

Analysis of the Effect of Friction Media Type on the Static Electric Charge Strength of Latex Balloons Using a Completely Randomized Design

Cindy Riani^{1*}, Vitri Aprilla Handayani²

^{1,2} Program Studi Matematika, Institut Teknologi Batam, Batam, Indonesia,

¹ Cindyriani3106@gmail.com

*Corresponding author

ABSTRAK

Kelistrikan akibat gesekan telah lama dikenal, namun kekuatan dan konsistensi muatan yang dihasilkan pada bahan sehari-hari seperti balon lateks masih jarang diuji secara kuantitatif. Media gosokan yang berbeda diduga menghasilkan kekuatan muatan statis yang tidak sama. Penelitian ini bertujuan menguji pengaruh jenis media gosokan terhadap kekuatan muatan listrik statis balon lateks sekaligus menentukan media gosokan yang menghasilkan muatan paling kuat. Pengujian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) satu faktor dengan 3 taraf perlakuan, yaitu rambut manusia (P1), nilon/kain payung (P2), dan wol/sweater (P3). Masing-masing diulang lima kali, setiap balon digosok 25 kali searah, lalu diposisikan 5 cm dari tissue berukuran 2x5 cm; lama tissue bertahan menempel (detik), dianalisis dengan sidik ragam (ANOVA). Temuan ini menegaskan bahwa pemilihan media gosokan menentukan efektivitas pemanfaatan muatan triboelektrik pada balon lateks.

Kata Kunci:

Listrik statis; Media gosokan; Muatan triboelektrik; Rancangan acak lengkap

ABSTRACT

Static electricity generated by friction has long been recognized; however, the magnitude and consistency of the electric charge produced on everyday materials such as latex balloons have rarely been evaluated quantitatively. Different rubbing materials were expected to produce different levels of static electric charge. This study aimed to examine the effect of different rubbing materials on the strength of the static electric charge generated on latex balloons and to identify the rubbing material that produced the strongest charge. The experiment employed a Completely Randomized Design (CRD) with one factor consisting of three treatment levels: human hair (P1), nylon/parachute fabric (P2), and wool/sweater fabric (P3). Each treatment was replicated five times. Each balloon was rubbed 25 times in one direction and then positioned 5 cm away from a tissue paper strip measuring 2 × 5 cm. The duration for which the tissue adhered to the balloon (seconds) was recorded and analyzed using analysis of variance (ANOVA). The findings demonstrated that the type of rubbing material significantly determined the effectiveness of triboelectric charge generation on latex balloons.

Keywords:

rubbing material; static electricity; triboelectric charge; Completely Randomized Design

1. PENDAHULUAN

Listrik statis merupakan fenomena fisika yang timbul akibat ketidakseimbangan muatan listrik pada permukaan suatu benda. Salah satu cara paling umum untuk menghasilkan muatan statis adalah dengan menggosokkan dua benda berbeda jenis material, suatu proses yang dikenal sebagai efek triboelektrik [1]. Ketika balon lateks digosok dengan bahan tertentu, elektron dapat berpindah dari satu permukaan ke permukaan lain sehingga balon dan bahan penggosok menjadi bermuatan berlawanan, bergantung pada kecenderungan relatif kedua material untuk melepas atau menyerap electron [2]. Fenomena sederhana ini telah banyak dimanfaatkan sebagai media demonstrasi konsep dasar elektrostatika, misalnya melalui eksperimen menggosokkan sedotan, penggaris ataupun bahan lain pada tissue maupun rambut [3] [4].

Meskipun tampak sederhana, kekuatan muatan yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh jenis bahan gosokan yang digunakan. Media gosokan pada balon-balon yang identik dapat menghasilkan polaritas muatan berbeda apabila kondisi regangan permukaannya berbeda, yang menunjukkan bahwa sifat triboelektrik suatu material tidak selalu tetap dan perlu diuji. Oleh karena itu, untuk menguji secara ilmiah perbedaan kekuatan muatan statis yang dihasilkan oleh beberapa jenis media gosokan, diperlukan rancangan percobaan yang tepat. Rancangan Acak Lengkap (RAL) merupakan rancangan yang sesuai digunakan ketika satuan percobaan relatif homogen dan hanya satu faktor yang menjadi fokus penelitian rancangan ini mudah diterapkan dan dianalisis menggunakan analisis ragam (ANOVA) [5] [6]. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui media gosokan yang menghasilkan muatan listrik statis paling kuat, dan menganalisis data hasil percobaan menggunakan sidik ragam RAL.

2. METODE

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) satu faktor dengan faktor perlakuan berupa jenis media gosokan yang terdiri atas tiga taraf, yaitu P1 (rambut manusia), P2 (nilon/kain payung), dan P3 (wol/sweater). Setiap perlakuan diulang sebanyak 5 kali sehingga diperoleh total 15 unit percobaan (balon lateks).

Prosedur percobaan diawali dengan menyiapkan 15 balon lateks yang telah ditiup hingga berdiameter 15 cm. Setiap balon kemudian digosok sebanyak 25 kali secara searah menggunakan media sesuai perlakuan yang telah ditentukan. Setelah proses penggosokan, balon diposisikan pada jarak tetap 5 cm dari tissue berukuran 2×5 cm. Waktu yang dibutuhkan tissue untuk tetap menempel pada permukaan balon dicatat sebagai data pengamatan (dalam satuan detik). Variabel respons pada penelitian ini adalah lama waktu tissue bertahan menempel pada balon tersebut.

Data hasil pengamatan dianalisis berdasarkan model linier aditif RAL sebagai berikut [7] :

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij} \dots (1)$$

Keterangan:

- Y_{ij} adalah nilai pengamatan pada perlakuan ke- i dan ulangan ke- j ,
- μ adalah rata-rata umum,
- τ_i adalah pengaruh perlakuan jenis media gosokan ke- i ,
- ε_{ij} adalah galat percobaan

Analisis data dilakukan melalui sidik ragam (ANOVA) satu arah, diawali dengan penghitungan faktor koreksi (FK), kemudian dilanjutkan dengan penentuan Jumlah Kuadrat Perlakuan (JKP) dan Jumlah Kuadrat Galat (JKG) [7] menggunakan rumus berikut:

$$FK = \frac{Y^2}{t \cdot r} \dots (2)$$

$$JKP = \sum_{i=1}^t \frac{Y_i^2}{r} - FK \dots (3)$$

$$JKG = JKT - JKP \dots (4)$$

Selanjutnya, nilai F-hitung diperoleh dari rasio antara Kuadrat Tengah Perlakuan (KTP) dan Kuadrat Tengah Galat (KTG)

$$F_{hitung} = \frac{KTP}{KTG} \dots (5)$$

Keterangan:

- t adalah jumlah perlakuan,
- r adalah jumlah ulangan,
- Y_i adalah jumlah pengamatan perlakuan ke- i , dan
- $Y_{..}$ adalah jumlah total seluruh pengamatan.

Jika hasil ANOVA menunjukkan nilai $p < 0,05$, terdapat pengaruh perlakuan yang signifikan, maka analisis dilanjutkan dengan uji Tukey untuk mengidentifikasi pasangan perlakuan yang berbeda secara nyata [8], [9]. Analisis ANOVA dan uji Tukey diolah menggunakan perangkat lunak. Untuk melengkapi hasil analisis, dilakukan pula perhitungan statistik deskriptif guna menggambarkan karakteristik data pada setiap kelompok perlakuan, meliputi rata-rata, standar deviasi, median, dan range, yang diolah menggunakan *Software Statistik*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian dilaksanakan pada tanggal 07 Juni 2026 di rumah peneliti yang berlokasi di Tiban Lama, Kecamatan Sekupang, Kota Batam, Kepulauan Riau, Indonesia.



Gambar 1. Tahapan Percobaan



Gambar 2. Hasil Pengamatan

Hasil pengamatan lama tissue bertahan menempel pada balon untuk setiap perlakuan disajikan pada tabel 1.

Tabel 1. Data Pengamatan Lama Tissue Bertahan Menempel pada Balon (Detik)

Perlakuan	U1	U2	U3	U4	U5	Total (Ti)	Rata-rata
P1 – Rambut Manusia	12,69	11,32	13,44	13,78	12,23	63,46	12,69
P2 – Nilon/ Payung	27,57	28,80	26,22	29,12	28,29	140,00	28,00
P3 – Wol/Sweater	1,32	1,09	2,11	2,08	2,26	8,86	1,77
Total Keseluruhan	-	-	-	-	-	212,32	14,15

Berdasarkan tabel 1, terlihat bahwa P2 Nilon/Kain Payung menghasilkan rata-rata waktu tissue menempel paling lama 28,00 detik, diikuti oleh P1 Rambut Manusia 12,69 detik dan P3 wol/Sweater sebesar 1,77 detik sebagai yang paling singkat.

Sebelum dilakukan pengujian hipotesis, statistik deskriptif dari masing-masing kelompok perlakuan disajikan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Statistik Deskriptif Durasi Lama Tissue Bertahan Menempel pada Balon (detik)

Media Gosokan		Statistic	Std, Error
Rambut Manusia	Mean	12,6920	,43813
	95% Confidence Interval Lower Bound	11,4756	
	for Mean Upper Bound	13,9084	
	5% Trimmed Mean	12,7078	
	Median	12,6900	
	Variance	,960	
	Std, Deviation	,97968	
	Minimum	11,32	
	Maximum	13,78	
	Range	2,46	
	Interquartile Range	1,83	
	Skewness	-,432	,913
	Kurtosis	-,804	2,000
Nilon/Payung	Mean	28,0000	,51632
	95% Confidence Interval Lower Bound	26,5665	
	for Mean Upper Bound	29,4335	
	5% Trimmed Mean	28,0367	
	Median	28,2900	
	Variance	1,333	
	Std. Deviation	1,15453	
	Minimum	26,22	
	Maximum	29,12	
	Range	2,90	
	Interquartile Range	2,07	
	Skewness	-1,023	,913
	Kurtosis	,487	2,000
Wol/Sweater	Mean	1,7720	,23629
	95% Confidence Interval Lower Bound	1,1159	
	for Mean Upper Bound	2,4281	
	5% Trimmed Mean	1,7828	
	Median	2,0800	
	Variance	,279	

Std. Deviation	,52837	
Minimum	1,09	
Maximum	2,26	
Range	1,17	
Interquartile Range	,98	
Skewness	-,637	,913
Kurtosis	-2,597	2,000

Tabel 2 menyajikan statistik deskriptif durasi tissue menempel pada balon untuk masing-masing perlakuan. Rata-rata durasi tertinggi diperoleh pada P2 (Nilon/Payung). Nilai standar deviasi pada ketiga kelompok tergolong kecil dibandingkan rata-ratanya masing-masing, yang mengindikasikan bahwa data pada setiap perlakuan cukup homogen dan tidak terdapat sebaran nilai yang ekstrem antar ulangan. Hal ini juga didukung oleh nilai varians yang relatif kecil pada ketiga kelompok. Sebelum dilakukan uji *One-Way ANOVA*, terlebih dahulu dilakukan uji homogenitas varians untuk memastikan bahwa asumsi kesamaan varians antar kelompok terpenuhi [10]. Hasil pengujian disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji Homogenitas Varians

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Durasi	Based on Mean	1,079	2	12	0,371
	Based on Median	0,728	2	12	0,503
	Based on Median and with adjusted df	0,728	2	9,944	0,507
	Based on trimmed mean	1,039	2	12	0,384

Nilai signifikansi 0,371 lebih besar dari 0,05 ($0,371 > 0,05$). Hasil ini konsisten dengan ketiga kriteria pengujian lainnya (*Based on Median*, *Based on Median with adjusted df*, dan *Based on Trimmed Mean*) yang seluruhnya juga menunjukkan nilai signifikansi di atas 0,05. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa varians antar kelompok perlakuan bersifat homogen, sehingga asumsi untuk melakukan uji *One-Way ANOVA* telah terpenuhi.

Tabel 4. Hasil Analisis Variansi Terhadap Durasi

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1735,815	2	867,908	1012,377	0,000
Within Groups	10,288	12	0,857		
Total	1746,103	14			

diperoleh nilai F hitung sebesar 1012,377 dengan derajat bebas (df_1) sebesar 2 dan derajat bebas (df_2) sebesar 12. Nilai signifikansi (Sig.) yang diperoleh adalah 0,000 ($p < 0,05$). Untuk memperkuat pengambilan keputusan, nilai F hitung dibandingkan dengan F tabel. Pada derajat bebas $df_1 = 2$ dan $df_2 = 12$, diperoleh F tabel ($\alpha = 0,05$) sebesar 3,89.

nilai F-Hit $1012,377 > F$ table 3,89 pada taraf signifikansi 5%. Selain itu, nilai Sig. = $0,000 < 0,05$. Oleh karena itu, H_0 ditolak dan H_1 diterima, yang artinya terdapat perbedaan yang signifikan pada rata-rata durasi tissue bertahan menempel pada balon lateks berdasarkan jenis media gosokan.

Karena hasil analisis variansi menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antar perlakuan, analisis dilanjutkan dengan *Uji Tukey* untuk mengidentifikasi pasangan perlakuan yang berbeda secara signifikan [5], [11].

Tabel 5. Hasil Uji Tukey

Durasi					
		N	Subset for alpha = 0,05		
Perlakuan			1	2	3
Tukey B ^a	Wol/Sweater	5	1,7720		
	Rambut Manusia	5		12,6920	
	Nilon/Payung	5			28,0000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 5,000.

seluruh pasangan perlakuan menunjukkan perbedaan yang signifikan dalam memengaruhi lama waktu tissue bertahan menempel pada balon Lateks. Tidak adanya dua perlakuan pun yang berada pada subset yang sama menunjukkan bahwa ketiga perlakuan (P1, P2, dan P3) berbeda secara nyata satu sama lain pada taraf signifikansi 5%.

Berdasarkan hasil pengamatan, media nilon/kain payung (P2) menghasilkan rata-rata durasi tisu menempel paling lama, yaitu 28,00 detik. Hal ini menunjukkan bahwa media nilon mampu menghasilkan muatan listrik statis yang lebih besar dibandingkan media lainnya. Menurut konsep *triboelectric series*, setiap material memiliki kecenderungan yang berbeda untuk melepaskan atau menerima elektron. Semakin besar perbedaan kecenderungan kedua material yang saling bergesekan, semakin besar pula muatan listrik statis yang dihasilkan [2]. Pada penelitian ini, pasangan balon lateks dan nilon diduga memiliki perbedaan afinitas elektron yang lebih besar sehingga menghasilkan gaya elektrostatik yang lebih kuat dan mampu mempertahankan tisu menempel dalam waktu yang lebih lama.

Pada penelitian ini, media wol menghasilkan durasi tisu menempel paling rendah. Hasil tersebut diduga dipengaruhi oleh kondisi eksperimen, seperti jenis kain wol yang digunakan, tingkat kelembapan udara, kondisi permukaan bahan, tekanan saat penggosokan, maupun luas bidang kontak. Faktor-faktor tersebut diketahui dapat memengaruhi besarnya muatan triboelektrik yang terbentuk sehingga hasilnya dapat berbeda dengan penelitian lain [2].

Hasil penelitian ini sejalan dengan teori triboelektrifikasi yang menyatakan bahwa perpindahan elektron selama proses gesekan bergantung pada sifat masing-masing material. Oleh karena itu, perbedaan durasi tisu menempel yang diperoleh pada penelitian ini dapat dijelaskan oleh perbedaan karakteristik triboelektrik masing-masing media gosokan [2].

4. KESIMPULAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh jenis media gosokan terhadap kekuatan muatan listrik statis pada balon lateks, yang diukur melalui lama waktu tisu bertahan menempel pada permukaan balon, dan tujuan tersebut telah tercapai. Hasil analisis ragam (ANOVA) satu arah menunjukkan bahwa jenis media gosokan memberikan pengaruh yang sangat signifikan terhadap lama waktu tisu bertahan menempel dengan $F\text{-hit} = 1012,377 > F\text{-tabel} = 3,89$ dan nilai signifikansi sebesar $0,000 < 0,05$ yang dikuatkan oleh uji lanjut Tukey bahwa ketiga jenis media gosokan berbeda secara nyata satu sama lain. Media nilon/kain payung (P2) terbukti sebagai media gosokan terbaik, dengan durasi tisu menempel paling lama (28,00 detik), diikuti oleh rambut manusia (P1) sebesar 12,69 detik, sedangkan wol/sweater (P3) menghasilkan durasi paling singkat (1,77 detik).

Penelitian selanjutnya disarankan menguji variable tambahan seperti suhu ruangan, kelembapan udara atau jumlah gosokan guna memperoleh hasil yang lebih lengkap mengenai factor yang mempengaruhi kekuatan muatan triboelektrik.

5. REFERENSI

- [1] M. Suhantoro, L. Handayani, and S. Linuwih, "Sejarah Penemuan Nanogenerator Triboelektrik (TENG) : Sistem Self-Powered Masa Kini untuk Kebutuhan Energi Masa Depan," *The 5th Lontar Physics Forum 2019*, pp. 17–22, 2019.
- [2] A. Šutka *et al.*, "Engineering Polymer Interfaces: A Review toward Controlling Triboelectric Surface Charge," *Adv. Mater. Interfaces*, vol. 10, no. 26, 2023, doi: 10.1002/admi.202300323.
- [3] D. Hartati, "Memanfaatkan Sampah Plastik untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Listrik Statis pada Siswa Kelas IX," *Indonesian Journal of Action Research*, vol. 2, no. 1, pp. 95–99, 2023, doi: 10.14421/ijar.2023.21-13.
- [4] N. Anggraeni, M. N. Halifah, S. Faído, M. A. Yaqin, and Y. Ratnasari, "721720315," vol. 3, no. 5, pp. 630–638, 2024.
- [5] S. Febriani, Astuti, K. Ediputra, and Zulfah, "Anova dan Tukey HSD Analisis Kesalahan Siswa dalam Menjawab Soal Cerita Matematika Berdasarkan Kriteria Watson," *Jurnal Pengabdian Masyarakat dan Riset Pendidikan*, vol. 2, no. 1, pp. 183–188, 2023, doi: 10.31004/jerkin.v2i1.139.
- [6] L. Devikaduri and V. A. Handayani, "Eco-Friendly Bioplastic from Banana Peel Waste (Musa paradisiaca) and Agar-Agar Adhesive : An Experimental Study Using a Completely Randomized Design (CRD)," *Jurnal SINTAK*, vol. 4, no. 1, pp. 8–14, 2025, doi: <https://doi.org/10.62375/jsintak.v4i1.712> Eco-Friendly.
- [7] D. Arza Nugraha, M. Fajar Alif, N. Oktavia Sitinjak, R. Sartika, S. Manullang, and P. Maulidina Fadilah, "Pengujian Pertumbuhan Bibit Anggur Melalui Pemberian Pupuk Menggunakan Rancangan Acak Lengkap," *Interdisciplinary Explorations in Research Journal (IERJ)*, vol. 2, pp. 1626–1639, 2024.
- [8] H. Sunarsono and A. Handayani, "Analysis of Coir Fiber/Wood Paint as Composite Anti-Weathering Coatings on Traditional Fishing Boats," *JMPM: Jurnal Material dan Proses Manufaktur*, vol. XX, No. XXX, 2023, doi: 10.18196/jmpm.xxxx.
- [9] V. A. Handayani and L. Hernando, "Penerapan Aplikasi Uji Hipotesis (One-Tail Dan Two-Tail) pada Data Simulasi," *Jurnal CoSciTech (Computer Science and Information Technology)*, vol. 3, no. 2, pp. 168–174, 2022, doi: 10.37859/coscitech.v3i2.3869.
- [10] Arif, D. Ade Alfarez, and M. Rizky Ramadhan, "Anova and Tukey HSD Comparison of Rice Production Between Three Regencies in Jambi Province," *Multi Proximity: Jurnal Statistika Universitas Jambi*, vol. 2, no. 1, pp. 23–31, 2023.
- [11] H. Sunarsono, S. Rahmiati, and V. A. Handayani, "Analisa Sudut Jaring untuk Mengoptimalkan Hasil Tangkapan Ikan pada Keramba Tancap Nelayan Tradisional," *SITEKIN: Jurnal Sains, Teknologi dan Industri*, vol. 20, no. 1, pp. 248–254, 2022.