Kementerian Perindustrian
REPUBLIK INDONESIA

POLITEKNIK ATK
ALAS KAKI, KULIT, KARET, & PLASTIK
YOGYAKARTA

Zona Integritas
POLITEKNIK ATK Yogyakarta
Predikat WBK menuju WBBM

VOL. 25
EDISI
1



BERKALA PENELITIAN
TEKNOLOGI KULIT,KARET DAN PLASTIK

1411-7703 **ISSN**
2964-2442 **E-ISSN**

2026

FOCUS AND SCOPE

- Arts
- Chemical Engineering, Chemistry and Bioengineering
- Engineering
- Industrial and Manufacturing Engineering
- Social Science

Diterbitkan oleh :
POLITEKNIK ATK
YOGYAKARTA

GARUDA GARBA RUJUKAN DIGITAL
Crossref
doi
OJS OPEN JOURNAL SYSTEMS
Google Scholar

ATeKA Adaptif inTegritas Kolaboratif Amanah

BERKALA PENELITIAN
TEKNOLOGI KULIT, KARET & PLASTIK

Email :
majalah@politeknikatk.ac.id

ARTICLES

HALAL CRITICAL CONTROL POINT ANALYSIS IN LEATHER TANNING INDUSTRY 1-14

PALM OIL-BASED NANO-FATLIQUORING AGENTS FOR LEATHER TANNING: A NARRATIVE REVIEW 15-22

UTILIZATION OF CHROME-TANNED LEATHER SHAVING AND BUFFING WASTE AS RAW MATERIALS FOR KEYCHAINS USING POLYURETHANE ADHESIVE 23-30

EVALUATION OF THE PHYSICAL AND CHEMICAL QUALITY OF CHROME- TANNED BOX LEATHER AS SHOE UPPER MATERIAL BASED ON ISO 20942:2019 31-43

DEVELOPMENT OF STANDARD OPERATING PROCEDURES FOR WALKING FOOT SEWING MACHINE NEEDLE REPLACEMENT BASED ON THE DECLINE OF STITCH QUALITY IN LEATHER PRODUCT MANUFACTURING AT SMALL AND MEDIUM INDUSTRY 44-57

p-ISSN : 1411-7703
e-ISSN : 2746-2625

HALAL CRITICAL CONTROL POINT ANALYSIS IN LEATHER TANNING INDUSTRY

ANALISIS TITIK KRITIS KEHALALAN PADA PROSES PENYAMAKAN KULIT

Dian Nur Amalia[1,*], Swatika Juhana[1]

[1]Program Studi Teknologi Pengolahan Kulit, Politeknik ATK Yogyakarta, Indonesia

[*] Corresponding author: dian.nur.amalia@politeknikatk.ac.id

Abstract:
The concept of halal, which is no longer limited to the food and beverage sector, has increased attention to halal compliance in non-edible industries, including the leather tanning industry. The leather tanning process involves several stages, namely beamhouse, tanning, post-tanning, and finishing, all of which must meet the requirements of the Halal Product Assurance System (SJPH). Within this framework, halal assurance encompasses not only the final product but also raw materials, additives, production facilities, storage, and distribution, ensuring consistent implementation. This article aims to systematically identify critical halal points across all stages of the leather tanning process based on the HPS framework. Halal analysis of the leather raw material production process is necessary because it is directly related to the halal status of the resulting products. As we know, leather products come into direct contact with users. A qualitative approach was employed through observations of practical training sessions in the Leather Processing Technology Program at the ATK Polytechnic in Yogyakarta, as well as a review of relevant literature. The results of the literature synthesis identified 21 halal critical points in the leather tanning process, consisting of 23.81% low-category critical points, 47.62% medium-category critical points, and 28.57% high-category critical points. The dominance of the medium category indicates the need for attention to the origin of materials, processing methods, and cross-contamination in meeting halal principles.

Keywords: *Halal assurace*, Animal hides, Tanning process, Halal critical control point

Intisari:
Konsep halal yang tidak lagi terbatas pada sektor makanan dan minuman telah meningkatkan perhatian terhadap kepatuhan halal pada industri non-edible, termasuk industri penyamakan kulit. Proses penyamakan kulit melibatkan beberapa tahapan, yaitu *beamhouse, tanning*, *pasca-tanning,* dan *finishing,* yang seluruhnya harus memenuhi ketentuan dalam Sistem Jaminan Produk Halal (SJPH). Dalam kerangka ini, jaminan halal tidak hanya mencakup produk akhir, tetapi juga bahan baku, bahan tambahan, fasilitas produksi, penyimpanan, hingga distribusi yang

p-ISSN : 1411-7703
e-ISSN : 2746-2625
mendukung konsistensi penerapannya. Artikel ini bertujuan untuk mengidentifikasi secara sistematis titik kritis kehalalan pada seluruh tahapan proses penyamakan kulit berdasarkan kerangka SJPH. Analisis kehalalan terhadap proses produksi bahan baku kulit perlu dilakukan karena terkait dengan kehalalalan produk yang dihasilkan. Sebagaimana kita tahu bahwa produk kulit bersinggungan langsung dengan pengguna. Pendekatan kualitatif dilakukan melalui observasi pada pembelajaran praktik di Program Studi Teknologi Pengolahan Kulit Politeknik ATK Yogyakarta serta kajian literatur yang relevan. Hasil sintesis pustaka mengidentifikasi 21 titik kritis halal pada proses penyamakan kulit yang terdiri atas 23,81% titik kritis kategori rendah, 47,62% kategori sedang, dan 28,57% kategori tinggi. Dominasi kategori sedang menunjukkan perlunya perhatian terhadap asal bahan, proses pengolahan, dan kontaminasi silang dalam pemenuhan prinsip halal.

Kata kunci: *Halal assurace*, Kulit hewan, Proses penyamakan, Titik kritis halal,

Pendahuluan

Seiring meningkatnya kesadaran masyarakat terhadap kehalalan produk, konsep halal tidak lagi terbatas pada sektor makanan dan minuman, tetapi juga meluas ke berbagai produk *non-edible*. Terdapat sejumlah produk yang wajib memiliki sertifikasi halal, salah satunya adalah barang gunaan yang dipakai, digunakan, atau dimanfaatkan [1]. Terjadi peningkatan jumlah produk bersertifikat halal pada periode 2023-2025. Jumlah produk bersertifikasi halal di Indonesia pada 2023, 2024, dan 2025 berturut-turut 2,9 juta produk [2], 5,7 juta produk [3], dan 9,6 juta produk [4]. Halal telah berkembang menjadi bagian dari gaya hidup dan standar kepercayaan konsumen di negara yang mayoritas penduduknya muslim seperti Indonesia. Penelitian tersebut menemukan bahwa tingkat kesadaran halal konsumen Indonesia tergolong sangat baik (sangat tinggi) dengan indeks sebesar 94,91. Kesadaran halal konsumen tersebut didukung oleh indeks keyakinan religius yang sangat tinggi (96,61), alasan kesehatan (89,83), dan logo sertifikasi (84,71), serta indeks paparan informasi yang baik (78,72) [5]. Produk *non-edible*, termasuk barang berbahan kulit, mulai mendapat perhatian terkait aspek kehalalannya, mengingat bahan baku dan bahan penunjang yang digunakan dalam proses produksinya dapat berasal dari sumber yang tidak halal. Barang gunaan wajib bersertifikat halal karena jika bahan atau produk mengandung najis atau haram, maka ketika bersentuhan dengan makanan akan membuat makanan tersebut tercemar barang haram atau najis, sehingga menjadi haram dikonsumsi [6].

Proses penyamakan kulit merupakan tahap awal yang menentukan dalam produksi barang kulit, dimana kulit mentah diproses melalui serangkaian tahapan, mulai dari proses basah (*beamhouse*), *tanning, retanning*, hingga finishing [7]. Setiap tahapan tersebut melibatkan penggunaan berbagai bahan kimia dan bahan tambahan yang berasal dari sumber anorganik, nabati, mikroba, maupun hewani. Penggunaan bahan dari sumber non-halal atau terjadinya kontaminasi silang selama proses dapat memengaruhi status halal bahan kulit yang dihasilkan.

Prinsip kehalalan tidak hanya ditentukan oleh kehalalan bahan baku, tetapi juga oleh keseluruhan proses produksi [8-9], termasuk pengendalian risiko kontaminasi dan penerapan sistem jaminan halal. Selain itu, industri penyamakan kulit juga menghasilkan limbah cair dan

p-ISSN : 1411-7703
e-ISSN : 2746-2625
padat yang memerlukan pengelolaan khusus. Pengelolaan limbah yang tidak tepat berpotensi menimbulkan risiko kontaminasi tidak langsung [10] terhadap proses produksi kulit halal.

Sejumlah penelitian terdahulu umumnya berfokus pada aspek teknis penyamakan kulit dan mutu produk, sedangkan identifikasi titik kritis kehalalan pada setiap tahapan proses, termasuk keterkaitannya dengan pengelolaan limbah masih jarang dikaji secara komprehensif. Kondisi ini menunjukkan adanya kesenjangan penelitian (*research gap*) terkait integrasi aspek kehalalan dan pengelolaan risiko kontaminasi pada industri penyamakan kulit. Ruang lingkup kajian pada artikel ini difokuskan untuk mengidentifikasi titik kritis kehalalan pada tahapan proses penyamakan kulit dan tidak mencakup evaluasi efektivitas pengendalian risiko atau implementasi sistem jaminan halal. Berdasarkan kondisi tersebut, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana titik kritis kehalalan pada setiap tahapan proses penyamakan kulit serta implikasi pengelolaan limbah terhadap potensi risiko kontaminasi dalam proses produksi kulit halal. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi titik kritis kehalalan dalam proses penyamakan kulit sebagai dasar penguatan produk kulit halal.

Metode Penelitian

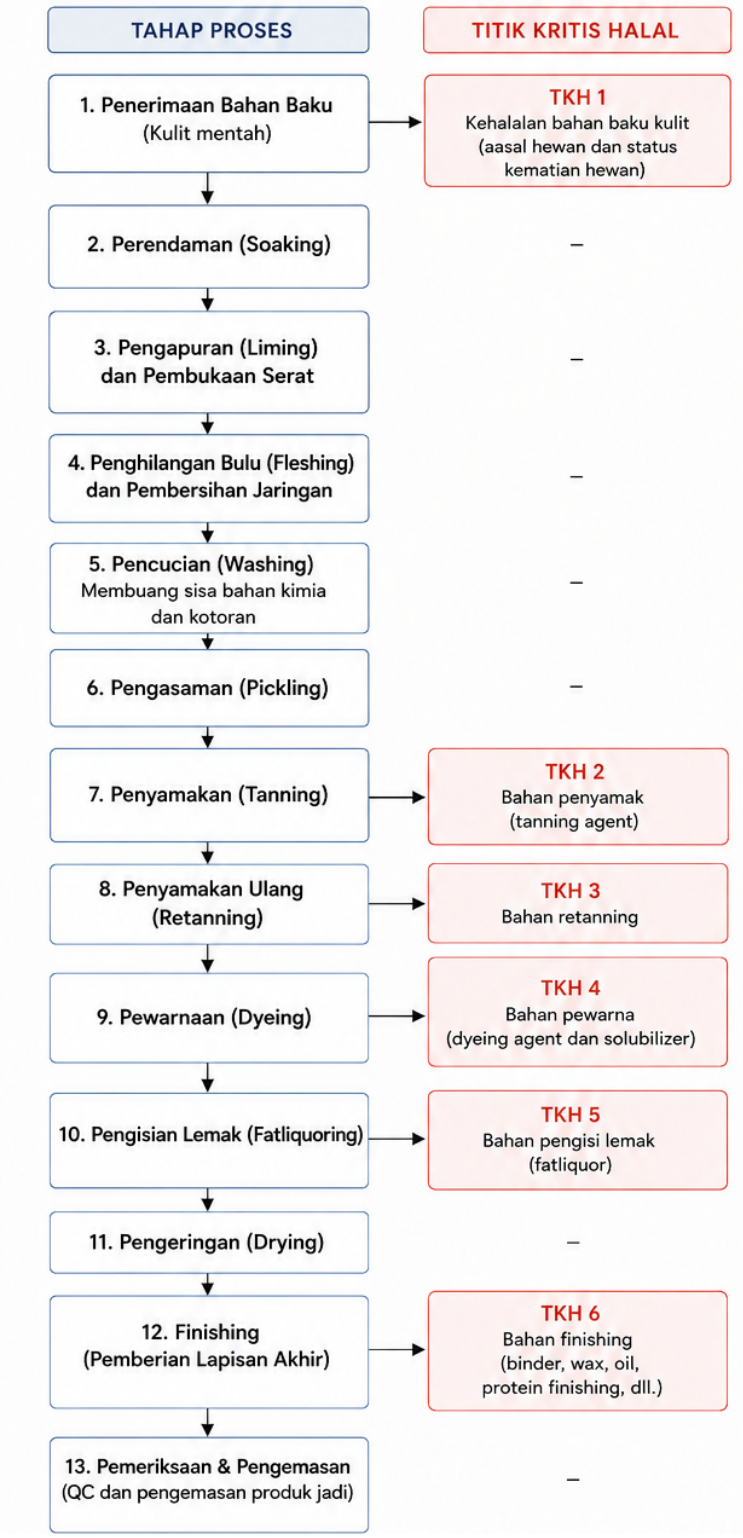
Artikel ini ditulis menggunakan pendekatan kualitatif berbasis studi literatur untuk mengidentifikasi titik kritis kehalalan pada proses penyamakan kulit. Data diperoleh melalui telaah berbagai sumber sekunder yang meliputi literatur ilmiah, regulasi halal, regulasi teknis penyamakan kulit, serta kajian terkait titik kritis kehalalan pada proses produksi barang non-edible. Analisis difokuskan pada tahapan proses penyamakan kulit yang berpotensi memiliki titik kritis mulai dari bahan baku, proses basah, proses tanning- finishing, hingga pengolahan limbah. Observasi terbatas pada kegiatan proses produksi kulit di Program Studi Teknologi Pengolahan Kulit Politeknik ATK Yogyakarta dilakukan sebagai pengamatan kontekstual untuk memahami alur proses, namun tidak digunakan sebagai pengumpulan data promer yang sistematis. Analisis dilakukan secara deskriptif melalui content analysis untuk mengidentifikasi potensi titik kritis halal berdasarkan temuan literatur dan kesesuaiannya dengan tahapan proses penyamakan kulit.

Hasil dan Pembahasan

Sistem Jaminan Produk Halal

Sistem Penjaminan Produk Halal (SJPH) merupakan sistem pengelolaan terintegrasi yang mengatur bahan, proses produksi, sumber daya manusia, serta prosedur untuk memastikan bahwa proses produksi berlangsung secara halal [11]. SJPH mencakup bahan, proses produksi, penyimpanan, pengemasan, distribusi, dan prosedur yang menjaga keberlanjutan kehalaln produk. Selain bahan baku, dalam SJPH seluruh sistem produksi harus terjamin halal secara konsisten dan terdokumentasi.

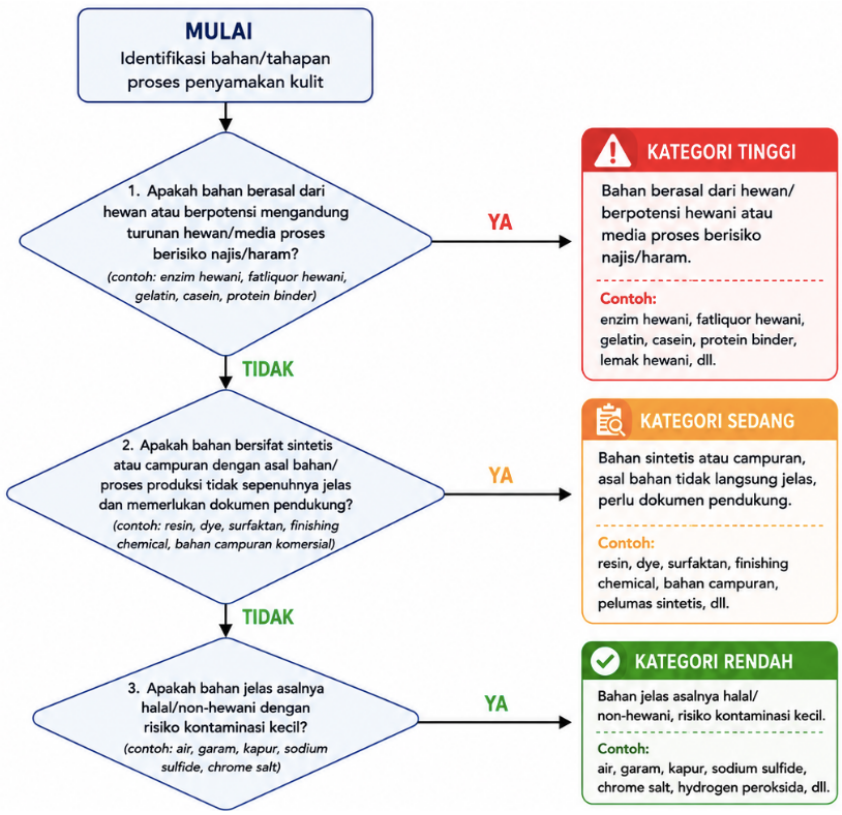
p-ISSN : 1411-7703
e-ISSN : 2746-2625



Gambar 1. *Flowchart* proses penyamakan dan titik kritisnya

p-ISSN : 1411-7703
e-ISSN : 2746-2625

Berikut adalah decision tree yang dapat digunakan dalam penentuan kategori kekritisan pada proses penyamakan kulit.



Gambar 2. *Decision tree* dalam penentuan titik kritis halal pada proses penyamakan kulit

Bahan Baku

Kulit yang dapat disamak meliputi kulit mamalia, kulit ikan, kulit unggas, maupun kulit hewan melata. Titik penting dalam pemilihan bahan baku adalah seluruh kulit yang berasal dari bangkai jika disamak akan suci dan halal. Kulit yang disamak akan menjadi suci kecuali kulit anjing dan babi [12]. Fatwa MUI Nomor 15 Tahun 2021 [13] menekankan bahwa penyamakan menurut syariat Islam harus memenuhi persyaratan berikut:

1. Harus dibuat dari hewan selain babi dan anjing,
2. Menggunakan metode khusus untuk menghilangkan lendir dan bau,
3. Membersihkan permukaan dari kotoran, dan
4. Membilas secara menyeluruh untuk memastikan kesucian.
5. Kulit yang telah disamak boleh digunakan untuk produk garmen atau produk pakai lainnya, tetapi tidak untuk makanan.

Titik kritis bahan baku kulit yang disamak terletak pada asal hewan. Seperti yang kita ketahui, semua bagian dari hewan mulai dari kulit, tulang, darah, jeroan, hingga bulu dapat dimanfaatkan menjadi produk-produk berbasis hewani dan turunannya. Dengan pemanfaatan berbagai bagian ini maka produk turunan hewani yang diharamkan dapat menyebar ke berbagai produk untuk berbagai keperluan. Penyebaran ke berbagai produk

p-ISSN : 1411-7703
e-ISSN : 2746-2625

dan bahan inilah yang memerlukan perhatian serius karena menyebabkan status suatu produk menjadi haram [14]. Lebih dalam lagi, titik kritis lain pada bahan baku adalah status hewan saat mati, proses pengulitan dan penanganan awal bahan baku. Berikut disajikan matriks yang menyajikan analisis lebih detail mengenai titik kritis pada tahap bahan baku.

Tabel 1. Titik kritis dan pengendalian terkait kehalalan bahan baku

Titik kritis	Kategori kekritisan	Uraian	Pengendalian
Asal hewan	Tinggi	Asal hewan adalah titik kritis utama yang paling menentukan kehalalan kulit di tahap awal*	Pemilihan kulit yang berasal dari hewan selain anjing dan babi dan turunannya
Status hewan saat mati	Tinggi	Status hewan, seperti mati karena disembelih secara syar'i atau termasuk bangkai	Harus memastikan jika kulit yang akan disamak berasal dari bangkai perlu ditandai dan dipisahkan dari kulit yang berasal dari ternak yang mati karena disembelih untuk menjamin keterlacakan (*traceability*) asal bahan baku kulit dalam proses produksi
Pengulitan dan Penanganan awal	Tinggi	Pengulitan yang tidak higienis serta pencampuran antara kulit halal dan non-halal pada tahap pengumpulan, pengawetan, dan penyimpanan berpotensi menimbulkan kontaminasi silang yang memengaruhi status kehalalan bahan kulit	Memastikan proses pengulitan menggunakan pisau yang khusus untuk menguliti hewan halal, tidak mencampur-campur tempat penanganan kulit hewan supaya meminimalisir kontaminasi silang

*Kulit yang berasal dari bangkai merupakan titik kritis halal pada tahap penerimaan bahan baku. Menurut mayoritas ulama, penyamakan dapat menyucikan kulit bangkai selain kulit babi dan anjing. Namun, dalam sistem jaminan produk halal, asal-usul hewan dan proses penyembelihan tetap perlu diverifikasi untuk memastikan kesesuaian dengan persyaratan halal yang berlaku. Oleh karena itu, dokumentasi sumber bahan baku menjadi aspek penting dalam pengendalian titik kritis halal industri penyamakan kulit.

Selain bahan baku, proses produksi juga menjadi acuan yang penting dalam menentukan kehalalan suatu produk. Proses produksi penyamakan kulit halal merupakan keseluruhan proses produksi penyamakan kulit dengan menerapkan prinsip-prinsip kehalalan pada bahan, tempat produksi, dan peralatan yang digunakan [15]. Tempat produksi halal memenuhi beberapa syarat [16], yaitu:

p-ISSN : 1411-7703
e-ISSN : 2746-2625

1. Tempat produksi jauh dari peternakan babi dan pengolahan produk babi atau anjing, untuk mencegah kontaminasi melalui peralatan maupun karyawan.
2. Pemisahan peralatan produk halal dan non halal. Peralatan tidak boleh digunakan secara bergantian antara produksi halal dan non halal
3. Bahan non halal dilarang berada di area produksi. Tenaga kerja tidak diperbolehkan membawa atau menyimpan bahan/produk tidak halal di area produksi.
4. Penyimpanan bahan dan barang produksi (gudang) tidak terkontaminasi bahan dan peralatan non halal. Pada penyimpanan tidak terjadi pencampuran bahan halal dan non halal.
5. Penerapan Sistem Jaminan Produk Halal (SJPH), pada tempat kerja ada yang berisi kebijakan dan prosedur tertulis yang memastikan kehalalan proses, mulai dari penerimaan bahan hingga distribusi.

Persyaratan ini bertujuan memastikan bahwa seluruh fasilitas produksi tidak hanya menggunakan bahan halal tetapi juga proses produksinya tidak terkontaminasi najis atau produk haram.

Proses Basah (*Beamhouse Operation/BHO*)

Proses BHO merupakan proses dalam rangkaian penyamakan kulit yang paling banyak membutuhkan air. Secara umum, tahapan yang dilakukan dalam proses ini adalah *soaking, liming, unhairing, fleshing, deliming, bating, degreasing, dan pickling* [17]. Beberapa proses tersebut memiliki tujuan menguatkan pondasi struktur kulit supaya kulit siap untuk memasuki tahap penyamakan (*tanning*). Identifikasi titik kritis pada proses BHO disajikan dalam bentuk matriks pada Tabel 2.

Tabel 2. Identifikasi titik kritis pada setiap tahapan proses BHO

Tahap proses	Tujuan proses	Titik kritis	Tingkat kekritisan	Pengendalian
Soaking	Mengembalikan kadar air kulit seperti kulit segar (biasanya dilakukan pada kulit yang telah diawetkan/ disimpan)	Sumber dan kebersihan air, *wetting agent*, kontaminasi silang peralatan *soaking*	Sedang	Memastikan air yang digunakan dari sumber bersih, menggunakan *wetting agent* yang sudah bersertifikat halal BPJPH, atau wetting agent yang berbasis nabati, memastikan peralatan untuk *soaking* tidak digunakan untuk pengolahan kulit hewan non-halal, membersihkan peralatan sesuai SOP SJPH

p-ISSN : 1411-7703
e-ISSN : 2746-2625

Liming & Unhairing	Membuka serat kolagen agar siap untuk proses *unhairing* (penghilangan bulu/rambut)	Na_2S mengandung bahan tambahan/stabilisator berbasis hewan non-halal, kontaminasi silang peralatan *liming* (bak *liming*)	Sedang	Memastikan Na_2S yang digunakan bersertifikat halal, memastikan peralatan untuk *liming* tidak digunakan untuk pengolahan kulit hewan non-halal, membersihkan peralatan sesuai SOP SJPH
Deliming	Menetralisir sisa kapur dan menurunkan pH kulit setelah *liming*	Drum/ peralatan bercampur dari kulit hewan non-halal, surfaktan berbasis hewani	Sedang	Menggunakan *wetting agent* yang sudah bersertifikat halal BPJPH, atau *wetting agent* yang berbasis nabati, memastikan peralatan untuk *deliming* tidak digunakan untuk pengolahan kulit hewan non-halal, membersihkan peralatan sesuai SOP SJPH
Bating	Menghilangkan protein non-kolagen dan melunakkan kulit	Enzim yang digunakan	Tinggi	Enzim dipastikan berasal dari sumber non-hewani atau berasal dari mikroba atau dipastikan bersertifikat halal
Degreasing	Menghilangkan sisa lemak pada kulit	Asal surfaktan, kontaminasi silang dari peralatan	Sedang	Menggunakan *degreasing agent* berbasis nabati (lebih aman), memastikan drum/peralatan tidak digunakan untuk pengolahan kulit hewan non-halal, membersihkan

p-ISSN : 1411-7703
e-ISSN : 2746-2625

				peralatan sesuai SOP SJPH
Pickling	Menurunkan pH kulit ke kondisi asam, mempersiapkan kolagen untuk bisa menerima bahan penyamak	Air yang digunakan, antijamur yang mengandung aditif non-halal, kontaminasi silang dari peralatan	Rendah	Memastikan air yang digunakan dari sumber bersih, menggunakan produk anti jamur yang asal bahannya jelas yang dibuktikan dengan sertifikat halal.

Proses *Tanning - Finishing*

Proses penyamakan kulit meliputi proses *beam house, tanning, pasca tanning*, dan *finishing*. Setelah proses *beam house* adalah proses penyamakan kulit. Pada proses penyamakan meliputi *tanning, pasca tanning*, dilanjutkan *finishing*. Pada penentuan titik kritis kehalalan proses penyamakan kulit dilakukan identifikasi titik kritis kehalalan proses produksi. Titik kritis kehalalan adalah suatu fase dalam tahapan proses produksi yang berpotensi terkontaminasi bahan non halal [18]. Titik kritis kehalalan proses produksi dilakukan dengan menelaah bahan baku, peralatan, dan standar SJPH. Identifikasi titik kritis kehalalan proses penyamakan kulit pada Tabel 3.

Tabel 3. Identifikasi Kehalalan Proses *Tanning-Finishing*

Tahap Proses	Tujuan Proses	Titik Kritis	Tingkat kekritisan	Pengendalian
Tanning	Menyamak kulit untuk menaikkan stabilitas suhu kerut (*shrinkage temperature*) kulit sehingga kulit stabil secara kimia, fisika, dan biologi	Kebersihan air, kontaminasi bahan kimia garam, krom sulfat, nabati, aldehid, mineral, syntan dari bahan non halal, drum yang digunakan tidak bercampur dari proses kulit non halal	Sedang	Memastikan air bebas dari najis, memisahkan peralatan untuk proses kulit halal dan non halal, menggunakan bahan kimia yang bersertifikasi halal BPJPH
Sammying	Mengurangi kadar air kulit dengan tekanan mekanis agar kulit tidak terlalu basah pada proses selanjutnya	Peralatan mekanik yang digunakan bercampur dengan proses kulit non halal, kebersihan alat dari najis	Rendah	Memisahkan peralatan *sammying* kulit halal dan non halal, pencucian peratan dari najis
Shaving	Meratakan ketebalan kulit agar seragam dan menghilangkan sisa daging dan	Peralatan *shaving* yang digunakan bersih dari najis dan tidak bercampur	Rendah	Mencuci peralatan dari najis secara benar, memisahkan peralatan *shaving*

p-ISSN : 1411-7703
e-ISSN : 2746-2625

Tahap Proses	Tujuan Proses	Titik Kritis	Tingkat kekritisan	Pengendalian
	lemak yang masih menempel pada kulit	dengan proses *shaving* kulit non halal		kulit halal dan non halal
Retanning	Mengisi bagian kulit yang longgar, memperbaiki kekuatan fisik, kehalusan, dan kelembutan kulit	Bahan *retanning* bebas dari kontaminan bahan non halal dan najis, bahan pelarut dan bahan kimia sintetik tercampur dari babi/najis. Peralatan tidak bercampur dengan proses kulit non halal	Sedang	Memastikan bahan *retanning* dan bahan kimia berlabel halal BPJPH Memastikan peralatan bebas dari kontaminan kulit babi atau najis
Dyeing	Memberikan warna sesuai kebutuhan produk, estetika	Beberapa pewarna sintetis mengandung *solubilizer* berbasis lemak hewani/asam lemak dari hewan non-halal, kontaminasi silang peralatan	Sedang	Menggunakan *dye* yang memiliki *halal declaration/halal certificate*, memastikan peralatan bebas dari kontaminan kulit babi atau najis
Fatliquoring	Melumasi serat kolagen kulit sehingga meningkatkan kelemasan, fleksibilitas, dan ketahanan mekanik	Asal minyak/lemak *fatliquor,* kontaminasi silang peralatan	Tinggi	Mengutamakan penggunaan *vegetable-based* atau *synthetic fatliquor*, memastikan peralatan bebas dari kontaminan kulit babi atau najis
Buffing	Meratakan dan memperbaiki permukaan kulit dengan menghilangkan cacat serta membentuk karakter permukaan tertentu, sekaligus meningkatkan daya lekat bahan *finishing* dan kualitas visual produk kulit	Mesin dan *abrasive buffing*, kontaminasi silang area dan limbah	Rendah	SOP pembersihan mesin dan ruang *buffing*, penggantian atau pemisahan *abrasive belt*, memastikan area mesin *buffing* bersih dari najis
Trimming	Merapikan tepi kulit dengan menghilangkan bagian yang tidak	Kontaminasi silang dari mesin, media abrasif, dan debu *buffing* yang dapat	Rendah	Pemisahan peralatan, sanitasi area, dan sistem pengendalian debu yang memadai.

p-ISSN : 1411-7703
e-ISSN : 2746-2625

Tahap Proses	Tujuan Proses	Titik Kritis	Tingkat kekritisan	Pengendalian
	terpakai atau berkualitas rendah sehingga diperoleh kulit dengan bentuk, ukuran, dan penampilan yang lebih seragam serta siap untuk proses lanjutan	berasal dari kulit non-halal		
Finishing	Meningkatkan penampilan, melindungi permukaan, dan menstabilkan sifat fisik serta warna kulit, sekaligus menyesuaikan karakter kulit dengan spesifikasi dan fungsi produk akhir	Bahan *finishing* (*binder, wax, oil*) berasal dari hewan non-halal, kontaminasi peralatan silang	Tinggi	Gunakan *synthetic* atau *plant-based binder*, verifikasi asal protein, *wax*, dan *oil*, *halal declaration* dari produsen

Berdasarkan identifikasi pada Tabel 2 dan Tabel 3, titik kritis paling dominan dalam proses penyamakan kulit terletak pada penggunaan bahan kimia berbasis lemak dan protein hewani, terutama pada tahap *fatliquoring, retanning*, dan *finishing*. Hal ini menunjukkan bahwa risiko kontaminasi non-halal lebih banyak berasal dari bahan tambahan dibandingkan bahan utama.

Pengolahan Limbah

Titik kritis pada pengolahan limbah sangat penting dilakukan untuk mengukur apakah keseluruhan produk yang dihasilkan halal atau haram. Jika limbah cair dari proses produksi yang halal bercampur dengan limbah yang mengandung bahan haram/najis, maka seluruh limbah tersebut menjadi najis. Jika air limbah hasil pengolahan limbah digunakan kembali (*reused water*) untuk mencuci peralatan produksi atau bahan baku, jika tidak disucikan dengan benar (sesuai kaidah *mutawassitah/mughallazah*), maka dapat mentransfer najis ke produk, sehingga keseluruhan produk yang dihasilkan menjadi tidak halal. Pada produk kulit yang dipakai melekat pada tubuh manusia kehalalan seluruh proses menjadi suatu syarat produk halal.

Titik kritis kehalalan dalam pengolahan limbah industri penyamakan kulit berfokus pada pencegahan kontaminasi silang antara limbah kulit hewan halal dengan limbah hewan haram (terutama babi), serta penggunaan bahan penolong atau mikroba yang tidak halal selama proses pengolahan limbah [19]. Titik kritis pada pengolahan limbah dari suatu kehalalan produk disajikan pada Tabel 4.

p-ISSN : 1411-7703
e-ISSN : 2746-2625

Tabel 4. Identifikasi Titik Kritis Kehalalan Pada Pengolahan Limbah

Pengolahan Limbah	Titik Kritis	Tingkat kekritisan	Pengendalian
Segregasi (pemisahan sumber limbah)	Bercampurnya limbah dari kulit halal dan non halal	Sedang	Limbah padat dan cair dari hewan halal harus dipisahkan sejak awal dari hewan non-halal. Jika tercampur, limbah tersebut menjadi najis berat dan tidak dapat digunakan
Pengolahan Limbah Cair	Bercampurnya limbah cair kulit halal dan non halal, bahan pengolah limbah bercampur dengan bahan non halal, media hidup mikroba untuk mengolah limbah berasal dari bahan non halal	Sedang	Memisahkan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dari limbah proses kulit halal dan non halal, memastikan bahan pengolah limbah dan bakteri memiliki sertifikat halal BPJPH
Pengolahan Limbah Padat	Penggunaan enzim atau bahan kimia pada pengolahan pemanfaatan limbah padat menjadi gelatin, lem, atau bahan pakan ternak.	Sedang	Memastikan bahan pengolah produk pemanfaatan limbah berlabel halal BPJPH

Kesimpulan

Berdasarkan kajian literatur, pembahasan SJPH pada proses penyamakan kulit berkaitan dengan implementasi lima kriteria SJPH, dimana bahan baku termasuk dalam kriteria bahan, sedangkan pengolahan limbah termasuk kriteria proses produk halal. Hasil sintesis pustaka mengidentifikasi 21 titik kritis halal pada proses penyamakan kulit yang terdiri atas 23,81% titik kritis kategori rendah, 47,62% kategori sedang, dan 28,57% kategori tinggi. Dominasi kategori sedang menunjukkan perlunya perhatian terhadap asal bahan, proses pengolahan, dan kontaminasi silang dalam pemenuhan prinsip halal. Oleh karena itu penelitian lanjutan perlu diarahkan pada pengambilan data primer di lapangan untuk memverifikasi hasil kajian, pengujian lebih lanjut, serta pendalaman mekanisme sertifikasi barang halal yang dikaitkan dengan regulasi yang berlaku.

Daftar Pustaka

[1] Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 39 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Bidang Jaminan Produk Halal, LN 2021/No.49, TLN No.6651, Jakarta, 02 Feb. 2021. [Online]. Available: https://peraturan.bpk.go.id/Details/161927/pp-no-39-tahun-2021. [Accessed: 12-Feb-2026].

p-ISSN : 1411-7703
e-ISSN : 2746-2625
[2] Badan Penyelenggara Jaminan Produk Halal, "Melampaui target, 2,9 juta produk sudah bersertifikat halal," Oct. 27, 2023. [Online]. Available: https://bpjph.halal.go.id/detail/lampau-target-2-9-juta-produk-sudah-bersertifikat-halal/. [Accessed: Feb. 13, 2026].

[3] R. Setiawan, "BPJPH: 5,7 juta produk sudah bersertifikat halal per 20 Desember 2024," *MINA News Agency*, Dec. 21, 2024. [Online]. Available: https://minanews.net/bpjph-57-juta-produk-sudah-bersertifikat-halal-per-20-desember-2024/. [Accessed: Feb. 13, 2026].

[4] ANTARA News, "Indonesia eyes global halal hub status with 9.6M certified products," 10-Oct-2025. [Online]. Available: https://en.antaranews.com/news/385329/indonesia-eyes-global-halal-hub-status-with-96m-certified-products. [Accessed: 12-Oct-2026].

[5] D. A. Kurniawati and H. Savitri, "Awareness level analysis of Indonesian consumers toward halal products," *Journal of Islamic Marketing*, vol. 11, no. 2, pp. 522–546, 2019, doi: 10.1108/JIMA-10-2017-0104.

[6] Majelis Ulama Indonesia, *"Mengapa Barang Gunaan Harus Bersertifikat Halal?"*, 05-Feb-2026. [Online]. Available: https://mui.or.id/baca/halal/mengapa-barang-gunaan-harus-bersertifikat-halal? [Accessed: 12-Feb-2026].

[7] A.D. Covington, Tanning Chemistry: The Science of Leather, Cambridge: Royal Society of Chemistry, 2009.

[8] Badan Penyelenggara Jaminan Produk Halal (BPJPH), *Pedoman Sistem Jaminan Produk Halal (SJPH)*, Jakarta, Indonesia, 2019.

[9] Republik Indonesia, *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 33 Tahun 2014 tentang Jaminan Produk Halal*, Jakarta, Indonesia, 2014.

[10] M. K. Rai, M. Kumar, R. R. Singhania, B. S. Giri, "Tannery waste management and cleaner production of leather in beam house and tanning section: A review," *Biosource Technology Reports*, vol. 30, 102116, 2025.

[11] M. S. Al Munawar, M. Rohmah, A. Rahmadi, Marwati, and M. Rachmawati, "Penerapan sistem jaminan produk halal pada UMKM untuk meningkatkan daya saing produk," *Jurnal Pembelajaran Pemberdayaan Masyarakat (JP2M)*, vol. 4, no. 1, pp. 165–176, Jul. 2023, doi: 10.33474/jp2m.v4i1.19996.

[12] Majelis Ulama Indonesia, Fatwa Majelis Ulama Indonesia Nomor 56 Tahuan 2014 tentang Penyamakan Kulit Hewan dan Pemanfaatannya. Available: https://halalmui.org/wp-content/uploads/2022/09/Fatwa-MUI-No.-56-Tahun-2014-Tentang-Penyamakan-dan-Pemanfaatan-Kulit-Binatang-utk-Barang-Gunaan.pdf. [Accessed: 30 Mei 2026]

[13] Majelis Ulama Indonesia, *Fatwa Majelis Ulama Indonesia Nomor 15 Tahun 2021 tentang Standar Sertifikasi Halal terhadap Barang Gunaan yang Berbahan Hewani*. Jakarta, Indonesia: Majelis Ulama Indonesia, 2021.

[14] A. Jumiono, "Identifikasi Titik Kritis Bahan Hewani dalam Rantai Proses Produk Kulit," *Jurnal Ilmiah Pangan Halal*, vol. 4, no. 2, pp. 51–58, 2022,

p-ISSN : 1411-7703
e-ISSN : 2746-2625
https://doi.org/10.30997/jiph.v4i2.9909.

[15] I. N. Eskani, E. Laela, V. Atika, and A. Haerudin, “Batik halal, tinjauan teknis dan titik kritis produksi,” in *Prosiding Seminar Nasional Industri Kerajinan dan Batik*, vol. 4, no. 1, E.07, pp. 1–13, 2023, ISSN: 2715-7814.

[16] Badan Penyelenggara Jaminan Produk Halal, Pedoman Sistem Jaminan Produk Halal (SJPH). Jakarta, Indonesia: BPJPH, 2021. [Online]. Available: https://bpjph.halal.go.id. [Accessed: Feb. 13, 2026].

[17] M. K. Rai, M. Kumar, and R. R. Singhania, “Tannery waste management and cleaner production of leather in beam house and tanning section: A review,” Bioresource Technology Reports, vol. 30, p. 102116, 2025.

[18] H. Purwanto, “Problematika penetapan hukum pada poin kritis bahan olahan dan laboratorium pduk halal,” *Syariati: Jurnal Studi Al-Qur’an dan Hukum*, vol. 4, no. 2, pp. 191–202, 2018, doi: 10.32699/syariati.v4i02.1176.

[19] T. Nurainun, H. H. A. Talib, K. R. Jamaludin, S. M. Yusof, N. T. Putri, and F. Lestari, “Identifying factors for the success of halal management practices in leather industry,” *Journal of Applied Engineering and Technological Science (JAETS)*, vol. 4, no. 2, pp. 808–824, 2023, doi: 10.37385/jaets.v4i2.1989.

p-ISSN : 1411-7703
e-ISSN : 2746-2625

PALM OIL-BASED NANO-FATLIQUORING AGENTS FOR LEATHER TANNING: A NARRATIVE REVIEW

NANO-FATLIQUORING AGENT BERBASIS MINYAK SAWIT UNTUK PENYAMAKAN KULIT: NARATIF REVIEW

Atiqa Rahmawati[*], Heru Budi Susanto [1], Fadzkurisma Robbika [1], Baskoro Ajie [1], Erlita Pramitaningrum [2]

[1]Teknologi Penyamakan Kulit, Politeknik ATK Yogyakarta, Yogyakarta, Indonesia
[2]Teknologi Pengolahan Produk Kulit, Politeknik ATK Yogyakarta, Yogyakarta, Indonesia

[*] Corresponding author: atiqa.rahmawati@atk.ac.id

Abstract:
The leather tanning industry is currently transforming toward sustainability through the application of nanotechnology. The fatliquoring process is a crucial stage for providing softness and mechanical strength to leather. Palm oil has great potential as a raw material for fatliquoring agents due to its abundant availability and favorable fatty acid composition. This review discusses the development of palm oil-based nano-fatliquoring agents, which covers fabrication techniques via chemical modifications (such as the use of organosilicon), sonochemical (ultrasonic) physical methods, and the stability of Pickering emulsions. Characterization is emphasized on the analysis of droplet size, zeta potential, and leather fiber morphology using SEM/TEM. The advantage of nanotechnology lies in the deeper penetration of droplets into collagen fibers, which not only enhances mechanical properties but also provides additional functions such as UV resistance and antimicrobial activity. Overall, the utilization of palm oil by-products like deodorizer distillate (DD) in a nano-emulsion offers strong future for cleaner production in the global leather industry.
Keywords: palm oil, fatliquoring agent, nanoemulsion, ultrasound

Intisari:
Industri penyamakan kulit kini bertransformasi menuju keberlanjutan melalui penerapan nanoteknologi. Proses fatliquoring merupakan tahap krusial untuk memberikan kelembutan dan kekuatan mekanis pada kulit. Minyak sawit (*palm oil*) memiliki potensi besar sebagai bahan baku agen *fatliquoring* karena ketersediaannya yang melimpah dan komposisi asam lemak yang menguntungkan. Review ini membahas perkembangan agen nano-fatliquoring berbasis minyak sawit, yang mencakup teknik pembuatan melalui modifikasi kimia (seperti penggunaan organosilikon), metode fisik sonokimia (ultrasonik), dan stabilitas emulsi *pickering*. Karakterisasi ditekankan pada analisis ukuran droplet, potensial zeta, dan morfologi serat kulit menggunakan SEM/TEM. Keunggulan teknologi nano terletak pada penetrasi droplet yang lebih dalam ke serat kolagen, yang tidak hanya meningkatkan sifat mekanis tetapi juga memberikan fungsi tambahan

p-ISSN : 1411-7703
e-ISSN : 2746-2625
seperti ketahanan sinar UV dan aktivitas antimikroba. Secara keseluruhan, penggunaan produk samping sawit seperti deodorizer distillate (DD) dalam format nano emulsi menawarkan visibilitas masa depan yang kuat untuk produksi bersih (*cleaner production*) di industri kulit global.
Kata kunci: minyak sawit, *fatliquoring agent*, nanoemulsi, *ultrasound*

Pendahuluan

Industri penyamakan kulit merupakan sektor yang melibatkan serangkaian reaksi kimia dan proses mekanis kompleks untuk mengubah kulit mentah menjadi material yang tahan lama [1], [2]. Salah satu tahapan dalam proses *pasca tanning* adalah *fatliquoring*. Proses ini bertujuan untuk memasukkan minyak ke dalam matriks kulit guna melumasi serat kolagen, mencegah serat-serat tersebut saling menempel (adhesi) selama pengeringan, serta memberikan sifat fleksibel, dan kekuatan mekanis pada produk akhir [3]. *Fatliquoring* dapat dibuat melalui modifikasi kimia minyak hewani atau nabati, seperti proses sulfatase dan sulfonasi untuk menghasilkan emulsi minyak dalam air yang stabil [4]. Namun, penggunaan bahan kimia berbahaya dalam metode ini sering kali menghasilkan limbah cair dengan beban pencemaran tinggi yang dapat merusak ekosistem perairan. Sejalan dengan isu lingkungan tersebut dan berkembangnya teknologi, terdapat tekanan besar bagi industri kulit untuk beralih ke teknologi bersih dan menggunakan bahan baku yang berkelanjutan serta ramah lingkungan.

Minyak sawit merupakan salah satu bahan baku yang potensial dan ekonomis karena ketersediaannya yang melimpah, terutama di negara seperti Indonesia dan Malaysia [5]. Keunggulan utama minyak sawit terletak pada komposisi asam lemaknya yang terdiri dari keseimbangan antara asam lemak jenuh (asam palmitat) dan tidak jenuh (asam oleat dan linoleat) [6]. Struktur kimia ini memberikan stabilitas oksidasi yang baik dan karakteristik pelumasan yang baik. Selain minyak sawit murni, produk sampingan industrinya seperti *deodorizer distillate* (DD) juga dapat divalorisasi menjadi *fatliquoring agent* multifungsi yang mengandung komponen bioaktif seperti tokoferol yang memberikan efek antibakteri tambahan pada kulit [5]. Inovasi dalam teknologi pembuatan *fatliquoring agent* melibatkan metode *ultrasound* sebagai homogenizer sehingga menghasilkan fatliquoring berukuran nanopartikel. Pengembangan *nano-fatliquoring agent*, seperti nanoemulsi (droplet 50–500 nm) dengan cara emulsi *pickerin*g, menawarkan keuntungan berupa stabilitas termodinamika yang lebih tinggi dan kemampuan penetrasi yang jauh lebih dalam ke dalam struktur kolagen kulit dibandingkan emulsi makro biasa [7]. Penggunaan nanopartikel anorganik seperti TiO_2 atau ZnO dalam emulsi *pickering* tidak hanya menstabilkan fase minyak tetapi juga meningkatkan ketahanan kulit terhadap sinar UV. Dalam paper ini akan dibahas mengenai karakterisasi minyak sawit sebagai bahan baku, metode pembuatan *nano-fatliquoring agent*, karakterisasi *fatliquoring agent*, aplikasi pada proses penyamakan kulit, dan visibilitas dan prospek *fatliquoring agent* dari minyak sawit.

Metode Penelitian

Metode penelitian menggunakan database *scopus, researchgate, google scholar* dan *Springer*. Kata kunci yang digunakan dalam pencarian meliputi kombinasi dari istilah-istilah berikut: *"palm oil fatliquor", "nanoemulsion leather", "Pickering emulsion leather", "ultrasound-assisted fatliquoring", dan "sulfonated palm oil"* Periode literatur yang ditinjau mencakup

p-ISSN : 1411-7703
e-ISSN : 2746-2625
penelitian dari tahun 2007 hingga 2024 untuk mengetahui perkembangan terbaru dalam nanoteknologi di industri kulit. Literatur yang dipilih harus memiliki kriteria utama yang berfokus pada minyak sawit yang digunakan sebagai bahan baku utama pembuatan *fatliquoring,* serta menggunakan pendekatan teknologi nanoemulsi. Data yang terpilih dikategorikan ke dalam empat tema utama yaitu metode pembuatan, karakterisasi dan analisis, evaluasi fungsi serta aplikasi. Adapun informasi mengenai keberlanjutan dan visibilitas teknologi nano pada penyamakan kulit juga ditambahkan dalam literatur *review*.

Hasil dan Pembahasan

Karakterisasi Bahan Baku

Pemilihan minyak sawit (*Palm Oil)* sebagai bahan baku utama agen *fatliquor* didasarkan pada karakteristik kimia dan fisikanya yang unik. Minyak sawit memiliki profil asam lemak yang hampir seimbang antara asam lemak jenuh dan asam lemak tidak jenuh [5]. Karakterisasi dari analisa GC-MS menunjukkan bahwa komponen utama minyak sawit adalah asam palmitat (C16:0) sekitar 40–48% dan asam oleat (C18:1) sekitar 36–44%[8]. Keberadaan asam oleat dan linoleat yang memiliki ikatan rangkap sangat krusial karena merupakan situs aktif untuk modifikasi kimia seperti sulfatasi, sulfonasi, atau fosforilasi guna menghasilkan emulsi yang stabil dalam air [9]. Selain itu, parameter kimiawi utama minyak sawit yang harus dianalisa sebelum diolah menjadi *fatliquoring agent* yaitu kadar asam lemak bebas, bilangan iodin dan kadar air. Minyak sawit memiliki bilangan Iodine sekitar 52,63 g iodine/100g, dimana bilangan iodine digunakan sebagai mengukur ketidak jenuhan minyak [10].

Metode Pembuatan Nano-fatliquoring agent

Pembuatan agen *fatliquor* pada skala nano bertujuan untuk meningkatkan stabilitas dan daya penetrasi minyak ke dalam jaringan kulit [5]. Terdapat empat pendekatan utama dalam pembuatan *nano-fatliquoring*:

1. Modifikasi kimia bertingkat, metode ini adalah sintesis minyak melalui empat tahap: amidasi dengan dietanolamina, *grafting* dengan organosilikon fungsional hidroksil, esterifikasi dengan maleat anhidrida, dan sulfonasi menggunakan natrium bisulfit [4]. Penggunaan organosilikon ini memberikan fleksibilitas luar biasa pada kulit, meskipun memerlukan biaya produksi yang lebih tinggi dan kontrol pH yang ketat agar ikatan Si-O tidak terputus [11], [12]. Fatliquor yang dimodifikasi organosilikon memiliki karakteristik emulsi dan dispersi yang sangat baik, dengan daya penetrasi yang tinggi ke dalam serat kolagen [4].
2. Teknologi Sonokimia (Ultrasonik daya tinggi), penggunaan ultrasonik (20–100 kHz) menjadi alternatif produksi bersih yang sangat efektif [4], [13]. Kavitasi akustik menghasilkan gelombang kejut yang memecah droplet minyak menjadi ukuran nano tanpa memerlukan modifikasi kimia berat seperti sulfatasi konvensional [4]. Metode ini mampu menghasilkan emulsi yang stabil dengan jumlah surfaktan yang jauh lebih sedikit, sehingga mengurangi beban polusi pada limbah cair [4]. Metode *ultrasound-homogenizer* mampu membentuk emulsi yang lebih stabil tanpa proses sulfatase, menjadikan pilihan produksi bersih [14].
3. Metode *Pickering Emulsion*, metode ini menstabilkan antarmuka minyak/air menggunakan nanopartikel padat sebagai pengganti surfaktan organik tradisional. Prosedur yang

p-ISSN : 1411-7703
e-ISSN : 2746-2625

digunakan yaitu Minyak (seperti minyak jarak atau sawit) dicampur dengan nanopartikel anorganik seperti TiO_2, ZnO, atau *Metal-Organic Frameworks* (MOFs) kemudian dihomogenisasi menggunakan ultrasonic [15]. Emulsi Pickering berbasis POZIF-8 terbukti stabil selama lebih dari dua bulan tanpa pemisahan fase[16].

4. Metode homogenisasi tekanan tinggi, metode ini mencapurkan minyak dan air melalui *homoginzer microfluidizer* dalam beberapa siklus hingga mencapai ukuran droplet [17]. Nanoemulsi dari fraksi kaya tokotrienol sawit menunjukkan pengurangan ukuran droplet dari 120 nm menjadi 65,1 nm setelah 10 siklus homogenisasi pada tekanan tinggi [17].

Tabel 1. Fatliquoring agent dari bererapa bahan baku dan metode

No	Referensi	Metode	Bahan baku	Hasil
1	*Power ultrasound in fatliquor preparation based on vegetable oil for leather application* [4]	*Ultrasound*	Minyak jarak	*Fatliquoring agent* berukuran mikro, emulsi stabil, dapat diaplikasikan pada kulit.
2	*Ultrasound assisted cleaner alternate emulsification method for oils and fats: tallow emulsion e fatliquor preparation for leather application* [9]	*Ultrasound*	Lemak sapi	Metode *ultrasound* menghasilkan emulsi dengan yield lebih tinggi, emulsi stabil, dan dapat diaplikasikan pada kulit.
3	*Research on application of flax and soya oil for leather fatliquoring* [3]	*Mixing Magnetic stirrer*	Minyak kedelai dan minyak biji rami	*Fatliquoring agent* yang dihasilkan memiliki ukuran partikel mikro, memiliki stabilitas yang baik, dan dapat diaplikasikan pada kulit. *Fatliquor* dengan minyak kedelai lebih baik dari minyak biji rami.
4	*Preparation of castor oil-based fatliquoring agent via a Pickering emulsion method for use in leather coating* [1]	*Pickering emulsion mixing*	Minyak jarak	*Fatliquoring agent* yang dihasilkan berukuran nano, memiliki stabilitas yang bagus, dan *fatliquoring agent* dapat meningkatkan karakteristik mekanis kulit.
5	*Preparation and application of castor oil/nano-TiO_2 composite fatliquoring agent via a Pickering emulsion method* [18]	*Pickering emulsion ultrasound*	Minyak jarak	*Fatliquoring agent* yang dihasilkan berukuran nano, memiliki stabilitas yang bagus, dan *fatliquoring agent* dapat meningkatkan karakteristik mekanis kulit, dan mudah terdegradasi

p-ISSN : 1411-7703
e-ISSN : 2746-2625

6	*Synthesis of Fatliquor from Palm Oil and Hydroxyl-Terminated Organosilicon* [11]	*Hydroxyl-terminated organosilicon modified*	*Palm oil*	Emulsi memiliki stabilitas yang bagus dan mempunyai *feeling touch* yang bagus.

Metode analisa dan karakterisasi *nano-fatliquoring*

Evaluasi kualitas agen nano-fatliquoring memerlukan serangkaian instrumen presisi untuk memastikan efikasinya pada serat kolagen, adapun karakterisasi yang dapat dilakukan yaitu

1. Distribusi ukuran droplet, dianalisa dengan menggunakan *Particle Size Analyzer* (PSA). Droplet berukuran 50–500 nm terbukti memiliki kemampuan penetrasi yang lebih baik dari sisi grain hingga ke sisi flesh kulit dibandingkan emulsi makro tradisional [6], [19].
2. Stabilitas elektrostatis (*Zeta Potensial*). Nilai potensial zeta merupakan indikator stabilitas jangka panjang; nilai yang melebihi ±30 mV menunjukkan gaya tolak-menolak elektrostatik yang kuat, mencegah flokulasi droplet selama penyimpanan [20].
3. Verifikasi Struktur (FTIR dan NMR): Spektroskopi FTIR mengonfirmasi keberhasilan modifikasi kimia, seperti munculnya puncak pada 1209 cm^{-1} untuk gugus sulfonat (S=O) atau 1261 cm^{-1} untuk ikatan Si−O−Si. Analisis NMR memberikan data lebih detail mengenai saturasi rantai asam lemak setelah proses sulfonasi [13].
4. Visualisasi mikroskopik (SEM/TEM). TEM digunakan untuk melihat struktur internal droplet (misalnya minyak yang terenkapsulasi oleh nanopartikel) [19]. Sementara itu, SEM-EDX mengevaluasi distribusi lemak dan elemen (seperti Ti, Zn, atau P) di dalam penampang melintang kulit untuk memastikan pelumasan yang seragam pada serat kolagen [19].

Fungsi dan Mekanisme Kerja Fatliquoring Agent

Fungsi utama agen *nano-fatliquoring* adalah melumasi serat kolagen untuk mencegah adhesi selama pengeringan, yang menghasilkan kulit dengan kelembutan (*softness*) dan kekuatan tarik yang unggul. Ukuran partikel nano memungkinkannya masuk ke dalam celah kolagen dan membentuk lapisan film tipis yang memisahkan serat, mencegah mereka saling menempel (adhesi) saat proses pengeringan [21]. Penggunaan *nano-fatliquor* terbukti meningkatkan kekuatan tarik (*tensile strength*), kekuatan sobek (*tear strength*), dan perpanjangan saat putus (*elongation at break*) dibandingkan agen konvensional [13], [17], [22]. Penambahan nanopartikel seperti TiO_2 atau ZnO dalam format nano memberikan perlindungan UV yang signifikan (*lightfastness)*, melindungi kolagen dari degradasi akibat sinar matahari. Selain itu, penggunaan minyak sawit yang kaya akan tokoferol atau penambahan agen antimikroba nabati memberikan sifat *antifungal* dan antibakteri pada kulit [22], [23].

Mekanisme Aplikasi pada Proses Penyamakan Kulit

Aplikasi agen *nano-fatliquor* dilakukan pada tahap pasca-penyamakan (*post-tanning*), tepatnya setelah proses netralisasi kulit *wet-blue* [24].

1. Penetrasi ke matriks Serat: Kulit terdiri dari jaringan kolagen yang sangat kompleks dan berpori [2], [25]. Tanpa proses *fatliquoring*, air di antara serat akan hilang saat pengeringan,

p-ISSN : 1411-7703
e-ISSN : 2746-2625
menyebabkan serat saling menempel (*adhesi*) dan menghasilkan kulit yang kaku dan keras [26]. *Droplet fatliquor* dalam skala nano (50–500 nm) memiliki kemampuan penetrasi yang jauh lebih baik dibandingkan emulsi konvensional, sehingga mampu masuk ke celah terkecil di antara fibril kolagen dan melumasinya secara merata dari sisi *grain* hingga sisi *flesh* [16]. Dinamika Penetrasi: Partikel berukuran ≤70 nm mampu menembus hingga ke lapisan dermis terdalam. Sebaliknya, partikel berukuran ≥600 nm hanya akan tertahan di lapisan luar kulit.

2. Interaksi elektrostatik, Agen *fatliquor* berbasis minyak sawit umumnya bersifat anionik setelah dimodifikasi dengan gugus sulfat atau fosfat [14]. Hal ini memungkinkan terjadinya ikatan yang kuat dengan serat kolagen kulit samak krom yang bermuatan kationik [18]. Penggunaan nanopartikel seperti TiO_2 atau MOFs dalam emulsi *pickering* juga dapat meningkatkan stabilitas mekanis melalui gaya van der Waals atau ikatan hidrogen dengan gugus fungsional kolagen [27].
3. Teknis penambahan *fatliquoring agent* dalam skala laboratorium maupun indutri, kulit dimasukkan ke dalam drum penyamakan Bersama air hangat (±60°C) dan agen *fatliquor* sebanyak 6–15% dari berat kulit. Suhu yang tepat sangat penting agar emulsi terdispersi dengan baik dan tidak pecah sebelum meresap ke dalam pori kulit.

Visibilitas dan Prosek di masa depan

Teknologi *nano-fatliquoring* berbasis minyak sawit menunjukkan visibilitas tinggi sebagai solusi industri kulit yang berkelanjutan. Valorisasi Limbah (*Circular Economy*): Penggunaan produk sampingan seperti *deodorizer distillate* (DD) atau minyak sawit bekas (*used palm oil*) sebagai bahan baku menawarkan keuntungan ekonomi yang signifikan serta mengurangi dampak lingkungan dari limbah industri sawit [22]. Pemanfaatan minyak sawit bekas dalam pengolahan kulit ikan nila memberikan implikasi ekonomi yang strategis. Meskipun minyak segar memiliki kualitas awal yang lebih tinggi, minyak sawit bekas yang diproses dengan benar dapat menjadi alternatif berkelanjutan untuk kulit ikan yang memiliki kebutuhan struktur lemak lebih spesifik, selama parameter kimia tetap terkendali. Produksi Bersih (*Cleaner Production*): Metode fisik seperti ultrasonik dan emulsi Pickering mengurangi penggunaan bahan kimia berbahaya (seperti asam sulfat pekat), yang secara langsung menurunkan nilai BOD dan COD pada air limbah penyamakan [23], [28]. Stabilitas dan Penetrasi Tinggi: Kemampuan sistem nano untuk menembus jauh ke dalam lapisan kulit (dari grain hingga flesh) memastikan pelumasan yang seragam dan tahan lama, meningkatkan masa pakai produk kulit [15].

Kesimpulan

Pengembangan agen *nano-fatliquoring* berbasis minyak sawit merupakan langkah strategis untuk meningkatkan daya saing industri kulit sekaligus menjaga kelestarian lingkungan. Melalui karakterisasi asam lemak yang presisi dan pemanfaatan nanoteknologi (*pickering emulsion* dan ultrasonik), minyak sawit mampu menggantikan peran bahan kimia sintetis dengan performa pelumasan serat yang lebih unggul. Aplikasi teknologi ini tidak hanya menghasilkan kulit yang lembut dan kuat secara mekanis, tetapi juga memberikan fungsi tambahan seperti ketahanan UV dan bioaktivitas antimikroba yang sangat dibutuhkan oleh pasar kulit global di masa depan.

p-ISSN : 1411-7703
e-ISSN : 2746-2625

Daftar Pustaka

[1] A. Sardari, A. A. Sabbagh Alvani, dan S. R. Ghaffarian, "Preparation of castor oil-based fatliquoring agent via a Pickering emulsion method for use in leather coating," *J. Coat. Technol. Res.*, vol. 16, no. 6, hlm. 1765–1772, Nov 2019, doi: 10.1007/s11998-019-00234-1.

[2] M. A. Razzaq *dkk.*, "Fatliquor for fungus resistant leather-a sustainable ecofriendly approach," *Heliyon*, vol. 10, no. 11, Jun 2024, doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e31598.

[3] J. Zarłok, K. Śmiechowski, K. Mucha, dan A. Tęcza, "Research on application of flax and soya oil for leather fatliquoring," *J. Clean. Prod.*, vol. 65, hlm. 583–589, Feb 2014, doi: 10.1016/j.jclepro.2013.07.044.

[4] V. Sivakumar, R. P. Prakash, P. G. Rao, B. V. Ramabrahmam, dan G. Swaminathan, "Power ultrasound in fatliquor preparation based on vegetable oil for leather application," *J. Clean. Prod.*, vol. 16, no. 4, hlm. 549–553, Mar 2008, doi: 10.1016/j.jclepro.2007.01.006.

[5] L. M. Ayompe, M. Schaafsma, dan B. N. Egoh, "Towards sustainable palm oil production: The positive and negative impacts on ecosystem services and human wellbeing," 1 Januari 2021, *Elsevier Ltd*. doi: 10.1016/j.jclepro.2020.123914.

[6] M. J. Suriani, H. Z. Rapi, R. A. Ilyas, M. Petrů, dan S. M. Sapuan, "Delamination and Manufacturing Defects in Natural Fiber-Reinforced Hybrid Composite: A Review," *Polymers (Basel).*, vol. 13, no. 8, hlm. 1323, Apr 2021, doi: 10.3390/polym13081323.

[7] A. M. T. Lago, I. C. O. Neves, N. L. Oliveira, D. A. Botrel, L. A. Minim, dan J. V. de Resende, "Ultrasound-assisted oil-in-water nanoemulsion produced from Pereskia aculeata Miller mucilage," *Ultrason. Sonochem.*, vol. 50, hlm. 339–353, Jan 2019, doi: 10.1016/j.ultsonch.2018.09.036.

[8] V. Sivakumar, K. Gayathri, P. S. Pranavi, dan F. Chandrasekaran, "Ultrasound assisted cleaner alternate emulsification method for oils and fats: Tallow emulsion - Fatliquor preparation for leather application," *J. Clean. Prod.*, vol. 37, hlm. 1–7, Des 2012, doi: 10.1016/j.jclepro.2012.05.039.

[9] C. Wang, S. Feng, dan J. Wu, "Preparation of organosilicone modified Palm oil fatliquor," *JALCA*, vol. 106, Nov 2011.

[10] N. Kamely, "'Fatliquors' for leathers: an application of microemulsion—a review," 1 Maret 2022, *Springer Science and Business Media Deutschland GmbH*. doi: 10.1007/s00289-021-03579-z.

[11] L. Zhou, J. Zhang, L. Xing, dan W. Zhang, "Applications and effects of ultrasound assisted emulsification in the production of food emulsions: A review," 1 April 2021, *Elsevier Ltd*. doi: 10.1016/j.tifs.2021.02.008.

[12] A. N. Nkwor dan P. O. Ukoha, "Evaluation of the leather fatliquoring potential of sulphonated Afzelia africana aril cap oil," *Heliyon*, vol. 6, no. 1, Jan 2020, doi: 10.1016/j.heliyon.2019.e03009.

[13] E. S. H. A. Nashy, A. G. Abdel-Razek, M. M. M. Hassanein, G. A. Abo-Elwafa, dan H. Elsayed, "Valorization of sustainable vegetable oil deodorizer distillate as a novel fatliquor," *Collagen and leather*, vol. 5, no. 1, Des 2023, doi: 10.1186/s42825-023-00124-8.

[14] E. Kasmudjiastuti, R. S. Murti, T. Suraya, dan S. Sugihartono, "Aplikasi minyak sulfat dari minyak kelapa sawit (Elaeis guinensis JACQ) sebagai fatliquoring," *Majalah Kulit, Karet, dan Plastik*, vol. 35, no. 2, hlm. 83, Jan 2020, doi: 10.20543/mkkp.v35i2.5632.

p-ISSN : 1411-7703
e-ISSN : 2746-2625
[15] K. Gurpreet dan S. K. Singh, "Review of Nanoemulsion Formulation and Characterization Techniques," *Indian J Parm Sci*, vol. 80, hlm. 781–789, 2018, [Daring]. Tersedia pada: www.ijpsonline.com
[16] B. Lyu, H. Di Wang, J. Z. Ma, D. G. Gao, dan P. Jin, "Preparation and application of castor oil/nano-TiO2 composite fatliquoring agent via a Pickering emulsion method," *J. Clean. Prod.*, vol. 126, hlm. 711–716, Jul 2016, doi: 10.1016/j.jclepro.2016.02.099.
[17] E. Rahmawati dan M. Utami, "Analysis Of Free Fatty Acid Content and Water Content in Crude Palm Oil in The Laboratory of PT. Bina Pitri Jaya Mill Analisis Kadar Asam Lemak Bebas dan Kadar Air Pada Crude Palm Oil di Laboratorium PT. Bina Pitri Jaya Mill," 2022.
[18] C. H. Tan, C. J. Lee, S. N. Tan, D. T. S. Poon, C. Y. E. Chong, dan L. P. Pui, "Red palm oil: A review on processing, health benefits and its application in food," 2021, *Japan Oil Chemists Society*. doi: 10.5650/jos.ess21108.
[19] V. Bali, M. Ali, dan J. Ali, "Study of surfactant combinations and development of a novel nanoemulsion for minimising variations in bioavailability of ezetimibe," *Colloids Surf. B Biointerfaces*, vol. 76, no. 2, hlm. 410–420, Apr 2010, doi: 10.1016/j.colsurfb.2009.11.021.
[20] O. I. Mba, M. J. Dumont, dan M. Ngadi, "Palm oil: Processing, characterization and utilization in the food industry - A review," 1 Juni 2015, *Elsevier Ltd*. doi: 10.1016/j.fbio.2015.01.003.
[21] L. Karlina, H. Sanjaya, dan S. Budiman, "Metode Sintesis Nanopartikel-TiO2 : A Review," *MASALIQ*, vol. 3, no. 6, hlm. 1199–1214, Sep 2023, doi: 10.58578/masaliq.v3i6.1756.
[22] D. Erliani, M. Sari, D. Triyana Puryanti, R. Islamiyati, L. G. Zulkarya, dan B. Ruyanto, "Formulation and Evaluation of Nanoemulsions Combination of Black Cumin Seed Oil (Nigella sativa L.) and Moringa Seed Oil (Moringa oleifera L.) as Sunscreen," *Jurnal Farmasi dan Kesehatan*, vol. 14, no. 2, hlm. 464–480, 2025.
[23] Mardiyanto, R. Mohadi, N. A. Fithri, dan G. Kurniawan, "Optimization of Nanoemulsion Formula Containing Erythromycin with VCO and Varying Concentrations of Tween-80 and PEG-400," *Science and Technology Indonesia*, vol. 9, no. 3, hlm. 697–709, Jul 2024, doi: 10.26554/sti.2024.9.3.697-709.
[24] A. Pertiwiningrum, K. E. Nugroho, M. A. N. Roufi, A. A. Parameswari, dan V. Pastawan, "Effect of using fresh palm oil and used palm oil as a fat liquoring agent to the chemical quality of leather from tilapia fish skin," dalam *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, IOP Publishing Ltd, Jan 2022. doi: 10.1088/1755-1315/951/1/012038.
[25] C. Wang, T. Li, dan S. Feng, "Synthesis of Fatliquor from Palm Oil and Hydroxyl-Terminated Organosilicon," *Asian Journal of Chemistry*, vol. 24, no. 1, Sep 2012.
[26] M. U. Beandrade, "Formulasi dan Karakterisasi SNEDDS Ekstrak Jinten Hitam (Nigella Sativa) dengan Fase Minyak Ikan Hiu Cucut Botol (Centrophorus Sp) serta Uji Aktivitas Imunostimulan," *JPSCR : Journal of Pharmaceutical Science and Clinical Research*, vol. 3, no. 1, hlm. 50, Mar 2018, doi: 10.20961/jpscr.v3i1.15506.

p-ISSN : 1411-7703
e-ISSN : 2746-2625

UTILIZATION OF CHROME-TANNED LEATHER SHAVING AND BUFFING WASTE AS RAW MATERIALS FOR KEYCHAINS USING POLYURETHANE ADHESIVE

PEMANFAATAN LIMBAH *SHAVING* DAN *BUFFING* KULIT SAMAK KROM SEBAGAI BAHAN BAKU GANTUNGAN KUNCI MENGGUNAKAN PEREKAT POLIURETAN

Wahyu Fajar Winata[1], Himawan Santoso[2,*]

[1]Teknologi Pengolahan Kulit, Politeknik ATK Yogyakarta, Indonesia
[2]Teknik Industri, Universitas Gadjah Mada, Indonesia

[*] Corresponding author: santoso.3092@gmail.com

Abstract:
The leather tanning industry generates solid waste, such as *shaving* and *buffing* waste, which may cause environmental problems if not properly utilized. One approach to increasing the value of this waste is to convert it into handicraft products with economic value. This study aimed to utilize chrome-tanned leather *shaving* and *buffing* waste as raw materials for keychain production using polyurethane adhesive through the pulp slurry method. *Shaving* and *buffing* waste were mixed at a ratio of 1:1, followed by the addition of polyurethane adhesive and Fox Glue in two formulations (1:3 and 3:1). The mixture was processed into a pulp slurry, molded, dried, and subsequently subjected to a plating process at 80°C for 1.5 seconds under a pressure of 3 MPa before being engraved into keychain products. The results demonstrated that the leather waste could be formed into compact sheets with a smoother surface after the plating process. The resulting material was successfully applied as a keychain, thereby adding value to leather tanning waste. The developed product also has the potential to support ergonomic product design through its lightweight characteristics, ease of handling, and efficient manufacturing process, although ergonomic performance was not directly evaluated in this study. The utilization of *shaving* and *buffing* waste has the potential to support the implementation of cleaner production and circular economy principles by reducing solid waste generation while creating value-added products.
Keywords: Leather Waste, *Shaving*, *Buffing*, Polyurethane, Keychain.

Intisari:
Industri penyamakan kulit menghasilkan limbah padat, seperti limbah *shaving* dan *buffing*, yang apabila tidak dimanfaatkan dapat menimbulkan permasalahan lingkungan. Salah satu upaya untuk meningkatkan nilai tambah limbah tersebut adalah dengan mengolahnya menjadi produk kerajinan yang memiliki nilai ekonomi. Penelitian ini bertujuan memanfaatkan limbah *shaving* dan *buffing* kulit samak krom sebagai bahan baku pembuatan gantungan kunci menggunakan perekat poliuretan melalui metode bubur pulp. Limbah *shaving* dan *buffing* dicampurkan

p-ISSN : 1411-7703
e-ISSN : 2746-2625
dengan perbandingan 1:1, kemudian ditambahkan perekat poliuretan dan Lem Fox dengan dua formulasi, yaitu 1:3 dan 3:1. Campuran diolah menjadi bubur pulp, dicetak, dikeringkan, kemudian dilakukan proses plating pada suhu 80°C selama 1,5 detik dengan tekanan 3 MPa sebelum diproses menjadi gantungan kunci grafir. Hasil menunjukkan bahwa limbah kulit dapat dibentuk menjadi lembaran yang cukup padat dan memiliki permukaan yang lebih halus setelah proses plating. Produk yang dihasilkan dapat diaplikasikan sebagai gantungan kunci sehingga memberikan nilai tambah terhadap limbah industri penyamakan kulit. Pemanfaatan limbah *shaving* dan *buffing* berpotensi mendukung penerapan konsep cleaner production dan ekonomi sirkular melalui pengurangan limbah padat serta pengembangan produk bernilai tambah.
Kata kunci: Limbah Kulit, *Shaving*, *Buffing*, Poliuretan, Gantungan Kunci.

Pendahuluan

Industri penyamakan kulit merupakan salah satu sektor industri yang menghasilkan produk bernilai ekonomi tinggi, seperti kulit untuk alas kaki, tas, pakaian, furnitur dan berbagai produk fesyen lainnya. Di sisi lain, proses penyamakan juga menghasilkan limbah padat dalam jumlah yang cukup besar, terutama limbah *shaving*, splitting dan *buffing*. Limbah tersebut masih mengandung serat kolagen yang memiliki karakteristik mekanik dan kimia yang berpotensi untuk dimanfaatkan kembali sebagai bahan baku produk baru sehingga dapat mengurangi beban lingkungan akibat pembuangan limbah [1,2].

Pemanfaatan limbah kulit merupakan salah satu pendekatan dalam penerapan konsep cleaner production dan ekonomi sirkular (*circular economy*). Konsep tersebut menekankan efisiensi penggunaan sumber daya melalui pengurangan limbah, penggunaan kembali material dan peningkatan nilai tambah produk sehingga mampu mendukung keberlanjutan industri penyamakan kulit [3,4]. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa limbah kulit dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku leather board, material komposit, panel dekoratif, maupun produk kerajinan karena masih memiliki kandungan kolagen yang cukup tinggi [5–7].

Salah satu bahan yang banyak digunakan sebagai perekat dalam material komposit adalah poliuretan. Poliuretan merupakan polimer yang terbentuk melalui reaksi antara poliol dan isosianat sehingga menghasilkan gugus uretan (-NHCOO-). Material ini memiliki daya rekat yang baik, fleksibilitas tinggi, ketahanan terhadap abrasi, serta mudah diaplikasikan pada berbagai jenis material, termasuk serat alami dan limbah kulit [8,9]. Karakteristik tersebut menjadikan poliuretan sebagai salah satu perekat yang potensial untuk meningkatkan integritas struktur produk hasil pemanfaatan limbah kulit.

Selain aspek teknis, pengembangan produk berbasis limbah kulit juga memberikan manfaat ekonomi melalui diversifikasi produk kerajinan. Produk sederhana seperti gantungan kunci memiliki nilai jual yang relatif tinggi dibandingkan bahan bakunya, mudah diproduksi dalam skala usaha kecil, serta dapat dikembangkan sebagai produk suvenir yang memiliki identitas lokal. Dengan demikian, pemanfaatan limbah kulit tidak hanya berkontribusi terhadap pengurangan limbah, tetapi juga membuka peluang usaha baru bagi industri kecil dan menengah [10,11].

Selain aspek lingkungan dan ekonomi, pengembangan produk berbasis limbah kulit juga perlu mempertimbangkan prinsip ergonomi dalam perancangan produk. Dalam perspektif teknik industri, ergonomi bertujuan mengoptimalkan interaksi antara manusia, produk, dan sistem kerja untuk meningkatkan kenyamanan, kemudahan penggunaan, keamanan, serta efisiensi proses produksi. Oleh karena itu, pengembangan produk dari limbah kulit tidak hanya

p-ISSN : 1411-7703
e-ISSN : 2746-2625
berorientasi pada pengurangan limbah, tetapi juga memperhatikan potensi kenyamanan penggunaan dan kemudahan penanganan produk yang dihasilkan, khususnya untuk produk aksesori genggam seperti gantungan kunci [12,13].
Pada penelitian ini, limbah *shaving* dan *buffing* kulit samak krom dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan gantungan kunci menggunakan perekat poliuretan melalui metode bubur pulp. Proses pembuatan meliputi pencampuran limbah, pembentukan bubur pulp, pencetakan, pengeringan, proses plating dan grafir. Kebaruan penelitian ini terletak pada pemanfaatan kombinasi limbah shaving dan buffing kulit samak krom melalui metode bubur pulp dengan proses plating untuk menghasilkan produk gantungan kunci sebagai produk bernilai tambah. Pendekatan ini diharapkan dapat menjadi alternatif sederhana dalam mendukung penerapan cleaner production dan ekonomi sirkular melalui pemanfaatan kembali limbah padat industri penyamakan kulit.

Metode Penelitian

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas limbah shaving dan limbah buffing kulit samak krom yang diperoleh dari proses penyamakan kulit. Kedua jenis limbah dicampurkan dengan perbandingan 1:1 sebagai bahan utama. Bahan perekat yang digunakan adalah perekat poliuretan dan Lem Fox sebagai perekat pendamping, yang dikombinasikan dalam dua formulasi perbandingan, yaitu 1:3 dan 3:1. Selain itu digunakan air sebagai media dalam proses pembuatan bubur pulp.

Alat

Peralatan yang digunakan meliputi blender atau penghancur untuk proses pembuatan bubur pulp, cetakan lembaran, saringan, oven pengering, mesin plating, alat grafir, gunting, penggaris, timbangan, serta peralatan pendukung lainnya.

Metode Penelitian

Penelitian dilakukan secara deskriptif melalui pemanfaatan limbah *shaving* dan *buffing* kulit samak krom menjadi produk gantungan kunci menggunakan metode bubur pulp. Tahapan penelitian meliputi:
Limbah *shaving* dan *buffing* dicampurkan dengan perbandingan 1:1. Campuran limbah ditambahkan perekat poliuretan dan Lem Fox menggunakan dua formulasi, yaitu 1:3 dan 3:1, kemudian diolah menjadi bubur pulp. Bubur pulp dicetak pada cetakan hingga membentuk lembaran dengan ketebalan sekitar 0,3–0,5 cm. Lembaran dikeringkan menggunakan penjemuran dan oven hingga kadar air berkurang dan bentuk menjadi stabil. Lembaran yang telah kering dipadatkan menggunakan mesin plating pada suhu 80°C selama 1,5 detik dengan tekanan 3 MPa untuk memperoleh permukaan yang lebih padat dan halus. Lembaran hasil plating dipotong sesuai ukuran produk dan diproses menggunakan mesin grafir sehingga diperoleh produk akhir berupa gantungan kunci. Hasil penelitian dianalisis secara deskriptif berdasarkan keberhasilan proses pembentukan lembaran, kualitas permukaan setelah proses plating, serta potensi pemanfaatannya sebagai produk kerajinan berbahan baku limbah kulit. Selain itu, dilakukan pembahasan secara kualitatif mengenai potensi penerapan prinsip

p-ISSN : 1411-7703
e-ISSN : 2746-2625
ergonomi produk berdasarkan karakteristik hasil yang diperoleh dan didukung oleh studi pustaka pada bidang ergonomi dan teknik industri.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Formulasi Bahan Baku

Limbah *shaving* dan *buffing* kulit samak krom dimanfaatkan sebagai bahan utama dalam pembuatan gantungan kunci. Kedua jenis limbah dicampurkan dengan perbandingan 1:1 untuk memperoleh distribusi serat yang lebih merata. Perekat yang digunakan terdiri atas poliuretan dan Lem Fox dengan dua formulasi berbeda sebagai alternatif komposisi perekat.

Tabel 1. Formulasi bahan pembuatan gantungan kunci

Bahan	**Formulasi I**	**Formulasi II**
Limbah *shaving*	1 bagian	1 bagian
Limbah *buffing*	1 bagian	1 bagian
Poliuretan	1	3
Lem Fox	3	1

Penggunaan limbah *shaving* dan *buffing* secara bersamaan bertujuan memanfaatkan karakteristik kedua jenis limbah. Serat pada limbah *shaving* masih relatif panjang sehingga mampu membentuk kerangka material, sedangkan limbah *buffing* memiliki ukuran partikel lebih halus yang membantu menghasilkan permukaan material lebih homogen. Pendekatan tersebut sejalan dengan konsep pemanfaatan limbah padat sebagai bahan baku sekunder dalam mendukung *cleaner production* dan ekonomi sirkular [2–6].

Tahapan Pembuatan Produk

Pembuatan gantungan kunci dilakukan melalui beberapa tahapan mulai dari persiapan bahan hingga proses grafir. Tahapan tersebut disajikan pada Gambar 1. Proses diawali dengan pencampuran limbah kulit menjadi bubur pulp sehingga serat lebih mudah terdistribusi secara merata. Setelah ditambahkan perekat, campuran dicetak menjadi lembaran, dikeringkan, kemudian dipadatkan menggunakan mesin *plating*. Tahap akhir berupa pemotongan dan grafir menghasilkan produk gantungan kunci dengan bentuk dan motif sesuai desain.

Parameter Proses Produksi

Keberhasilan pembentukan lembaran dipengaruhi oleh parameter proses yang digunakan selama penelitian.

Tabel 2. Parameter proses pembuatan

Parameter	**Nilai**
Perbandingan *shaving* : *buffing*	1 : 1
Metode	Bubur pulp
Perekat	Poliuretan + Lem Fox
Formulasi perekat	1:3 dan 3:1
Suhu plating	80°C
Waktu plating	1,5 detik
Tekanan plating	3 MPa

p-ISSN : 1411-7703
e-ISSN : 2746-2625

Proses *plating* berfungsi meningkatkan kepadatan material melalui kombinasi suhu dan tekanan. Selama proses tersebut, perekat mengalami pemadatan sehingga ikatan antarpartikel limbah kulit menjadi lebih kuat. Akibatnya permukaan material menjadi lebih rata, lebih padat dan lebih sesuai untuk proses grafir [8,9].



Gambar 1. Diagram alir proses pembuatan gantungan kunci berbasis limbah kulit

Hasil Produk

Lembaran hasil pencetakan berhasil dibentuk menjadi gantungan kunci melalui proses pemotongan dan grafir.

Tabel 3. Hasil observasi produk

Parameter	Hasil Observasi
Pembentukan lembaran	Berhasil
Kekompakan material	Baik
Permukaan setelah plating	Lebih padat dan lebih halus

p-ISSN : 1411-7703
e-ISSN : 2746-2625

Kemudahan proses grafir	Baik
Produk akhir	Gantungan kunci

Secara visual lembaran yang dihasilkan memiliki bentuk yang stabil dan mampu mempertahankan integritas selama proses grafir. Permukaan yang lebih halus setelah *plating* menghasilkan pola grafir yang lebih jelas sehingga meningkatkan kualitas estetika produk. Keberhasilan pembentukan produk menunjukkan bahwa limbah *shaving* dan *buffing* masih memiliki potensi sebagai bahan baku alternatif untuk produk kerajinan bernilai tambah.

Potensi Pemanfaatan Limbah Kulit

Pemanfaatan limbah *shaving* dan *buffing* menjadi gantungan kunci memberikan nilai tambah dibandingkan apabila limbah hanya dibuang sebagai residu industri. Produk yang dihasilkan menunjukkan bahwa limbah kulit masih dapat dimanfaatkan sebagai material alternatif untuk produk kerajinan sederhana. Selain meningkatkan nilai ekonomi limbah, pendekatan ini juga mendukung penerapan *cleaner production* melalui pengurangan limbah padat dan peningkatan efisiensi penggunaan sumber daya. Konsep tersebut sejalan dengan prinsip ekonomi sirkular yang mendorong pemanfaatan kembali material sehingga umur pakai sumber daya menjadi lebih panjang [3,4]. Penelitian ini masih bersifat studi pemanfaatan sehingga belum dilakukan pengujian sifat fisik dan mekanik material. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan melakukan karakterisasi lebih lanjut, meliputi densitas, kadar air, kekuatan tarik, kekuatan sobek, penyerapan air, kekerasan permukaan, serta analisis morfologi menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM). Hasil pengujian tersebut diharapkan dapat memberikan dasar ilmiah yang lebih kuat terhadap pemanfaatan limbah kulit sebagai material alternatif pada berbagai produk kulit dan komposit.

Implikasi terhadap Ergonomi dan Teknik Industri

Selain memberikan nilai tambah terhadap limbah padat industri penyamakan kulit, pemanfaatan limbah *shaving* dan *buffing* menjadi gantungan kunci juga memiliki implikasi terhadap aspek ergonomi dan teknik industri. Dalam perspektif teknik industri, ergonomi bertujuan mengoptimalkan interaksi antara manusia, produk, dan sistem kerja agar tercapai kenyamanan, keamanan, kemudahan penggunaan, serta efisiensi proses produksi [16,17]. Oleh karena itu, pengembangan produk berbasis limbah tidak hanya berorientasi pada pengurangan limbah, tetapi juga mempertimbangkan aspek fungsional dan kemudahan penggunaan produk yang dihasilkan.

Produk gantungan kunci yang dihasilkan memiliki ukuran relatif kecil, ringan, dan mudah dibawa sehingga berpotensi memberikan kemudahan dalam penggunaan sehari-hari. Material berbasis limbah kulit juga memiliki tekstur alami yang dapat meningkatkan kenyamanan saat digenggam dibandingkan material yang memiliki permukaan sangat keras atau licin. Meskipun penelitian ini belum melakukan pengujian ergonomi secara langsung, karakteristik tersebut menunjukkan potensi penerapan prinsip ergonomi produk, khususnya pada aspek usability, portability, dan kenyamanan penggunaan [16].

Dari sisi proses produksi, metode bubur pulp yang digunakan relatif sederhana dan mudah diterapkan pada skala industri kecil maupun usaha mikro. Tahapan pencampuran bahan, pencetakan, pengeringan, plating, dan grafir tidak memerlukan teknologi yang kompleks sehingga proses produksi menjadi lebih mudah diimplementasikan. Kesederhanaan proses

p-ISSN : 1411-7703
e-ISSN : 2746-2625
tersebut berpotensi meningkatkan efisiensi kerja, mengurangi waktu proses, serta memberikan fleksibilitas dalam pengembangan produk berbasis limbah kulit [17].

Pemanfaatan limbah *shaving* dan *buffing* sebagai bahan baku juga mendukung prinsip efisiensi sumber daya (*resource efficiency*) dalam teknik industri. Penggunaan kembali limbah sebagai material alternatif mampu mengurangi jumlah limbah padat yang harus ditangani sekaligus meningkatkan nilai tambah material melalui proses manufaktur. Pendekatan ini sejalan dengan konsep cleaner production dan ekonomi sirkular yang menekankan pengurangan limbah, pemanfaatan kembali material, serta peningkatan efisiensi penggunaan sumber daya di sepanjang siklus produksi [3,4].

Selain memberikan manfaat lingkungan, pengembangan gantungan kunci berbahan limbah kulit juga membuka peluang diversifikasi produk bagi industri penyamakan kulit maupun usaha mikro, kecil, dan menengah (UMKM). Diversifikasi produk memungkinkan perusahaan menghasilkan produk bernilai ekonomi tanpa memerlukan perubahan besar pada fasilitas produksi yang telah ada. Dari perspektif teknik industri, strategi tersebut dapat meningkatkan produktivitas, efisiensi pemanfaatan bahan baku, serta daya saing industri melalui inovasi produk berbasis limbah. Penelitian ini belum mengevaluasi aspek ergonomi secara kuantitatif, seperti kenyamanan genggaman, kepuasan pengguna, maupun kesesuaian dimensi produk terhadap antropometri tangan. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan melakukan pengujian ergonomi menggunakan metode usability testing, evaluasi antropometri tangan, maupun pengukuran kepuasan pengguna sehingga hubungan antara karakteristik material hasil daur ulang dengan performa ergonomi produk dapat dibuktikan secara lebih komprehensif [16,17].

Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa limbah *shaving* dan *buffing* kulit samak krom dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku alternatif untuk pembuatan gantungan kunci menggunakan perekat poliuretan melalui metode bubur pulp. Kombinasi limbah dengan perbandingan 1:1 serta penggunaan dua formulasi perekat, yaitu poliuretan dan Lem Fox (1:3 dan 3:1), berhasil menghasilkan lembaran yang dapat diproses lebih lanjut melalui tahap pengeringan, plating dan grafir hingga menjadi produk akhir. Proses plating pada suhu 80°C selama 1,5 detik dengan tekanan 3 MPa mampu meningkatkan kepadatan dan kehalusan permukaan lembaran sehingga mendukung proses grafir dan meningkatkan kualitas visual produk. Hasil penelitian menunjukkan bahwa limbah kulit yang semula merupakan residu industri masih memiliki potensi untuk diolah menjadi produk kerajinan bernilai tambah. Pemanfaatan limbah *shaving* dan *buffing* sebagai bahan baku gantungan kunci tidak hanya memberikan alternatif pemanfaatan limbah padat industri penyamakan kulit, tetapi juga mendukung penerapan konsep cleaner production dan ekonomi sirkular melalui pengurangan limbah serta peningkatan nilai tambah material. Penelitian selanjutnya disarankan melakukan karakterisasi sifat fisik, mekanik dan morfologi material, seperti densitas, kekuatan tarik, kekuatan sobek, penyerapan air, kekerasan permukaan dan analisis struktur mikro, sehingga potensi pemanfaatan material hasil daur ulang dapat dievaluasi secara lebih komprehensif. Penelitian selanjutnya disarankan melakukan karakterisasi sifat fisik, mekanik, dan morfologi material serta evaluasi aspek ergonomi produk melalui pengujian usability, kenyamanan genggaman, dan kepuasan pengguna sehingga potensi material hasil daur ulang sebagai produk bernilai tambah dapat dievaluasi secara lebih komprehensif.

p-ISSN : 1411-7703
e-ISSN : 2746-2625

Daftar Pustaka

[1] Covington, A. D.,"Tanning chemistry: The science of leather,Royal Society of Chemistry, 2009.
[2] Thanikaivelan, P., Rao, J. R., Nair, B. U., & Ramasami, T.,"Recent trends in leather making: Processes, problems, and pathways",Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 35(1), 37–79,2005. https://doi.org/10.1080/10643380590521436
[3] Rahmawati, A.,"Concept of cleaner production approach and zero liquid discharge system in the tannery industry",Berkala Penelitian Teknologi Kulit, Sepatu dan Produk Kulit, 23(2), 95–108,2024. https://doi.org/10.58533/gbxwh535
[4] Rao, J. R., Thanikaivelan, P., Sreeram, K. J., Nair, B. U., & Ramasami, T., "Sustaining tanning process through conservation, recovery and better utilization of chromium", Resources, Conservation and Recycling, 38(3), 185–212,2003. https://doi.org/10.1016/S0921-3449(02)00151-9
[5] Liao, X., Shi, B., Li, J., et al.,"A salt-free and chromium discharge minimizing tanning technology",Journal of Cleaner Production, 112, 1283–1289,2016. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.07.121
[6] Zhang, Y., Li, X., & Chen, W.,"Integrated technology to minimize chromium pollution in leather manufacture",Journal of Cleaner Production, 166, 1263–1271, 2017. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.08.087
[7] Kanth, S. V.,"The leather industry: Production processes and environmental issues. Elsevier, 2009.
[8] Stevens, M. P.,"Polymer chemistry: An introduction (3rd ed.)", Oxford University Press, 2001.
[9] Vermette, P.,"Introduction to polyurethane chemistry and applications", John Wiley & Sons, 2001.
[10] Sathish, M., & Kumar, P. S.,"Utilization of leather waste for value-added products: A review", Journal of Cleaner Production, 198, 1234–1245,2018. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.089
[11] United Nations Industrial Development Organization,"Circular economy in leather industry", 2019.
[12] Food and Agriculture Organization of the United Nations, "Sustainable leather value chain development", 2018.
[13] Buljan, J., Reich, G., & Ludvik, J., "Mass balance in leather processing", United Nations Industrial Development Organization (UNIDO), 2000.
[14] Heidemann, E.,"Fundamentals of leather manufacturing", Eduard Roether KG, 1993.
[15] O'Flaherty, F., Roddy, W. T., & Lollar, R. M.,"The chemistry and technology of leather", Robert E. Krieger Publishing, 1956.
[16] Dul, J., & Weerdmeester, B.,"Ergonomics for beginners: A quick reference guide (3rd ed.)", CRC Press, 2008.
[17] Bridger, R. S.,"Introduction to human factors and ergonomics (4th ed.)", CRC Press. 2018.

p-ISSN : 1411-7703
e-ISSN : 2746-2625

EVALUATION OF THE PHYSICAL AND CHEMICAL QUALITY OF CHROME-TANNED BOX LEATHER AS SHOE UPPER MATERIAL BASED ON ISO 20942:2019

EVALUASI MUTU FISIK DAN KIMIA KULIT BOX SAMAK KROM SEBAGAI BAHAN *UPPER* SEPATU BERDASARKAN ISO 20942:2019

Wahyu Fajar Winata[1], Himawan Santoso[2,*]

[1]Teknologi Pengolahan Kulit, Politeknik ATK Yogyakarta, Indonesia
[2]Teknik Industri, Universitas Gadjah Mada, Indonesia

[*] Corresponding author: santoso.3092@gmail.com

Abstract:
Chrome-tanned box leather is one of the primary materials used for shoe *upper*s due to its excellent strength, flexibility, and durability. The quality of *upper* leather is determined by its physical and chemical characteristics, which must comply with established standards to ensure the production of high-quality footwear. This study aimed to evaluate the physical and chemical quality of chrome-tanned box leather based on the requirements of ISO 20942:2019 as the reference standard for shoe *upper* leather. The physical parameters evaluated included leather thickness, leather area, and *defect* percentage, while the chemical parameters comprised moisture content, ash content, fat content, chromium oxide (Cr_2O_3) content, pH value, and ΔpH. All tests were conducted according to the relevant ISO standard methods, including ISO 2589, ISO 4045, ISO 4047, ISO 4048, ISO 4684, and ISO 5398. The data were analyzed descriptively by comparing the test results with the requirements specified in ISO 20942:2019 and supported by findings from previous studies. The results showed that the chrome-tanned box leather had a thickness of 1.58 mm, a leather area of 17 ft^2, a *defect* percentage of 15%, a moisture content of 15.00%, an ash content of 5.18%, a fat content of 5.16%, a chromium oxide (Cr_2O_3) content of 3.09%, a pH ranging from 3.90 to 4.05, and a ΔpH value of 0.13. All evaluated parameters complied with the quality requirements specified in ISO 20942:2019, indicating that the tested chrome-tanned box leather is suitable for use as shoe *upper* material. The findings provide valuable information regarding the conformity of chrome-tanned box leather quality with international standards and may serve as a reference for quality control practices in the leather tanning industry. In addition, the physical and chemical characteristics of the evaluated leather indicate its potential to support ergonomic aspects of footwear products through improved material flexibility, user comfort, chemical safety, and manufacturing efficiency.

Keywords: Chrome-tanned box leather, leather quality, shoe *upper*, ISO 20942:2019, ergonomi.

Intisari:

p-ISSN : 1411-7703
e-ISSN : 2746-2625
Kulit box samak krom merupakan salah satu material utama yang digunakan sebagai bahan *upper* sepatu karena memiliki karakteristik kekuatan, fleksibilitas dan ketahanan yang baik. Kualitas kulit *upper* ditentukan oleh karakteristik fisik dan kimia yang harus memenuhi persyaratan standar agar mampu menghasilkan produk alas kaki yang berkualitas. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi mutu fisik dan kimia kulit box samak krom berdasarkan persyaratan ISO 20942:2019 sebagai acuan mutu kulit *upper* sepatu. Parameter fisik yang diamati meliputi ketebalan, luas kulit dan persentase cacat, sedangkan parameter kimia meliputi kadar air, kadar abu, kadar lemak, kadar kromium oksida (Cr_2O_3), nilai pH dan ΔpH. Pengujian dilakukan menggunakan metode standar ISO yang meliputi ISO 2589, ISO 4045, ISO 4047, ISO 4048, ISO 4684 dan ISO 5398. Analisis data dilakukan secara deskriptif dengan membandingkan hasil pengujian terhadap persyaratan ISO 20942:2019 serta didukung oleh hasil penelitian terdahulu. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kulit box samak krom memiliki ketebalan sebesar 1,58 mm, luas kulit 17 ft^2, persentase *defect* sebesar 15%, kadar air sebesar 15,00%, kadar abu sebesar 5,18%, kadar lemak sebesar 5,16%, kandungan Cr_2O_3 sebesar 3,09%, nilai pH berkisar antara 3,90–4,05 serta ΔpH sebesar 0,13. Seluruh parameter memenuhi persyaratan mutu yang ditetapkan dalam ISO 20942:2019 sehingga kulit box samak krom yang diuji dinyatakan layak digunakan sebagai bahan *upper* sepatu. Penelitian ini memberikan informasi mengenai tingkat kesesuaian mutu kulit box samak krom terhadap standar internasional sebagai dasar pengendalian mutu pada industri penyamakan kulit. Selain itu, karakteristik fisik dan kimia yang diperoleh menunjukkan potensi dalam mendukung aspek ergonomi produk alas kaki melalui peningkatan kenyamanan, fleksibilitas material, keamanan penggunaan dan efisiensi proses produksi.
Kata kunci: Kulit box samak krom, mutu kulit, *upper* sepatu, ISO 20942:2019, ergonomi.

Pendahuluan

Kulit merupakan salah satu biomaterial alami yang memiliki nilai ekonomi tinggi dan banyak dimanfaatkan sebagai bahan baku berbagai produk seperti alas kaki, tas, pakaian, sarung tangan, furnitur serta perlengkapan industri. Dibandingkan dengan material sintetis, kulit memiliki keunggulan berupa kekuatan tarik yang tinggi, elastisitas yang baik, kemampuan menyerap uap air serta kenyamanan saat digunakan. Salah satu jenis kulit jadi yang paling banyak digunakan pada industri alas kaki adalah kulit box samak krom (chrome tanned box leather), karena memiliki permukaan yang halus, struktur serat yang kompak, fleksibilitas tinggi dan ketahanan terhadap deformasi selama penggunaan [1].

Penyamakan krom merupakan metode penyamakan yang paling banyak diterapkan di industri kulit dunia. Garam kromium(III) mampu membentuk ikatan silang (*cross-linking*) dengan gugus karboksilat pada molekul kolagen sehingga meningkatkan stabilitas hidrotermal, ketahanan terhadap degradasi biologis serta memperbaiki sifat mekanik kulit. Berbagai penelitian melaporkan bahwa lebih dari 80% produksi kulit dunia masih menggunakan penyamakan krom karena mampu menghasilkan kulit dengan kualitas yang konsisten, efisiensi proses yang tinggi serta karakteristik fisik dan kimia yang sesuai untuk berbagai aplikasi industri [1,10,17].

Kualitas kulit *upper* tidak hanya ditentukan oleh keberhasilan proses penyamakan, tetapi juga oleh karakteristik fisik dan kimia produk akhir. Parameter fisik seperti ketebalan, luas kulit dan tingkat cacat permukaan (*defect*) *berpengaruh* terhadap efisiensi pemotongan pola (*cutting*

p-ISSN : 1411-7703
e-ISSN : 2746-2625
yield), penampilan produk dan rendemen produksi. Di sisi lain, parameter kimia seperti kadar air, kadar abu, kadar lemak, kandungan kromium oksida (Cr_2O_3), nilai pH dan ΔpH, berperan dalam menentukan stabilitas kolagen, fleksibilitas, umur simpan serta ketahanan kulit terhadap kerusakan selama penyimpanan maupun penggunaan [1,2].

Untuk menjamin keseragaman mutu produk kulit diperlukan standar pengujian yang diakui secara internasional. ISO 20942:2019 menetapkan persyaratan mutu kulit *upper* sepatu yang meliputi karakteristik fisik, mekanik dan kimia serta mengacu pada berbagai metode pengujian ISO seperti ISO 2589 untuk pengukuran ketebalan [3], ISO 4045 untuk penentuan pH [6], ISO 4047 untuk kadar abu [5], ISO 4048 untuk kadar lemak [7], ISO 4684 untuk kadar air [4] dan ISO 5398 untuk penentuan kandungan kromium oksida [9]. Penerapan standar tersebut memungkinkan evaluasi mutu kulit dilakukan secara objektif sehingga hasil pengujian dapat dibandingkan dengan spesifikasi yang berlaku secara internasional [8].

Di Indonesia, penelitian mengenai kulit samak krom lebih banyak difokuskan pada pengembangan teknologi penyamakan, penggunaan bahan penyamak alternatif, atau peningkatan sifat mekanik kulit [10,17–20]. Kajian yang secara khusus mengevaluasi karakteristik fisik dan kimia kulit box samak krom terhadap persyaratan ISO 20942:2019 masih relatif terbatas. Padahal, informasi tersebut penting sebagai dasar pengendalian mutu (quality control), jaminan mutu (quality assurance) serta peningkatan daya saing industri penyamakan kulit nasional.

Selain memenuhi persyaratan mutu, material kulit yang digunakan sebagai bahan *upper* sepatu juga harus mampu memberikan kenyamanan dan keamanan selama digunakan. Dalam perspektif ergonomi, karakteristik material seperti ketebalan, fleksibilitas, kandungan lemak, kadar air serta stabilitas kimia berpengaruh terhadap kemampuan sepatu mengikuti bentuk kaki, distribusi tekanan selama berjalan, kenyamanan mekanis maupun termal serta keamanan kontak antara material dengan kulit pengguna [11–15]. Oleh karena itu, evaluasi mutu kulit berdasarkan standar internasional tidak hanya penting sebagai bagian dari pengendalian kualitas material, tetapi juga dapat memberikan dasar ilmiah dalam mendukung perancangan produk alas kaki yang berorientasi pada pengguna [11,13,14]. Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan mengevaluasi mutu fisik dan kimia kulit box samak krom sebagai bahan *upper* sepatu berdasarkan persyaratan ISO 20942:2019 serta mengkaji implikasi karakteristik tersebut terhadap aspek ergonomi produk alas kaki. Parameter yang dievaluasi meliputi ketebalan, luas kulit, persentase *defect*, kadar air, kadar abu, kadar lemak, kandungan Cr_2O_3, nilai pH dan ΔpH. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi referensi bagi industri penyamakan kulit dalam melakukan pengendalian mutu produk serta memastikan kesesuaian kulit jadi terhadap standar internasional.

Metode Penelitian

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kulit box samak krom (chrome tanned box leather) yang diproduksi sebagai bahan *upper* sepatu. Sampel berasal dari satu lot produksi dan telah melalui proses pascapenyamakan (*post-tanning*), meliputi netralisasi, retanning, pewarnaan (dyeing), fatliquoring, pengeringan dan finishing. Pengambilan contoh uji dilakukan sesuai prosedur pengambilan sampel kulit berdasarkan ISO 2418. Bahan kimia yang digunakan meliputi akuades, asam nitrat (HNO_3), asam sulfat (H_2SO_4), asam perklorat ($HClO_4$), asam klorida

p-ISSN : 1411-7703
e-ISSN : 2746-2625
(HCl), kalium iodida (KI), natrium tiosulfat ($Na_2S_2O_3$), indikator amilum serta pelarut organik untuk ekstraksi kadar lemak.

Alat

Peralatan yang digunakan meliputi thickness gauge, timbangan analitik dengan ketelitian 0,0001 g, oven pengering, tanur (*muffle furnace*), alat ekstraksi Soxhlet, pH meter digital, desikator, labu ukur, erlenmeyer, buret, pipet volumetrik, hot plate serta peralatan gelas laboratorium lainnya yang telah dikalibrasi.

Prosedur Pengujian

Pengujian Fisis Kulit
Karakteristik fisik yang diamati meliputi ketebalan, luas kulit dan persentase cacat. Ketebalan kulit diukur menggunakan thickness gauge sesuai metode ISO 2589 [3] pada beberapa titik pengamatan untuk memperoleh nilai ketebalan yang mewakili sampel. Luas kulit ditentukan berdasarkan luas aktual dalam satuan kaki persegi (square feet). Persentase *defect* ditentukan melalui inspeksi visual terhadap permukaan kulit berdasarkan luas cacat yang memengaruhi kualitas bahan *upper*.

Pengujian Kimiawi Kulit

Karakteristik kimia yang dianalisis meliputi kadar air, kadar abu, kadar lemak, kandungan kromium oksida (Cr_2O_3), nilai pH dan ΔpH. Penentuan kadar air dilakukan menggunakan metode oven hingga berat konstan sesuai ISO 4684 [4]. Kadar abu ditentukan melalui proses pengabuan menggunakan tanur pada suhu tinggi hingga diperoleh residu mineral konstan sesuai ISO 4047 [5]. Kadar lemak dianalisis menggunakan metode ekstraksi Soxhlet menggunakan pelarut organik sesuai ISO 4048 [7].

Kandungan Cr_2O_3 ditentukan menggunakan metode oksidasi–iodometri sesuai ISO 5398 [9]. Abu hasil pengabuan dioksidasi menggunakan campuran HNO_3, $HClO_4$ dan H_2SO_4 sehingga seluruh Cr(III) teroksidasi menjadi Cr(VI). Larutan hasil oksidasi kemudian direaksikan dengan KI dalam suasana asam untuk membebaskan iodin, selanjutnya dititrasi menggunakan larutan standar $Na_2S_2O_3$ dengan indikator amilum hingga mencapai titik akhir titrasi. Kandungan Cr_2O_3 dihitung berdasarkan volume titran, normalitas larutan, faktor pengenceran dan berat contoh uji.

Nilai pH ditentukan menggunakan ekstrak air kulit dengan pH meter digital yang telah dikalibrasi sesuai ISO 4045 [6]. Nilai ΔpH dihitung sebagai selisih antara pH awal dan pH setelah pengenceran sesuai prosedur yang ditetapkan dalam ISO 4045 [6].

Data hasil pengujian dianalisis secara deskriptif dengan membandingkan setiap parameter terhadap persyaratan mutu yang ditetapkan dalam ISO 20942:2019 [8]. Interpretasi hasil diperkuat melalui perbandingan dengan hasil penelitian terdahulu yang relevan mengenai karakteristik fisik dan kimia kulit samak krom.

Hasil dan Pembahasan

Data hasil pengujian disajikan dalam bentuk tabel dan dianalisis secara deskriptif. Pengujian kadar air dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan (n = 3), kemudian dihitung nilai rata-rata dan

p-ISSN : 1411-7703
e-ISSN : 2746-2625
simpangan baku. Parameter lainnya disajikan sebagai hasil pengujian laboratorium. Seluruh hasil dibandingkan dengan persyaratan mutu dalam ISO 20942:2019 untuk mengevaluasi kesesuaian kulit box samak krom sebagai bahan *upper* sepatu. Pembahasan dilakukan dengan menginterpretasikan hasil pengujian berdasarkan standar internasional dan membandingkannya dengan hasil penelitian terdahulu.

Karakteristik Fisik

Karakteristik fisik merupakan salah satu parameter utama dalam menentukan mutu kulit jadi yang akan digunakan sebagai bahan *upper* sepatu. Sifat fisik tidak hanya memengaruhi penampilan produk, tetapi juga menentukan kemudahan proses pemotongan (*cutting*), pembentukan (lasting), penjahitan serta kenyamanan selama penggunaan. Pada penelitian ini, parameter fisik yang dievaluasi meliputi ketebalan, luas kulit dan persentase cacat.

Tabel 1. Karakteristik fisik kulit box samak krom

Parameter	Hasil
Ketebalan (mm)	1,58
Luas kulit (ft^2)	17
Cacat (%)	15

Hasil pengujian menunjukkan bahwa kulit box samak krom memiliki ketebalan sebesar 1,58 mm. Berdasarkan ISO 20942:2019 [8], ketebalan merupakan salah satu parameter penting yang menentukan kesesuaian kulit sebagai bahan *upper* sepatu. Ketebalan berpengaruh terhadap kekuatan struktural kulit, kemampuan mempertahankan bentuk (shape retention) serta kenyamanan produk akhir. Kulit dengan ketebalan yang terlalu rendah cenderung mudah mengalami deformasi dan memiliki ketahanan sobek yang lebih rendah, sedangkan kulit yang terlalu tebal meningkatkan kekakuan sehingga mengurangi fleksibilitas material. Oleh karena itu, pengendalian ketebalan menjadi salah satu aspek penting dalam proses penyamakan dan finishing [1].

Nilai ketebalan sebesar 1,58 mm menunjukkan bahwa kulit yang diuji berada pada kisaran yang umum digunakan sebagai bahan *upper* sepatu formal maupun kasual. Ketebalan tersebut memungkinkan tercapainya keseimbangan antara kekuatan mekanik dan fleksibilitas sehingga kulit tetap mudah dibentuk selama proses lasting tanpa mengurangi daya tahan produk. Selain dipengaruhi oleh ketebalan kulit mentah (raw hide), parameter ini juga dipengaruhi oleh proses splitting, shaving serta finishing setelah penyamakan krom [18]. Nilai ketebalan yang diperoleh juga menunjukkan bahwa proses shaving berlangsung cukup seragam sehingga variasi ketebalan antarbagian kulit dapat diminimalkan. Kondisi tersebut penting karena keseragaman ketebalan akan meningkatkan konsistensi kualitas produk selama proses pemotongan dan pembentukan *upper* sepatu.

Hasil pengujian menunjukkan luas kulit sebesar 17 ft^2. Luas kulit berpengaruh langsung terhadap efisiensi pemanfaatan bahan baku pada proses pemotongan pola (*cutting yield*). Dalam industri alas kaki, semakin besar luas kulit dengan kualitas yang seragam maka semakin tinggi efisiensi penggunaan bahan sehingga jumlah limbah yang dihasilkan dapat diminimalkan. Meskipun luas kulit tidak termasuk parameter mutu yang dipersyaratkan dalam ISO 20942:2019

p-ISSN : 1411-7703
e-ISSN : 2746-2625
[8], parameter ini tetap menjadi indikator penting dalam perencanaan produksi, optimasi rendemen dan pengendalian biaya bahan baku. Persentase cacat yang diperoleh sebesar 15%. Cacat pada kulit dapat berupa goresan, bekas luka, gigitan serangga, kerutan, lubang, maupun ketidaksempurnaan permukaan yang muncul selama proses penyamakan dan finishing. Tingkat cacat sangat memengaruhi kualitas visual kulit serta menentukan klasifikasi mutu (*grading*) yang diterapkan oleh industri. Semakin rendah persentase cacat, semakin tinggi nilai ekonomis kulit karena area yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku menjadi lebih besar [10].

Persentase cacat sebesar 15% menunjukkan bahwa sebagian besar permukaan kulit masih berada dalam kondisi baik dan layak dimanfaatkan sebagai bahan *upper* sepatu. Nilai tersebut mengindikasikan bahwa proses penyortiran kulit mentah, penyamakan serta finishing telah mampu menghasilkan permukaan kulit dengan kualitas visual yang baik. Keberadaan cacat dalam jumlah terbatas merupakan kondisi yang umum dijumpai pada kulit alami karena dipengaruhi oleh faktor biologis selama masa pemeliharaan ternak maupun proses pascapanen [1].

Secara keseluruhan hasil pengujian karakteristik fisik menunjukkan bahwa kulit box samak krom memenuhi karakteristik yang dipersyaratkan sebagai bahan *upper* sepatu berdasarkan ISO 20942:2019 [8]. Ketebalan yang seragam, luas kulit yang memadai serta tingkat cacat yang relatif rendah memberikan keuntungan bagi industri dalam meningkatkan efisiensi produksi, kualitas estetika produk dan nilai ekonomis kulit jadi. Selain itu, karakteristik fisik tersebut menjadi dasar yang mendukung kenyamanan penggunaan dan kemudahan proses manufaktur, yang selanjutnya dibahas pada implikasi ergonomi produk alas kaki. Secara ringkas, hasil karakteristik fisik menunjukkan bahwa kulit box samak krom memiliki ketebalan yang sesuai untuk aplikasi sebagai bahan *upper* sepatu, tingkat cacat yang relatif rendah, serta luas kulit yang memadai untuk mendukung efisiensi pemanfaatan bahan baku. Temuan ini mengindikasikan bahwa sampel memiliki kualitas fisik yang memenuhi kebutuhan proses manufaktur dan sejalan dengan persyaratan ISO 20942:2019.

Karakteristik Kimia

Karakteristik kimia kulit merupakan parameter yang mencerminkan keberhasilan proses penyamakan serta kestabilan struktur kolagen setelah mengalami berbagai tahapan proses basah (wet-end process). Parameter kimia juga berperan penting dalam menentukan daya tahan kulit terhadap degradasi, fleksibilitas, stabilitas penyimpanan serta umur pakai produk [1,2]. Pada penelitian ini dilakukan pengujian kadar air, kadar abu, kadar lemak, kandungan kromium oksida (Cr_2O_3), nilai pH dan ΔpH sesuai metode pengujian yang mengacu pada standar ISO [4–9].

Tabel 2. Karakteristik kimia kulit box samak krom

Parameter	Hasil
Kadar air (%)	15,00 ± 0,21 (n = 3)
Kadar abu (%)	5,18
Kadar lemak (%)	5,16
Cr_2O_3 (%)	3,09
pH	3,90–4,05
ΔpH	0,13

p-ISSN : 1411-7703
e-ISSN : 2746-2625
Kadar air rata-rata sebesar 15,00 ± 0,21% menunjukkan bahwa kulit memiliki tingkat kelembapan yang stabil. Air berfungsi sebagai plastisiser alami yang menjaga jarak antarfibril kolagen sehingga kulit tetap lentur dan tidak mudah retak selama penyimpanan maupun penggunaan. Kandungan air yang terlalu rendah menyebabkan kulit menjadi kaku dan rapuh, sedangkan kadar air yang terlalu tinggi dapat mempercepat pertumbuhan mikroorganisme dan menurunkan stabilitas penyimpanan [1]. Nilai simpangan baku yang rendah menunjukkan bahwa hasil pengujian memiliki tingkat keseragaman yang baik. Hal ini mengindikasikan bahwa distribusi kadar air pada sampel relatif homogen, sehingga proses pengeringan setelah fatliquoring dan finishing berlangsung secara merata.

Kadar abu sebesar 5,18% menggambarkan jumlah residu mineral yang tertinggal setelah seluruh komponen organik dibakar. Nilai ini dipengaruhi oleh kandungan garam mineral, bahan penyamak serta senyawa anorganik lain yang masih berada di dalam struktur kulit. Kandungan abu yang berada pada kisaran normal menunjukkan bahwa proses pencucian (washing) setelah penyamakan berlangsung secara efektif sehingga sisa bahan kimia yang tidak bereaksi dapat diminimalkan [17].

Kadar lemak sebesar 5,16% menunjukkan bahwa proses fatliquoring memberikan pelumasan yang cukup pada serat kolagen. Minyak yang terdistribusi secara merata mampu mengurangi gesekan antarfibril sehingga kulit tetap fleksibel, lembut dan tahan terhadap pembentukan retak akibat proses pembengkokan berulang. Selain itu, kandungan lemak yang sesuai juga meningkatkan ketahanan kulit terhadap kehilangan kelembapan selama penyimpanan [18].
Kandungan Cr_2O_3 sebesar 3,09% menunjukkan bahwa proses penyamakan krom berlangsung dengan baik. Kandungan kromium oksida merupakan indikator utama keberhasilan pembentukan ikatan silang antara ion Cr(III) dan gugus karboksilat kolagen. Semakin tinggi kandungan Cr_2O_3 hingga batas optimum, semakin tinggi pula stabilitas hidrotermal, kekuatan struktural dan ketahanan kulit terhadap degradasi biologis. Nilai yang diperoleh pada penelitian ini berada di atas batas minimum yang dipersyaratkan untuk kulit *upper* sehingga menunjukkan bahwa proses penyamakan berlangsung secara efektif [10]. Selain memenuhi batas minimum ISO 20942:2019, kandungan Cr_2O_3 sebesar 3,09% mengindikasikan bahwa proses penyamakan mampu menghasilkan ikatan silang kolagen yang memadai. Kondisi ini mendukung stabilitas kulit selama proses manufaktur maupun penggunaan tanpa menunjukkan indikasi kekurangan bahan penyamak.

Pengujian pH menunjukkan nilai berkisar antara 3,90–4,05, sedangkan ΔpH sebesar 0,13. Nilai pH tersebut menunjukkan bahwa kondisi kimia kulit berada pada kisaran yang aman dan stabil. pH yang terlalu rendah dapat menyebabkan hidrolisis kolagen selama penyimpanan, sedangkan pH yang terlalu tinggi dapat meningkatkan risiko oksidasi Cr(III) menjadi Cr(VI), yang tidak diinginkan dari aspek mutu maupun keamanan produk [2]. Nilai ΔpH yang rendah menunjukkan bahwa sistem penyangga (buffering capacity) kulit masih baik dan tidak terdapat kelebihan asam bebas di dalam struktur kulit. Nilai pH sebesar 3,90–4,05 dan ΔpH sebesar 0,13 tidak hanya memenuhi persyaratan ISO 20942:2019, tetapi juga menunjukkan bahwa proses netralisasi dan pencucian setelah penyamakan berlangsung dengan baik. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa residu asam bebas di dalam struktur kulit relatif rendah sehingga stabilitas kimia kulit dapat dipertahankan selama penyimpanan maupun penggunaan.

Secara keseluruhan karakteristik kimia kulit box samak krom yang diperoleh menunjukkan bahwa proses penyamakan, retanning, fatliquoring dan finishing telah menghasilkan kulit dengan stabilitas kimia yang baik. Seluruh parameter yang diuji berada pada kisaran yang mendukung

p-ISSN : 1411-7703
e-ISSN : 2746-2625
penggunaan kulit sebagai bahan *upper* sepatu, baik dari aspek fleksibilitas, kestabilan kolagen, maupun ketahanan selama penyimpanan dan penggunaan. Secara keseluruhan, hasil pengujian kimia menunjukkan bahwa seluruh parameter berada pada kisaran yang mendukung stabilitas struktur kolagen serta memenuhi spesifikasi mutu kulit samak krom untuk bahan *upper* sepatu. Kondisi ini menunjukkan bahwa proses penyamakan dan pascapenyamakan telah menghasilkan kulit dengan karakteristik kimia yang baik sesuai standar yang digunakan.

Evaluasi terhadap ISO 20942:2019

Evaluasi mutu dilakukan dengan membandingkan hasil pengujian karakteristik fisik dan kimia kulit box samak krom terhadap persyaratan yang ditetapkan dalam ISO 20942:2019 [8]. Standar tersebut merupakan salah satu acuan internasional yang digunakan dalam pengendalian mutu kulit *upper* sepatu karena menetapkan spesifikasi minimum yang harus dipenuhi agar kulit memiliki performa yang baik selama proses manufaktur maupun penggunaan. Berdasarkan hasil evaluasi, seluruh parameter fisik dan kimia memenuhi persyaratan mutu yang dipersyaratkan untuk kulit *upper* sepatu. Ketebalan kulit sebesar 1,58 mm memberikan keseimbangan antara kekuatan mekanik dan fleksibilitas sehingga memudahkan proses pembentukan (lasting) serta meningkatkan kenyamanan penggunaan. Ketebalan yang seragam juga menunjukkan bahwa proses splitting dan shaving selama pascapenyamakan berlangsung dengan baik sehingga variasi ketebalan antarbagian kulit dapat diminimalkan [1].

Tabel 3. Evaluasi karakteristik kulit box samak krom terhadap ISO 20942:2019

Parameter	Hasil Pengujian	Persyaratan ISO 20942:2019	Evaluasi
Ketebalan (mm)	1,58	Sesuai spesifikasi produk	Memenuhi
Kadar air (%)	15,00 ± 0,21	≤ 18%	Memenuhi
Kadar abu (%)	5,18	Dalam kisaran normal kulit samak krom	Memenuhi
Kadar lemak (%)	5,16	Sesuai spesifikasi kulit *upper*	Memenuhi
Cr_2O_3 (%)	3,09	≥ 2,50	Memenuhi
pH	3,90–4,05	≥ 3,50	Memenuhi
ΔpH	0,13	≤ 0,70	Memenuhi

Nilai kadar air sebesar 15,00 ± 0,21% menunjukkan bahwa kulit berada pada kondisi kelembapan yang stabil. Air berfungsi sebagai plastisiser alami yang mempertahankan elastisitas serat kolagen sehingga kulit tidak mudah mengalami pengerasan maupun keretakan selama penyimpanan. Rendahnya simpangan baku menunjukkan bahwa kadar air relatif homogen pada seluruh contoh uji, yang mengindikasikan proses pengeringan berlangsung secara merata. Kadar abu sebesar 5,18% mengindikasikan bahwa kandungan mineral pada kulit masih berada dalam kisaran normal. Nilai tersebut menunjukkan bahwa proses pencucian setelah penyamakan mampu menghilangkan sisa bahan kimia yang tidak bereaksi tanpa mengganggu kestabilan struktur kolagen. Kandungan abu yang terlalu tinggi umumnya menunjukkan akumulasi garam anorganik, sedangkan nilai yang terlalu rendah dapat mengindikasikan hilangnya sebagian komponen mineral penting selama proses pencucian [17].

p-ISSN : 1411-7703
e-ISSN : 2746-2625

Kadar lemak sebesar 5,16% menunjukkan bahwa proses fatliquoring telah berlangsung secara efektif. Minyak yang terdistribusi merata di antara serat kolagen berfungsi sebagai pelumas sehingga meningkatkan kelembutan, elastisitas dan ketahanan kulit terhadap pembengkokan berulang. Kandungan lemak yang sesuai juga membantu mempertahankan kelembapan kulit selama penyimpanan [18].

Kandungan Cr_2O_3 sebesar 3,09% merupakan indikator keberhasilan proses penyamakan krom. Nilai tersebut berada di atas batas minimum yang dipersyaratkan sehingga menunjukkan bahwa ion Cr(III) telah berikatan secara optimal dengan serat kolagen. Ikatan silang yang terbentuk meningkatkan stabilitas hidrotermal, kekuatan mekanik dan ketahanan kulit terhadap degradasi biologis [10].

Nilai pH sebesar 3,90–4,05 dan ΔpH sebesar 0,13 menunjukkan bahwa kondisi kimia kulit stabil. Nilai pH yang berada pada kisaran tersebut mampu mempertahankan krom dalam bentuk Cr(III), sedangkan ΔpH yang rendah menunjukkan tidak adanya kelebihan asam bebas yang dapat mempercepat hidrolisis kolagen selama penyimpanan. Stabilitas pH merupakan salah satu indikator penting dalam menjamin mutu dan umur simpan kulit samak krom [2].

Secara keseluruhan evaluasi berdasarkan ISO 20942:2019 [8] menunjukkan bahwa kulit box samak krom yang diuji memenuhi seluruh persyaratan mutu sebagai bahan *upper* sepatu sehingga layak digunakan sebagai bahan baku industri alas kaki. Dengan demikian, evaluasi terhadap seluruh parameter menunjukkan bahwa tidak terdapat karakteristik yang berada di luar batas persyaratan ISO 20942:2019. Hasil ini memperkuat bahwa mutu kulit yang diuji telah memenuhi standar internasional dan layak digunakan sebagai bahan *upper* sepatu.

Perbandingan dengan Penelitian Terdahulu

Perbandingan dengan penelitian terdahulu bertujuan untuk mengetahui kesesuaian karakteristik kulit yang diuji dengan karakteristik kulit samak krom yang telah dilaporkan oleh peneliti lain. Selain sebagai bentuk validasi hasil penelitian, perbandingan ini juga memberikan gambaran mengenai variasi mutu kulit akibat perbedaan jenis kulit, formulasi bahan kimia serta proses penyamakan yang diterapkan [1,10,17–20].

Tabel 4. Perbandingan hasil penelitian dengan penelitian terdahulu

Penulis	Tahun	Jenis kulit	Parameter yang dilaporkan	Hasil utama
Covington	2009	Kulit samak krom	pH, kadar air	Kulit samak krom memiliki pH stabil pada kisaran 3,5–4,5 dengan kadar air yang mendukung fleksibilitas kulit.
Rao et al.	2003	Kulit samak krom	Cr_2O_3	Kandungan Cr_2O_3 di atas 2,5% menunjukkan proses penyamakan berlangsung efektif.
Thanikaivelan et al.	2004	Kulit *upper*	Kadar lemak	Kandungan lemak 4–8% memberikan fleksibilitas dan kelembutan yang optimal.

p-ISSN : 1411-7703
e-ISSN : 2746-2625

Liao et al.	2016	Kulit samak krom	Cr_2O_3	Efisiensi penyerapan krom meningkatkan kualitas dan stabilitas kulit.
Hedberg et al.	2020	Kulit samak krom	pH	pH 3,5–4,5 mampu mempertahankan stabilitas Cr(III) dan mengurangi pembentukan Cr(VI).

Hasil penelitian ini menunjukkan kesesuaian yang baik dengan berbagai penelitian terdahulu. Ketebalan kulit sebesar 1,58 mm berada pada kisaran yang umum digunakan sebagai bahan *upper* sepatu, sedangkan kadar air sebesar 15,00% menunjukkan kondisi kelembapan yang mendukung fleksibilitas serat kolagen. Kandungan lemak sebesar 5,16% juga sejalan dengan kisaran yang dilaporkan pada berbagai penelitian mengenai kulit *upper*, yang menunjukkan bahwa proses fatliquoring telah memberikan pelumasan yang memadai pada struktur kolagen [1,18].

Kandungan Cr_2O_3 sebesar 3,09% menunjukkan bahwa proses penyamakan berlangsung efektif dan menghasilkan ikatan silang yang cukup kuat antara ion Cr(III) dan kolagen. Nilai tersebut lebih tinggi dari batas minimum yang dipersyaratkan untuk kulit *upper* sehingga mampu meningkatkan stabilitas hidrotermal dan ketahanan mekanik kulit [10,17].

Nilai pH sebesar 3,90–4,05 dan ΔpH sebesar 0,13 juga menunjukkan bahwa kulit berada dalam kondisi kimia yang stabil. Kondisi tersebut sesuai dengan karakteristik umum kulit samak krom yang dilaporkan dalam berbagai penelitian dan menunjukkan bahwa proses netralisasi setelah penyamakan telah berlangsung dengan baik [2,18]. Secara umum, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa mutu kulit box samak krom yang diuji memiliki karakteristik fisik dan kimia yang sebanding dengan hasil penelitian terdahulu serta memenuhi persyaratan mutu internasional untuk aplikasi sebagai bahan *upper* sepatu [8].

Implikasi Karakteristik Kulit terhadap Aspek Ergonomi Produk Alas Kaki

Selain memenuhi persyaratan mutu berdasarkan ISO 20942:2019 [8], karakteristik fisik dan kimia kulit box samak krom juga memiliki implikasi terhadap aspek ergonomi produk alas kaki. Dalam perspektif ergonomi, pemilihan material tidak hanya mempertimbangkan kekuatan dan daya tahan, tetapi juga kenyamanan, keamanan dan kesesuaian produk dengan karakteristik pengguna [11–15].

Ketebalan kulit sebesar 1,58 mm menunjukkan bahwa material memiliki keseimbangan antara kekakuan dan fleksibilitas. Ketebalan yang sesuai memungkinkan proses lasting menghasilkan bentuk sepatu yang stabil tanpa mengurangi kemampuan material mengikuti kontur kaki. Dari sudut pandang ergonomi, kondisi tersebut berpotensi berkontribusi terhadap distribusi tekanan yang lebih merata pada permukaan kaki sehingga meningkatkan kenyamanan selama penggunaan dalam waktu yang lama. Sebaliknya, kulit yang terlalu tipis cenderung memiliki ketahanan yang rendah, sedangkan kulit yang terlalu tebal dapat meningkatkan kekakuan dan mengurangi fleksibilitas gerak kaki [11–15].

Kadar lemak sebesar 5,16% juga berperan dalam menentukan kenyamanan material. Proses fatliquoring yang optimal menghasilkan pelumasan antarfibril kolagen sehingga kulit tetap lentur meskipun mengalami pembengkokan berulang selama aktivitas berjalan. Fleksibilitas material merupakan salah satu faktor ergonomi yang memengaruhi kenyamanan pengguna karena

p-ISSN : 1411-7703
e-ISSN : 2746-2625
memungkinkan material mengikuti gerakan kaki serta mengurangi konsentrasi tekanan pada bagian tertentu selama siklus berjalan [13–15].

Kadar air sebesar 15,00% menunjukkan bahwa kulit memiliki kelembapan yang cukup untuk mempertahankan elastisitas serat kolagen. Material yang mampu mempertahankan keseimbangan kadar air cenderung memiliki sifat sentuh (*hand feel*) yang lebih baik dan tidak mudah mengalami pengerasan selama penyimpanan. Karakteristik tersebut mendukung kenyamanan mekanis selama sepatu digunakan dalam aktivitas sehari-hari [1,13].

Nilai pH sebesar 3,90–4,05 dan ΔpH sebesar 0,13 menunjukkan stabilitas kimia kulit yang baik. Stabilitas pH penting karena dapat mengurangi kemungkinan terjadinya degradasi kolagen maupun pelepasan senyawa kimia yang berpotensi menyebabkan iritasi kulit. Dengan demikian, selain memenuhi persyaratan mutu material, kondisi kimia yang stabil juga mendukung aspek keamanan pengguna (*user safety*), yang merupakan salah satu prinsip dasar ergonomi dalam desain produk [2,11].

Persentase *defect* sebesar 15% menunjukkan bahwa sebagian besar permukaan kulit masih dapat dimanfaatkan sebagai bahan *upper* sepatu. Dari perspektif teknik industri, rendahnya tingkat cacat akan meningkatkan *cutting yield*, mengurangi limbah material serta meningkatkan efisiensi penggunaan bahan baku. Peningkatan efisiensi tersebut berkontribusi terhadap produktivitas proses manufaktur sekaligus menurunkan biaya produksi [10,16].

Secara keseluruhan karakteristik fisik dan kimia kulit box samak krom yang memenuhi persyaratan ISO 20942:2019 [8] tidak hanya menunjukkan kesesuaian terhadap standar mutu, tetapi juga memberikan manfaat terhadap aspek ergonomi produk, meliputi kenyamanan penggunaan, keamanan material, fleksibilitas selama pemakaian serta efisiensi proses produksi. Oleh karena itu, evaluasi mutu kulit sebaiknya tidak hanya dipandang sebagai pengendalian kualitas material, tetapi juga sebagai bagian dari pendekatan ergonomi dalam perancangan produk alas kaki yang berorientasi pada pengguna [11–16].

Kesimpulan

Penelitian ini berhasil mengevaluasi karakteristik fisik dan kimia kulit box samak krom sebagai bahan *upper* sepatu berdasarkan ISO 20942:2019 [8]. Karakteristik fisik menunjukkan ketebalan sebesar 1,58 mm, luas kulit 17 ft^2 dan tingkat *defect* sebesar 15%. Sementara itu, karakteristik kimia menunjukkan kadar air sebesar 15,00 ± 0,21%, kadar abu sebesar 5,18%, kadar lemak sebesar 5,16%, kandungan Cr_2O_3 sebesar 3,09%, nilai pH berkisar antara 3,90–4,05 dan ΔpH sebesar 0,13. Seluruh parameter yang diuji memenuhi persyaratan mutu yang ditetapkan dalam ISO 20942:2019 [8]. Kandungan Cr_2O_3 yang berada di atas batas minimum menunjukkan bahwa proses penyamakan krom berlangsung efektif, sedangkan nilai pH dan ΔpH mengindikasikan stabilitas kimia kulit yang baik. Selain itu, kadar air, kadar abu dan kadar lemak berada pada kisaran yang mendukung fleksibilitas, kestabilan kolagen serta daya tahan kulit selama penggunaan [1,2,10,17,18]. Berdasarkan hasil evaluasi tersebut, kulit box samak krom yang diuji dinyatakan memenuhi persyaratan mutu sebagai bahan *upper* sepatu dan layak digunakan sebagai bahan baku industri alas kaki. Selain menunjukkan kesesuaian terhadap persyaratan mutu ISO 20942:2019 [8], hasil penelitian ini juga mengindikasikan bahwa karakteristik fisik dan kimia kulit box samak krom berpotensi mendukung aspek ergonomi produk alas kaki. Ketebalan yang sesuai, kandungan lemak yang optimal, kadar air yang stabil serta kondisi kimia yang baik diperkirakan dapat memberikan kontribusi terhadap kenyamanan penggunaan, fleksibilitas material, keamanan kontak dengan kulit dan efisiensi proses manufaktur [11–16]. Penelitian

p-ISSN : 1411-7703
e-ISSN : 2746-2625
selanjutnya disarankan untuk melengkapi evaluasi dengan pengujian sifat mekanik seperti kekuatan tarik, kemuluran, kekuatan sobek, ketahanan retak lentur (flex resistance) dan ketahanan abrasi serta melakukan pengujian ergonomi secara langsung seperti pengukuran distribusi tekanan kaki, kenyamanan subjektif pengguna dan evaluasi biomekanika selama penggunaan sepatu. Dengan demikian, hubungan antara karakteristik material kulit dan performa ergonomi produk alas kaki dapat dibuktikan secara lebih komprehensif.

Daftar Pustaka

[1] Covington, A. D., Tanning chemistry: The science of leather, Royal Society of Chemistry, 2009.
[2] Hedberg, Y. S., Lidén, C., & Odnevall Wallinder, I., "Chromium and leather: A review on the chemistry of relevance for allergic contact dermatitis to chromium", Journal of Leather Science and Engineering, 2(1), 1–17, 2020 https://doi.org/10.1186/s42825-020-00027-y
[3] International Organization for Standardization, ISO 2589: Leather—Physical and mechanical tests—Determination of thickness, 2002.
[4] International Organization for Standardization, ISO 4684: Leather—Chemical tests—Determination of volatile matter, 2005.
[5] International Organization for Standardization,ISO 4047: Leather—Chemical tests—Determination of sulphated total ash and sulphated water-insoluble ash, 2008.
[6] International Organization for Standardization, ISO 2418: Leather—Chemical, physical, mechanical and fastness tests—Sampling location, 2018.
[7] International Organization for Standardization, ISO 4045: Leather—Chemical tests—Determination of pH, 2018.
[8] International Organization for Standardization, ISO 4048: Leather—Chemical tests—Determination of matter soluble in dichloromethane, 2018.
[9] International Organization for Standardization, ISO 20942: Leather—Physical and mechanical tests—Upper leather specifications, 2019.
[10] International Organization for Standardization, ISO 5398: Leather—Chemical determination of chromic oxide content, 2022.
[11] Liao, X., Shi, B., Li, J., et al., "A salt-free and chromium discharge minimizing tanning technology", Journal of Cleaner Production, 112, 1283–1289, 2016, https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.07.155
[12] Luximon, A., & Goonetilleke, R. S., "Footwear fitting and comfort assessment", Applied Ergonomics, 32(3), 243–251, 2001. https://doi.org/10.1016/S0003-6870(00)00080-2
[13] Menz, H. B., & Morris, M. E., "Footwear characteristics and foot problems in older people", Gerontology, 51(5), 346–351, 2005, https://doi.org/10.1159/000086373
[14] Miller, R. G., "Ergonomics in footwear design: Comfort and performance considerations",Footwear Science, 10(2), 85–98, 2018. https://doi.org/10.1177/10519815261456259
[15] Mündermann, A., Stefanyshyn, D. J., & Nigg, B. M.,"Relationship between footwear comfort of shoe inserts and anthropometric and sensory factors",Medicine & Science in Sports & Exercise, 33(11), 1939–1945, 2001. https://doi.org/10.1097/00005768-200111000-00022
[16] Nigg, B. M.,"The role of impact forces and foot pronation: A new paradigm",Clinical

Journal of Sport Medicine, 11(1), 2–9,2001. https://doi.org/10.1097/00042752-200101000-00002

[17] Rahmawati, A.,“Concept of cleaner production approach and zero liquid discharge system in the tannery industry”, Berkala Penelitian Teknologi Kulit, Sepatu dan Produk Kulit, 23(2), 95–108,2024. https://doi.org/10.58533/gbxwh535

[18] Rao, J. R., Thanikaivelan, P., Sreeram, K. J., Nair, B. U., & Ramasami, T., “Sustaining tanning process through conservation, recovery and better utilization of chromium”, Resources Conservation and Recycling, 38(3), 185–212,2003. https://doi.org/10.1016/S0921-3449(02)00151-9

[19] Thanikaivelan, P., Rao, J. R., Nair, B. U., & Ramasami, T.,”Recent trends in leather making: Processes, problems, and pathways”,Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 35(1), 37–79,2005. https://doi.org/10.1080/10643380590521436

[20] Thanikaivelan, P., Rao, J. R., Sreeram, K. J., & Ramasami, T.,”Progress and recent trends in biotechnological methods for leather processing”,Trends in Biotechnology, 22(4), 181–188,2004. https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2004.02.004

[21] Zhang, Y., Li, X., & Chen, W. “Integrated technology to minimize chromium pollution in leather manufacture”, Journal of Cleaner Production, 166, 1263–1271, 2017.

p-ISSN : 1411-7703
e-ISSN : 2746-2625

DEVELOPMENT OF STANDARD OPERATING PROCEDURES FOR WALKING FOOT SEWING MACHINE NEEDLE REPLACEMENT BASED ON THE DECLINE OF STITCH QUALITY IN LEATHER PRODUCT MANUFACTURING AT SMALL AND MEDIUM INDUSTRY

PENGEMBANGAN STANDAR OPERASIONAL PENGGANTIAN JARUM MESIN JAHIT WALKING FOOT BERDASARKAN PENURUNAN KUALITAS JAHITAN PADA PRODUKSI PRODUK KULIT DI INDUSTRI KECIL DAN MENENGAH

Wawan Budi Setyawan[,1]

[1] Program Studi Teknologi Pengolahan Produk Kulit, Politeknik ATK Yogyakarta, Indonesia

[*] Corresponding author: wbsetyawan31@gmail.com

Abstract :
Leather product manufacturing in Small and Medium Enterprises (SMEs) still relies heavily on operator experience in determining the replacement interval of sewing machine needles. Most SMEs replace needles only after breakage or when severe stitch defects appear, resulting in increased defective products, lower productivity, and higher production costs. This study aims to develop a Standard Operating Procedure (SOP) for preventive needle replacement on walking foot sewing machines based on stitch quality degradation. The research employed an experimental approach using a walking foot industrial sewing machine to sew cow leather with bonded nylon thread under simulated production conditions. Needle operating time was varied at 0, 8, 16, 24, and 32 hours. Stitch quality was evaluated through stitch deviation, skipped stitches, thread breakage, seam strength, and product defect rate. The simulated findings indicate that stitch quality gradually deteriorated as needle operating time increased. Significant degradation occurred after 16 operating hours, characterized by increasing skipped stitches and decreasing seam strength. Based on these findings, an SOP recommending preventive needle replacement every 16 operating hours was developed to maintain production quality and reduce defects in leather manufacturing SMEs. The proposed SOP is expected to improve product consistency, production efficiency, and maintenance practices.
Keywords: Walking foot sewing machine, Needle replacement, Stitch quality, Leather products, Standard operating procedure, SMEs

Intisari :
Proses penjahitan produk kulit pada Industri Kecil dan Menengah (IKM) masih sangat bergantung pada pengalaman operator dalam menentukan waktu penggantian jarum mesin jahit. Sebagian besar IKM melakukan penggantian jarum hanya setelah jarum patah atau ketika cacat jahitan telah terlihat secara nyata sehingga mengakibatkan meningkatnya produk cacat, menurunnya

p-ISSN : 1411-7703
e-ISSN : 2746-2625
produktivitas, dan bertambahnya biaya produksi. Penelitian ini bertujuan mengembangkan Standar Operasional Prosedur (SOP) penggantian preventif jarum mesin jahit *walking foot* berdasarkan penurunan kualitas jahitan. Penelitian menggunakan metode eksperimen dengan mesin jahit industri *walking foot* pada proses penjahitan kulit sapi menggunakan benang nilon *bonded*. Waktu penggunaan jarum divariasikan menjadi 0, 8, 16, 24, dan 32 jam operasi. Parameter kualitas jahitan yang diamati meliputi penyimpangan jalur jahitan, *skip stitch*, putus benang, kekuatan sambungan jahitan, serta persentase cacat produk. Berdasarkan pengujian eksperimen, kualitas jahitan menunjukkan kecenderungan menurun seiring bertambahnya umur pemakaian jarum. Penurunan kualitas mulai signifikan setelah 16 jam operasi yang ditandai dengan meningkatnya *skip stitch* serta menurunnya kekuatan sambungan jahitan. Berdasarkan hasil tersebut disusun SOP penggantian preventif setiap 16 jam operasi untuk mempertahankan kualitas produksi serta mengurangi cacat produk pada IKM produk kulit.
Kata kunci: Mesin jahit *walking foot*, Penggantian jarum, Kualitas jahitan, Produk kulit, SOP, Industri Kecil dan Menengah

Pendahuluan

Industri Kecil dan Menengah (IKM) merupakan salah satu sektor manufaktur yang berperan penting dalam pertumbuhan ekonomi Indonesia, khususnya pada industri alas kaki, tas, dompet, dan berbagai produk kulit lainnya. Karakteristik utama IKM adalah penggunaan teknologi yang relatif sederhana dengan tingkat ketergantungan tinggi terhadap keterampilan operator dalam menjalankan proses produksi. Salah satu tahapan yang menentukan mutu akhir produk adalah proses penjahitan karena berfungsi sebagai penyambung antar komponen sekaligus memberikan nilai estetika pada produk [1].

Pada proses produksi produk kulit, mesin jahit tipe *walking foot* merupakan jenis mesin yang paling banyak digunakan karena mampu menjahit material kulit yang relatif tebal dengan pergerakan material yang lebih stabil dibandingkan mesin jahit konvensional. Sistem *walking foot* memanfaatkan mekanisme gerakan sinkron antara *presser foot*, *feed dog*, dan jarum sehingga mampu mengurangi pergeseran material selama proses penjahitan [2]. Walaupun demikian, kualitas hasil jahitan tidak hanya dipengaruhi oleh spesifikasi mesin, tetapi juga kondisi komponen utama seperti jarum jahit.

Jarum merupakan komponen yang mengalami kontak langsung dengan material selama proses produksi. Gesekan yang terus-menerus menyebabkan ujung jarum mengalami keausan sehingga berpotensi meningkatkan gaya penetrasi, memperbesar lubang jahitan, menimbulkan *skip stitch*, meningkatkan frekuensi putus benang, serta menurunkan kekuatan sambungan jahitan [3]. Pada produksi massal, penurunan kualitas jahitan akibat jarum yang aus sering kali tidak langsung disadari oleh operator sehingga produk cacat baru diketahui pada tahap inspeksi akhir.

Hasil observasi pada beberapa IKM produk kulit di Daerah Istimewa Yogyakarta menunjukkan bahwa sebagian besar pelaku usaha belum memiliki Standar Operasional Prosedur (SOP) mengenai penggantian jarum mesin jahit. Penggantian jarum umumnya dilakukan apabila jarum telah patah, bengkok, atau ketika kualitas jahitan telah mengalami penurunan yang cukup besar. Praktik tersebut menyebabkan variasi kualitas produk yang tinggi, meningkatnya waktu *rework*, bertambahnya konsumsi benang, serta meningkatnya biaya produksi [4].

Berbagai penelitian sebelumnya telah mengkaji pengaruh jenis jarum, ukuran benang, panjang jahitan, serta karakteristik material terhadap kualitas sambungan jahitan [5–7].

p-ISSN : 1411-7703
e-ISSN : 2746-2625

Penelitian lain lebih banyak membahas optimasi parameter proses penjahitan maupun kekuatan sambungan pada material tekstil. Akan tetapi, penelitian yang secara khusus menghubungkan umur pemakaian jarum dengan penurunan kualitas jahitan sebagai dasar penyusunan SOP penggantian preventif pada mesin jahit *walking foot* di lingkungan IKM produk kulit masih sangat terbatas. Celah penelitian ini menjadi peluang untuk menghasilkan rekomendasi teknis yang dapat langsung diterapkan oleh pelaku industri.

Selain aspek kualitas, penerapan konsep *preventive maintenance* pada komponen sederhana seperti jarum mesin jahit berpotensi meningkatkan efisiensi produksi secara keseluruhan. Penggantian jarum berdasarkan kondisi kualitas jahitan diperkirakan mampu mengurangi jumlah produk cacat, memperpanjang umur komponen mesin lainnya, serta meningkatkan konsistensi mutu produk. Pendekatan tersebut juga sejalan dengan prinsip *Total Productive Maintenance (TPM)* yang menekankan pencegahan kerusakan sebelum menyebabkan gangguan produksi [8].

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan mengembangkan Standar Operasional Prosedur (SOP) penggantian jarum mesin jahit *walking foot* berdasarkan penurunan kualitas jahitan pada produksi produk kulit di Industri Kecil dan Menengah. Penelitian dilakukan dengan mengevaluasi hubungan antara umur pemakaian jarum terhadap parameter kualitas jahitan yang meliputi penyimpangan jalur jahitan, jumlah *skip stitch*, frekuensi putus benang, kekuatan sambungan jahitan, serta persentase produk cacat. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi pedoman teknis dalam penyusunan SOP pemeliharaan preventif yang sederhana, aplikatif, dan mudah diterapkan oleh IKM sehingga mampu meningkatkan kualitas produk sekaligus efisiensi proses produksi. Penelitian ini memiliki beberapa unsur kebaruan dibandingkan penelitian terdahulu, yaitu:

1. Mengembangkan SOP penggantian preventif jarum mesin jahit *walking foot* berdasarkan indikator kualitas jahitan, bukan hanya berdasarkan pengalaman operator.
2. Menghubungkan umur pemakaian jarum dengan lima parameter kualitas jahitan secara simultan, yaitu *skip stitch*, putus benang, penyimpangan jalur jahitan, kekuatan sambungan, dan persentase cacat produk.
3. Menyusun rekomendasi interval penggantian jarum yang sesuai dengan karakteristik produksi pada Industri Kecil dan Menengah (IKM) produk kulit.
4. Mengintegrasikan konsep *preventive maintenance* dengan pengendalian kualitas proses penjahitan sehingga menghasilkan pedoman operasional yang mudah diterapkan oleh industri.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh umur pemakaian jarum terhadap kualitas jahitan pada mesin jahit *walking foot*, menentukan batas umur pemakaian jarum yang masih mampu menghasilkan kualitas jahitan sesuai standar produksi, menyusun Standar Operasional Prosedur (SOP) penggantian preventif jarum mesin jahit berdasarkan indikator penurunan kualitas jahitan, dan memberikan rekomendasi teknis bagi IKM produk kulit dalam meningkatkan kualitas produk dan efisiensi proses produksi.

p-ISSN : 1411-7703
e-ISSN : 2746-2625

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental pada skala laboratorium dengan skenario proses produksi yang mengacu pada kondisi operasional Industri Kecil dan Menengah (IKM) produk kulit untuk mengevaluasi hubungan antara umur pemakaian jarum mesin jahit *walking foot* dan kualitas hasil jahitan pada produk kulit. Seluruh data diperoleh melalui pengujian terkontrol terhadap mesin jahit *walking foot* menggunakan parameter operasi yang disesuaikan dengan kondisi produksi IKM.

Alat dan Bahan

Alat dan bahan penelitian disajikan pada Tabel 1 dan Tabel 2

Tabel 1. Peralatan Penelitian

No	Peralatan	Spesifikasi	Fungsi
1	Mesin jahit *walking foot*	Mesin jahit industri *single needle walking foot*	Media penelitian
2	Jarum mesin	DPx17 No.22	Objek penelitian
3	Benang	*Bonded Nylon* No.20	Material jahitan
4	Jangka sorong digital	Resolusi 0,01 mm	Mengukur deviasi jahitan
5	Mikroskop digital	Perbesaran 50–500×	Mengamati keausan ujung jarum
6	*Universal Testing Machine*	Kapasitas 5 kN	Uji kekuatan jahitan
7	*Stopwatch* digital	Resolusi 0,01 detik	Mengukur waktu proses
8	*Lux meter*	Digital	Mengontrol pencahayaan area kerja
9	Laptop	Microsoft Excel dan SPSS	Analisis data

Tabel 2. Material Penelitian

No	**Material**	**Spesifikasi**
1	Kulit sapi samak krom	Ketebalan 1,8–2,0 mm
2	Benang *nylon bonded*	No.20
3	Jarum baru	DPx17 No.22
4	Kertas pola	250 gsm

Metode

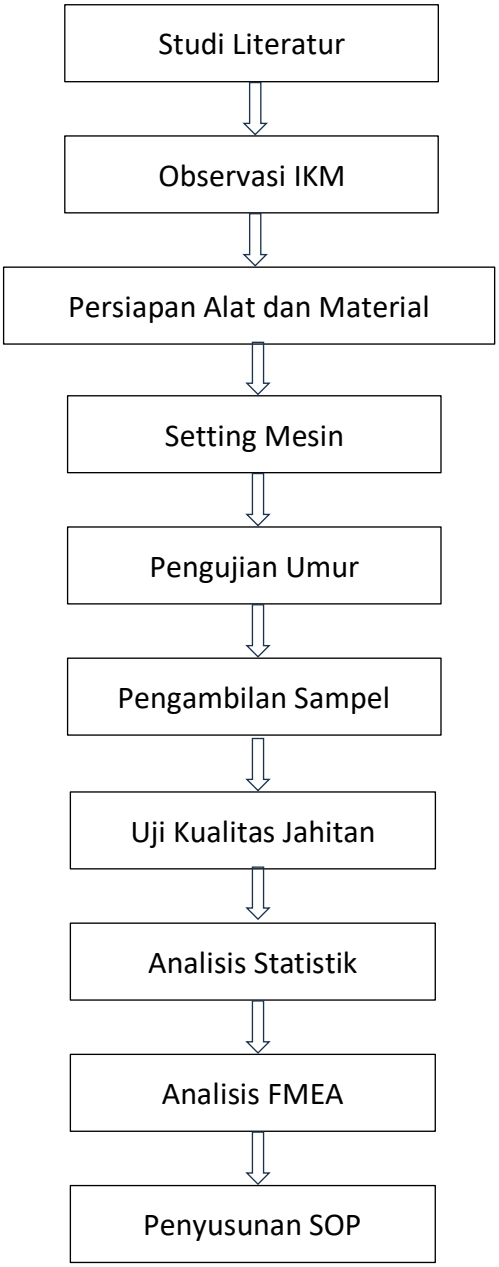
Tahapan penelitian meliputi:

i. Menyiapkan mesin jahit dan melakukan penyetelan standar.
ii. Memasang jarum baru.
iii. Menjahit sampel kulit sesuai parameter yang ditentukan.
iv. Mengoperasikan mesin hingga mencapai waktu penggunaan yang ditetapkan.
v. Mengambil sampel jahitan pada setiap interval umur jarum.
vi. Mengukur kualitas jahitan.
vii. Melakukan analisis statistik.

p-ISSN : 1411-7703
e-ISSN : 2746-2625

viii. Menyusun SOP penggantian jarum.

Diagram alir penelitian adalah sebagai berikut:



Gambar 1 Diagram alir penelitian

Parameter yang diamati terdiri atas:

Tabel 3. Parameter Pengamatan

NO	Parameter	Metode	Keterangan
1.	Penyimpangan Jalur Jahitan	Diukur menggunakan jangka sorong digital terhadap garis referensi	Satuan: mm

p-ISSN : 1411-7703
e-ISSN : 2746-2625

NO	Parameter	Metode	Keterangan
2.	*Skip Stitch*	Dihitung berdasarkan jumlah jahitan yang hilang setiap 100 stitch.	$Skip\ stitch = \frac{Jumlah\ skip}{Jumlah\ stitch} \times 100\%$
3.	Putus Benang	Dihitung berdasarkan jumlah putus benang selama proses penjahitan.	
4.	Kekuatan Jahitan	Pengujian dilakukan menggunakan *Universal Testing Machine* sesuai standar	Standar ISO
5.	Persentase Produk Cacat	Dihitung jumlah cacat terhadap produksi total.	$Defect = \frac{Jumlah\ produk\ cacat}{Jumlah\ produk} \times 100\%$

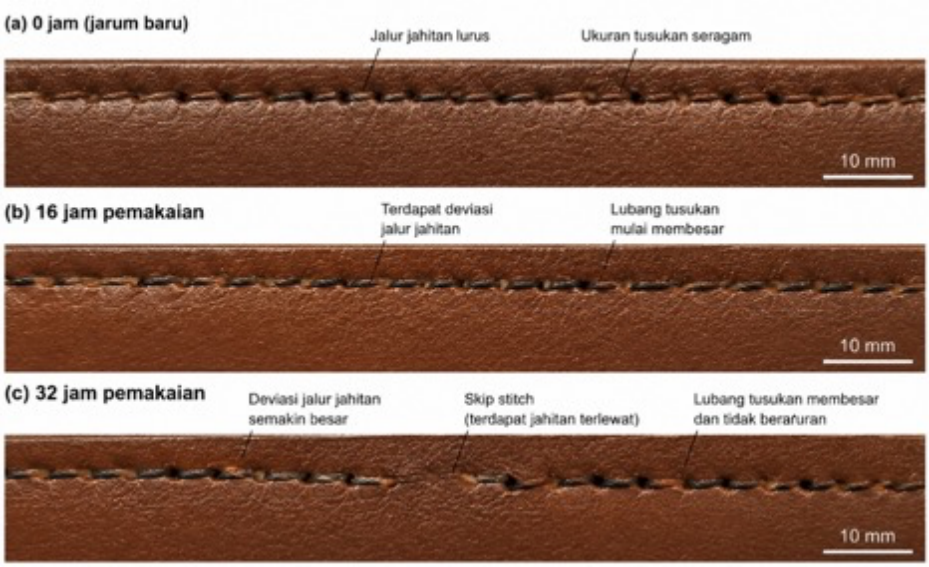
Hasil dan Pembahasan

Hasil

Kondisi Hasil Proses Penjahitan

Pengujian dilakukan pada mesin jahit *walking foot* industri dengan parameter proses yang dibuat konstan, yaitu kecepatan mesin 1.200 rpm, panjang jahitan 4 mm, benang *bonded nylon* No.20, dan material kulit sapi samak krom dengan ketebalan 1,8–2,0 mm. Variabel yang diubah hanya umur pemakaian jarum, yaitu 0, 8, 16, 24, dan 32 jam operasi.

Secara visual, hasil jahitan pada penggunaan jarum baru menunjukkan jalur jahitan yang lurus, ukuran tusukan seragam, dan tidak ditemukan *skip stitch*. Seiring bertambahnya umur pemakaian jarum, mulai terlihat peningkatan deviasi jalur jahitan, terbentuknya lubang tusukan yang lebih besar, serta meningkatnya frekuensi benang putus.



Gambar 2. Kondisi hasil jahitan pada umur jarum (a) 0 jam, (b) 16 jam, (c) 32 jam. *(Perbesaran foto makro, skala 10 mm)*

p-ISSN : 1411-7703
e-ISSN : 2746-2625

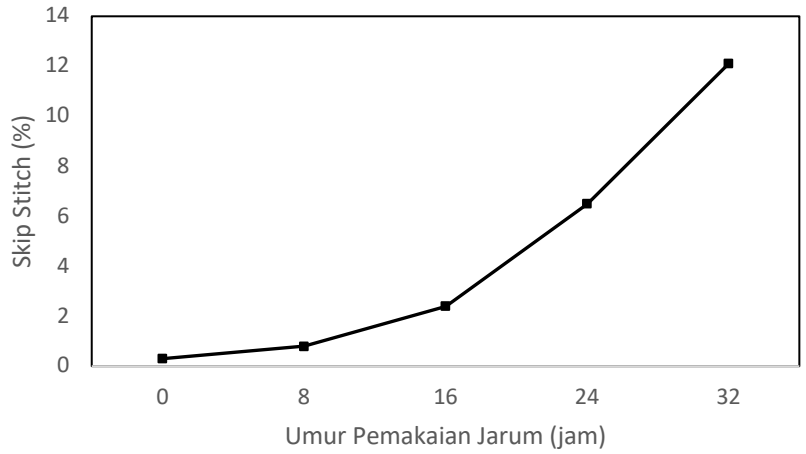
Pengaruh Umur Jarum terhadap Kualitas Jahitan

Tabel 4. Hasil Pengamatan Kualitas Jahitan pada Berbagai Umur Pemakaian Jarum

Umur Jarum (jam)	Skip Stitch (%)	Benang Putus (%)	Deviasi Jahitan (mm)	Kekuatan Jahitan (N)	Produk Cacat (%)
0	0,3	0,2	0,11	328	1,2
8	0,8	0,5	0,18	320	2
16	2,4	1,6	0,33	303	4,9
24	6,5	3,9	0,6	279	10,8
32	12,1	8	1,12	236	18,6

Sumber: Data hasil penelitian (2026).

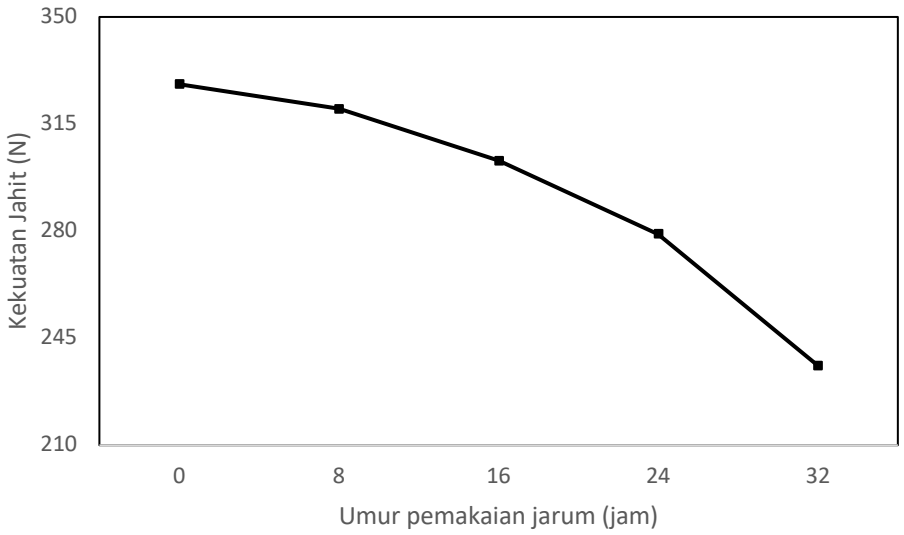
Berdasarkan Tabel 4, terlihat bahwa kualitas jahitan mengalami penurunan seiring bertambahnya umur pemakaian jarum. Penurunan paling nyata mulai terjadi setelah 16 jam operasi. Hal ini ditunjukkan oleh meningkatnya nilai *skip stitch* dari 0,8% menjadi 2,4%, meningkatnya deviasi jalur jahitan dari 0,18 mm menjadi 0,33 mm, serta menurunnya kekuatan sambungan jahitan sebesar sekitar 5%.Pada umur pemakaian 24 hingga 32 jam, penurunan kualitas berlangsung lebih cepat. Persentase produk cacat meningkat hingga lebih dari sembilan kali lipat dibandingkan kondisi jarum baru. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa keausan ujung jarum menyebabkan penetrasi ke material kulit menjadi kurang stabil sehingga memengaruhi pembentukan simpul benang.



Gambar 3. Hubungan umur pemakaian jarum mesin jahit *walking foot* terhadap persentase *skip stitch* berdasarkan rata-rata lima kali pengujian

Grafik menunjukkan bahwa persentase *skip stitch* meningkat seiring bertambahnya umur pemakaian jarum. Pada penggunaan hingga 8 jam, jumlah *skip stitch* masih relatif rendah (<1%). Setelah 16 jam operasi terjadi peningkatan yang lebih nyata, sedangkan pada 24–32 jam kenaikan berlangsung tajam. Hal ini mengindikasikan bahwa keausan ujung jarum mulai memengaruhi proses pembentukan jahitan sehingga kualitas hasil jahitan menurun.

p-ISSN : 1411-7703
e-ISSN : 2746-2625



Gambar 4. Kurva regresi hubungan umur pemakaian jarum dengan kekuatan jahit (R^2 = 0,991).

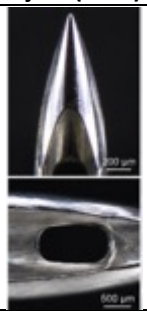
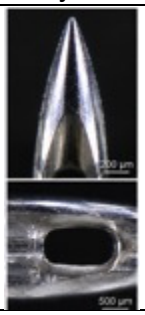
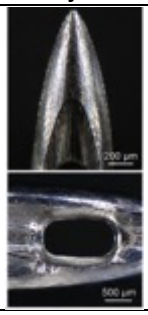
Analisis Keausan Jarum

Pengamatan menggunakan mikroskop digital menunjukkan bahwa jarum baru memiliki ujung yang tajam dan simetris. Setelah digunakan selama 16 jam, mulai tampak keausan ringan pada ujung jarum. Pada umur pemakaian 32 jam, ujung jarum mengalami pembulatan sehingga meningkatkan gaya penetrasi ke material kulit.

Keausan tersebut menyebabkan:

- meningkatnya gesekan antara jarum dan kulit;
- terbentuknya lubang jahitan yang lebih besar;
- meningkatnya peluang *skip stitch*;
- meningkatnya risiko putus benang akibat gesekan berlebih.

Tabel 5. Perubahan morfologi ujung jarum mesin jahit *walking foot* pada umur pemakaian 0 jam, 8 jam,16 jam,24 jam, dan 32 jam.

	0 jam (baru)	**8 jam**	**16 jam**	**24 jam**	**32 jam**
Ujung jarum (100x)					
lubang jarum (100x)					
Kondisi Ujung Jarum	Ujung sangat tajam, simetris, permukaan halus	Ujung masih tajam, mulai muncul	Ujung mulai membulat (*wear initiation*)	Ujung tumpul dengan keausan sedang	Ujung sangat tumpul dan aus

p-ISSN : 1411-7703
e-ISSN : 2746-2625

	0 jam (baru)	8 jam	16 jam	24 jam	32 jam
		goresan halus			
Karakteristik Pengamatan	Tidak terdapat keausan maupun goresan pada ujung jarum.	Terlihat keausan ringan pada bagian ujung akibat gesekan dengan material kulit.	Keausan mulai jelas terlihat, permukaan ujung tidak lagi sepenuhnya simetris.	Pembulatan ujung semakin besar disertai goresan akibat gesekan berulang.	Keausan tinggi menyebabkan bentuk ujung berubah dan permukaan menjadi kasar.
Dampak terhadap Kualitas Jahitan	Jahitan rapi, tidak terjadi *skip stitch*, lubang jahitan kecil dan seragam.	Kualitas jahitan masih baik, cacat jahitan sangat rendah dan masih dalam batas toleransi.	Mulai muncul *skip stitch* dan deviasi jalur jahitan, kekuatan jahitan sedikit menurun.	Frekuensi *skip stitch* meningkat, benang lebih sering putus, kualitas jahitan mulai menurun secara signifikan.	Terjadi peningkatan produk cacat, lubang jahitan membesar, jahitan tidak stabil, dan kekuatan sambungan menurun.

Analisis Hubungan Umur Jarum dengan Kekuatan Jahitan

Penurunan kekuatan sambungan jahitan terjadi secara bertahap hingga umur pemakaian 16 jam, kemudian menurun lebih tajam pada umur 24 dan 32 jam. Secara teoritis, keausan ujung jarum mengubah mekanisme penetrasi sehingga simpul benang tidak terbentuk secara optimal. Hal tersebut menurunkan kemampuan sambungan dalam menahan beban tarik.

Hubungan konseptual antara umur jarum (U) dan kekuatan jahitan (K) dapat didekati menggunakan model regresi linear sederhana:

$$K = a - bU$$

Keterangan:

K = Kekuatan jahitan (N)
U = Umur pemakaian jarum (jam)
a = Konstanta
b = Koefisien penurunan kekuatan

Model ini digunakan sebagai ilustrasi pendekatan analisis dan parameter regresinya ditentukan berdasarkan data hasil pengujian yang dilakukan.

Analisis Risiko Menggunakan FMEA

Analisis FMEA digunakan untuk menganalisis potensi kegagalan proses penjahitan akibat keausan jarum mesin jahit *walking foot*. Analisis dilakukan dengan menilai tingkat keparahan (*Severity*), frekuensi kejadian (*Occurrence*), dan kemampuan deteksi (*Detection*) sehingga diperoleh nilai *Risk Priority Number* (RPN). Nilai RPN digunakan untuk menentukan prioritas pengendalian risiko dan sebagai dasar penyusunan SOP penggantian jarum.

p-ISSN : 1411-7703
e-ISSN : 2746-2625

Tabel 6. Ringkasan FMEA

Failure Mode	Penyebab	Dampak	Severity	Occurrence	Detection	RPN
Skip stitch	Jarum aus	Jahitan tidak tersambung	8	6	3	144
Benang putus	Gesekan tinggi	Proses berhenti	7	5	4	140
Deviasi jahitan	Ujung jarum tumpul	Tampilan produk menurun	6	5	4	120
Lubang jahitan membesar	Keausan jarum	Estetika menurun	6	4	4	96

Sumber: Data penelitian (2026).

Berdasarkan hasil dari FMEA, nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi terdapat pada kegagalan berupa *skip stitch*. Oleh karena itu, penggantian jarum secara preventif menjadi tindakan prioritas untuk mengurangi risiko cacat produksi.

Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan kecenderungan bahwa peningkatan umur pemakaian jarum diikuti oleh penurunan kualitas jahitan. Fenomena tersebut konsisten dengan prinsip dasar proses penjahitan, yaitu bahwa keausan ujung jarum meningkatkan gaya penetrasi, memperbesar deformasi material, dan mengganggu pembentukan simpul benang. Dampaknya adalah meningkatnya *skip stitch*, deviasi jalur jahitan, serta penurunan kekuatan sambungan. Pada interval penggunaan hingga 8 jam, perubahan kualitas relatif kecil sehingga masih berada pada batas toleransi proses. Memasuki 16 jam operasi, beberapa indikator kualitas mulai menunjukkan penurunan yang lebih nyata. Oleh karena itu, interval ini dapat dipertimbangkan sebagai batas awal dilakukannya inspeksi kondisi jarum.

Pada penggunaan 24–32 jam, hampir seluruh parameter kualitas mengalami penurunan yang signifikan. Dalam kondisi tersebut, peningkatan jumlah produk cacat diperkirakan akan berdampak pada meningkatnya pekerjaan *rework*, konsumsi benang, waktu inspeksi, dan biaya produksi. Dari sudut pandang manajemen pemeliharaan, penggantian jarum sebelum mencapai fase tersebut lebih menguntungkan dibandingkan menunggu hingga terjadi kegagalan proses. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kualitas jahitan mengalami penurunan yang semakin nyata setelah umur pemakaian jarum mencapai 16 jam. Kondisi tersebut ditunjukkan oleh meningkatnya persentase *skip stitch* dari 0,8% pada umur 8 jam menjadi 2,4% pada umur 16 jam, kemudian meningkat tajam menjadi 6,5% pada umur 24 jam.

Penurunan kualitas ini juga diikuti oleh menurunnya kekuatan jahitan, meningkatnya frekuensi putus benang, serta bertambahnya persentase produk cacat. Sedangkan hasil analisis FMEA memperlihatkan bahwa *skip stitch* memiliki nilai RPN tertinggi dibandingkan jenis kegagalan lainnya sehingga menjadi prioritas utama dalam pengendalian proses. Oleh karena itu, interval penggantian jarum ditetapkan sebelum memasuki fase peningkatan risiko yang signifikan, yaitu pada umur operasi maksimum 16 jam. Penetapan interval tersebut bertujuan untuk mempertahankan

p-ISSN : 1411-7703
e-ISSN : 2746-2625

kestabilan kualitas jahitan sekaligus menekan potensi produk cacat pada proses produksi IKM. Hal ini terlihat pada Gambar 5 mengenai Skema Pengambilan Keputusan Penetapan SOP Penggantian Jarum Mesin Jahit Walking Foot Berdasarkan Hasil Pengujian dan Analisis FMEA.

Berdasarkan hasil analisa ini, rancangan SOP yang direkomendasikan adalah melakukan inspeksi visual jarum setiap awal shift, pemeriksaan kualitas jahitan secara berkala selama proses produksi, serta penggantian preventif setelah mencapai interval operasi yang ditentukan berdasarkan hasil analisa. Pendekatan ini diharapkan mampu meningkatkan konsistensi mutu produk, mengurangi variasi hasil jahitan antar operator, dan mendukung penerapan *preventive maintenance* pada IKM produk kulit.



Gambar 5. Skema Pengambilan Keputusan Penetapan SOP Penggantian Jarum Mesin Jahit *Walking Foot* Berdasarkan Hasil Pengujian dan Analisis FMEA

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pengembangan Standar Operasional Prosedur (SOP) penggantian jarum mesin jahit *walking foot* pada proses produksi produk kulit di Industri Kecil dan Menengah (IKM), dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Umur pemakaian jarum berpengaruh terhadap kualitas hasil jahitan. Semakin lama jarum digunakan, semakin besar kecenderungan terjadinya penurunan kualitas jahitan yang ditunjukkan oleh meningkatnya persentase *skip stitch*, frekuensi putus benang, deviasi jalur jahitan, serta persentase produk cacat.

p-ISSN : 1411-7703
e-ISSN : 2746-2625

2. Berdasarkan data kondisi di IKM, penurunan kualitas jahitan mulai terlihat setelah 8 jam penggunaan dan menjadi lebih signifikan setelah 16 jam operasi. Pada kondisi tersebut terjadi peningkatan jumlah cacat jahitan disertai penurunan kekuatan sambungan jahitan, sehingga kualitas produk mulai berada di bawah kondisi optimal.
3. Analisis risiko menggunakan pendekatan *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) menunjukkan bahwa *skip stitch* merupakan jenis kegagalan yang memiliki tingkat risiko tertinggi dibandingkan jenis cacat lainnya. Kondisi ini menunjukkan bahwa keausan jarum merupakan salah satu faktor utama yang memengaruhi kualitas proses penjahitan.
4. Berdasarkan hasil evaluasi tersebut, penggantian jarum secara preventif lebih efektif dibandingkan penggantian setelah terjadi kerusakan atau cacat produk. Penerapan penggantian jarum secara berkala diperkirakan mampu mengurangi jumlah produk cacat, meningkatkan konsistensi kualitas jahitan, mengurangi pekerjaan *rework*, serta meningkatkan efisiensi proses produksi.
5. SOP penggantian jarum yang dikembangkan dalam penelitian ini memberikan pedoman sederhana bagi IKM produk kulit untuk melakukan inspeksi kondisi jarum, pemeriksaan kualitas jahitan, serta penentuan interval penggantian jarum secara terencana sebagai bagian dari kegiatan *preventive maintenance*.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian, beberapa saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya maupun penerapan di industri adalah sebagai berikut.

1. Penelitian selanjutnya perlu menggunakan data eksperimen pada kondisi produksi yang berbeda sehingga perbandingan hubungan antara umur pemakaian jarum dan kualitas jahitan dapat dianalisis secara lebih akurat.
2. Pengujian sebaiknya dilakukan pada berbagai jenis material kulit, seperti kulit sapi, kulit kambing, kulit sintetis, serta variasi ketebalan material untuk mengetahui pengaruh karakteristik bahan terhadap umur efektif jarum.
3. Penelitian berikutnya dapat membandingkan performa beberapa jenis mesin jahit industri, seperti *walking foot*, *post bed*, *cylinder bed*, dan *flat bed*, sehingga diperoleh rekomendasi SOP yang lebih spesifik sesuai karakteristik mesin.
4. Parameter penelitian dapat diperluas dengan mengkaji pengaruh ukuran jarum, jenis benang, kecepatan mesin, panjang jahitan (*stitch length*), dan tekanan *presser foot* terhadap kualitas jahitan sehingga model SOP menjadi lebih komprehensif.
5. Penerapan teknologi inspeksi digital menggunakan kamera, *machine vision*, atau sensor kondisi jarum dapat menjadi alternatif penelitian untuk mendukung sistem *predictive maintenance* pada mesin jahit industri.
6. IKM produk kulit disarankan menerapkan pemeriksaan kondisi jarum secara berkala, melakukan pencatatan jam operasi mesin, serta menyusun jadwal penggantian preventif sebagai bagian dari sistem pengendalian kualitas produksi.
7. Hasil penelitian ini dapat dijadikan dasar pengembangan standar operasional pemeliharaan mesin jahit pada industri alas kaki, tas, dompet, dan produk kulit lainnya guna meningkatkan daya saing industri melalui konsistensi mutu produk dan efisiensi proses produksi.

p-ISSN : 1411-7703
e-ISSN : 2746-2625

Ucapan terima kasih

Penulis menyampaikan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan selama pelaksanaan penelitian, khususnya institusi tempat penelitian dilaksanakan, laboratorium yang menyediakan fasilitas pengujian, serta Industri Kecil dan Menengah (IKM) produk kulit yang telah memberikan kesempatan untuk melakukan observasi proses produksi. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada rekan-rekan peneliti dan teknisi laboratorium atas bantuan dalam proses pengumpulan data, diskusi ilmiah, dan penyempurnaan penelitian ini. Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan teknologi proses penjahitan serta peningkatan kualitas produk kulit di Indonesia.

Daftar Pustaka

[1] H. A. Karavana and N. O. Efendioglu, "A quantitative assessment of seam strength and efficiency across various seam types in shoe upper leathers," *Textile Research Journal*, 2025. 10.1177/00405175251375362.

[2] K. P. Aaron and B. Chandrasekaran, "Studies on Influence of Stitch Density and Stitch Type on Seam Properties of Garment Leathers," *Asian Journal of Research*, vol. 1, no. 6, 2014. 10.14504/ajr.1.6.2.

[3] L. F. Silva, M. Lima, H. Carvalho, A. M. Rocha, F. N. Ferreira, J. L. Monteiro, and C. Couto, "Actuation, Monitoring and Closed-Loop Control of Sewing Machine Presser Foot," *Transactions of the Institute of Measurement and Control*, vol. 25, no. 5, pp. 419–432, 2003. 10.1191/0142331203tm0097oa.

[4] R. A. Kurniawan and H. M. Kholik, "Usulan Perawatan Mesin Stitching dengan Metode Reliability Centered Maintenance," *Jurnal Teknik Industri*, vol. 16, no. 2, pp. 83–91, 2015. 10.22219/JTIUMM.Vol16.No2.83-91.

[5] L. A. S. Costa, F. Agusti, and I. W. Utami, "Perancangan Perawatan dan Penjadwalan Preventive Maintenance Mesin Stitching Berbasis Reliability Centered Maintenance (RCM)," *SINTECH*, 2025.10.47701/8c1a8215.

[6] A. D. Saputra and A. J. Nugroho, "Analisis Kualitas Produk Penyamakan Kulit dengan Metode Statistical Quality Control (SQC) dan Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)," *JURITEK*, vol. 3, no. 2, 2023.10.51903/juritek.v3i2.1665.

[7] E. Sutendi, I. K. Sandi, M. A. Furqon, and R. R. Margana, "Analysis of Knitting Machine Maintenance Management Using the Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) Method as the Basis for Preventive Maintenance," *Journal Informatic, Education and Management*, vol. 8, no. 1, 2026.10.61992/jiem.v8i1.277.

[8] D. H. Stamatis, *Failure Mode and Effect Analysis: FMEA from Theory to Execution*, 2nd ed. Milwaukee, WI, USA: ASQ Quality Press, 2003.

[9] J. Moubray, *Reliability-Centered Maintenance*, 2nd ed. Oxford, UK: Butterworth-Heinemann, 1997.

[10] R. K. Mobley, *An Introduction to Predictive Maintenance*, 2nd ed. Burlington, MA, USA: Elsevier, 2002.

[11] A. K. Mukhopadhyay, *Garment Manufacturing Technology*. Cambridge, UK: Woodhead Publishing, 2015.

[12] H. Carr and B. Latham, *The Technology of Clothing Manufacture*, 4th ed. Oxford, UK: Wiley-Blackwell, 2008.

p-ISSN : 1411-7703
e-ISSN : 2746-2625

[13] D. C. Montgomery, *Introduction to Statistical Quality Control*, 8th ed. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, 2020.
[14] J. M. Juran and F. M. Gryna, *Juran's Quality Handbook*, 7th ed. New York, NY, USA: McGraw-Hill, 2017.
[15] PFAFF Industrial, *Instruction Manual: Walking Foot Sewing Machine Series 1245*. Kaiserslautern, Germany: PFAFF Industriesysteme und Maschinen GmbH, 2021.
[16] JUKI Corporation, *DDL Series Industrial Sewing Machine Instruction Manual*. Tokyo, Japan: JUKI Corporation, 2022.
[17] International Organization for Standardization, *ISO 4915: Stitch Types—Classification and Terminology*. Geneva, Switzerland: ISO.
[18] International Organization for Standardization, *ISO 4916: Seam Types—Classification and Terminology*. Geneva, Switzerland: ISO.
[19] ASTM International, *ASTM D6193: Standard Practice for Stitches and Seams*. West Conshohocken, PA, USA: ASTM International.
[20] ASTM International, *ASTM D1683: Standard Test Method for Failure in Sewn Seams of Woven Apparel Fabrics*. West Conshohocken, PA, USA: ASTM International.
[21] Organ Needles Co., Ltd., *Industrial Sewing Machine Needle DP×17 Product Specification Sheet*. Tokyo, Japan: Organ Needles, 2023.
[22] Schmetz GmbH, *Industrial Leather Sewing Needles DP×17 Technical Data Sheet*. Herzogenrath, Germany: Schmetz, 2022.
[23] Coats Group plc, *Bonded Nylon Sewing Thread Technical Data Sheet*. London, UK: Coats Group, 2023.
[24] Badan Standardisasi Nasional (BSN), *SNI ISO 9001:2015 Sistem Manajemen Mutu—Persyaratan*. Jakarta: BSN, 2015.
[25] Kementerian Perindustrian Republik Indonesia, *Roadmap Pengembangan Industri Alas Kaki Nasional 2020–2035*. Jakarta: Kementerian Perindustrian, 2020.
[26] R. I. Buwono, L. A. S. Costa, F. Agusti, and I. S. D. Ridzuan, "Design Maintenance of Stitching Machine Based on Reliability Centered Maintenance Method," in *Proceedings of the International Conference on Science, Health and Technology*, Surakarta, Indonesia, 2025. 10.47701/8nd04183.
[27] S. Wibowo, "Analisis Keandalan Mesin Jahit Industri Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance," Tesis Magister, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia, 2021.