

Peningkatan ketahanan suhu dingin kulit atasan sepatu melalui pengurangan daya penyerapan air dan pengaruhnya terhadap sifat fisik dan morfologi

Increasing cold resistance of upper leather by reducing its water absorption ability and the effects on the physical properties and morphology

Prayitno*, Emiliana Kasmudjiastuti

Balai Besar Kulit, Karet, dan Plastik, Jl. Sokonandi No. 9 Yogyakarta 55166, Indonesia

*Penulis korespondensi. Telp: +62 274 512929, 563939; Fax: +62 274 563655

E-mail: prayitno_bkpp@yahoo.com

Diterima: 16 September 2016 Direvisi: 17 Mei 2017 Disetujui: 18 Mei 2017

ABSTRACT

A research has been undertaken to increase the cold resistance of upper leather by decreasing its water absorption ability. Fluorinated acrylic polymer, a water repellent substance, was added at fatliquoring and finishing stages of upper leather with different concentrations levels. Research findings showed that an increase in the water-repellent concentration, i.e. by 5; 7.5; 10; 12.5; and 15%, result in increases in tensile strength, tearing strength, and elongation at break, whereas decreases in water absorption ability. No significant differences for the other physical properties such as water vapor absorption, water vapor permeability, and flexing resistance and they met the standard for shoe leather. Results of scanning electron microscopy indicated an increased thin layer of water repellent on leather fibers as the water-repellent concentration increased. The leather fibers looked smoother, glistened, and thicker. This indicates the penetration of water repellent onto leather fibers.

Keywords: water absorption, water repellent, cold resistance, upper leather.

ABSTRAK

Penelitian telah dilakukan untuk meningkatkan ketahanan terhadap suhu dingin kulit atasan sepatu dengan menurunkan daya serap airnya. Penelitian dilakukan dengan menambahkan suatu bahan *water repellent* jenis *fluorinated acrylic polymer* pada tahapan peminyakan dan *finishing* kulit atasan sepatu dengan konsentrasi yang divariasikan. Hasil penelitian menunjukkan, kenaikan konsentrasi *water repellent* 5; 7,5; 10; 12,5; dan 15% menaikkan kuat tarik, kuat sobek dan kemuluran, sedangkan daya serap air menurun. Sifat fisis penyerapan uap air dan permeabilitas uap air, dan ketahanan bengkok tidak menunjukkan perbedaan nyata dan memenuhi standar kulit sepatu. Hasil *scanning electron microscopy* (SEM) menunjukkan bertambahnya lapisan tipis dari *water repellent* pada serabut kulit dengan meningkatnya konsentrasi *water repellent*. Serabut kulit terlihat lebih halus, mengkilat, dan berisi. Hal tersebut menunjukkan adanya penetrasi *water repellent* pada serabut kulit.

Kata kunci: penyerapan air, *water repellent*, ketahanan dingin, kulit atasan.

PENDAHULUAN

Ketahanan air dari kulit tersamak merupakan salah satu sifat yang sangat penting untuk berbagai penggunaan produk dari kulit, seperti alas kaki dan jaket yang menuntut kenyamanan dalam pemakaiannya baik dalam keadaan basah maupun dingin. Kulit yang menyerap banyak air akan kehilangan sifatnya dalam mengisolasi panas mau-

pun dingin. Kulit atasan sepatu disyaratkan penyerapan air tidak melebihi 25-30% (Jankauskaitė *et al.*, 2012). Selain harus memenuhi batas penyerapan air, menurut Śmiechowski *et al.* (2014) atasan sepatu dituntut pula untuk kemampuannya dalam permeabilitas uap air (*water vapor permeability*) dan kemampuannya menyerap uap air (*water vapor absorption*).

Kulit atasan sepatu tahan dingin harus tahan air (*waterproofing*) untuk dapat menahan pengkerutan karena suhu dingin agar kulit tidak pecah, namun tetap memenuhi persyaratan *water vapor permeability* (WVP) dan *water vapor absorption* (WVA). Hal tersebut sangat bergantung pada teknis proses penyamakan terutama pada proses *retanning*, *fatliquoring*, dan *finishing* (Sharphouse, 1989).

Kulit mentah tersusun terutama dari protein kolagen dimana protein ini berpotensi untuk dilakukan modifikasi, salah satunya dengan mengubah sifat-sifat asam amino dari kolagen yang mudah mengalami pembusukan menjadi kulit samak yang tidak mengalami pembusukan. Covington (2009) menyebutkan ada sekitar 18 jenis asam amino yang masing-masing mempunyai rantai samping yang berbeda dalam struktur kolagen yang berperan dalam proses penyamakan, misal serin, sisteina, dan sistina berturut-turut dengan rantai samping $-\text{CH}_2\text{OH}$, $-\text{CH}_2\text{SH}$, dan $-\text{CH}_2\text{SSCH}_2-$ yang berpengaruh penting pada proses penghilangan bulu. Menurut Sarkar (1995) pada jaringan kolagen banyak dijumpai gugus-gugus polar fungsional seperti $-\text{OH}$, $-\text{COOH}$, $-\text{C}_2\text{H}_4\text{OH}$; $-\text{SH}$; $-\text{S-S}$; $-\text{CH}_2-\text{NH}_2$, dan $-\text{CONH}-$, juga gugus non polar meliputi $-\text{CH}_3$, $-\text{CH}(\text{CH}_3)_2$, $-\text{CH}_2$, dan $-\text{C}_6\text{H}_5$.

Kebanyakan bahan-bahan yang digunakan dalam proses penyamakan pada umumnya bersifat hidrofilik, yang mempunyai afinitas yang baik dengan air, sehingga sifat penyerapan air kulit samak yang dihasilkan besar. Oleh karena itu untuk meningkatkan ketahanan terhadap penyerapan air kulit tersamak, dapat ditempuh dengan beberapa cara baik pada tahapan proses maupun pada *finishing* dengan memodifikasi pada permukaan kulitnya.

Serenko *et al.* (2014) menyatakan untuk memproduksi kulit atasan sepatu dengan sifat *waterproof* dapat ditempuh dengan memberikan pelapisan tipis bahan polimer tertentu pada permukaan kulit atau dengan senyawa yang mengandung partikel nano pada proses *finishing*. Namun menurut Kanagy and Vickers (1950), penggunaan bahan untuk peningkatan ketahanan terhadap penyerapan air berakibat menurunkan sifat WVP yang merupakan salah satu faktor keenakan pakai dari sepatu. Menurut Tang *et al.* (2013) ada beberapa faktor yang mempengaruhi WVP seperti ketebalan kulit, berat jenis, dan kemampuan kulit menyerap air. Untuk kemampuan penyerapan air, semakin besar kemampuan kulit menyerap

air semakin besar sifat WVP-nya namun di sisi lain akan menurunkan ketahanan kulit terhadap suhu dingin. Untuk mendapatkan kulit samak dengan kemampuan menyerap air maksimum 30% (Jankauskaitė *et al.*, 2012) dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu dengan *sealing* kulit pada proses *finishing*-nya menggunakan lapisan tidak tertembus air. Dapat juga dengan proses *closed waterproofing* yaitu dengan menutup rongga-rongga di antara jaringan kulit dengan bahan *water repellent*, atau dengan *open waterproofing* yaitu dengan membentuk suatu *net hydrophobic* di sekitar jaringan tanpa pengisi permukaan.

Pengurangan kemampuan penyerapan air dengan metode *sealing* kulit dilakukan pada proses *finishing* dengan sistem pelapisan (*coating*) pada permukaan kulit, dengan metode ini akan menutup juga seluruh pori kulit sehingga mengurangi kenyamanan pada produknya. *Waterproofing* dengan metode *sealing* pelapisannya hanya dilakukan pada bagian permukaan kulit (*nerf*), sehingga pada bagian dagingnya masih memungkinkan untuk dapat menyerap air. Pada *closed waterproofing*, pori-pori kulit juga akan tertutup menyebabkan tidak ada aliran udara yang menyebabkan produk sepatunya tidak nyaman digunakan. Metode *open waterproofing* akan memberikan sifat *waterproofing* kulit juga pori-pori kulit tidak tertutup sehingga masih dimungkinkan untuk aliran udara dalam kulit.

Untuk membuat kulit atasan sepatu agar tahan terhadap suhu dingin dapat dilakukan dengan pemilihan bahan *retanning* maupun bahan *fatliquoring* (Jankauskaitė *et al.*, 2014). Bahan penyamak dan *retanning* dari jenis nabati akan memberikan kemampuan menyerap air yang besar, sehingga tidak sesuai untuk membuat kulit tahan dingin (Prayitno *et al.*, 2016). Menurut Shahat *et al.* (2010) bahan *retanning* derivat dari polimer akrilat dapat memberikan efek *waterproofing*. Proses peminyakan (*fatliquoring*) merupakan tahapan yang sangat penting pada proses pembuatan kulit atasan sepatu tahan dingin. Dengan proses ini dan rendahnya kandungan air dalam serat kulit diharapkan kulit akan tetap elastis dalam suhu rendah.

Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan ketahanan kulit terhadap suhu dingin dengan menurunkan daya serap air menggunakan bahan *water repellent* dari jenis *fluorinated acrylic polymer*. Bahan ini merupakan *repellency* air dan minyak yang sangat baik yang diharapkan dapat

memperbaiki penyerapan air kulit atasan sepatu hasil penelitian oleh Jankauskaitė *et al.* (2012) yang menggunakan *water repellent* jenis *emulsified synthetic oil* kombinasi dengan larutan dalam air *acrylic acid* dan *ester copolymer* yang menghasilkan penyerapan air sebesar 40%.

BAHAN DAN METODE

Bahan Penelitian

Bahan penelitian yaitu kulit sapi *wet blue*, *wetting agent* (Mulgan BW), natrium formiat, krom sintan, natrium bikarbonat, *neutralizing syntan*, resin akrilik, Tanicor SGN, Sincal MS, cat dasar, Derminol SBJ, Derminol SPE, anti jamur, asam formiat, *fluorinated acrylic polymer*, bahan *finishing* (RA2, RU3906, BI 372, FI11250, Penetrator, Pigmen), dan bahan untuk *top coating* (lak netral, *thinner* super, dan KS).

Peralatan Penelitian

Alat proses penyamakan meliputi drum penyamakan, alat pengetaman, alat pementangan, dan alat seterika, sedangkan untuk pengujian digunakan alat uji kuat tarik, kuat sobek dan kemuluran Zwick/Roell z020 tipe KAP-TC model 2007, penyerapan air, permeabilitas air dan uap air, dengan alat uji *water permeability tester STM 473*, alat uji *flexing*, dan *scanning electron microscope* (SEM) merek SNE 3200 M untuk uji morfologi.

Metode Penelitian

Rancangan penelitian dalam percobaan ini disusun dengan sistem pola searah, terdiri atas lima taraf perlakuan konsentrasi *water repellent* dengan jenis bahan penyamak krom. Tiap taraf perlakuan mendapatkan tiga kali ulangan sehingga terdapat 15 unit percobaan dan tiap satuan pengamatan terdiri dari satu *side* kulit.

Pelaksanaan penelitian dilakukan dengan bahan penyamak krom dan digunakan *water repellent* yang divariasi 5,0; 7,5; 10,0; 12,5; dan 15%. Hasil dianalisis untuk mengetahui jumlah *water repellent* yang dapat memberikan sifat-sifat kulit atasan yang *waterproof* dan tahan dingin. Proses penyamakan dilaksanakan sebagai berikut: bahan

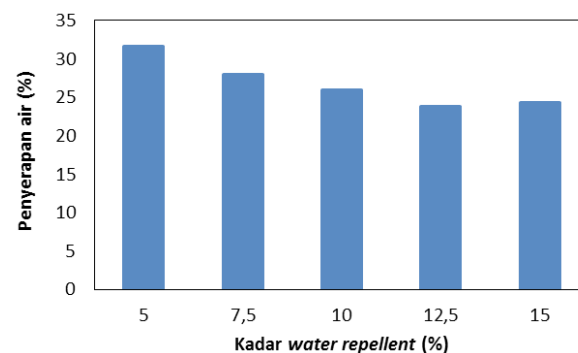
baku berupa kulit *wet blue* sapi, setelah dilakukan pembasahan ulang (*wetting back*) dan pencucian, dilakukan penetralan hingga pH = 5 menggunakan natrium formiat, soda kue, dan *neutralizing syntan*. Kemudian dilakukan penyamakan ulang dengan menggunakan bahan penyamak resin akrilik dan Tanicor SGN dilanjutkan dengan pengecatan dasar menggunakan cat dasar warna hitam dan penetrator Sincal MS. Proses peminyakan dengan bahan *fatliquor* Derminol SBJ, Derminol SPE, dan anti jamur, setelah fiksasi dengan FA, ditambahkan *water repellent* jenis *fluorinated acrylic polymer*. Terakhir proses *finishing* dan *top coating*.

Pengujian analisis kimia dan fisika kulit atasan sepatu meliputi uji: penyerapan air, kekuatan tarik, kemuluran, kekuatan sobek, WVP, WVA, ketahanan bengkok (ISO, 2007), dan morfologi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penyerapan Air

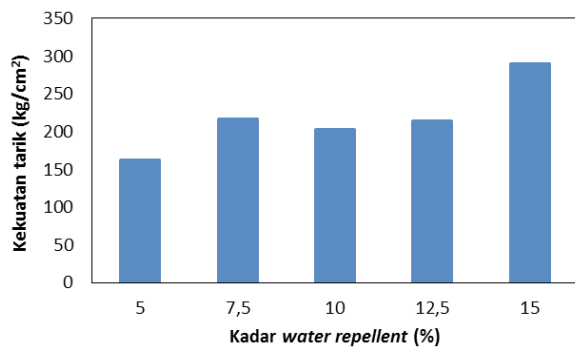
Hasil uji penyerapan air kulit atasan sepatu samak krom dengan penambahan *water repellent* disajikan pada Gambar 1. Dari grafik terlihat meningkatnya penggunaan *water repellent* akan menurunkan kemampuan absorpsi air dari kulit tersamak dengan bahan penyamak krom, sesuai dengan maksud penggunaan *water repellent* yang merupakan bahan yang bersifat *hydrophobic* yang melapisi serat kulit. Penyerapan air terendah terjadi pada penggunaan *water repellent* 12,5%, yaitu sebesar 23,8%, masih memenuhi persyaratan untuk kulit tahan dingin yakni 25% (Jankauskaitė *et*



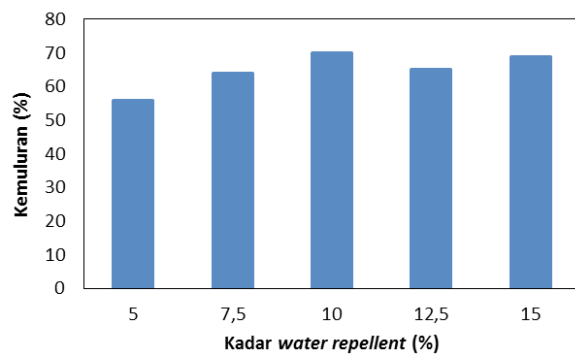
Gambar 1. Grafik kadar *water repellent* vs penyerapan air.

Tabel 1. Analisis sidik ragam penyerapan air.

Sumber keragaman	d.b	SS	MS	F _{hit}	F _{tbl}
Treatment	(n-1) = 4	SS _t = 1208,90	S _t ² = 113,40	1,50	3,48
Error	n(k-1)=10	SS _e = 755,30	S _p ² = 75,53		



Gambar 2. Grafik kadar *water repellent* vs kekuatan tarik.



Gambar 3. Grafik kadar *water repellent* vs kemuluran.

al., 2012), sedangkan penggunaan *water repellent* 5% memberikan kulit samak krom yang tinggi sebesar 31,58%, tidak memenuhi persyaratan kulit atasan sepatu tahan dingin.

Hasil analisis sidik ragam dengan taraf kepercayaan 95% seperti disajikan pada Tabel 1. Diperoleh $F_{hit=1,50} \leq F_{tbl=3,48}$ menunjukkan adanya penurunan yang tidak berbeda nyata pada setiap perlakuan. Hal tersebut kemungkinan disebabkan sifat samak krom yang memberikan suhu kerut tinggi berarti tingkat kematangan penyamakan tinggi sehingga afinitas serat terhadap air akan rendah.

Kuat Tarik

Uji kuat tarik kulit atasan sepatu tahan dingin hasil penelitian disajikan pada Gambar 2. Hasil menunjukkan adanya kenaikan kuat tarik dari setiap kenaikan penambahan bahan *water repellent*. Hal tersebut kemungkinan disebabkan meningkatnya kadar *water repellent* selain akan menghambat penyerapan air juga sifat minyak dari *water repellent* akan meningkatkan keliatan serat-serat kulit sehingga kuat tariknya meningkat. Namun dari grafik terlihat bahwa terjadi inkonsistensi dalam kekuatan tarik pada kulit hasil penelitian dengan

penggunaan *water repellent* 7,5%. Hal tersebut kemungkinan disebabkan tidak seragamnya mutu bahan baku kulit *wet blue* sehingga kuat tarik yang dihasilkan meninggi.

Hasil analisis sidik ragam untuk kuat tarik disajikan pada Tabel 2, terlihat dari bahwa $F_{hitung=1,33}$ lebih rendah dari $F_{table=3,48}$, sehingga kadar *water repellent* tidak mempengaruhi sifat kuat tarik dari kulit jadi. Sifat fisika kulit jadi sangat ditentukan oleh jenis bahan penyamak yang digunakan. Samak krom saat ini merupakan bahan penyamak yang memberikan keunggulan dalam sifat fisika kulit.

Kemuluran

Hasil uji kemuluran disajikan pada Gambar 3, dari grafik terlihat bahwa *water repellent* tidak memberikan pengaruh nyata pada sifat kemuluran kulit jadi, hal tersebut dikarenakan kemuluran ditentukan oleh jenis dan jumlah minyak (*fatliquor* yang digunakan). Pada penelitian ini digunakan jenis dan jumlah *fatliquor* yang sama. Selain itu juga ditentukan oleh bahan baku kulit mentahnya, dengan kualitas bahan baku baik akan memberikan kemuluran yang tinggi.

Tabel 2. Analisis sidik ragam kekuatan tarik.

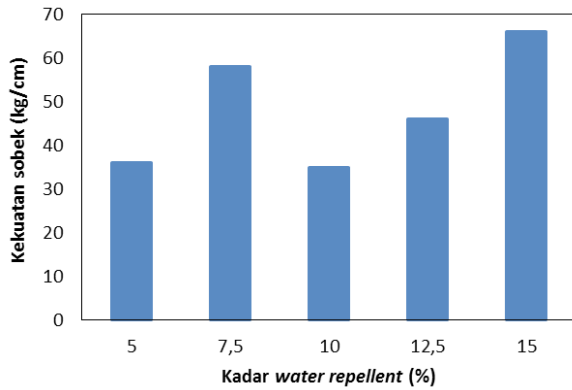
Sumber keragaman	d.b	SS	MS	F_{hit}	F_{tbl}
Treatment	(n-1) = 4	$SS_t = 1\ 1445,30$	$S_t^2 = 2861,32$	1,33	3,48
Error	n(k-1)=10	$SS_e = 21460,01$	$S_p^2 = 2146,00$		

Tabel 3. Analisis sidik ragam kemuluran.

Sumber keragaman	d.b	SS	MS	F_{hit}	F_{tbl}
Treatment	(n-1) = 4	$SS_t = 427,19$	$S_t^2 = 106,80$	1,64	3,48
Error	n(k-1)=10	$SS_e = 651,64$	$S_p^2 = 64,16$		

Tabel 4. Analisis sidik ragam kuat sobek.

Sumber keragaman	d.b	SS	MS	F _{hit}	F _{tbl}
Treatment	(n-1) = 4	SS _t = 1337,59	S _t ² = 334,40	2,31	3,48
Error	n(k-1)=10	SS _e = 1449,16	S _p ² = 144,92		



Gambar 4. Grafik kadar *water repellent* vs kekuatan sobek.

Hasil analisis sidik ragam kemuluran disajikan pada Tabel 3, $F_{hitung=1,64}$ lebih kecil dari $F_{tabel=3,48}$ ini berarti bahwa kadar *water repellent* tidak memberikan pengaruh nyata pada sifat kemuluran kulit jadi.

Kekuatan sobek

Hasil uji kekuatan sobek dari kulit atasan sepatu tahan dingin yang disamak dengan krom disajikan pada Gambar 4. Peningkatan kuat sobek dengan naiknya kadar *water repellent* yang digunakan dikarenakan *water repellent* dapat pula berfungsi sebagai bahan *fatliquoring*, sehingga naiknya bahan *water repellent* akan menaikkan keliatan dari kulit samak yang dihasilkan.

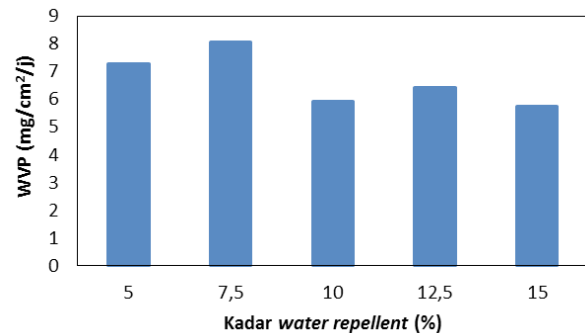
Dari grafik terlihat bahwa tidak ada kekonsistenan dalam kekuatan sobek pada kulit hasil penelitian dengan penggunaan *water repellent* 7,5%. Hal tersebut kemungkinan disebabkan tidak seragamnya mutu bahan baku kulit *wet blue*, sehingga kuat sobek yang dihasilkan meninggi.

Hasil analisis statistik dengan taraf kepercayaan 95% disajikan pada Tabel 4. Analisis sidik ragam memberikan $F_{hit=2,31} \leq F_{tbl=3,48}$ menunjukkan tidak ada beda nyata diantara perlakuan ($P \geq 0.05$), seperti sifat kuat tarik, kuat sobek juga sangat dipengaruhi tingkat kemasakan penyamakannya dan juga jenis bahan penyamak yang digunakan.

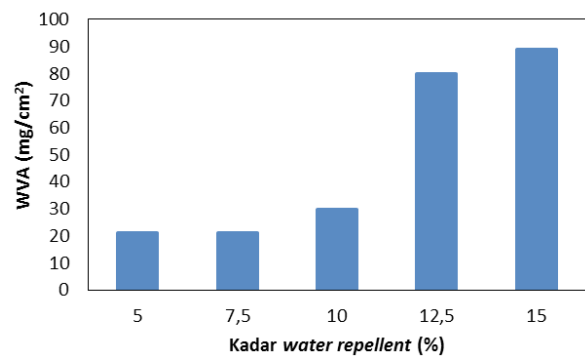
WVP dan WVA

Kemampuan permeabilitas uap air dan pe-

nyerapan uap air kulit sangat diperlukan untuk kulit atasan sepatu untuk kenyamanan pemakai, mengingat suhu didalam sepatu akan lebih panas karena suhu dari tubuh pengguna dibandingkan suhu diluar maka uap air akan bergerak dari dalam keluar (Gulbinienė *et al.*, 2003), sehingga pori bagian dalam kulit tetap harus terbuka, sedang untuk bagian kulit luar untuk mengurangi penyerapan air perlu dibuat pelapisan pada proses *finishing*. Hasil penelitian (Gambar 5 dan 6) menunjukkan semua perlakuan memenuhi yang disyaratkan. Namun meningkatnya kadar *water repellent* yang ditambahkan akan menurunkan permeabilitas uap airnya (WVP). Menurut Kanagy and Vickers (1950) penggunaan bahan untuk peningkatan ketahanan terhadap penyerapan air berakibat menurunkan sifat WVP, namun masih memenuhi persyaratan untuk kulit atasan sepatu tahan dingin, sedangkan WVA menunjukkan adanya kecenderungan meningkat.



Gambar 5. Grafik kadar *water repellent* vs WVP.



Gambar 6. Grafik kadar *water repellent* vs WVA.

Ketahanan bengkok

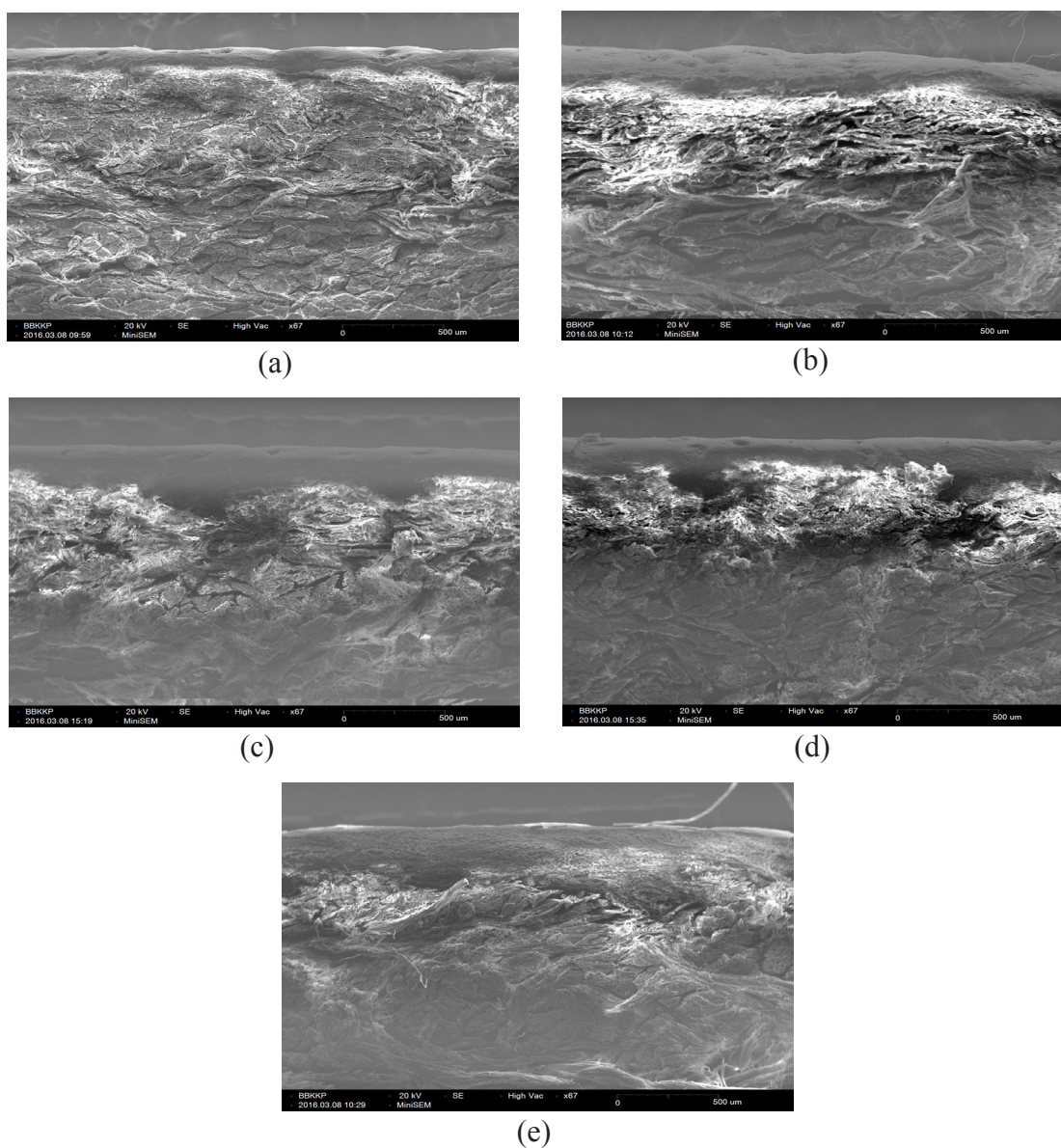
Hasil uji terhadap kekuatan bengkok menunjukkan bahwa semua perlakuan penambahan *water repellent* pada formulasi hasil penelitian memberikan hasil ketahanan bengkok yang baik. Kulit tidak retak pada pengujian dengan lekukan 20.000 kali.

Ini berarti bahwa ketahanan bengkok kulit samak krom dengan peminyakan menggunakan bahan Derminol SPJ sebagai *fatliquor* sintetik dan Derminol SPE sebagai *fatliquor* alami ditambah dengan *water repellent* 5-15% telah memberikan sifat kelembasan kulit yang baik (Prayitno *et al.*, 2016). Sahat *et al.* (2010) menyatakan bahwa

kulit yang disamak dengan krom mempunyai keunggulan dalam hal kemudahan proses, suhu kerut, kuat tarik, kelembasan dan *softness* kulit samak yang dihasilkan.

Morfologi kulit

Pengamatan penampang lintang kulit menggunakan SEM (Gambar 7) menunjukkan struktur *nerf* berserat cukup bersih, halus dan cerah dan meningkatnya konsentrasi *water repellent* menunjukkan pelapisan yang bertambah merata dan halus dan lebih kompak dan pori-pori rambut tidak terlihat jelas, lapisan terlihat kompak sehingga *nerf* terlihat tidak berongga.



Gambar 7. Hasil uji SEM kulit dengan *water repellent* (a) 5%; (b) 7,5%; (c) 10%; (d) 12,5%; dan (e) 15%.

Tabel 5. Standar ISO/TR 20879:2007.

No.	Macam Uji	Syarat ISO (2007)
1	Penyerapan air (%)	≤ 20
2	Kuat tarik (N/mm)	≥ 203,94
3	Kemuluran, (%)	≥ 15
4	Kuat sobek (kg/cm)	≥ 30,59
5	WVP (mg/cm ² /jam)	≥ 0,8
6	WVA (mg/cm ²)	≥ 5
7	Ketahanan bengkok (20.000 kali)	Tidak retak

Pemenuhan Standar ISO 20879:2007

Dari penelitian terhadap parameter utama kulit atasan sepatu tahan dingin, terlihat bahwa penggunaan *water repellent* 7,5% s/d 15% sesuai perlakuan dalam penelitian memberikan hasil yang memenuhi persyaratan kulit atasan sepatu tahan dingin (Tabel 5). Hasil uji kadar air menunjukkan sedikit lebih tinggi dari yang disyaratkan ISO, namun secara umum masih memenuhi syarat untuk kulit sepatu tahan dingin yaitu antara 25-30% (Jankauskaitė *et al.*, 2012). Sedang dengan *water repellent* 5%, kekuatan tarik belum memenuhi persyaratan.

KESIMPULAN

Kulit atasan sepatu tahan dingin dapat dibuat dengan penyamakan menggunakan bahan samak krom dengan proses finishing menggunakan *water repellent* jenis *fluorinated acrylic polymer* kemampuan penyerapan air minimum diperoleh dengan menggunakan konsentrasi *water repellent* 12,50% sebesar 23,80% , nilai tersebut kurang dari 30% yang merupakan syarat umum maksimum kulit tahan suhu dingin. Meningkatnya konsentrasi *water repellent* akan meningkatkan penyerapan uap air (WVA) dan kuat tarik dan kemuluran kulit tersamak sedangkan permeabilitas akan turun. Analisis SEM menunjukkan adanya pelapisan *water repellent* pada serabut kulit.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami diucapkan kepada Kepala Balai besar kulit, karet dan plastik dan Kepala Bidang Sarana Riset dan Standardisasi atas ijin menggunakan fasilitas yang ada di Balai Besar Kulit, Karet, dan Plastik sehingga penelitian ini dapat diselesaikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Covington, A. D. (2009). *Tanning chemistry: The science of leather*. Cambridge, UK: The Royal Society of Chemistry.
- Gulbinienė, A., Jankauskaitė, V., & Mickus, K. V. (2003). Effect of leather finishing technology on water vapour transmission. Part II: Water vapour transfer through microporous film laminated leather. *Material Science*, 10(3), 275-280.
- ISO (International Organization for Standardization). (2007). *ISO/TR 20879:2007: Footwear-performance requirement for components for footwear-uppers*. Jenewa, Swiss: ISO.
- Jankauskaitė, V., Jiyembetova, I., Gulbinienė, A., Širvaitytė, J., Beleška, K., & Urbelis, V. (2012). Comparable evaluation of leather waterproofing behaviour upon hide quality. I: Influence of retanning and fatliquoring agents on leather structure and properties. *Materials Science*, 18(2), 150-157, <https://doi.org/10.5755/j01.ms.18.2.1918>
- Jankauskaitė, V., Gulbinienė, A., Jiyembetova, I., Širvaitytė, J., Urbelis, V., & Mickus, K. V. (2014). Comparable evaluation of leather waterproofing behaviour upon hide quality. II. Influence of finishing on leather properties. *Materials Science*, 20(2), 165-170, <https://doi.org/10.5755/j01.ms.20.2.2339>
- Kanagy, J. R. & Vickers, R. A. (1950). Factors affecting the water vapor permeability of leather. *Journal of American Leather Chemist Association*, 45, 211-242.
- Prayitno, P., Kasmujiastuti, E., & Rahmawati, D. (2016). Pengaruh bahan *water repellent* terhadap morfologi dan sifat-sifat fisika pada pembuatan kulit atasan sepatu ramah lingkungan. *Majalah Kulit, Karet, dan Plastik*, 32(2), 75-84, <https://doi.org/10.20543/mkpk.v32i2.922>
- Sarkar, K.T. (1995). *Theory and practice of leather manufacture* (Revised edition 1995), Madras, India: CLC Press.
- Serenko, O., Nizamova, Z., Kalinin, M., Ostrovsky, Y., Polukhina, L., & Muzafarov, A. (2014). Effect of the morphology of leather surface on the hydrophobic-hydrophilic properties. *Advances in Materials Physics and Chemistry*, 4, 13-19, <https://doi.org/10.4236/amcp.2014.42003>
- Shahat, H. A., Hussein, A. I., & Essa, M. M. (2010). Retanning agent for chrome tanned leather based on emulsion nano-particles of styrene/butyl acrylate copolymer. *New York Science Journal* 3(11), 13-21.
- Sharphouse, J. H. (1989). *Leather technician's handbook*. London, UK: Leather Producer Assosiation.
- Śmiechowski, K., Zarlok, J., & Kowalska, M. (2014). The relationship between water vapour

permeability and softness for leather produced in Poland. *Journal of the Society of Leather Technologist & Chemist*, 98(6), 259-263.

Tang, K., Wang, F., Liu, J., Jia, P., & Liu, J. (2013). Water vapor permeability of leathers by grey system theory. *Reviews on Advanced Materials Science*, 33, 373-382.