PENGARUH PENGGUNAAN KONSENTRASI ENZIM SELULASE DAN BATU APUNG PADA PROSES *BIOPOLISHING* KAIN KAPAS
THE EFFECT OF CELLULASE ENZYME CONCENTRATIONS AND PUMICE STONES ON THE BIOPOLISHING PROCESS OF COTTON FABRIC

Ichsan Purnama*, Maya Komalasari, Ghina Puspita Adhyaksa, M.Azhari
Politeknik STTT Bandung, Bandung, 40272, Indonesia

*Alamat email penulis korespondensi : ichsansttt@gmail.com

Tanggal diterima : 16 Februari 2021; direvisi: 28 September 2021 ; disetujui terbit: 8 November 2021

Abstrak

Trend fashion, khususnya proses pelusuhan pakaian jadi banyak dikerjakan untuk menghasilkan efek khusus agar memiliki kenampakan berbeda setelah pencucian. Proses pencucian garmen diantaranya *biopolishing*, *stone wash* dan *acid wash/ice wash*, hal ini dilakukan untuk memodifikasi produk akhir memberikan tampilan berbeda dan meningkatkan kenyamanan pakaian. Proses *biopolishing* adalah proses penyempurnaan menggunakan enzim, bertujuan memperbaiki kenampakan, pegangan kain, sifat permukaan lebih halus, bebas *pilling*, dan memiliki daya serap tinggi. Penambahan batu apung memperluas tingkat pelusuhan pada bagian produk garmen sehingga memberikan tampilan berbeda. Percobaan dengan variasi konsentrasi enzim selulase tipe asam 1%, 2%, variasi jumlah batu apung sebanyak 1400 gram (1/3 volume mesin), 2100 gram (1/2 volume mesin). Kapasitas volume mesin *washing* skala laboratorium yaitu 4200 gram, pada suhu 60°C selama 30 menit. Pengujian meliputi *pilling* kain, pengurangan berat (SNI ISO 7211-6), ketuaan warna (SNI ISO 105-J03), ketahanan jebol cara diagfrgma (SNI ISO 13938-1), dan ketahanan gosok metode artindale (SNI ISO 12947-1). Hasil pengujian menunjukkan semakin tinggi penggunaan konsentrasi enzim dan batu apung, meningkatkan nilai *grade pilling*, pengurangan berat, pengurangan tebal dan berat kain, sedangkan ketuaan warna dan kekuatan jebol semakin turun. Kondisi optimum diperoleh pada konsentrasi enzim 1 % dengan batu apung 2100 gram (1/2 volume) mesin *washing* skala laboratorium.

Kata Kunci: *biopolishing*, *batu apung*, *enzim selulase*

Abstract

Fashion trends, particularly the finished garments processing, are made to produce a vintage effect. Biopolishing, stone wash, and acid wash/ice wash are all garment washing process to have that effect. The biopolishing process is a refinement process that uses enzymes to improve the appearance, grip of the fabric, smoother surface properties, and better pilling resistance. The addition of pumice increases the vintage looks result, giving them a distinct appearance. The experiment was carried out at a temperature of 60°C for 30 minutes with variations in the concentration of the 1%, 2% acid-type cellulase enzyme, and variations of pumice stone amount i.e. 1,400 grams (1/3 machine volume), 2,100 grams (1/2 machine volume). Fabric pilling, weight reduction (SNI ISO 7211-6), color fading (SNI ISO 105-J03), breaking resistance (SNI ISO 13938-1), and rubbing resistance (Martindale method) were among the tests performed (SNI ISO 12947-1). The results revealed that the higher the concentration of enzymes and pumice stone, the higher the pilling grade, the reduction in weight, the reduction of fabric's thickness and weight, and the decrease in color fading and breaking strength. Based on laboratory scale machine, the best results were obtained at 1% enzyme concentration with 2,100 grams of pumice stone.

Keywords: biopolishing, pumice stone, enzyme cellulase

PENDAHULUAN

Pada perkembangan tren *fashion*, proses pelusuan pakaian jadi banyak dikerjakan untuk menghasilkan efek khusus dan memiliki kenampakan berbeda. Tampilan lusuh/*vintage* suatu pakaian menambah nilai estetika dan dapat meningkatkan nilai jual dari produknya. Untuk mendapatkan efek *vintage* tersebut, dilakukan suatu proses *garment wash* pada pakaian jadi, baik pada bahan rajut maupun tenun. Proses *garment wash* dapat dilakukan dengan metode , *enzyme wash*, *stone wash* maupun *ice wash* dimana pada proses pencucian garmen ini dibantu dengan menggunakan media batu apung sebagai pengikis permukaan pakaian jadi.

Proses pelusuan banyaknya dikerjakan pada produk kain denim dengan metode *stone wash*, *enzyme wash*, dan *ice wash*.

Stone wash merupakan proses pencucian dengan menggunakan media batu apung sebagai pengikis permukaan pakaian jadi. Batu apung adalah produk yang banyak mengandung silika, sangat berpori dan akan mengapung di atas air. Batu apung berfungsi untuk mengikis permukaan kain karena beberapa partikel warna menghilang dari permukaan benang sehingga mendapatkan efek pola permukaan dengan kontras warna dan pegangan yang lembut. Diameter ukuran batu 1 – 7 cm. Pemilihan batu besar dan keras lebih tahan lama. Batu yang lebih kecil dan lebih lunak dapat digunakan untuk kain yang ringan dan lebih halus dengan perbandingan antara berat batu : berat kain adalah 0,5 – 3 : 1¹. *Enzyme wash* merupakan proses *washing* menggunakan enzim selulase yang dapat menghilangkan bulu-bulu halus di permukaan kain sehingga kain menjadi lebih lembut dengan

menghidrolisa serat selulosa pada bagian permukaannya. Jenis enzim yang digunakan perlu diperhatikan pada suhu dan pH². *Ice wash* adalah proses pencucian kimia untuk mengikis permukaan luar warna menjadi berwarna putih, sedangkan warnanya tetap berada di lapisan bawah pakaian jadi dan memberikan warna tampak lebih memudar. Proses tersebut dilakukan dengan merendam batu apung dalam kalium permanganat dan kemudian dilanjutkan dengan netralisasi³. Kalium permanganat adalah senyawa kimia anorganik dengan rumus kimia KMnO_4 yang merupakan zat pengoksidasi kuat untuk dapat menghasilkan efek warna yang memudar pada pakaian jadi⁴. Penggunaan kalium permanganat, mangan dioksida (MnO_2) akan terbentuk warna coklat atau kekuningan dan harus dihilangkan dengan asam oksalat³.

Biopolishing kain adalah proses *finishing* dalam industri tekstil dan menggunakan enzim dimana pada proses penyempurnaan garmen secara tradisional masih menggunakan zat kimia yang berbahaya. Penggunaan enzim pada proses *biopolish* mulai dikenalkan pada tahun 1980-an, dimana bahan kimia berbahaya digantikan untuk mengurangi polusi air, polusi bahan kimia, hemat energi dan ramah lingkungan²). *Biopolishing* adalah salah satu metode untuk meningkatkan sifat permukaan kain kapas dengan meminimalkan bulu halus, *pilling*, dan meningkatkan kilau kain⁵. Enzim Selulase terdiri dari *endoglucanases* (EnG), *exoglucanases* (ExG) dan *-glukosidase* (BG) yang bertindak secara sinergis untuk menghidrolisis selulosa dengan menurunkan hubungan - (1, 4) dan melepaskan glukosa sebagai produk akhir³. Selulosa adalah polimer tidak bercabang, linier, dan memiliki struktur molekul yang sangat berorientasi

dengan ikatan rantai antar molekul. Mekanisme aksi selulase pada selulosa sebagai endoglucanase awalnya secara acak menyerang rantai selulosa dan memecah ikatan β -1,4 antara unit glukosa yang menciptakan ujung rantai selulosa baru, *exoglucanase* terbagi pada ujung selulosa yang mengurangi dan tidak mereduksi dengan pelepasan *cellobiosa*, dan akhirnya β -glukosidase hidrolisis *cellobiosa* menjadi glukosa⁶ Mekanisme aksi selulase pada selulosa ditunjukkan pada Gambar 1. Serat yang tidak matang dan pendek menonjol pada permukaan benang dan kain yang mengarah pada pembentukan *pilling* dan pengurangan kilau. Serat yang menonjol pada permukaan kain dihilangkan dengan hidrolisis selulosa oleh selulase. Parameter proses perlakuan selulase seperti aktivitas, konsentrasi selulase dan suhu dan waktu perlakuan mempengaruhi modifikasi permukaan dan sifat mekanik lainnya dari kain⁷

Gambar 1. Mekanisme *biopolish* (dengan enzim selulase) pada selulosa⁷

Tingkat degradasi selulosa biasanya dinilai dengan penurunan berat kain setelah proses *biopolish* dengan

selulase. Selama proses *biopolishing*, molekul enzim menembus ke dalam struktur selulosa karena dimensinya yang lebih kecil, yaitu 60 Å dan memutus rantai molekul sehingga menghasilkan penurunan kekuatan dan berat kain. Kehilangan berat dan menurunnya kekuatan tarik dapat diminimalisir dengan meningkatkan ukuran molekul enzim, sehingga aksi enzim terbatas pada permukaan. Peningkatan ukuran molekul enzim selulase dapat dicapai dengan teknik *imobilisasi*.² *Imobilisasi bioaffinity* memungkinkan lebih banyak pengendapan enzim pada permukaan yang kecil, memiliki aktivitas katalitik yang lebih tinggi, meningkatkan stabilitas bila dibandingkan dengan enzim yang diimobilisasi menggunakan ikatan kovalen.⁶

Produk T-shirt dengan bahan kapas sering adanya bulu yang timbul dipermukaan. Berdasarkan penjelasan diatas maka salah satu metode yang dapat dilakukan untuk mengurangi bulu tersebut adalah dengan proses *biopolishing*. *Biopolishing* adalah proses finishing yang dilakukan sebelum, selama, atau setelah pewarnaan, yang meningkatkan keunggulan kain dengan mengurangi *hairiness* dan *pilling* kain selulosa yang mengarah ke beludru, rasa licin, dan warna yang lebih cerah.⁷ Tujuan dari prosesnya adalah menghilangkan bulu-bulu mikro kapas yang menonjol melalui interaksi selulase⁶ *Biopolishing* melibatkan penggunaan enzim selulase, karena kemampuan menghidrolisis mikro-fibril selulosa (rambut atau bulu halus) yang menonjol keluar dari permukaan benang karena rentan terhadap serangan enzimatik.⁸

Pada penelitian ini dilakukan proses pencucian garmen dengan memvariasikan konsentrasi enzim dan penambahan batu apung diproses *biopolishing* yang dikerjakan pada mesin pencucian garmen skala laboratorium.

BAHAN DAN METODE

Percobaan dilakukan dengan cara perendaman, dengan resep proses *Biopolishing* sebagai berikut: Enzim selulase tipe asam (%), 1 %, dan 2 %, pH 5, variasi batu apung 1/3 volume, 1/2 volume mesin *washing* skala laboratorium. Suhu 60 (°C), selama 30 menit. Pengujian meliputi *pilling* kain, pengurangan berat (SNI ISO 7211-6), ketuaan warna (SNI ISO 105-J03), ketahanan jebol cara *diafragma* (SNI ISO 13938-1), dan ketahanan gosok metode martindale (SNI ISO 12947-1). Mesin yang digunakan adalah mesin *washing* sederhana untuk sampel pakaian jadi. Ukuran mesin kedua ini adalah 120 cm X 50 cm X 60 cm, jenis material berupa jenis box plastic HDPE yang tahan terhadap beberapa zat kimia, suhu hingga 80°C, tahan terhadap gesekan batu dan pakaian, cukup tebal agar tahan lama. Khusus mesin *prototype stone stumbling*, diperlukan tabung dari baja yang berongga dan tahan terhadap gesekan dengan batu apung.

(a)

(b)

Gambar 2.1 Skema Mesin
Prototype Garment Wash Sederhana
(a) tampak dari atas untuk mesin
biopolish, dan (b) tampak atas mesin
prototype stone tumbling

Untuk perhitungan penggunaan batu apung yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Kapasitas penuh untuk batu apung yang digunakan pada mesin skala laboratorium adalah sebesar 4200 gram.
- Variasi yang digunakan untuk banyaknya batu apung adalah 1/3 dan 1/2 dari kapasitas maksimal, sehingga 1/3 adalah = 1400 gram dan 1/2 = 2100 gram.

Hasil dan pembahasan Pengujian *Pilling* Kain

Pilling adalah suatu cacat yang terdapat pada permukaan kain di mana 'pil' serat terjatuh menempel pada permukaan kain, memberikan penampilan yang berbulu pada kain. Keterjeratan serat longgar yang muncul pada permukaan kain disebut 'pil'. Pil menempel ke permukaan karena serat masih melekat pada benang di kain. *Pilling* mengubah tampilan dan tekstur kain.

Pilling adalah proses fisik yang muncul di permukaan kain, membentuk bola-bola kecil yang terbuat dari serat, terkadang ada kontaminan. Akumulasi serat ini yang disebut 'pil' pada kain, terjadi karena beberapa serat penahan dan memberikan penampilan yang berbeda pada kain. *Pills* akan terbentuk ketika dipakai atau dicuci, karena kekusutan serat-serat lepas yang menonjol di permukaan kain akibat gosokan. Gosokan yang akan mungkin terjadi pada kain yaitu gosokan yang terjadi antara kain dengan kain, gosokan antara kain dengan benda lain dan gosokan antara serat dan kotoran pada kain yang menyebabkan putusnya serat. Uji *pillling* kain ditentukan dengan menggunakan metode *pillling box* dengan 3000 putaran, kemudian dievaluasi. Kain dibandingkan secara visual kenampakan *pillling* yang timbul pada contoh uji dengan foto standar dengan nilai 1 – 5. Hasil pengujian *pillling* pada *T-shirt* 100 % kapas berwarna setelah proses *biopolishing* menggunakan enzim selulase tipe asam dengan konsentrasi enzim 1% dan 2% dan variasi batu apung 1/3 dan 1/2 volume mesin washing skala laboratorium.

Hasil pengujian *pillling* menggunakan uji *pillling* pada kain hasil proses *biopolishing* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Peringkat uji *pillling* dengan variasi konsentrasi enzim dan pemakaian batu apung

Konsentrasi enzim (%)	Tanpa batu apung	Batu Apung	
		1/3*)	1/2*)
1	2	3	3
2	2	3	4

Keterangan:

*) Jumlah kapasitas mesin *washing* skala laboratorium

bahwa kain contoh uji yang dilakukan proses *biopolishing* dengan enzim selulase dan batu apung meningkatkan tingkat *pillling* dalam kisaran 3-4, sementara kain kapas yang dilakukan proses *biopolishing* dengan enzim selulase saja meningkatkan tingkat *pillling* 2. Hasil pengujian *pillling* kain menunjukkan bahwa penggunaan enzim selulase tipe asam dan penambahan batu memberikan pengaruh pada proses *biopolishing*. Peningkatan nilai *pillling* pada permukaan kain disebabkan karena enzim selulase akan menghidrolisis mikrofibril (bulu-bulu) yang menonjol dari permukaan benang.^{9,10} Mikrofibril yang terhidrolisa akan meninggalkan permukaan serat dan cenderung putus sehingga menghasilkan permukaan serat yang lebih halus. Setelah dilakukan proses *biopolishing* kain akan memiliki kecenderungan *pillling* yang lebih rendah. Peningkatan konsentrasi enzim dan pemakaian batu apung menyebabkan penghapusan serat yang menonjol dipermukaan kain meningkat. Karena itu, ketika gesekan diterapkan pada kain yang dilakukan proses *biopolishing* selama pengujian *pillling*, kecenderungan pembentukan *pills* secara signifikan lebih rendah dan mayoritas menyebabkan peringkat *pillling* menjadi 4 yaitu, Efek penipisan yang terjadi juga kemungkinan karena agitasi mekanis yang mempercepat aksi selulase.

Pengurangan Berat

Hasil pengujian persen pengurangan berat pada *T-shirt* 100 % kapas berwarna setelah proses *biopolishing* menggunakan enzim selulase tipe asam dengan konsentrasi enzim 1% dan 2% dan variasi batu apung 1/3 dan 1/2 volume mesin *washing* skala laboratorium. Hasil pengujian persen pengurangan berat kain hasil proses *biopolishing* pada Gambar 3.1.

Pengurangan berat bahan hasil proses *biopolishing* menunjukkan bahwa pengikisan kain dan bulu-bulu pada permukaan kain kapas telah berkurang. Hasil pengujian pengaruh konsentrasi enzim selulase tipe asam dengan konsentrasi 1%, 2% dan variasi batu apung 1/3 dan 1/2 volume mesin washing skala laboratorium, setelah proses *biopolishing* menunjukkan bahwa makin tinggi konsentrasi enzim selulase tipe asam dan banyaknya penggunaan batu apung menyebabkan terjadinya peningkatan presentase penurunan berat kain.

Gambar 1. Grafik pengaruh konsentrasi enzim dan penambahan batu apung

Hal ini disebabkan karena banyaknya konsentrasi enzim selulase tipe asam dan banyaknya batu apung yang digunakan sehingga mengakibatkan pengikisan dan penghilangan bulu-bulu pada permukaan pada contoh uji berkurang. Semakin tinggi konsentrasi enzim selulase tipe asam dan banyaknya batu yang digunakan presentase pengurangan berat makin tinggi.

Hal ini disebabkan karena ketika pakaian rajut bergesekan dengan batu apung dan silinder putar mesin cuci, larutan enzim dapat bereaksi dengan dinding primer (lapisan luar) dan sedikit menyerang dinding sekunder serat kapas. Selain itu, bahan kimia tersebut

dapat menembus struktur kain rajut yang berpori menyebabkan kain menjadi tidak stabil dan padat.

Pengujian Tingkat Ketuaan Warna

Pengujian ketuaan warna dilakukan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi dan banyaknya batu apung pada proses *biopolishing*. Grafik hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 2.

Gambar 2. Grafik pengaruh konsentrasi enzim dan penambahan batu apung pada pengujian tingkat ketuaan warna

Dari data terlihat bahwa semakin tinggi konsentrasi dan banyaknya penggunaan batu apung pada proses *biopolishing* maka tingkat ketuaan warna menurun. Pada grafik tersebut terlihat bahwa dengan meningkatnya konsentrasi enzim dan banyaknya penggunaan batu apung menyebabkan nilai ketuaan warna menurun. Nilai ketuaan warna yang semakin menurun pada pengujian tingkat ketuaan warna pada proses *biopolishing*, dapat diartikan bahwa terjadi perubahan warna yang semakin besar pada T-shirt sesudah dilakukan proses *biopolishing*. Dalam hal ini kain yang telah diproses *biopolishing* dengan menggunakan enzim selulase tipe asam dan batu apung menjadi lebih muda.

Hal ini terjadi karena pengaruh kerja enzim selulase tipe asam, dan banyaknya batu apung yang digunakan sehingga mengakibatkan terjadinya

gesekan antara permukaan contoh uji dan batu yang mengakibatkan terputusnya rantai molekul selulosa tersebut sehingga warna memudar, yang merupakan penyebab terjadinya penurunan warna dari proses *biopolishing* menggunakan enzim selulase tipe asam dan batu apung.

Pengujian Kekuatan Jebol Kain

Pengujian kekuatan jebol dilakukan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi enzim dan batu apung pada contoh uji yang dikerjakan pada produk pakaian jadi T-shirt dengan bahan utama kapas 100 % berbahan kain rajut.

Gambar 3. Grafik pengaruh konsentrasi enzim dan penambahan batu apung pada pengujian tahan jebol cara diafragma

Berdasarkan Gambar 3., menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi enzim dan penambahan batu apung maka kekuatan jebol pada contoh uji semakin menurun. Hasil pengujian pengaruh konsentrasi enzim selulase tipe asam dengan konsentrasi 1%, 2% dan variasi batu apung 1/3 dan 1/2 volume mesin *washing* skala laboratorium, setelah proses *biopolishing* menunjukkan semakin tingginya konsentrasi enzim dan semakin banyaknya batu apung yang digunakan maka kekuatan jebol yang diperoleh semakin rendah. Hal ini disebabkan karena konsentrasi enzim semakin tinggi yang mengakibatkan terjadi kerusakan ikatan kimia dari

dinding primer molekul selulosa dan setelah itu larutan tersebut dapat sedikit menyerang pada dinding sekunder.^{2,10}. Hasil dari reaksi tersebut mengakibatkan kekuatan ikatan antara molekul selulosa berkurang menyebabkan penurunan kekuatan jebol.

Pengujian Ketahanan Gosok Kain Metode Martindale

Pengujian dilakukan untuk mengetahui adanya perubahan fisik contoh uji setelah dilakukan pengujian fisik kain terutama yang berhubungan dengan bulu setelah

dilakukan proses pencucian garmen, dengan menggunakan enzim dan batu apung. Pengujian dilakukan dengan menghitung perubahan pada tebal dan berat yang terjadi pada contoh uji. Hasil pengujian ditunjukkan pada Gambar 4.

Gambar 4 Grafik pengaruh konsentrasi enzim dan penambahan batu apung pada pengujian tahan gosok metode martindale (pengurangan tebal kain)

Berdasarkan Gambar 4 menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi enzim tipe asam dan semakin banyak batu apung yang digunakan maka semakin tinggi persentase pengurangan tebal contoh uji.

Hal ini disebabkan karena pengaruh banyaknya konsentrasi enzim dan banyaknya batu apung yang digunakan, mengakibatkan terjadinya gesekan antara permukaan contoh uji dan batu yang mengakibatkan terputusnya rantai molekul selulosa sehingga terkikisnya permukaan contoh uji yang menjadi penyebab tingginya persentase pengurangan tebal.

KESIMPULAN

Semakin tinggi penggunaan konsentrasi enzim selulase tipe asam dan penggunaan penambahan batu apung, maka makin berkurang bulu-bulu yang ada pada kaos sehingga menghasilkan *grade* yang makin baik pada pengujian *pilling*, pengurangan berat makin besar, beda warna makin tinggi, kecerahan warna makin tinggi, kekuatan jebol makin turun, dan pengurangan berat dan tebal pada pengujian tahan gosok metode *martindale* yang makin besar.

Konsentrasi terbaik pada Proses *biopolish* pada penggunaan konsentrasi enzim 1% dengan variasi

batu apung sebanyak 2100 gram (1/2 volume mesin washing kapasitas laboratorium diperoleh hasil *pilling* nilai 3, pengurangan berat sebesar sebesar 5,64 %, tingkat ketuaan warna 0,7117, tahan jebol cara diafragma yaitu 14,87 kg/m², dan tahan gosok metode *martindale* dengan nilai pengurangan berat dan pengurangan tebal sebesar 3,63 % dan 2,09 %.

DAFTAR PUSTAKA

1. Choudhury, A. K. R. *Environmental impacts of denim washing. Sustainability in Denim* (Elsevier Ltd, 2017). doi:10.1016/B978-0-08-102043-2.00003-4.
2. Sankarraj, N. & Nallathambi, G. Effect of biopolishing on structural degradation and physical properties of cellulose. *J. Serbian Chem. Soc.* **82**, 567–578 (2017).
3. Rasel, M. S., Shamsuzzaman, M., Bin, Z., Awal, A. & Rahman Khan, M. Analysis of the Influence of Enzyme Wash, Acid Wash, Ice Wash Analysis of the Influence of Enzyme Wash, Acid Wash, Ice Wash and Pigment Wash on the Properties of Knit Garment. **3**, 213–218 (2020).
4. Khalil, E. Study on Properties Analysis of Knitwear After Acid Wash. **3**, 2–6 (2016).
5. Yang, Z., Peng, H., Wang, W. & Liu, T. Crystallization behavior of poly(ε-caprolactone)/layered double hydroxide nanocomposites. *J. Appl. Polym. Sci.* **116**, 2658–2667 (2010).
6. K, M. Applications of enzymes in the textile industry: a review. *2nd Int. Congr. Eng. Ecol. Mater. Process. Ind. Jahorina, Bosnia Herzegovina; Tehnol. Fak. Zvornik* 230–239 (2011).
7. Saravanan, D., Vasanthi, N. S. & Ramachandran, T. A review on influential behaviour of biopolishing on dyeability and certain physico-mechanical properties of cotton fabrics. *Carbohydr. Polym.* **76**, 1–7 (2009).
8. Liu, J. *et al.* Selecting cellulases for bio-polishing based on enzyme selectivity and process conditions. *Text. Chem. Color. Am. Dyest. Report.* **32**, 30–36 (2000).
9. Mangat, A., Hes, L. & Bajzik, V. Effect of biopolishing on warm–cool feeling of knitted fabric: A subjective and an objective evaluations. *Autex Res. J.* **17**, 95–102 (2017).
10. Ali, H. *et al.* Cellulase Enzyme in Bio-finishing of Cotton-Based Fabrics: Effects of Process Parameters. *Res. J. Text. Appar.* **16**, 57–65 (2012).