

# Indeks Reverse untuk Graf Koprime Prima

Abdurahim<sup>1\*</sup>, Nuzla Afidatur Robbaniyah<sup>2</sup>, Andika Ellena Saufika Hakim Maharani<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mataram, Indonesia

\*Corresponding author : abdurahim@staff.unram.ac.id

## ABSTRACT

Let  $\Gamma$  is a graph. The degree of a vertex in  $\Gamma$  is the number of vertices adjacent to the vertex. While the reverse degree of a vertex in  $\Gamma$  is the maximum degree of the vertex minus the degree of the vertex plus 1. In this paper, the reverse degree is given for the vertices of the coprime prime graph  $\Gamma(\mathbb{Z}_{p^k})$ . Furthermore, several reverse indices of  $\Gamma(\mathbb{Z}_{p^k})$  are given including First and Second Zagreb, Sum-Connectivity, Arithmetic-Geometric, Geometric-Arithmetic.

*Keywords: Degree of vertex; reverse index; coprime prime graph.*

## ABSTRAK

Misalkan  $\Gamma$  merupakan suatu graf. Derajat dari suatu simpul pada  $\Gamma$  adalah jumlah simpul yang bertetangga dengan simpul tersebut. Sedangkan derajat reverse dari suatu simpul pada  $\Gamma$  adalah derajat maksimum dari simpul tersebut dikurangi dengan derajat simpulnya ditambah 1. Pada paper ini diberikan derajat reverse untuk simpul dari graf koprime prima  $\Gamma(\mathbb{Z}_{p^k})$ . Lebih lanjut, diberikan beberapa indeks reverse dari  $\Gamma(\mathbb{Z}_{p^k})$  diantaranya adalah Zagreb Pertama dan Kedua, Sum-Connectivity, Arithmetic-Geometric, Geometric-Arithmetic.

*Keywords: Derajat simpul; indeks reverse; graf prima koprime.*



This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License. Copyright © 2026 by the Author(s).

## I. Pendahuluan

Teori graf merupakan suatu struktur data yang memiliki peran penting dalam berbagai bidang. Beberapa penerapan yang pernah dikaji adalah ilmu komputer [1], transportasi udara [2], dan pengenalan wajah [3]. Representasi graf sangat penting dalam analisis graf karena berpengaruh terhadap efisiensi penyimpanan data serta kemudahan dalam menjalankan operasi seperti pencarian jalur, penilaian derajat simpul, atau evaluasi keterhubungan.

Misalkan  $\Gamma = (V, E)$  adalah sebuah graf, di mana  $V$  merupakan himpunan simpul yang tak kosong dan berhingga, serta  $E$  adalah himpunan sisi dari  $\Gamma$ . Derajat dari simpul  $v \in V$ , dinyatakan sebagai  $\deg(v)$ , adalah jumlah simpul yang bertetangga dengan  $v$ . Jarak antara dua simpul  $u, v \in V$  didefinisikan sebagai panjang terpendek dari jalur yang menghubungkan keduanya. Derajat reverse dari simpul  $v$ , dinotasikan sebagai  $c_v$ , adalah  $c_v = \Delta - \deg(v) + 1$  dengan  $\Delta$  sebagai derajat maksimum dari  $V$  [4]. Konsep ini mendorong beberapa peneliti untuk membahas berbagai indeks topologi reverse, seperti indeks Laplacian reverse [5] dan indeks Nirmala reverse [6]. Dua tahun kemudian, Antalan et al. [7] memperluas kajian ini ke graf komet dan graf komet ganda. Pada tahun 2023 di paper yang ditulis Gowtham, et al [5] mengkaji beberapa index reverse pada produk graf bistar dan corona. Dari penjelasan tersebut, graf koprime prima yang dikenalkan oleh Adhikari, et al [8] belum ada kajian terkait indeks

topologi reverse. Beberapa tahun belakang ini, terdapat beberapa kajian indeks topologi pada graf koprime prima, yaitu Indeks Padmakar Ivan dan Szeged [9], Wiener [10], Zagreb [11], serta Harmonik, Randic, dan Gutman [12].

Oleh karena itu, pada paper ini dikaji beberapa indeks topologi reverse pada graf koprime prima. Lebih jauh, indeks reverse yang dikaji adalah Zagreb Pertama dan Kedua, Sum-Connectivity, Arithmetic-Geometric, Geometric-Arithmetic.

## II. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan studi literatur. Pertama, meninjau referensi terkait graf koprime prima dan indeks topologi reverse. Kedua, mengamati pola yang terbentuk dari indeks reverse untuk graf koprime prima. Membuat dugaan sementara dan membuktikan teorema-teorema yang diperoleh.

Dalam penelitian ini digunakan beberapa definisi terkait indeks topologi reverse. Selain itu, terdapat juga beberapa teorema pendukung. Berikut beberapa definisi dan teorema yang digunakan.

Graf koprime prima adalah graf di mana dua simpul yang berlainan saling terhubung apabila dan hanya apabila faktor persekutuan terbesar dari orde kedua simpul tersebut bernilai 1 atau merupakan bilangan prima [4].

**Teorema 2.1.** [10]. Jika  $\Gamma(\mathbb{Z}_{p^k})$  graf koprime prima dari grup bilangan bulat modulo  $\mathbb{Z}_{p^k}$  di mana  $p$  dan  $k \geq 2$  berturut-turut adalah bilangan prima dan bulat, maka  $\Gamma(\mathbb{Z}_{p^k})$  memuat subgraf yang berbentuk graf lengkap  $K_p$  dan bipartit  $K_{p, p^k-p}$ .

**Teorema 2.2.** [10]. Jika  $\Gamma(\mathbb{Z}_{p^k})$  graf koprime prima dari grup bilangan bulat modulo  $\mathbb{Z}_{p^k}$  di mana  $p$  dan  $k \geq 2$  berturut-turut adalah bilangan prima dan bulat, maka  $\Gamma(\mathbb{Z}_{p^k})$  memuat derajat simpul yang terdiri dari dua bentuk, yaitu

$$\deg(v) = \begin{cases} p^k - 1, & v \in V_1 \\ p & v \in V_2 \end{cases}$$

dengan

$$\begin{aligned} V_1 &= \{0, p^{k-1}, 2p^{k-1}, 3p^{k-1}, \dots, (p-1)p^{k-1}\} \\ V_2 &= \{0, 1, 2, 3, \dots, p^k - 1\} \setminus V_1 \end{aligned}$$

**Teorema 2.3.** [11]. Jika  $\Gamma(\mathbb{Z}_{p^k})$  graf koprime prima dari grup bilangan bulat modulo  $\mathbb{Z}_{p^k}$  di mana  $p$  dan  $k \geq 2$  berturut-turut adalah bilangan prima dan bulat, maka banyaknya sisi graf  $\Gamma(\mathbb{Z}_{p^k})$  adalah

$$e = |E(\Gamma_{\mathbb{Z}_n})| = \frac{1}{2}(2p^{k+1} - p^2 - p).$$

**Definisi 2.4.** [4]. Jika  $\Gamma(\mathbb{Z}_{p^k})$  graf koprima prima dari grup bilangan bulat modulo  $\mathbb{Z}_{p^k}$  di mana  $p$  dan  $k \geq 2$  berturut-turut adalah bilangan prima dan bulat, maka indeks reverse Zagreb Pertama dan Kedua didefinisikan sebagai berikut

$$RM_1(\Gamma(\mathbb{Z}_{p^k})) = \sum_{u \in V(\Gamma(\mathbb{Z}_{p^k}))} c_u^2$$

$$RM_2(\Gamma(\mathbb{Z}_{p^k})) = \sum_{uv \in E(\Gamma(\mathbb{Z}_{p^k}))} c_u \cdot c_v$$

**Definisi 2.5.** [13]. Jika  $\Gamma(\mathbb{Z}_{p^k})$  graf koprima prima dari grup bilangan bulat modulo  $\mathbb{Z}_{p^k}$  di mana  $p$  dan  $k \geq 2$  berturut-turut adalah bilangan prima dan bulat, maka indeks reverse Sum-Connectivity didefinisikan sebagai berikut

$$RSCI(\Gamma(\mathbb{Z}_{p^k})) = \sum_{uv \in E(\Gamma(\mathbb{Z}_{p^k}))} \frac{1}{\sqrt{c_u \cdot c_v}}$$

**Definisi 2.6.** [14]. Jika  $\Gamma(\mathbb{Z}_{p^k})$  graf koprima prima dari grup bilangan bulat modulo  $\mathbb{Z}_{p^k}$  dengan  $p$  dan  $k \geq 2$  berturut-turut adalah bilangan prima dan bulat, maka indeks reverse Aritmatik-Geometrik didefinisikan sebagai berikut

$$RAG(\Gamma(\mathbb{Z}_{p^k})) = \sum_{uv \in E(\Gamma(\mathbb{Z}_{p^k}))} \frac{c_u + c_v}{2\sqrt{c_u \cdot c_v}}$$

**Definisi 2.7.** [15]. Jika  $\Gamma(\mathbb{Z}_{p^k})$  graf koprima prima dari grup bilangan bulat modulo  $\mathbb{Z}_{p^k}$  di mana  $p$  dan  $k \geq 2$  berturut-turut adalah bilangan prima dan bulat, maka indeks reverse Geometrik-Aritmatik didefinisikan sebagai berikut

$$RGA(\Gamma(\mathbb{Z}_{p^k})) = \sum_{uv \in E(\Gamma(\mathbb{Z}_{p^k}))} \frac{2\sqrt{c_u \cdot c_v}}{c_u + c_v}$$

### III. Hasil dan Pembahasan

**Teorema 3.1.** Jika  $\Gamma(\mathbb{Z}_{p^k})$  graf koprima prima dari grup bilangan bulat modulo  $\mathbb{Z}_{p^k}$  di mana  $p$  dan  $k \geq 2$  berturut-turut adalah bilangan prima dan bulat, maka derajat reverse untuk simpul dari graf  $\Gamma(\mathbb{Z}_{p^k})$  adalah

$$c_v = \begin{cases} 1 & , v \in V_1 \\ p^k - p & , v \in V_2 \end{cases}$$

dengan

$$V_1 = \{0, p^{k-1}, 2p^{k-1}, 3p^{k-1}, \dots, (p-1)p^{k-1}\}$$

$$V_2 = \{0, 1, 2, 3, \dots, p^k - 1\} \setminus V_1$$

**Bukti.** Berdasarkan Teorema 2.2 diperoleh  $\Delta = p^k - 1$ . Selanjutnya, berdasarkan definisi derajat reverse diperoleh  $c_u=1$  and  $c_v = p^k - p$  untuk  $u \in V_1$  dan  $v \in V_2$ .

**Teorema 3.2.** Jika  $\Gamma(\mathbb{Z}_{p^k})$  graf koprime prima dari grup bilangan bulat modulo  $\mathbb{Z}_{p^k}$  di mana  $p$  dan  $k \geq 2$  berturut-turut adalah bilangan prima dan bulat, maka indeks reverse Zagreb Pertama adalah sebagai berikut

$$RM_1(\Gamma(\mathbb{Z}_{p^k})) = p + (p^k - p)^3$$

**Bukti.** Berdasarkan Teorema 3.1, diperoleh  $c_u=1$  dan  $c_v = p^k - p$ . Selanjutnya berdasarkan Definisi 2.4 diperoleh

$$\begin{aligned} RM_1(\Gamma(\mathbb{Z}_{p^k})) &= \sum_{u \in V_1(\Gamma(\mathbb{Z}_{p^k}))} c_u^2 + \sum_{u \in V_2(\Gamma(\mathbb{Z}_{p^k}))} c_u^2 \\ &= p \cdot 1^2 + (p^k - p) \cdot (p^k - p)^2 \\ RM_1(\Gamma(\mathbb{Z}_{p^k})) &= p + (p^k - p)^3 \end{aligned}$$

**Teorema 3.3.** Jika  $\Gamma(\mathbb{Z}_{p^k})$  graf koprime prima dari grup bilangan bulat modulo  $\mathbb{Z}_{p^k}$  di mana  $p$  dan  $k \geq 2$  berturut-turut adalah bilangan prima dan bulat, maka indeks reverse Zagreb Kedua adalah sebagai berikut

$$RM_2(\Gamma(\mathbb{Z}_{p^k})) = \frac{1}{2} \cdot p(p - 1) + (p^{k+1} - p^2)(p^k - p)$$

**Bukti.** Pada pembuktian ini, sisi pada graf akan dibagi menjadi dua. Pertama, sisi yang terhubung oleh sebarang dua simpul di  $V_1$ . Kedua, simpul yang terhubung oleh simpul  $v_1 \in V_1$  dan  $v_2 \in V_2$ . Misal  $u_1, v_1 \in V_1$  dan  $v_2 \in V_2$ . Berdasarkan Teorema 2.1, maka graf yang terbentuk dari semua simpul di  $V_1$  adalah subgraf lengkap. Oleh karena itu, banyak sisinya adalah  $|E_1| = \frac{1}{2} \cdot p(p - 1)$ . Selanjutnya, banyak sisi yang terbentuk antar himpunan  $V_1$  dan  $V_2$  sama dengan jumlah semua sisi graf  $\Gamma_{Z_n}$  dikurangi dengan jumlah sisi subgraf lengkap. Sehingga berdasarkan Teorema 2.3, diperoleh  $|E_2| = \frac{1}{2}(2p^{k+1} - p^2 - p) - \frac{1}{2} \cdot p(p - 1) = p^{k+1} - p^2$ . Selanjutnya berdasarkan Teorema 3.1 didapat  $c_{u_1} = c_{v_1} = 1$  dan  $c_{v_2} = p^k - p$ . Berdasarkan Definisi 2.4 diperoleh

$$\begin{aligned} RM_2(\Gamma(\mathbb{Z}_{p^k})) &= \sum_{u_1 v_1 \in E(\Gamma(\mathbb{Z}_{p^k}))} c_{u_1} \cdot c_{v_1} + \sum_{u_1 v_2 \in E(\Gamma(\mathbb{Z}_{p^k}))} c_{u_1} \cdot c_{v_2} \\ &= \left( \frac{1}{2} \cdot p(p - 1) \right) (1 \cdot 1) + (p^{k+1} - p^2) (1 \cdot (p^k - p)) \\ RM_2(\Gamma(\mathbb{Z}_{p^k})) &= \frac{1}{2} p(p - 1) + (p^{k+1} - p^2)(p^k - p) \end{aligned}$$

**Teorema 3.4.** Jika  $\Gamma(\mathbb{Z}_{p^k})$  graf koprima prima dari grup bilangan bulat modulo  $\mathbb{Z}_{p^k}$  di mana  $p$  dan  $k \geq 2$  berturut-turut adalah bilangan prima dan bulat, maka indeks reverse Sum-Connectivity adalah sebagai berikut

$$RSCI(\Gamma(\mathbb{Z}_{p^k})) = \frac{1}{2} \cdot p(p-1) + \frac{1}{\sqrt{p^k - p}}(p^{k+1} - p^2)$$

**Bukti.** Dengan penjelasan yang sama pada pembuktian Teorema 3.3 dan Definisi 2.5, didapat

$$\begin{aligned} RSCI(\Gamma(\mathbb{Z}_{p^k})) &= \sum_{u_1 v_1 \in E(\Gamma(\mathbb{Z}_{p^k}))} \frac{1}{\sqrt{c_{u_1} \cdot c_{v_1}}} + \sum_{v_1 v_2 \in E(\Gamma(\mathbb{Z}_{p^k}))} \frac{1}{\sqrt{c_{v_1} \cdot c_{v_2}}} \\ &= \left(\frac{1}{2} \cdot p(p-1)\right) \left(\frac{1}{\sqrt{1 \cdot 1}}\right) + (p^{k+1} - p^2) \left(\frac{1}{\sqrt{1 \cdot (p^k - p)}}\right) \\ RSCI(\Gamma(\mathbb{Z}_{p^k})) &= \frac{1}{2} \cdot p(p-1) + \frac{1}{\sqrt{p^k - p}}(p^{k+1} - p^2) \end{aligned}$$

**Teorema 3.5.** Jika  $\Gamma(\mathbb{Z}_{p^k})$  graf koprima prima dari grup bilangan bulat modulo  $\mathbb{Z}_{p^k}$  di mana  $p$  dan  $k \geq 2$  berturut-turut adalah bilangan prima dan bulat, maka indeks reverse Arimatik-Geometrik adalah sebagai berikut

$$RAG(\Gamma(\mathbb{Z}_{p^k})) = \frac{1}{2} p(p-1) + (p^{k+1} - p^2) \left(\frac{p^k - p + 1}{2\sqrt{p^k - p}}\right)$$

**Bukti.** Dengan penjelasan yang sama pada pembuktian Teorema 3.3 dan Definisi 2.6, didapat

$$\begin{aligned} RAG(\Gamma(\mathbb{Z}_{p^k})) &= \sum_{u_1 v_1 \in E(\Gamma(\mathbb{Z}_{p^k}))} \frac{c_{u_1} + c_{v_1}}{2\sqrt{c_{u_1} \cdot c_{v_1}}} + \sum_{v_1 v_2 \in E(\Gamma(\mathbb{Z}_{p^k}))} \frac{c_{v_1} + c_{v_2}}{2\sqrt{c_{v_1} \cdot c_{v_2}}} \\ &= \left(\frac{1}{2} \cdot p(p-1)\right) \left(\frac{1+1}{2\sqrt{1 \cdot 1}}\right) + (p^{k+1} - p^2) \left(\frac{1 + (p^k - p)}{2\sqrt{1 \cdot (p^k - p)}}\right) \\ RAG(\Gamma(\mathbb{Z}_{p^k})) &= \frac{1}{2} p(p-1) + (p^{k+1} - p^2) \left(\frac{p^k - p + 1}{2\sqrt{p^k - p}}\right) \end{aligned}$$

**Teorema 3.6.** Jika  $\Gamma(\mathbb{Z}_{p^k})$  graf koprima prima dari grup bilangan bulat modulo  $\mathbb{Z}_{p^k}$  di mana  $p$  dan  $k \geq 2$  berturut-turut adalah bilangan prima dan bulat, maka indeks reverse Geometrik-Arimatik adalah sebagai berikut

$$RGA(\Gamma(\mathbb{Z}_{p^k})) = \frac{1}{2} \cdot p(p-1) + (p^{k+1} - p^2) \left(\frac{2\sqrt{p^k - p}}{p^k - p + 1}\right)$$

**Bukti.** Dengan penjelasan yang sama pada pembuktian Teorema 3.3 dan Definisi 2.7, didapat

$$\begin{aligned}
 RGA\left(\Gamma(\mathbb{Z}_{p^k})\right) &= \sum_{u_1 v_1 \in E\left(\Gamma(\mathbb{Z}_{p^k})\right)} \frac{2\sqrt{c_{u_1} \cdot c_{v_1}}}{c_{u_1} + c_{v_1}} + \sum_{v_1 v_2 \in E\left(\Gamma(\mathbb{Z}_{p^k})\right)} \frac{2\sqrt{c_{v_1} \cdot c_{v_2}}}{c_{v_1} + c_{v_2}} \\
 &= \left(\frac{1}{2} \cdot p(p-1)\right) \left(\frac{2\sqrt{1 \cdot 1}}{1+1}\right) + (p^{k+1} - p^2) \left(\frac{2\sqrt{1 \cdot (p^k - p)}}{1 + (p^k - p)}\right) \\
 RGA\left(\Gamma(\mathbb{Z}_{p^k})\right) &= \frac{1}{2} \cdot p(p-1) + (p^{k+1} - p^2) \left(\frac{2\sqrt{p^k - p}}{p^k - p + 1}\right)
 \end{aligned}$$

#### IV. Kesimpulan

Pada paper ini telah diberikan derajat reverse untuk simpul dari graf koprime prima  $\Gamma(\mathbb{Z}_{p^k})$  pada Teorema 3.1. Lebih lanjut, diberikan beberapa indeks reverse dari  $\Gamma(\mathbb{Z}_{p^k})$  diantaranya adalah Zagreb Pertama dan Kedua, Sum-Connectivity, Arithmetic-Geometric, Geometric-Arithmetic pada Teorema 3.2-3.6.

#### Daftar Pustaka

- [1] M. Akram and S. Naz, "Energy of Pythagorean fuzzy graphs with applications," *Mathematics*, vol. 6, no. 8, p. 136, 2018, doi: <https://doi.org/10.3390/math6080136>.
- [2] J. Jiang, R. Zhang, L. Guo, W. Li, and X. Cai, "Network aggregation process in multilayer air transportation networks," *Chinese Physics Letters*, vol. 33, no. 10, p. 108901, 2016, doi: <https://doi.org/10.1088/0256-307X/33/10/108901>.
- [3] S. A. Angadi and S. M. Hatture, "Face recognition through symbolic modeling of face graphs and texture," *Intern. J. Pattern Recognit. Artif. Intell.*, vol. 33, no. 12, p. 1956008, 2019, doi: <https://doi.org/10.1142/S0218001419560081>.
- [4] S. Ediz and M. Cancan, "Reverse Zagreb indices of cartesian product of graphs," 2016. [Online]. Available: <http://ijmcs.future-in-tech.net>
- [5] K. J. Gowtham and M. N. Husin, "A Study of Families of Bistar and Corona Product of Graph: Reverse Topological Indices," *Malaysian Journal of Mathematical Sciences*, vol. 17, no. 4, pp. 575–586, 2023, doi: <https://doi.org/10.47836/MJMS.17.4.04>.
- [6] G. K. Jayanna, "A Study Of Reverse Topological Indices And Their Importance In Chemical Sciences," *Applied Mathematics E-Notes*, vol. 23, no. 2023, pp. 175–86, 2023, Accessed: Feb. 14, 2026. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/371753164>
- [7] J. Rafael, M. Antalan, and R. P. Tagle, "Some Reverse Topological Indices of Comet and Double Comet Graphs," *Communications on Applied Nonlinear Analysis*, vol. 32, no. 3, pp. 1074–133, 2025, doi: <https://doi.org/10.52783/cana.v32.1920>.
- [8] A. Adhikari and S. Banerjee, "Prime coprime graph of a finite group," *Novi Sad J. Math*, vol. 52, no. 2, p. 11151, 2021, doi: <https://doi.org/10.30755/NSJOM.11151>.
- [9] A. Abdurahim *et al.*, "Indeks Topologi Padmakar Ivan dan Szeged pada Graf Koprime Prima dari Grup Bilangan Bulat Modulo," *Square: Journal of Mathematics and Mathematics Education*, vol. 6, no. 2, pp. 139–149, 2024, doi: <https://doi.org/10.21580/square.2024.6.2.22836>.
- [10] A. Abdurahim, L. F. Pratiwi, G. Y. Karang, W. I. G. A. Wardhana, M. U. Romdhini, and Z. Y. Awanis, "Indeks wiener pada graf koprime prima dari grup bilangan bulat modulo," *Jurnal Matematika UNAND*, vol. accepted, pp. 1–10, 2026.
- [11] Abdurahim, M. U. Romdhini, J. Qudsi, and S. K. S. Husain, "Zagreb-Based Indices of Prime Coprime Graph for Integers Modulo Power of Primes," *Malaysian Journal of Mathematical Sciences*, vol. 19, no. 3, pp. 961–974, Sep. 2025, doi: <https://doi.org/10.47836/mjms.19.3.10>.
- [12] A. Abdurahim, J. Qudsi, S. Muawanah, and S. Salwa, "Indeks Harmonik, Randic, dan Gutman dari Graf Koprime Prima untuk Grup Bilangan Bulat Modulo," *Jurnal Diferensial*, vol. 7, no. 1, pp. 38–46, 2025, doi: <https://doi.org/10.35508/jd.v7i1.18227>.

- [13] V. R. Kulli, "On the sum connectivity reverse index of oxide and honeycomb networks," *Journal of Computer and Mathematical Sciences*, vol. 8, no. 9, pp. 408–413, 2017, Accessed: Feb. 14, 2026. [Online]. Available: [https://www.researchgate.net/profile/V\\_Kulli/publication/320146668](https://www.researchgate.net/profile/V_Kulli/publication/320146668)
- [14] V. R. Kulli, "Computing two arithmetic-geometric reverse indices of certain networks," *International Research Journal of Pure Algebra*, vol. 8, no. 8, pp. 43–49, 2018, Accessed: Feb. 14, 2026. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/327392415>
- [15] V. R. Kulli, "Geometric-Arithmetic Reverse and Sum Connectivity Reverse Indices of Silicate and Hexagonal Networks," *International Journal of Current Research in Science and Technology*, vol. 3, no. 10, pp. 29–33, 2017, Accessed: Feb. 14, 2026. [Online]. Available: <https://crst.gfer.org/index.php/crst/article/view/103>.