LAPORAN TUGAS AKHIR
PENELITIAN

ANALISIS KETAHANAN LUNTUR WARNA TERHADAP PENCUCIAN, KERINGAT, DAN SUBLIMASI, SERTA PERBANDINGAN KETUAAN WARNA PADA ZAT WARNA DISPERSI HITAM PADA KAIN RAJUT 100% POLYESTER

Suwaryo
24526014
Isnawati
24526018

2026

No: TA/RT/2026/08

ANALISIS KETAHANAN LUNTUR WARNA TERHADAP PENCUCIAN, KERINGAT, DAN SUBLIMASI, SERTA PERBANDINGAN KETUAAN WARNA PADA ZAT WARNA DISPERSI HITAM PADA KAIN RAJUT 100% POLYESTER

LAPORAN TUGAS AKHIR PENELITIAN

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik pada Bidang Rekayasa Tekstil

Disusun Oleh:

Nama	**:**	**Suwaryo**
No. Mahasiswa	**:**	**24526014**
Nama	**:**	**Isnawati**
No. Mahasiswa	**:**	**24526018**

PROGRAM STUDI REKAYASA TEKSTIL
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

2026

ANALISIS KETAHANAN LUNTUR WARNA TERHADAP PENCUCIAN, KERINGAT, DAN SUBLIMASI, SERTA PERBANDINGAN KETUAAN WARNA PADA ZAT WARNA DISPERSI HITAM PADA KAIN RAJUT 100% POLYESTER

LAPORAN TUGAS AKHIR PENELITIAN

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik pada Bidang Rekayasa Tekstil

Disusun Oleh:

Nama	**:**	**Suwaryo**
No. Mahasiswa	**:**	**24526014**
Nama	**:**	**Isnawati**
No. Mahasiswa	**:**	**24526018**

PROGRAM STUDI REKAYASA TEKSTIL
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

2026

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL

ANALISIS KETAHANAN LUNTUR WARNA TERHADAP PENCUCIAN, KERINGAT, DAN SUBLIMASI, SERTA PERBANDINGAN KETUAAN WARNA PADA ZAT WARNA DISPERSI HITAM PADA KAIN RAJUT 100% POLYESTER

PENELITIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	**:**	**Suwaryo**
No. Mahasiswa	**:**	**24526014**
Nama	**:**	**Isnawati**
No. Mahasiswa	**:**	**24526018**

Menyatakan bahwa seluruh hasil Tugas Akhir ini adalah hasil karya sendiri. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa ada beberapa bagian dari karya ini adalah bukan hasil karya sendiri, maka saya siap menanggung risiko dan konsekuensi apapun. Demikian surat pernyataan ini saya buat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 02 Maret 2026

Mahasiswa 1,



Suwaryo

Mahasiswa 2,



Isnawati

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS KETAHANAN LUNTUR WARNA TERHADAP PENCUCIAN, KERINGAT, DAN SUBLIMASI, SERTA PERBANDINGAN KETUAAN WARNA PADA ZAT WARNA DISPERSI HITAM PADA KAIN RAJUT 100% POLYESTER

PENELITIAN

Disusun Oleh:

Nama	**:**	**Suwaryo**
No. Mahasiswa	**:**	**24526014**
Nama	**:**	**Isnawati**
No. Mahasiswa	**:**	**24526018**

Yogyakarta, 02 Maret 2026

Menyetujui:
Pembimbing Tugas Akhir

Ahmad Satria Budiman, S.T., M.Sc.

Mengetahui:
Ketua Program Studi Rekayasa Tekstil
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia

Dr.Eng. Rina Aliani Rebia, S.Hut., M.Eng.

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

ANALISIS KETAHANAN LUNTUR WARNA TERHADAP PENCUCIAN, KERINGAT, DAN SUBLIMASI, SERTA PERBANDINGAN KETUAAN WARNA PADA ZAT WARNA DISPERSI HITAM PADA KAIN RAJUT 100% POLYESTER

PENELITIAN

Disusun Oleh:

Nama : **Suwaryo**
No. Mahasiswa : **24526014**

Telah dipertahankan di hadapan penguji pada ujian pendadaran sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Bidang Rekayasa Tekstil, Program Studi Rekayasa Tekstil, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, 02 Maret 2026

Tim Penguji,

Ahmad Satria Budiman, S.T., M.Sc.
Ketua Penguji

Dr.Eng. Rina Afiani Rebia, S.Hut., M.Eng.
Anggota Penguji I

Diyah Dwi Nugraheni, S.T., M.T.
Anggota Penguji II

Mengetahui:
Ketua Program Studi Rekayasa Tekstil
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia

Dr.Eng. Rina Afiani Rebia, S.Hut., M.Eng.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian yang berjudul **"Analisis Ketahanan Luntur Warna (TLW) terhadap Pencucian, Keringat dan Sublimasi serta Perbandingan Ketuaan Warna pada Zat Warna Dispersi Hitam pada Kain Rajut 100% Poliester"** serta tidak lupa sholawat serta salam kepada junjungan kita Nabi besar Muhammad SAW, Keluarga Beliau, Sahabat dan Umat-Nya sampai akhir zaman kelak.

Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Tugas Akhir pada Program Studi Rekayasa tekstil Universitas Islam Indonesia. Dalam proses penyusunannya, penulis menyadari bahwa keberhasilan ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan serta dukungan dari berbagai pihak.

Secara khusus, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Dr. Eng. Rina Afiani Rebia, S.Hut., M.Eng. selaku Ketua Prodi Rekayasa Tekstil FTI UII.
2. Bapak Ahmad Satria Budiman, S.T., M.Sc., selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan bimbingan hingga tersusunnya Laporan TA.
3. Bapak Ir. Agus Taufiq, M.Sc., C.Tex. ATI. selaku dosen di Prodi Rekayasa Tekstil yang telah memberikan arahan penelitian, ilmu serta waktu luangnya untuk penulis sehingga penelitian ini dapat terarah dan terselesaikan dengan baik.
4. Laboratorium Regional Archroma yang telah membantu dalam penyediaan fasilitas alat dan bahan selama pengujian berlangsung.
5. Keluarga tercinta juga orang tua, yang telah mendoakan, mendukung dan selalu menjadi support system terbaik bagi penulis.
6. Dosen-dosen Rekateks Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan ilmu yang luas dan sangat bermanfaat khususnya di bidang tekstil juga

rekan-rekan mahasiswa yang telah memberikan bantuan teknis maupun semangat dalam diskusi selama proses analisis di laboratorium.

Menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari kesempurnaan, baik dari segi materi maupun teknik penyajiannya,oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari pembaca demi perbaikan di masa mendatang.

Akhir kata, penulis berharap semoga laporan ini dapat memberikan manfaat serta tambahan wawasan bagi perkembangan ilmu pengetahuan di bidang teknologi tekstil, khususnya mengenai karakteristik zat warna Dispersi pada material poliester.

Yogyakarta, 26 Februari 2026
Penulis

Suwaryo
Isnawati

INTISARI

Dalam perkembangan industri tekstil, terutama garmen dengan merek-merek baju ternama internasional, kualitas hasil produksi selalu dikedepankan. Terkait hal tersebut, migrasi zat warna dan ketahanan luntur warna (TLW) yang rendah pada kain poliester 100% menjadi perhatian utama dikarenakan hal ini secara langsung berhubungan dengan kualitas bahan tekstil. Penelitian ini menganalisis kinerja zat warna dispersi hitam dengan dua tipe yang berbeda, yaitu tipe energi medium dan tipe energi tinggi, untuk mengetahui seberapa besar hasil ketuaan warna dengan variasi parameter suhu dan waktu serta TLW terhadap pencucian, keringat, dan sublimasi. Hasil analisis menunjukan adanya korelasi dan perbedaan penggunaan zat warna tipe energi medium dan energi tinggi dengan tingkat penodaan warna (*staining*) pada kain poliester/katun atau kain multifiber. Zat warna tipe medium menghasilkan TLW pencucian dan sublimasi yang lebih rendah, sementara TLW keringat sedikit perbedaan saja. Pengaruh suhu dan waktu juga mempengaruhi ketuaan warna, semakin tinggi suhu dan semakin lama waktu, maka cenderung hasilnya akan lebih tua. Penelitian ini memberikan rekomendasi praktis bagi praktisi tekstil dalam pemilihan zat warna tekstil yang disesuaikan dengan penggunaan yang relevan yang disesuaikan dengan spesifikasi dari pembeli.

Kata Kunci: suhu, waktu, energi medium, energi tinggi, ketahanan luntur warna (TLW).

ABSTRACT

In the growth of the textile industry, garments clothing with international renowned clothing brands always prioritizes the quality of their products. Following this, dye migration and low fastness on 100% polyester fabrics is a major concern because this is directly related to the quality of textile materials. This study analyzes the performance of black disperse dyes with two different types of medium energy and high energy types, to determine how much color depth results with variations in temperature and time parameters and fastness against washing, sweat, and sublimation. The results of the analysis show a correlation and difference in the use of medium energy and high energy dyes with the level of color staining on polyester/cotton or multifiber fabrics. Dyestuff medium type and high energy type produce lower fastness to washing and fastness to sublimation, in the meantime fastness to perspiration slightly different. The effect of temperature and time on the dyeing proses also affect to the depth of the color, on higher temperature and longer time, we will get the deeper color. This study provides practical recommendations for textile practitioners in selecting textile dyes that are tailored to relevant uses that are tailored to the specifications of the buyer.

Key words: *temperature, time, medium energy, high energy, color fastness.*

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL 2
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING 3
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI 4
KATA PENGANTAR 5
INTISARI 7
ABSTRACT 8
DAFTAR ISI 9
DAFTAR TABEL 12
DAFTAR GAMBAR 13
BAB I. PENDAHULUAN 15
1.1. Latar Belakang 15
1.2. Rumusan Masalah 17
1.3. Batasan Masalah 18
1.4. Tujuan Penelitian 18
1.5. Manfaat Penelitian 19
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA 21
2.1. Penelitian yang Relevan 21
2.2. Landasan Teori 22
2.2.1. Sejarah dan Definisi Dasar 22
2.2.2. Struktur Kimia dan Pembentukan 23
2.2.3. Morfologi Serat 24
2.2.4. Sifat Fisika Serat Poliester 25
2.2.5 Sifat Kimia Serat Poliester 26
2.2.6. Relevansi dalam Pencelupan 26
2.3 Zat Warna Dispersi 27
2.3.1. Sejarah dan Definisi 27
2.3.2. Struktur Kimia Zat Warna Dispersi 28
2.3.3. Sifat Fisika Zat Warna Dispersi 28
2.3.4. Sifat Kimia Zat Warna Dispersi 29

2.3.5. Klasifikasi Zat Warna Dispersi Berdasarkan Energi 29
2.3.6. Mekanisme Pencelupan (Teori Larutan Padat) 30
2.4 Ketahanan Luntur Warna - TLW 31
2.4.1 Zat-zat Yang Digunakan 31
2.4.2. Standar Pengujian TLW 32
2.4.2.1. Pengujian ketahanan luntur warna terhadap pencucian 32
2.4.2.2. Pengujian TLW terhadap keringat 34
2.4.2.3. Standar Internasional Pengujian TLW Terhadap Sublimasi (Panas Kering) 36
2.5. Hipotesis Penelitian 38
BAB III. METODOLOGI 39
3.1 Lokasi Penelitian 39
3.2 Bahan 39
3.3 Peralatan 40
3.3.1. Mesin Celup Laboratorium Infra Merah - 16 tabung. 40
3.3.2. Spektro fotometer 41
3.3.3. Mesin Launder-Ometer 43
3.3.4. Alat test sublimasi (Sublimation fastness tester) 44
3.3.5. Alat uji TLW terhadap keringat *(Perspirometer)* 46
3.4 Prosedur dan Pengumpulan Data 48
3.4.1 Pencelupan Kain 100% Poliester Rajut 48
3.4.2. Resep Proses Pencelupan : 50
3.4.3. Diagram Proses Pencelupan : 50
3.4.4. Pengujian Ketuaan Warna *(color depth)* 53
3.4.5. Pengujian TLW terhadap pencucian, sublimasi dan keringat 54
3.4.5.1. Pengujian TLW Terhadap Pencucian 54
3.4.5.2. Pengujian TLW Terhadap Keringat 54
3.4.5.3. Pengujian TLW Terhadap Sublimasi (Panas Kering) 56
3.5. Pengolahan dan Analisis Data 58
3.5.1. Pengolahan Data : 58
3.5.2. Interpretasi Data: 59
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN 60

4.1. Hasil Penelitian 60
4.1.1. Hasil Pengujian TLW Terhadap Pencucian 62
4.1.2. Hasil Pengujian TLW Terhadap Sublimasi 68
4.1.3 Hasil Pengujian TLW Terhadap Keringat 74
4.2. Pembahasan 80
4.2.1. Hasil Pengujian perbandingan ketuaan warna pencelupan zat warna Dispersi pada kain rajut 100% poliester 80
4.2.2. Hasil Pengujian TLW Terhadap Pencucian 83
4.2.3 Hasil Pengujian TLW Terhadap Sublimasi 84
BAB V. PENUTUP 86
5.1. Kesimpulan 86
5.2. Saran 87
DAFTAR PUSTAKA 88
LAMPIRAN 90

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Hasil Pengujian perbandingan ketuaan warna pencelupan zat warna Dispersi pada kain rajut 100% poliester 80
Tabel 4. 2 Hasil TLW terhadap pencucian 83
Tabel 4. 3 Hasil TLW terhadap sublimasi 84
Tabel 4. 4 Hasil TLW terhadap keringat 85

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Struktur Kimia Serat Poliester 23
Gambar 2. 2 Morfologi Serat Poliester; Amorf dan Kristalin 24
Gambar 2. 3 Penampang Serat Poliester; Membujur dan Melintang 25
Gambar 2. 4 Rating Penyerapan Warna Berdasarkan Suhu 30
Gambar 3. 1 Mesin Pencelupan Laboratorium Sistem Infra Merah 41
Gambar 3. 2 Spectrofotometer 43
Gambar 3. 3 Mesin Launder-Ometer 44
Gambar 3. 4 Alat Test Sublimasi (Scorch/Sublimation Tester) 46
Gambar 3. 5 Alat Test Tahan Luntur Terhadap Keringat (Perspirometer). 48
Gambar 3. 6 Diagram proses pencelupan 125-30 50
Gambar 3. 7 Diagram proses pencelupan 125-60 51
Gambar 3. 8 Diagram proses pencelupan 130-30 51
Gambar 3. 9 Diagram proses pencelupan 130-60 52
Gambar 3. 10 Diagram proses pencelupan 135-30 52
Gambar 3. 11 Diagram proses pencelupan 135-60 53
Gambar 4. 1 Hasil perbandingan ketuaan dan arah warna 61
Gambar 4. 2 Hasil uji TLW terhadap pencucian dyeing 125°Cx30menit metoda ISO105C06 A2S dan ISO105C06 C2S 62
Gambar 4. 3 Hasil uji TLW terhadap pencucian dyeing 130°Cx30menit metoda ISO105C06 A2S dan ISO105C06 C2S 63
Gambar 4. 4 Hasil uji TLW terhadap pencucian dyeing 135°Cx30menit metoda ISO105C06 A2S dan ISO105C06 C2S 64
Gambar 4. 5 Hasil uji TLW terhadap pencucian dyeing 125°Cx60menit metoda ISO105C06 A2S dan ISO105C06 C2S 65
Gambar 4. 6 Hasil uji TLW terhadap pencucian dyeing 130°Cx60menit metoda ISO105C06 A2S dan ISO105C06 C2S 66
Gambar 4. 7 Hasil uji TLW terhadap pencucian dyeing 135°Cx60menit metoda ISO105C06 A2S dan ISO105C06 C2S 67

Gambar 4. 8 Hasil uji TLW terhadap sublimasi dyeing 125℃ x 30 menit..... 68
Gambar 4. 9 Hasil uji TLW terhadap sublimasi dyeing 130℃ x 30 menit..... 69
Gambar 4. 10 Hasil uji TLW terhadap sublimasi dyeing 135℃ x 30 menit..... 70
Gambar 4. 11 Hasil uji TLW terhadap sublimasi dyeing 125℃ x 60 menit..... 71
Gambar 4. 12 Hasil uji TLW terhadap sublimasi dyeing 130℃ x 60 menit..... 72
Gambar 4. 13 Hasil uji TLW terhadap sublimasi dyeing 135℃ x 60 menit..... 73
Gambar 4. 14 Hasil uji TLW terhadap keringat dyeing 125℃ x 30 menit..... 74
Gambar 4. 15 Hasil uji TLW terhadap keringat dyeing 130℃ x 30 menit..... 75
Gambar 4. 16 Hasil uji TLW terhadap keringat dyeing 135℃ x 30 menit..... 76
Gambar 4. 17 Hasil uji TLW terhadap keringat dyeing 125℃ x 60 menit..... 77
Gambar 4. 18 Hasil uji TLW terhadap keringat dyeing 130℃ x 60 menit..... 78
Gambar 4. 19 Hasil uji TLW terhadap keringat dyeing 135℃ x 60 menit..... 79
Gambar 4. 20 Hasil Perbandingan Ketuaan dan Arah Warna 82

BAB I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan industri tekstil menuntut kualitas produk yang tinggi, terutama pada aspek warna kain. Warna merupakan salah satu faktor utama yang memengaruhi daya tarik konsumen terhadap produk tekstil. Oleh karena itu, ketahanan luntur warna (TLW) menjadi parameter penting dalam menilai kualitas hasil pewarnaan.

Zat warna Dispersi, khususnya warna hitam, banyak digunakan untuk mewarnai serat poliester karena sifatnya yang tidak larut dalam air dan mampu menembus ke dalam serat dengan bantuan dispersi serta proses termal. Namun, setiap zat warna Dispersi hitam dari produsen yang berbeda memiliki karakteristik kedalaman warna dan ketahanan luntur yang bervariasi.

Pemilihan kain rajut poliester 100% dalam penelitian ini dikarenakan , kain rajut poliester 100% adalah bahan yang secara luas dipakai baik untuk baju olahraga maupun baju/kaos kasual. 80% kaos olahraga dengan fungsi dan spesifikasi yang khusus , dibuat dari kain rajut 100% poliester.

Uji TLW terhadap pencucian, keringat dan sublimasi merupakan standar internasional untuk menilai daya tahan warna kain terhadap kondisi pemakaian sehari-hari. Selain itu, perbandingan kedalaman warna antar zat warna Dispersi hitam penting untuk menentukan performa warna terbaik yang sesuai dengan kebutuhan industri tekstil.

Dengan demikian, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui tingkat TLW serta ketuaan warna dari beberapa jenis zat warna Dispersi hitam, sehingga dapat memberikan informasi yang bermanfaat bagi industri tekstil dalam pemilihan zat warna yang optimal.

Dalam proses pewarnaan kain poliester, zat warna Dispersi merupakan jenis zat warna yang paling sesuai dan umum digunakan. Hal ini disebabkan

oleh sifat zat warna Dispersi yang tidak larut dalam air (Broadbent, 2001). Proses pewarnaan dengan zat warna Dispersi umumnya dilakukan pada suhu tinggi agar molekul zat warna dapat berdifusi masuk ke dalam struktur serat (Burkinshaw, 2016). Salah satu warna yang banyak diaplikasikan pada kain poliester adalah warna hitam, karena memiliki nilai estetika tinggi, bersifat netral serta mudah dikombinasikan dalam berbagai produk tekstil (Shore, 2002).

Meskipun demikian, pewarnaan warna hitam pada kain rajut 100% poliester sering menghadapi permasalahan terkait mutu hasil pencelupan, khususnya pada aspek TLW. TLW merupakan parameter penting yang menentukan kualitas tekstil, karena berkaitan langsung dengan daya tahan warna terhadap berbagai perlakuan selama penggunaan (Broadbent, 2001). TLW yang rendah dapat menyebabkan warna mudah pudar atau berpindah ke bahan lain, sehingga menurunkan nilai estetika, kenyamanan dan kepuasan konsumen.

Beberapa faktor eksternal yang sangat memengaruhi TLW pada kain poliester antara lain pencucian, keringat dan sublimasi. Ketahanan luntur terhadap pencucian mencerminkan kemampuan warna untuk tetap stabil ketika kain mengalami perlakuan mekanik, kimia dan termal selama proses pencucian berulang, yang secara standar diuji menggunakan metode ISO 105-C06. Ketahanan luntur terhadap keringat menjadi aspek penting terutama pada produk pakaian, karena keringat manusia mengandung zat asam maupun basa yang dapat memicu migrasi atau degradasi zat warna (ISO 105-E04). Sementara itu, ketahanan luntur terhadap sublimasi sangat relevan pada kain poliester, mengingat sifat zat warna Dispersi yang dapat menguap atau bermigrasi pada suhu tinggi, misalnya saat proses pemanasan dan penyetrikaan (ISO 105-P01).

Selain ketahanan luntur, ketuaan warna *(color depth atau color strength)* juga merupakan parameter penting dalam evaluasi hasil pencelupan. Ketuaan warna menunjukkan tingkat intensitas atau ketuaan warna yang dihasilkan pada kain dan sering dinyatakan dalam nilai L*. Perbedaan

ketuaan warna dapat dipengaruhi oleh jenis zat warna Dispersi, konsentrasi zat warna, kondisi pencelupan serta struktur kain rajut itu sendiri (Kumar & Singh, 2015). Ketuaan warna yang optimal diharapkan dapat dicapai tanpa mengorbankan TLW, sehingga diperoleh kain dengan tampilan menarik dan mutu yang tinggi.

Berdasarkan uraian tersebut, diperlukan suatu kajian yang komprehensif mengenai analisis TLW terhadap pencucian, keringat dan sublimasi serta perbandingan ketuaan warna pada zat warna Dispersi hitam pada kain rajut 100% poliester. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan proses pencelupan kain poliester, khususnya dalam menghasilkan warna hitam dengan ketahanan luntur dan ketuaan warna yang sesuai dengan standar mutu tekstil dan kebutuhan industri.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana TLW terhadap pencucian pada kain rajut 100% poliester yang dicelup menggunakan zat warna Dispersi hitam, *Terasil black bfe* (tipe energi medium), dengan *Terasil super black w-01* dan *Terasil black w-vm* (tipe energi tinggi) yang juga mempunyai sifat *wash fast* (ketahanan luntur yang bagus)?
2. Bagaimana TLW terhadap keringat (asam dan basa) pada kain rajut 100% poliester yang dicelup menggunakan zat warna Dispersi hitam, *Terasil black bfe* (tipe energi medium), dengan *Terasil super black w-01* dan *Terasil black w-vm* (tipe energi tinggi)?
3. Bagaimana TLW terhadap sublimasi pada kain rajut 100% poliester yang dicelup menggunakan zat warna Dispersi hitam, *Terasil black bfe* (tipe energi medium), dengan *Terasil super black w-01* dan *Terasil black w-vm* (tipe energi tinggi)?

4. Bagaimana perbandingan ketuaan warna (color depth) zat warna Dispersi hitam, *Terasil black bfe* (tipe energi medium) dengan *Terasil super black w-01* dan *Terasil black w-vm* (tipe energi tinggi)?

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kain rajut berbahan 100% poliester.
2. Zat warna yang digunakan adalah zat warna Dispersi warna hitam tipe energi medium dan tipe energi tinggi.
3. Proses pencelupan dilakukan dengan satu metode pencelupan tertentu yaitu pencelupan dengan cara *exhaust*, tanpa ada metoda lainnya.
4. Pengujian yang dilakukan terbatas pada TLW terhadap pencucian, keringat (asam dan basa) dan sublimasi.
5. Pengujian TLW mengacu pada standar pengujian tekstil yang relevan (ISO 105-C06, ISO 105-E04 dan ISO 105-P01).
6. Evaluasi ketuaan warna dilakukan berdasarkan pengukuran ketuaan warna menggunakan instrumen pengukur warna spektrofotometer.
7. Penelitian ini tidak membahas aspek kenyamanan pemakaian maupun sifat fisik dan mekanik kain selain yang berkaitan dengan warna.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui TLW terhadap pencucian pada kain rajut 100% poliester yang dicelup menggunakan zat warna Dispersi hitam.
2. Mengetahui TLW terhadap keringat asam dan basa pada kain rajut 100% poliester yang dicelup menggunakan zat warna Dispersi hitam.
3. Mengetahui TLW terhadap sublimasi pada kain rajut 100% poliester yang dicelup menggunakan zat warna Dispersi hitam.
4. Menganalisis ketuaan warna (color strength) zat warna Dispersi hitam pada kain rajut 100% poliester.

5. Mengkaji keterkaitan antara ketuaan warna dengan TLW terhadap pencucian, keringat dan sublimasi pada kain rajut 100% poliester.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Manfaat Teoritis

   Penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan dan memperkaya khazanah ilmu pengetahuan dibidang teknologi tekstil, khususnya yang berkaitan dengan proses pencelupan kain poliester menggunakan zat warna Dispersi. Hasil penelitian ini dapat menjadi referensi ilmiah mengenai hubungan antara TLW dan ketuaan warna pada kain rajut 100% poliester serta menjadi dasar bagi penelitian selanjutnya yang relevan.

2. Manfaat Praktis

   a) Bagi Masyarakat

      Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi kepada masyarakat sebagai konsumen tekstil mengenai kualitas warna pada produk berbahan poliester, khususnya terkait daya tahan warna terhadap pencucian, keringat dan panas, sehingga masyarakat dapat lebih bijak dalam memilih dan merawat produk tekstil berwarna gelap.

   b) Bagi Industri/Perusahaan

      Penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan dan referensi bagi industri tekstil dalam pemilihan zat warna Dispersi hitam serta evaluasi kualitas hasil pencelupan kain poliester. Informasi mengenai ketahanan luntur dan ketuaan warna dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan mutu produk, efisiensi proses pencelupan dan daya saing produk tekstil di pasar.

   c) Bagi Prodi/Perguruan Tinggi

      Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi sumber referensi akademik dan bahan pembelajaran bagi Program Studi Rekayasa

Tekstil Universitas Islam Indonesia, khususnya dalam mata kuliah yang berkaitan dengan pewarnaan tekstil, pengujian mutu dan teknologi serat sintetis.

d) Bagi Penulis

Penelitian ini memberikan manfaat bagi penulis dalam menerapkan dan mengembangkan pengetahuan serta keterampilan yang telah diperoleh selama masa studi, khususnya dalam bidang pencelupan dan pengujian TLW tekstil. Selain itu, penelitian ini juga menjadi sarana untuk melatih kemampuan analisis, pemecahan masalah dan penulisan karya ilmiah secara sistematis.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian yang Relevan

Sejumlah penelitian yang relevan terkait penelitian ini antara lain:

1. Penelitian berjudul "*Dyeing of Polyester Fabrics with Dispersi Dyes and Evaluation of Color Fastness Properties*" yang dilakukan oleh Kumar dan Singh (2015) menunjukkan bahwa kain poliester yang dicelup menggunakan zat warna Dispersi memiliki variasi ketahanan luntur warna terhadap pencucian dan keringat yang dipengaruhi oleh jenis zat warna dan kondisi proses pencelupan. Penelitian ini menegaskan pentingnya evaluasi ketahanan luntur sebagai indikator mutu hasil pencelupan.
2. Penelitian berjudul "*Effect of Heat Treatment on Sublimation Fastness of Dispersi Dyed Polyester Fabrics*" yang dilakukan oleh Burkinshaw (2016) menunjukkan bahwa ketahanan luntur terhadap sublimasi pada kain poliester sangat dipengaruhi oleh stabilitas termal zat warna Dispersi dan kondisi pemanasan. Hasil penelitian ini relevan dengan pengujian sublimasi pada kain poliester berwarna gelap.
3. Penelitian berjudul *"Evaluation of Washing and Perspiration Fastness of Dispersi Dyed Polyester Fabrics*" yang dilakukan oleh Islam dan Hossain (2020) menunjukkan bahwa zat warna Dispersi warna gelap, khususnya hitam, memerlukan kontrol proses yang baik untuk memperoleh ketahanan luntur warna yang memenuhi standar mutu tekstil internasional.
4. Penelitian berjudul *"Influence of Dye Concentration on Color Depth and Fastness of Polyester Fabrics Dyed with Dispersi Dyes*" yang dilakukan oleh Ahmed et al. (2021) menunjukkan bahwa peningkatan ketuaan warna pada kain poliester tidak selalu sejalan dengan

peningkatan TLW sehingga diperlukan keseimbangan antara intensitas warna dan mutu ketahanan luntur.

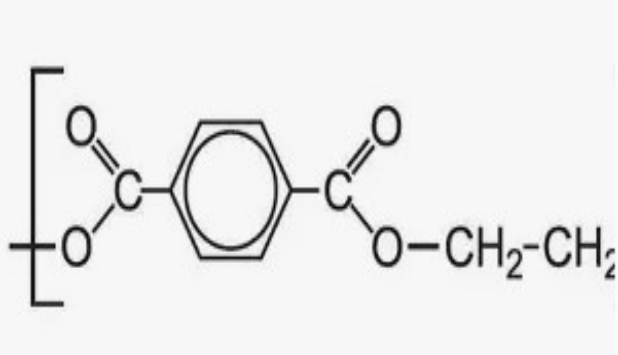
2.2. Landasan Teori

2.2.1. Sejarah dan Definisi Dasar

Serat poliester merupakan serat sintetik yang terbentuk dari polimerisasi kondensasi antara asam tereftalat (asam dikarboksilat) dengan etilena glikol (dialkoholdiol). Secara etimologi, nama "poliester" berasal dari penggabungan kata "poly" (banyak) dan "ester" (senyawa kimia organik). Asal mula penemuan poliester tidak terlepas dari penelitian W.H. Carothers di DuPont pada tahun 1930-an, meskipun saat itu ia lebih fokus pada penemuan nilon. Penelitian tersebut kemudian dilanjutkan oleh J.R. Whinfield dan J.T. Dickson dari Calico Printers' Association di Inggris, yang pada tahun 1941 berhasil mematenkan Polyethylene Terephthalate (PET). Pasca Perang Dunia II, perusahaan kimia besar seperti ICI (Inggris) dengan merk dagang Terylene dan DuPont (Amerika Serikat) dengan merk dagang Dacron mulai memproduksi serat ini secara massal. Sejak saat itu, poliester tumbuh menjadi serat yang paling dominan di dunia tekstil karena efisiensi produksinya dan sifatnya yang sangat serbaguna.

2.2.2. Struktur Kimia dan Pembentukan

Struktur kimia poliester dicirikan oleh adanya gugus fungsional ester dalam rantai utamanya. Proses pembentukannya melibatkan reaksi esterifikasi. Secara molekuler, unit pengulang dari Polyethylene Terephthalate (PET) dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2. 1 Struktur Kimia Serat Poliester
Sumber: *Burkinshaw, S. M. (2016). Chemical Principles of Synthetic Fibre Dyeing. Springer*

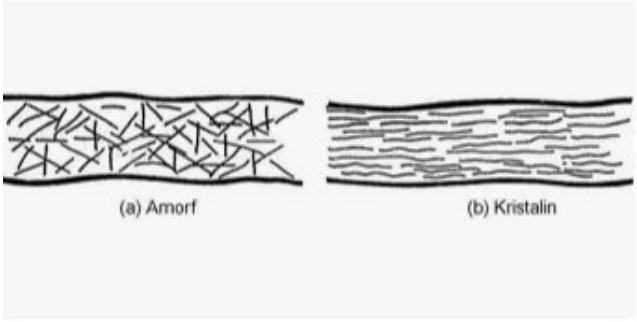
Struktur ini memiliki cincin benzena yang kaku. Kekakuan cincin benzena inilah yang memberikan sifat ketahanan terhadap deformasi, titik leleh yang tinggi dan stabilitas dimensi yang luar biasa pada serat poliester. Rantai polimer tersusun rapat satu sama lain melalui gaya Van der Waals dan interaksi dipol-dipol dari gugus karbonil.

2.2.3. Morfologi Serat

Secara morfologi, serat poliester dapat dimodifikasi sesuai dengan kebutuhan aplikasi melalui proses spinning (pemintalan). Namun secara umum, morfologi poliester terdiri dari dua bagian utama:

1. Daerah Amorf:

   Bagian dimana rantai molekul tersusun acak dan renggang. Daerah amorf inilah yang bertanggung jawab atas penyerapan zat warna Dispersi. Pada saat pencelupan suhu tinggi 130℃ daerah amorf ini akan melonggar dan menjadi pintu masuk bagi molekul zat warna.

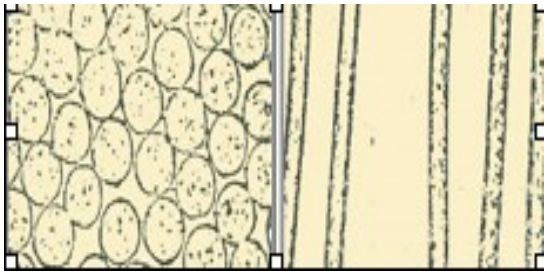


Gambar 2. 2 Morfologi Serat Poliester; Amorf dan Kristalin

Sumber: *Burkinshaw, S. M. (2016). Chemical Principles of Synthetic Fibre Dyeing. Springer*

2. Daerah Kristalin

   Bagian dimana rantai-rantai molekul tersusun sangat rapat, sejajar dan teratur. Daerah ini memberikan kekuatan tarik (tenasitas) dan ketahanan kimia. Di bawah mikroskop, serat poliester tampak rata, halus dan transparan mirip batang kaca. Karena bentuknya yang sangat halus dan tanpa pori alami (hidrofobik), maka permukaan serat poliester cenderung licin dan sulit ditembus air.



Gambar 2. 3 Penampang Serat Poliester; Membujur dan Melintang

Sumber: *Burkinshaw, S. M. (2016). Chemical Principles of Synthetic Fibre Dyeing. Springer.*

2.2.4. Sifat Fisika Serat Poliester

Sifat fisika poliester sangat dipengaruhi oleh derajat kristalinitas dan orientasi molekulnya. Berikut adalah parameter fisika utama:

- Kekuatan dan Mulur: Poliester memiliki kekuatan tarik yang sangat tinggi (4.0-7.0 gram/denier) dan mulur berkisar antara 15% - 45%. Hal ini membuat kain rajut poliester sangat awet dan tahan terhadap sobekan.
- Ketahanan Panas (Termoplastisitas): Poliester memiliki titik leleh sekitar 250-260°C. Titik transisi gelasnya (Tg) berada di kisaran 80°C. Sifat termoplastis ini memungkinkan kain poliester dilakukan proses heat-setting untuk menjaga stabilitas bentuk (tidak mengkerut).
- Moisture Regain (MR): Sangat rendah, yaitu berkisar 0,4%. Hal ini menunjukkan sifat hidrofobiknya yang sangat kuat. Pakaian dari poliester cepat kering namun cenderung menyimpan listrik statis.
- Berat Jenis: Memiliki berat jenis sekitar 1,38 yang termasuk kategori medium (lebih berat dari nilon tetapi lebih ringan dari kapas).

2.2.5 Sifat Kimia Serat Poliester

Sifat kimia poliester menentukan bagaimana material ini berinteraksi dengan zat warna Dispersi dan zat pembantu tekstil:

- Ketahanan terhadap Asam: Poliester memiliki ketahanan yang sangat baik terhadap asam organik dan asam mineral pada suhu kamar. Namun, pada suhu tinggi, asam kuat dapat mulai menghidrolisis ikatan esternya.
- Ketahanan terhadap Alkali: Ini adalah titik kritis. Poliester sensitif terhadap alkali kuat (seperti NaOH). Alkali dapat menyerang permukaan serat (degradasi permukaan) yang sering dimanfaatkan dalam proses weight reduction untuk membuat kain lebih lembut. Dalam pencelupan zat warna Dispersi, pH harus dijaga pada kondisi asam lemah (pH 4,5-5,5) agar serat tidak rusak dan zat warna tidak terhidrolisis.
- Ketahanan terhadap Pelarut Organik: Sangat baik terhadap pelarut pencuci kering (*dry cleaning*) seperti perkloretilena, namun dapat dilarutkan oleh senyawa fenol atau kresol.
- Ketahanan terhadap Sinar Matahari: Sangat baik, jauh lebih baik dibandingkan nilon atau sutra, sehingga cocok untuk pakaian luar ruang (*outdoor*).

2.2.6. Relevansi dalam Pencelupan

Zat Warna Dispersi kombinasi dari sifat hidrofobik, kristalinitas tinggi dan ketiadaan gugus reaktif membuat poliester hanya bisa dicelup dengan zat warna Dispersi. Karena tidak ada ikatan kimia ionik yang terjadi, maka mekanisme pewarnaan yang berlaku adalah larutan padat. Panas yang diberikan saat proses pencelupan berfungsi untuk "menggetarkan" daerah amorf serat agar molekul zat warna Dispersi dapat berdifusi masuk dan terperangkap secara mekanis di dalamnya setelah suhu didinginkan.

2.3 Zat Warna Dispersi

2.3.1. Sejarah dan Definisi

Zat warna Dispersi pertama kali dikembangkan pada tahun 1923 oleh Badische Anilin-und Soda-Fabrik (BASF) dan secara komersial diperkenalkan oleh British Celanese. Awalnya, zat warna ini diciptakan khusus untuk mencelup serat selulosa asetat yang bersifat hidrofobik, yang pada masa itu tidak dapat dicelup dengan zat warna larut air konvensional. Seiring dengan ditemukannya serat poliester pada tahun 1940-an, penggunaan zat warna Dispersi mengalami lonjakan drastis karena kecocokan sifat kimianya dengan poliester yang sama-sama bersifat hidrofobik. Zat warna Dispersi didefinisikan sebagai zat warna non-ionik yang memiliki kelarutan sangat rendah dalam air dan diaplikasikan dalam bentuk dispersi halus. Nama "Dispersi" berasal dari cara aplikasinya, di mana partikel zat warna yang tidak larut harus didispersikan ke dalam media air dengan bantuan zat pendispersi (dispersing agent) agar dapat diproses ke dalam serat.

2.3.2. Struktur Kimia Zat Warna Dispersi

Secara struktural, zat warna Dispersi merupakan molekul organik yang relatif kecil dan sederhana dibandingkan zat warna lainnya (seperti zat warna direk atau reaktif). Molekul yang kecil ini bertujuan agar zat warna dapat berdifusi dengan mudah ke dalam celah sempit di antara rantai polimer poliester yang rapat. Zat warna Dispersi umumnya berasal dari tiga golongan utama berdasarkan struktur kromofornya:

- Golongan Azo (-N=N–): Merupakan golongan terbesar (sekitar 70-80% dari seluruh zat warna Dispersi). Struktur ini memberikan rentang warna yang luas mulai dari kuning, oranye hingga merah dan hitam.
- Golongan Antrakuinon: Struktur ini lebih kompleks dan umumnya memberikan warna-warna cerah seperti biru dan hijau. Zat warna golongan ini cenderung memiliki ketahanan luntur terhadap cahaya yang sangat baik namun biaya produksinya lebih tinggi.
- Golongan Nitrodifenilamin: Biasanya digunakan untuk menghasilkan warna kuning dan oranye dengan molekul yang sangat kecil.

Struktur kimia zat warna Dispersi hitam sering kali merupakan campuran dari beberapa komponen azo untuk mendapatkan kepekatan warna yang maksimal.

2.3.3. Sifat Fisika Zat Warna Dispersi

Sifat fisika zat warna Dispersi tersebut di bawah ini sangat menentukan keberhasilan proses pencelupan pada suhu tinggi:

- Kelarutan dalam Air: Sangat rendah (sekitar 0,1 - 100 mg/L). Kelarutan ini sedikit meningkat seiring kenaikan suhu, namun tetap dalam jumlah yang sangat kecil.
- Ukuran Partikel: Sangat halus, biasanya berkisar antara 0,5 hingga 2 mikron. Jika partikel terlalu besar, zat warna akan sulit masuk ke dalam serat dan menyebabkan warna tidak rata atau mudah luntur.
- Titik Leleh: Umumnya memiliki titik leleh yang cukup tinggi (di atas 150C).

- Sublimasi: Ini adalah sifat fisika yang paling krusial. Karena molekulnya kecil dan non-ionik, zat warna Dispersi cenderung dapat menyublim (berubah dari padat ke gas) jika terkena panas. Sifat ini menjadi dasar klasifikasi energi *(Low, Medium, High Energy)*.

2.3.4. Sifat Kimia Zat Warna Dispersi

Karakteristik kimia zat warna Dispersi tersebut di bawah ini sangat memengaruhi stabilitasnya di dalam larutan celup:

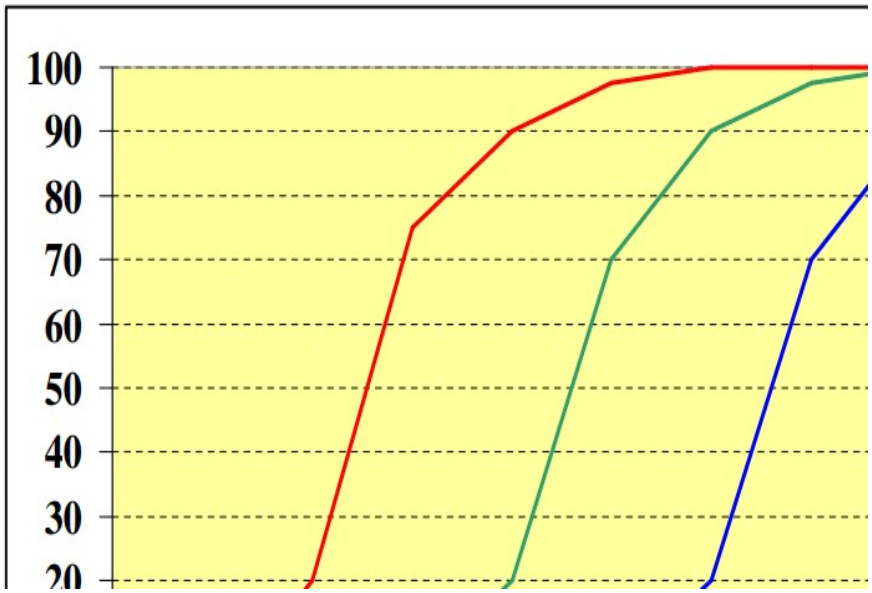
- Non-ionik: Tidak memiliki gugus pelarut seperti sulfonat (-SO_3H) yang ada pada zat warna asam atau direk. Hal ini membuatnya tidak bermuatan listrik.
- Stabilitas terhadap pH: Sebagian besar zat warna Dispersi sangat sensitif terhadap kondisi alkali (basa). Pada pH tinggi, gugus kromofor zat warna dapat terhidrolisis yang mengakibatkan perubahan warna secara radikal (misalnya warna hitam berubah menjadi kemerahan). Oleh karena itu, pencelupan harus dilakukan pada pH asam (pH 4,5–5,5).
- Interaksi Molekuler: Zat warna ini tidak membentuk ikatan kovalen dengan serat, melainkan terikat melalui gaya *Van der Waals* dan ikatan hidrogen di dalam zona amorf serat poliester.

2.3.5. Klasifikasi Zat Warna Dispersi Berdasarkan Energi

Dalam aplikasi industri, zat warna Dispersi dikategorikan berdasarkan ketahanan sublimasinya, yang berkaitan erat dengan ukuran molekul dan tingkat energi yang dibutuhkan untuk proses fiksasi:

- Tipe E (Low Energy): Memiliki berat molekul kecil. Mudah merata (leveling) pada suhu rendah (100-110°C), namun ketahanan sublimasinya buruk. Warna mudah hilang jika kain dipres atau disetrika panas.
- Tipe SE (Medium Energy): Memiliki sifat di antara tipe E dan S. Paling sering digunakan secara umum karena memberikan keseimbangan antara kemudahan proses dan TLW yang baik, walaupun TLW nya belum yang terbaik.

- Tipe S (High Energy): Memiliki berat molekul besar dan struktur kompleks. Memerlukan suhu tinggi minimal (130℃-135ºC) untuk bisa masuk ke dalam serat. Keunggulannya adalah memiliki ketahanan sublimasi yang sangat tinggi, sehingga warna tetap stabil pada suhu panas. Zat warna hitam berkualitas tinggi biasanya termasuk dalam kategori ini. Dalam perkembangannya, tipe energi tinggi ini juga banyak ditingkatkan menjadi tipe energi tinggi yang mempunyai TLW yang sangat bagus (Wash fast).



Gambar 2. 4 Rating Penyerapan Warna Berdasarkan Suhu

Sumber: *Archroma Basic Dyeing*

2.3.6. Mekanisme Pencelupan (Teori Larutan Padat)

Proses masuknya zat warna Dispersi ke dalam poliester dijelaskan melalui teori "*Solid Solution*". Pada mekanisme ini, air hanya bertindak sebagai media pengangkut. Saat suhu mencapai 130ºC, struktur poliester membengkak dan molekul zat warna yang terlarut sedikit demi sedikit dalam air akan "larut" masuk ke dalam serat padat. Proses ini berlangsung hingga tercapai kesetimbangan antara zat warna di dalam larutan dan di dalam serat.

2.4 Ketahanan Luntur Warna - TLW

Kemampuan warna pada kain untuk bertahan terhadap faktor luar seperti pencucian, keringat dan panas.

- Uji Pencucian → mengukur ketahanan warna terhadap deterjen dan air.
- Uji Keringat → mengukur ketahanan warna terhadap larutan buatan asam/basa yang menyerupai keringat manusia.
- Uji Sublimasi → mengukur stabilitas warna terhadap panas tanpa media cair.

Ketuaan Warna - Indeks optik yang menunjukkan intensitas warna pada kain berdasarkan hukum Kubelka-Munk.

2.4.1 Zat-zat Yang Digunakan

Untuk Pencelupan serat Poliester, zat zat yang digunakan sebagai berikut:

- Zat warna dispersi

Zat warna dispersi adalah pewarna khusus untuk serat poliester yang dapat mewarnai serat poliester dengan bantuan energi panas, suasana asam (asam asetat atau CH_3COOH), zat perata dan zat pendispersi, dikarenakan zat warna Dispersi pada dasarnya adalah zat warna yang tidak larut dalam air dan memerlukan zat pendispersi

- Suasana asam (dengan asam asetat CH_3COOH)

Untuk mencelup serat Poliester diperlukan pH asam di sekitar pH 4.5. Dalam hal ini dibutuhkan tambahan asam asetat untuk membuat suasana larutan menjadi suasana asam. Selain itu asam asetat juga berfungsi untuk menetralisir suasana alkali menjadi netral.

- Zat pendispersi

Dikarenakan zat warna dispersi itu sendiri adalah zat warna yang tidak larut dalam air, maka diperlukan zat pendispersi agar zat warna terdispersi kedalam air sehingga bisa mewarnai serat. Dalam hal ini, zat pendispersi yang umum dipakai adalah dari Jenis Naphtalene sulphonate.

- Zat anti reduksi

Zat warna Dispersi sering terpengaruh oleh reduksi pada saat pencelupan yang mengakibatkan perubahan warna dan menjadi tidak stabil. Zat anti reduksi ini berfungsi menjaga agar warna tetap stabil.

- Reduktor

Setelah proses pencelupan, masih ada sisa sisa zat warna yang tidak terfiksasi dan hanya menempel pada serat, akan mempengaruh kelunturan warna, oleh karenanya perlu dibersihkan dengan proses *reduction clearing.*

- NaOH (coustic soda)

Untuk proses reduction clearing diperlukan suasana alkali, NaOH ini berfungsi untuk suasana alkali.

2.4.2. Standar Pengujian TLW

Dalam pengujian kali ini, yang dianalisis adalah TLW terhadap Pencucian, TLW terhadap keringat, TLW terhadap sublimasi dan pengujian ketuaan warna. Standar yang digunakan :

2.4.2.1. Pengujian ketahanan luntur warna terhadap pencucian

Dalam dunia industri tekstil internasional, estándar internacional yang paling umum digunakan untuk menguji TLW terhadap pencucian adalah standar ISO (*International Organization for Standardization*) dan AATCC (*American Association of Textile Chemists and Colorists*).

Pengujian TLW terhadap pencucian bertujuan untuk menentukan stabilitas warna tekstil terhadap proses pencucian rumah tangga atau komersial yang dilakukan berulang kali. Standar ini mencakup perubahan warna sampel asli (*Color Change*) dan tingkat penodaan warna pada kain putih pendamping (*Color Staining*).

1. Standar ISO 105-C06 (Tekstil – Uji TLW – Bagian C06)

   Ini adalah standar yang paling luas digunakan di Eropa, Asia dan Indonesia (diadopsi menjadi SNI ISO 105-C06).

   Prinsip pengujian:

Sampel kain dijahit bersama kain pelapis standar (multifiber), kemudian dicuci di dalam mesin Launder-Ometer dengan larutan deterjen standar dan bola-bola baja sebagai beban mekanik.

Kondisi pengujian:

Terbagi menjadi beberapa tipe (A1, A2, B1, B2 dsb) tergantung pada suhu (mulai dari 40℃ hingga 95℃ dan penggunaan zat pemutih (perborat).

Penilaian pengujian:

Menggunakan *Grey Scale* untuk perubahan warna dan *Staining Scale* untuk penodaan warna pada kain putih.

2. Standar AATCC TM61 (*Colorfastness to Laundering: Accelerated*)

   Standar ini dikembangkan di Amerika Serikat dan dirancang untuk memberikan hasil yang cepat (akselerasi).

   Prinsip pengujian:

   Satu kali siklus pengujian selama 45 menit dianggap setara dengan lima kali siklus pencucian rumah tangga atau komersial biasa.

   Kelebihan:

   Sangat efektif untuk memprediksi perubahan warna dalam jangka panjang dan dalam waktu singkat.

   Parameter:

   Menggunakan deterjen standar AATCC (1993 *Standard Reference Detergent*) dengan atau tanpa pemutih klorin.

3. Alat dan Media Pengujian

   Untuk melakukan pengujian ini sesuai standar internasional, diperlukan komponen-komponen berikut:

   Mesin Launder-Ometer:

   Alat rotasi yang mampu menjaga suhu dan kecepatan putaran secara konstan sesuai standar.

   Kain Pelapis (*Multifiber*):

Kain khusus yang terdiri dari 6 jenis serat berbeda (asetat, kapas, nilon, poliester, akrilat dan wol) untuk melihat sejauh mana zat warna akan luntur dan menodai jenis serat tertentu.

Steel Balls:

Bola baja tahan karat berdiameter sekitar 6 mm yang berfungsi memberikan efek mekanik (gesekan) saat pencucian.

4. Skala Penilaian (*Evaluation Scales*)

   Hasil pengujian dinyatakan dalam angka 1 sampai 5:

   Nilai 5: Sangat Baik (tidak ada perubahan warna atau penodaan).

   Nilai 4: Baik.

   Nilai 3: Cukup

   Nilai 2: Kurang

   Nilai 1: Buruk (luntur parah)

2.4.2.2. Pengujian TLW terhadap keringat

Standar Internasional Pengujian TLW Terhadap Keringat, pengujian TLW terhadap keringat (*colorfastness to perspiration)* bertujuan untuk mengevaluasi stabilitas warna pada bahan tekstil yang terkena cairan keringat manusia selama penggunaan. Keringat memiliki sifat kimia yang kompleks dan dapat berubah dari asam menjadi basa karena aktivitas bakteri, sehingga pengujian standar internasional selalu mencakup dua kondisi: keringat asam dan keringat basa.

1. Standar ISO 105-E04 (*Perspiration*)

   Standar ISO 105-E04 merupakan metode yang paling umum digunakan secara global untuk mengevaluasi efek keringat.

   Larutan Uji:

   Peneliti harus menyiapkan dua jenis larutan simulasi:

   Larutan Asam: Menggunakan L-histidine monohydrochloride monohydrate, Natrium Klorida (NaCl) dan Natrium Dihidrogen Ortofosfat (NaH_2PO_4) dengan pengaturan pH 5,5.

Larutan Basa: Menggunakan komponen yang sama namun diatur pada pH 8,0 dengan penambahan Dinatrium Hidrogen Ortofosfat.

Prinsip Kerja:

Spesimen kain dijahit bersama kain pelapis (*multifiber*), direndam dalam larutan selama 30 menit kemudian diletakkan di antara lempengan kaca atau plastik di dalam alat Perspirometer dengan beban tekanan tertentu (12,5 kPa). Alat tersebut kemudian dimasukkan ke dalam inkubator pada suhu 37°C (suhu tubuh manusia) selama 4 jam.

2. Standard AATCC TM15 (*Colour fastness to Perspiration*)

   Standard dari Amerika Serikat ini memiliki sedikit perbedaan dalam formulasi larutan dan prosedur dibandingkan ISO.

   Karakteristik: AATCC TM15 secara umum hanya menggunakan larutan keringat asam. Hal ini didasarkan pada riset bahwa keringat asam lebih sering menyebabkan degradasi warna pada serat sintetis dan alami dibandingkan keringat basa.

   Kondisi Uji: Suhu inkubasi dijaga pada 38°C selama minimal 6 jam. Tekanan yang diberikan pada spesimen sedikit berbeda dengan ISO, namun tujuannya tetap sama, yaitu mensimulasikan kain yang terhimpit di antara kulit dan pakaian.

3. Mekanisme Luntur Akibat Keringat pada Poliester

   Pada kain poliester yang dicelup dengan zat warna Dispersi hitam, keringat dapat memicu migrasi molekul zat warna keluar dari serat.

   Hal ini disebabkan oleh:

   Efek Pelarutan: Senyawa asam amino dalam keringat (seperti histidin) dapat bertindak sebagai agen pengelat yang menarik molekul zat warna yang tidak terfiksasi sempurna.

   Interaksi pH: Perubahan pH larutan di sekitar serat dapat mengganggu ikatan fisik (*Gaya Van der Waals*) antara zat warna Dispersi dengan rantai polimer poliester.

4. Penilaian Hasil Uji

Setelah proses inkubasi dan pengeringan suhu 60ºC sampel dievaluasi di dalam *Light Box* (D65) menggunakan:

Grey Scale: Untuk mengukur perubahan warna (*color change*) pada sampel asli.

Staining Scale: Untuk mengukur penodaan warna (*color staining*) pada enam jenis serat di kain multifiber.

Khusus untuk poliester, biasanya perhatian utama tertuju pada penodaan di bagian serat nilon dan poliester itu sendiri.

2.4.2.3. Standar Internasional Pengujian TLW Terhadap Sublimasi (Panas Kering)

Pengujian TLW terhadap sublimasi, atau sering disebut dengan ketahanan terhadap panas kering, bertujuan untuk mengevaluasi stabilitas zat warna di dalam serat ketika terpapar suhu tinggi. Dalam industri tekstil, pengujian ini mensimulasikan kondisi kain saat mengalami proses *heat-setting*, pengepresan *(pleating)* atau penyetrikaan oleh konsumen akhir.

1. Standar ISO 105-P01 (*Colorfastness to Dry Heat*)

Standar ISO 105-P01 adalah acuan internasional yang paling sering digunakan untuk material sintetis seperti poliester.

Prinsip Pengujian: Spesimen kain yang telah dicelup diletakkan di antara kain pelapis (multifiber atau kain poliester putih). Sampel tersebut kemudian dijepit di antara dua lempengan logam yang telah dipanaskan pada suhu tertentu dengan tekanan sebesar 4 kPa.

Variabel Suhu:

Standar ini umumnya menggunakan tiga pilihan suhu tergantung pada kebutuhan:

- 150°C untuk pengujian standar pakaian umum
- 180°C untuk pengujian ketahanan medium
- 210°C untuk pengujian stabilitas tinggi (biasanya untuk kain yang akan diproses heat-set lebih lanjut).

Waktu Pengujian:

Proses pemanasan dilakukan selama 30 detik.

2. Standar AATCC TM117 (*Colorfastness to Dry Heat*)

Standar ini merupakan versi Amerika Serikat yang memiliki prinsip serupa namun sering kali menggunakan alat yang berbeda dalam pengaturan distribusi panasnya. Fokus utamanya adalah melihat apakah zat warna berpindah (migrasi) dari kain contoh ke kain pelapis akibat energi panas.

3. Relevansi Tipe Zat Warna Dispersi terhadap Sublimasi

Dalam penelitian ini pengujian sublimasi menjadi indikator utama untuk membedakan performa tipe energi pada zat warna Dispersi hitam, sbb:

Zat Warna Low Energy (Tipe E):

Memiliki ukuran molekul kecil sehingga mudah menyublim. Pada suhu 150℃ zat warna ini cenderung meninggalkan serat dan menodai kain pelapis secara signifikan (Nilai 1-2).

Zat Warna Medium Energy (Tipe SE):

Memiliki ketahanan yang cukup namun masih menunjukkan sedikit penodaan pada suhu di atas 180℃.

Zat Warna High Energy Tinggi (Tipe S):

Memiliki ukuran molekul besar dan struktur kompleks. Zat warna ini dirancang untuk tetap tinggal di dalam serat meskipun terpapar suhu hingga 210℃.

Untuk warna hitam, penggunaan tipe S sangat disarankan agar tidak terjadi luntur panas (Nilai 4-5).4.

Prosedur Penilaian:

Setelah proses pemanasan selesai, sampel dibiarkan mencapai kelembaban standar selama 4 jam, kemudian dinilai menggunakan:

Grey Scale:

Menilai perubahan warna pada kain contoh setelah dipanaskan. Sering kali panas menyebabkan perubahan nada warna (*shade*) pada warna hitam.

Staining Scale:

Menilai tingkat penodaan pada kain pelapis (terutama panel poliester dan nilon pada kain multifiber).

2.5. Hipotesis Penelitian

Hipotesis penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Hipotesis Nol (H0)

   Tidak terdapat perbedaan yang signifikan pada ketahanan luntur warna (TLW) terhadap pencucian, keringat, dan sublimasi serta ketuaan warna pada kain rajut 100% poliester yang dicelup menggunakan berbagai jenis zat warna Dispersi hitam.

2. Hipotesis Kerja/Alternatif (H1)

   Terdapat perbedaan yang signifikan pada ketahanan luntur warna (TLW) terhadap pencucian, keringat, dan sublimasi serta ketuaan warna pada kain rajut 100% poliester yang dicelup menggunakan berbagai jenis zat warna Disperse hitam.

BAB III. METODOLOGI

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Persiapan sampel dilakukan di PT. Archroma Indonesia
2. Pengujian sampel dilakukan di PT. Archroma Indonesia

Pemilihan lokasi penelitian di PT. Archroma Indonesia didasarkan pada ketersediaan fasilitas laboratorium tekstil yang memadai serta peralatan pencelupan dan pengujian ketahanan luntur warna yang sesuai dengan standar industri. Selain itu, perusahaan ini memiliki bahan kimia dan zat warna Dispersi yang digunakan dalam penelitian serta tenaga teknis yang berpengalaman dalam proses pencelupan. Dengan demikian, penelitian dapat dilaksanakan secara lebih terkontrol, akurat, dan sesuai dengan kondisi proses yang berlaku di industri tekstil.

Adapun penelitian ini dilaksanakan selama 1,5 (satu setengah) bulan, yaitu sejak pertengahan bulan Desember 2025 sampai akhir Januari 2026, di luar waktu penyusunan proposal dan penulisan laporan.

3.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini terutama untuk pencelupan dan proses *reduction clearing* adalah sebagai berikut:

1. Kain 100 % Poliester rajut yang diperoleh dari stok laboratorium PT.Archroma Indonesia.
2. Zat warna Dispersi: *Terasil black bfe, Terasil super black w-01* dan *Terasil black w-vm* yang diperoleh dari stok laboratorium PT.Archroma Indonesia.
3. Zat pendispersi, zat warna Dispersi dikarenakan bersifat tidak larut dalam air sehingga memerlukan zat pendispersi untuk melarutkannya dalam air, dalam hal ini zat pendispersi yang dipakai adalah Univadine DPL yang diperoleh dari stok laboratorium PT. Archroma Indonesia.

4. Zat anti reduksi: Albatex ARB yang diperoleh dari stok laboratorium PT. Archroma Indonesia.
5. *Buffer*: Opticid PSD adalah pengatur pH agar pH tidak naik turun pada saat proses pencelupan, yang diperoleh dari stok laboratorium PT. Archroma Indonesia.
6. Sabun: Eriopon OS yang diperoleh dari stok laboratorium PT.Archroma Indonesia.
7. Asam asetat: CH_3COOH untuk mengatur pH, asam asetat ini diperoleh dari stok laboratorium PT.Archroma Indonesia
8. NaOH/Caustic soda 36ºBe, yang diperoleh dari stok laboratorium PT.Archroma Indonesia
9. $Na_2S_2O_4$ (sodium hydrosulfit), yang diperoleh dari stok laboratorium PT.Archroma Indonesia

Bahan bahan untuk evaluasi tahan luntur warna adalah sebagai berikut :

1. Detergen ECE (digunakan dalam uji TLW terhadap pencucian standar ISO105 C06 A-2S 40ºC)
2. Sodium perborat dan Sodium Carbonate Na_2CO_3 (digunakan dalam uji TLW terhadap pencucian standar ISO 105 C06 C-2S 60ºC)
3. Multi fiber, untuk mengukur skala penodaan, pada uji tahan luntur warna terhadap pencucian dan tahan luntur warna terhadap keringat .
4. Kain 100% Poliester rajut dan 100% katun untuk mengukur skala penodaan pada uji sublimasi.

3.3 Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.3.1. Mesin Celup Laboratorium Infra Merah - 16 tabung.

Mesin ini adalah standard yang modern di laboratorium tekstil. Bekerja menggunakan infra merah sebagai pemanas tabung, yang berisi kain dan larutan zat warna.

Mesin ini suhu maksimumnya dapat mencapai 135℃-140℃ sehingga cocok untuk mencelup kain poliester yang memerlukan suhu tinggi dalam prosesnya.



Gambar 3. 1 Mesin Pencelupan Laboratorium Sistem Infra Merah Dengan 16 Tabung; Merek Mathis Labomat.
Sumber: Dokumentasi Pribadi

3.3.2. Spektro fotometer

Alat ini adalah komputer untuk pengecekan ketua-mudaan warna, pengecekan kecocokan warna, setelah dicelup. Pada dasarnya spektro fotometer adalah alat vital dalam hal managemen warna di Industri tekstil. Dalam industri tekstil, Spektrofotometer adalah alat optik yang jauh lebih canggih daripada mata manusia. Jika mata kita bersifat subjektif (tergantung pencahayaan dan kondisi mata), spektrofotometer bekerja secara objektif dengan mengukur cahaya yang dipantulkan oleh kain pada setiap panjang gelombang. Alat ini mengukur warna dengan cara menembakkan cahaya ke permukaan kain dan menangkap pantulannya. Dengan urutan sebagai berikut:

1. Sumber Cahaya: Alat memancarkan cahaya putih (spektrum penuh).

2. Pemantulan: Cahaya mengenai sampel tekstil. Kain akan menyerap sebagian warna dan memantulkan sisanya.
3. Difraksi & Sensor: Cahaya yang dipantulkan dipecah menjadi panjang gelombang spesifik (nanometer) oleh kisi difraksi, lalu ditangkap oleh sensor digital.
4. Konversi Data: Hasil pantulan diubah menjadi angka koordinat warna (biasanya dalam sistem CIELAB).

Parameter utama: L*a*b

Hasil dari spektro fotometer hampir selalu ditampilkan dalam koordinat L*a*b, dalam hal ini L*a*b adalah bahasa universal warna.

L* (Lightness), mengukur terang atau gelap, semakin rendah nilai L maka warna akan semakin gelap, semakin tinggi nilai L maka warna akan semakin muda.

a* (merah/hijau), mengukur arah kemerhan atau kehijauan , kalau nilai a nya negatif maka warnanya hijau, kalau nilai a nya positif maka warnanya kemerahan.

b* (kuning/biru), mengukur arah kekuningan atau kebiruan, Kalau nilai b nya negatif maka warnanya kebiruan, kalau b nilainya positif maka warnanya kekuningan.



Gambar 3. 2 Spectrofotometer

Sumber: Dokumentasi Pribadi

3.3.3. Mesin Launder-Ometer

Mesin Launder-Ometer adalah perangkat laboratorium standar yang digunakan secara khusus untuk menguji TLW tekstil terhadap pencucian (sesuai standar ISO 105, AATCC, dll.). Secara sederhana, mesin ini adalah "mesin cuci mini laboratorium" yang dirancang untuk mensimulasikan proses pencucian rumah tangga atau komersial secara terkendali dan dipercepat.

Cara kerja mesin Launder-O meter , sebagai berikut :

a. Tabung Spesimen (Canister): Sampel kain dimasukkan ke dalam tabung baja tahan karat (kapasitas biasanya 550 ml atau 1200 ml). Di dalam tabung ini diisi larutan deterjen, air dan bola baja.
b. Sistem Rotasi: Tabung-tabung tersebut dipasang pada poros tengah yang berputar di dalam bak air (water bath). Kecepatan putarannya standar, biasanya 40 rpm (putaran per menit).
c. Pemanasan Konstan: Bak air di sekeliling tabung dipanaskan untuk menjaga suhu di dalam tabung tetap stabil (misalnya tepat di 40°C atau 60°C) selama pengujian berlangsung.

d. Efek Mekanik (Bola Baja): Bola-bola baja kecil di dalam tabung ikut berputar dan "membanting" kain. Ini mensimulasikan gesekan fisik yang terjadi saat baju dicuci di mesin cuci asli.

Dalam pengujian ISO 105 C06 (seperti A2S atau C2S) yang kita bahas sebelumnya, mesin inilah yang digunakan.

- Jika metodenya A2S, suhu mesin 40°C dan menggunakan 10 bola baja di tiap tabung.
- Jika metodenya C2S, suhu mesin 60°C dan menggunakan 25 bola baja di tiap tabung.



Gambar 3. 3 Mesin Launder-Ometer

Sumber: Dokumentasi Pribadi

3.3.4. Alat test sublimasi (Sublimation fastness tester)

Alat yang digunakan untuk menguji TLW terhadap sublimasi (perpindahan warna dari padat ke gas karena panas) disebut dengan *Scorching Tester* atau *Sublimation Fastness Tester*. Standar internasional yang paling umum menggunakan alat ini adalah ISO 105-P01 (TLW terhadap panas kering).

Cara kerja alat test sublimasi berbeda dengan Launder-Ometer yang menggunakan air, alat tes sublimasi menggunakan panas kering dan tekanan, sebagai berikut:

1. Pemanas Ganda (*Heating Plates*): Alat ini memiliki dua lempeng logam (atas dan bawah) yang suhunya bisa diatur secara sangat presisi.
2. Sistem Penjepit: Sampel kain diletakkan di antara kedua lempeng tersebut.
3. Tekanan Konstan: Lempeng akan menekan kain dengan beban tertentu (biasanya 4 +- 1 kPa) untuk memastikan panas berpindah secara merata.
4. Transfer Warna: Jika zat warna tidak stabil, panas akan menyebabkan molekul warna menyublim dan pindah ke kain putih (pelapis) yang ditempelkan pada sampel.

Prosedur pengujian sublimasi test ISO 105 P-01 biasanya dilakukan pada tiga pilihan suhu, tergantung pada jenis serat kain:

- 150°C ±2ºC selama 30 detik
- 180°C ± 2ºC selama 30 detik
- 210°C ± 2ºC selama 30 detik

Dalam analisis ini, kita menggunakan suhu 180ºC dan 210ºC selama 30 detik, dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Kain contoh (sampel) ditempelkan dengan kain putih standar (kain 100% poliester putih dan atau kain katun 100%).
2. Sampel "diapit" di antara lempeng panas selama 30 detik.
3. Setelah selesai, sampel didiamkan selama 4 jam di suhu ruang agar mencapai kondisi stabil kembali.
4. Penilaian: Perubahan warna sampel dan penodaan pada kain putih dinilai menggunakan skala penodaan warna (*Grey Scale)*.



Gambar 3. 4 Alat Test Sublimasi (Scorch/Sublimation Tester)

Sumber: Dokumentasi Pribadi

3.3.5. Alat uji TLW terhadap keringat *(Perspirometer)*

Alat yang digunakan untuk menguji TLW terhadap keringat disebut Perspirometer. Pengujian ini sangat penting untuk pakaian yang bersentuhan langsung dengan kulit, seperti pakaian olahraga, pakaian dalam dan kaos kaki. Standar internasional yang paling umum digunakan adalah ISO 105-E04.

Alat ini memiliki beberapa bagian, sebagai berikut:

Perspirometer. Perspirometer bukanlah mesin listrik yang berputar, melainkan alat penekan mekanis yang menjaga sampel tetap berada di bawah tekanan konstan di dalam oven.

Lempeng Pemisah (Separator Plates): Biasanya terbuat dari kaca atau akrilik yang benar-benar rata. Sampel diletakkan di antara lempeng-lempeng ini.

Beban Pemberat (Weight): Memberikan tekanan standar sebesar 12,5 kPa (sekitar 5 kg beban) untuk memastikan larutan keringat meresap secara merata ke seluruh serat.

Rak Penjepit: Kerangka baja untuk mengunci sampel agar tekanan tidak berubah selama proses pemanasan.

Bahan Kimia: Larutan Keringat Buatan

Karena keringat manusia bersifat kompleks, laboratorium membuat dua jenis larutan simulasi:

Keringat Asam (Acidic): Digunakan untuk mensimulasikan kondisi tubuh saat metabolisme tertentu atau reaksi bakteri.

Keringat Basa (Alkaline): Digunakan karena keringat manusia bisa berubah menjadi basa seiring waktu saat terurai di pakaian.

Komposisi utamanya biasanya mencakup *L-histidine monohydrochloride monohydrate*, natrium klorida (NaCl), dan natrium dihidrogen ortofosfat.

Prosedur Pengujian (ISO 105-E04)

Persiapan Spesimen: Kain sampel dijahit bersama kain pelapis *Multifibre*.

Perendaman: Sampel direndam dalam larutan keringat (asam atau basa secara terpisah) selama 30 menit hingga benar-benar basah.

Penyusunan: Sampel diletakkan di antara lempeng-lempeng Perspirometer.

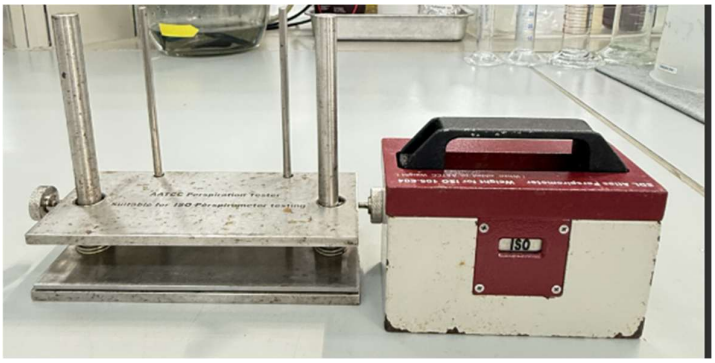
Penekanan: Beban diletakkan di atas alat, lalu alat dikunci.

Inkubasi (Oven): Alat dimasukkan ke dalam oven pengering dengan suhu 37°C ± 2°C (suhu tubuh manusia) selama 4 jam.

Pengeringan & Penilaian: Sampel dikeluarkan, dikeringkan dan dinilai menggunakan *Grey Scale*.

Alat penunjang :

- Beaker glass
- Pipet
- Timbangan analitik
- Grey scale
- Oven inkubator
- pH meter



Gambar 3. 5 Alat Test Tahan Luntur Terhadap Keringat *(Perspirometer)*.

Sumber: Dokumentasi Pribadi

3.4 Prosedur dan Pengumpulan Data

Prosedur dan pengumpulan data dalam penelitian ini dapat dijelaskan sebagai berikut:

3.4.1 Pencelupan Kain 100% Poliester Rajut

Bahan atau substrat dalam analisis ini menggunakan kain 100% Poliester rajut. Pengujian ini menggunakan metoda pencelupan exhaust dengan menggunakan mesin pencelupan laboratorium infra merah dengan beberapa variasi proses sebagai berikut :

a.Suhu

Seperti diketahui, pencelupan serat poliester 100% membutuhkan suhu tinggi dalam proses nya, dalam hal ini kita memvariasikan suhu menjadi 3 variasi agar bisa diketahui dan dianalisa efek/pengaruhnya dalam hal penyerapan/ketuaan warna dan TLW terhadap pencucian, keringat dan sublimasi. Dalam hal ini ada 3 variasi mulai dari 125℃, 130℃ dan 135℃.

b.Waktu

Waktu juga sangat memengaruhi hasil dari proses pencelupan ini. Waktu adalah parameter penting yang menentukan berhasil tidaknya proses pencelupan . Dengan memvariasikan waktu menjadi 2 variasi agar diketahui seberapa lama waktu yang dibutuhkan untuk mendapatkan hasil yang maksimal sesuai dengan tipe zat warna

yang digunakan. Dalam hal ini, waktu yang kita variasikan adalah 30 menit dan 60 menit.

c. Tipe zat warna

Kita menggunakan 2 tipe zat warna Dispersi yang mempunyai sifat sifat berbeda. 2 tipe zat warna Dispersi tersebut yaitu tipe energi medium atau tipe SE dan tipe energi tinggi atau tipe S. Dua tipe zat warna ini mempunyai ciri khas khusus :

- Tipe SE (Energi Medium): Memiliki sifat di antara tipe E dan S. Paling sering digunakan secara umum karena memberikan keseimbangan antara kemudahan proses dan ketahanan luntur yang baik.
- Tipe S (Energi tinggi): Memiliki berat molekul besar dan struktur kompleks. Memerlukan suhu tinggi minimal (130°C) untuk bisa masuk ke dalam serat. Keunggulannya adalah memiliki ketahanan sublimasi yang sangat tinggi sehingga warna tetap stabil pada suhu panas. Zat warna hitam berkualitas tinggi biasanya termasuk dalam kategori ini.

Pengujian ini menggunakan zat warna Dispersi tipe SE (energi medium) dan tipe S (energi tinggi). *Terasil black bfe* adalah zat warna Dispersi tipe SE (energi medium), dan *Terasil super black w-01* dan *Terasil black w-vm* adalah zat warna Dispersi tipe S (energi tinggi) yang mempunyai sifat *wash fast* atau TLW yang sangat baik.

3.4.2. Resep Proses Pencelupan :

Material: 100% Polyester knit (Lab)

Dyeing process at X°C, Y minutes, L:R 10:1

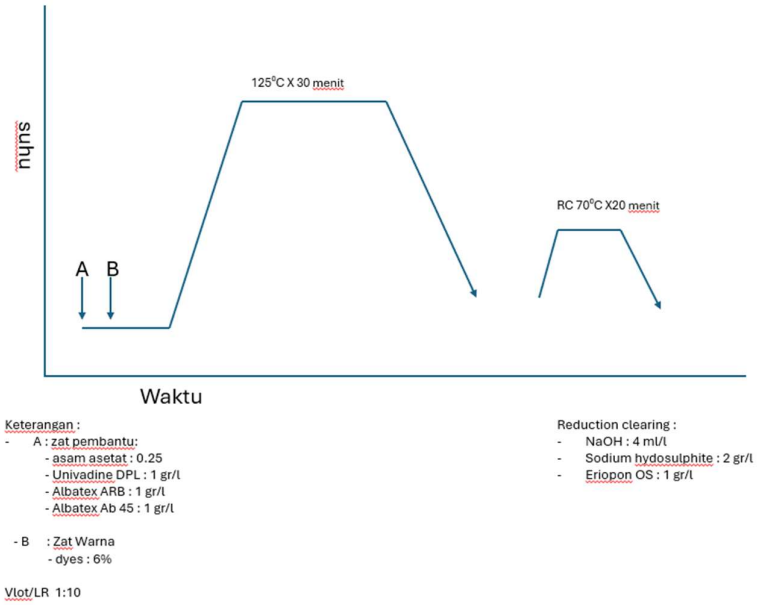
Exhaust process

Recipe & Process

		Terasil Black BFE	Terasil Super Black W-01	Terasil Black W-VM
Disperse Dyes	%	6.0	6.0	6.0
Univadine DPL	g/l	1.0	1.0	1.0
Acetic acid	g/l	0.25	0.5	0.75
Albatex ARB	g/l	1.0	1.0	1.0
Opticid PSD liq.	g/l	1.0	2.0	3.0
Adjust pH		5.5	4.5	3

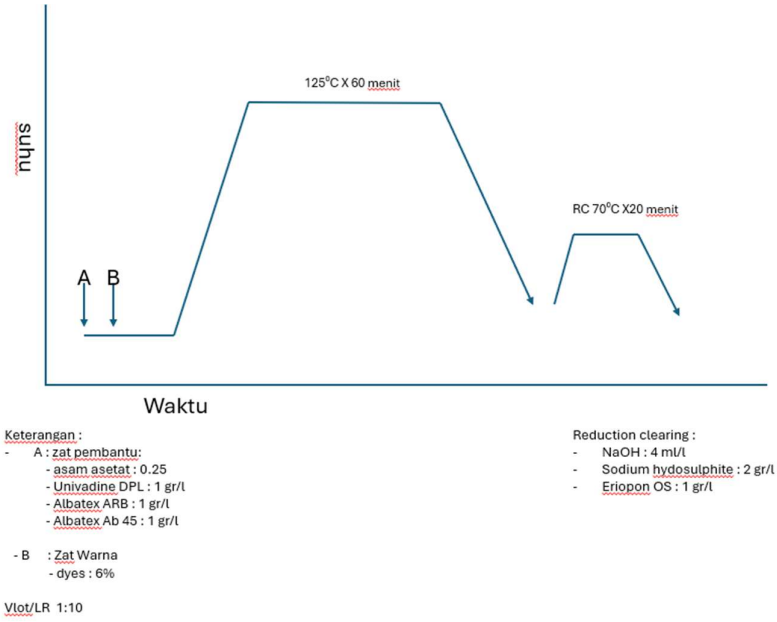
Resep di atas menggunakan variasi suhu dan waktu yaitu 125ºC 30 menit, 125ºC 60 menit, 130ºC 30 menit, 130ºC 60 menit, 135ºC 30 menit dan 135ºC 60 menit, sehingga total ada 18 kali test pencelupan yang berbeda parameternya.

3.4.3. Diagram Proses Pencelupan :



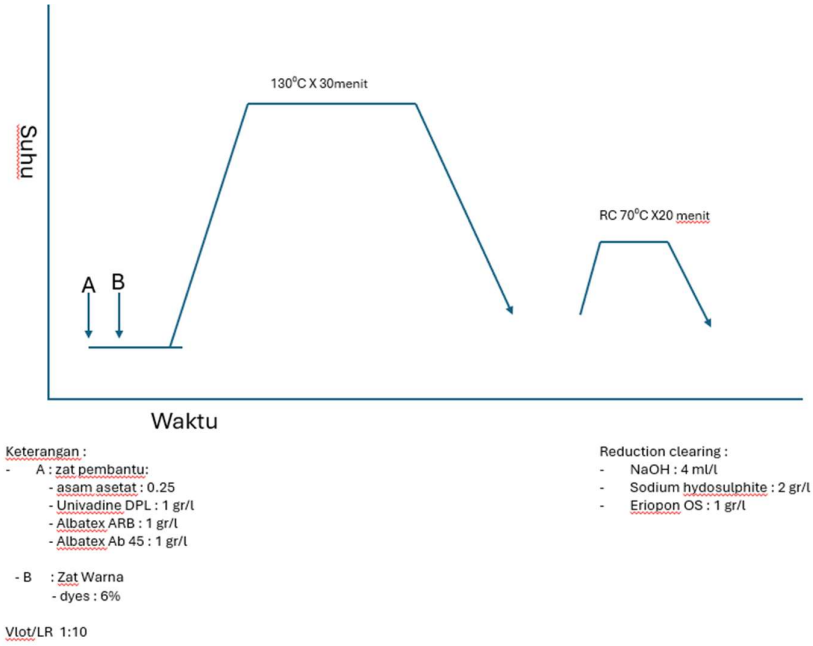
Gambar 3. 6 Diagram proses pencelupan 125-30

Sumber: Dokumentasi Pribadi



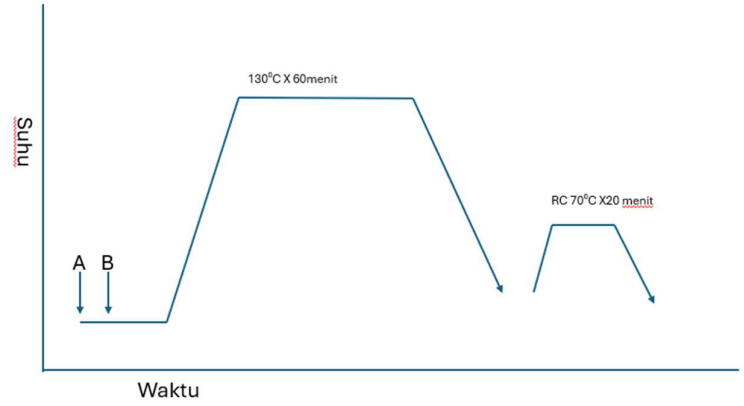
Gambar 3. 7 Diagram proses pencelupan 125-60

Sumber: Dokumentasi Pribadi



Gambar 3. 8 Diagram proses pencelupan 130-30

Sumber: Dokumentasi Pribadi



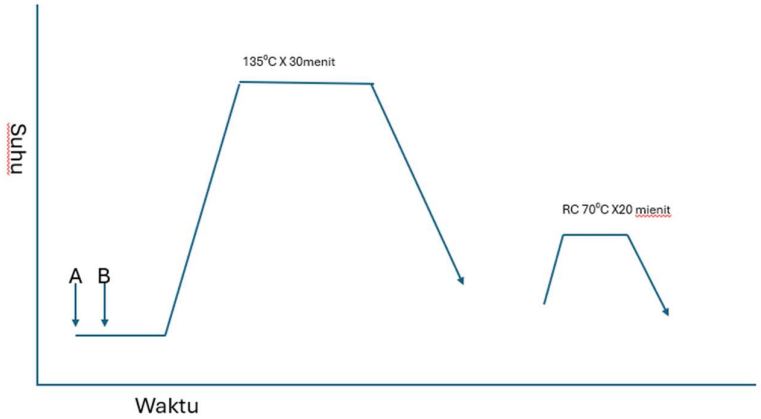
Keterangan :
- A : zat pembantu:
  - asam asetat : 0.25
  - Univadine DPL : 1 gr/l
  - Albatex ARB : 1 gr/l
  - Albatex Ab 45 : 1 gr/l
- B : Zat Warna
  - dyes : 6%

Vlot/LR 1:10

Reduction clearing :
- NaOH : 4 ml/l
- Sodium hydosulphite : 2 gr/l
- Eriopon OS : 1 gr/l

Gambar 3. 9 Diagram proses pencelupan 130-60

Sumber: Dokumentasi Pribadi



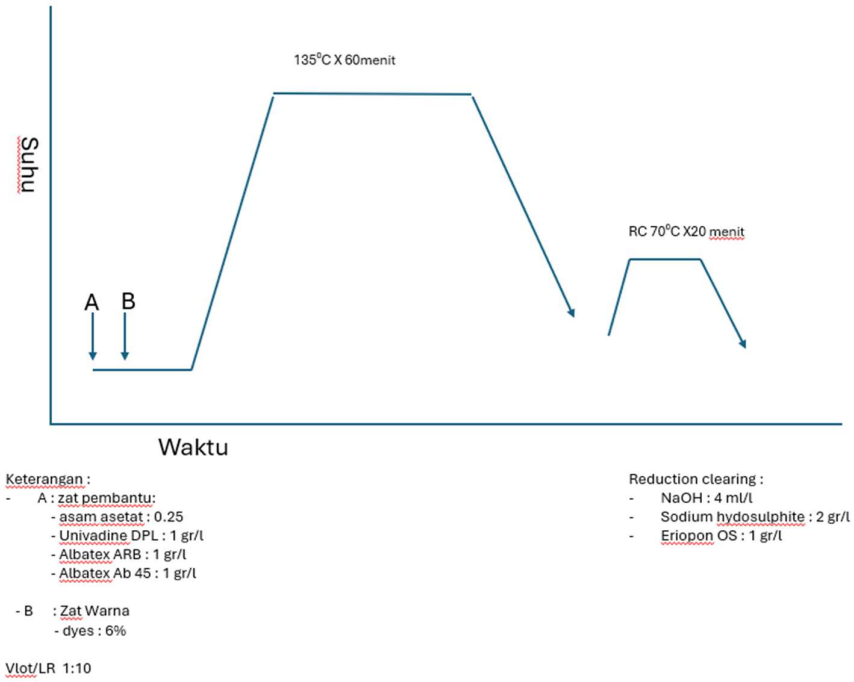
Keterangan :
- A : zat pembantu:
  - asam asetat : 0.25
  - Univadine DPL : 1 gr/l
  - Albatex ARB : 1 gr/l
  - Albatex Ab 45 : 1 gr/l
- B : Zat Warna
  - dyes : 6%

Vlot/LR 1:10

Reduction clearing :
- NaOH : 4 ml/l
- Sodium hydosulphite : 2 gr/l
- Eriopon OS : 1 gr/l

Gambar 3. 10 Diagram proses pencelupan 135-30

Sumber: Dokumentasi Pribadi



Gambar 3. 11 Diagram proses pencelupan 135-60

Sumber: Dokumentasi Pribadi

3.4.4. Pengujian Ketuaan Warna *(color depth)*

Pengujian ketuaan warna didasarkan pada seberapa tua kain terwarnai oleh zat warna dan dibandingkan antara satu dan lainnya. Ada satu standar sebagai acuan untuk menentukan ketuaan warna. Proses pengujian ketuaan warna ini menggunakan alat spektro fotometer. Sebelum memulai proses pengujian, alat spektro fotometer terlebih dahulu dikalibrasi menggunakan standar kalibrasi warna hitam dan putih agar pembacaannya standar.

Setelah dikalibrasi, dipasang standar warna di tempatnya, kemudian ditembak dengan lampu (dalam hal ini menggunakan lampu D65). Setelah itu diukur ketuaan warna sample sample berikutnya, dan akan didapatkan ketuaan warna berdasarkan %.

3.4.5. Pengujian TLW terhadap pencucian, sublimasi dan keringat

Dalam pengujian kali ini, yang dianalisis adalah TLW terhadap Pencucian, TLW terhadap keringat, TLW terhadap sublimasi dan pengujian ketuaan warna. Standar yang digunakan :

3.4.5.1. Pengujian TLW Terhadap Pencucian

Dalam dunia industri tekstil internasional, standar yang paling umum digunakan untuk menguji TLW terhadap pencucian adalah standar ISO (*International Organization for Standardization*) dan AATCC (*American Association of Textile Chemists and Colorists*).

Standar Internasional Pengujian TLW terhadap pencucian bertujuan untuk menentukan stabilitas warna tekstil terhadap proses pencucian rumah tangga atau komersial yang dilakukan berulang kali. Standar ini mencakup perubahan warna sampel asli (*Color Change*) dan tingkat penodaan warna pada kain putih pendamping (*Color Staining*).

1. Standar ISO 105-C06 (Tekstil – Uji TLW – Bagian C06). Ini adalah standar yang paling luas digunakan di Eropa, Asia dan Indonesia (diadopsi menjadi SNI ISO 105-C06).

   Prinsip pengujian: Sampel kain dijahit bersama kain pelapis standar (multifiber), kemudian dicuci di dalam mesin Launder-Ometer dengan larutan deterjen standar dan bola-bola baja sebagai beban mekanik.

   Kondisi Uji:

   Terbagi menjadi beberapa tipe (A1, A2, B1, B2 dsb) tergantung pada suhu (mulai dari 40°C hingga 95°C) dan penggunaan zat pemutih (perborat).

3.4.5.2. Pengujian TLW Terhadap Keringat

Standar Internasional Pengujian TLW Terhadap Keringat *(colorfastness to perspiration)* bertujuan untuk mengevaluasi stabilitas warna pada bahan tekstil yang terkena cairan keringat manusia selama penggunaan. Keringat memiliki sifat kimia yang kompleks dan dapat berubah dari asam menjadi basa karena aktivitas bakteri, sehingga

pengujian standar internasional selalu mencakup dua kondisi: keringat asam dan keringat basa.

1. Standar ISO 105-E04 *(Perspiration)*

   Standar ISO 105-E04 merupakan metode yang paling umum digunakan secara global untuk mengevaluasi efek keringat.

   Larutan Uji:

   Peneliti harus menyiapkan dua jenis larutan simulasi, yaitu:

   Larutan Asam:

   Menggunakan L-histidine monohydrochloride monohydrate, Natrium Klorida (NaCl) dan Natrium Dihidrogen Ortofosfat (NaH_2PO_4) dengan pengaturan pH 5,5.

   Larutan Basa: Menggunakan komponen yang sama namun diatur pada pH 8,0 dengan penambahan Dinatrium Hidrogen Ortofosfat.

   Prinsip Uji:

   Spesimen kain dijahit bersama kain pelapis (multifiber), direndam dalam larutan selama 30 menit kemudian diletakkan di antara lempengan kaca atau plastik di dalam alat Perspirometer dengan beban tekanan tertentu (12,5 kPa). Alat tersebut kemudian dimasukkan ke dalam inkubator pada suhu 37℃ (suhu tubuh manusia) selama 4 jam.

2. Standar AATCC TM15 (Colorfastness to Perspiration)

   Standar dari Amerika Serikat ini memiliki sedikit perbedaan dalam formulasi larutan dan prosedur dibandingkan ISO.

   Karakteristik:

   AATCC TM15 secara umum hanya menggunakan larutan keringat asam. Hal ini didasarkan pada riset bahwa keringat asam lebih sering menyebabkan degradasi warna pada serat sintetis dan alami dibandingkan keringat basa.

   Kondisi Uji:

   Suhu inkubasi dijaga pada 38℃ selama minimal 6 jam. Tekanan yang diberikan pada spesimen sedikit berbeda dengan ISO, namun

tujuannya tetap sama yaitu mensimulasikan kain yang terhimpit di antara kulit dan pakaian.

3. Mekanisme Luntur Akibat Keringat pada Poliester

   Pada kain poliester yang dicelup dengan zat warna Dispersi hitam, keringat dapat memicu migrasi molekul zat warna keluar dari serat. Hal ini disebabkan oleh:

   Efek Pelarutan:

   Senyawa asam amino dalam keringat (seperti histidin) dapat bertindak sebagai agen pengelat yang menarik molekul zat warna yang tidak terfiksasi sempurna.

   Interaksi pH: Perubahan pH larutan di sekitar serat dapat mengganggu ikatan fisik (Gaya Van der Waals) antara zat warna Dispersi dengan rantai polimer poliester.

4. Penilaian Hasil Uji

   Setelah proses inkubasi dan pengeringan suhu 60℃ sampel dievaluasi di dalam Light Box (D65) menggunakan:

   Grayscale: Untuk mengukur perubahan warna *(color change*) pada sampel asli.

   Staining Scale: Untuk mengukur penodaan warna (*color staining*) pada enam jenis serat di kain multifiber.

   Khusus untuk poliester, biasanya perhatian utama tertuju pada penodaan di bagian serat nilon dan poliester itu sendiri.

3.4.5.3. Pengujian TLW Terhadap Sublimasi (Panas Kering)

Pengujian TLW terhadap sublimasi, atau sering disebut dengan ketahanan terhadap panas kering, bertujuan untuk mengevaluasi stabilitas zat warna di dalam serat ketika terpapar suhu tinggi. Dalam industri tekstil, pengujian ini mensimulasikan kondisi kain saat mengalami proses *heat-setting*, pengepresan (*pleating*) atau penyetrikaan oleh konsumen akhir.

Adapun, standar dan prinsip pengujiannya dijelaskan sebagai berikut :

1. Standar ISO 105-P01 (*Colorfastness to Dry Heat*)

Standar ISO 105-P01 adalah acuan internasional yang paling sering digunakan untuk material sintetis seperti poliester.

Prinsip Uji :

Spesimen kain yang telah dicelup diletakkan di antara kain pelapis (multifiber atau kain poliester putih). Sampel tersebut kemudian dijepit di antara dua lempengan logam yang telah dipanaskan pada suhu tertentu dengan tekanan sebesar 4 kPa.

Variabel Suhu:

Standar ini umumnya menggunakan tiga pilihan suhu tergantung pada kebutuhan: 150°C untuk pengujian standar pakaian umum, 180°C untuk pengujian ketahanan medium dan 210°C untuk pengujian stabilitas tinggi (biasanya untuk kain yang akan diproses heat-set lebih lanjut).

Waktu Pengujian: Proses pemanasan dilakukan selama 30 detik.

2. Standar AATCC TM117 (Colorfastness to Dry Heat)

Standar ini merupakan versi Amerika Serikat yang memiliki prinsip serupa namun sering kali menggunakan alat yang berbeda dalam pengaturan distribusi panasnya. Fokus utamanya adalah melihat apakah zat warna berpindah (migrasi) dari kain contoh ke kain pelapis akibat energi panas.

3. Relevansi Tipe Zat Warna Dispersi terhadap Sublimasi

Dalam penelitian ini, pengujian sublimasi menjadi indikator utama untuk membedakan performa tipe energi pada zat warna Dispersi hitam:

Zat Warna Energi Medium (SE): Memiliki ketahanan yang cukup namun masih menunjukkan sedikit penodaan pada suhu di atas 180°C.

Zat Warna Energi Tinggi (S): Memiliki ukuran molekul besar dan struktur kompleks. Zat warna ini dirancang untuk tetap tinggal di dalam serat meskipun terpapar suhu hingga 210°C. Untuk warna hitam, penggunaan tipe S sangat disarankan agar tidak terjadi luntur panas (Nilai 4-5).4.

Prosedur Penilaian:

Setelah proses pemanasan selesai, sampel dibiarkan mencapai kelembaban standar selama 4jam, kemudian dinilai menggunakan:

Grayscale:

Menilai perubahan warna pada kain contoh setelah dipanaskan. Sering kali panas menyebabkan perubahan pada warna (*shade*), pada warna hitam.

Staining Scale:

Menilai tingkat penodaan pada kain pelapis (terutama panel poliester dan nilon pada kain multifiber).

3.5. Pengolahan dan Analisis Data

Pengolahan dan analisis data dalam penelitian ini dapat dijelaskan sebagai berikut:

3.5.1. Pengolahan Data :

Pengolahan data dilakukan dengan mengumpulkan hasil pengukuran dari setiap instrumen uji, kemudian dikategorikan berdasarkan jenis ketahanan luntur warnanya.

Cara pengolahan datanya adalah sebagai berikut:

- Data Spektrofotometri:

  Data mentah berupa koordinat warna L*, a*, b* dan kekuatan warna berdasarkan % dari sampel hasil celup (mesin IR) dibandingkan dengan data standar. Selisih warna dihitung menggunakan rumus Delta E (CIELAB 1976 atau CMC).

- Data Uji Fisik (Washing, Perspiration, Sublimation):

  Setelah sampel diuji menggunakan *Launder-Ometer, Perspirometer,* atau *Sublimation Tester*, sampel dikondisikan dalam ruangan standar (suhu 20± 2°C dan kelembapan 65 ± 4%) selama minimal 4 jam sebelum dilakukan pembacaan.

- Tabulasi Data:

  Semua nilai numerik dari spektrofotometer dan nilai gradasi dari *Grey Scale* dimasukkan ke dalam tabel Excel untuk memudahkan perbandingan antar variabel (misalnya: variasi suhu 40°C vs 60°C).

3.5.2. Interpretasi Data:

Interpretasi data dilakukan untuk menentukan apakah sampel tekstil memenuhi standar kualitas yang diinginkan.

Cara interpretasinya adalah sebagai berikut:

- Interpretasi Nilai Delta E (Pengecekan Warna):
  - Delta E < 0.50: Perbedaan warna tidak terlihat (Diterima).
  - Delta E >0.51 <1.0 Perbedaan warna terlihat tipis tapi masih dapat diterima
  - Delta E > 1.0: Perbedaan warna mencolok (Ditolak/Gagal).
- Interpretasi Grey Scale (ISO 105-A02 & A03):
  Hasil dari uji *Launder-Ometer* (ISO 105 C06) dan *Perspirometer* (ISO 105 E04) diinterpretasikan menggunakan skala 1-5:
  - Nilai 4-5 atau 5: Ketahanan luntur Sangat Baik (Tidak ada perubahan warna/penodaan).
  - Nilai 3-4: Ketahanan luntur Cukup/Baik (Batas minimal standar komersial).
  - Nilai <2: Ketahanan luntur Buruk (Terjadi migrasi warna yang signifikan).
- Analisis Korelasi:
  Dalam analisis ini dibandingkan parameter suhu , waktu, dan jenis zat warna terhadap ketuaan warna dan TLW terhadap pencucian, terhadap keringat, dan terhadap sublimasi.

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian

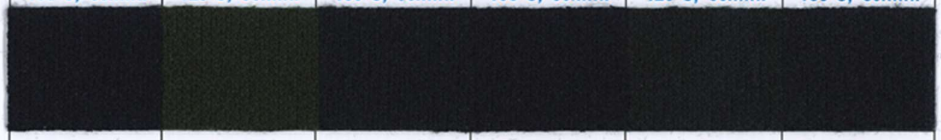
Hasil penelitian perbandingan ketuaaan warna pencelupan zat warna Dispersi pada kain rajut 100% poliester adalah sebagai berikut:

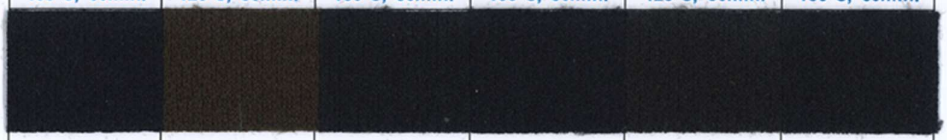
24412 TESI

Material: 100% Polyester knit (Lab) ,LR 10:1

Exhaust process

6.0% Terasil Black BFE					
Adjust pH 5.5					
135°C, 60min.	125°C, 30min.	130°C, 30min.	135°C, 30min.	125°C, 60min.	130°C, 60min.
					
Std.	Strength= 90.2% DE CMC= 1.00	Strength=100.5% DE CMC= 0.57	Strength=101.1% DE CMC= 0.18	Strength=96.4% DE CMC= 0.48	Strength= 97.2% DE CMC= 0.29

6.0% Terasil Super Black W-01					
Adjust pH 4.5					
135°C, 60min.	125°C, 30min.	130°C, 30min.	135°C, 30min.	125°C, 60min.	130°C, 60min.
					
Std.	Strength= 69.1% DE CMC= 9.70	Strength=92.1% DE CMC= 1.76	Strength=98.7% DE CMC= 0.17	Strength=84.5% DE CMC= 3.70	Strength= 93.0% DE CMC= 1.44

6.0% Terasil Black WVM					
Adjust pH 3					
135°C, 60min.	125°C, 30min.	130°C, 30min.	135°C, 30min.	125°C, 60min.	130°C, 60min.
					
Std.	Strength= 69.6% DE CMC= 12.32	Strength=93.2% DE CMC= 1.32	Strength=97.3% DE CMC= 0.41	Strength=87.8% DE CMC= 3.34	Strength= 93.9% DE CMC= 1.15

24412 TESI

Material: 100% Polyester knit (Lab)

Dyeing process at 135°C,60 minutes, LR 10:1



Strength & DE Colour Difference

Dyes	%Strength	dE*CMC	dH*	dC*	L	a	b	C	h
6.0% Terasil Black BFE	**Std.**	**Std.**	**Std.**	**Std.**	**15.1**	**0.1**	**-0.9**	**0.9**	**279.0**
6.0% Terasil Super Black W-01	95.8%	0.41	0.28Red	0.17	15.3	0.4	-1.0	1.0	290.1
6.0% Terasil Black W-VM	95.6%	0.40	-0.19	0.11	15.4	0.0	-1.0	1.0	271.0

Gambar 4. 1 Hasil perbandingan ketuaan dan arah warna

Sumber: Dokumentasi laboratorium Archroma

Rumus :

$$DE\ CMC = \sqrt{\text{selisih kecerahan}^2\,(DL) + \text{selisih kejenuhan}^2\,(DC) + \text{selisih warna}^2\,(DH)}$$

4.1.1. Hasil Pengujian TLW Terhadap Pencucian

24412 TESI

Material: 100% Polyester knit (Lab)

Dyeing process at 125°C,30 minutes, LR 10:1

Fastness performance: staining on multifiber **After Heat set at 180°C,30 sec.**

CA	CO	PA6.6	PES	PAC	WO	ISO 105 C06, A2S (40°C,30 minutes)
						Origin
						6.0% Terasil Black BFE
3	4	3	3	4	3-4	
						6.0% Terasil Super Black W-01
4	4-5	4	4	4-5	4-5	
						6.0% Terasil Black W-VM
4	4-5	4	4	4-5	4-5	
CT	**CO**	**PA6.6**	**PES**	**PAC**	**CV**	**ISO 105 C06, C2S (60°C,30 minutes)**
						Origin
						6.0% Terasil Black BFE
3	3-4	1-2	3	4	4	
						6.0% Terasil Super Black W-01
4-5	4-5	3	3-4	4-5	4-5	
						6.0% Terasil Black W-VM
4-5	4	3	3-4	4-5	4-5	

Gambar 4. 2 Hasil uji TLW terhadap pencucian dyeing 125°Cx30menit metoda ISO105C06 A2S dan ISO105C06 C2S

Sumber: Dokumentasi Laboratorium



24412 TESI

Material: 100% Polyester knit (Lab)

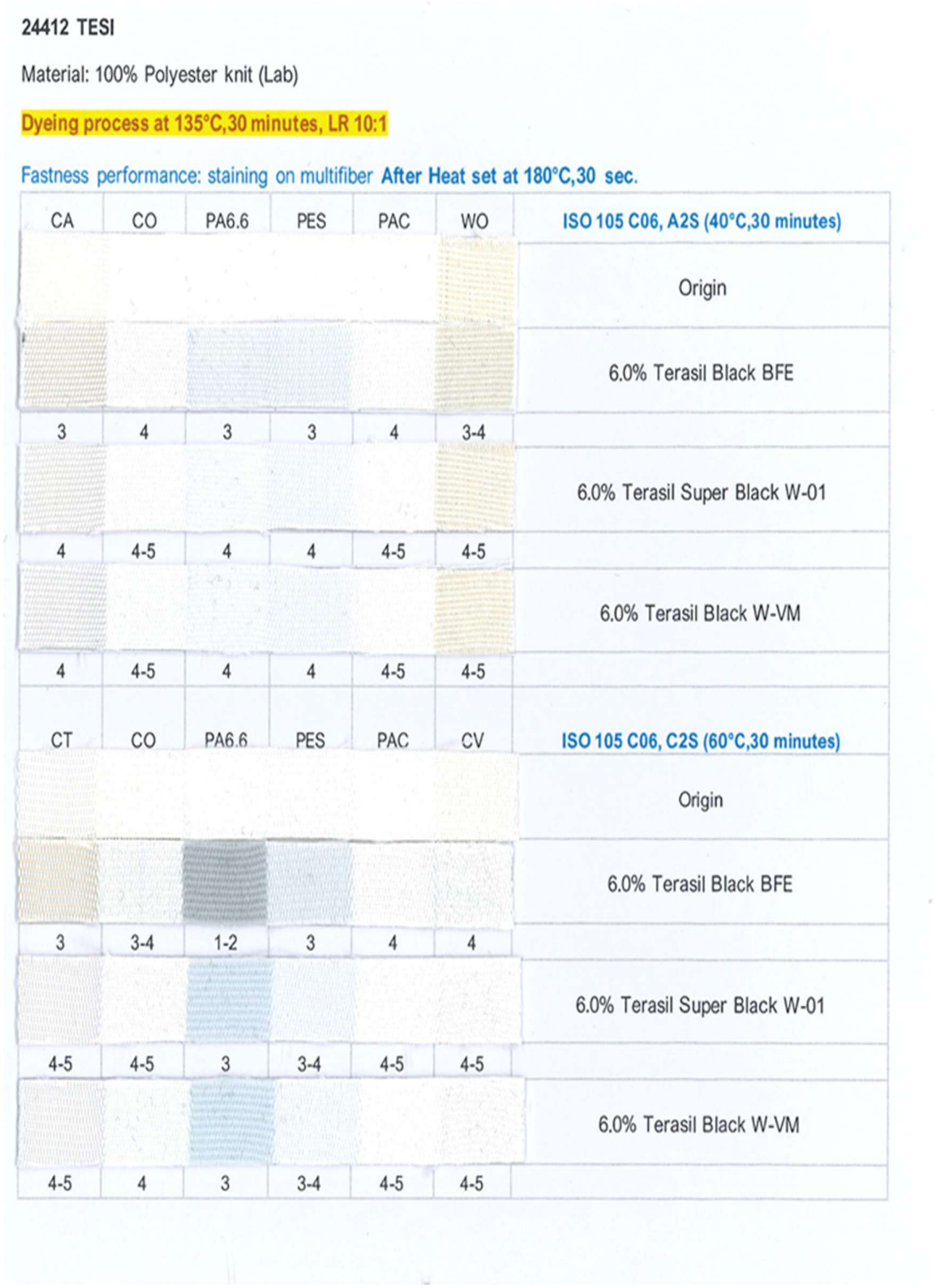
Dyeing process at 130°C,30 minutes, LR 10:1

Fastness performance: staining on multifiber **After Heat set at 180°C,30 sec.**

CA	CO	PA6.6	PES	PAC	WO	ISO 105 C06, A2S (40°C,30 minutes)
						Origin
						6.0% Terasil Black BFE
3	4	3	3	4	3-4	
						6.0% Terasil Super Black W-01
4	4-5	4	4	4-5	4-5	
						6.0% Terasil Black W-VM
4	4-5	4	4	4-5	4-5	
CT	CO	PA6.6	PES	PAC	CV	ISO 105 C06, C2S (60°C,30 minutes)
						Origin
						6.0% Terasil Black BFE
3	3-4	1-2	3	4	4	
						6.0% Terasil Super Black W-01
4-5	4-5	3	3-4	4-5	4-5	
						6.0% Terasil Black W-VM
4-5	4	3	3-4	4-5	4-5	

Gambar 4. 3 Hasil uji TLW terhadap pencucian dyeing 130°Cx30menit metoda ISO105C06 A2S dan ISO105C06 C2S

Sumber: Dokumentasi Laboratorium



24412 TESI

Material: 100% Polyester knit (Lab)

Dyeing process at 135°C,30 minutes, LR 10:1

Fastness performance: staining on multifiber **After Heat set at 180°C,30 sec.**

CA	CO	PA6.6	PES	PAC	WO	ISO 105 C06, A2S (40°C,30 minutes)
						Origin
						6.0% Terasil Black BFE
3	4	3	3	4	3-4	
						6.0% Terasil Super Black W-01
4	4-5	4	4	4-5	4-5	
						6.0% Terasil Black W-VM
4	4-5	4	4	4-5	4-5	
CT	CO	PA6.6	PES	PAC	CV	ISO 105 C06, C2S (60°C,30 minutes)
						Origin
						6.0% Terasil Black BFE
3	3-4	1-2	3	4	4	
						6.0% Terasil Super Black W-01
4-5	4-5	3	3-4	4-5	4-5	
						6.0% Terasil Black W-VM
4-5	4	3	3-4	4-5	4-5	

Gambar 4. 4 Hasil uji TLW terhadap pencucian dyeing 135°Cx30menit metoda ISO105C06 A2S dan ISO105C06 C2S

Sumber: Dokumentasi Laboratorium

24412 TESI

Material: 100% Polyester knit (Lab)

Dyeing process at 125°C,60 minutes, LR 10:1

Fastness performance: staining on multifiber **After Heat set at 180°C,30 sec.**

CA	CO	PA6.6	PES	PAC	WO	**ISO 105 C06, A2S (40°C,30 minutes)**
						Origin
						6.0% Terasil Black BFE
3	4	3	3	4-5	4	
						6.0% Terasil Super Black W-01
3-4	4	3-4	3-4	4-5	4	
						6.0% Terasil Black W-VM
3-4	4	3-4	3-4	4-5	4	
CT	CO	PA6.6	PES	PAC	CV	**ISO 105 C06, C2S (60°C,30 minutes)**
						Origin
						6.0% Terasil Black BFE
3	3	1-2	3	4	4	
						6.0% Terasil Super Black W-01
4-5	4	3	3-4	4-5	4-5	
						6.0% Terasil Black W-VM
4-5	4	3	3-4	4-5	4-5	

Gambar 4. 5 Hasil uji TLW terhadap pencucian dyeing 125°Cx60menit metoda ISO105C06 A2S dan ISO105C06 C2S

Sumber: Dokumentasi Laboratorium

24412 TESI

Material: 100% Polyester knit (Lab)

Dyeing process at 130°C,60 minutes, LR 10:1

Fastness performance: staining on multifiber **After Heat set at 180°C,30 sec.**

CA	CO	PA6.6	PES	PAC	WO	ISO 105 C06, A2S (40°C,30 minutes)
						Origin
						6.0% Terasil Black BFE
3	4	3	3	4-5	4	
						6.0% Terasil Super Black W-01
3-4	4	3-4	3-4	4-5	4	
						6.0% Terasil Black W-VM
3-4	4	3-4	3-4	4-5	4	
CT	CO	PA6.6	PES	PAC	CV	ISO 105 C06, C2S (60°C,30 minutes)
						Origin
						6.0% Terasil Black BFE
3	3	1-2	3	4	4	
						6.0% Terasil Super Black W-01
4-5	4	2-3	3-4	4-5	4-5	
						6.0% Terasil Black W-VM
4-5	3-4	2	3-4	4-5	4	

Gambar 4. 6 Hasil uji TLW terhadap pencucian dyeing 130°Cx60menit metoda ISO105C06 A2S dan ISO105C06 C2S

Sumber: Dokumentasi Laboratorium

24412 TESI

Material: 100% Polyester knit (Lab)

Dyeing process at 135°C,60 minutes, LR 10:1

Fastness performance: staining on multifiber **After Heat set at 180°C,30 sec.**

CA	CO	PA6.6	PES	PAC	WO	ISO 105 C06, A2S (40°C,30 minutes)
						Origin
						6.0% Terasil Black BFE
3-4	4	3	3	4-5	4	
						6.0% Terasil Super Black W-01
3-4	4	3-4	3-4	4-5	4	
						6.0% Terasil Black W-VM
3-4	4	3-4	3-4	4-5	4	
CT	CO	PA6.6	PES	PAC	CV	ISO 105 C06, C2S (60°C,30 minutes)
						Origin
						6.0% Terasil Black BFE
3-4	4	1-2	3	4	4	
						6.0% Terasil Super Black W-01
4-5	4	2-3	3-4	4-5	4-5	
						6.0% Terasil Black W-VM
4-5	4	2-3	3-4	4-5	4	

Gambar 4. 7 Hasil uji TLW terhadap pencucian dyeing 135°Cx60menit metoda ISO105C06 A2S dan ISO105C06 C2S

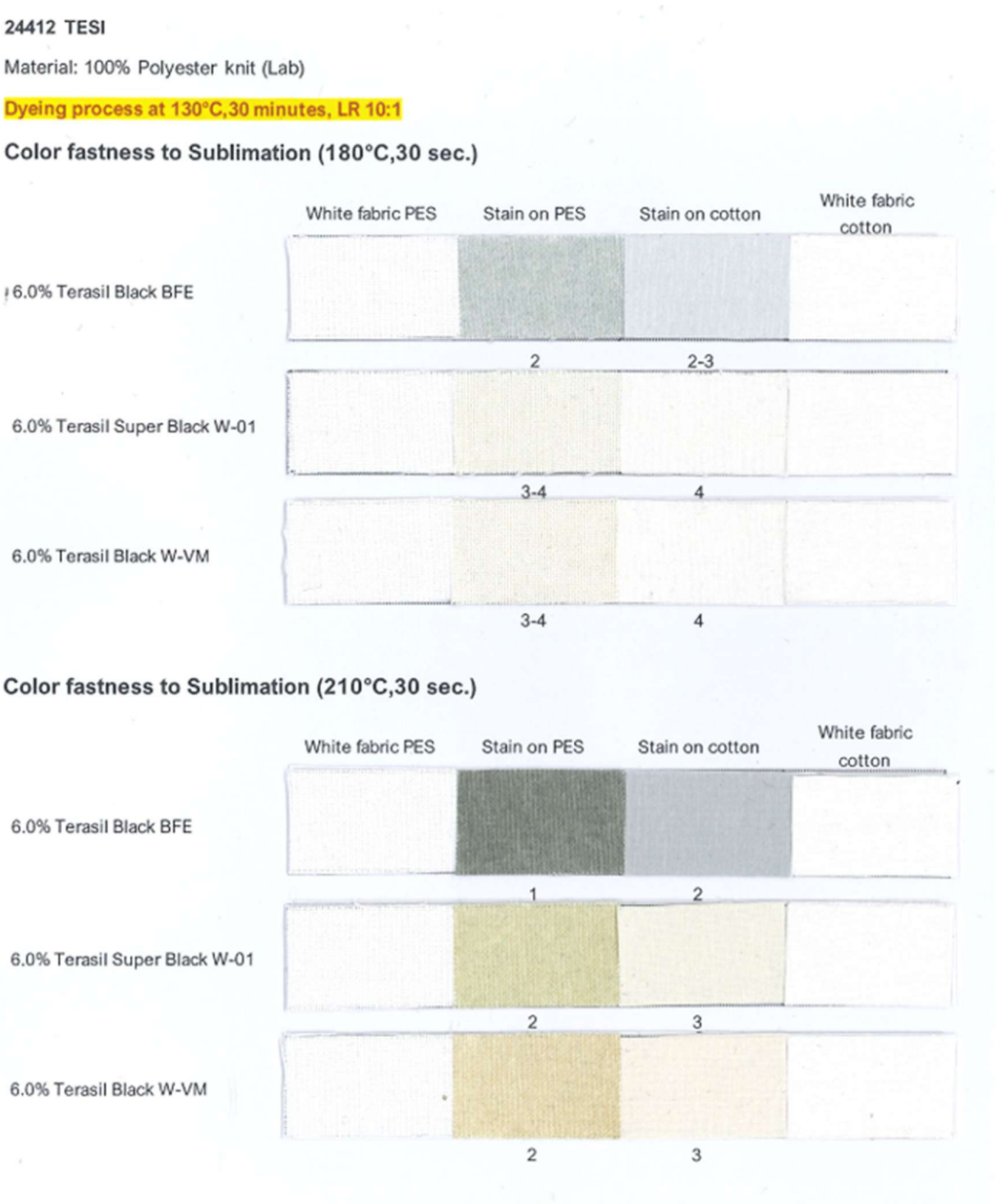
Sumber: Dokumentasi Laboratorium

4.1.2. Hasil Pengujian TLW Terhadap Sublimasi



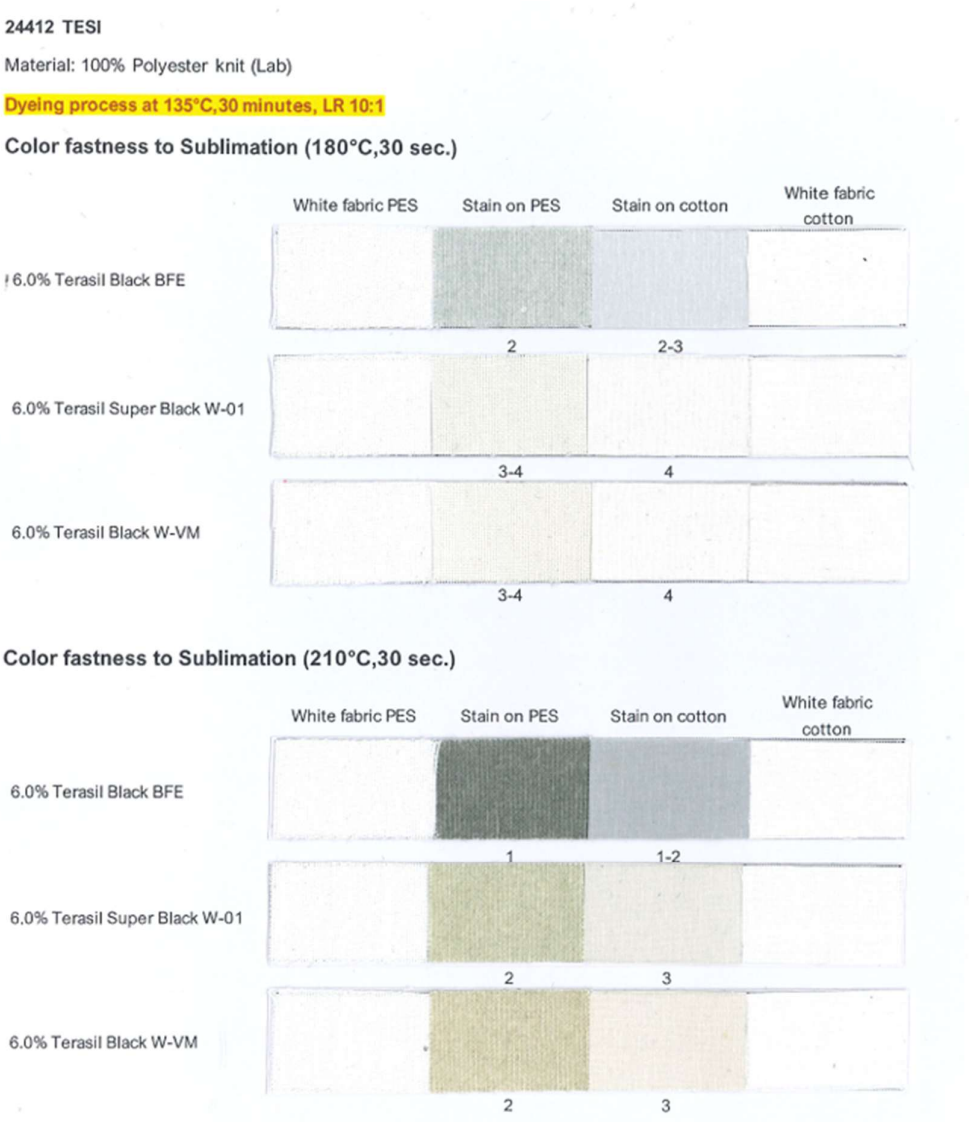
Gambar 4. 8 Hasil uji TLW terhadap sublimasi dyeing 125℃ x 30 menit ISO105P01 180℃x30detik dan 210℃x30 detik

Sumber: Dokumentasi Laboratorium



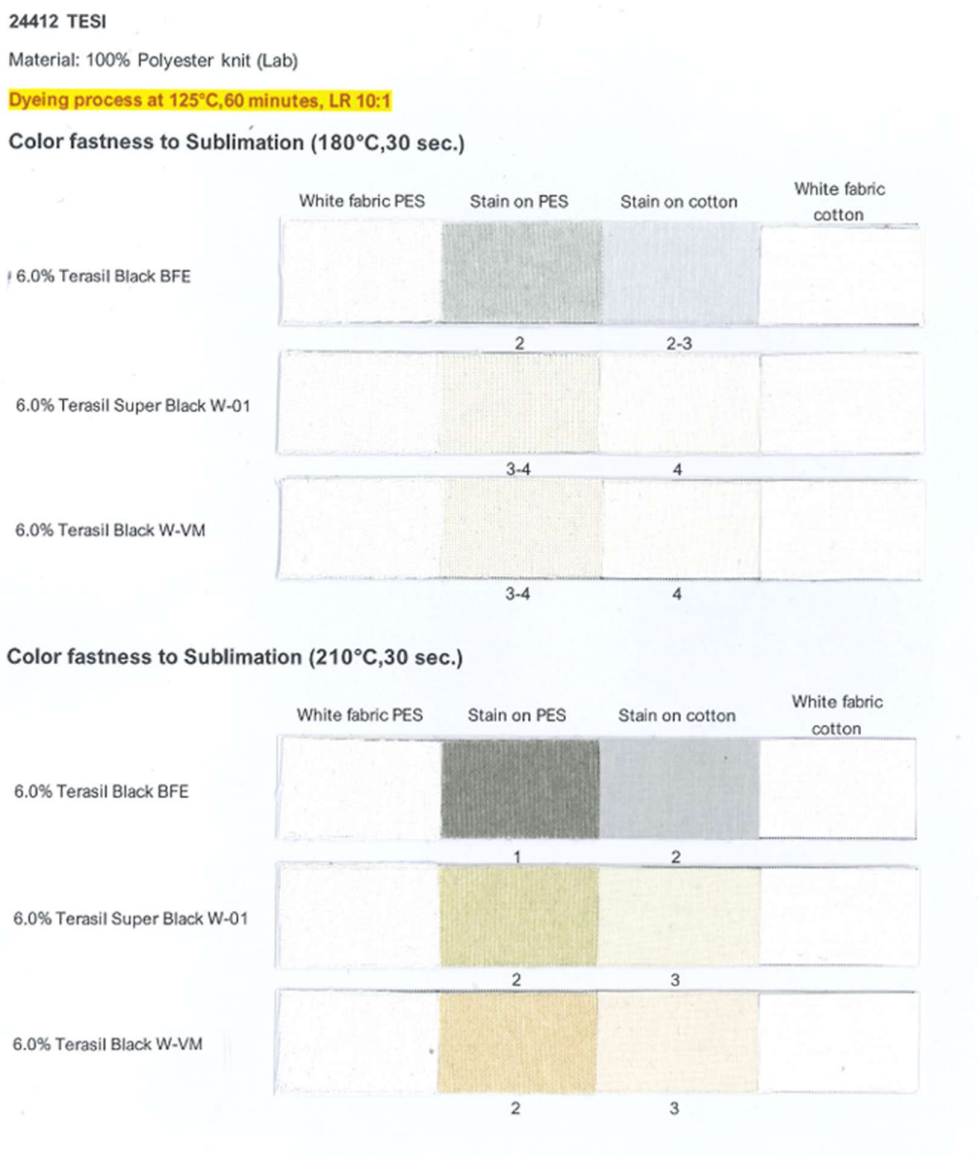
Gambar 4. 9 Hasil uji TLW terhadap sublimasi dyeing 130℃ x 30 menit ISO105P01 180℃x30detik dan 210℃x30 detik

Sumber: Dokumentasi Laboratorium



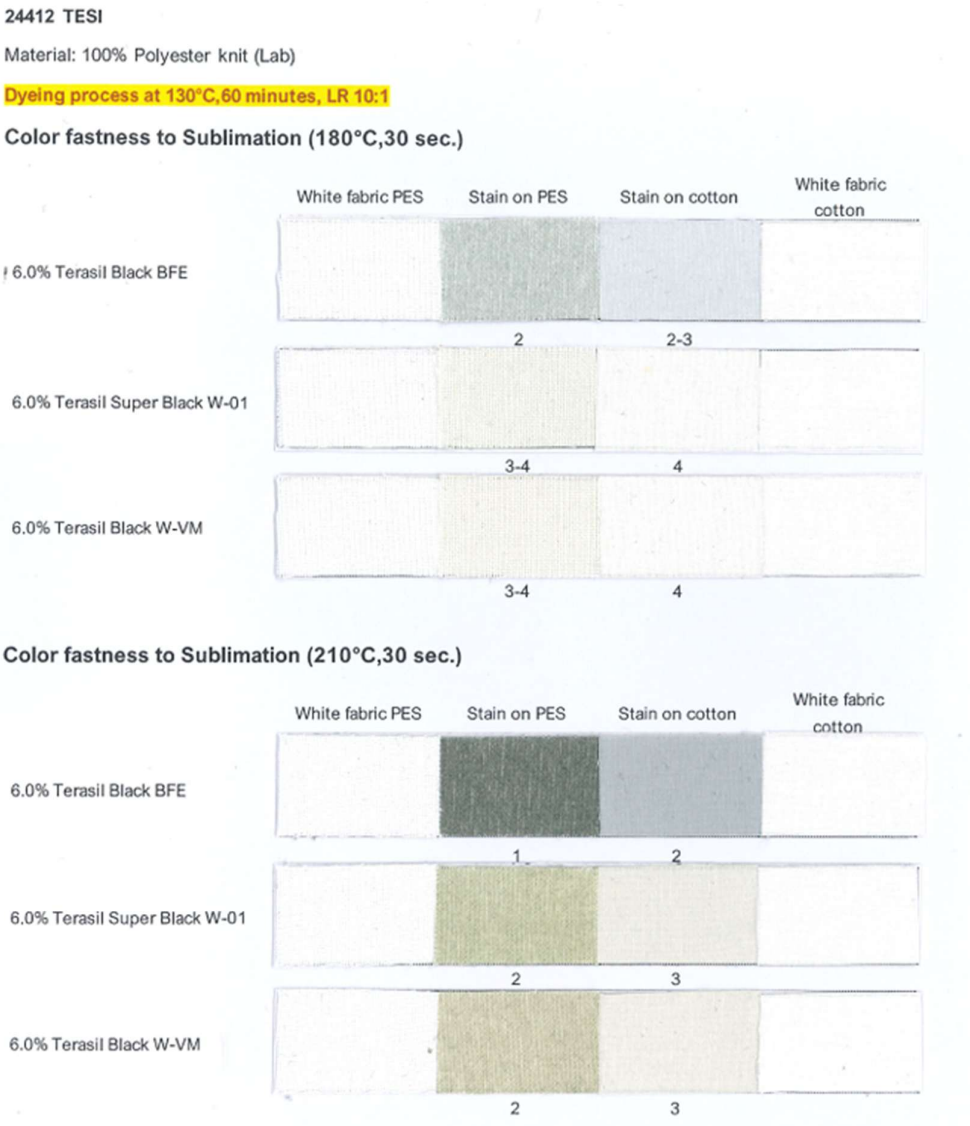
Gambar 4. 10 Hasil uji TLW terhadap sublimasi dyeing 135℃ x 30 menit ISO105P01 180℃x30detik dan 210℃x30 detik

Sumber: Dokumentasi Laboratorium



Gambar 4. 11 Hasil uji TLW terhadap sublimasi dyeing 125℃ x 60 menit ISO105P01 180℃x30detik dan 210℃x30 detik

Sumber: Dokumentasi Laboratorium



Gambar 4. 12 Hasil uji TLW terhadap sublimasi dyeing 130℃ x 60 menit ISO105P01 180℃x30detik dan 210℃x30 detik

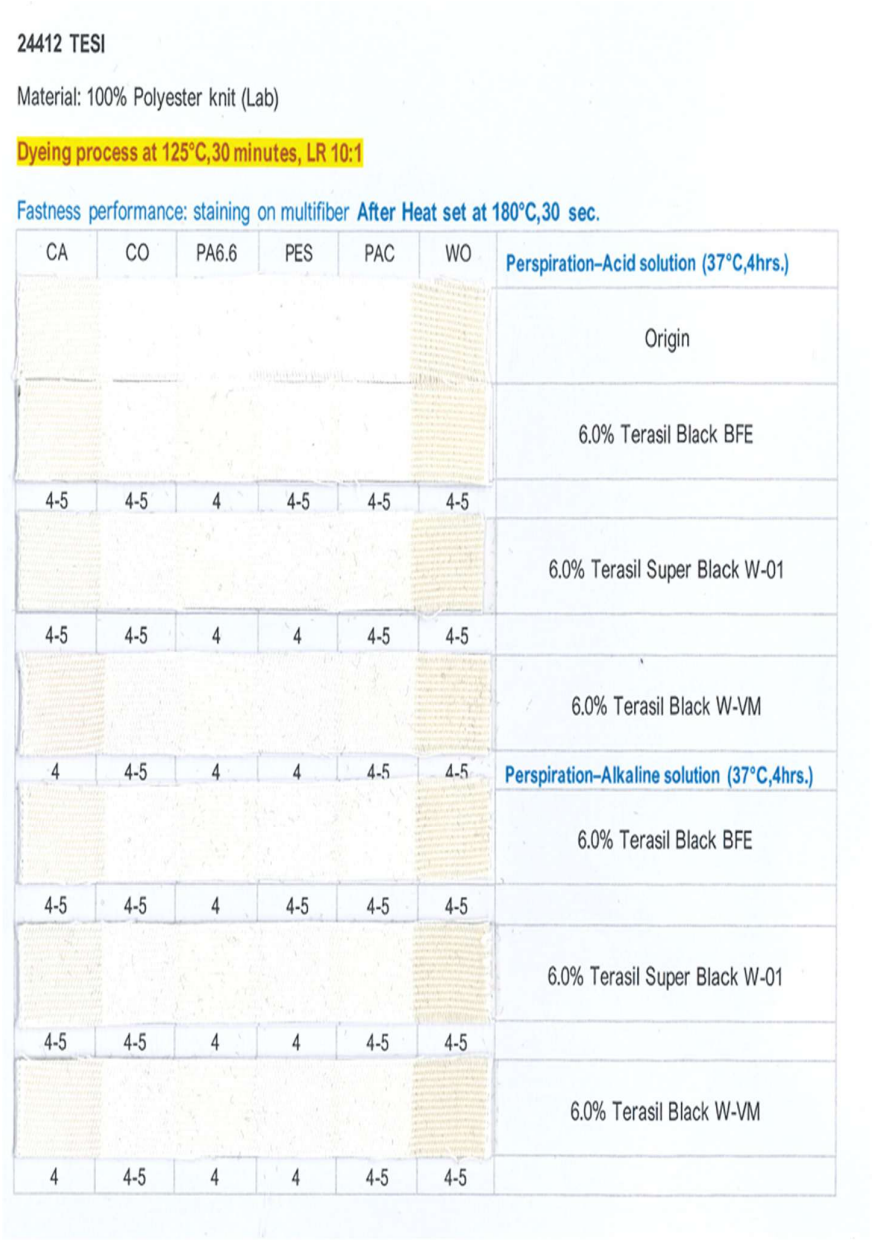
Sumber: Dokumentasi Laboratorium



Gambar 4. 13 Hasil uji TLW terhadap sublimasi dyeing 135℃ x 60 menit ISO105P01 180℃x30detik dan 210℃x30 detik

Sumber: Dokumentasi Laboratorium

4.1.3 Hasil Pengujian TLW Terhadap Keringat



24412 TESI

Material: 100% Polyester knit (Lab)

Dyeing process at 125°C,30 minutes, LR 10:1

Fastness performance: staining on multifiber **After Heat set at 180°C,30 sec.**

CA	CO	PA6.6	PES	PAC	WO	Perspiration–Acid solution (37°C,4hrs.)
						Origin
						6.0% Terasil Black BFE
4-5	4-5	4	4-5	4-5	4-5	
						6.0% Terasil Super Black W-01
4-5	4-5	4	4	4-5	4-5	
						6.0% Terasil Black W-VM
4	4-5	4	4	4-5	4-5	Perspiration–Alkaline solution (37°C,4hrs.)
						6.0% Terasil Black BFE
4-5	4-5	4	4-5	4-5	4-5	
						6.0% Terasil Super Black W-01
4-5	4-5	4	4	4-5	4-5	
						6.0% Terasil Black W-VM
4	4-5	4	4	4-5	4-5	

Gambar 4. 14 Hasil uji TLW terhadap keringat dyeing 125℃ x 30 menit Acid and Alkaline

Sumber: Dokumentasi Laboratorium

24412 TESI

Material: 100% Polyester knit (Lab)

Dyeing process at 130°C,30 minutes, LR 10:1

Fastness performance: staining on multifiber **After Heat set at 180°C,30 sec.**

CA	CO	PA6.6	PES	PAC	WO	Perspiration–Acid solution (37°C,4hrs.)
						Origin
						6.0% Terasil Black BFE
4-5	4-5	4	4-5	4-5	4-5	
						6.0% Terasil Super Black W-01
4	4-5	3-4	3-4	4-5	4-5	
						6.0% Terasil Black W-VM
3-4	4-5	3-4	3-4	4-5	4-5	Perspiration–Alkaline solution (37°C,4hrs.)
						6.0% Terasil Black BFE
4-5	4-5	4	4-5	4-5	4-5	
						6.0% Terasil Super Black W-01
4	4-5	3-4	3-4	4-5	4-5	
						6.0% Terasil Black W-VM
3-4	4-5	3-4	3-4	4-5	4-5	

Gambar 4. 15 Hasil uji TLW terhadap keringat dyeing 130℃ x 30 menit Acid and Alkaline

Sumber: Dokumentasi Laboratorium

24412 TESI

Material: 100% Polyester knit (Lab)

Dyeing process at 135°C,30 minutes, LR 10:1

Fastness performance: staining on multifiber **After Heat set at 180°C,30 sec.**

CA	CO	PA6.6	PES	PAC	WO	Perspiration–Acid solution (37°C,4hrs.)
						Origin
						6.0% Terasil Black BFE
4-5	4-5	4	4-5	4-5	4-5	
						6.0% Terasil Super Black W-01
4-5	4-5	3-4	3-4	4-5	4-5	
						6.0% Terasil Black W-VM
3-4	4-5	3-4	3-4	4-5	4-5	Perspiration–Alkaline solution (37°C,4hrs.)
						6.0% Terasil Black BFE
4-5	4-5	4	4-5	4-5	4-5	
						6.0% Terasil Super Black W-01
4	4-5	3-4	3-4	4-5	4-5	
						6.0% Terasil Black W-VM
4	4-5	3-4	3-4	4-5	4-5	

Gambar 4. 16 Hasil uji TLW terhadap keringat dyeing 135℃ x 30 menit Acid and Alkaline

Sumber: Dokumentasi Laboratorium

24412 TESI

Material: 100% Polyester knit (Lab)

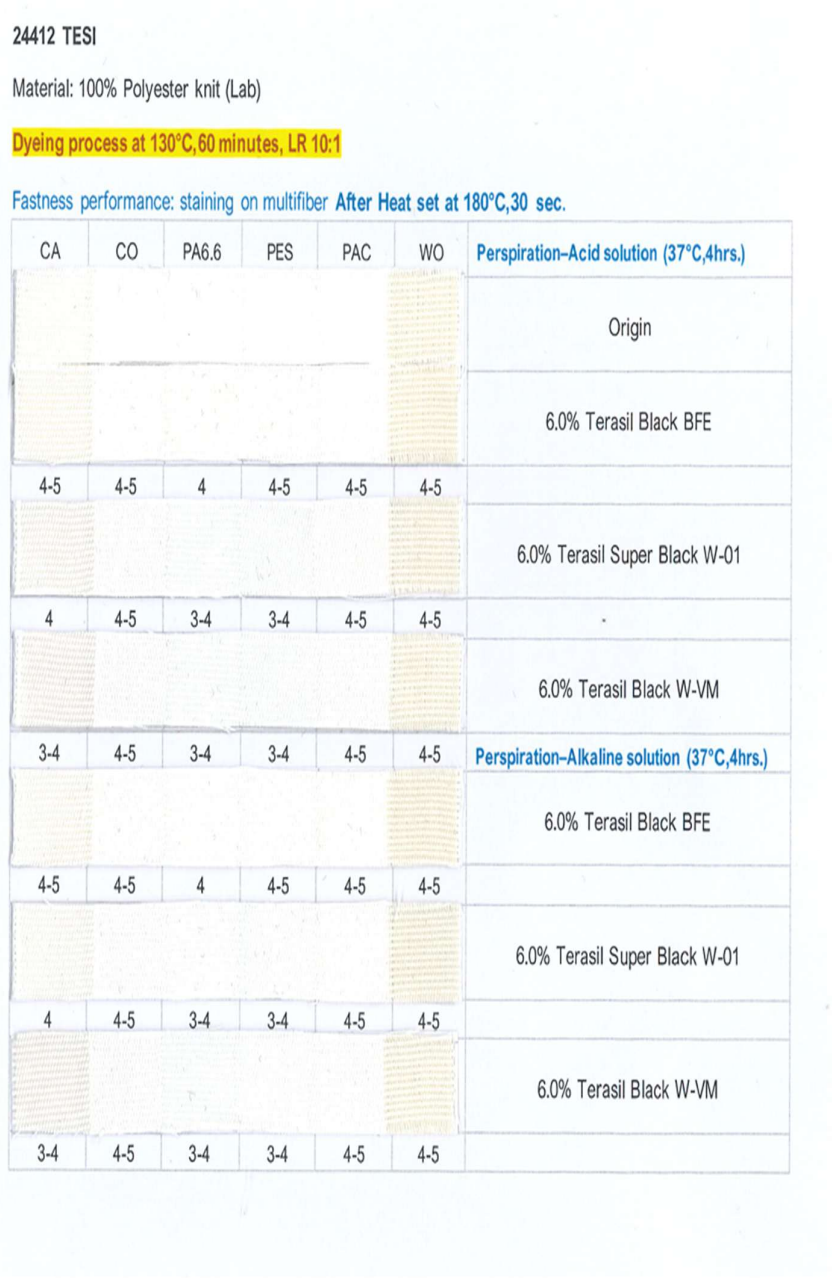
Dyeing process at 125°C,60 minutes, LR 10:1

Fastness performance: staining on multifiber **After Heat set at 180°C,30 sec.**

CA	CO	PA6.6	PES	PAC	WO	Perspiration–Acid solution (37°C,4hrs.)
						Origin
						6.0% Terasil Black BFE
4-5	4-5	4	4-5	4-5	4-5	
						6.0% Terasil Super Black W-01
4-5	4-5	4	4	4-5	4-5	
						6.0% Terasil Black W-VM
4	4-5	4	4	4-5	4-5	Perspiration–Alkaline solution (37°C,4hrs.)
						6.0% Terasil Black BFE
4-5	4-5	4	4-5	4-5	4-5	
						6.0% Terasil Super Black W-01
4-5	4-5	4	4	4-5	4-5	
						6.0% Terasil Black W-VM
4	4-5	4	4	4-5	4-5	

Gambar 4. 17 Hasil uji TLW terhadap keringat dyeing 125°C x 60 menit Acid and Alkaline

Sumber: Dokumentasi Laboratorium



24412 TESI

Material: 100% Polyester knit (Lab)

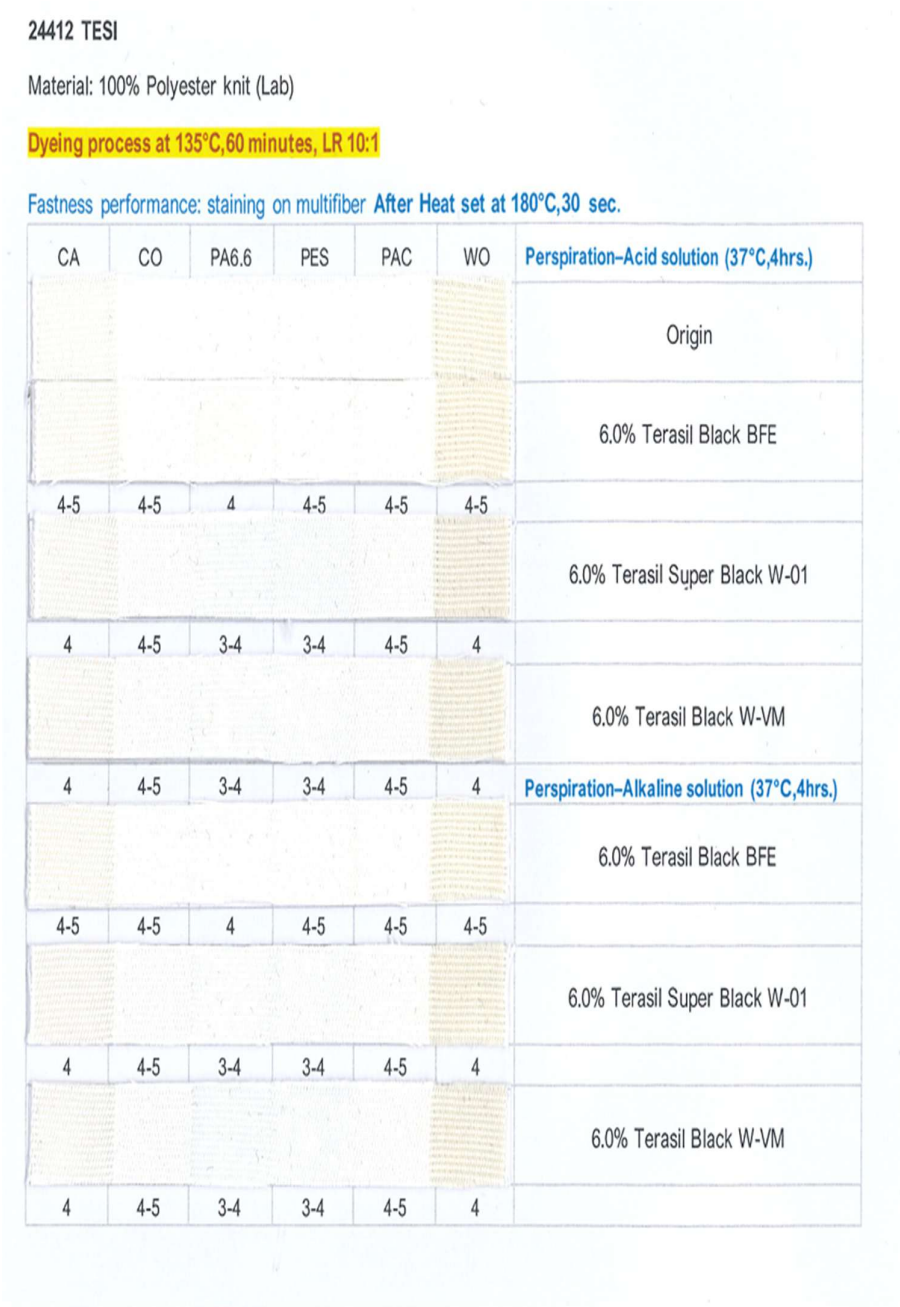
Dyeing process at 130°C,60 minutes, LR 10:1

Fastness performance: staining on multifiber **After Heat set at 180°C,30 sec.**

CA	CO	PA6.6	PES	PAC	WO	**Perspiration–Acid solution (37°C,4hrs.)**
						Origin
						6.0% Terasil Black BFE
4-5	4-5	4	4-5	4-5	4-5	
						6.0% Terasil Super Black W-01
4	4-5	3-4	3-4	4-5	4-5	
						6.0% Terasil Black W-VM
3-4	4-5	3-4	3-4	4-5	4-5	**Perspiration–Alkaline solution (37°C,4hrs.)**
						6.0% Terasil Black BFE
4-5	4-5	4	4-5	4-5	4-5	
						6.0% Terasil Super Black W-01
4	4-5	3-4	3-4	4-5	4-5	
						6.0% Terasil Black W-VM
3-4	4-5	3-4	3-4	4-5	4-5	

Gambar 4. 18 Hasil uji TLW terhadap keringat dyeing 130°C x 60 menit Acid and Alkaline

Sumber: Dokumentasi Laboratorium



24412 TESI

Material: 100% Polyester knit (Lab)

Dyeing process at 135°C,60 minutes, LR 10:1

Fastness performance: staining on multifiber **After Heat set at 180°C,30 sec.**

CA	CO	PA6.6	PES	PAC	WO	Perspiration–Acid solution (37°C,4hrs.)
						Origin
						6.0% Terasil Black BFE
4-5	4-5	4	4-5	4-5	4-5	
						6.0% Terasil Super Black W-01
4	4-5	3-4	3-4	4-5	4	
						6.0% Terasil Black W-VM
4	4-5	3-4	3-4	4-5	4	Perspiration–Alkaline solution (37°C,4hrs.)
						6.0% Terasil Black BFE
4-5	4-5	4	4-5	4-5	4-5	
						6.0% Terasil Super Black W-01
4	4-5	3-4	3-4	4-5	4	
						6.0% Terasil Black W-VM
4	4-5	3-4	3-4	4-5	4	

Gambar 4. 19 Hasil uji TLW terhadap keringat dyeing 135°C x 60 menit Acid and Alkaline

Sumber: Dokumentasi Laboratorium

4.2. Pembahasan

4.2.1. Hasil Pengujian perbandingan ketuaan warna pencelupan zat warna Dispersi pada kain rajut 100% poliester

Hasil perbandingan diringkas dalam tabel berikut ini :

Tabel 4. 1 : Hasil Pengujian perbandingan ketuaan warna pencelupan zat warna Dispersi pada kain rajut 100% poliester

	135°C 60 menit	125°C 30 menit	130°C 30 menit	135°C 30 menit	125°C 60 menit	130°C 60 menit
Terasil Black BFE 6%						
strength (Ketuaan warna)	sebagai standar 100%	90.20%	100.50%	101.10%	96.40%	97.20%
DE CMC	0	1.00	0.57	0.18	0.48	0.29
	135°C 60 menit	125°C 30 menit	130°C 30 menit	135°C 30 menit	125°C 60 menit	130°C 60 menit
Terasil Super Black W-01 6%						
strength (Ketuaan warna)	sebagai standar 100%	69.10%	92.10%	98.70%	84.50%	93.00%
DE CMC	0	9.7	1.76	0.17	3.7	1.44
	135°C 60 menit	125°C 30 menit	130°C 30 menit	135°C 30 menit	125°C 60 menit	130°C 60 menit
Terasil Black W-VM						
strength (Ketuaan warna)	sebagai standar 100%	69.60%	93.20%	97.30%	87.80%	93.90%
DE CMC	0	12.32	132.00%	0.41	3.34	1.15

Dari ringkasan diatas dapat kita analisa sebagai berikut :

a. Pengaruh suhu :

Dari hasil diatas dapat kita lihat bahwa pengaruh suhu sangat signifikan , dalam hal ini kita bagi 2 antara pencelupan dengan menggunakan zat warna dispersi medium energi (*Terasil black bfe*) dan zat warna dispersi energi tinggi (*Terasil super black w-01 , Terasil black w-vm*) :

Pengaruh suhu pada pencelupan menggunakan *Terasil black bfe* dapat kita lihat pada tabel diatas, di suhu 125ºC, ketuaan yang diperoleh dibandingkan standar antara 90.2% - 96.4% (dengan variasi waktu 30 dan 60 menit). Tetapi pada suhu mulai 130ºC ketuaan warna sudah mencapai 97.2%, 100.5%,100.5% dan 101.1% (dengan variasi waktu 30 dan 60 menit).

Pengaruh suhu pada pencelupan menggunakan zat warna dispers *Terasil super black w-01* dan *Terasil black w-vm* yang kedua zat warna ini adalah sama sama tipe energi tinggi, dapat kita lihat pada tabel diatas, di suhu 125ºC ketuaan yang diperoleh dibandingkan dengan standar antara 69.1%-87.8%

(dengan variasi waktu 30 dan 60 menit). Pada suhu 130ºC ketuaan yang diperoleh yaitu 92.1% - 93.9% (dengan variasi waktu 30 dan 60 menit), sementara pada suhu 135ºC dan waktu 30 menit, ketuaan yang diperoleh adalah 97.3% - 98.7% dibandingkan dengan standar 100% yang menggunakan suhu135ºC dan waktu 60 menit.

Jadi dapat kita analisa korelasi suhu pencelupan dan tipe zat warna terhadap ketuaan warna. Bahwa pada tipe zat warna energi medium, suhu sangat berpengaruh terhadap ketuaan warna hasil pencelupan dan sudah dapat optimal penyerapan dan fiksasinya pada suhu 130ºC. Sementara pada tipe zat warna energi tinggi, suhu juga sangat berpengaruh terhadap ketuaan warna hasil pencelupan dan akan optimal penyerapannya pada suhu 135ºC.

Maka dapat disimpulkan dengan pernyataan lain bahwa semakin tinggi suhu akan menghasilkan tingkat penyerapan dan ketuaan warna yang semakin tinggi dan perbandingan ketuaan warna (DE) semakin kecil.

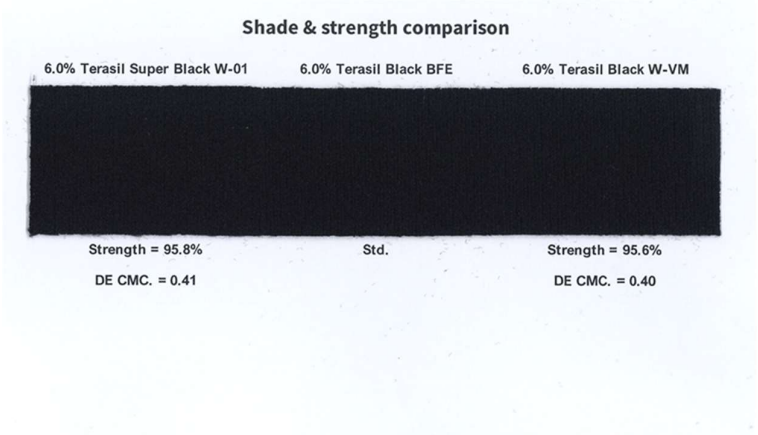
b. Pengaruh waktu

Seperti halnya parameter suhu yang sangat mempengaruhi hasil pencelupan, dapat kita lihat pada tabel diatas, waktu juga sangat mempengaruhi hasil pencelupan.

Dengan suhu yang sama tetapi waktu yang berbeda, menghasilkan ketuaan warna yang berbeda, kita lihat dengan suhu yang sama dan perbedaan waktu pencelupan yang berbeda 30 menit, maka hasilnya lebih tua di penggunaan waktu 60 menit, hal ini disebabkan zat warna membutuhkan waktu yang cukup untuk penyerapan dan fiksasi kedalam serat.

Maka dapat disimpulkan dengan pernyataan lain bahwa semakin lama waktu maka penyerapan dan ketuaan warna semakin bagus.

c. Hubungan ketuaan dan arah warna antara *Terasil black bfe* (energi medium), *Terasil super black w-01* (energi tinggi) dan *Terasil black w-vm* (energi tinggi)



Strength & DE Colour Difference

Dyes	%Strength	dE*CMC	dH*	dC*	L	a	b	C	h
6.0% Terasil Black BFE	Std.	Std.	Std.	Std.	15.1	0.1	-0.9	0.9	279.0
6.0% Terasil Super Black W-01	95.8%	0.41	0.28Red	0.17	15.3	0.4	-1.0	1.0	290.1
6.0% Terasil Black W-VM	95.6%	0.40	-0.19	0.11	15.4	0.0	-1.0	1.0	271.0

Gambar 4. 20 Hasil Perbandingan Ketuaan dan Arah Warna

Rumus :

$$DE\ CMC = \sqrt{\text{selisih kecerahan}^2\,(DL) + \text{selisih kejenuhan}^2\,(DC) + \text{selisih warna}^2\,(DH)}$$

Dapat dilihat dari gambar 4.2 bahwa dengan suhu dan waktu yang sama antara *Terasil black bfe, Terasil super black w-01* dan *Terasil black w-vm* menghasilkan ketuaan warna yang berbeda. *Terasil black bfe* menghasilkan warna yang lebih tua dibandingkan dengan kedua zat warna lainnya walaupun konsentrasinya sama-sama 6%. Sementara antara *Terasil super black w-01* dan *Terasil black w-vm* perbedaanya sangat sedikit.

Kemudian untuk arah warna, dapat dilihat pada hasil spektrofotometer diatas bahwa nilai L atau lightness antara ketiga zat warna *Terasil black bfe, Terasil super black w-01* dan *Terasil black w-vm* yaitu masing masing 15.1, 15.3 dan 15.4, berarti bahwa dengan nilai ini menunjukan ketuaan warna *Terasil black bfe > Terasil super black w-01 > Terasil black w-vm.* Sementara nilai a yaitu masing-masing 0.1, 0.4 dan 0.0 yang artinya arah warnanya sedikit kearah kemerahan. Nilai b yaitu masing masing -0.9, -1.0

dan -1.0 yang artinya ketiganya kearah kebiruan. Jadi ketiga zat warna menghasilkan warna hitam kearah merah kebiruan.

4.2.2. Hasil Pengujian TLW Terhadap Pencucian

Hasil TLW terhadap pencucian untuk ketiga zat warna *Terasil black bfe, Terasil super black w-01* dan *Terasil black w-vm* dapat diringkas sebagai berikut :

Tabel 4. 2 Hasil TLW terhadap pencucian

125°C 30 menit	ISO 105 C06, A2S (40°C 30 menit)							ISO 105 C06, C2S (60°C 30 menit)					
	CA	CO	PA	PES	PAC	WO		CA	CO	PA	PES	PAC	WO
Original	5	5	5	5	5	5		5	5	5	5	5	5
6% Terasil Black BFE 6%	3	4	3	3	4	3-4		3	3-4	1-2	3	4	4
6% Terasl Super Black W-01	4	4-5	4	4	4-5	4-5		4-5	4-5	3	3-4	4-5	4-5
6% Terasil Black W-VM	4	4-5	4	4	4-5	4-5		4-5	4-5	3	3-4	4-5	4-5
130°30 menit	ISO 105 C06, A2S (40°C 30 menit)							ISO 105 C06, C2S (60°C 30 menit)					
	CA	CO	PA	PES	PAC	WO		CA	CO	PA	PES	PAC	WO
Original	5	5	5	5	5	5		5	5	5	5	5	5
6% Terasil Black BFE 6%	3	4	3	3	4	3-4		3	3-4	1-2	3	4	4
6% Terasl Super Black W-01	4	4-5	4	4	4-5	4-5		4-5	4-5	3	3-4	4-5	4-5
6% Terasil Black W-VM	4	4-5	4	4	4-5	4-5		4-5	4	3	3-4	4-5	4-5
135°C 30 menit	ISO 105 C06, A2S (40°C 30 menit)							ISO 105 C06, C2S (60°C 30 menit)					
	CA	CO	PA	PES	PAC	WO		CA	CO	PA	PES	PAC	WO
Original	5	5	5	5	5	5		5	5	5	5	5	5
6% Terasil Black BFE 6%	3	4	3	3	4	3-4		3	3-4	1-2	3	4	4
6% Terasl Super Black W-01	4	4-5	4	4	4-5	4-5		4-5	4-5	3	3-4	4-5	4-5
6% Terasil Black W-VM	4	4-5	4	4	4-5	4-5		4-5	4-5	3	3-4	4-5	4-5
125°C 60 menit	ISO 105 C06, A2S (40°C 30 menit)							ISO 105 C06, C2S (60°C 30 menit)					
	CA	**CO**	**PA**	**PES**	**PAC**	**WO**		**CA**	**CO**	**PA**	**PES**	**PAC**	**WO**
Original	5	5	5	5	5	5		5	5	5	5	5	5
6% Terasil Black BFE 6%	3	4	3	3	4-5	4		3	3	1-2	3	4	4
6% Terasl Super Black W-01	3-4	4	3-4	3-4	4-5	4		4-5	4	3	3-4	4-5	4-5
6% Terasil Black W-VM	3-4	4	3-4	3-4	4-5	4		4-5	4	3	3-4	4-5	4-5
130°C 60 menit	**CA**	**CO**	**PA**	**PES**	**PAC**	**WO**		**CA**	**CO**	**PA**	**PES**	**PAC**	**WO**
Original	5	5	5	5	5	5		5	5	5	5	5	5
6% Terasil Black BFE 6%	3	4	3	3	4-5	4		3	3	1-2	3	4	4
6% Terasl Super Black W-01	3-4	4	3-4	3-4	4-5	4		4-5	4	2-3	3-4	4-5	4-5
6% Terasil Black W-VM	3-4	4	3-4	3-4	4-5	4		4-5	3-4	2	3-4	4-5	4
135°C 60 menit	ISO 105 C06, A2S (40°C 30 menit)							ISO 105 C06, C2S (60°C 30 menit)					
	CA	**CO**	**PA**	**PES**	**PAC**	**WO**		**CA**	**CO**	**PA**	**PES**	**PAC**	**WO**
Original	5	5	5	5	5	5		5	5	5	5	5	5
6% Terasil Black BFE 6%	3-4	4	3	3	4-5	4		3-4	4	1-2	3	4	4
6% Terasl Super Black W-01	3-4	4	3-4	3-4	4-5	4		4-5	4	2-3	3-4	4-5	4-5
6% Terasil Black W-VM	3-4	4	3-4	3-4	4-5	4		4-5	4	2-3	3-4	4-5	4

Pengujian TLW terhadap pencucian, menggunakan standar ISO 105 C06 A2S dan ISO 105C06 C2S yang di Indonesia sama dengan SNI ISO 105 C06:2010. Dari pengujian ini dapat dilihat bahwa antara *Terasil black bfe* (tipe medium energi) dan *Terasil super black w-01, Terasil black w-vm* (tipe energi tinggi) terdapat perbedaan nilai TLW terhadap pencucian. *Terasil black bfe* cenderung menghasilkan TLW yang lebih rendah dibandingkan dengan *Terasil super black w-01* ataupun *Terasil black w-vm*.

4.2.3 Hasil Pengujian TLW Terhadap Sublimasi

Hasil pengujian TLW terhadap sublimasi untuk ketiga zat warna *Terasil black bfe*, *Terasil super black w-01* dan *Terasil black w-vm* dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. 3 Hasil TLW terhadap sublimasi

Hasil Uji Ketahan luntur warna terhadap sublimasi						
125^{0}C 30 menit		ISO 105-P01				
180^{0}C 30 detik	Kelunturan di Poliester	Kelunturan di katun		**210^{0}C 30 detik**	Kelunturan di Poliester	Kelunturan di katun
6% Terasil Black BFE 6%	3	3-4			1	2
6% Terasl Super Black W-01	4	4-5			2	3
6% Terasil Black W-VM	4	4-5			2	3
130^0 30 menit				ISO 105-P01		
180^{0}C 30 detik	Kelunturan di Poliester	Kelunturan di katun		**210^{0}C 30 detik**	Kelunturan di Poliester	Kelunturan di katun
6% Terasil Black BFE 6%	2	2-3			1	2
6% Terasl Super Black W-01	3-4	4			2	3
6% Terasil Black W-VM	3-4	4			2	3
135^0 C 30 menit				ISO 105-P01		
180^{0}C 30 detik	Kelunturan di Poliester	Kelunturan di katun		**210^{0}C 30 detik**	Kelunturan di Poliester	Kelunturan di katun
6% Terasil Black BFE 6%	2	2-3			1	1-2
6% Terasl Super Black W-01	3-4	4			2	3
6% Terasil Black W-VM	3-4	4			2	3
125^{0}C 60 menit				ISO 105-P01		
180^{0}C 30 detik	Kelunturan di Poliester	Kelunturan di katun		**210^{0}C 30 detik**	Kelunturan di Poliester	Kelunturan di katun
6% Terasil Black BFE 6%	2	2-3			1	2
6% Terasl Super Black W-01	3-4	4			2	3
6% Terasil Black W-VM	3-4	4			2	3
130^{0}C 60 menit				ISO 105-P01		
180^{0}C 30 detik	Kelunturan di Poliester	Kelunturan di katun		**210^{0}C 30 detik**	Kelunturan di Poliester	Kelunturan di katun
6% Terasil Black BFE 6%	2	2-3			1	2
6% Terasl Super Black W-01	3-4	4			2	3
6% Terasil Black W-VM	3-4	4			2	3
135^{0}C 60 menit				ISO 105-P01		
180^{0}C 30 detik	Kelunturan di Poliester	Kelunturan di katun		**210^{0}C 30 detik**	Kelunturan di Poliester	Kelunturan di katun
6% Terasil Black BFE 6%	2	2-3			1	2
6% Terasl Super Black W-01	3-4	4			2	3
6% Terasil Black W-VM	3-4	4			2	3

Skala 5 paling bagus>4-5>4>3-4>3>2-3>2>1-2>1(Jelek)

Dapat dilihat pada tabel di atas bahwa dalam pengujian TLW terhadap sublimasi, *Terasil black bfe* (energi medium) menghasilkan TLW terhadap sublimasi yang lebih rendah dibandingkan dengan *Terasil super black w-01* dan *Terasil black w-vm*.

4.2.4 Hasil Pengujian TLW Terhadap Keringat

Hasil pengujian TLW terhadap keringat untuk ketiga zat warna *Terasil black bfe*, *Terasil super black w-01* dan *Terasil black w-vm* dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4. 4 Hasil TLW terhadap keringat

ISO 105E-04 *(Perspiration)*													
125°C 30 menit	TLW Keringat larutan asam 37°C 4 jam							TLW Keringat larutan alkali 37°C 4 jam					
	CA	CO	PA	PES	PAC	WO		CA	CO	PA	PES	PAC	WO
Original	5	5	5	5	5	5		5	5	5	5	5	5
6% Terasil Black BFE	4-5	4-5	4	4-5	4-5	4-5		4-5	4-5	4	4-5	4-5	4-5
6% Terasl Super Black W-01	4-5	4-5	4	4	4-5	4-5		4-5	4-5	4	4	4-5	4-5
6% Terasil Black W-VM	4-5	4-5	4	4	4-5	4-5		4-5	4-5	4	4	4-5	4-5
130°30 menit													
	CA	CO	PA	PES	PAC	WO		CA	CO	PA	PES	PAC	WO
Original	5	5	5	5	5	5		5	5	5	5	5	5
6% Terasil Black BFE	4-5	4-5	4	4-5	4-5	4-5		4-5	4-5	4	4-5	4-5	4-5
6% Terasl Super Black W-01	4	4-5	3-4	3-4	4-5	4-5		4	4-5	3-4	3-4	4-5	4-5
6% Terasil Black W-VM	3-4	4-5	3-4	3-4	4-5	4-5		3-4	4-5	3-4	3-4	4-5	4-5
135°C 30 menit	TLW Keringat larutan asam 37°C 4 jam							TLW Keringat larutan alkali 37°C 4 jam					
	CA	CO	PA	PES	PAC	WO		CA	CO	PA	PES	PAC	WO
Original	5	5	5	5	5	5		5	5	5	5	5	5
6% Terasil Black BFE	4-5	4-5	4	4-5	4-5	4-5		4-5	4-5	4	4-5	4-5	4-5
6% Terasl Super Black W-01	4-5	4-5	3-4	3-4	4-5	4-5		4-5	4-5	3-4	3-4	4-5	4-5
6% Terasil Black W-VM	3-4	4-5	3-4	3-4	4-5	4-5		4	4-5	3-4	3-4	4-5	4-5
125°C 60 menit	TLW Keringat larutan asam 37°C 4 jam							TLW Keringat larutan alkali 37°C 4 jam					
	CA	**CO**	**PA**	**PES**	**PAC**	**WO**		**CA**	**CO**	**PA**	**PES**	**PAC**	**WO**
Original	5	5	5	5	5	5		5	5	5	5	5	5
6% Terasil Black BFE	4-5	4-5	4	4-5	4-5	4-5		4-5	4-5	4	4-5	4-5	4-5
6% Terasl Super Black W-01	4-5	4-5	4	4	4-5	4-5		4-5	4-5	4	4	4-5	4-5
6% Terasil Black W-VM	4	4-5	4	4	4-5	4-5		4	4-5	4	4	4-5	4-5
	TLW Keringat larutan asam 37°C 4 jam							TLW Keringat larutan alkali 37°C 4 jam					
130°C 60 menit	**CA**	**CO**	**PA**	**PES**	**PAC**	**WO**		**CA**	**CO**	**PA**	**PES**	**PAC**	**WO**
Original	5	5	5	5	5	5		5	5	5	5	5	5
6% Terasil Black BFE	4-5	4-5	4	4-5	4-5	4-5		4-5	4-5	4	4-5	4-5	4-5
6% Terasl Super Black W-01	4	4-5	3-4	3-4	4-5	4-5		4	4-5	3-4	3-4	4-5	4-5
6% Terasil Black W-VM	3-4	4-5	3-4	3-4	4-5	4-5		3-4	4-5	3-4	3-4	4-5	4-5
135°C 60 menit	TLW Keringat larutan asam 37°C 4 jam							TLW Keringat larutan alkali 37°C 4 jam					
	CA	**CO**	**PA**	**PES**	**PAC**	**WO**		**CA**	**CO**	**PA**	**PES**	**PAC**	**WO**
Original	5	5	5	5	5	5		5	5	5	5	5	5
6% Terasil Black BFE	4-5	4-5	4	4-5	4-5	4-5		4-5	4-5	4	4-5	4-5	4-5
6% Terasl Super Black W-01	4	4-5	3-4	3-4	4-5	4		4	4-5	3-4	3-4	4-5	4
6% Terasil Black W-VM	4	4-5	3-4	3-4	4-5	4		4	4-5	3-4	3-4	4-5	4

Dapat dilihat dari tabel di atas bahwa hasil uji TLW terhadap keringat untuk semua variasi suhu, waktu dan ketiga zat warna menghasilkan TLW yang dapat diterima, dengan nilai skala penodaan minimal 3-4. Meskipun begitu, hasil menunjukan bahwa *Terasil black bfe* (energi medium) dari semua parameter menghasilkan TLW terhadap keringat yang paling bagus dibandingkan dengan *Terasil super black w-01* dan *Terasil black w-vm.*

BAB V. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan dalam penelitian ini, dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Ketahanan luntur warna (TLW) terhadap pencucian pada kain rajut 100% poliester yang dicelup menggunakan zat warna Dispersi hitam menunjukkan hasil yang baik. Perbedaan jenis zat warna Dispersi yang digunakan memberikan variasi nilai penodaan pada kain multifiber, namun secara umum masih berada dalam kategori memenuhi standar ketahanan luntur warna terhadap pencucian.
2. Ketahanan luntur warna terhadap keringat (asam dan basa) pada kain rajut 100% poliester yang dicelup menggunakan zat warna Dispersi hitam menunjukkan hasil yang relatif baik. Perbedaan tipe zat warna Dispersi memberikan sedikit perbedaan tingkat penodaan warna, namun secara umum kain tetap menunjukkan stabilitas warna yang cukup baik terhadap pengaruh keringat.
3. Ketahanan luntur warna terhadap sublimasi pada kain rajut 100% poliester menunjukkan adanya perbedaan performa antar jenis zat warna Dispersi hitam. Zat warna dengan tipe energi tinggi cenderung memiliki ketahanan sublimasi yang lebih baik dibandingkan dengan zat warna tipe energi medium, sehingga lebih stabil terhadap perlakuan suhu tinggi.
4. Perbandingan ketuaan warna menunjukkan bahwa jenis zat warna Dispersi hitam mempengaruhi tingkat kedalaman warna yang dihasilkan pada kain rajut 100% poliester. Zat warna *Terasil super black w-01* dan *Terasil black w-vm* (tipe energi tinggi) menghasilkan ketuaan warna yang lebih tinggi dan lebih stabil dibandingkan dengan zat warna *Terasil black bfe* (tipe energi medium). Hal ini dikarenakan karakteristik zat warna tipe energi tinggi yang memiliki stabilitas

termal dan kemampuan difusi yang lebih baik sehingga mampu menghasilkan kedalaman warna yang lebih tinggi.

5.2. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat diberikan saran sebagai berikut:

1. Pemilihan zat warna Dispersi sangat penting untuk spesifikasi penggunaan yang berbeda-beda. Untuk penggunaan yang spesifikasinya memerlukan TLW yang tinggi seperti kaos olahraga warna hitam dengan merek internasional, merek baju internasional dan lokal yang mempunyai standar tinggi, maka disarankan untuk memakai zat warna Dispersi hitam tipe energi tinggi, karena mempunyai kelebihan TLW yang lebih baik dibandingkan dengan tipe energi medium.
2. Untuk (produk) penggunaan lokal yang tidak memerlukan spesifikasi TLW tinggi maka dengan menggunakan tipe zat warna energi medium sudah cukup. Dan dari pengujian yang telah dilakukan, warna yang dihasilkan lebih tua.

DAFTAR PUSTAKA

Broadbent, A. D. (2001). *Basic Principles of Textile Coloration. Society of Dyers and Colourists.*

Burkinshaw, S. M. (2016). *Chemical Principles of Synthetic Fibre Dyeing. Springer.*

Dwiastuti Anik, Prahastuti Endang, Sintawati Esin. (2017) Ketahanan Luntur Zat Reaktif dan Azo Pada Bahan Baku Produk Batik untuk UKM di Jawa Timur. Teknologi dan kejuruan, 40(2). 115-126.

Failisnur, Sofyan. (2014) . Sifat Tahan Luntur dan Intensitas Warna KainSutera dengan Pewarna Alam Gambir (Uncaria gambir Roxb) Pada Kondisi Pencelupan dan Jenis Fiksator yang Berbeda. Jurnal Litbang Industri,4 (1), 1-8.

Gohl, E. P. G., & Vilensky, L. D. (2008). *Textile Science: An Explanation of Fiber Properties. Longman Scientific & Technical*.

Indrawijaya Budhi. (2018). Uji Absorbsi Pencelupan Kain Poliester Menggunakan Pewarna Dispersi. JI Teknik Kimia UNPAM. 2(1).

Joonseok Koh *Dyeing with Dispersi Dyes intercopen*. Konkuk University South Korea.

Karlina, M. (2015). Upaya Peningkatan Sifat Tahan Luntur Warna pada Hasil Pencelupan Kain Poliester–Rayon dengan Zat Warna Dispersi–Reaktif Metode Larutan Dua Tahap. Skripsi. Program Studi Teknik Tekstil, [Nama Perguruan Tinggi].

Kadolph, S. J. (2010). *Textiles. Pearson Education.*

Kumar, A., & Singh, R. (2015). *Dyeing of Polyester Fabrics with Dispersi Dyes and Evaluation of Color Fastness Properties*. International Journal of Textile Science, 4(2), 29–34.

Shore, J. (2002). *Colorants and Auxiliaries: Organic Chemistry and Application Properties. Society of Dyers and Colourists.*

Setiawan, M. I. (20..). Pengaruh pH Pencelupan Kain Poliester–Akrilat (87,5% / 12,5%) dengan Zat Warna Dispersi Metode HT/HP Terhadap Beda Warna. Skripsi. Program Studi Teknik Tekstil, [Nama Perguruan Tinggi].

Setyawan Budhiman Adi, Tua Mula Lomo . (2016). Analisa Kekutan dan Ketahanan Luntur Kain Loreng "Indian Army" Berbasi Standar Nasional Indonesia. Bina Teknika, 12 (1), 2016, 69-78

ISO 105-C06:2010. *Textiles — Tests for Colour Fastness — Part C06: Colour Fastness to Domestic and Commercial Laundering*.

ISO 105-E04:2013. *Textiles — Tests for Colour Fastness — Part E04: Colour Fastness to Perspiration.*

ISO 105-P01:2019. *Textiles — Tests for Colour Fastness — Part P01: Colour Fastness to Sublimation.*

LAMPIRAN

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa	:	Suwaryo
NIM	:	24526014
Semester, Tahun Akademik	:	Ganjil, 2025/2026
Bentuk TA	:	Penelitian / ~~Perancangan~~
Mulai Masa Bimbingan TA	:	15 September 2025
Selesai Masa Bimbingan TA	:	27 Februari 2026
Judul TA	:	ANALISIS KETAHANAN LUNTUR WARNA TERHADAP PENCUCIAN, KERINGAT, DAN SUBLIMASI, SERTA PERBANDINGAN KETUAAN WARNA PADA ZAT WARNA DISPERSE HITAM PADA KAIN RAJUT 100% POLIESTER
Nama Dosen Pembimbing	:	Ahmad Satria Budiman, S.T., M.Sc.

No.	Tanggal	Deskripsi Bimbingan	Paraf Dosen
1.	23 November 2025	Pembahasan Judul	
2.	21 Desember 2025	Pembahasan Proposal	
3.	11 Februari 2026	Pembahasan Bab I & Bab II	
4.	25 Januari 2026	Pembahasan Bab III	
5.	01 Februari 2026	Pembahasan Bab III	
6.	08 Februari 2026	Pembahasan Bab IV	
7.	15 Februari 2026	Pembahasan Bab IV	
8.	22 Februari 2026	Pembahasan Bab V & Finalisasi	

Yogyakarta, 22 Februari 2026
Dosen Pembimbing,

Ahmad Satria Budiman, S.T., M.Sc.

UNIVERSITAS
ISLAM
INDONESIA

SURAT PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING
PRODI REKAYASA TEKSTIL FTI UII

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Yang bertanda tangan di bawah ini, Dosen Pembimbing Tugas Akhir di lingkungan Prodi Rekayasa Tekstil Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia menerangkan:

Nama : Suwaryo
NIM : 24526014

Bahwa mahasiswa tersebut di atas telah menyelesaikan draft laporan Tugas Akhir dan dapat mendaftarkan diri pada ujian pendadaran dengan melengkapi persyaratan yang diperlukan. Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 20 Februari 2026
Dosen Pembimbing,

Ahmad Satria Budiman, S.T., M.Sc.

KARTU KONSULTASI REVISI TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa	:	Suwaryo
NIM	:	24526014
Semester, Tahun Akademik	:	Ganjil, 2025/2026
Bentuk TA	:	Penelitian / ~~Perancangan~~
Mulai Masa Bimbingan TA	:	15 September 2025
Selesai Masa Bimbingan TA	:	27 Februari 2026
Judul TA	:	ANALISIS KETAHANAN LUNTUR WARNA TERHADAP PENCUCIAN, KERINGAT, DAN SUBLIMASI, SERTA PERBANDINGAN KETUAAN WARNA PADA ZAT WARNA DISPERSI HITAM PADA KAIN RAJUT 100% POLYESTER
Nama Dosen Penguji 1	:	Dr.Eng. Rina Afiani Rebia, S.Hut., M.Eng.

No.	Tanggal	Deskripsi Bimbingan	Paraf Dosen
1.	06 Maret 2026	Penulisan daftar pustaka	
2.	06 Maret 2026	Penulisan sumber gambar	
3.	06 Maret 2026	Penulisan letak judul tabel dan warna tabel (halaman 84), berlaku untuk semua tabel	

Yogyakarta, 06 Maret 2026
Dosen Penguji 1,

Dr.Eng. Rina Afiani Rebia, S.Hut., M.Eng.

KARTU KONSULTASI REVISI TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa	:	Suwaryo
NIM	:	24526014
Semester, Tahun Akademik	:	Ganjil, 2025/2026
Bentuk TA	:	Penelitian / ~~Perancangan~~
Mulai Masa Bimbingan TA	:	15 September 2025
Selesai Masa Bimbingan TA	:	27 Februari 2026
Judul TA	:	ANALISIS KETAHANAN LUNTUR WARNA TERHADAP PENCUCIAN, KERINGAT, DAN SUBLIMASI, SERTA PERBANDINGAN KETUAAN WARNA PADA ZAT WARNA DISPERSI HITAM PADA KAIN RAJUT 100% POLYESTER
Nama Dosen Penguji 2	:	Diyah Dwi Nugraheni, S.T., M.T.

No.	Tanggal	Deskripsi Bimbingan	Paraf Dosen
1.	06 Maret 2026	Penambahan overview singkat pengertian zat warna dispersi dan jenis zat warna dispersi pada latar belakang	
2.	06 Maret 2026	Penambahan standar internasional, alasan pemilihan kain rajut 100% polyester, dan penjelasan metode exhaust pada latar belakang	
3.	06 Maret 2026	Penulisan daftar pustaka	

Yogyakarta, 06 Maret 2026

Dosen Penguji 2,

Diyah Dwi Nugraheni, S.T., M.T.