The effect of soap concentration on the durability of three types of paper using a randomized complete block design (rcbd)

Michael Dolly Sianturi[1], Gizka Triyunita Sinaga[2], Anatasia Faradhilah[3], Arnis Wulan Andari[4], GiaColin Alfaro Samuel. S[5]
[1,2,3,4,5]Universitas Negeri Medan, Indonesia
Email: michael.4233260010@mhs.unimed.ac.id; gizkatriyunita@gmail.com; ntasyafaradhlh@gmail.com; arnissurbakti@gmail.com; giakolinsianturi@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh konsentrasi sabun terhadap ketahanan tiga jenis kertas, yaitu HVS, karton, dan koran. Perlakuan terdiri atas empat tingkat konsentrasi sabun, yaitu 0%, 20%, 40%, dan 60%, dengan ketahanan kertas diukur berdasarkan waktu hingga mengalami kerusakan setelah terpapar larutan. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) untuk mengendalikan variasi antarjenis kertas dalam pengujian. Hasil analisis menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi sabun cenderung menurunkan ketahanan seluruh jenis kertas. Berdasarkan jenisnya, kertas karton menunjukkan ketahanan tertinggi, diikuti kertas HVS, sedangkan kertas koran memiliki ketahanan terendah. Hasil uji lanjutan menunjukkan bahwa konsentrasi sabun dan jenis kertas memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap ketahanan kertas. Temuan ini menunjukkan bahwa konsentrasi larutan sabun dan karakteristik fisik kertas berkaitan dengan ketahanan kertas terhadap paparan larutan.

Kata Kunci: konsentrasi sabun; ketahanan kertas; Rancangan Acak Kelompok Lengkap; waktu hingga rusak

ABSTRACT

This study aims to analyze the effect of soap concentration on the durability of three types of paper: HVS paper, cardboard, and newspaper. The treatments consisted of four soap concentration levels, namely 0%, 20%, 40%, and 60%. Paper durability was measured based on the time until damage occurred after exposure to the solution. The study employed a Randomized Complete Block Design (RCBD) to control variation among paper types during testing. The results indicate that increasing soap concentration tends to reduce the durability of all paper types. In terms of paper type, cardboard exhibited the highest durability, followed by HVS paper, while newspaper showed the lowest durability. Further tests revealed that soap concentration and paper type had statistically significant effects on paper durability. These findings indicate that soap solution concentration and the physical characteristics of paper are associated with paper durability under solution exposure.

Keywords: soap concentration; paper durability; Randomized Complete Block Design; time to failure

Corresponding Author:
Michael Dolly Sianturi,
Universitas Negeri Medan,
Jl. William Iskandar Ps. V, Kenangan Baru, Kec. Percut Sei Tuan,
Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara 20221, Indonesia
Email: michael.4233260010@mhs.unimed.ac.id

1. INTRODUCTION

Kertas merupakan material berbasis selulosa yang masih banyak digunakan dalam berbagai kegiatan, seperti pendidikan, perkantoran, percetakan, administrasi, dan penyimpanan dokumen. Meskipun teknologi digital terus berkembang, kertas tetap digunakan karena praktis dan tersedia dalam berbagai bentuk serta karakteristik sesuai kebutuhan. Secara struktural, kertas tersusun atas jaringan serat yang sebagian besar mengandung selulosa. Interaksi antarmolekul pada permukaan serat, termasuk ikatan hidrogen dan gaya

antarmolekul lainnya, berperan dalam membentuk kekuatan mekanis kertas (Jarvis, 2023). Namun, karakteristik selulosa dan struktur jaringan serat menyebabkan sifat mekanis kertas dapat berubah ketika terpapar air atau cairan tertentu (Hubbe, 2007).

Interaksi antara cairan dan jaringan serat kertas dapat memengaruhi kemampuan penyerapan serta kekuatan material. Shepherd dan Xiao (1999) menunjukkan bahwa penggunaan surfaktan dapat mempercepat penyerapan air pada produk kertas melalui perubahan keterbasahan serat dan karakteristik pori. Temuan tersebut menunjukkan bahwa bahan aktif permukaan dapat memengaruhi interaksi antara cairan dan struktur kertas. Selain itu, Hasanah (2015) meneliti penggunaan kalium permanganat dan asam oksalat dalam proses pemutihan kertas arsip. Penelitian tersebut memperlihatkan bahwa perlakuan kimia dapat memengaruhi karakteristik fisik kertas, sehingga pemilihan bahan dan metode perlakuan perlu mempertimbangkan kondisi material yang digunakan.

Sabun merupakan produk pembersih yang mengandung bahan aktif permukaan dan komponen lain yang memengaruhi sifat fisik serta kimianya. Karakteristik sabun dapat berbeda berdasarkan formulasi dan konsentrasi bahan penyusunnya. Umayati et al. (2023) mengevaluasi sediaan sabun cair berdasarkan beberapa parameter, termasuk pH, viskositas, dan stabilitas busa. Sementara itu, Verawaty et al. (2020) mengembangkan sabun kertas katekin dan mengevaluasi karakteristik serta mutu sediaannya. Penelitian Narsih dan Gunawan (2025) juga menunjukkan bahwa formulasi sabun lembaran dapat memengaruhi karakteristik fisik dan kimia produk. Meskipun penelitian-penelitian tersebut berfokus pada formulasi dan mutu sabun, hasilnya memberikan gambaran bahwa karakteristik larutan atau sediaan sabun perlu diperhatikan ketika digunakan dalam pengujian terhadap material lain.

Respons kertas terhadap paparan larutan sabun diperkirakan berbeda berdasarkan karakteristik fisik masing-masing jenis kertas. Kertas HVS, karton, dan koran memiliki perbedaan ketebalan, komposisi, struktur serat, serta karakteristik pori. Perbedaan tersebut berpotensi memengaruhi penyerapan cairan dan perubahan kekuatan mekanis setelah paparan. Oleh karena itu, pengaruh konsentrasi sabun terhadap ketahanan ketiga jenis kertas perlu diuji secara eksperimental. Pengujian ini penting agar perbedaan ketahanan tidak hanya dijelaskan berdasarkan dugaan mengenai struktur kertas, tetapi juga didukung oleh hasil pengukuran.

Penelitian mengenai ketahanan kertas terhadap larutan sabun relevan dalam kajian material berbasis serat karena kertas dapat bersentuhan dengan cairan pembersih dalam berbagai kondisi penggunaan dan pengolahan. Meskipun penelitian terdahulu telah membahas interaksi cairan dengan serat kertas serta karakteristik formulasi sabun, kajian yang secara langsung membandingkan pengaruh beberapa konsentrasi sabun terhadap ketahanan kertas HVS, karton, dan koran masih perlu dikembangkan. Penelitian ini dilakukan untuk mengisi ruang kajian tersebut melalui pengukuran waktu hingga kertas mengalami kerusakan setelah terpapar larutan sabun dengan konsentrasi berbeda.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh konsentrasi sabun terhadap ketahanan tiga jenis kertas, yaitu HVS, karton, dan koran, serta membandingkan ketahanan di antara ketiga jenis kertas tersebut. Perlakuan terdiri atas empat tingkat konsentrasi sabun, yaitu 0%, 20%, 40%, dan 60%. Ketahanan kertas diukur berdasarkan waktu hingga sampel mengalami kerusakan setelah terpapar larutan. Hasil penelitian diharapkan memberikan informasi empiris mengenai hubungan antara konsentrasi sabun, jenis kertas, dan waktu hingga kerusakan. Informasi tersebut dapat menjadi dasar untuk memahami respons material kertas terhadap paparan larutan sabun, tanpa menggeneralisasi hasil pengujian di luar kondisi eksperimen yang digunakan.

2. LITERATURE REVIEW

Kertas merupakan material berserat yang sebagian besar tersusun atas selulosa dan komponen lain yang bergantung pada bahan baku serta proses pembuatannya. Kekuatan kertas terbentuk melalui interaksi antarsel serat dan interaksi antarmolekul pada permukaan selulosa. Jarvis (2023) menjelaskan bahwa ikatan hidrogen, gaya dispersi, dan interaksi elektrostatik turut berperan dalam interaksi pada permukaan mikrofibril selulosa. Interaksi tersebut berkaitan dengan karakteristik mekanis dan respons selulosa terhadap lingkungan, termasuk keberadaan air. Ketika kertas terpapar cairan, perubahan interaksi antara cairan dan jaringan serat dapat memengaruhi sifat mekanisnya. Hubbe (2007) menjelaskan bahwa ketahanan kertas terhadap pembasahan dipengaruhi oleh karakteristik permukaan serat dan bahan kimia yang digunakan untuk mengatur keterbasahan. Dengan demikian, ketahanan kertas tidak hanya berkaitan dengan komposisi selulosa, tetapi juga dengan susunan serat, karakteristik permukaan, dan perlakuan yang diterima material.

Surfaktan merupakan bahan aktif permukaan yang dapat memengaruhi tegangan antarmuka dan keterbasahan material. Shepherd dan Xiao (1999) menemukan bahwa penggunaan surfaktan sebagai bahan pembasah kembali dapat mengurangi waktu penyerapan air pada produk kertas. Pengaruh tersebut berkaitan dengan perubahan keterbasahan serat dan karakteristik pori. Temuan ini menunjukkan bahwa interaksi antara cairan dan jaringan serat perlu diperhatikan dalam penelitian mengenai respons kertas terhadap larutan sabun. Meskipun demikian, peningkatan keterbasahan tidak secara otomatis membuktikan terjadinya kerusakan

mekanis. Besarnya perubahan ketahanan perlu diukur secara langsung melalui parameter yang sesuai. Dalam penelitian ini, parameter yang digunakan adalah waktu hingga kertas mengalami kerusakan setelah terpapar larutan sabun. Dengan pendekatan tersebut, pengaruh konsentrasi sabun terhadap ketahanan kertas dapat dievaluasi berdasarkan hasil pengamatan, bukan hanya berdasarkan karakteristik surfaktan.

Sabun merupakan produk hasil formulasi yang karakteristiknya dipengaruhi oleh bahan penyusun dan konsentrasi masing-masing komponen. Umayati et al. (2023) mengevaluasi sabun cair melalui pengamatan organoleptik, pengukuran pH, pengujian tinggi busa, dan pengukuran viskositas. Penelitian tersebut menunjukkan pentingnya mengevaluasi karakteristik sediaan sabun untuk mengetahui mutu produk yang dihasilkan. Fitri et al. (2020) juga membahas formulasi sabun mandi cair berbahan ekstrak etanol buah nangka, yang menunjukkan penerapan evaluasi formulasi pada produk sabun cair. Pada bentuk sediaan lain, Verawaty et al. (2020) mengkaji formulasi dan evaluasi sabun kertas katekin sebagai antiseptik. Sementara itu, Narsih dan Gunawan (2025) mengevaluasi karakteristik fisik dan kimia sabun lembaran berbasis minyak sawit dengan penambahan bahan dari lidah buaya. Penelitian-penelitian tersebut berfokus pada karakteristik atau mutu produk sabun, bukan pengaruh larutan sabun terhadap ketahanan kertas HVS, karton, dan koran. Oleh karena itu, hubungan antara konsentrasi sabun dan waktu hingga kerusakan kertas masih perlu diuji secara khusus.

Kertas HVS, karton, dan koran memiliki karakteristik fisik yang berbeda, terutama dari segi ketebalan, struktur serat, kepadatan, dan porositas. Perbedaan tersebut dapat memengaruhi kemampuan masing-masing jenis kertas dalam menyerap cairan serta mempertahankan kekuatan mekanisnya setelah paparan. Namun, urutan ketahanan ketiga jenis kertas tidak dapat ditetapkan hanya berdasarkan ketebalan atau penampilan fisiknya. Pengaruh komposisi serat, bahan tambahan, dan proses pembuatan juga perlu dipertimbangkan. Hasanah (2015) menunjukkan bahwa perlakuan kimia pada kertas arsip dapat mengubah karakteristik fisiknya. Sementara itu, Shepherd dan Xiao (1999) menjelaskan bahwa surfaktan dapat memengaruhi proses pembasahan dan penyerapan cairan pada produk kertas. Temuan tersebut mendukung perlunya pengujian langsung untuk mengetahui apakah perbedaan karakteristik HVS, karton, dan koran menghasilkan respons ketahanan yang berbeda terhadap variasi konsentrasi sabun.

Rancangan percobaan diperlukan agar pengaruh perlakuan dapat dievaluasi secara sistematis. Hasdar et al. (2021) membandingkan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dalam analisis pH gelatin kulit domba setelah perlakuan larutan NaOH. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa pemilihan rancangan percobaan dapat memengaruhi hasil analisis, termasuk galat dan koefisien keragaman. Rahmawati dan Erina (2020) juga membahas penggunaan analisis varians untuk menguji perbedaan antarkelompok berdasarkan faktor yang diteliti. Penerapan rancangan percobaan dalam penelitian ini ditujukan untuk membandingkan ketahanan kertas pada berbagai konsentrasi sabun dan jenis kertas. Zuyasna et al. (2021), misalnya, menggunakan Rancangan Acak Kelompok dalam penelitian mengenai pengaruh konsentrasi dan lama perendaman kolkisin terhadap pertumbuhan tanaman nilam. Meskipun objek penelitiannya berbeda, penelitian tersebut memperlihatkan penerapan rancangan percobaan untuk mengevaluasi respons terhadap perlakuan konsentrasi dan durasi perendaman.

Dalam penelitian ketahanan kertas, analisis statistik digunakan untuk menilai apakah perbedaan waktu hingga kerusakan berkaitan dengan variasi konsentrasi sabun dan jenis kertas. Pemilihan rancangan serta model analisis perlu disesuaikan dengan struktur percobaan yang sebenarnya, termasuk penentuan faktor perlakuan, faktor kelompok, dan jumlah ulangan. Dengan demikian, kesimpulan mengenai pengaruh konsentrasi sabun dan jenis kertas dapat didasarkan pada hasil pengujian statistik yang sesuai.

Penelitian terdahulu telah membahas interaksi cairan dan serat kertas, pengaruh surfaktan terhadap keterbasahan kertas, formulasi sabun, serta penerapan rancangan percobaan untuk menguji pengaruh perlakuan (Hasdar et al., 2021; Hubbe, 2007; Shepherd & Xiao, 1999). Namun, sumber-sumber tersebut belum secara langsung menjawab bagaimana variasi konsentrasi larutan sabun memengaruhi waktu hingga kerusakan pada kertas HVS, karton, dan koran dalam satu rancangan pengujian komparatif. Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada pengujian empat tingkat konsentrasi sabun, yaitu 0%, 20%, 40%, dan 60%, terhadap ketahanan ketiga jenis kertas. Pengukuran waktu hingga kerusakan digunakan sebagai indikator untuk membandingkan respons setiap jenis kertas terhadap perlakuan. Hasilnya diharapkan dapat memberikan bukti empiris mengenai pengaruh konsentrasi sabun dan jenis kertas terhadap ketahanan material, sekaligus menjadi dasar bagi penelitian lanjutan yang menggunakan parameter mekanis kertas secara lebih terperinci.

3. RESEARCH METHOD

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini direncanakan dilaksanakan pada bulan November 2025. Kegiatan penelitian meliputi persiapan alat dan bahan, pembuatan larutan perlakuan, persiapan sampel kertas, pelaksanaan percobaan, serta pengamatan dan pencatatan data. Seluruh kegiatan dilakukan di rumah peneliti dengan kondisi lingkungan yang dikendalikan agar sesuai dengan kebutuhan penelitian.

B. Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) dengan konsentrasi sabun sebagai faktor perlakuan dan jenis kertas sebagai faktor pengelompokan. Konsentrasi sabun terdiri atas empat taraf, yaitu P1 = 0%, P2 = 20%, P3 = 40%, dan P4 = 60%. Jenis kertas yang digunakan sebagai kelompok meliputi B_1 = kertas HVS, B_2 = kertas karton, dan B_3 = kertas koran. Dengan demikian, terdapat 12 kombinasi perlakuan dan kelompok yang terdiri atas tiga jenis kertas dan empat tingkat konsentrasi sabun. Satuan percobaan berupa satu potongan kertas berukuran 5 × 5 cm yang diberi satu perlakuan konsentrasi sabun. Jumlah tersebut merupakan 12 satuan percobaan apabila setiap kombinasi diuji satu kali. Apabila setiap kombinasi diulang tiga kali, jumlah keseluruhan menjadi 36 satuan percobaan. Model linear aditif RAKL yang digunakan adalah:

$$Y_{ij} = \mu + \beta_i + \tau_j + \varepsilon_{ij} \quad (1)$$

Pada persamaan tersebut, Y_{ij} menyatakan waktu hingga kertas koyak pada kelompok i dan perlakuan j, μ merupakan rataan umum, β_i adalah pengaruh kelompok atau jenis kertas i ($i = 1,2,3$), τ_j mewakili pengaruh perlakuan konsentrasi sabun j ($j = 1,2,3,4$), dan ε_{ij} merupakan galat percobaan.

C. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi henti henti (*stopwatch*) untuk mengukur waktu hingga kertas koyak, wadah penampung larutan, gunting dan penggaris untuk pemotongan serta pengukuran sampel, label untuk identifikasi sampel, kamera untuk dokumentasi, dan sendok makan untuk pengadukan larutan. Bahan penelitian terdiri atas kertas *high-grade visual print* (HVS), kertas karton, kertas koran, sabun cair, dan air bersih.

Persiapan larutan perlakuan dilakukan dengan membuat empat tingkat konsentrasi sabun, yaitu 0%, 20%, 40%, dan 60%, dengan volume akhir masing-masing sebesar 100 mL. Larutan konsentrasi 0% terdiri dari 0 mL sabun dan 100 mL air, konsentrasi 20% terdiri dari 20 mL sabun dan 80 mL air, konsentrasi 40% terdiri dari 40 mL sabun dan 60 mL air, serta konsentrasi 60% terdiri dari 60 mL sabun dan 40 mL air. Setiap larutan dihomogenkan sebelum pengujian.

Persiapan sampel dilakukan dengan memotong kertas HVS, karton, dan koran menjadi ukuran 5 × 5 cm. Setiap sampel diberi label identifikasi berdasarkan jenis kertas dan konsentrasi sabun (misalnya, HVS-0%, Karton-0%, dan Koran-0%). Jumlah sampel disesuaikan dengan kuantitas ulangan pada rancangan penelitian. Urutan pemberian perlakuan diacak secara penuh (*fully randomized*) untuk mencegah bias sistematis.

D. Prosedur Penelitian

Analisis Penelitian diawali dengan penyiapan larutan sabun pada konsentrasi 0%, 20%, 40%, dan 60% dalam wadah terlabel. Sampel kertas berskala seragam diidentifikasi berdasarkan jenis dan perlakuannya, kemudian dicelupkan seluruhnya ke dalam larutan target. Henti henti (*stopwatch*) diaktifkan tepat saat sampel bersentuhan dengan larutan untuk mengukur waktu durasi hingga timbul kerusakan.

Selama proses perendaman, setiap interval 60 detik, sampel diangkat dan dikibaskan sebanyak tiga hingga empat kali sebelum dicelupkan kembali. Pengamatan dilakukan hingga terdeteksi koyakan pertama pada sampel kertas, pada saat mana pencatatan waktu dihentikan dan dinyatakan dalam satuan detik. Batas maksimum pengamatan ditetapkan pada 7.200 detik; sampel yang tidak mengalami koyakan hingga batas waktu tersebut dicatat sebagai data tersensor kanan (*right-censored*). Prosedur ini diterapkan secara konsisten pada seluruh unit percobaan sesuai urutan pengacakan.

E. Variabel Penelitian

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah konsentrasi sabun yang terdiri atas empat taraf (0%, 20%, 40%, dan 60%). Variabel terikat adalah waktu ketahanan kertas hingga koyak yang diukur dalam satuan detik. Variabel kontrol mencakup luas permukaan potongan kertas, suhu air, volume larutan, jenis sabun, dan ketebalan spesimen kertas. Pengendalian variabel kontrol dilakukan untuk meminimalkan keragaman yang disebabkan oleh faktor di luar perlakuan.

F. Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui observasi langsung terhadap interval waktu hingga timbulnya koyakan pertama pada sampel kertas pascapencelupan. Data dicatat berdasarkan matriks kombinasi jenis kertas (koran, HVS, dan karton) dan konsentrasi sabun ($P_1 = 0\%$, $P_2 = 20\%$, $P_3 = 40\%$, dan $P_4 = 60\%$).

Data hasil pengamatan ditabulasi untuk menghitung total kelompok ($Y_{i.}$), total perlakuan ($Y_{.j}$), dan total keseluruhan ($Y_{..}$). Seluruh nilai dari setiap ulangan dicatat terpisah untuk mendukung perhitungan rata-rata dan penyusunan tabel analisis keragaman (*analysis of variance*).

G. Teknik Pengolahan Data

Pengamatan Data dianalisis menggunakan statistik deskriptif dan inferensial. Analisis deskriptif menyajikan rata-rata waktu ketahanan kertas guna menggambarkan pola perubahan respon pada setiap kombinasi perlakuan.

Analisis inferensial menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA) dua arah untuk rancangan kelompok pada taraf signifikansi $\alpha = 0{,}05$. Pengujian hipotesis dilakukan untuk mendeteksi pengaruh utama perlakuan konsentrasi sabun. Hipotesis nol (H_0) menyatakan tidak terdapat perbedaan pengaruh antarlevel konsentrasi sabun terhadap ketahanan kertas, sedangkan hipotesis alternatif (H_1) menyatakan sekurang-kurangnya terdapat satu tingkat konsentrasi sabun yang memberikan pengaruh berbeda nyata. Hasil perhitungan disajikan dalam tabel ANOVA yang mencakup sumber keragaman, derajat bebas (db), jumlah kuadrat (JK), kuadrat tengah (KT), serta statistik uji F_{hitung}.

Tabel 1. Kerangka Tabel ANOVA RAKL

Sumber Keragaman (SK)	Derajat Bebas (db)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F-hitung
Blok (jenis kertas)	$r - 1$	JK[B]	KT[B]	KT[B]/KT[G]
Perlakuan (konsentrasi sabun)	$t - 1$	JK[P]	KT[P]	KT[P]/KT[G]
Galat	$(r-1)(t-1)$	JK[G]	KT[G]	
Total	$rt - 1$	JK[T]		

Apabila hasil ANOVA menunjukkan pengaruh perlakuan yang signifikan ($p < 0{,}05$), analisis dilanjutkan dengan uji lanjut *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf signifikansi 5% untuk mengidentifikasi pasangan rata-rata yang berbeda nyata. Pemisahan nilai rata-rata disajikan menggunakan notasi huruf; rata-rata perlakuan yang memiliki huruf sama mengindikasikan tidak adanya perbedaan signifikan secara statistik.

4. RESULTS AND DISCUSSION

A. Hasil Uji

Pengamatan dilakukan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi sabun terhadap ketahanan tiga jenis kertas, yaitu kertas HVS, Koran, dan Karton. Setiap jenis kertas diberi empat perlakuan konsentrasi sabun berbeda, yaitu 0%, 20%, 40%, dan 60%. Data hasil pengujian menunjukkan nilai ketahanan (dalam satuan yang digunakan) setelah kertas direndam pada tiap level konsentrasi sabun. Secara lengkap, hasil pengamatan disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengamatan

Blok	P1 (0%)	P2 (20%)	P3 (40%)	P4 (60%)
B1-HVS	58,39	28,33	15,46	5,57
B2-Koran	15,25	9,39	8,23	4,18
B3-Karton	86,48	61,01	37,23	16,27

Berdasarkan Tabel 2 terlihat bahwa ketahanan ketiga jenis kertas cenderung menurun seiring meningkatnya konsentrasi sabun. Pada perlakuan P1 (0%), setiap jenis kertas memiliki nilai ketahanan tertinggi, sedangkan pada P4 (60%) nilai ketahanan menurun secara signifikan. Kertas karton menunjukkan ketahanan paling tinggi dibanding jenis kertas lain pada setiap tingkat konsentrasi sabun, sementara kertas koran merupakan jenis dengan ketahanan terendah. Pengamatan ini mengindikasikan bahwa konsentrasi sabun berpengaruh terhadap penurunan kekuatan kertas, di mana semakin tinggi konsentrasi sabun, maka ketahanan kertas semakin berkurang.

Tabel 3. Analisis Deskriptif

Blok	P1 (0%)	P2 (20%)	P3 (40%)	P4 (60%)	Total	Rerata
B1-HVS	58,39	28,33	15,46	5,57	107,75	26,9375
B2-Koran	15,25	9,39	8,23	4,18	37,05	9,2625
B3-Karton	86,48	61,01	37,23	16,27	200,99	50,2475
total	160,12	98,73	60,92	26,02	345,79	86,4475

Berdasarkan Tabel 3 dapat diketahui bahwa nilai ketahanan tertinggi diperoleh pada kertas karton dengan rata-rata sebesar 50,2475, sedangkan nilai terendah terdapat pada kertas koran dengan rata-rata 9,2625. Kertas HVS berada di posisi menengah dengan rata-rata 26,9375. Jika dilihat dari rata-rata total perlakuan, perlakuan tanpa sabun (P1) menunjukkan nilai ketahanan tertinggi, yaitu 160,12, sedangkan konsentrasi sabun 60% (P4) menghasilkan nilai ketahanan terendah, yaitu 26,02. Hal ini kembali mempertegas bahwa peningkatan konsentrasi sabun memberikan pengaruh negatif terhadap ketahanan kertas, dengan penurunan nilai yang cukup jelas pada setiap peningkatan persentase perlakuan.

Tabel 4. Hasil Kuadrat pada Setiap Blok dan Perlakuan

Blok	P1 (0%)	P2 (20%)	P3 (40%)	P4 (60%)	Total
B1-HVS	3409,392	802,5889	239,0116	31,0249	11610,063
B2-Koran	232,5625	88,1721	67,7329	17,4724	1372,7025
B3-Karton	7478,79	3722,22	1386,073	264,7129	40396,98
total	25638,41	9747,613	3711,246	677,0404	119570,72

Selanjutnya pada Tabel 4 menyajikan hasil pengkuadratan nilai ketahanan kertas pada setiap kombinasi blok dan perlakuan sebagai bagian dari proses perhitungan jumlah kuadrat (JK) dalam analisis sidik ragam. Nilai-nilai tersebut merupakan transformasi dari data asli yang diperlukan untuk memperoleh JK total, JK perlakuan, dan JK blok pada tahap ANOVA. Dengan demikian, tabel ini berfungsi sebagai langkah perhitungan intermediate sebelum dilakukan pengujian signifikansi pada Tabel 4.

Tabel 5. Hasil ANOVA

Sumber Keragaman	DB	JK	KT	F hitung	Prob f
Blok	2	3380,709	1690,355	9,212246	0,0148244
Perlakuan	3	3293,878	1097,959	5,983757	0,0309768
Galat/Error	6	1100,94	183,49		
Total	11	7775,527			

Hasil analisis sidik ragam pada Tabel 5 menunjukkan bahwa baik faktor blok (jenis kertas) maupun faktor perlakuan (konsentrasi sabun) memberikan pengaruh yang signifikan terhadap ketahanan kertas, ditunjukkan oleh nilai F hitung masing-masing 9,21 untuk blok dan 5,98 untuk perlakuan dengan nilai probabilitas di bawah 0,05. Hal ini mengindikasikan bahwa perbedaan struktur antarjenis kertas serta variasi konsentrasi sabun sama-sama berperan penting dalam memengaruhi waktu ketahanan kertas sebelum rusak. Sementara itu, nilai galat yang relatif kecil memperlihatkan bahwa variasi yang tidak dijelaskan oleh model masih dalam batas wajar. Secara keseluruhan, tabel ini menegaskan bahwa kedua faktor dalam rancangan percobaan RAKL berkontribusi nyata terhadap perbedaan ketahanan kertas yang diamati.

B. Uji Lanjut

Setelah hasil ANOVA pada Tabel 4 menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi sabun memberikan pengaruh yang signifikan terhadap ketahanan kertas, maka diperlukan uji lanjut untuk mengetahui perlakuan mana saja yang berbeda nyata satu sama lain. Oleh karena itu, analisis dilanjutkan dengan Uji DMRT, yang hasil perhitungan nilai pembandingnya disajikan pada Tabel 5.

Tabel 6. Uji Duncan Multiple Range Test (DMRT)

Keterangan	2	3	4
Tabel DMRT	3,46	3,58	3,64
√(KTG/r)	7,820698	7,820698	7,820698
Nilai DMRT	27,05962	27,9981	28,46734

Berdasarkan Tabel 6 nilai batas uji DMRT menunjukkan bahwa selisih rerata antarperlakuan harus melebihi nilai DMRT (27,05–28,46) untuk dinyatakan berbeda nyata. Nilai ini diperoleh dari perhitungan √(KTG/r), yang kemudian dikalikan dengan nilai tabel DMRT pada taraf signifikansi yang digunakan. Dengan demikian, tabel ini memberikan acuan untuk menentukan perlakuan mana saja yang memiliki perbedaan ketahanan kertas secara signifikan setelah ANOVA menyatakan adanya pengaruh perlakuan. Secara keseluruhan, Tabel 4.5 berfungsi sebagai dasar pembanding dalam analisis lanjut untuk mengelompokkan perlakuan berdasarkan perbedaan rerata ketahanannya.

Tabel 7. Hasil Uji DMRT pada Konsentrasi Sabun

Konsentrasi Sabun	Rerata	Notasi
P1 (0%)	53,37333	a
P2 (20%)	32,91	ab
P3 (40%)	20,30667	b

Pada Tabel 7 menunjukkan hasil uji DMRT untuk faktor konsentrasi sabun, di mana perlakuan 0% (P1) memiliki rerata ketahanan tertinggi dan berada pada kelompok notasi a, yang menandakan ketahanan kertas pada kondisi tanpa sabun berbeda nyata dari perlakuan berkonsentrasi tinggi. Perlakuan 20% (P2) berada pada kelompok ab, menunjukkan bahwa ketahanannya tidak berbeda nyata dari P1 maupun P3. Sementara itu, perlakuan 40% (P3) dan 60% (P4) berada pada kelompok b, yang menunjukkan bahwa kedua perlakuan tersebut memiliki ketahanan paling rendah dan berbeda nyata dibanding P1. Secara keseluruhan, tabel ini mempertegas bahwa peningkatan konsentrasi sabun menyebabkan penurunan ketahanan kertas, dengan perbedaan signifikan terutama antara konsentrasi 0% dan konsentrasi tinggi.

Tabel 8. Hasil Uji DMRT pada Jenis Kertas

Jenis Kertas	Rerata	Notasi
B3-Karton	50,2475	a

Jenis Kertas	Rerata	Notasi
B1-HVS	26,9375	ab
B2-Koran	9,2625	b

Pada Tabel 8 menunjukkan hasil uji DMRT untuk faktor jenis kertas, yang memperlihatkan bahwa kertas karton memiliki rerata ketahanan tertinggi dan masuk dalam kelompok notasi a, menandakan bahwa ketahanannya berbeda nyata dibandingkan kertas koran. Kertas HVS berada pada kelompok ab, sehingga ketahanannya tidak berbeda nyata dari karton namun juga tidak sepenuhnya sama dengan koran. Sementara itu, kertas koran berada pada kelompok b dengan rerata ketahanan terendah, mengindikasikan bahwa jenis ini paling rentan mengalami kerusakan ketika terpapar larutan sabun. Secara keseluruhan, tabel ini menegaskan bahwa perbedaan struktur dan ketebalan serat antarjenis kertas berpengaruh signifikan terhadap tingkat ketahanan kertas terhadap perlakuan sabun.

5. CONCLUSION

Berdasarkan hasil analisis menggunakan Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL), dapat disimpulkan bahwa konsentrasi sabun berpengaruh signifikan terhadap ketahanan tiga jenis kertas yang diuji. Peningkatan konsentrasi sabun cenderung menurunkan ketahanan kertas, yang ditunjukkan oleh semakin singkatnya waktu hingga kertas mengalami kerusakan. Jenis kertas juga memberikan pengaruh yang signifikan terhadap ketahanan, dengan kertas karton menunjukkan ketahanan tertinggi, diikuti oleh kertas HVS, sedangkan kertas koran memiliki ketahanan terendah. Hasil uji lanjut Duncan's Multiple Range Test (DMRT) menunjukkan adanya perbedaan nyata antarlevel konsentrasi sabun dan antarjenis kertas. Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa konsentrasi sabun dan karakteristik masing-masing jenis kertas berperan dalam menentukan ketahanan kertas terhadap paparan larutan sabun.

REFERENCES

Fitri, D. R., Mustikawati, H., & Afianty, D. T. (2020). Formulasi sediaan sabun mandi cair ekstrak etanol buah nangka (Artocarpus heterophyllus Lam.). IONTech Journal, 1(1), 26–32. https://doi.org/10.62702/ion.v1i1.25

Hasanah, S. (2015). Evaluasi teknik pemutihan dalam restorasi kertas arsip. Jurnal Selulosa, 5(2), 89–98.

Hasdar, M., Wadli, W., & Meilani, D. (2021). Rancangan acak lengkap dan rancangan acak kelompok pada pH gelatin kulit domba dengan pretreatment larutan NaOH. Journal of Technology and Food Processing, 1(1), 17–23. https://doi.org/10.46772/jtfp.v1i01.338

Hubbe, M. A. (2007). Paper's resistance to wetting—A review of internal sizing chemicals and their effects. BioResources, 2(1), 106–145. https://doi.org/10.15376/biores.2.1.106-145

Jarvis, M. C. (2023). Hydrogen bonding and other non-covalent interactions at the surfaces of cellulose microfibrils. Cellulose, 30, 667–687. https://doi.org/10.1007/s10570-022-04954-3

Narsih, & Gunawan, D. H. (2025). Karakteristik fisiko kimia sabun lembaran berbasis minyak sawit dengan penambahan gel dan ekstrak kulit lidah buaya. Agrointek: Jurnal Teknologi Industri Pertanian, 19(1), 124–133. https://doi.org/10.21107/agrointek.v19i1.23945

Rahmawati, A. S., & Erina, R. (2020). Rancangan acak lengkap (RAL) dengan uji ANOVA dua jalur. OPTIKA: Jurnal Pendidikan Fisika, 4(1), 54–62. https://doi.org/10.37478/optika.v4i1.333

Shepherd, I., & Xiao, H. (1999). The role of surfactants as rewetting agents in enhancing paper absorbancy. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 157(1–3), 235–244. https://doi.org/10.1016/S0927-7757(99)00043-6

Umayati, D., Nugraha, D., & Ramdan, S. R. K. (2023). Formulasi dan evaluasi sabun cair ekstrak daun jambu biji (Psidium guajava L.) dan uji iritasi dengan basis minyak zaitun (olive oil). Pharmacy Genius, 2(2), 125–134. https://doi.org/10.56359/pharmgen.v2i2.279

Verawaty, V., Dewi, I. P., & Wela, W. (2020). Formulasi dan evaluasi sabun kertas katekin sebagai antiseptik. PHARMACY: Jurnal Farmasi Indonesia, 17(2), 514–523. https://doi.org/10.30595/pharmacy.v17i2.7586

Zuyasna, Z., Marliah, A., Rahayu, A., Hayati, E., & Husna, R. (2021). Pertumbuhan tanaman nilam MV1 varietas Lhokseumawe akibat konsentrasi dan lama perendaman kolkisin. Agro Bali: Agricultural Journal, 4(1), 23–33. https://doi.org/10.37637/ab.v4i1.683