Texere Vol.24 No.02 (2026)
e-ISSN 2774-1893

STUDI KARAKTERISTIK DAN KENYAMANAN KAIN RAJUT UNTUK *SPORTWEAR*

STUDY OF CHARACTERISTICS AND COMFORT OF KNIT FABRICS FOR SPORTWEAR

Liana Dwi Fitrianti*, Assyfa Kusumaningsih, Siska Astari Dewi, Witri Aini Salis, Uni Kusyanti
Politeknik STTT Bandung, Kota Bandung, 40272, Indonesia

*Penulis korespondensi:
Alamat E-mail: lianadwifitrianti@gmail.com

Tanggal diterima: 19 Mei 2026, direvisi: 26 Agustus 2026,
disetujui terbit: 30 September 2026

ABSTRAK

Kebanyakan orang saat ini menganggap olahraga merupakan bagian penting dari aktivitas keseharian mereka, karena secara langsung membantu menjaga kesehatan fisik dan mental. Hal ini menyebabkan konsumsi pakaian olahraga meningkat secara signifikan. Meningkatnya permintaan pasar harus berbanding lurus dengan kualitas dan kuantitas pakaian olahraga yang diproduksi. Tujuan utama penelitian ini adalah untuk mengevaluasi secara kuantitatif dan sistematis hubungan antara diferensiasi mikro-struktur jeratan (*technical face dan technical back*) empat varian kain rajut *Single Jersey Mesh* poliester dengan performa kenyamanan taktil (FTT), manajemen kelembapan (MMT), serta resistansi termal-evaporatif (SGHP), guna menyusun matriks klasifikasi objektif kesesuaian bahan terhadap tingkat intensitas aktivitas olahraga. Sifat kenyamanan diuji menggunakan instrumen *Fabric Touch Tester* (FTT), *Moisture Management Tester* (MMT), dan *Sweating Guarded Hot Plate* (SGHP). Hasil pengujian menunjukkan bahwa sampel B memiliki nilai *Permeability Index* (PI) paling tinggi (1,9214) yang berbanding terbalik dengan sampel D yang memiliki nilai PI paling rendah (0,5010). Namun, sampel D memiliki hasil uji kelembutan, kehalusan, dan resistansi evaporasi yang baik. Berdasarkan evaluasi komprehensif, sampel C dan B sangat direkomendasikan untuk high-intensity sportswear, sedangkan sampel A dan D lebih ideal untuk *low-to-moderate intensity sportswear* dan pakaian harian.

Kata kunci: Pakaian olahraga, kain rajut, kenyamanan taktil, manajemen kelembapan, resistensi evaporasi.

ABSTRACT

Exercise is now a routine part of daily life for most people, valued for its direct contribution to physical and mental health. This has driven a marked rise in demand for sportswear, and market growth needs to be matched by comparable gains in the quality and volume of production. This study evaluates the structural characteristics of four polyester Single Jersey Mesh knitted fabrics together with their thermo-physiological and tactile comfort performance, with the aim of classifying their suitability by exercise intensity. Samples were tested using a Fabric Touch Tester (FTT), a Moisture Management Tester (MMT), and a Sweating Guarded Hot Plate (SGHP). Sample B recorded the highest Permeability Index (PI = 1.9214), pointing to

a greater capacity for heat and moisture dissipation than sample D (PI = 0.5010). Sample D, however, performed best for softness, smoothness, and low evaporative resistance. Taken together, these results support samples B and C for high-intensity sportswear, while samples A and D are better suited to low-to-moderate intensity sportswear and casual wear.

Keywords: Sportswear, knitted fabric, tactile comfort, moisture management, evaporative resistance.

PENDAHULUAN

Kenyamanan termo-fisiologis dan kinerja pakaian olahraga berpengaruh langsung terhadap performa dan stamina atlet (Salopek Cubric et al., 2021). Selama aktivitas olahraga, laju metabolisme tubuh meningkat signifikan dan menghasilkan panas berkisar antara 300 W pada aktivitas ringan hingga melebihi 1000 W pada aktivitas fisik yang intens (Tadesse et al., 2019). Untuk mempertahankan suhu inti tubuh pada kondisi termoregulasi optimal (sekitar 37 °C), tubuh mengeluarkan panas ke lingkungan melalui mode *fluks* kering (konduksi, konveksi, dan radiasi) serta *fluks* laten yang dihasilkan oleh penguapan keringat. *Fluks* kering sangat bergantung pada sifat kenyamanan termal bahan, sedangkan *fluks* laten bergantung pada kapasitas pengelolaan kelembapan (*moisture management*) kain (Tadesse et al., 2019). Pakaian olahraga perlu mentransmisikan panas tubuh, cairan, serta uap air secara efektif dari permukaan kulit ke atmosfer luar guna mencegah sensasi kebasahan (*chilling effect* atau *clinginess*) (Chowdhury et al., 2014; Tadesse et al., 2019). Kain rajut lebih mendominasi aplikasi *sportwear* dibandingkan kain tenun karena struktur jeratannya memberikan permeabilitas uap air, permeabilitas udara, fleksibilitas, konduktivitas termal serta kelenturan elastis yang sangat baik (Salopek Cubric et al., 2021). Namun, performa kenyamanan kain rajut sangat dipengaruhi oleh parameter keinsinyuran struktur kain, seperti jenis jeratan (misalnya *pique, mesh,* atau *interlock*), gramasi (*fabric weight*), kerapatan benang (*courses* atau *wales* per *inch*) dan struktur permukaan internal-eksternal (*inner/outer face*) (Salopek Cubric et al., 2021). Pengujian karakteristik fisik dan parameter kenyamanan termo-fisiologis serta taktil secara simultan menggunakan instrumen mutakhir (*Moisture Management Tester*/MMT, *Fabric Touch Tester*/FTT, dan *Sweating Guarded Hot Plate*/SGHP) merupakan metodologi standar yang valid dan komprehensif untuk mengevaluasi kelayakan bahan pakaian olahraga (Huang, 2006; Liao et al., 2014).

Struktur rajutan *Single Jersey Mesh*, sebagai salah satu turunan (*derivative*) dari struktur *single jersey/single knit* dasar, dibentuk melalui modifikasi pola jeratan (*float/tuck stitch*) yang menghasilkan bukaan pori (*eyelet*) pada permukaan kain, sehingga secara struktural memiliki permeabilitas udara dan kapasitas transpor kelembapan yang lebih tinggi dibandingkan struktur *single jersey* polos (Assefa & Govindan, 2020; Mishra et al., 2021). Perbedaan geometri jeratan antara sisi teknik depan (*technical face*) dan sisi teknik belakang (*technical back*) pada struktur *mesh* turut memengaruhi laju penyerapan dan penyebaran cairan pada kedua permukaan kain (Asfand & Daukantienė, 2023). Penelitian tentang kenyamanan kain rajut telah banyak dilakukan, akan tetapi sebagian besar studi terdahulu hanya berfokus pada pengujian korelasi tunggal (misalnya hanya menguji MMT atau sifat mekanik makro) tanpa menghubungkan secara mendalam

antara diferensiasi struktur jeratan *Single Jersey Mesh* (*technical face-technical back*), mikro-geometri jeratan, serta pemetaan kualifikasi kenyamanan berdasarkan tingkat beban kerja metabolisme olahraga (Vasile et al., 2023). Oleh karena itu, keterbaruan (*novelty*) dari penelitian ini terletak pada pendekatan holistik yang mengintegrasikan dekomposisi struktur mikro-makro 4 jenis kain rajut *Single Jersey Mesh* poliester dengan pengukuran kuantitatif multi-dimensi (FTT untuk kenyamanan taktil 4 modul; MMT untuk dinamika transpor cairan multi-arah; dan SGHP untuk resistansi termal-evaporatif). Penataan ini bertujuan untuk membangun matriks klasifikasi objektif guna menentukan spesifikasi bahan *sportwear* berdasarkan kategori intensitas olahraga (ringan, sedang hingga tinggi) (Chowdhury et al., 2014).

Perkembangan riset terkini menunjukkan bahwa performa kenyamanan kain rajut *sportswear* tidak dapat dijelaskan hanya melalui satu parameter tunggal, melainkan merupakan interaksi kompleks antar berbagai level struktur, mulai dari geometri jeratan, sifat benang, hingga arsitektur pori permukaan (Vasile et al., 2023). Studi Asfand & Daukantiene (2023) menegaskan bahwa penambahan komponen antistatik maupun variasi rasio serat pada kain rajut kapas atau poliester secara signifikan memodifikasi laju transpor kelembapan (*moisture management*), namun belum mengaitkan variasi tersebut dengan diferensiasi sisi jeratan *technical face-technical back* secara spesifik. Mishra et al. (2021) mengonfirmasi bahwa derivat struktur *single jersey* (*rib, interlock, pique*) memiliki profil kenyamanan termo-fisiologis yang berbeda signifikan, tetapi kajian tersebut belum menyertakan pengukuran taktil multi-modul menggunakan instrumen FTT secara simultan. Pemilihan empat sampel kain rajut *Single Jersey Mesh* dalam penelitian ini didasarkan pada variasi kerapatan bukaan *mesh* (*eyelet density*) dan kerapatan jeratan (CPI/WPI) yang merepresentasikan rentang produk komersial *sportswear* yang umum dijumpai di pasar, sehingga hasil penelitian memiliki relevansi aplikatif langsung bagi industri. Ketiga instrumen pengujian (FTT, MMT dan SGHP) dipilih secara spesifik karena masing-masing mewakili dimensi kenyamanan yang berbeda namun saling melengkapi FTT mengukur respons taktil saat kontak langsung kulit-kain (kelembutan, kehalusan, dan sensasi termal awal), MMT mengukur dinamika transpor cairan keringat multi-arah dan multi-tahap, sedangkan SGHP mengukur resistansi termal dan evaporatif dalam kondisi *steady-state* yang merepresentasikan kondisi metabolik berkelanjutan (Huang, 2006; Liao et al., 2014). Kombinasi ketiga pendekatan ini memungkinkan evaluasi kenyamanan yang komprehensif, mencakup respons sensorik instan maupun kinerja fungsional jangka menengah selama aktivitas olahraga berlangsung.

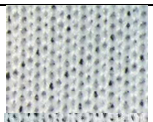
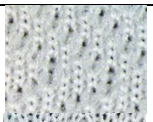
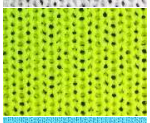
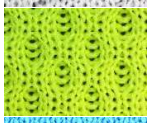
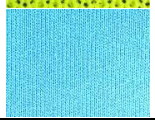
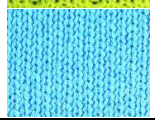
BAHAN

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah 4 sampel kain rajut buatan (*synthetic knitted fabrics*) yang dirancang khusus untuk pakaian olahraga. Ketiga sampel merupakan kain rajut *single jersey mesh* yang memiliki perbedaan karakteristik struktur pada permukaan dalam (*inner face*-yang bersentuhan langsung dengan kulit) dan permukaan luar (*outer face*-yang berhadapan dengan lingkungan atmosfer) dan satu sample *single jersey* yang memiliki permukaan yang sama pada kedua sisinya. Penggunaan struktur jeratan *mesh* dengan bukaan pori asimetris ini bertujuan untuk menciptakan efek kapilaritas asimetris yang mendorong transpor cairan searah

dari kulit ke luar (Wanti et al., 2023). Kenampakan fisik permukaan *inner* dan *outer* sampel ditunjukkan pada Tabel 1.

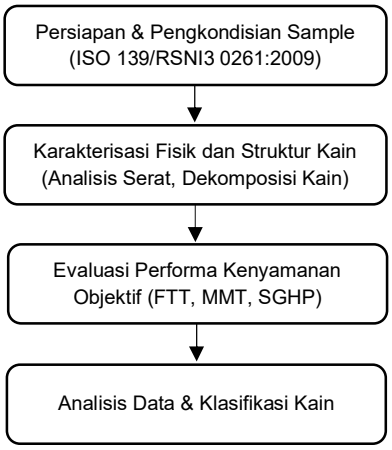
Keempat sampel kain merupakan produk rajutan komersial yang diperoleh dari produsen tekstil *sportswear* di Indonesia melalui metode *purposive sampling*, dengan kriteria seleksi berupa variasi kerapatan bukaan *mesh* dan konstruksi jeratan yang berbeda pada rentang gramasi 150-190 g/m² yang lazim digunakan untuk aplikasi pakaian olahraga. Konstruksi keempat sampel merupakan kain rajut pakan (*weft knit*) satu lapis (*single-layer*) hasil produksi mesin rajut bundar *single-knit* yang dimodifikasi pola jeratannya (bukan konstruksi *spacer* maupun *double-face/joined layer*), sehingga perbedaan karakteristik antara permukaan *inner* dan *outer* semata-mata merupakan konsekuensi dari asimetri geometri jeratan pada sisi *technical face* dan *technical back*, bukan akibat penggabungan dua lapisan kain yang berbeda.

Tabel 1. Sampel Kain Rajut

Sampel	*Inner*	*Outer*
A		
B		
C		
D		

METODE

Rangkaian penelitian ini dilaksanakan secara sistematis yang mencakup dua tahap utama: (1) Karakterisasi Fisik dan Struktur Kain, serta (2) Evaluasi Performa Kenyamanan Objektif. Seluruh pengujian dilaksanakan sesuai dengan standar operasional internasional terakreditasi. Adapun diagram alir tahapan penelitian bisa dilihat pada Gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Diagram Alir *(Flowchart)* Tahapan Penelitian

Analisis Serat Cara Pembakaran

Analisis serat dengan cara pembakaran dilakukan untuk mengklasifikasi suatu serat ke dalam 2 kelompok besar, yaitu serat alam atau serat buatan. Benang lusi dan pakan dipisahkan, lalu masing-masing dibakar kemudian diamati bau pembakarannya, sifat pembakarannya (meneruskan atau tidak meneruskan pembakaran) dan sisa pembakaran sesuai dengan SNI 08-0608-1989.

Analisis Serat Dengan Cara Pelarutan

Analisis serat dengan cara pelarutan dilakukan secara kualitatif untuk memastikan jenis serat sintetis spesifik berdasarkan standar SNI ISO 1833-1:2011. Zat kimia yang digunakan meliputi larutan metil salisilat panas (>130°C) yang melarutkan poliester, larutan asam sulfat (H_2SO_4) 70% dingin yang melarutkan nilon dan larutan asam nitrat (HNO_3) yang melarutkan poliakrilat.

Analisis Serat Dengan Mikroskop

Analisis serat dengan instrumen mikroskop dilakukan untuk mengetahui

penampang melintang dan membujur suatu serat. Analisis ini dilakukan berdasarkan standar mikroskopis (SNI ISO 4912:2010) untuk mengamati bentuk penampang membujur (perbesaran 40x) dan penampang melintang (perbesaran 20x) dari serat yang diurai dari kain rajut. Metode ini juga digunakan untuk mengamati detail kerapatan geometri jeratan rajutan.

Dekomposisi Kain

Dekomposisi kain dilakukan untuk mengukur parameter struktural kain rajut pakan yang meliputi:

1. Perhitungan kerapatan baris jeratan (*courses per inch*/CPI) dan kerapatan jeratan ke arah lebar (*wales per inch*/WPI) dihitung menggunakan kaca pembesar (*loop*) dan jarum pengurai pada lima titik diagonal yang berbeda sesuai standar SNI 0458:2013.
2. Pengukuran berat kain yang dinyatakan dalam gram per meter persegi (g/m²) dengan cara uji memotong kain rajut berbentuk lingkaran menggunakan pisau potong bundar berdiameter 10 cm (luas area 78,5 cm²), kemudian ditimbang pada neraca analitik presisi berdasarkan standar SNI ISO 3801:2010.
3. Pengukuran nomor benang yang dinyatakan dalam satuan Tex (berat dalam gram dari 1000 meter benang) dengan cara uji mengurai benang sepanjang panjang tertentu dari kain rajut, kemudian menimbangnya sesuai dengan standar SNI ISO 7211-5:2010.
4. Ketebalan kain yang diukur menggunakan instrumen penguji ketebalan digital pada tekanan standar 1,0 ± 0,01 kPa sesuai dengan standar SNI ISO 5084:2010.
5. Mengkerut Benang (*Yarn Crimp*): Pengujian persentase mengkerut benang dalam kain rajut pakan dilakukan dengan mengukur panjang benang saat terikat di dalam kain rajut (L_f) dibandingkan dengan panjang benang setelah diluruskan dengan tegangan awal konstan (L_y) berdasarkan nomor benang Tex sesuai dengan standar SNI ISO 7211-3:2010.

Analisis Kekuatan Jebol Menggunakan *Burst Tester*

Pengujian kekuatan jebol pada kain rajut dilakukan untuk mengevaluasi batas ketahanan mekanis kain terhadap tekanan multi-arah sebelum kain mengalami pecah atau rusak. Pengujian ini diuji menggunakan instrumen *Diaphragm Bursting Strength Tester* (cara diafragma *pneumatik*) dengan luas area klem uji sebesar 50 cm² sesuai dengan standar nasional SNI ISO 13938-1 atau SNI 08-0617-1989. Hasil pengujian rata-rata kekuatan jebol dinyatakan dalam satuan kilogram-gaya (kgf) atau kilopascal (kPa).

Analisis Kenyamanan Menggunakan FTT

Pengujian kenyamanan sentuhan (*tactile comfort*) dilakukan secara objektif mengacu pada standar ASTM D1776 / ISO 11092 menggunakan FTT SDL Atlas. Instrumen ini mengukur 4 modul kenyamanan secara simultan: *Compression* (Ketebalan (T), *Compression Work* (CW), *Compression Average Rigidity* (CAR), *Recovery Average Rigidity* (RAR)), *Bending* (*Bending Rigidity* (BAR) dan *Bending Work* (BW)), *Surface* (Koefisien Gesek (SFC), *Roughness Amplitude* (SRA), *Roughness Wavelength* (SRW), dan *Thermal* (Konduktivitas TCC/TCR, *Maximum Thermal Flux* Q_{max}). Pengujian dilakukan pada kedua sisi kain (*inner* dan *outer*).

Analisis Kenyamanan Menggunakan MMT

Transpor cairan keringat diukur menggunakan MMT SDL Atlas

mengacu pada standar AATCC *Test Method* 195. Sampel berukuran 8 cm $\times$ 8 cm diletakkan di antara dua cincin elektroda bertingkat. Larutan garam fisiologis diteteskan pada permukaan atas (*inner*) untuk mensimulasikan keringat. Parameter yang dicatat mencakup *Wetting Time* (WT), *Absorption Rate* (AR), *Maximum Wetted Radius* (MWR), *Spreading Speed* (SS), *Accumulative One-Way Transport Index* ($AOTI$) dan *Overall Moisture Management Capability* ($OMMC$). Klasifikasi *grade* MMT mengacu pada standar kriteria AATCC 195 (Skala 1–5).

Analisis Kenyamanan Menggunakan SGHP

SGHP dirancang untuk menstimulasikan perpindahan panas dan kelembapan dari permukaan tubuh melalui bahan pakaian ke lingkungan. Alat ini mengukur resistensi termal dan permeabilitas uap air pada kain, yang berhubungan dengan karakteristik kenyamanan pakaian. Pada pengujian SGHP terdiri dari 2 pengujian, yaitu pengujian kering atau resistansi kering (Rct) termal dan pengujian basah atau resistansi evaporasi termal (Ret). Pengujian ini dilakukan berdasarkan standar pengujian ISO 11092 dan ASTM F1868.

HASIL

Analisis Serat Cara Pembakaran

Hasil uji pembakaran dari seluruh kain rajut memiliki hasil yang sama yaitu, bau asap pembakaran seperti plastik terbakar, sifat tidak meneruskan pembakaran dan sisa pembakaran keras menggumpal. Berdasarkan hasil pengamatan tersebut dapat disimpulkan bahwa seluruh kain rajut tersusun dari serat buatan.

Analisis Serat Dengan Cara Pelarutan

Pada uji pelarutan kimia, benang dari seluruh sampel larut sempurna dalam larutan Metil Salisilat panas, tetapi tidak larut dalam H_2SO_4 70% dan HNO_3 pekat. Berdasarkan hal tersebut dapat disimpulkan bahwa serat tersebut adalah poliester. Namun untuk memastikan lebih lanjut dilakukan analisis serat dengan instrumen mikroskop.

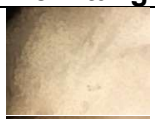
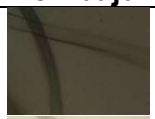
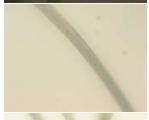
Tabel 2. Hasil Identifikasi Serat Kain

Sampel	Uji Pembakaran	Uji Pelarutan	Jenis Serat
A	Bau plastik terbakar; tidak meneruskan api; sisa menggumpal keras	Larut dalam metil salisilat panas; tidak larut H_2SO_4 70% & HNO_3	Poliester
B	Bau plastik terbakar; tidak meneruskan api; sisa menggumpal keras	Larut dalam metil salisilat panas; tidak larut H_2SO_4 70% & HNO_3	Poliester
C	Bau plastik terbakar; tidak meneruskan api; sisa menggumpal keras	Larut dalam metil salisilat panas; tidak larut H_2SO_4 70% & HNO_3	Poliester
D	Bau plastik terbakar; tidak meneruskan api; sisa menggumpal keras	Larut dalam metil salisilat panas; tidak larut H_2SO_4 70% & HNO_3	Poliester

Analisis Serat Dengan Mikroskop

Penampang melintang dan membujur serat pembentuk kain yang dianalisis dapat dilihat pada tabel 3. Serat dilihat pada mikroskop dengan pembesaran 20x pada penampang melintang dan 40x pada penampang membujur serat. Penampang melintang benang berbentuk segi empat hampir bulat. Sementara penampang membujur benang berbentuk seperti filamen yang panjang (silinder). Hal tersebut memperkuat kesimpulan bahwa serat pembentuk kain rajut adalah serat poliester. Bentuk penampang melintang benang tergantung pada lubang spineret yang digunakan. Selain penampang membujur dan melintang, uji mikroskop juga dapat melihat detail rajutan dari keempat kain rajut yang dapat dilihat pada tabel 1. Berdasarkan hasil analisis struktur tersebut, memperlihatkan bahwa seluruh kain dibuat menggunakan mesin rajut bundar *single-knit* yang dimodifikasi untuk menghasilkan struktur *Single Jersey Mesh* dengan variasi pola perajutan (*stitch design*) yang berbeda.

Tabel 3. Penampang Melintang dan Membujur Benang Kain Rajut

Sampel	Melintang	Membujur
A		
B		
C		
D		

Dekomposisi Kain dan Kekuatan Jebol

Berdasarkan Tabel 4, Sampel D memiliki kerapatan benang tertinggi (CPI 63, WPI 43) namun memiliki gramasi terendah (157,68 gsm) dan nomor benang halus (9 Tex). Sampel C memiliki gramasi tertinggi (186,40 gsm) dan benang paling tebal (16 Tex).

Pada pengujian mekanik, Sampel C memberikan nilai kekuatan jebol tertinggi yaitu 16,92 kgf. Hal ini secara teoritis dijelaskan oleh korelasi linier antara kekakuan struktural benang, *linieritas densitas massa* (Tex), dan berat kain (Sadhna et al., 2023; Salopek Cubric et al., 2021). Benang berukuran 16 Tex pada Sampel C memiliki luas penampang lintang yang lebih besar, menyediakan jumlah filamen pembawa beban (*load-bearing fibers*) yang lebih tinggi per satuan jeratan (Sadhna et al., 2023). Ketika mendapat gaya tekan *multidirectional* dari membran pembengkak *burst tester*, distribusi tegangan terbagi pada massa polimer yang lebih tebal, sehingga menunda terjadinya kegagalan geser mekanis jeratan (*loop rupture*) (Salopek Cubric et al., 2021). Sebaliknya, Sampel D memiliki kekuatan jebol paling rendah akibat penggunaan benang yang lebih tipis (9 Tex).

Fenomena ini konsisten dengan model korelasi struktur-properti pada kain rajut, di mana kekuatan jebol tidak semata-mata ditentukan oleh nomor benang, tetapi juga oleh interaksi antara jenis jeratan, kerapatan jeratan (*loop density*), dan derajat kebebasan benang untuk bergeser (*yarn mobility*) saat menerima beban multi-arah (Sadhna et al., 2023). Pada struktur *Single Jersey Mesh* dengan bukaan pori (*eyelet*) yang lebih besar, seperti pada Sampel B, luas area kontinu kain yang menahan beban berkurang, sehingga konsentrasi tegangan lokal pada jeratan di sekitar pori meningkat dan mempercepat

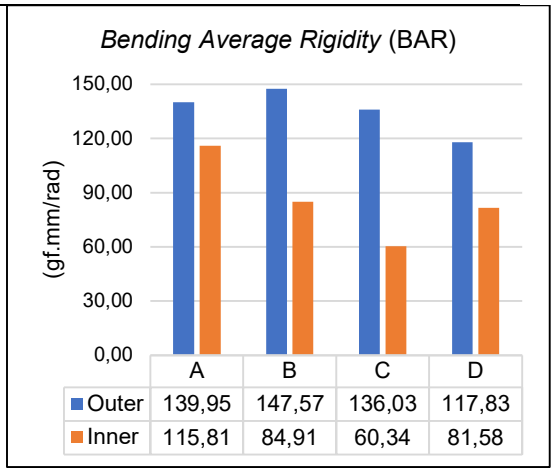
inisiasi kegagalan struktural meskipun nomor benang relatif sedang (12 Tex) (Salopek Cubric et al., 2021). Temuan ini menegaskan bahwa evaluasi kekuatan mekanik kain rajut *sportswear* perlu mempertimbangkan kombinasi antara linear densitas benang dan geometri arsitektur pori secara simultan, bukan parameter tunggal.

Tabel 4. Data Dekomposisi Fisik dan Kekuatan Jebol Kain Rajut

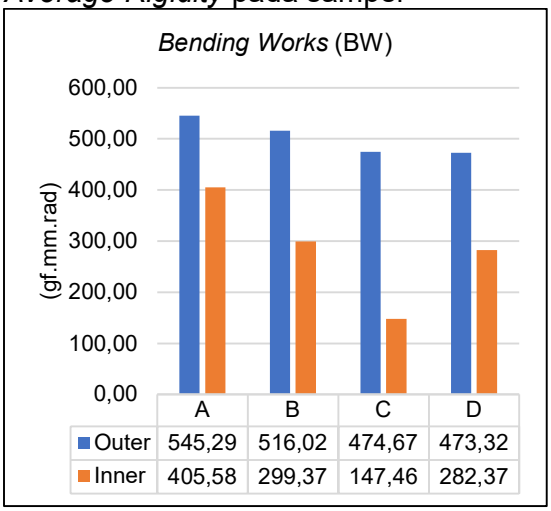
Sample	CPI	WPI	Gramasi (gsm)	Nomor Benang (TEX)	Ketebalan Kain (mm)	Kekuatan Jebol (kgf)
A	58	43	164,34	9	0,54	12,85
B	47	35	158,86	12	0,48	11,4
C	56	32	186,4	16	0,52	16,92
D	63	43	157,68	9	0,44	10,15

Analisis Kenyamanan Menggunakan FTT

Pengujian kenyamanan secara objektif menggunakan mesin FTT SDL Atlas menghasilkan 4 kategori sesuai dengan modul sensor dalam satu waktu, diantaranya *(bending average rigidity* (BAR) dan *bending work* (BW)), *surface* (*surface friction coefficient* (SFC), *surface roughness amplitude* (SRA), dan *surface roughness wavelength* (SRW)), *compression* (*thickness* (T), *compression work* (CW), *compression rate recovery* (CRR), *compression average rigidity* (CAR), *recovery average rigidity* (RAR), *thermal conductivity when compression* (TCC), *thermal conductivity when recovery* (TCR), *maximum thermal heat flux* (TMF/Q*max*)) dan nilai termal. Hasil penguji FTT dapat dilihat pada tabel 5.

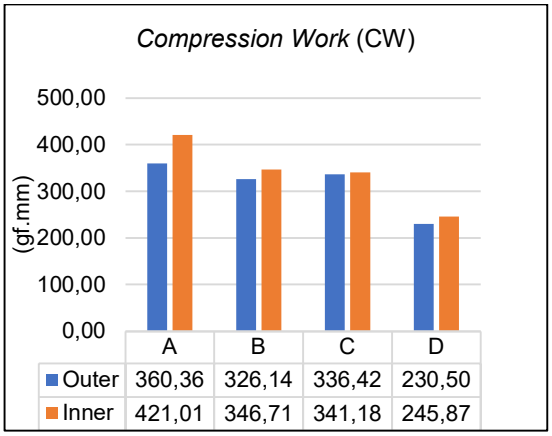


Gambar 2. Perbandingan nilai *Bending Average Rigidity* pada sampel

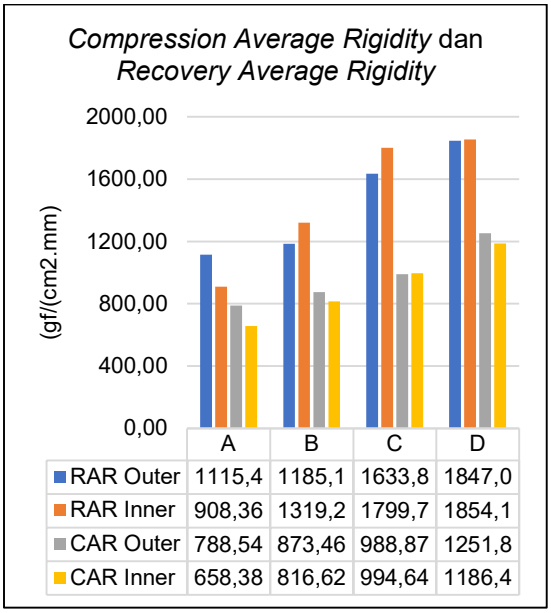


Gambar 3. Perbandingan nilai *Bending Works* pada sampel

Berdasarkan gambar 2 dan 3 sampel A menunjukkan nilai BAR dan BW tertinggi (BAR_a outer 139,95; BW_a outer 545,29 gf·mm). Peningkatan nilai BAR dan BW menandakan kekakuan tekuk (*flexural rigidity*) yang tinggi (Sadhna et al., 2023). Secara mikrostruktur, kekakuan tekuk kain rajut berbanding lurus dengan momen inersia penampang benang dan densitas jeratan (Sadhna et al., 2023). Pada Sampel A, kombinasi nilai CPI/WPI tinggi dengan intertekstur jeratan yang padat membatasi kebebasan rotasi geser (*inter-yarn friction and loop deformation*) antar benang, sehingga membutuhkan energi mekanis lebih besar untuk dilengkungkan (Sadhna et al., 2023).

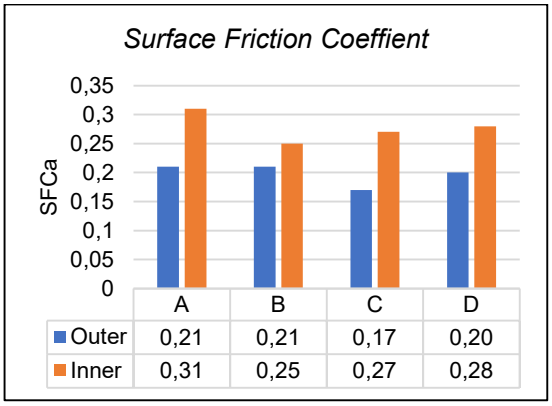


Gambar 4. Perbandingan nilai *Compression Works* pada sampel

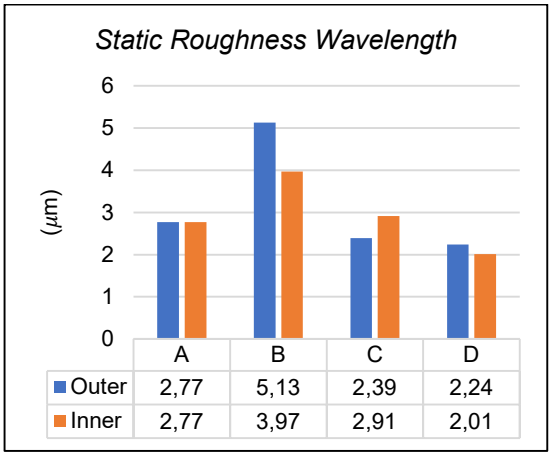


Gambar 5. Perbandingan nilai *Compression Average Rigidity* (CAR) dan *Recovery Average Rigidity* (RAR) pada sampel

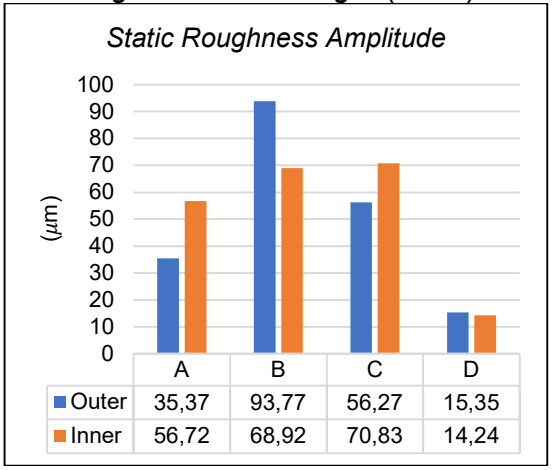
Kelembutan (*softness*) bahan berbanding terbalik dengan kerja kompresi (CW) dan berbanding lurus dengan tingkat kekakuan kompresi balik (CAR/RAR) (Liao et al., 2014; Wibi Sana et al., 2021). Sampel D memiliki nilai CW terkecil (230,50 g·mm outer; 245,87 g·mm inner) serta CAR/RAR Wibi Sana et al. (2021) tertinggi. Nilai CW yang kecil mengindikasikan bahwa permukaan kain mudah terdeformasi saat menerima tekanan vertikal ringan dari mekanoreseptor kulit manusia (korpuskel Meissner) (Liao et al., 2014). Hal ini disebabkan oleh penggunaan benang filamen halus (9 Tex) dan ketebalan kain yang tipis (0,44 mm), menciptakan struktur permukaan yang sangat empuk dan lembut (*high softness*) (Wibi Sana et al., 2021).



Gambar 6. Perbandingan nilai *Surface Friction Coeffient* (SFC)



Gambar 7. Perbandingan nilai *Static Roughness Wavelength* (SRW)

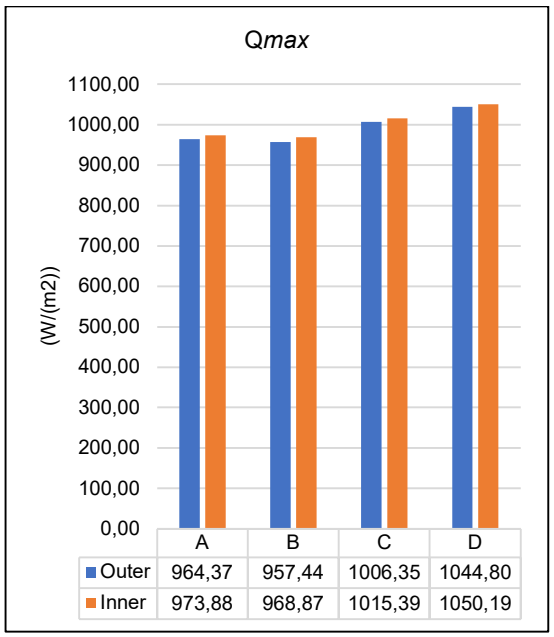


Gambar 8. Perbandingan nilai *Static Roughness Amplitude* (SRA)

Kehalusan (*smoothness*) ditentukan oleh koefisien gesek (SFC), amplitudo kekasaran (SRA), dan panjang gelombang tonjolan (SRW) (Liao et al., 2014). Sampel D mencatatkan nilai SRA terendah ($15{,}35\ \mu$m outer; $14{,}24\ \mu$m inner) dan SRW terendah (2,24 mm outer; 2,01 mm inner). Menurut teori persepsi mikrotekstur, semakin kecil nilai SRA dan SRW, semakin rata bidang kontak antar-filamen yang bersentuhan dengan papila dermis kulit, sehingga meminimalkan iritasi mekanis dan memberikan persepsi permukaan yang sangat halus (Liao et al., 2014). Sebaliknya, Sampel B memiliki SRA tinggi ($93{,}77\ \mu$m) akibat struktur permukaan berpori atau bertekstur terbuka (*mesh design*).

Koefisien gesek permukaan (*Surface Friction Coefficient*/SFC) merupakan indikator tambahan kehalusan taktil yang merepresentasikan resistansi gesek antara permukaan kain dan sensor peraba (Liao et al., 2014). Nilai SFC yang lebih tinggi pada sisi *inner* dibandingkan *outer* pada seluruh sampel mengindikasikan bahwa permukaan yang bersentuhan dengan kulit memiliki tekstur mikro yang relatif lebih kasar akibat lebih banyak ujung filamen (*fiber ends*) dan *loop* yang menonjol pada sisi *technical back*, sedangkan sisi *outer/technical face* cenderung lebih rata karena orientasi *loop* yang lebih seragam (Sadhna et al., 2023). Variasi nilai SRA dan SRW antar sampel juga berkaitan dengan kerapatan jeratan; sampel dengan WPI lebih rendah dan bukaan *mesh* lebih lebar seperti Sampel B menghasilkan profil permukaan dengan amplitudo kekasaran lebih tinggi karena diskontinuitas permukaan yang lebih sering akibat pori-pori *mesh* yang lebih besar (Liao et al., 2014). Sementara itu, variasi *Maximum Thermal Flux* (TMF/Qmax) antar sampel berkaitan erat dengan difusivitas termal permukaan kain, yang dipengaruhi oleh ketebalan kain, kerapatan serat pada permukaan kontak, dan kandungan

udara diam di dalam struktur; semakin tipis dan padat permukaan kontak suatu kain, semakin tinggi laju konduksi panas transien dari kulit sehingga nilai Q*max* yang terukur juga meningkat (Huang, 2006).



Gambar 9. Perbandingan nilai Q*max*

Q_{max} mengukur puncak *fluks* kalor yang ditransfer dari kulit ke kain pada sentuhan awal (*cool-touch feeling*) (Liao et al., 2014). Sampel D menunjukkan Q_{max} tertinggi ($1050{,}19$ W/m^2°C pada sisi *inner*). Berdasarkan hukum konduksi *Fourier*, laju perpindahan panas parsial berbanding terbalik dengan ketebalan insulasi material (Wibi Sana et al., 2021). Sampel D yang paling tipis ($0{,}44$ mm) dan memiliki kontak bidang permukaan rapat memfasilitasi konduksi panas *transient* secara cepat dari kulit ke kain, memberikan sensasi awal yang sangat sejuk (*cool sensation*) (Liao et al., 2014).

Tabel 5. Tabel Hasil pengujian FTT kain rajut *sportwear*

Properti	Sampel A		Sampel B		Sampel C		Sampel D	
	Outer	***Inner***	***Outer***	***Inner***	***Outer***	***Inner***	***Outer***	***Inner***
BARa	139.95	115.81	147.57	84.91	136.03	60.34	117.83	81.58
CV	0.12	0.14	0.12	0.12	0.04	0.14	0.09	0.29
BARe	113.11	154.50	176.38	229.31	126.58	130.76	74.26	123.67
CV	0.14	0.10	0.93	0.65	0.35	0.13	0.28	0.16
BWa	545.29	405.58	516.02	299.37	474.67	147.46	473.32	282.37
CV	0.06	0.02	0.06	0.22	0.12	0.14	0.09	0.13
BWe	381.14	581.63	314.46	550.81	322.97	552.49	263.46	463.87
CV	0.07	0.02	0.14	0.11	0.20	0.08	0.21	0.08
T	0.54	0.55	0.48	0.48	0.52	0.50	0.44	0.45
CV	0.05	0.04	0.00	0.01	0.09	0.07	0.02	0.02
CW	360.36	421.01	326.14	346.71	336.42	341.18	230.50	245.87
CV	0.05	0.04	0.12	0.13	0.19	0.46	0.16	0.16
CRR	0.53	0.53	0.54	0.49	0.44	0.44	0.47	0.47
CV	0.03	0.04	0.06	0.07	0.10	0.17	0.08	0.05
CAR	788.54	658.38	873.46	816.62	988.87	994.64	1251.80	1186.41
CV	0.06	0.07	0.19	0.11	0.06	0.38	0.18	0.14
RAR	1115.44	908.36	1185.11	1319.25	1633.83	1799.74	1847.05	1854.12
CV	0.07	0.05	0.11	0.04	0.09	0.33	0.16	0.13

TCC	50.32	51.62	45.19	46.17	50.39	49.14	46.78	47.84
CV	0.06	0.05	0.01	0.03	0.08	0.07	0.03	0.02
TCR	50.05	51.40	45.44	46.42	50.29	49.05	47.15	48.34
CV	0.06	0.05	0.00	0.03	0.08	0.07	0.03	0.02
Qmax	964.37	973.88	957.44	968.87	1006.35	1015.39	1044.80	1050.19
CV	0.01	0.01	0.02	0.02	0.00	0.01	0.02	0.01
SFCa	0.21	0.31	0.21	0.25	0.17	0.27	0.20	0.28
CV	0.02	0.03	0.04	0.02	0.03	0.03	0.04	0.15
SFCe	0.49	0.38	0.41	0.33	0.42	0.32	0.39	0.29
CV	0.02	0.02	0.01	0.04	0.03	0.04	0.03	0.17
SRAa	35.37	56.72	93.77	68.92	56.27	70.83	15.35	14.24
CV	0.34	0.28	0.33	0.50	0.51	0.34	0.20	0.19
SRAe	24.24	92.37	63.73	78.81	63.06	114.82	13.09	19.81
CV	0.25	0.16	0.32	0.33	0.05	0.09	0.15	0.12
SRWa	2.77	2.77	5.13	3.97	2.39	2.91	2.24	2.01
CV	0.23	0.20	0.36	0.42	0.27	0.01	0.26	0.19
SRWe	1.90	1.99	3.45	2.41	3.12	2.90	1.79	1.90
CV	0.36	0.12	0.36	0.54	0.13	0.23	0.28	0.04

Tabel 6. *Moisture management Tester* (MMT)

Kain Rajut		**WTt**	**WTb**	**Art**	**Arb**	**MWRt**	**MWRb**	**SSt**	**SSb**	**AOTI**	**OMMC**
		s	**s**	**%/s**	**%/s**	**mm**	**mm**	**mm/s**	**mm/s**	**%**	
sampel A	***Range***	13,46	6,88	20,58	53,73	16,00	16,00	1,83	1,92	510,70	0,70
	Grade	3	3	2	4	3	3	2	2	5	4
	SD	15,18	0,67	5,07	21,92	2,24	2,24	0,74	0,51	23,88	0,10
	CV	1,13	0,10	0,25	0,41	0,14	0,14	0,40	0,27	0,05	0,14
sampel B	***Range***	5,36	5,66	26,92	56,27	17,00	20,00	2,67	2,78	490,95	0,78
	Grade	3	3	2	4	4	4	3	3	5	4
	SD	0,54	0,31	4,26	4,84	2,74	0,00	0,32	0,19	25,65	0,03
	CV	0,10	0,05	0,16	0,09	0,16	0,00	0,12	0,07	0,05	0,04
sampel C	***Range***	4,99	4,67	20,63	61,90	23,00	25,00	4,07	4,23	621,95	0,89
	Grade	4	4	2	4	5	5	5	5	5	5
	SD	0,24	0,38	1,02	5,25	2,74	0,00	0,28	0,11	12,78	0,01

	CV	0,05	0,08	0,05	0,08	0,12	0,00	0,07	0,03	0,02	0,02
	Range	46,88	7,61	14,54	49,22	10,83	12,50	1,20	1,49	620,16	0,67
sampel D	**Grade**	2	3	2	3	2	3	2	2	5	4
	SD	47,68	1,56	10,61	20,13	8,61	8,80	1,52	1,27	114,09	0,12
	CV	1,02	0,20	0,73	0,41	0,80	0,70	1,27	0,86	0,18	0,19

***Moisture Management Tester* (MMT)**

Evaluasi manajemen kelembapan sangat krusial untuk mengukur efisiensi pelepasan keringat cair (Wanti et al., 2023). Data komprehensif MMT beserta skala *grade* standar AATCC 195 disajikan pada Tabel 6.

WT (*Wetting Time*) yaitu Waktu pembasahan yang memiliki arti waktu yang dibutuhkan cairan untuk menyebar ke seluruh permukaan kain. WTt untuk permukaan atas dan WTb untuk permukaan bawah. AR (*Absorption Rate*) adalah indeks yang digunakan untuk mengukur laju penyerapan kelembapan pada bahan, khususnya pada permukaan atas dan bawah dari bahan berpori (kain). ARt untuk permukaan atas dan ARb untuk permukaan bawah. MWR (*Maximum Wetted Radius*) digunakan untuk menggambarkan seberapa jauh kelembapan dapat menyebar pada permukaan material berpori, seperti kain baik pada permukaan atas (MWRt) maupun permukaan bawah (MWRb) dari kain. SS (*Spreading Speed*) yaitu laju penyebaran kelembapan dari pusat ke radius maksimum yang disesuaikan. SSt untuk kecepatan penyegelan dari pusat ke radius maksimum pada permukaan kain. untuk kecepatan penyebaran dari pusat ke radius maksimum pada permukaan bawah kain. AOTI (*Accumulative One-way Transport Index*) yaitu ukuran yang mencerminkan perbedaan kadar air yang terakumulasi antara dua permukaan kain. OMMC (*overall moisture management capability*) yaitu indeks komposit yang menggabungkan berbagai indeks manajemen kelembaban, termasuk AOTI untuk memberikan evaluasi keseluruhan sifat manajemen kelembaban kain.

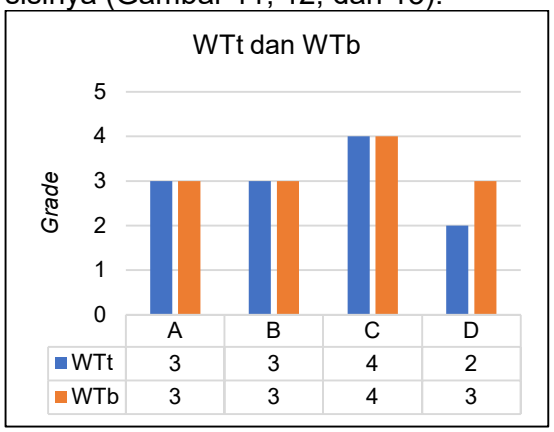
Klasifikasi *grade* pada MMT mengikuti skala ordinal 1 hingga 5 berdasarkan standar AATCC *Test Method* 195, dengan *Grade* 1 menunjukkan kinerja manajemen kelembapan paling rendah (*poor*) dan *Grade* 5 menunjukkan kinerja paling unggul (*excellent*), sebagaimana dirangkum pada Tabel 7.

Tabel 7. Grade Standar AATCC 195

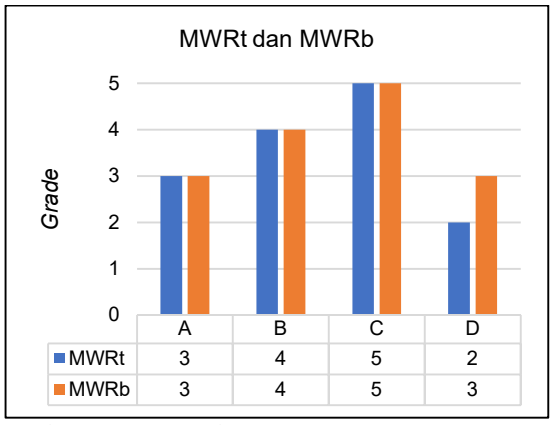
Grade	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
OMMC	<0,20	0,20-0,39	0,40-0,59	≥ 0,60	≥ 0,80
AOTI (%)	<0	0-99	100-249	250-399	>400

Sampel C menunjukkan performa manajemen kelembapan paling unggul dengan meraih nilai OMMC paling tinggi (0,89; *Grade* 5-*Excellent*) (Gambar 10). Hal ini didukung oleh waktu pembasahan yang sangat cepat (*WT inner* 4,99 s; *WT outer* 4,67 s; Grade 4), radius basah maksimum yang luas (*MWR Grade* 5), dan kecepatan penyebaran

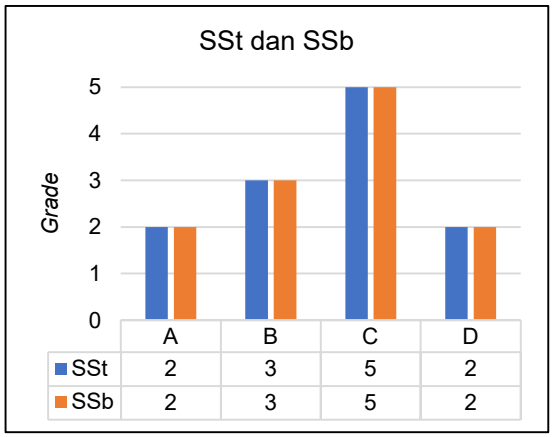
kelembaban (*SS Grade* 5) pada kedua sisinya (Gambar 11, 12, dan 13).



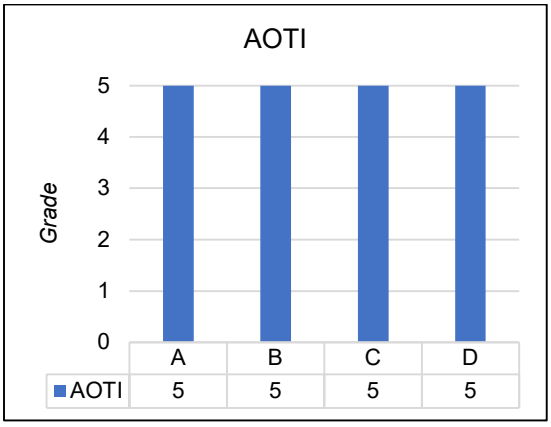
Gambar 11. *Grade Wetting Time* atas dan bawah kain rajut *sportware*



Gambar 12. *Grade* MWR atas dan bawah



Gambar 13. *Grade Spread Speed* (SS) atas dan bawah



Gambar 14. Grade *Accumulative One-Way Transport Index* (AOTI)

Seluruh sampel (A, B, C, dan D) memiliki *indeks* pasokan transpor searah (*Accumulative One-Way Transport Index*/AOTI) yang sangat tinggi, dengan skor mencapai *Grade* 5 (AOTI > 400%) (Gambar 14). Tingginya nilai AOTI membuktikan bahwa desain struktur rajut dua sisi (*double-face*) berhasil menciptakan efek daya kapilaritas asimetris, yang secara efektif menyedot cairan keringat dari permukaan dalam (*inner face*) dan memindahkannya secara berkelanjutan ke permukaan luar (*outer face*) untuk diuapkan ke atmosfer.

Variasi nilai *Wetting Time* (WT), *Absorption Rate* (AR), *Maximum Wetted Radius* (MWR) dan *Spreading Speed* (SS) antar sampel dapat dijelaskan melalui mekanisme kapilaritas *Lucas-Washburn*, di mana laju penyerapan dan penyebaran cairan pada media berpori berbanding lurus dengan jari-jari pori efektif dan berbanding terbalik dengan viskositas serta sudut kontak cairan-serat (Wanti et al., 2023). Sampel dengan bukaan mesh lebih besar dan kerapatan jeratan lebih rendah, seperti Sampel B dan C, menyediakan jalur kapiler antar benang yang lebih lebar sehingga mempercepat laju difusi lateral cairan (nilai SS dan AR yang lebih tinggi), sedangkan Sampel D dengan *Wetting*

Time inner yang jauh lebih lambat (46,88 s) diduga dipengaruhi oleh kerapatan jeratan yang sangat tinggi (WPI 43) yang memperkecil ukuran pori kapiler pada permukaan *inner* sehingga cairan membutuhkan waktu lebih lama untuk mulai menyebar meskipun benang yang digunakan halus (Asfand & Daukantienė, 2023). Perbedaan nilai antara permukaan atas (t) dan bawah (b) pada seluruh parameter turut mengonfirmasi keberadaan gradien kapilaritas asimetris yang menjadi prinsip desain fungsional struktur *Single Jersey Mesh* untuk aplikasi *sportswear* (Wanti et al., 2023).

Analisis Kenyamanan Menggunakan SGHP

Pengujian SGHP mensimulasikan perpindahan panas kering (R_{ct}) dan pelepasan uap air (R_{et}) saat tubuh beraktivitas (Tabel 8).

Tabel 8. Hasil pengujian SGHP kain rajut *sportwear*

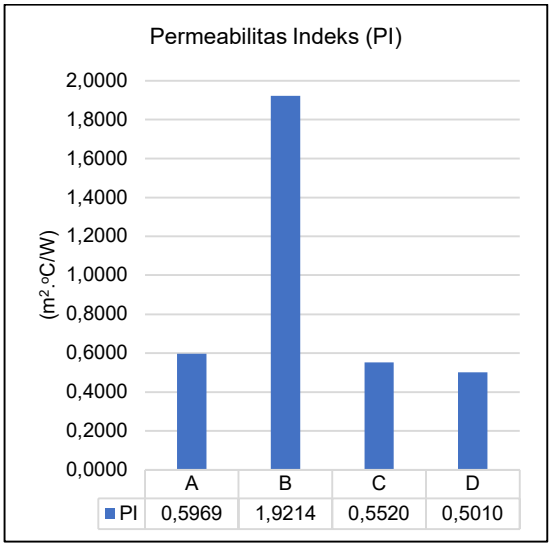
Sampel	RCT	RET	PI
A	0,0142	1,4452	0,5969
B	0,0113	0,3583	1,9214
C	0,0103	1,1301	0,5520
D	0,0107	1,2968	0,5010

Sampel A memiliki R_{ct} tertinggi ($0{,}0142$ m^2K/W). Peningkatan R_{ct} berhubungan langsung dengan tebalnya lapisan udara diam (*stagnant air boundary layer*) yang terperangkap di dalam mikro-pori kain (Huang, 2006). Sampel A memiliki ketebalan fisik tinggi (0,54 mm) dan gramasi padat yang menahan udara hangat di dekat kulit, memberikan insulasi termal yang baik untuk kondisi dingin (Tadesse et al., 2019).

Secara teoritis, resistansi termal kering (Rct) yang tinggi pada Sampel A berkaitan dengan model perpindahan panas konduktif-konvektif melalui struktur berpori, di mana lapisan udara diam yang terperangkap dalam rongga antar jeratan bertindak sebagai insulator karena konduktivitas termal udara (≈ 0,026 W/mK) jauh lebih rendah dibandingkan konduktivitas termal serat poliester (Tadesse et al., 2019). Pada konteks kenyamanan termal dinamis (*dynamic thermal comfort*), kapasitas kain untuk menyeimbangkan resistansi kering dan resistansi evaporatif secara simultan menjadi krusial karena tubuh manusia beralih dari mode pelepasan panas sensible (saat istirahat/aktivitas ringan) menuju mode pelepasan panas laten melalui evaporasi keringat (saat aktivitas berat), sehingga kain ideal untuk *sportswear* intensitas tinggi harus memiliki Ret rendah tanpa mengorbankan kenyamanan taktil dasar (Chowdhury et al., 2014).

Resistansi evaporasi termal (R_{et}), Sampel B menunjukkan nilai R_{et} yang sangat rendah ($0{,}3583$ m^2Pa/W), yang menghasilkan PI paling unggul yaitu 1,9214. Nilai PI yang tinggi ($PI \rightarrow 1$ atau lebih tinggi pada struktur porous khusus) menandakan efisiensi penguapan uap air yang sangat tinggi dari permukaan kulit ke lingkungan (Huang, 2006). Hal ini disebabkan sampel B memiliki pola struktur rajutan terbuka (*open mesh/eyelet structure*) dengan nilai WPI paling rendah (35 *wales/inch*), sejalan dengan temuan bahwa struktur jeratan *mesh* dengan *held loop/float stitch* menghasilkan bukaan pori yang lebih terbuka dan permeabilitas udara yang lebih tinggi dibandingkan struktur *single jersey* polos (Assefa & Govindan, 2020). Pori-pori makro yang terbentuk di antara jeratan benang bertindak sebagai saluran konveksi mikro yang meminimalkan perintangan difusi molekul uap air (H_2O) (Huang, 2006). Hal ini memungkinkan pelepasan *fluks* laten yang tinggi secara masif saat tubuh berinteraksi dengan beban metabolik ekstrem (Tadesse et al., 2019)

Perbedaan nilai *Permeability Index* (PI) antar sampel turut menggambarkan efisiensi relatif kain dalam memfasilitasi *dual-mode heat transfer* (*sensible* dan *laten*) secara bersamaan, yang menjadi parameter kunci dalam desain fungsional pakaian olahraga adaptif terhadap variasi lingkungan (*indoor* ber-AC maupun *outdoor* bersuhu tinggi) (Huang, 2006; Tadesse et al., 2019). Nilai PI yang mendekati atau melebihi 1,0 pada Sampel B mengindikasikan bahwa struktur *mesh* terbuka mampu menyamai atau bahkan melampaui efisiensi evaporatif idealnya dibandingkan resistansi kering, suatu karakteristik yang sangat diinginkan pada aktivitas metabolik tinggi di mana akumulasi keringat cair pada permukaan kulit harus diminimalkan secepat mungkin untuk mencegah efek pendinginan berlebih (*overcooling*) maupun sensasi lengket (*clinginess*) (Chowdhury et al., 2014)



Gambar 15. Nilai Perbandingan Permeabilitas Indeks

Klasifikasi Rekomendasi Pakaian Olahraga

Berdasarkan standar klasifikasi kenyamanan pakaian olahraga (mengacu pada ISO 11092 dan (Salopek Cubric et al., 2021; Tadesse et al., 2019), pakaian olahraga dikelompokkan berdasarkan intensitas metabolik aktivitas:

1. *High-Intensity Sportswear*
   - Kriteria Syarat: $OMMC > 0{,}80$ (Grade 5), $AOTI > 400\%$, $PI > 1{,}0$ atau $R_{et} < 2{,}0$ m^{2}Pa/W, pelepasan keringat cair dan panas berlangsung instan (Salopek Cubric et al., 2021).
   - Rekomendasi: Sampel C (Sangat Unggul dalam manajemen keringat cair/$OMMC$ 0,89) dan Sampel B (Sangat Unggul dalam pelepasan panas/uap air/PI 1,9214)
2. *Moderate-Intensity Sportwear*
   - Kriteria Syarat: $OMMC \geq 0{,}60$ (Grade 4), $R_{et} < 4{,}0$ m^{2}Pa/W, keseimbangan antara kekuatan mekanik dan pelepasan kelembapan (Tadesse et al., 2019)
   - Rekomendasi: Sampel A (Memiliki kekuatan jebol memadai, insulasi sedang, dan $OMMC$ Grade 4).
3. *Low-Intensity Sportwear & Casual Wear*
   - Kriteria Syarat: Mengutamakan kenyamanan taktil (kelembutan CW rendah, kehalusan SRA/SRW rendah, *cool touch* Q_{max} tinggi) (Liao et al., 2014).
   - Rekomendasi: Sampel D (Sangat unggul dalam kelembutan, kehalusan, dan rasa sejuk sentuhan awal, meskipun kapasitas pengeringan cepat untuk aktivitas berat terbatas).

KESIMPULAN

Kain rajut *Single Jersey Mesh* poliester memiliki potensi aplikasi yang sangat luas untuk pakaian olahraga dengan karakteristik kenyamanan yang terdefinisi oleh struktur fisiknya.

Pemilihan jenis kain harus didasari oleh kebutuhan spesifik aktivitas olahraga yang dilakukan:

1. Sampel C dengan nilai $OMMC$ tertinggi (0,89; Grade 5) dan kekuatan jebol maksimal (16,92 kgf) sangat direkomendasikan untuk *high-intensity sportswear* yang membutuhkan manajemen cairan keringat yang cepat dan ketahanan mekanik tinggi, performa yang secara struktural ditopang oleh gramasi kain tertinggi (186,40 gsm) dan nomor benang paling tebal (16 Tex) pada konstruksi rajutannya, sehingga meningkatkan luas penampang serat penahan beban.
2. Sampel B yang memiliki PI paling tinggi (1,9214) dan R_{et} terendah ($0{,}3583$ m^2Pa/W) sangat ideal untuk *high-intensity sportswear* pada kondisi lingkungan berpanas ekstrem karena efisiensi pelepasan uap panas yang unggul, yang berakar pada struktur rajutan terbuka dengan kerapatan jeratan terendah (CPI 47, WPI 35) sehingga menghasilkan bukaan pori (*eyelet*) terbesar dan jalur kapiler antarbenang yang paling lebar.
3. Sampel A cocok digunakan untuk *moderate-intensity sportswear* atau latihan outdoor kondisi sejuk karena memiliki kapasitas insulasi termal (R_{ct}) yang tinggi, sejalan dengan ketebalan kain tertinggi (0,54 mm) dan kerapatan jeratan yang relatif rapat (CPI 58, WPI 43) pada strukturnya, yang membentuk lapisan udara diam (*stagnant air layer*) lebih tebal.
4. Sampel D memiliki nilai PI paling rendah ($0{,}5010$) sehingga kurang ideal untuk olahraga berat berkeringat tinggi, namun berdasarkan uji FTT terbukti memiliki kelembutan (CW rendah), kehalusan (SRA/SRW rendah), dan sensasi sejuk (Q_{max} tinggi) terbaik, sehingga sangat cocok diaplikasikan untuk *low-intensity sportswear* (seperti yoga/pilates) maupun pakaian harian (*casual activewear*), sebagai konsekuensi dari kombinasi kerapatan jeratan tertinggi (CPI 63, WPI 43) dengan nomor benang terhalus (9 Tex) dan kain paling tipis (0,44 mm) pada strukturnya, yang menghasilkan permukaan rapat dan licin namun membatasi kapasitas transpor kelembapan.

Secara keseluruhan, keempat pola tersebut menegaskan bahwa performa kenyamanan pakaian olahraga berbasis kain rajut bukan semata fungsi dari jenis serat, melainkan hasil interaksi langsung antara parameter konstruksi rajutan kerapatan jeratan (CPI/WPI), gramasi, nomor benang, dan ketebalan kain dengan mekanisme transpor panas dan kelembapan pada permukaan *technical face* dan *technical back*

DAFTAR PUSTAKA

1. Asfand, N., & Daukantienė, V. (2023). Evaluation of the moisture management and air permeability of cotton/antistatic polyester knitted fabrics. *Journal of Industrial Textiles*, *53*. https://doi.org/10.1177/15280837231194369
2. Assefa, A., & Govindan, N. (2020). Physical properties of single jersey derivative knitted cotton fabric with tuck and miss stitches. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, *15*. https://doi.org/10.1177/1558925020928532
3. Chowdhury, P., Samanta, K. K., & Basak, S. (2014). *Recent Development in Textile for Sportswear Application*. www.ijert.org
4. Huang, J. (2006). Sweating guarded hot plate test method. *Polymer Testing*, *25*(5), 709–716. https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2006.03.002
5. Liao, X., Li, Y., Hu, J., Wu, X., & Li, Q. (2014). A simultaneous measurement method to characterize touch properties of textile materials. *Fibers and Polymers*, *15*(7), 1548–1559. https://doi.org/10.1007/s12221-014-1548-2
6. Mishra, R., Jamshaid, H., Yosfani, S. H. S., Hussain, U., Nadeem, M., Petru, M., Tichy, M., & Muller, M. (2021). Thermo physiological comfort of single jersey knitted fabric derivatives. *Fashion and Textiles*, *8*(1). https://doi.org/10.1186/s40691-021-00266-5
7. Sadhna, Kumar, R., Maanvizhi, M., Prakash, C., Ramesh Babu, V., & Indu, G. K. (2023). Impact of Stitch Density on Tactile Comfort Properties of Seams. *AATCC Journal of Research*, *10*(2), 73–79. https://doi.org/10.1177/24723444221132318
8. Salopek Cubric, I., Cubric, G., Potocic Matkovic, V. M., & Pavko Cuden, A. (2021). The comfort of knitted fabrics: interaction of sportswear and athlete's body. *Communications in Development and Assembling of Textile Products*, *2*(1), 70–79. https://doi.org/10.25367/cdatp.2021.2.p70-79
9. Tadesse, M. G., Harpa, R., Chen, Y., Wang, L., Nierstrasz, V., & Loghin, C. (2019). Assessing the comfort of functional fabrics for smart clothing using subjective evaluation. *Journal of Industrial Textiles*, *48*(8), 1310–1326. https://doi.org/10.1177/1528083718764906
10. Vasile, S., Georgievska, M., Copot, C., & De Raeve, A. (2023). Comparative Analysis of Elastic Polyester Sportswear Fabrics with Printed Graphene Patterns. *Materials*, *16*(5). https://doi.org/10.3390/ma16052028
11. Wanti, R., Fitri Baraja, S., Indra Permana, M., Purnomosari, E., & Salis, W. A. (2023). *STUDI SIFAT FISIK DAN KENYAMANAN KAIN MUKENA STUDY OF PHYSICAL PROPERTIES AND COMFORT OF MUKENA FABRIC* (Vol. 21, Number 02).
12. Wibi Sana, A., Yuniar Rakhmatiara, E., Islam, S., Danny Sukardan, M., Wardiningsih, W., Besar Tekstil, B., & Jenderal Ahmad Yani, J. (2021). *PERFORMA KENYAMANAN TAKTIL KAIN RAJUT DARI BENANG CAMPURAN BIDURI PERFORMANCE RELEVANT TO TACTILE COMFORT OF KNITTED FABRICS MADE FROM BIDURI BLENDED YARN*.