hasil pengujian ketahanan luntur warna (misalnya: skala 1-5).                                                                        | Data ketahanan luntur warna  |
| <b>Handfeel kain</b>                    | Pengujian dilakukan secara visual dengan memegang kain hasil percobaan                                                                                                                                                                                           | Efek lembut/kasar kain       |

Tahapan pengujian yang dilakukan pada penelitian ini antara lain adalah sebagai berikut :

1. Ketahanan luntur warna terhadap pencucian

Pengujian tahan luntur warna biasanya dilakukan dengan mengamati adanya perubahan warna secara pengamatan visual. Nilai ketahanan luntur ini tergantung sifat dari serat, zat warna dan penggunaan dari bahan tekstil. Penilaian secara visual dilakukan dengan membandingkan perubahan warna yang terjadi dengan suatu standar perubahan warna. Standar yang dikenal adalah standar yang dikeluarkan oleh *International Standar Organization* (I.S.O), yaitu standar skala abu – abu untuk menilai perubahan warna contoh uji dan standar skala penodaan untuk menilai penodaan warna pada kain putih (Taleb et al., 2018). Ada 2 standar dalam uji tahan luntur, yaitu:

a. Standar skala abu-abu (*Grey scale*)

Standar skala abu – abu digunakan untuk menilai perubahan warna pada uji tahan luntur warna. Standar skala abu – abu terdiri dari 5 pasang lempeng standar abu – abu dan setiap pasang menunjukkan perbedaan atau kontrasan warna yang sesuai dengan nilai tahan luntur warnanya. Nilai skala abu – abu menentukan tingkat perbedaan atau kontrasan warna dari tingkat terendah sampai tertinggi. Tingkat nilai tersebut adalah 5, 4, 3, 2 dan 1 (Taleb et al., 2018).

b. Standar skala penodaan (*Staining scale*)

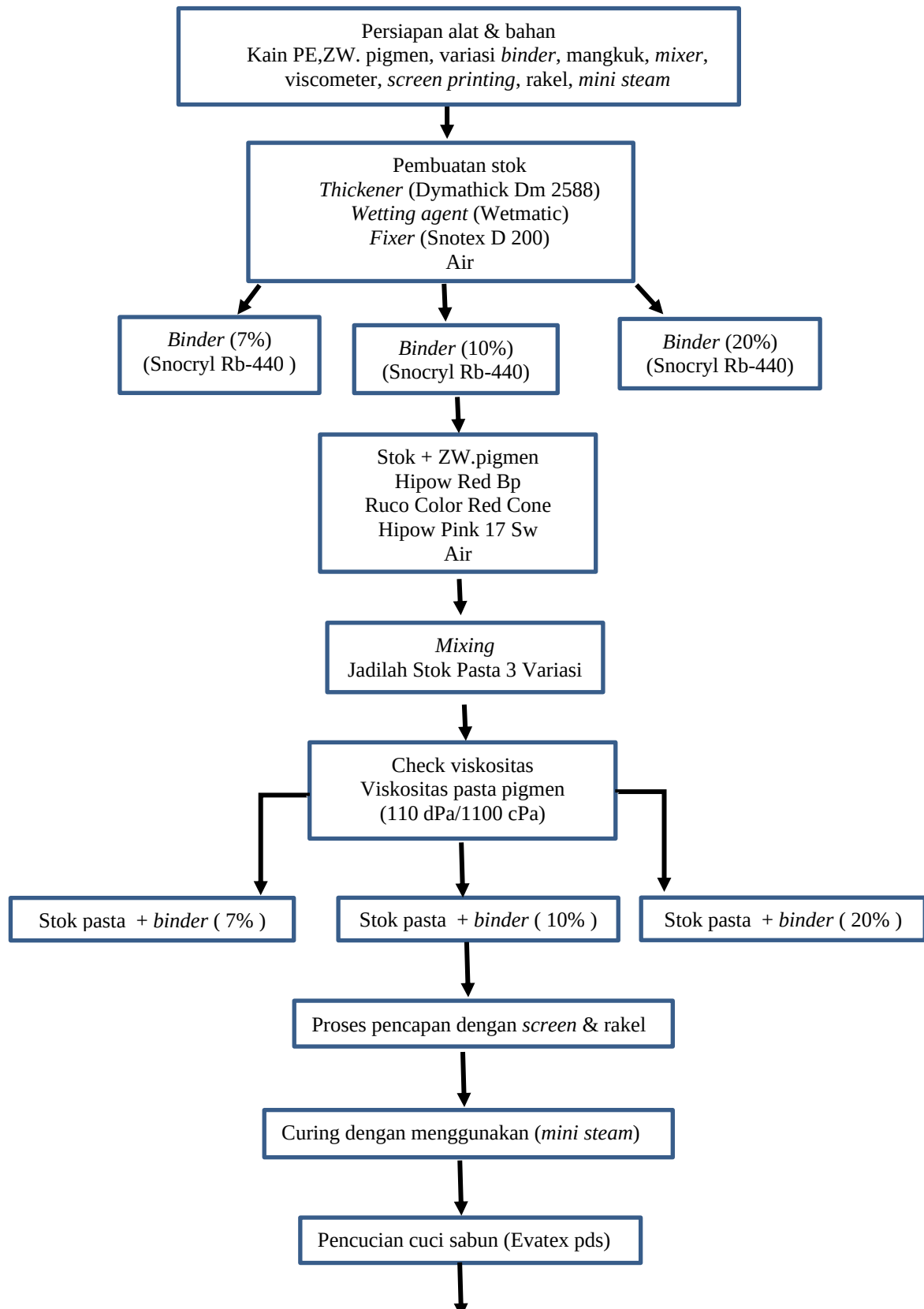
Standar skala penodaan dipakai untuk menilai penodaan warna pada kain putih yang digunakan dalam menentukan tahan luntur warna. Seperti pada standar skala abu – abu, penilaian penodaan pada kain adalah 5, 4, 3, 2 dan 1 yang menyatakan perbedaan penodaan terkecil sampai tersebar.

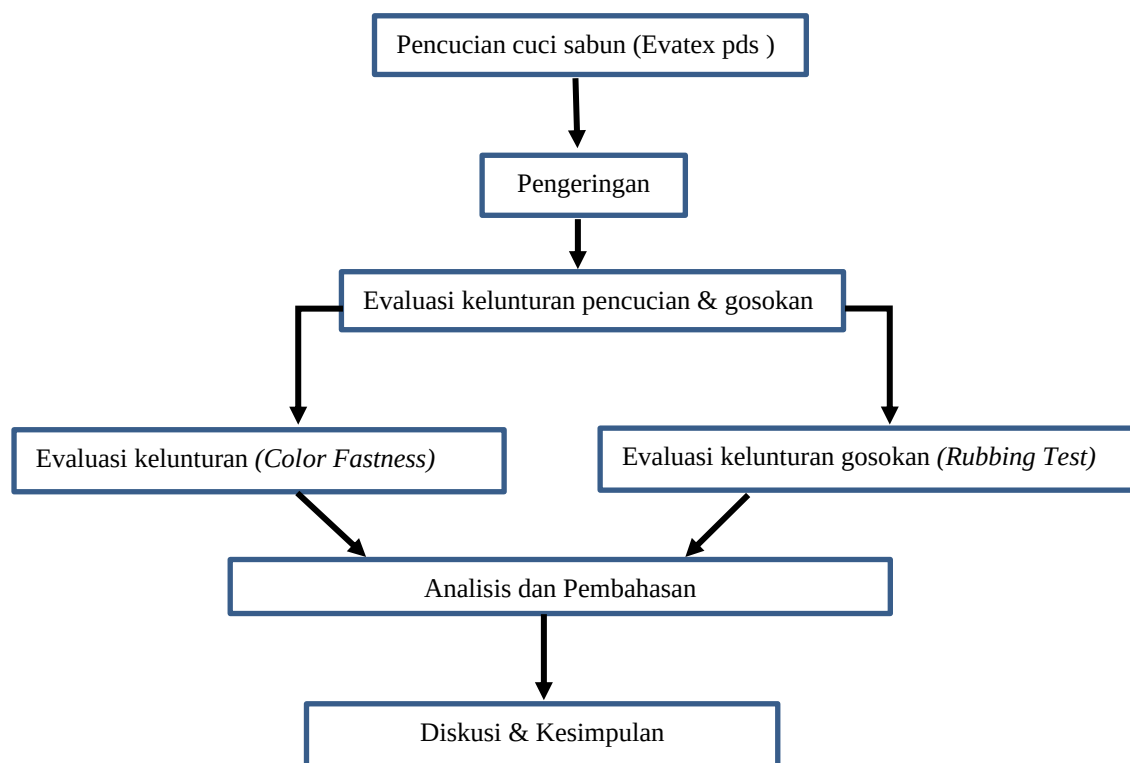
2. Ketahanan gosokan kering dan basah

Tahan luntur warna terhadap *crocking* kering dan basah ditentukan berdasarkan Metode AATCC 8 untuk warna solid dan Metode AATCC 116 untuk cetakan atau sesuai kesepakatan para pihak dalam kontrak. Proses tersebut menentukan jumlah warna yang ditransfer dari permukaan bahan tekstil berwarna ke permukaan lain melalui gesekan. Sampel ditempatkan pada *crock-meter*. Kain katun putih standar digosokkan pada sampel sebanyak 10 kali dalam keadaan basah dan kering. Untuk menguji *crocking* basah, kain standar dibasahi terlebih dahulu sebelum digosokkan pada kain uji. Metode AATCC 116 adalah pengujian yang khusus digunakan untuk kain cetakan yang tidak sesuai dengan Metode AATCC 8. Kain uji dipegang di dasar Rotary Vertical Crockmeter dan digosok dengan kain katun putih standar baik kering maupun basah (Dessie & Eshetu, 2021). Ketahanan luntur warna adalah salah satu parameter penting yang menentukan kualitas pencapan. Dalam penelitian ini, ketahanan luntur warna diuji terhadap pencucian, gosokan, dan sinar matahari. Hasil uji menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi binder cenderung meningkatkan ketahanan luntur warna. Hal ini dikarenakan binder yang lebih banyak mampu mengikat pigmen warna lebih kuat pada permukaan serat poliester, sehingga mengurangi pelepasan pigmen selama pencucian dan paparan terhadap faktor eksternal lainnya. Namun, terdapat titik jenuh di mana penambahan konsentrasi binder tidak lagi memberikan peningkatan signifikan pada ketahanan luntur warna. Pada konsentrasi binder yang sangat tinggi, ketahanan

luntur warna masih meningkat tetapi dengan laju yang lebih lambat. Ini menunjukkan bahwa ada batas optimal penggunaan binder yang harus diperhatikan untuk mencapai efisiensi maksimum.

a. Diagram Alir Percobaan





Gambar 8. Diagram alir percobaan

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Hasil Uji Ketahanan Luntur Warna Pencucian (*Colorfastness*)

Hasil penelitian mengenai pengaruh konsentrasi *binder* terhadap ketahanan luntur warna pencucian (*color fastness*) kain poliester yang dicetak zat warna pigmen dapat dilihat pada Tabel 4 dibawah ini.

Tabel 4. Hasil spektrofotometri dari aspek *staining scale*

| Konsentrasi <i>Binder</i> (%) | Hasil <i>Color Fastness</i> |
|-------------------------------|-----------------------------|
| 7                             | 3                           |
| 10                            | 3 - 4                       |
| 20                            | 4 - 5                       |

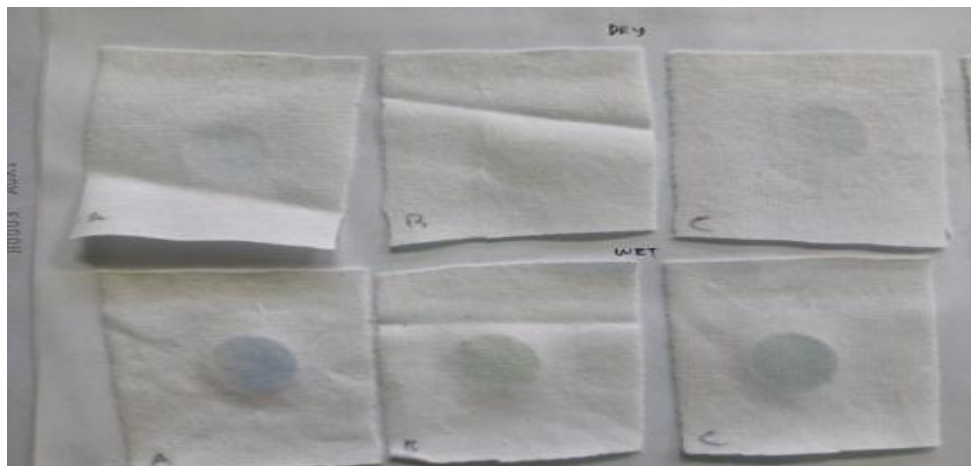
Berdasarkan Tabel 4 di atas, terlihat bahwa konsentrasi *binder* 20 % menghasilkan ketahanan luntur warna pencucian yang optimal (4-5) ini dilihat dari aspek *staining scale*. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi *binder* 20% tidak hanya meningkatkan ketahanan luntur warna gosok tetapi juga ketahanan luntur warna pencucian. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa konsentrasi *binder* memiliki pengaruh positif terhadap ketahanan luntur warna pencucian kain poliester yang dicetak zat warna pigmen. Peningkatan konsentrasi *binder* membantu memperkuat ikatan antara partikel pigmen dan serat kain, sehingga pigmen lebih tahan terhadap luntur saat dicuci (Kabir et al., 2018).

#### 3.2 Hasil Uji *Rubbing Test*

Hasil penelitian mengenai pengaruh konsentrasi *binder* terhadap ketahanan luntur warna gosok kering dan basah (*rubbing test*) kain poliester yang dicap oleh zat warna pigmen dapat dilihat pada Gambar 9 dan Tabel 5 dibawah ini.

Tabel 5. Hasil *rubbing test*

| Konsentrasi <i>Binder</i> (%) | Ketahanan Luntur Warna Gosok Kering | Ketahanan Luntur Warna Gosok Basah | <i>Handfeel</i> Kain |
|-------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|----------------------|
| 7                             | 3                                   | 3                                  | 4                    |
| 10                            | 3-4                                 | 3-4                                | 3.5                  |
| 20                            | 4                                   | 4                                  | 3                    |



**Gambar 9.** Hasil rubbing fastness: dry (atas) dan wet (bawah)

Berdasarkan matrik di atas, terlihat bahwa konsentrasi *binder* 10 % menghasilkan ketahanan luntur warna gosok kering dan basah yang optimal (4 dan 3-4, berturut-turut) tanpa membuat *handfeel* kain terasa lebih kaku (3.5). Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi *binder* 10% adalah yang paling ideal untuk pencetakan kain poliester dengan zat warna pigmen. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa konsentrasi *binder* memiliki pengaruh signifikan terhadap ketahanan luntur warna gosok dan *handfeel* kain poliester yang dicetak zat warna pigmen. Peningkatan konsentrasi *binder* umumnya meningkatkan ketahanan luntur warna gosok, namun juga dapat membuat *handfeel* kain terasa lebih kaku. Konsentrasi *binder* 10% menjadi keseimbangan yang baik antara ketahanan luntur warna gosok dan *handfeel* kain.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian di atas, dapat disimpulkan bahwa konsentrasi *binder* 20 % menghasilkan ketahanan luntur warna pencucian yang optimal (4-5) ini dilihat dari aspek *staining scale*. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi *binder* 20% tidak hanya meningkatkan ketahanan luntur warna gosok tetapi juga ketahanan luntur warna pencucian. semakin kecil konsentrasi *binder* maka ketahanan luntur warnanya kurang baik namun semakin lembut *handfeel*-nya. Sebaliknya jika semakin tinggi konsentrasi *binder* maka semakin kuat juga ketahanan luntur warnanya, namun semakin kaku *handfeel* yang dihasilkan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa konsentrasi *binder* yang optimal adalah sebesar 10%, karena selain memiliki ketahanan luntur yang cukup baik juga memiliki *handfeel* yang cukup lembut untuk dipegang. Berdasarkan pengujian *rubbing test* menunjukkan bahwa konsentrasi *binder* 10 % menghasilkan ketahanan luntur warna gosok kering dan basah yang optimal (4 dan 3- 4, berturut-turut) tanpa membuat *handfeel* kain terasa lebih kaku (3.5). Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi *binder* 10% adalah yang paling ideal untuk pencetakan kain poliester dengan zat warna pigmen.

#### 5. Daftar Pustaka

- Abou Taleb, M., Haggag, K., Mostafa, T. B., Abou El-Kheir, A., & El-Sayed, H. (2018). A novel approach in pigment printing using nano-keratin based binder. *Indian Journal of Fibre & Textile Research (IJFTR)*, 43(1), 83-91.
- Battersby, G. (2020). Dispersion of Pigments into Printing Inks. In *Technological Applications of Dispersions* (pp. 177-204). CRC Press.
- Boonskulsovit, K., Setthayanond, J., Techametheekul, K. W., & Tooptompong, P. (2023, December). Natural Rubber Latex as a Sustainable Alternative Binder for Pigment Printing of Textiles. In *Materials Science Forum* (Vol. 1111, pp. 89-95). Trans Tech Publications Ltd.
- Dessie, A., & Eshetu, B. (2021). The role of binders and its chemistry in textile pigment printing. *Journal of Textile Science & Engineering*, 11(1), 1-6.
- Elshemy, N. S., Haggage, K., & El-Sayed, H. (2022). A critique on synthesis and application of binders in textiles pigment printing. *Egyptian Journal of Chemistry*, 65(9), 539-549.
- Kabir, S. M. M., Kim, S. D., & Koh, J. (2018). Application of jackfruit latex gum as an eco-friendly binder to pigment printing. *Fibers and Polymers*, 19, 2365-2371.
- Kasymova, G. A., Badanov, K. I., Badanov, I. K., Makhanbetaliyeva, K. T., Badanova, R. B., Togatayev, T. T., ... & Kalmakhanova, M. S. (2024). New dispersions for pigment printing binders in the manufacture of light industry goods. *The Journal of The Textile Institute*, 115(10), 2020-2030.

- Lu, L., Duan, H., Li, J., & Qi, D. (2023). Film-formation and binder-free pigment printing of fluorosilicone-modified polyacrylate/pigment hybrid latex: Effect of cross-linking degree. *ACS Applied Polymer Materials*, 5(3), 1871-1881.
- Saad, F., Mosaad, M. M., Othman, H., & Hassabo, A. G. (2025). A critique on pigment printing techniques. *Journal of Textiles, Coloration and Polymer Science*.
- Yang, Y., Li, M., & Fu, S. (2021). Use of highly-stable and covalently bonded polymer colorant on binder-free pigment printing of citric acid treated cotton fabric. *Cellulose*, 28, 1843-1856.