

JURNAL SAINTISKOM
(Sains,Teknologi, Integrasi Keilmuan dan Komputer)
Vol.4, No.1, Maret 2026
e-ISSN: 3046-6091
https://journal.uin-alauddin.ac.id/index.php/saintiskom

KARAKTERISASI MOLEKULER DAN DISKRIMINASI SPEKTROSKOPIK ATR-FTIR PADA SERAT KERATIN ALAMI DAN POLIMER SINTETIS

AWALUDDIN IWAN PERDANA[1], NURUL FAJRI CANDRA[2]

[1]Jurusan Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar, Indonesia
[2]Jurusan Farmasi, Fakultas Kedokteran & Ilmu Kesehatan
Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar, Indonesia
email : [1]awaluddinperdana@uin-alauddin.ac.id, [2]nurulfajricandra@gmail.com
Corresponding Author : awaluddinperdana@uin-alauddin.ac.id

ABSTRAK

Perkembangan pesat sektor kosmetik, seni rupa, dan konstruksi mendorong peningkatan permintaan terhadap kuas, yang kualitasnya sangat bergantung pada material serat yang digunakan, mulai dari keratin hewan hingga polimer sintetik. Karena kurangnya standarisasi dan maraknya pelabelan yang palsu, diperlukan sebuah sistem kontrol kualitas analitik yang andal. Penelitian ini menerapkan metode Attenuated Total Reflectance-Fourier Transform Infrared Spectroscopy (ATR-FTIR) sebagai teknik non-destruktif untuk membedakan profil spektroskopi dari tiga jenis kuas komersial: kuas bulu babi hutan alami, kuas kosmetik, dan kuas cat. Analisis kualitatif dalam rentang 4000–400 cm^{-1} mengidentifikasi tiga kelompok material dasar. Kuas bulu babi menunjukkan penanda biologis berupa pita Amida I (1633,31 cm^{-1}) dan Amida II (1523,94 cm^{-1}) yang mencerminkan ikatan peptida alamiah. Sebaliknya, kuas kosmetik secara keseluruhan dan satu jenis kuas cat memperlihatkan puncak regangan karbonil yang tajam (1703,99–1710,55 cm^{-1}), mengonfirmasi keberadaan poliester sintetik (PET/PBT). Jenis kuas cat lainnya menunjukkan profil yang mirip protein hewan, yang mengindikasikan penggunaan poliamida sintetik (nilon) atau serat hibrida campuran. Hasil penelitian ini memvalidasi efektivitas ATR-FTIR sebagai metode identifikasi kimia untuk protokol kontrol kualitas di industri manufaktur domestik. Pengembangan repositori spektrum referensi nasional dan pengintegrasian metode kemometrik sangat disarankan untuk meningkatkan perlindungan konsumen dan kepatuhan terhadap Standar Nasional Indonesia (SNI).

Kata Kunci : ATR-FTIR, kontrol kualitas, serat kuas, diskriminasi material

I. PENDAHULUAN

Dalam industri seni, kosmetik, cat, dan pemeliharaan, kuas merupakan instrumen krusial. Kualitas kuas secara dominan ditentukan oleh bahan penyusunnya, khususnya elemen serat yang beradu dengan permukaan aplikasi. Serat kuas dapat bersumber dari bulu hewan asli (misal: marten, kuda, kambing),

JURNAL SAINTISKOM
(Sains,Teknologi, Integrasi Keilmuan dan Komputer)
Vol.4, No.1, Maret 2026
e-ISSN: 3046-6091
https://journal.uin-alauddin.ac.id/index.php/saintiskom

material sintetik seperti nilon atau poliester, atau kombinasi keduanya. Karakteristik fisik dan kimia yang berbeda pada setiap jenis material ini memiliki dampak signifikan terhadap kinerja, keawetan, dan kegunaan kuas. Terbukti, Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) merupakan metode yang sangat ampuh untuk identifikasi gugus fungsi serta penentuan jejak kimia spesifik (chemical fingerprint) tiap material (Siddique, 2024). Ketersediaan akses ke teknik spektroskopi modern telah membuka jalan bagi peneliti untuk menganalisis secara komparatif komposisi material kuas secara rinci, sehingga meningkatkan pemahaman mengenai hubungan antara sifat kimia material dan fungsi kerja kuas (Chrimatopoulos et al., 2024).

Pasar industri kuas Indonesia mengalami pertumbuhan pesat, didukung oleh kemajuan industri kosmetik, seni rupa, dan konstruksi. Kendati demikian, permasalahan kontrol kualitas produk tetap menjadi isu krusial. Produk kuas yang tersedia di pasar, baik dari produsen domestik maupun luar negeri, seringkali absen dari sertifikasi standar internasional terkait komposisi material dan kualitas. Konsumen menghadapi kesulitan dalam membedakan kualitas kuas berdasarkan estetika semata, minimnya pemahaman tentang materialnya. Keterbatasan data ilmiah dan teknis mengenai sifat spektroskopik berbagai jenis kuas yang digunakan di Indonesia, serta praktik pemalsuan dan penyalahgunaan label material, semakin menambah kompleksitas masalah. Di tengah meningkatnya tuntutan konsumen akan kualitas dan keamanan produk, urgensi analisis material yang tepat menjadi kian mendesak (Jose et al., 2024).

Penelitian ini mengadopsi FTIR-ATR sebagai metode analisis utama berkat efisiensi dan keandalannya. Teknik ini menyederhanakan proses pengukuran dengan menghindari preparasi sampel yang memakan waktu dan berpotensi merusak, sehingga analisis dapat dilakukan langsung pada sampel aslinya. Sifat non-destruktifnya juga memungkinkan evaluasi berulang. Selain itu, ATR-FTIR menawarkan analisis cepat dengan sensitivitas tinggi pada gugus fungsi spesifik

JURNAL SAINTISKOM
(Sains,Teknologi, Integrasi Keilmuan dan Komputer)
Vol.4, No.1, Maret 2026
e-ISSN: 3046-6091
https://journal.uin-alauddin.ac.id/index.php/saintiskom

(Wang et al., 2024). Penggunaan metode ini dalam penelitian material serupa seperti tekstil (Chrimatopoulos et al., 2024) serta kemudahan perbandingan hasil dengan basis data FTIR global menjadikan metode ini pilihan optimal untuk identifikasi material yang akurat dan konsisten (Ali et al., 2024).

Spektroskopi inframerah, terutama FTIR dan ATR-FTIR, kini menjadi metode standar industri untuk karakterisasi serat, baik alami maupun sintetis. Berbagai penelitian mutakhir telah membuktikan kemampuan FTIR dalam membedakan serat alami berkualitas tinggi seperti kasmir, mohair, dan alpaka dari serat imitasi atau berkualitas rendah dengan akurasi tinggi (Chrimatopoulos et al., 2024). Kombinasi ATR-FTIR dan mikroskopi elektron scanning (SEM) terbukti efektif mengidentifikasi komposisi material kompleks dari campuran serat alami dan sintetis pada tekstil historis maupun komersial (Yancheva et al., 2025). Analisis spektrum FTIR spesifik terhadap serat keratin bulu hewan juga mampu mengidentifikasi gugus amida serta struktur alpha-helical dan beta-sheet yang khas pada protein keratin (Balarabe et al., 2025). Studi terbaru lainnya menunjukkan bahwa integrasi FTIR dengan analisis chemometric seperti PLS-DA dapat mencapai akurasi hingga 90% dalam klasifikasi serat berdasarkan karakteristik spektroskopi (Bonifazi et al., 2024). Selain itu, metode analisis kualitatif FTIR telah meluas untuk kontrol kualitas industri, mencakup tekstil hingga biomaterial (Catauro et al., 2023).

Kesenjangan riset yang signifikan masih ada dalam analisis serat tekstil, yaitu belum adanya studi komparatif sistematis yang menganalisis spektrum FTIR dari beragam jenis kuas (cat, kosmetik, bulu hewan) berdasarkan komposisi materialnya, khususnya dalam konteks industri Indonesia. Mayoritas studi serat tekstil sebelumnya berfokus pada aplikasi garmen, komposit, atau biomaterial, dengan analisis spesifik pada kuas yang sangat terbatas. Lebih lanjut, belum terbangunnya referensi spektroskopik standar menggunakan FTIR-ATR untuk produk kuas komersial di Indonesia menjadi kendala dalam quality control dan

JURNAL SAINTISKOM
(Sains,Teknologi, Integrasi Keilmuan dan Komputer)
Vol.4, No.1, Maret 2026
e-ISSN: 3046-6091
https://journal.uin-alauddin.ac.id/index.php/saintiskom

autentikasi. Penelitian ini dirancang untuk mengatasi keterbatasan tersebut melalui analisis komparatif mendalam spektrum FTIR tiga jenis kuas. Fokusnya meliputi: (1) identifikasi dan perbandingan gugus fungsi spesifik antar kuas, (2) pembentukan profil spektroskopik yang membedakan tiap jenis kuas, dan (3) pengembangan standar referensi FTIR untuk quality control dan otentikasi material kuas. Keunikan riset ini terletak pada metode sistematis menggunakan FTIR-ATR untuk perbandingan kuas, relevansinya dengan pasar Indonesia, serta penciptaan standar spektroskopik bagi industri kuas lokal yang sebelumnya belum ada.

II. METODE PENELITIAN

Karakteristik spektrum FTIR pada berbagai jenis kuas dianalisis dalam studi kualitatif deskriptif ini, menghubungkannya dengan komposisi material. Pendekatan kualitatif diaplikasikan karena penelitian menitikberatkan pada identifikasi gugus fungsi dan penafsiran sifat kimiawi tanpa pengukur kuantitatif. Analisis komparatif dirancang untuk menyoroti persamaan dan perbedaan spektrum guna mengetahui material serat. Desain penelitian ini mengikuti paradigma kualitatif untuk eksplorasi mendalam terhadap material dan sifat spektroskopi, dengan keluwesan interpretasi data kompleks (Siddique, 2024).

Penelitian ini menggunakan tiga tipe kuas (cat, rias, dan bulu hewan) yang dipilih melalui *purposive sampling*. Pemilihan ini didasarkan pada perbedaan fungsi dan karakteristik serat penyusunnya (Metode Kuas, 2026). Teknik ini dinilai efektif untuk penelitian kualitatif guna memilih sampel yang relevan dengan tujuan riset (Campbell et al., 2020). Sebelum analisis, serat kuas dilepaskan dari gagang dan ferrule, lalu dibersihkan dari kontaminan menggunakan udara bertekanan rendah dan disimpan dalam wadah tertutup.

Karakterisasi sampel dilakukan dengan Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) yang dilengkapi aksesoris Attenuated Total Reflectance (ATR). ATR memungkinkan analisis langsung tanpa preparasi KBr atau pelarutan, menjaga integritas struktur material selama pengukuran. FTIR sangat efektif untuk

JURNAL SAINTISKOM
(Sains,Teknologi, Integrasi Keilmuan dan Komputer)
Vol.4, No.1, Maret 2026
e-ISSN: 3046-6091
https://journal.uin-alauddin.ac.id/index.php/saintiskom

identifikasi kualitatif gugus fungsi dan *chemical fingerprint* unik material (Siddique, 2024). Keunggulan ATR-FTIR meliputi analisis non-destruktif dan cepat, cocok untuk bahan sensitif preparasi (Wang et al., 2024). Kristal ATR dibersihkan dengan etanol pro analysis dan dikeringkan dengan tisu bebas serat sebelum analisis untuk mencegah kontaminasi silang.

Serat kuas disiapkan dengan memotongnya sesuai ukuran dan menempatkannya pada kristal ATR di bawah tekanan optimal. Spektrum FTIR diperoleh pada rentang 4000–400 cm^{-1} (resolusi 4 cm^{-1}) melalui 32 kali pemindaian. Sebelum pengukuran sampel, spektrum latar belakang direkam untuk mengeliminasi sinyal lingkungan dan sistem. Data spektrum digital yang dihasilkan dianalisis secara kualitatif dengan meninjau posisi, intensitas, dan pola puncak absorpsi. Gugus fungsi diidentifikasi melalui perbandingan bilangan gelombang karakteristik dengan referensi standar FTIR, yang menuntut pemahaman mendalam mengenai hubungan pita serapan dan struktur molekul (Arsista & Eriwati, 2021). Terakhir, dilakukan analisis komparatif spektrum ketiga jenis kuas untuk menyoroti persamaan dan perbedaan kimiawi konstituennya.

Rigor metodologi penelitian dijaga melalui serangkaian strategi validasi. Validasi ini meliputi triangulasi sumber data dengan mencocokkan spektrum hasil dengan referensi ilmiah standar, pencatatan audit trail untuk menelusuri keputusan interpretif, deskripsi detail sampel dan metode analisis guna mendukung reproduktibilitas, serta verifikasi interpretasi hasil (member checking) terhadap literatur independen yang diakui. Keandalan data analisis FTIR-ATR juga dikonfirmasi oleh penggunaan peralatan terkalibrasi dan prosedur standar (Pereyra et al., 2025).

Identifikasi komposisi material didasarkan pada keberadaan pita serapan spesifik. Misalnya, gugus amida yang menandai protein keratin pada bulu hewan, serta gugus hidrokarbon alifatik dan ester pada polimer sintetis, menjadi acuan analisis. Spektrum FTIR yang unik untuk setiap jenis kuas merefleksikan perbedaan

JURNAL SAINTISKOM
(Sains,Teknologi, Integrasi Keilmuan dan Komputer)
Vol.4, No.1, Maret 2026
e-ISSN: 3046-6091
https://journal.uin-alauddin.ac.id/index.php/saintiskom

komposisi kimianya. Hubungan antara karakteristik FTIR dan material penyusun kuas ini selanjutnya dijelaskan untuk memberikan gambaran komprehensif tentang perbedaan kimia antar sampel. Pendekatan ini memungkinkan identifikasi material yang presisi dan memberikan wawasan mendalam tentang struktur serta sifat yang tak terlihat secara visual.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemeriksaan spektrum FTIR terhadap kuas bulu babi, kuas kosmetik, dan kuas cat mengungkapkan perbedaan spektroskopi yang mencolok, mencerminkan ketidakseragaman fundamental dalam komposisi material serat. Analisis ini mengklasifikasikan bahan penyusun menjadi tiga kategori: protein keratin alami untuk kuas bulu babi, polimer poliester sintetis untuk kuas kosmetik dan salah satu kuas cat, serta polimer poliamida/nilon atau campuran alami untuk kuas cat lainnya.

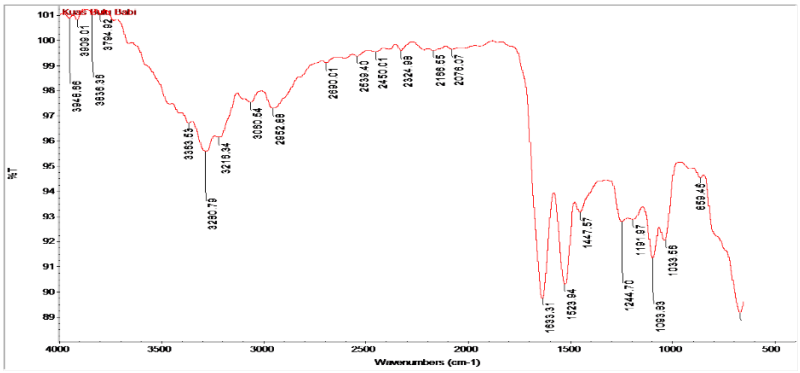
Tabel 1 : Perbandingan spektrum FTIR

Jenis Kuas/Sampel	Bilangan Gelombang Karakteristik (cm^{-1})	Gugus Fungsi	Identifikasi Material
Kuas Bulu Babi	3280,79 1633,31 1523,94 2952,88	Amida A, Amida I, Amida II, C-H alifatik	Protein Keratin Alami
Kuas Make Up 1, 2, 3	1706,83-1710,55 1246,84-1257,81 2954,03-2956,71	C=O ester, C-O ester, C-H alifatik	Poliester Sintetis (PET/PBT)
Kuas Cat 1	1703,99 1246,36	C=O ester, C-O ester	Poliester Sintetis (PET/PBT)
Kuas Cat 2	1632,43 1525,12 3264,10	Amida I, Amida II, N-H	Poliamida/Nilon atau Campuran

Spektrum inframerah kuas bulu babi mencerminkan komposisi protein keratin alami berbahan dasar asam amino, yang ditandai oleh beberapa pita vibrasi utama. Pita Amida A pada 3280,79 cm^{-1} mengindikasikan vibrasi regangan N-H akibat ikatan hidrogen intramolekuler, sementara regangan rantai karbon asam amino terdeteksi melalui gugus alifatik C-H di 2952,88 cm^{-1}. Penanda paling dominan muncul dari Amida I (1633,31 cm^{-1}) yang menunjukkan vibrasi regangan

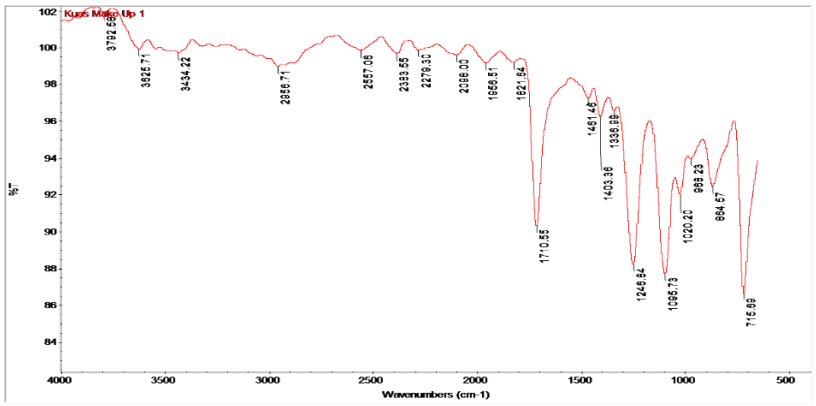
JURNAL SAINTISKOM
(Sains,Teknologi, Integrasi Keilmuan dan Komputer)
Vol.4, No.1, Maret 2026
e-ISSN: 3046-6091
https://journal.uin-alauddin.ac.id/index.php/saintiskom

C=O dari konformasi alfa-heliks, serta Amida II (1523,94 cm^{-1}) yang merupakan hasil kombinasi gerakan tekukan N-H dan regangan C-N. Kombinasi kedua pita amida ini tanpa hadirnya puncak ester karbonil yang tegas di kisaran 1710 cm^{-1} menjadi ciri khas spektroskopi unik yang membedakan keratin alami dari polimer sintetis.



Gambar 1. Kuas Bulu Hewan

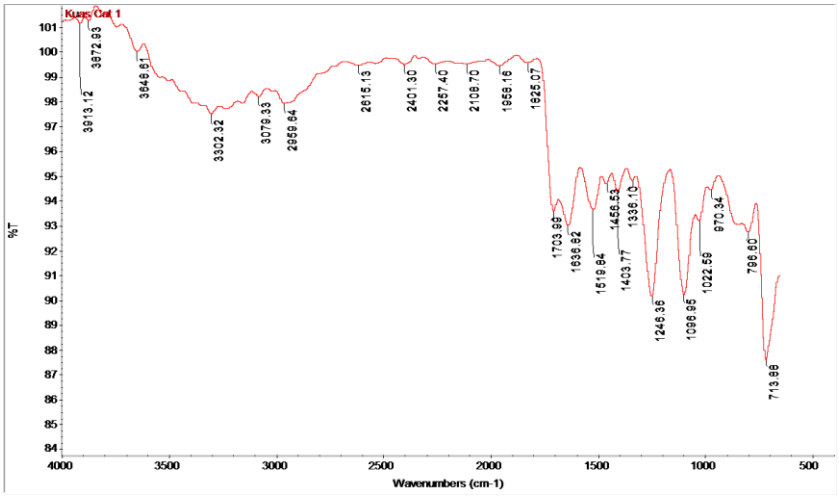
Hasil studi ini konsisten dengan penelitian sebelumnya yang memanfaatkan ATR-FTIR untuk mengevaluasi keratin hewan. Ketiga sampel kuas kosmetik (Make Up 1, 2, dan 3) menunjukkan reproduktibilitas tinggi dengan pola sidik jari yang sangat serupa, mengindikasikan konsistensi material dalam satu batch produksi komersial. Pita serapan yang paling dominan dan khas teridentifikasi pada wilayah 1706,83–1710,55 cm^{-1}, yang berhubungan dengan vibrasi regangan gugus karbonil ester (C=O) pada polimer poliester.



Gambar 2. Kuas Make Up 1

JURNAL SAINTISKOM
(Sains,Teknologi, Integrasi Keilmuan dan Komputer)
Vol.4, No.1, Maret 2026
e-ISSN: 3046-6091
https://journal.uin-alauddin.ac.id/index.php/saintiskom

Kuas sintetis dapat dibedakan secara jelas dari kuas bulu babi melalui puncak ester (C=O) yang tajam dan dominan pada ~1703–1710 cm^{-1}, frekuensi yang lebih tinggi dibanding puncak Amida I (~1630 cm^{-1}) akibat perbedaan elektronik dan konjugasi. Kehadiran regangan C-O ester (1246,36–1257,81 cm^{-1}) serta C-H alifatik (2954,03–2956,71 cm^{-1}) mengindikasikan bahwa material kuas rias maupun kuas cat 1 terbuat dari poliester sintetis seperti PBT atau PET, yang umum digunakan karena teksturnya yang halus, seragam, dan tahan bahan kimia. Selain itu, tingkat reproduktibilitas spektrum yang tinggi antar-sampel mencerminkan standar kualitas dan komposisi material yang sangat konsisten hasil dari kontrol kualitas produksi yang ketat atau penggunaan pemasok yang sama.



Gambar 3 : Kuas Cat 1

Kesamaan penggunaan material poliester pada kuas cat dan kuas rias, terlepas dari perbedaan fungsinya, menggarisbawahi perannya sebagai material universal dalam industri kuas modern untuk aplikasi profesional di sektor kosmetik dan cat (Ali et al., 2024). Hal ini berakar pada karakteristik unggul poliester, meliputi durabilitas, ketahanan terhadap pelarut organik, kemudahan pemrosesan menjadi serat berpresisi tinggi dengan diameter konsisten, dan keekonomisannya dalam produksi massal.

JURNAL SAINTISKOM
(Sains,Teknologi, Integrasi Keilmuan dan Komputer)
Vol.4, No.1, Maret 2026
e-ISSN: 3046-6091
https://journal.uin-alauddin.ac.id/index.php/saintiskom

Karakteristik spektrum kuas cat 2 sangat berbeda dari kuas cat 1 dan kuas rias. Ketiadaan puncak karbonil ester di sekitar 1710 cm^{-1} pada spektrum ini digantikan oleh pita amida pada 1632,43 cm^{-1} (Amida I) dan 1525,12 cm^{-1} (Amida II), serta serapan N-H pada 3264,10 cm^{-1}. Hal ini menunjukkan kuas cat 2 kemungkinan berbahan dasar poliamida (nilon) atau bulu alami dengan kualitas rendah yang dicampur material sintetis. Poliamida, sebagai polimer sintetis yang mengandung gugus amida (-CO-NH-), menghasilkan pola serapan Amida I dan II yang mirip dengan protein keratin, meskipun dengan susunan molekuler yang berbeda.

IV. KESIMPULAN

Teknik spektroskopi ATR-FTIR terbukti efektif dalam menganalisis berbagai jenis kuas komersial di Indonesia, memungkinkan identifikasi cepat, akurat, dan non-destruktif profil spektroskopi material seratnya. Analisis kualitatif berhasil membedakan tiga klaster: kuas bulu babi menampilkan protein keratin alami dengan penanda Amida I (1633,31 cm^{-1}) dan Amida II (1523,94 cm^{-1}); kuas rias dan cat 1 didominasi poliester sintetis (PET/PBT) yang dikenali dari puncak ester (1703,99–1710,55 cm^{-1}) dan C–O (~1246 cm^{-1}); sedangkan kuas cat 2 menunjukkan indikasi poliamida (nilon) atau serat campuran melalui pita amida tanpa ester aromatik. Keandalan ATR-FTIR sebagai metode sidik jari kimia untuk deteksi orisinalitas bahan telah teruji. Meskipun riset ini bersifat kualitatif dan tidak mengeksplorasi sifat mekanis, temuan ini berimplikasi signifikan untuk kontrol kualitas industri, identifikasi material yang salah label, dan penyusunan SNI. Pengintegrasian metode ini dengan SEM dan kemometrik serta pembentukan repositori spektrum referensi nasional sangat esensial untuk pengembangan sistem autentikasi material kuas yang lebih kokoh di masa depan.



JURNAL SAINTISKOM
(Sains,Teknologi, Integrasi Keilmuan dan Komputer)
Vol.4, No.1, Maret 2026
e-ISSN: 3046-6091
https://journal.uin-alauddin.ac.id/index.php/saintiskom

DAFTAR PUSTAKA

Ali, Z., Talpur, F., Afridi, H. I., Ahmed, F., Brohi, N., & Abbasi, H. (2024). Analytical approaches and advancement in the analysis of natural and synthetic fiber: A comprehensive review. *Spectrochimica Acta Part A - Molecular and Biomolecular Spectroscopy*. https://doi.org/10.1016/j.saa.2024.125164

Arsista, D., & Eriwati, Y. K. (2021). Penggunaan ATR-FTIR (attenuated total reflection-fourier transform infrared spectroscopy) pada kedokteran gigi. *Jurnal Material Kedokteran Gigi*. https://doi.org/10.32793/jmkg.v10i2.904

Balarabe, A. H., Sani, A. M., Alhaji, A. I., & Vantsawa, P. A. (2025). Isolation and characterization of keratin in feathers of local and exotic birds using fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR) technique. *The Scientific World Journal*. https://doi.org/10.4314/swj.v20i2.59

Bonifazi, G., Gasbarrone, R., Palmieri, R., & Serranti, S. (2024). A characterization approach for end-of-life textile recovery based on short-wave infrared spectroscopy. *Waste and Biomass Valorization*. https://doi.org/10.1007/s12649-023-02413-z

Campbell, S., Greenwood, M., Prior, S., Shearer, T., Walkem, K., Young, S., Bywaters, D., & Walker, K. (2020). Purposive sampling: Complex or simple? Research case examples. *Journal of Research in Nursing*. https://doi.org/https://doi.org/10.1177/1744987120927206

Catauro, M., Guadagno, L., D'Angelo, A., Raimondo, M., Zarrelli, M., & Piccirillo, A. (2023). Use of spectroscopic, mechanical, and microbiological analysis to study a natural sheep leather. *Macromolecular Symposia*. https://doi.org/10.1002/masy.202200134

Chrimatopoulos, C., Tummino, M. L., Iliadis, E., Tonetti, C., & Sakkas, V. (2024). Attenuated total reflection fourier transform infrared spectroscopy and chemometrics for the discrimination of animal hair fibers for the textile sector. *Applied Spectroscopy*. https://doi.org/10.1177/00037028241292372

Jose, S. A., Thiyagarajan, K., Baskar, C., Singh, R., Vasanthakumari, D., & Udhayan, A. (2024). Discrimination of mongoose hair from domestic cattle hair, human hair, and synthetic fiber using FTIR spectroscopy and chemometric analysis: A rapid, cost-effective, and field-deployable tool for wildlife forensics. *RSC Advances*. https://doi.org/10.1039/d4ra06981a

Pereyra, M., Navatta, M., & Méndez, E. (2025). Failure in the adhesion of hydroxyapatite coatings to surgical screws: A fourier transform infrared spectroscopy qualitative study. *Frontiers in Coatings, Dyes and Interface Engineering*. https://doi.org/10.3389/frcdi.2025.1539792

Siddique, I. (2024). Exploring functional groups and molecular structures: A comprehensive analysis using FTIR spectroscopy. *Social Science Research Network*. https://doi.org/10.2139/ssrn.4886526