

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Proses pencelupan serat sintetik seperti serat poliester dengan metode *exhaust* (perendaman) secara konvensional dikerjakan menggunakan media air pada suhu tinggi hingga mencapai 130°C. Jumlah air yang digunakan juga cukup besar, mengingat beberapa tahapan proses setelah pencelupan seperti pembilasan berulang, pencucian reduksi, dan pencucian akhir yang dikerjakan pada mesin dengan kapasitas yang sama. Di sisi lain, air kini dianggap sebagai sumber daya yang berharga dengan keterbatasan ketersediaannya (Ali dalam Hou, 2010). Karena dikerjakan pada suhu tinggi, maka pada metode konvensional juga dibutuhkan energi dalam jumlah besar. Selain itu, metode konvensional memerlukan penggunaan berbagai zat pembantu untuk mendukung proses pencelupannya

Seiring dengan berkembangnya teknologi, sejak lebih dari dua dekade telah diperkenalkan metode pencelupan tanpa air (*waterless dyeing*) yang memanfaatkan karbon dioksida superkritik (sc-CO<sub>2</sub>) sebagai media pengganti air pada proses pencelupannya (Hou dan Dai 2005). Dalam prosesnya, pencelupan tanpa air juga tidak memerlukan zat pembantu (*auxiliaries*) seperti zat pendispersi dan asam asetat karena media sc-CO<sub>2</sub> telah bersifat non polar. Sisa pewarna yang tidak terserap ke dalam bahan juga dapat dipulihkan ke dalam bentuk semula dan digunakan kembali pada proses pencelupan berikutnya (Drews dalam Hou, 2005). Berdasarkan berbagai kelebihan yang telah diuraikan, maka penggunaan media karbon dioksida superkritik (sc-CO<sub>2</sub>) sebagai media pada proses pencelupan memiliki potensi yang besar dalam upaya penghematan air, energi, dan juga zat pembantu pencelupan, serta sejalan dengan konsep pencelupan ramah lingkungan dan berkelanjutan. Namun demikian, penerapannya di industri masih membutuhkan waktu cukup panjang, terutama dalam proses alih teknologi bagi industri pencelupan.

Secara teori, sc-CO<sub>2</sub> memiliki sifat unik antara gas dan cairan yang memberikan kemampuan difusi yang baik namun juga memiliki stabilitas sebagai pelarut non-polar (Supriyadi, 2022). Ketika polimer semi-kristal pada serat poliester berinteraksi dengan fluida CO<sub>2</sub> superkritik (sc-CO<sub>2</sub>), molekul-molekul CO<sub>2</sub> dapat

menyusup ke dalam celah-celah yang terdapat pada bagian amorf dari serat poliester tersebut, sehingga menyebabkan serat menggelembung dan menciptakan ruang bebas yang lebih besar. Proses ini juga dapat meningkatkan mobilitas rantai polimer dan mengakibatkan peningkatan plastisitas karena penurunan suhu transisi gelas ( $T_g$ ). Karenanya, sc-CO<sub>2</sub> diketahui mampu menurunkan suhu transisi gelas poliester tanpa harus menaikkan hingga titik kritisnya (J.S. Chiou dalam Supriyadi, 2022). Jika hal tersebut terbukti secara empirik, maka penghematan energi dapat diperoleh secara signifikan. Karena itu, perlu diteliti pengaruh suhu pada pencelupan dengan media sc-CO<sub>2</sub> ini, dan dibandingkan hasilnya dengan proses pencelupan konvensional menggunakan media air. Selain itu, kemampuan aplikasinya terhadap jenis zat warna dispersi yang tersedia secara komersial dan relevan dengan metode ini juga perlu diuji

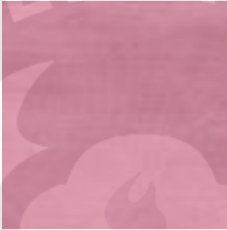



Perhatian utama pada penelitian ini adalah pada perbandingan hasil pencelupan kain poliester metode tanpa air dengan media sc-CO<sub>2</sub> dan metode konvensional menggunakan air dengan memvarisikan suhu pencelupannya sebagai variabel yang paling penting dengan tipe zat warna yang relevan secara komersial. Sebagaimana disebutkan sebelumnya, sc-CO<sub>2</sub> memiliki kemampuan menurunkan suhu transisi gelas pada serat poliester. Hal tersebut terjadi karena sifat sc-CO<sub>2</sub> yang memiliki kemampuan difusi seperti gas dan kerapatan seperti likuid. Kemampuan tersebut didapatkan saat kondisi superkritik pada suhu 31°C dengan tekanan 74 bar, dimana kondisi ini berada di bawah suhu transisi gelas serat poliester yang dimulai pada suhu 80°C. Oleh karena itu, permasalahan ini diangkat sebagai fokus penelitian dengan judul **"Perbandingan Pengaruh Suhu terhadap Hasil Pencelupan Kain Poliester dengan Zat Warna Dispersi Menggunakan Media Air dan Karbon Dioksida Superkritik."**

## 1.2 Identifikasi Masalah

Zat warna dispersi memiliki 3 jenis golongan yang umum digunakan yaitu tipe E, SE, dan S. ICI mengelompokkannya dalam kategori A, B, C, dan D, namun kedua sistem tersebut memiliki kesamaan dasar pengelompokan, yaitu ukuran molekul dan suhu sublimasi zat warnanya. Zat warna tipe E dan SE biasa digunakan pada proses pencelupan metode perendaman (*exhaust*) sedangkan tipe S digunakan pada proses pencelupan metode termosol. Dalam proses pencelupan secara *exhaust*, suhu memiliki peran dalam mempengaruhi kemampuan difusi

zat warna terhadap serat melalui penambahan bagian amorf dalam struktur molekul serat yang menjadi jalan masuk zat warna ke dalam serat. Secara teori, zat warna dapat mulai masuk ke dalam serat poliester pada titik suhu transisi gelasnya di suhu 80°C. Pada pengujian pendahuluan, diperoleh hasil bahwa kain poliester yang dicelup pada suhu 80°C dengan menggunakan media karbon dioksida superkritik menunjukkan ketunaan warna yang jauh lebih baik dibandingkan hasil pencelupan menggunakan media air pada suhu yang sama, sebagaimana kenampakan visual yang disajikan pada tabel 1.1 berikut.

Tabel 1.1 Hasil Uji Pendahuluan menggunakan Media Air dan sc-CO<sub>2</sub>

| Tipe Zat Warna Dispersi | Konvensional (80°C, 30 menit)   | sc-CO <sub>2</sub> (80°C, 30 menit)   |
|-------------------------|---|---|
| Golongan E              |   |   |
| Golongan SE             |  |  |

Berdasarkan hasil uji pendahuluan, tersebut kain yang dicelup menggunakan media karbon dioksida superkritik memiliki ketunaan yang lebih baik dibandingkan kain yang dicelup menggunakan media air. Hal tersebut disebabkan oleh sifat difusifitas sc-CO<sub>2</sub> yang sangat tinggi, sehingga mampu menurunkan suhu transisi gelas poliester di suhu yang relatif rendah, yang tidak mampu dicapai pada proses pencelupan dengan media air di suhu yang sama. Hal tersebut menjadi salah satu alasan menarik untuk dilakukannya penelitian ini, sehingga hasilnya dapat menjadi referensi dalam upaya mempelajari pengaruh suhu terhadap difusi zat warna dan mengoptimalkan proses pencelupan kain poliester menggunakan media sc-CO<sub>2</sub>. Tipe zat warna E dan SE juga dipilih dalam penelitian ini untuk mewakili dua jenis zat warna yang biasa digunakan dalam proses pencelupan media perendaman (*exhaust*). Berdasarkan uraian-uraian

tersebut, maka pertanyaan penelitian yang harus dijawab melalui penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh ukuran molekul zat warna dispersi tipe E dan SE terhadap kemampuan difusi pada proses pencelupan kain poliester menggunakan media air dan karbon dioksida superkritik?
2. Bagaimana pengaruh suhu difusi pada proses pencelupan kain poliester menggunakan media air dan karbon dioksida superkritik?

### **1.3 Maksud dan Tujuan**

Maksud penelitian ini adalah untuk mempelajari pengaruh suhu difusi terhadap hasil pencelupan kain poliester dengan zat warna dispersi tipe E dan SE menggunakan media air dan karbon dioksida superkritik.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan kesimpulan mengenai suhu difusi terbaik pada hasil pencelupan kain poliester dengan zat warna dispersi tipe E dan SE menggunakan media air dan karbon dioksida superkritik.

### **1.4 Kerangka Pemikiran**

Proses pencelupan menggunakan media karbon dioksida superkritik (sc-CO<sub>2</sub>) merupakan teknologi ramah lingkungan yang dapat diterapkan pada industri tekstil karena karbon dioksida superkritik (sc-CO<sub>2</sub>) merupakan salah satu pelarut yang paling ramah dengan lingkungan (Montero, 2000). Seperti yang dikatakan oleh montero pada kalimat sebelumnya karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dipilih sebagai media pencelupan pengganti air karena karbon dioksida merupakan gas yang ramah lingkungan, tidak beracun, tidak mudah terbakar, dan ekonomis dalam teknologi tekanan tinggi. Media yang digunakan dalam proses pencelupan ini berupa CO<sub>2</sub> superkritik. Karbon dioksida superkritik (sc-CO<sub>2</sub>), juga dikenal sebagai fase padat CO<sub>2</sub> yang memiliki potensi sebagai pengganti pelarut kimia konvensional. Keuntungan ini, bersama dengan kemudahan mengatur parameter kritisnya (T<sub>c</sub> = 31.1°C, P<sub>c</sub> = 73.8 bar), membuat CO<sub>2</sub> menjadi pilihan utama untuk menggantikan pelarut yang tidak ramah lingkungan (Purnama, 2009).

Karbon dioksida superkritik memiliki sifat unik, seperti kemampuan difusi gas dan berat jenis cairan. Sifat ini dapat diatur dengan mengubah suhu dan/atau tekanan, menjadikannya pelarut yang dapat disesuaikan (*tunable solvent*). sc-

CO<sub>2</sub> merupakan fluida yang bukan padat dan juga cair. Tetapi, sc-CO<sub>2</sub> memiliki kerapatan tinggi, dengan sifatnya yang berwujud gas. Pada tekanan dan suhu yang relatif rendah, karbon dioksida berubah ke fase superkritik yaitu berupa fluida (Kustyawati M E, 2022). Dalam bentuk fluida, sc-CO<sub>2</sub> mudah menembus substrat, memungkinkannya untuk membawa zat warna dan mewarnai serat tekstil. Karakteristik nonpolar dan polar CO<sub>2</sub> membuatnya cocok untuk melarutkan senyawa nonpolar dengan berat molekul rendah, sementara senyawa polar dengan berat molekul tinggi memiliki kelarutan rendah. Kelarutan zat warna dalam sc-CO<sub>2</sub> telah banyak diteliti, dan parameter seperti densitas dan suhu berpengaruh signifikan, terutama pada suhu yang lebih tinggi. Suhu proses pencelupan menggunakan media sc-CO<sub>2</sub> mempunyai pengaruh yang kuat terhadap penyerapan zat warna (Hou, 2004). Sehingga pada proses pencelupan menggunakan media sc-CO<sub>2</sub> kita bisa mempelajari pengaruh suhu terhadap difusi zat warna ke dalam serat.

Seperti yang diketahui bahwa suhu transisi glass serat poliester adalah 80°C dimana pada kondisi tersebut zat warna bisa masuk karena terjadi pergerakan rantai-rantai molekul. Penggunaan media sc-CO<sub>2</sub> memiliki kemampuan untuk menurunkan suhu transisi gelas karena sifat sc-CO<sub>2</sub> yang memiliki kemampuan difusi seperti fasa gas dan kerapatan seperti fasa cair. Kemampuan ini di dapatkan saat kondisi superkritik pada suhu 31°C dengan tekanan 74 bar dimana kondisi ini berada di bawah suhu transisi gelas serat poliester di suhu 80°C. Oleh karena itu sc-CO<sub>2</sub> mampu menurunkan suhu transisi gelas dari serat poliester.

### **1.5 Metodologi Penelitian**

Penelitian dilakukan pada skala laboratorium dengan menggunakan tahapan metodologi sebagai berikut:

#### **1. Studi Pustaka**

Studi pustaka dilakukan untuk memperoleh informasi dari berbagai sumber literatur ilmiah agar mendapatkan teori yang relevan dengan judul penelitian. Pada penelitian ini sumber informasi yang digunakan berasal dari jurnal-jurnal penelitian, buku di bidang tekstil, dan internet.

## 2. Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Politeknik STTT Bandung. Penelitian ini dilakukan dengan cara mencelup kain poliester dengan dua kondisi pencelupan (konvensional menggunakan media air dan *waterless* menggunakan media  $sc\text{-CO}_2$ ) dengan 2 jenis golongan zat warna yang berbeda (Golongan E dan SE) dan suhu yang berbeda (80, 90, 100°C).

## 3. Variabel Penelitian

Tabel 1.2 Rencana Variabel Penelitian

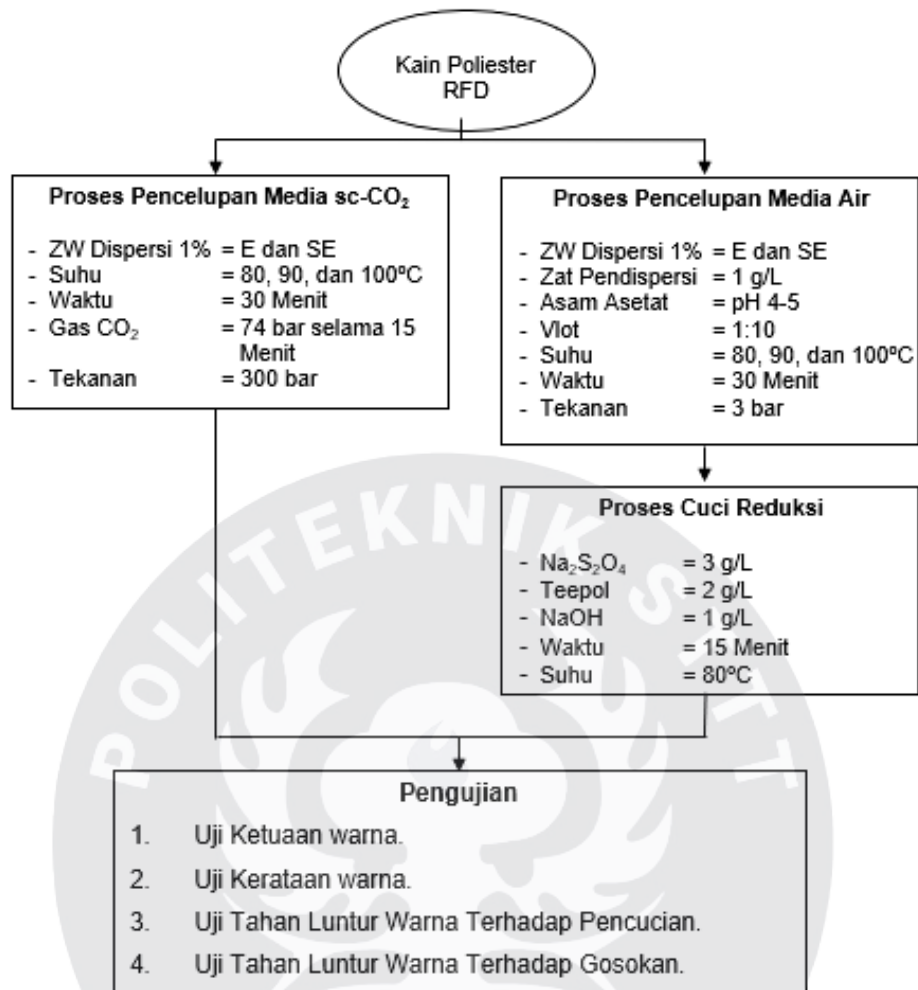
| Media Pencelupan               | Tipe Zat Warna Dispersi |         |             |                  |         |             |
|--------------------------------|-------------------------|---------|-------------|------------------|---------|-------------|
|                                | E                       |         |             | SE               |         |             |
|                                | Suhu                    | Tekanan | Waktu       | Suhu             | Tekanan | Waktu       |
| Air                            | 80, 90,<br>100°C        | 3 bar   | 30<br>Menit | 80, 90,<br>100°C | 3 bar   | 30<br>Menit |
| Karbon dioksida<br>superkritik |                         | 300 bar |             |                  | 300 bar |             |

## 4. Pengujian

Pengujian dilakukan di Laboratorium Politeknik STTT Bandung untuk mengetahui nilai optimum pada setiap variasi dari variabel kondisi pencelupan dan jenis zat warna yang digunakan. Pengujian yang dilakukan antara lain:

- Uji Ketuaan Warna (K/S) SNI ISO 105-J03:2010.
- Uji Kerataan Warna (K/S) SNI ISO 105-J03:2015.
- Uji tahan luntur warna pencucian SNI ISO 105-C06:2010.
- Uji tahan luntur warna gosokan SNI ISO 105-X12:2012.

## 1.6 Diagram Alir



Gambar 1. 1 Diagram Alir Penelitian