

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Pencelupan kain tekstil secara konvensional umumnya dilakukan dengan menggunakan air dan diperlukan proses pengeringan dengan konsumsi energi yang tinggi. Proses ini menjadi permasalahan karena menghasilkan limbah cair dengan jumlah yang besar dan potensi polusi yang tinggi (Gomes et al.,2000). Dalam beberapa tahun terakhir, konsep baru mengenai teknologi pewarnaan sudah banyak ditinjau ulang, terutama dalam hal kaitannya dengan pengurangan penggunaan air. Salah satunya adalah dengan menggunakan karbon dioksida superkritis (sc-CO₂) sebagai alternatif media pencelupan pengganti air.

Metode pencelupan dengan media sc-CO₂ digunakan secara umum telah berhasil dilakukan untuk serat poliester dengan menggunakan zat warna dispersi pada suhu yang relative lebih rendah. Pada dasarnya karbon dioksida bersifat tidak mudah terbakar, murah, dan dapat dipisahkan dengan mudah dari media pewarnaan untuk didaur ulang (Yamini et al.,2010). Teknologi ini bisa menghemat biaya operasional dibandingkan dengan metode konvensional karena tidak menggunakan air sehingga menjadi lebih ekonomis, hemat energi, dan bernilai tambah untuk memecahkan masalah yang berkaitan dengan kesehatan dan lingkungan.

Berbagai studi mengenai pencelupan dengan media sc-CO₂ telah dilakukan, diantaranya yaitu oleh (Dai et al., 2004) yang menjelaskan mengenai kinetika zat warna dispersi dalam media karbon dioksida superkritis. Kesimpulannya adalah bahwa suhu dan waktu pencelupan berpengaruh terhadap difusi zat warna dispersi terhadap kain poliester. Pada dasarnya, kelarutan zat warna lebih tinggi dalam keadaan superkritis dan akan meningkatkan efisiensi proses pencelupan. Pada suhu dan waktu tertentu serat poliester saat pencelupan dengan metode sc-CO₂ akan mengembang dan mudah ditembus sehingga zat warna dispersi yang bersifat non polar dapat masuk secara mudah ke dalam serat poliester tanpa bantuan pendispersi apapun. Dalam hal ini, kondisi tersebut sering disebut sebagai suhu transisi gelas.

Studi mengenai penggunaan zat warna dispersi yang berhubungan dengan sifat kelarutan dan densitas pencelupan dengan media (sc-CO₂) juga sudah banyak dilakukan. Namun demikian, belum ada penelitian yang lebih spesifik mengenai difusi zat warna dispersi yang tersedia secara komersial dengan ukuran molekul

berbeda, terutama tipe E dan SE yang banyak digunakan dalam pencelupan konvensional dengan air secara *exhaust* (perendaman). Oleh karena itu, permasalahan ini diangkat sebagai fokus penelitian dengan judul :

“KEMAMPUAN DIFUSI ZAT WARNA DISPERSI PADA PENCELUPAN POLIESTER RAMAH LINGKUNGAN MENGGUNAKAN MEDIA KARBON DIOKSIDA SUPERKRITIS (sc-CO₂)”

1.2 Identifikasi Masalah

Penelitian ini adalah penelitian lanjutan yang sebelumnya sudah dilakukan oleh Kelompok Riset Pencelupan Tanpa Air dengan Menggunakan Media Karbondioksida Superkritis di bawah Ketua Peneliti Dr. Ida Nuramdhani, S.Si,T.,M.Sc. Dari penelitian tersebut belum ada pembahasan yang lebih spesifik mengenai difusi zat warna dispersi dengan berbagai ukuran molekul terhadap kain poliester. Di sisi lain, dalam kaitannya dengan penerapan di industri, perlu dipelajari sifat difusi berbagai zat warna dispersi yang tersedia secara komersial di pasaran, sehingga industri memiliki referensi mengenai sifat pencelupan zat warna-zat warna yang biasa digunakannya. Secara hipotetik, zat warna jenis E dan SE yang biasa digunakan untuk pencelupan metode perendaman akan memiliki kemampuan difusi yang baik melalui pencelupan dengan media sc-CO₂. Hal tersebut disebabkan oleh ukurannya yang relative kecil dan sedang, sehingga distribusi dan kelarutannya di dalam sc-CO₂ yang bersifat non-polar akan sangat baik. Suhu yang relatif rendah, yaitu 80 °C dengan waktu (30, 40, 50, dan 60) menit, ditetapkan berdasarkan hasil penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa suhu transisi gelas dapat dicapai pada suhu tersebut melalui sifat difusifitas sc-CO₂ yang sangat baik di suhu rendah, hasil yang diperoleh sudah cukup baik dengan ketuaan warna yang dicapai. Namun demikian, belum diketahui, apakah difusi pada suhu dan waktu tersebut telah mencapai kemampuan maksimalnya atau belum. Berdasarkan uraian tersebut, maka dilakukan penelitian untuk menjawab pertanyaan penelitian sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh waktu pencelupan terhadap kemampuan difusi zat warna dispersi tipe E dan SE pada pencelupan serat poliester menggunakan media sc-CO₂ ?

2. Bagaimana pengaruh waktu pencelupan serat poliester dengan zat warna dispersi tipe E dan SE menggunakan media sc-CO₂ terhadap sifat ketahanan luntur warna hasil pencelupannya terhadap pencucian dan gosokan?

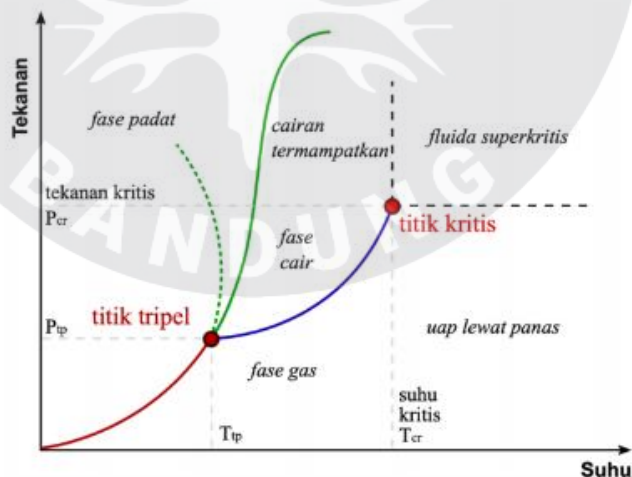
1.3 Maksud dan Tujuan

Maksud penelitian ini adalah untuk mempelajari kemampuan difusi zat warna dispersi tipe E dan SE pada pencelupan poliester dengan media sc-CO₂ pada suhu 80 °C.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan referensi mengenai kemampuan difusi zat warna tipe E dan SE pada pencelupan poliester dengan media sc-CO₂ pada suhu 80 °C, serta kemampuan maksimum penyerapannya agar didapatkan kesimpulan mengenai waktu optimum penyerapan zat warna dengan metode pencelupan tersebut.

1.4 Kerangka Pemikiran

Suatu zat akan berubah bentuknya jika dipanaskan atau dikompresi. Diagram fase yang tertera pada Gambar 1.1 dapat menunjukkan kondisi kesetimbangan antara fase-fase yang berbeda dari suatu zat yang berbeda.



Gambar 1. 1 Diagram Fase Zat Murni

Pada diagram fase terdapat titik tripel yang menjadi titik di mana tiga fase suatu zat (padat, cair, dan gas) berdampingan pada kesetimbangan. Jika suatu zat dalam keadaan gas dikompresi, maka zat tersebut akan menjadi cair ketika melintasi garis gas-cair. Namun, jika dipanaskan melewati batas suhu titik kritis,

pencairan hampir tidak mungkin dilakukan dibawah tekanan apapun karena energi panas molekul gas terlalu tinggi. Maka, jika suatu zat melakukan pergerakan ke atas sepanjang kurva ko-ekstensi cair-gas, suhu dan tekanan akan meningkat. Pada waktu ini, densitas cairan akan merendah karena ekspansi termal dan densitas gas menjadi tinggi saat tekanan naik. Akhirnya zat tersebut mencapai titik di mana tidak ada perbedaan antara gas dan cairan. Titik ini disebut titik kritis suatu zat yang berarti titik kesetimbangan uap-cair berakhir. Untuk zat murni, titik kritis ini mewakili suhu dan tekanan tertinggi di mana gas dan cairan dapat hadir berdampingan pada kesetimbangan. Diatas titik ini, zat tidak dalam bentuk cair atau uap, tetapi digambarkan sebagai fluida superkritis. Oleh karena itu, fluida superkritis didefinisikan sebagai zat yang tekanan dan suhunya berada di atas nilai kritis secara bersamaan (Nalawade et al., 2006).

Supercritical fluid dyeing (SFD) adalah pencelupan tanpa air yang menggunakan karbon dioksida sebagai media pengganti air. Karbon dioksida (CO₂) memiliki banyak kelebihan, diantaranya harga yang murah, tidak mudah terbakar, tidak beracun, dan titik kritis yang lebih rendah dibandingkan dengan cairan lainnya (T_c = 31,1°C, P_c = 73,7 bar). Dalam keadaan superkritis, viskositas dan difusifitasnya menyerupai sifat gas, sedangkan kepadatannya mendekati sifat cairan (Banchemo et al., 2012). Teknologi pencelupan menggunakan media karbon dioksida superkritis (sc-CO₂) adalah metode yang efektif dan inovatif untuk mengurangi pembuangan limbah dan konsumsi air dan energi saat proses berlangsung, disamping fakta lain bahwa karbon dioksida dan sisa zat warna dapat digunakan kembali pada proses berikutnya (Hou et al., 2010).

Tabel 1. 1 Perbandingan sifat fisika karbon dioksida pada berbagai fase (Clifford&William, 2000)

Fluida Properties	Gas (313 K, 1 bar)	SCF (313 K, 100 bar)	Liquid (300 K, 500 bar)
Density (Kg m ⁻³)	2	632	1029
Viscosity (μPa s)	16	17	133
Diffusion Coeff (m ² s ⁻¹)	5.1*10 ⁻⁶	1.4*10 ⁻⁸	8.7*10 ⁻⁹

Pada tabel di atas terlihat bahwa nilai tipikal untuk sifat viskositas, densitas, dan difusifitas fluida superkritis dalam keadaan gas, fluida superkritis, dan cair dengan mengambil karbon dioksida sebagai contoh. Jika dilihat dari tabel di atas, maka nilai viskositas dan difusifitas fluida superkritis lebih dekat ke dalam keadaan gas

daripada cair. Densitas pada keadaan superkritis lebih tinggi dibandingkan fase gas dan lebih dekat ke fase cair. Kesimpulannya, densitas fluida superkritis yang lebih tinggi membantu memperoleh daya pelarutan yang tinggi dan viskositas yang rendah sehingga akan memudahkan penetrasi ke dalam serat. Maka dengan kekuatan sebesar itu dapat dengan mudah memvariasikan suhu dan tekanan untuk memperoleh sifat fluida yang sesuai dengan proses yang dijalankan.

Kekuatan pelarutan karbon dioksida superkritis pada zat warna dispersi umumnya tidak terlalu tinggi, tetapi telah terbukti cukup untuk melarutkan zat warna disperse yang secara umum memiliki ukuran molekul kecil dengan struktur yang planar. Karbon dioksida superkritis juga bermanfaat dalam proses impregnasi pada polimer, yaitu proses penggembungan dan plastisasi. Penyerapan CO₂ dan senyawa aktif bergantung pada sejauh mana penggembungan polimer dan plastisasi, yang juga tergantung pada sifat kimia polimer dan kondisi impregnasi (terutama suhu dan tekanan) dari sistem (Shen et al., 2008). Zat warna dispersi dalam media sc-CO₂ mempunyai kelarutan antara 10⁻⁴ dan 10⁻⁷ fraksi mol pada kondisi suhu pencelupan 120-140°C dan tekanan 30 Mpa (Bach et al., 2002). Kemampuan sc-CO₂ dalam melarutkan berbagai zat terlarut bergantung pada densitas yang berpengaruh secara signifikan pada suhu dan waktu yang lebih tinggi. Hal ini karena peningkatan densitas fluida menurunkan jarak antar molekul rata-rata dan meningkatkan jumlah interaksi antara pelarut dan zat terlarut. Maka, jenis dan ukuran zat warna dispersi yang dipakai harus diperhatikan karena akan mempengaruhi peningkatan kelarutan dan sifat afinitas pada serat

Berdasarkan hal yang telah dijelaskan di atas maka dilakukan pengujian terhadap zat warna dispersi yang tersedia secara komersial di industri, lalu menganalisis mengenai difusi zat warna dispersi pada kain poliester menggunakan media (sc-CO₂) agar mendapatkan hasil pencelupan yang lebih optimum dibandingkan dengan hasil pencelupan secara konvensional.

1.5 Metode penelitian

Penelitian dilakukan dengan menggunakan tahapan metodologi sebagai berikut:

1. Ruang lingkup penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Politeknik STTT Bandung. Penelitian ini dilakukan dengan cara mencelup kain poliester dengan dua kondisi pencelupan yaitu konvensional dan sc-CO₂ dengan 2 jenis golongan zat warna yang berbeda

(Golongan E dan SE) dan waktu yang berbeda (30, 40, 50, dan 60). Mesin yang digunakan adalah bejana bertekanan tinggi dengan volume total sebesar 498,32 cm² dengan diameter dalam sebesar 4,6 cm dilengkapi dengan katup jarum dan katup pengaman.

2. Studi Pustaka

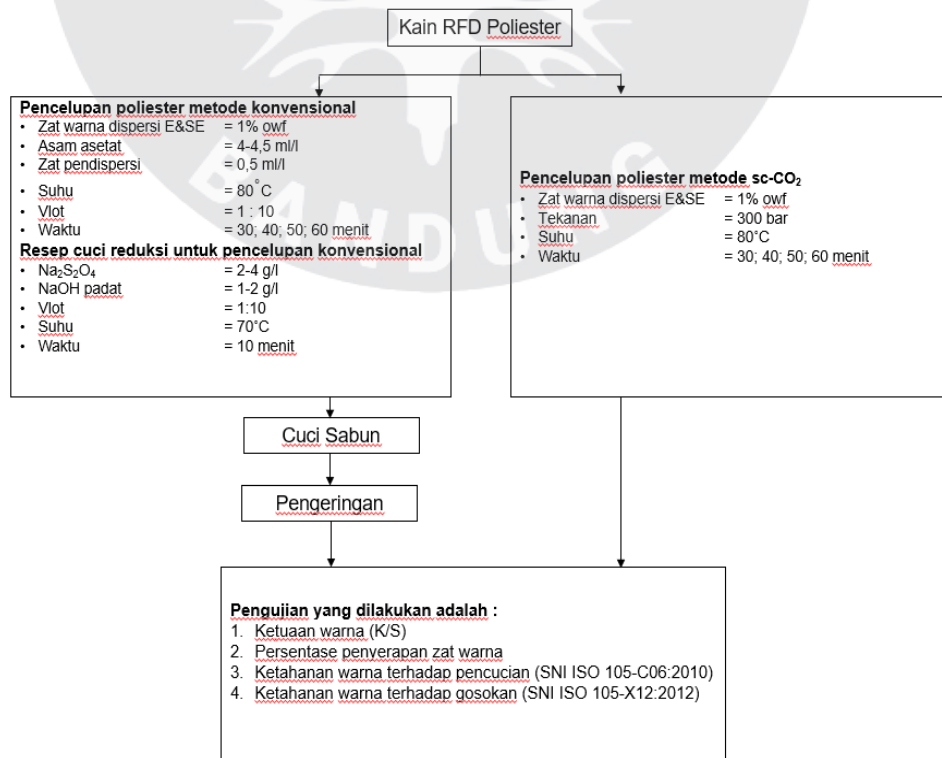
Studi Pustaka dilakukan untuk memperoleh informasi dari berbagai sumber literatur ilmiah agar mendapatkan teori yang relevan dengan judul. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis difusi zat warna dispersi pada media sc-CO₂ agar mendapatkan hasil pencelupan yang lebih optimum dibandingkan dengan hasil pencelupan secara konvensional.

3. Pengujian

Untuk mengetahui nilai optimum pada setiap variasi dari variabel kondisi pencelupan dan jenis zat warna yang digunakan Pengujian yang dilakukan antara lain :

1. Pengujian ketahanan warna (K/S)
2. Pengujian persentase penyerapan zat warna
3. Ketahanan luntur warna terhadap pencucian (SNI ISO 105-C06:2010)
4. Ketahanan luntur warna terhadap gosokan (SNI ISO 105-X12:2013)

4. Diagram alir



Gambar 1. 3 Diagram alir proses pencelupan menggunakan media sc- CO₂ dan pencelupan metode konvensional

5. Matriks percobaan

Rencana variabel penelitian disajikan pada Tabel 1.2 Halaman 8

Tabel 1. 2 Matriks kondisi percobaan pencelupan sc-CO

	Zat Warna Dispersi Golongan E&SE 1%		
	Suhu	Waktu	Tekanan
Kondisi proses	80°C	30 menit	74 bar
	80°C	40 menit	74 bar
	80°C	50 menit	74 bar
	80°C	60 menit	74 bar

