PENGARUH KOMPOSISI SERAT PADA KAIN RAJUT PAKAN TERHADAP KENYAMANAN TERMOFISIOLOGIS DAN TAKTIL UNTUK BAHAN PAKAIAN AEROBIK

THE EFFECT OF FIBER COMPOSITION IN WEFT KNITTED FABRICS ON THERMOPHYSIOLOGICAL AND TACTIL COMFORT FOR AEROBIC CLOTHING MATERIALS

Ria Wanti*, Taufik Munandar, Witri Aini Salis, Dedi Miryadi, Rosiana Disiati Prabandari, Dwi Reisalinda A., Liana Dwi Fitrianti

Politeknik STTT Bandung, Bandung, 40272, Indonesia

*Penulis korespondensi:

Alamat Email: riawanti.kemenperin2@gmail.com

Tanggal diterima: 23 Januari 2026, direvisi: 15 Oktober 2026, disetujui terbit: 15 Oktober 2026

Abstrak

Peningkatan pasar pakaian olahraga global menuntut inovasi pada aspek kenyamanan, terutama untuk kategori *modest sportswear* bagi wanita muslim yang memiliki tantangan khusus dalam pengelolaan kelembapan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi material terhadap karakteristik fungsional kain rajut pakan sebagai bahan pakaian aerobik wanita muslim. Sampel kain diproduksi menggunakan mesin rajut datar Stoll dengan lima variasi material: kapas 100%, rayon 100%, poliester 100%, campuran poliester/kapas 65/35, dan campuran poliester/rayon 65/35. Seluruh sampel menggunakan struktur jeratan *plain* dengan nomor benang berturut-turut Ne_1 16,17 (kapas), Ne_1 20,15 (rayon), Ne_1 18,22 (poliester), Ne_1 19,37 (poliester/kapas), dan Ne_1 20,70 (poliester/rayon). Kerapatan wales berkisar antara 20,0-22,0 WPI dan kerapatan *courses* antara 30,0-33,8 CPI. Parameter yang diuji meliputi berat kain, ketebalan, kerapatan jeratan, Daya Tembus Udara (DTU), kenyamanan taktil, dan sifat perpindahan kelembapan. Hasil analisis menunjukkan bahwa variasi material secara signifikan memengaruhi kinerja fungsional kain. Kain campuran poliester/rayon 65/35 (Kain E) teridentifikasi sebagai material paling optimal dengan hasil uji DTU (58,44 cm^3/detik/cm^2), *bending work* terendah, dan *Accumulative One-way Transport Index* Grade 3. Temuan ini merekomendasikan penggunaan campuran poliester/rayon 65/35 untuk mengoptimalkan kenyamanan termofisiologis pada pakaian aerobik wanita muslim.

Kata Kunci: pakaian aerobik, wanita muslim, kain rajut pakan, poliester/rayon, kenyamanan termofisiologis

Abstract

The growing global sportswear market demands innovation in comfort, particularly in the modest sportswear category for Muslim women, who face specific challenges in moisture management. This study aims to analyze the effect of material variations on the functional characteristics of weft-knit fabrics for Muslim women's

aerobics wear. Fabric samples were produced using a Stoll flat knitting machine with five material variations: 100% cotton, 100% rayon, 100% polyester, a polyester/cotton blend (65/35), and a polyester/rayon blend (65/35). All samples used plain stitch structure with yarn counts of Ne_1 16.17 (cotton), Ne_1 20.15 (rayon), Ne_1 18.22 (polyester), Ne_1 19.37 (polyester/cotton), and Ne_1 20.70 (polyester/rayon), respectively. Wales density ranged from 20.0-22.0 WPI and courses density from 30.0-33.8 CPI. Tested parameters included fabric weight, thickness, loop density, breathability, tactile comfort, and moisture management. The analysis showed that material variations significantly impacted the fabric's functional performance. Polyester/rayon 65/35 blend fabric (E Fabric) was identified as the most optimal material with breathability test results (58.44 $cm^3/sec/cm^2$), lowest bending work, and Accumulative One-way Transport Index Grade 3. These findings recommend the use of polyester/rayon blends to optimize thermophysiological comfort in aerobics wear for Muslim women.

Keywords: aerobic clothing, Muslim women, weft knit fabric, polyester/rayon, thermophysiological comfort

PENDAHULUAN

Pasar global pakaian olahraga terus menunjukkan tren peningkatan signifikan yang selaras dengan tingginya ekspektasi konsumen terhadap kualitas produk. Aspek kenyamanan menjadi prioritas utama karena berkorelasi langsung terhadap optimalisasi performa fisik. Secara komprehensif, kenyamanan pakaian didefinisikan sebagai kondisi keseimbangan yang menyenangkan secara fisik, fisiologis, dan psikologis antara pemakai dengan lingkungannya. [1,2]

Penelitian mengenai kenyamanan termofisiologis telah banyak dilakukan, namun studi yang berfokus pada pakaian aerobik bagi wanita muslim masih sangat terbatas. Tantangan utama pada kategori ini adalah tuntutan desain pakaian yang tertutup namun harus tetap memiliki efisiensi pengelolaan kelembaban (*moisture management*) yang tinggi. *Moisture management* merupakan kemampuan kain untuk mengontrol pergerakan uap air dan keringat dari permukaan kulit ke atmosfer secara efektif.[3] Rekayasa tekstil dengan kemampuan ini sangat krusial untuk mencegah akumulasi cairan pada kulit yang dapat mengganggu kenyamanan dan performa pemakai.[4] Kenyamanan termofisiologis tersebut sangat dipengaruhi oleh karakteristik material tekstil yang digunakan.[5]

Permasalahan yang mendasari penelitian ini adalah keterbatasan kajian komparatif yang sistematis mengenai pengaruh variasi material kain rajut pakan terhadap karakteristik kenyamanan termofisiologis dan taktil untuk aplikasi pakaian aerobik, khususnya untuk kebutuhan wanita muslim. Berbeda dengan pakaian olahraga konvensional, pakaian aerobik untuk wanita muslim memiliki tuntutan desain yang lebih tertutup sehingga memerlukan material dengan kemampuan manajemen kelembapan yang lebih baik untuk mencegah akumulasi keringat dan ketidaknyamanan termal. Selain itu, kebutuhan akan fleksibilitas material menjadi lebih kritis karena cakupan area tubuh yang tertutup lebih luas, sehingga memengaruhi kebebasan gerak selama aktivitas fisik.

Perbedaan pakaian aerobik dengan pakaian olahraga lainnya terletak pada intensitas gerakan yang tinggi dan dinamis, yang melibatkan berbagai arah pergerakan tubuh secara simultan. Aktivitas aerobik menghasilkan produksi keringat yang signifikan dan memerlukan material dengan kemampuan pengeringan cepat serta sirkulasi udara yang baik. Karakteristik ini membedakannya dari pakaian kasual atau pakaian olahraga dengan intensitas rendah yang tidak memerlukan spesifikasi teknis yang ketat dalam hal manajemen kelembapan dan permeabilitas udara.

Definisi tekstil fungsional dalam konteks penelitian ini mengacu pada material tekstil yang dirancang secara spesifik untuk memenuhi kebutuhan kinerja tertentu di luar fungsi estetika dan perlindungan dasar. Kriteria teknis yang harus dipenuhi meliputi: (1) kemampuan manajemen kelembapan cairan (*moisture management*), (2) permeabilitas udara untuk mendukung sirkulasi udara selama aktivitas intensitas tinggi, dan (3) fleksibilitas material yang ditunjukkan dengan nilai *bending work* yang rendah untuk mendukung kebebasan gerak. Ketiga kriteria ini menjadi dasar evaluasi kinerja fungsional kain dalam penelitian ini.

Penelitian ini mengevaluasi penggunaan berbagai variasi benang pada kain rajut pakan, meliputi kapas, poliester, serta campuran poliester/kapas 65/35 dan poliester/rayon 65/35. Secara khusus, penggunaan serat rayon diuji karena memiliki nilai *moisture regain* yang tinggi, yang secara teoretis mampu meningkatkan kapasitas penyerapan cairan dibandingkan serat kapas atau poliester murni.

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan karakteristik fungsional kain rajut pakan dari berbagai komposisi serat serta menganalisis pengaruh variasi material terhadap karakteristik kenyamanan termofisiologis dan taktil kain. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam pengembangan material yang mendukung kenyamanan sekaligus performa atletik pada pakaian olahraga.

BAHAN DAN PERALATAN

Material yang digunakan dalam penelitian ini meliputi lima variasi benang: 100% kapas, 100% poliester, 100% rayon, benang campuran poliester/kapas 65/35, dan benang campuran poliester/rayon 65/35. Parameter benang yang lebih rinci disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter Benang yang Digunakan pada Penelitian

Parameter	Nomor Benang (Ne_1)[6]	*Twist Per Inch* (TPI)[7]	Kekuatan saat Putus (g)[8]
Benang Kapas	16,17	14,22	448
Benang Rayon	20,15	12,95	413
Benang Poliester	18,22	11,84	1056
Benang Poliester/ Kapas 65/35	19,37	13,94	709
Benang Poliester/ Rayon 65/35	20,70	13,18	669

Keterangan: Seluruh data merupakan hasil pengujian mandiri di laboratorium

Perbedaan nomor benang (Ne_1) pada kelima variasi material merupakan keterbatasan yang tidak dapat dihindari karena ketersediaan benang di pasaran dengan komposisi serat yang berbeda. Variasi nomor benang ini berpengaruh terhadap diameter benang dan kerapatan jeratan yang dihasilkan, sehingga dalam analisis data, faktor ini

dipertimbangkan sebagai variabel yang tidak terkontrol dan diperhitungkan dalam interpretasi hasil.

Pembuatan kain rajut pakan dilakukan menggunakan Mesin Rajut Datar (MRD) Elektronik Merek Stoll tipe CMS 530 HP. Selanjutnya, kain diuji karakteristiknya menggunakan beberapa instrumen: neraca digital Precisa *semi microbalance* tipe XB 220A untuk mengukur berat kain/m², *thickness tester* merk Mitutoyo tipe ID-C112XB untuk mengukur ketebalan, *loupe* merk GST tipe 10x untuk mengukur kerapatan jeratan, Textest FX 3300 *Air Permeability Tester* untuk mengukur daya tembus udara, SDL Atlas *Fabric Touch Tester* tipe M293 untuk mengukur kenyamanan taktil, dan SDL Atlas *Moisture Management Tester* tipe M290 untuk mengukur sifat perpindahan kelembaban cairan.

METODA

Penelitian diawali dengan persiapan alat dan bahan, dilanjutkan dengan perancangan struktur kain rajut pakan menggunakan perangkat lunak M1+. Proses produksi kain dilakukan pada mesin rajut datar Stoll CMS 530 HP sesuai dengan desain yang telah dirancang. Selanjutnya, kain rajut yang dihasilkan melalui serangkaian pengujian karakteristik untuk memperoleh data pengujian. Data tersebut kemudian diolah dan dianalisis guna mengevaluasi serta menentukan hasil penelitian yang optimal.

Penelitian ini menggunakan tiga kelompok variabel, yaitu variabel bebas, variabel terkontrol, dan variabel tak bebas. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah komposisi serat yang terdiri atas lima variasi, yakni benang kapas 100%, benang rayon 100%, benang poliester 100%, campuran poliester/kapas 65/35, dan campuran poliester/rayon 65/35. Adapun variabel terkontrol yang dijaga konstan selama proses produksi guna meminimalkan pengaruh luar terhadap hasil pengujian meliputi struktur jeratan (*plain*), *gauge* mesin rajut, kecepatan mesin, serta *setting* panjang jeratan. Sementara itu, variabel tak bebas yang diukur untuk mengevaluasi karakteristik dan kinerja kain meliputi parameter fisik berupa berat kain (g/m²), ketebalan (mm), serta kerapatan jeratan arah *course* dan *wale* (CPI dan WPI); parameter kenyamanan taktil yang mencakup *Bending Work* (BW), *Compression Work* (CW), dan *Recovery Average Rigidity* (RAR); serta parameter perpindahan kelembapan cairan yang direpresentasikan melalui *Accumulative One-way Transport Index* (AOTI) dan *Overall Moisture Management Capability* (OMMC), di samping parameter permeabilitas udara berupa Daya Tembus Udara (DTU).

Pada penelitian ini, variabel nomor benang (Ne_1) dan jumlah *twist* benang tidak dapat dikontrol secara konstan di antara seluruh sampel karena keterbatasan ketersediaan benang dengan komposisi serat yang berbeda pada nomor benang yang sama. Kondisi ini menjadi salah satu keterbatasan penelitian yang secara sengaja diperhitungkan dalam proses analisis data dan interpretasi hasil, sehingga pengaruhnya terhadap karakteristik kain yang diuji tetap dipertimbangkan dalam penarikan kesimpulan.

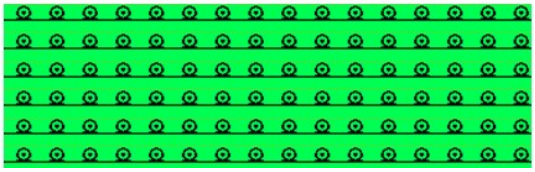
Perancangan desain struktur kain rajut pakan

Struktur kain rajut pakan dirancang menggunakan perangkat lunak M1+, yang merupakan aplikasi integrasi untuk mesin rajut datar elektronik Stoll. Spesifikasi desain dibuat berdasarkan parameter proses yang tercantum pada Tabel 2, dengan dimensi sebesar 500 *wales* dan 1000 *courses*. Seluruh variasi sampel (kain A hingga E) menggunakan

tstruktur jeratan polos (*plain*), sebagaimana ditunjukkan pada diagram proses di Gambar 1.

Tabel 2. Rencana Proses

Kode Kain	Material	Jeratan
A	Kapas	*Plain*
B	Rayon	*Plain*
C	Poliester	*Plain*
D	Poliester/Kapas	*Plain*
E	Poliester/Rayon	*Plain*



Gambar 1. Diagram proses kain rajut pakan A sampai E (jeratan *plain*)

Pembuatan kain rajut pakan

Pembuatan sampel dilakukan menggunakan mesin rajut datar elektronik Stoll CMS 530 HP (Gambar 2) berdasarkan rancangan desain pada perangkat lunak M1+. Proses produksi ini mengacu pada rencana penelitian dengan menggunakan lima variasi material, yaitu benang poliester, rayon, kapas, serta campuran poliester/kapas 65/35 dan poliester/rayon 65/35.



Gambar 2. Mesin rajut datar Stoll CMS 530 HP
Sumber: www.textilia.com[9]

Karakterisasi dan Pengujian

Karakterisasi dan pengujian terhadap kain rajut pakan yang dihasilkan meliputi pengukuran berat kain per satuan luas, ketebalan kain, kerapatan jeratan, daya tembus udara, sifat perpindahan kelembaban dalam bentuk cairan, dan kenyamanan taktil.

Pengukuran berat kain per satuan luas dilakukan sesuai dengan standar SNI ISO 3801:2010[10] menggunakan pisau gramasi bundar (*round cutter*) yang menghasilkan luas contoh uji 100 cm². Pengukuran ketebalan kain dilakukan mengikuti standar SNI ISO 5084:2010 dengan menggunakan instrumen *thickness tester*.[11] Kerapatan jeratan (*stitch density*) pada kain diukur menggunakan *loupe* dengan mengacu pada standar SNI ISO 7211-2:2010.[12]

Pengujian daya tembus udara dilakukan sesuai dengan standar SNI 7648:2010, menggunakan instrumen Textest FX 3300 *Air Permeability Tester*.[13] Pengujian sifat perpindahan kelembaban cairan dilakukan berdasarkan metode AATCC 195 menggunakan instrumen SDL Atlas *Moisture Management Tester* (MMT) M290. Pengujian kenyamanan taktil dilakukan menggunakan instrumen SDL Atlas *Fabric Touch Tester* (FTT) tipe M293. Parameter yang dianalisis dalam penelitian ini difokuskan pada nilai kekakuan (*bending*) dan kompresi kain. Contoh uji dipotong membentuk huruf "L" dengan panjang lengan masing-masing 200 mm, sesuai dengan prosedur standar.[14] Selanjutnya, sampel ditempatkan pada instrumen untuk memulai proses pengukuran.

Seluruh sampel kain dalam penelitian ini diuji dalam kondisi tanpa pencucian/pemasakan terlebih dahulu untuk menjaga konsistensi perlakuan antar sampel. Hal ini menjadi keterbatasan penelitian dan

direkomendasikan untuk dilakukan pemasakan pada penelitian lanjutan.

Penilaian Indeks Kinerja Total

Penilaian indeks kinerja total dilakukan untuk mengevaluasi performa keseluruhan kain rajut pakan dalam pemanfaatannya sebagai material pakaian aerobik wanita muslim.[15,16] Parameter yang diintegrasikan dalam penilaian indeks kinerja total meliputi kemampuan manajemen kelembapan cairan (*Moisture Management Tester*), kenyamanan taktil (*Fabric Touch Tester*), dan permeabilitas udara (*Air Permeability*).

Setiap parameter kinerja diberi bobot berdasarkan tingkat signifikansinya terhadap fungsi pakaian aerobik, dengan mengacu pada studi sebelumnya mengenai penentuan prioritas parameter kenyamanan pada pakaian olahraga. Penelitian oleh Troynikov & Wardiningsih (2011)[4] menunjukkan bahwa kemampuan manajemen kelembapan merupakan faktor paling kritis dalam kenyamanan termofisiologis pakaian lapisan dasar untuk aktivitas fisik intensitas sedang hingga tinggi, dengan kontribusi hingga 45% terhadap kenyamanan keseluruhan. Sementara itu, Hes & Williams (2018)[17] mengidentifikasi bahwa kenyamanan taktil memiliki peran penting dalam kepuasan pemakai pakaian olahraga, dengan tingkat kontribusi sekitar 35-40% terhadap persepsi kenyamanan subjektif. Daya tembus udara, meskipun penting, memberikan kontribusi sekitar 15-20% karena fungsinya yang lebih terkait dengan pertukaran panas dan uap air pada tahap akhir proses perpindahan kelembapan.

Berdasarkan referensi tersebut, aspek sifat perpindahan kelembapan cairan (Pengujian MMT) dan kenyamanan taktil (Pengujian FTT) dianggap paling krusial untuk aplikasi pakaian aerobik wanita muslim, masing-masing diberi bobot sebesar 40%. Sementara itu, daya tembus udara diberi bobot 20%.

Seluruh kain sampel kemudian dinormalisasi untuk memberikan nilai tanpa dimensi pada skala 0 (terburuk) hingga 100 (terbaik). Normalisasi ini diperlukan karena setiap parameter memiliki dimensi dan rentang nilai yang berbeda. Metode perhitungan untuk masing-masing parameter yang telah dinormalisasi adalah sebagai berikut:

1. Untuk penilaian indeks kinerja total, kain dengan tipe *Water Penetration Fabric* diberi skor 100, sedangkan tipe *Water Proof Fabric* diberi skor 0. Penilaian ini didasarkan pada karakteristik kebutuhan pakaian aerobik yang memerlukan perpindahan cairan keringat secara cepat dari permukaan kulit (sisi dalam kain) menuju permukaan luar kain untuk dievaporasikan. Studi oleh Li et al. (2006) dan Yao et al. menunjukkan bahwa efektivitas manajemen kelembapan pada pakaian aktif sangat bergantung pada kemampuan kain untuk mentransportasikan cairan secara satu arah dari lapisan dalam ke lapisan luar.[1819] Kain dengan klasifikasi *Water Penetration Fabric* memiliki indeks transportasi satu arah yang tinggi, sehingga lebih sesuai untuk aplikasi pakaian aerobik wanita muslim yang memerlukan pengeringan cepat dan mencegah akumulasi keringat pada permukaan kulit.

2. Kekakuan (*Bending Work*): Nilai *bending work* terkecil dibagi dengan nilai *bending work* dari sampel yang bersangkutan (skala terbalik). Nilai *bending work* yang lebih kecil dianggap optimal karena menghasilkan kain yang lebih fleksibel dan sesuai untuk pakaian aerobik wanita muslim. Berdasarkan prinsip biomekanika pakaian, fleksibilitas

material yang tinggi memungkinkan kebebasan gerak yang lebih besar selama aktivitas fisik, yang merupakan kebutuhan mendasar pada pakaian olahraga. Kain dengan kekakuan rendah juga mengurangi hambatan mekanis pada saat tubuh bergerak, sehingga meningkatkan kenyamanan psikofisiologis pemakai. Penelitian oleh Das & Alagirusamy (2010) mengkonfirmasi bahwa penurunan kekakuan kain pada area yang mengalami gerakan berulang, seperti ketiak dan persendian, secara signifikan meningkatkan persepsi kenyamanan pemakai pakaian aktif.[2] Hal ini sejalan dengan karakteristik pakaian aerobik yang memerlukan material dengan *drape* dan fleksibilitas tinggi untuk mengakomodasi pergerakan dinamis selama latihan.

3. Daya Tembus Udara (*Air Permeability*): Nilai daya tembus udara dari sampel yang bersangkutan dibagi dengan nilai daya tembus udara terbesar (skala linier). Nilai yang lebih besar dianggap lebih baik karena mengindikasikan kemampuan sirkulasi udara yang lebih baik untuk pakaian aerobik wanita muslim.

Penentuan nilai maksimum dan minimum pada setiap parameter didasarkan pada tingkat kesesuaian karakteristik kain terhadap kebutuhan spesifik pakaian aerobik wanita muslim. Kriteria nilai terbaik dipilih berdasarkan sifat kain yang paling mendukung kenyamanan dan performa pada penggunaan akhir tersebut. Penilaian ini dilakukan pada tingkat material kain dan belum mempertimbangkan aspek desain pakaian aerobik muslim secara spesifik, seperti konstruksi busana, kelonggaran desain, dan pengaruh lapisan pakaian (*layering*) terhadap kenyamanan termofisiologis. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa interaksi antara material, desain, dan kondisi lingkungan secara kolektif memengaruhi kenyamanan termal. Namun demikian, identifikasi material unggul pada tingkat dasar merupakan langkah fundamental yang esensial sebelum optimasi desain dapat dilakukan secara efektif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Lima variasi kain rajut pakan telah berhasil diproduksi menggunakan mesin rajut datar elektronik Stoll sesuai dengan rencana penelitian. Material yang digunakan meliputi benang kapas, rayon, poliester, serta campuran poliester/kapas 65/35 dan poliester/rayon 65/35. Data hasil pengujian berat dan ketebalan kain (*thickness*) lima variasi komposisi serat disajikan pada Tabel 3, sedangkan hasil pengujian kerapatan jeratan arah *course* dan *wale* lima variasi komposisi serat tercantum pada Tabel 4.

Tabel 3. Hasil Pengujian Berat Kain (g/m2) dan Ketebalan (mm) dari Lima Variasi Komposisi Serat

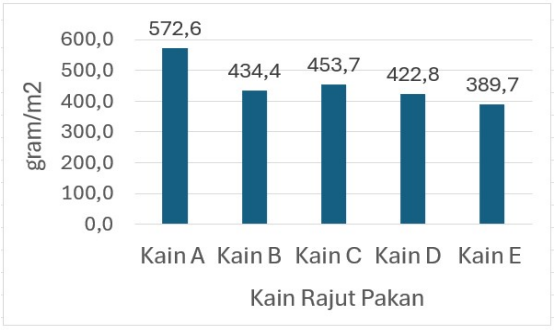
Sampel	Parameter	Berat (g/m^2)	*Thickness* (mm)
Kain A	Rata-rata	527,6	2,01
	n data	5	5
	SD	0,9	0,01
	CV (%)	0,2	0,01
Kain B	Rata-rata	434,4	1,10
	n data	5	5
	SD	5,6	0,00
	CV (%)	1,3	0,00
Kain C	Rata-rata	453,7	1,08
	n data	5	5
	SD	0,9	0,04
	CV (%)	0,2	0,04
Kain D	Rata-rata	422,8	1,10
	n data	5	5
	SD	5,7	0,01
	CV (%)	1,4	0,01
Kain E	Rata-rata	389,7	1,00
	n data	5	5

	SD	7,3	0,02
	CV (%)	1,9	0,02

Perbandingan berat kain per satuan luas (g/m^2) dari lima variasi komposisi serat yang diproduksi disajikan pada Gambar 3, sedangkan perbandingan ketebalan kain (mm) ditunjukkan pada Gambar 4. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kain rajut pakan A memiliki nilai berat tertinggi (527,6 g/m²), sementara kain E memiliki nilai terendah (389,7 g/m²). Secara keseluruhan, karakteristik ketebalan kain memiliki korelasi positif yang berbanding lurus dengan berat kain; peningkatan ketebalan berkontribusi langsung terhadap peningkatan berat material.

Tabel 4. Hasil Pengujian Kerapatan Jeratan Arah *Course* dan *Wale* dari Lima Variasi Komposisi Serat

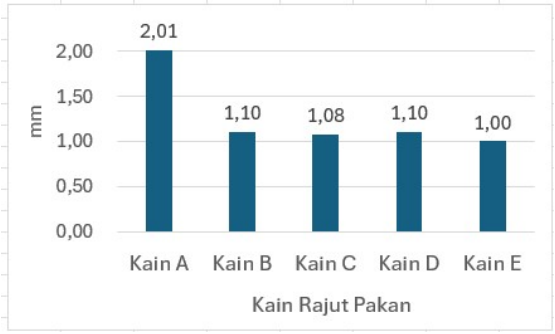
Sampel	**Parameter**	**Jumlah Jeratan (CPI)**	**Jumlah Jeratan (WPI)**
Kain A	Rata-rata	32,8	22,0
	n data	5	5
	SD	0,4	0,0
	CV (%)	1,4	0,0
Kain B	Rata-rata	33,8	20,0
	n data	5	5
	SD	0,4	0,0
	CV (%)	1,3	0,0
Kain C	Rata-rata	31,0	21,0
	n data	5	5
	SD	0,0	0,0
	CV (%)	0,0	0,0
Kain D	Rata-rata	30,0	20,0
	n data	5	5
	SD	0,0	0,0
	CV (%)	0,0	0,0
Kain E	Rata-rata	31,0	20,8
	n data	5	5
	SD	0,0	0,4
	CV (%)	0,0	2,2



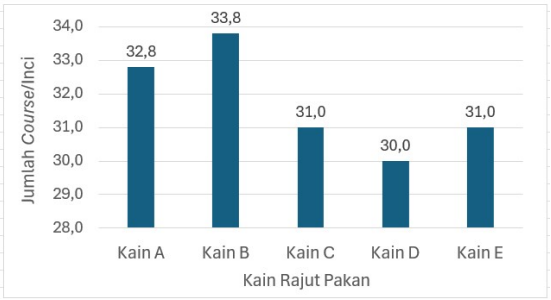
Gambar 3. Perbandingan Berat Kain per Satuan Luas (g/m^2) dari Lima Variasi Komposisi Serat

Perbandingan kerapatan jeratan arah *course* (CPI) dari kelima sampel kain rajut pakan disajikan pada Gambar 5, sedangkan kerapatan arah *wale* (WPI) ditunjukkan pada Gambar 6. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kain B memiliki nilai rata-rata CPI tertinggi, sementara kain D memiliki nilai rata-rata WPI terendah. Variasi pada nilai CPI tersebut diidentifikasi sebagai dampak dari perbedaan tegangan benang (*yarn tension*) selama proses produksi.

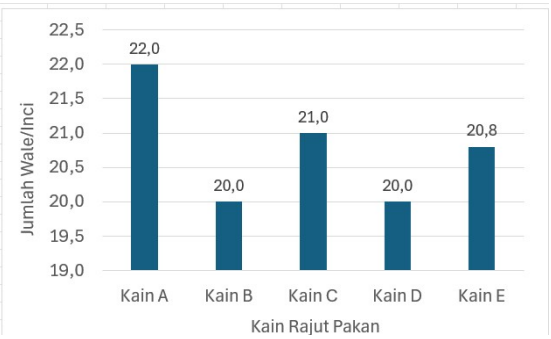
Berdasarkan Gambar 7, terlihat adanya perbedaan nilai WPI yang relatif kecil di antara seluruh sampel. Fenomena ini dipengaruhi oleh mekanisme penyesuaian *gauge* mesin terhadap struktur rajut yang diproduksi. Hal tersebut berkaitan erat dengan penggunaan fitur *multi-gauge* pada mesin rajut otomatis Stoll yang memungkinkan adaptasi mesin terhadap karakteristik material yang berbeda.



Gambar 4. Perbandingan Ketebalan Kain (mm) dari Lima Variasi Komposisi Serat



Gambar 5. Kerapatan *Course* dari Lima Variasi Komposisi Serat



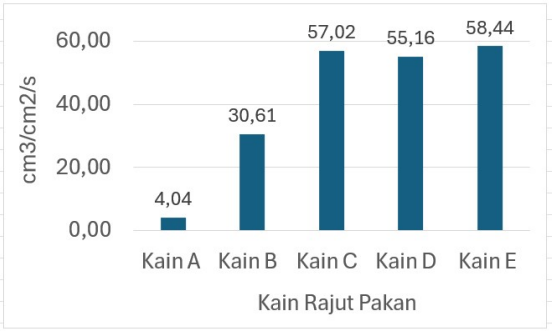
Gambar 6. Kerapatan *Wale* dari Lima Variasi Komposisi Serat

Daya tembus udara

Data pengujian daya tembus udara (DTU) dari kelima sampel kain rajut pakan disajikan pada Tabel 5 dan Gambar 7. Berdasarkan standar ASTM, daya tembus udara didefinisikan sebagai laju aliran udara yang mengalir secara tegak lurus melalui luasan area tertentu pada perbedaan tekanan udara yang ditetapkan di antara dua permukaan kain.[18]

Tabel 5. Hasil Uji Daya Tembus Udara dari Lima Variasi Komposisi Serat

Sampel	Rata-Rata	Standar Deviasi (SD)	Koefisien Variasi (CV)
Kain A	4,04	0,11	2,69
Kain B	30,61	4,07	13,29
Kain C	57,02	1,96	3,44
Kain D	55,16	2,51	4,56
Kain E	58,44	3,61	6,18



Gambar 7. Perbandingan Daya Tembus Udara ($cm^3/cm^2/s$) dari Lima Variasi Komposisi Serat

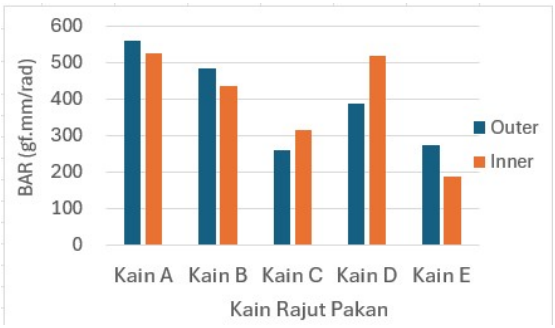
Hasil pengujian menunjukkan bahwa kain E, yang menggunakan material campuran poliester/rayon 65/35, memiliki nilai DTU tertinggi, sedangkan kain A (100% kapas) memiliki nilai terendah. Karakteristik DTU ditemukan berkorelasi negatif atau berbanding terbalik dengan ketebalan dan berat kain; semakin besar ketebalan dan berat material, maka nilai DTU cenderung menurun. Hal ini disebabkan oleh densitas kain yang lebih tinggi pada material yang lebih tebal, sehingga menciptakan hambatan yang lebih besar bagi aliran udara untuk menembus struktur kain. Selain itu, analisis porositas udara (*air porosity*) terkait erat dengan DTU. Kain dengan porositas tinggi memiliki rongga udara antar jeratan yang lebih besar, memungkinkan aliran udara melewati struktur kain dengan hambatan minimal. Pada penelitian ini, Kain A (100% kapas) memiliki kerapatan *courses* tertinggi (CPI=32,8) dan kerapatan *wales* (WPI=22,0) yang relatif tinggi, sehingga menghasilkan porositas yang lebih rendah dibandingkan Kain E (CPI=31,0; WPI=20,8) yang memiliki DTU tertinggi. Penurunan DTU pada kain dengan densitas jeratan tinggi terjadi karena berkurangnya ruang kosong antar benang (pori-pori) yang berfungsi sebagai jalur aliran udara. Temuan ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang melaporkan bahwa peningkatan kerapatan jeratan pada kain rajut secara

signifikan mengurangi kemampuan permeabilitas udara.

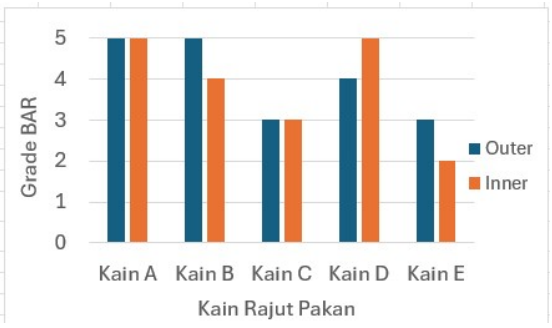
Kenyamanan taktil (FTT)

Bending/Kekakuan

Nilai *Bending Average Rigidity* (BAR) dan *Bending Work* (BW) masing-masing disajikan pada Gambar 8 dan Gambar 9. BAR atau kekakuan rata-rata tekukan merepresentasikan besarnya gaya yang diperlukan untuk membengkokkan contoh uji per radian, yang dinyatakan dalam satuan gf.mm/rad. Sementara itu, BW didefinisikan sebagai total kerja atau energi yang dibutuhkan untuk menekuk spesimen secara keseluruhan. Peningkatan nilai BAR dan BW mengindikasikan bahwa gaya yang diperlukan untuk menekuk sampel semakin besar, yang secara langsung menunjukkan tingkat kekakuan spesimen yang lebih tinggi.[20]

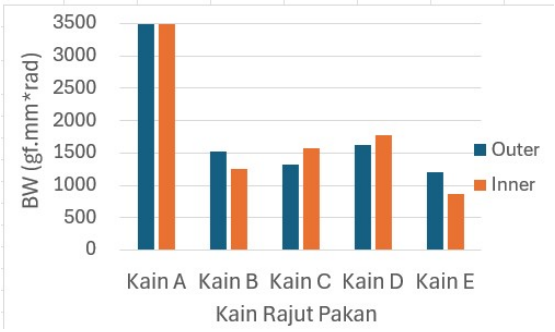


(a)

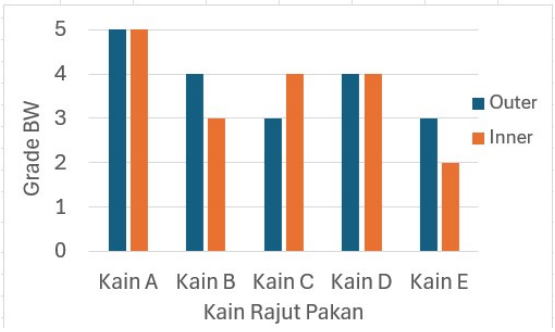


(b)

Gambar 8. (a) Nilai *Bending Average Rigidity* (BAR); (b) Grade BAR Lima Variasi Komposisi Serat



(a)



(b)

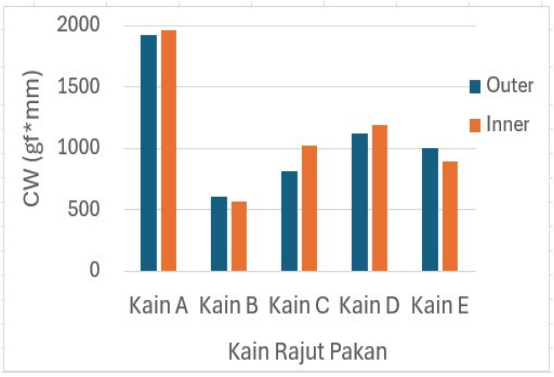
Gambar 9. (a) Nilai *Bending Works* (BW); (b) Grade BW Lima Variasi Komposisi Serat

Struktur kain rajut secara umum memiliki karakteristik fleksibilitas dan pemulihan dimensi yang baik.[4] Berdasarkan data pada Gambar 8 dan Gambar 9, kain A yang menggunakan material serat kapas menunjukkan nilai BAR dan BW tertinggi, sedangkan kain E (campuran poliester/kapas 65/35) memiliki nilai terendah. Hal tersebut mengindikasikan bahwa kain A memiliki tingkat kekakuan paling tinggi, sementara kain E merupakan material yang paling fleksibel atau lentur di antara seluruh sampel.

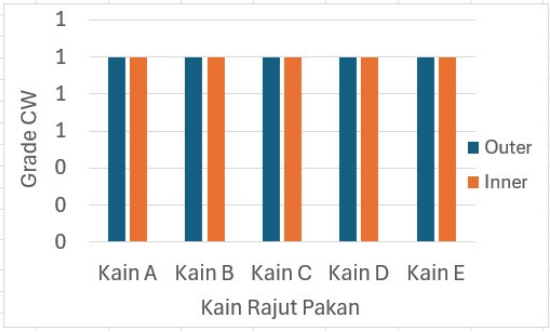
Kompresi

Karakteristik *Compression Work* (CW) dari kelima sampel kain disajikan pada Gambar 10. CW merepresentasikan besarnya energi atau gaya yang diperlukan untuk menekan lapisan material hingga terjadi perubahan ketebalan sebesar 1 mm. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kain A (serat kapas) memiliki nilai CW tertinggi,

sedangkan kain B (serat rayon) memiliki nilai terendah. Hal ini mengindikasikan bahwa kain A memerlukan gaya tekan yang paling besar untuk mengubah ketebalannya, sementara kain B merupakan material yang paling mudah terkompresi dengan kebutuhan gaya yang paling kecil.



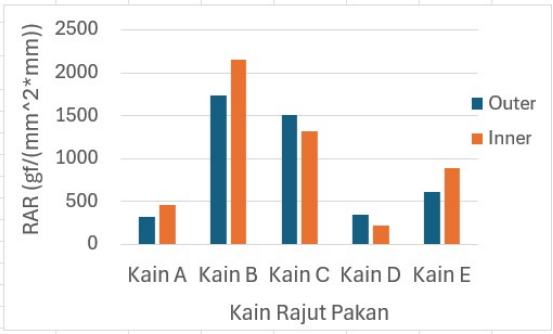
(a)



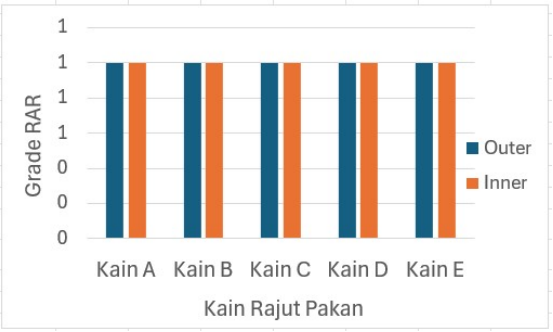
(b)

Gambar 10. (a) *Grafik Compression Work* (CW); (b) Grade CW dari Lima Variasi Komposisi Serat

Grafik *Recovery Average Rigidity* (RAR) disajikan pada Gambar 11. RAR merepresentasikan besarnya gaya balik yang dihasilkan kain selama proses pemulihan setelah mengalami tekanan. Berdasarkan Gambar 11, kain B yang menggunakan material serat rayon menunjukkan nilai gaya balik tertinggi, sedangkan kain D (campuran poliester/kapas 65/35) memiliki gaya balik terendah.



(a)



(b)

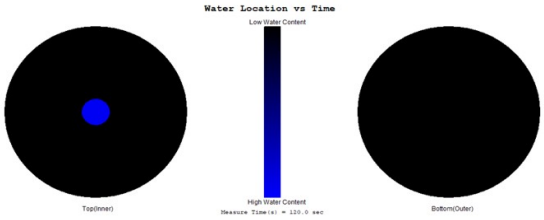
Gambar 11. (a) Grafik *Recovery Average Rigidity (*RAR); (b) Grade RAR dari Lima Variasi Komposisi Serat

Sifat perpindahan kelembaban dalam bentuk cairan (MMT)

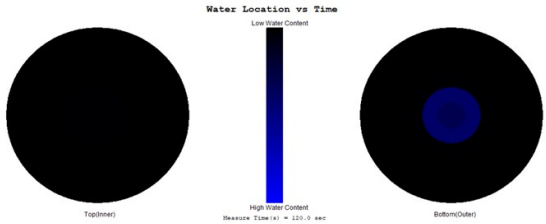
Klasifikasi jenis kain berdasarkan hasil pengujian *Moisture Management Tester* (MMT) tercantum pada Tabel 6. Gambar 12.(a) sampai dengan 12.(e) menyajikan peta lokasi air (*water location*) untuk setiap sampel kain rajut pakan yang dihasilkan. Peta tersebut menggambarkan distribusi area basah pada permukaan atas dan bawah kain dalam rentang waktu tertentu. Perubahan distribusi air terhadap waktu digunakan untuk menganalisis mekanisme penyebaran cairan dari titik pusat ke arah tepi pada kedua sisi kain, serta mengevaluasi perbedaan perilaku pengangkutan air antara permukaan atas dan bawah. Intensitas warna pada peta tersebut menunjukkan konsentrasi kandungan air; warna yang semakin gelap mengindikasikan akumulasi cairan yang lebih besar.[19]

Tabel 6. *Type* kain yang teridentifikasi oleh MMT dari Lima Variasi Komposisi Serat

Sampel	Klasifikasi Kain
Kain A	*Water Proof Fabric*
Kain B	*Water Penetration Fabric*
Kain C	*Water Proof Fabric*
Kain D	*Water Proof Fabric*
Kain E	*Water Penetration Fabric*

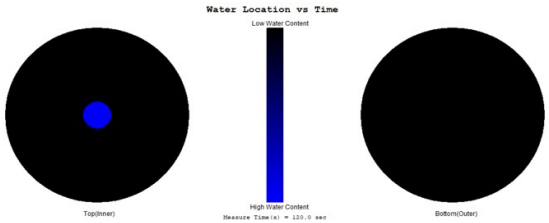


Gambar 12.(a) Area basah pada dua permukaan Kain A

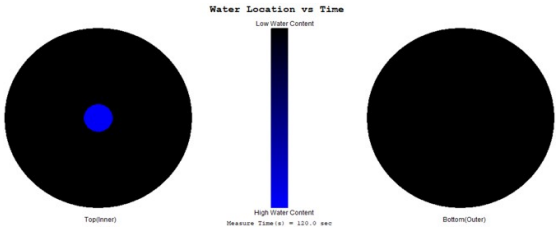


Gambar 12.(b) Area basah pada dua permukaan Kain B

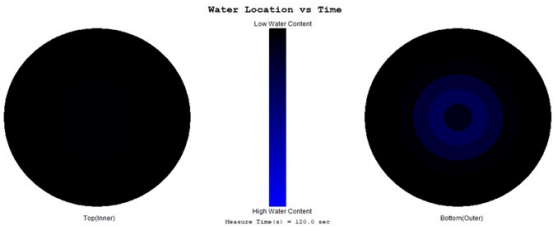
Visualisasi peta lokasi air pada Gambar 12.(a), 12.(c), dan 12.(d) menunjukkan akumulasi area basah yang sangat terbatas pada permukaan luar (*outer surface*) kain A, C, dan D. Cairan cenderung tertahan pada permukaan dalam (*inner surface*) tanpa mengalami penyebaran yang signifikan. Fenomena ini mengindikasikan rendahnya kemampuan penetrasi cairan dari sisi dalam menuju sisi luar kain. Berdasarkan karakteristik tersebut, ketiga jenis kain ini diklasifikasikan ke dalam kategori *waterproof fabric*, yang ditandai dengan laju penyerapan dan penyebaran yang lambat, tidak ada transportasi cairan satu arah, dan tidak ada penetrasi.[19]



Gambar 12.(c) Area basah pada dua permukaan Kain C



Gambar 12.(d) Area basah pada dua permukaan Kain D



Gambar 12.(e) Area basah pada dua permukaan Kain E

Meskipun kain A terbuat dari material kapas yang bersifat hidrofilik dengan nilai *moisture regain* sebesar 7–8%, sampel ini justru menunjukkan karakteristik hidrofobik. Fenomena tersebut diduga terjadi akibat masih adanya lapisan kutikula atau lilin alami pada serat kapas yang digunakan. Kutikula merupakan lapisan luar yang sangat tipis dengan ketebalan beberapa molekul yang berfungsi sebagai pelindung serat. Karena sifatnya yang kedap air, lapisan ini memberikan ketahanan terhadap penetrasi larutan berpelarut air, sehingga diperlukan proses pemasakan (*scouring*) terlebih dahulu untuk menghilangkannya.[21] Sementara itu, kain C (poliester) dan kain D (campuran poliester/kapas 65/35) secara inheren bersifat hidrofobik dengan nilai *moisture regain* yang rendah, yakni antara 0,2–0,8%. Pada

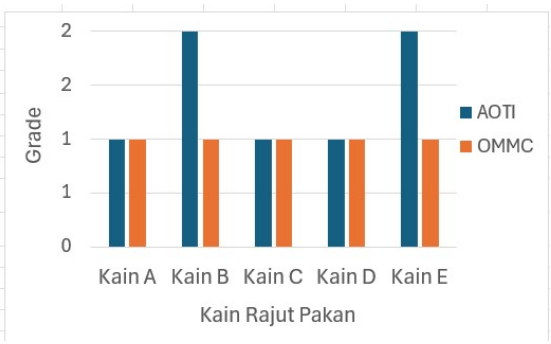
serat hidrofobik seperti ini, mekanisme transportasi cairan dan kelembapan hanya terjadi secara terbatas pada permukaan serat tanpa adanya penyerapan ke dalam struktur internal.[22]

Visualisasi peta lokasi air (*water location*) pada Gambar 12.(b) dan 12.(e) menunjukkan distribusi area basah pada kedua permukaan kain B dan E. Teramati bahwa akumulasi cairan pada permukaan luar (*outer surface*) jauh lebih luas dibandingkan pada permukaan dalam (*inner surface*). Fenomena ini mengindikasikan bahwa cairan yang diteteskan pada permukaan dalam segera berpenetrasi menembus struktur kain menuju permukaan luar, kemudian menyebar secara efektif pada sisi tersebut. Berdasarkan karakteristik tersebut, kain B dan E diklasifikasikan ke dalam kategori *water penetration fabric* yang memiliki indeks transportasi cairan satu arah (*one-way transport*) yang sangat baik.[19]

Material dengan performa seperti ini sangat ideal untuk diaplikasikan pada pakaian aerobik karena mampu menyerap dan mengalihkan keringat dengan cepat. Keunggulan fungsional pada kain B (100% rayon) dan kain E (campuran poliester/rayon 65/35) didorong oleh sifat serat rayon yang hidrofilik dengan nilai *moisture regain* tinggi, mencapai 13%. Karakteristik molekuler tersebut memungkinkan cairan masuk dan berpenetrasi secara optimal ke dalam struktur internal serat.[23]

Perbandingan nilai *Accumulative One-way Transport Index* (AOTI) dan *Overall Moisture Management Capability* (OMMC) disajikan pada Gambar 13. Berdasarkan grafik tersebut, kain rajut pakan berbahan rayon dan campuran poliester/rayon 65/35 menunjukkan indeks transportasi satu arah tertinggi dengan klasifikasi *Grade* 3 (baik). Sebaliknya, kain berbahan poliester, kapas, dan campuran poliester/kapas 65/35 memiliki indeks transportasi satu arah pada *Grade* 1 (buruk). Keunggulan kemampuan transportasi satu arah pada material berbahan rayon dan poliester/rayon ini disebabkan oleh nilai *moisture regain* serat rayon yang secara signifikan lebih tinggi dibandingkan serat kapas maupun poliester. Selain itu, karakteristik elastisitas serat rayon juga berperan penting dalam kinerja pakaian aerobik. Serat rayon memiliki modulus elastisitas yang lebih rendah dibandingkan poliester (rayon: 9-15 GPa; poliester: 10-16 GPa), yang berarti serat rayon lebih mudah meregang dan memberikan sensasi lembut saat berkontak dengan kulit.

Namun demikian, perlu dicatat bahwa elastisitas rayon masih lebih rendah dibandingkan serat elastomerik seperti spandeks. Meskipun tidak seelastis spandeks, rayon memiliki elongasi putus yang cukup baik (15-25%) untuk aplikasi pakaian aktif dengan tuntutan pergerakan yang tidak terlalu ekstrem. Pada campuran poliester/rayon 65/35, serat poliester memberikan stabilitas dimensi dan ketahanan bentuk yang lebih baik, sementara rayon memberikan kontribusi pada penyerapan kelembapan dan kenyamanan sentuhan. Kombinasi karakteristik ini menjadikan campuran poliester/rayon 65/35 sebagai pilihan yang seimbang untuk pakaian aerobik wanita muslim yang memerlukan pengelolaan kelembapan baik sekaligus kenyamanan gerak. Karakteristik tersebut memfasilitasi penyerapan dan pendistribusian cairan secara lebih efektif pada struktur kain rajut yang mengandung rayon.



Gambar 13. Grafik Grade AOTI dan OMMC dari Lima Variasi Komposisi Serat

Kain rajut pakan yang menggunakan serat hidrofilik dengan nilai *moisture regain* tinggi, seperti rayon, cenderung memiliki sifat pengalihan cairan yang baik. Hal ini disebabkan oleh kemampuan serat untuk menyerap cairan tidak hanya melalui mekanisme kapiler pada permukaan, tetapi juga hingga ke dalam struktur internal serat. Sebaliknya, pada kain rajut pakan berbahan kapas, diperlukan pengujian ulang dengan melakukan proses pemasakan (*scouring*) terlebih dahulu pada sampel yang telah diproduksi. Prosedur ini krusial untuk menghilangkan lapisan lilin (kutikula) alami pada serat kapas yang bersifat hidrofobik, sehingga daya serap kain dapat diukur secara lebih akurat.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kain campuran poliester/rayon 65/35 (Kain E) memiliki kinerja manajemen kelembapan yang terbaik dibandingkan kain serat tunggal maupun campuran poliester/kapas 65/35. Temuan ini sejalan dengan penelitian Troynikov & Wardiningsih (2011) yang melaporkan bahwa kain campuran poliester dengan serat selulosa regenerasi (rayon/lyocell) menunjukkan indeks transportasi satu arah yang lebih baik dibandingkan campuran poliester/kapas pada struktur rajut dengan konstruksi serupa.[4] Penelitian tersebut mengidentifikasi bahwa nilai *moisture regain* rayon (13%) yang lebih tinggi dari kapas (7-8%) berkontribusi pada peningkatan kapasitas penyerapan dan penyebaran cairan.

Sementara itu, studi oleh Ertekin (2017) tentang kain *spacer* rajut datar melaporkan bahwa peningkatan proporsi serat hidrofilik dalam campuran secara signifikan meningkatkan kemampuan manajemen kelembapan, namun perlu diimbangi dengan stabilitas dimensi yang disediakan oleh serat sintetis seperti poliester.[5] Hasil penelitian ini mengkonfirmasi temuan tersebut dan memperluasnya pada aplikasi spesifik pakaian aerobik wanita muslim dengan campuran poliester/rayon 65/35 yang menunjukkan keseimbangan optimal antara manajemen kelembapan dan kenyamanan taktil.

Performa DTU Kain E (58,44 $cm^3/detik/cm^2$) juga lebih tinggi dibandingkan nilai yang dilaporkan dalam berbagai penelitian untuk kain rajut pakan campuran serat alam/sintetis dengan konstruksi serupa, menunjukkan bahwa optimasi parameter proses produksi pada penelitian ini berhasil menghasilkan struktur kain dengan porositas yang lebih baik.

Penilaian Indeks Kinerja Total

Hasil penilaian indeks kinerja total berdasarkan parameter kinerja individual dari kelima sampel kain rajut pakan disajikan pada Tabel 7. Pemeringkatan dilakukan untuk menentukan material terbaik yang memenuhi kriteria fungsional secara komprehensif. Berdasarkan hasil analisis tersebut, kain E menempati peringkat pertama, disusul oleh kain B pada peringkat kedua. Kain E ditetapkan sebagai material terbaik karena menunjukkan performa optimal pada seluruh aspek uji, yang meliputi sifat pengalihan cairan yang baik, tingkat

kekakuan yang rendah (fleksibel), dan daya tembus udara yang baik.

Tabel 7. Penilaian Indeks Kinerja Total Kain Rajut Pakan dari Lima Variasi Komposisi Serat

Sampel	MMT 40%	FTT 40%	DTU 20%	Total	Peringkat
Kain A	0	0	2	2	5
Kain B	40	20	12	72	2
Kain C	0	30	18	48	3
Kain D	0	10	16	26	4
Kain E	40	40	20	100	1

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil membandingkan lima variasi kain rajut pakan menggunakan material 100% kapas, 100% rayon, 100% poliester, campuran poliester/kapas 65/35, dan campuran poliester/rayon 65/35. Hasil analisis menunjukkan bahwa variasi material secara signifikan memengaruhi kinerja fungsional kain, khususnya dalam sifat pengalihan cairan, kenyamanan taktil, dan daya tembus udara, yang krusial untuk aplikasi pakaian aerobik wanita muslim.

Berdasarkan penilaian indeks kinerja total, Kain E (campuran Poliester/Rayon 65/35) menunjukkan kinerja optimum. Kain E menduduki peringkat terbaik karena secara konsisten menunjukkan hasil yang terbaik dalam uji MMT (*Moisture Management Tester),* FTT (*Fabric Touch Tester*), dan daya tembus udara, menjadikannya material yang paling sesuai sebagai bahan dasar pakaian aerobik.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan. Pertama, variabel nomor benang dan TPI tidak dapat dikontrol secara konstan karena keterbatasan ketersediaan benang dengan komposisi serat berbeda pada nomor benang yang sama. Kedua, sampel kain tidak melalui proses pencucian/pemasakan terlebih dahulu sehingga lapisan kutikula pada serat kapas masih memengaruhi hasil pengujian. Penelitian lanjutan direkomendasikan untuk menggunakan benang dengan nomor yang setara, melakukan proses pemasakan pada sampel kain, serta memperluas variasi komposisi campuran untuk mengidentifikasi rasio optimal.

DAFTAR PUSTAKA

1. Sana, A. W., Alif, S. O., Sukardan, M. D., Rakhmatiara, E. Y. & Titis, A. PENINGKATAN SIFAT MOISTURE MANAGEMENT DAN SOIL RELEASE PADA KAIN TENUN POLIESTER MENGGUNAKAN SENYAWA THE ENHANCEMENT OF MOISTURE MANAGEMENT AND SOIL RELEASE PROPERTIES ON POLYESTER WOVEN FABRICS USING HYDROPHILIC COPOLYMER COMPOUND. (2020).
2. Das, A. & Alagirusamy, R. *Garment Fit and Comfort*. *Science in Clothing Comfort* (2010). doi:10.1533/9780857092830.159.
3. Sturman, R. & Chandra, U. Janu. *Bombay Brokers* **2**, 101–108 (2021).
4. Troynikov, O. & Wardiningsih, W. Moisture management properties of wool/ polyester and wool/bamboo knitted fabrics for the sportswear base layer. *Text. Res. J.* **81**, 621–631 (2011).
5. ERTEKİN, G. Analysis of Thermo-Physiological Comfort and Moisture Management Properties of Flat Knitted Spacer Fabrics. *Tekst. ve Konfeksiyon* **27**, 241–250 (2017).
6. SNI ISO 2060. Tekstil – Benang dari gulungan – Cara uji nomor benang (berat per satuan panjang) dengan metode untaian. *Bsn* (2010).
7. Nasional, B. S. Tekstil - Cara uji antihan benang pintal tunggal - Metoda pembukaan dan pemberian antihan Textiles - Determination of twist in single spun yarns - Untwist / retwist method. (2010).
8. SNI 7650. Tekstil – Benang dari gulungan – Cara uji kekuatan tarik dan mulur per helai. *Bsn* (2010).
9. Textilia. textilia.com. http://www.textilia.com/stoll-machines/ (2026).
10. ISO. ISO 3801:1983 Textiles - Woven fabrics - Determination of mass per unit length and mass per unit area. at (1983).
11. ISO. ISO 5084:1996 Thickness. at (1996).
12. ISO. ISO 7211/2:1984 Textiles - Woven fabrics - Construction - Methods of analysis - Part 2 : Determination of number of threads per unit length. at (1984).
13. ISO. ISO 9237:1995 Air Permeability. at (1995).
14. Hu, J. Y., Hes, L., Li, Y., Yeung, K. W. & Yao, B. G. Fabric Touch Tester: Integrated evaluation of thermal-mechanical sensory properties of polymeric materials. *Polym. Test.* **25**, 1081–1090 (2006).
15. Wardiningsih, W., Nawaz, N. & Troynikov, O. Performance relevant to the thermophysiological wear comfort of hip protective garments, Part I: clothing area factor of hip protective garments in clothing ensembles. *J. Text. Inst.* **110**, 924–931 (2019).
16. Wardiningsih, W., Rudy, R., Permana, M. I., Sinuraya, D. Y. & Munandar, T. Study of Structural Parameters of Weft Knitted Spacer Fabrics on Wound Dressing Performance. *Text. Leather Rev.* **7**, 644–669 (2024).
17. L. Hes and j. Williams. Improving Comfort in Clothing. in *Improving Comfort in Clothing* (ed. Guowen Song) (Woodhead Publishing India Pvt. Lt, 2014).
18. Li, Y. I. & Wong, A. S. W. *Clothing Biosensory Engineering*. *Clothing Biosensory Engineering* (2006). doi:10.1533/9781845691462.
19. Yao, B. guo, Li, Y., Hu, J. yan, Kwok, Y. Iin & Yeung, K. wing. An improved test method for characterizing the dynamic liquid moisture transfer in porous polymeric materials. *Polym. Test.* **25**, 677–689 (2006).

20. Sadhna *et al.* Impact of Stitch Density on Tactile Comfort Properties of Seams. *AATCC J. Res.* 247234442211323 (2022) doi:10.1177/24723444221132318.
21. Mather, R. R. & Wardman, R. H. *The Chemistry of Textile Fibres*. (2013).
22. Mbise, E., Dias, T., Hurley, W. & Morris, R. The study of applying heat to enhance moisture transfer in knitted spacer structures. *J. Ind. Text.* **47**, 1584–1608 (2018).
23. Schuster, K. C., Suchomel, F., Männer, J., Abu-Rous, M. & Firgo, H. Functional and comfort properties of textiles from TENCEL® fibres resulting from the fibres' water-absorbing nanostructure: A review. *Macromol. Symp.* **244**, 149–165 (2006).