

Perancangan dan Pengujian Turbin Angin Savonius Skala Kecil pada Kondisi Angin Rendah

Adi Nugraha¹, Fajar Ramadhan¹

¹Jurusan Teknik Elektro, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Kota Cilegon, 42434, Indonesia

Corresponding Author: adi.n@untirta.ac.id

Riwayat Artikel

Diserahkan: 18 Mei 2026

Direvisi: 30 Mei 2026

Diterima: 30 Mei 2026

Dipublikasi: 31 Mei 2026

Abstrak

Energi angin merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai pembangkit listrik alternatif. Namun, wilayah dengan kecepatan angin rendah masih jarang dimanfaatkan karena sebagian besar turbin angin membutuhkan kecepatan awal di atas 3 m/s untuk dapat bekerja secara optimal. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menguji turbin angin Savonius skala kecil pada kondisi kecepatan angin rendah. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan tahapan pengukuran kecepatan angin; perancangan turbin; pembuatan turbin; dan pengujian performa sistem. Turbin dirancang menggunakan empat bilah berbahan pipa PVC dengan konfigurasi turbin sumbu vertikal (Vertical Axis Wind Turbine/VAWT) yang dihubungkan dengan generator DC 24 volt 30 watt. Berdasarkan hasil pengukuran, kecepatan angin pada lokasi penelitian berkisar antara 1 m/s hingga 3,5 m/s sehingga dipilih turbin Savonius yang sesuai untuk kondisi angin rendah. Hasil pengujian menunjukkan bahwa turbin mampu beroperasi pada kecepatan angin rendah dan menghasilkan tegangan listrik minimum sebesar 2,48 volt serta tegangan maksimum sebesar 7,59 volt. Hasil penelitian menunjukkan bahwa turbin Savonius memiliki kemampuan self-starting yang baik dan berpotensi digunakan sebagai pembangkit listrik alternatif skala kecil di wilayah perkotaan dengan kecepatan angin rendah.

Kata kunci: energi angin, Savonius, kecepatan angin rendah, turbin angin, pembangkit listrik skala kecil

Abstract

Wind energy is one of the renewable energy sources that has the potential to be developed as an alternative power plant. However, areas with low wind speeds are still rarely utilized because most wind turbines require an initial speed above 3 m/s to be able to work optimally. This research aims to design and test a small-scale Savonius wind turbine in low wind speed conditions. This study uses an experimental method with stages of wind speed measurement; turbine design; turbine manufacturing; and system performance testing. The turbine is designed using four blades made of PVC pipes with a vertical axis wind turbine (VAWT) configuration connected to a 24 volt 30 watt DC generator. Based on the measurement results, the wind speed at the research site ranged from 1 m/s to 3.5 m/s, so a suitable Savonius turbine was chosen for low wind conditions. The test results showed that the turbine was capable of operating at low wind speeds and produced a minimum electrical voltage of 2.48 volts and a maximum voltage of 7.59 volts. The results show that the Savonius turbine has good self-starting

capabilities and has the potential to be used as a small-scale alternative power plant in urban areas with low wind speeds.

Keywords: *wind energy, Savonius, low wind speed, wind turbine, small-scale power generation*

1. Pendahuluan

Kebutuhan energi listrik yang terus meningkat mendorong pengembangan sumber energi alternatif yang bersifat terbarukan dan ramah lingkungan [1]. Salah satu sumber energi terbarukan yang memiliki potensi besar untuk dikembangkan adalah energi angin [2]. Pemanfaatan energi angin sebagai pembangkit listrik umumnya dilakukan pada daerah dengan kecepatan angin tinggi dan stabil karena sebagian besar turbin angin membutuhkan kecepatan awal (cut-in speed) di atas 3 m/s agar dapat bekerja secara optimal [3]. Kondisi tersebut menyebabkan wilayah dengan kecepatan angin rendah masih jarang dimanfaatkan sebagai lokasi pengembangan pembangkit listrik tenaga angin.

Potensi energi terbarukan sekecil apa pun tetap perlu dimanfaatkan dan dikembangkan melalui berbagai rekayasa teknologi agar dapat menghasilkan energi yang berguna [4]. Wilayah dengan kecepatan angin rendah memiliki tantangan tersendiri karena energi kinetik angin yang tersedia relatif kecil dan tidak stabil. Oleh karena itu, diperlukan jenis turbin angin yang mampu bekerja pada kondisi angin rendah sehingga potensi energi angin di wilayah tersebut tetap dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif skala kecil [5].

Beberapa penelitian dalam sepuluh tahun terakhir menunjukkan bahwa turbin angin Savonius memiliki kemampuan yang baik untuk beroperasi pada kecepatan angin rendah dibandingkan beberapa jenis turbin lainnya [6]–[10]. Turbin Savonius merupakan turbin angin sumbu vertikal (Vertical Axis Wind Turbine/VAWT) yang memiliki karakteristik self-starting, konstruksi sederhana, biaya pembuatan relatif murah, serta mampu

menerima arah angin dari berbagai arah tanpa memerlukan mekanisme pengarah tambahan. Penelitian terdahulu juga menunjukkan bahwa performa turbin Savonius dipengaruhi oleh bentuk sudu, jumlah sudu, rasio dimensi rotor, dan kondisi kecepatan angin terhadap daya keluaran yang dihasilkan [11].

Sebagian besar penelitian sebelumnya lebih banyak membahas optimasi desain sudu dan pengujian performa pada kondisi kecepatan angin menengah hingga tinggi. Penelitian mengenai penerapan turbin Savonius skala kecil pada kondisi angin rendah, khususnya di bawah 3 m/s, masih relatif terbatas [12]. Selain itu, belum banyak penelitian yang menitikberatkan pada pengujian turbin Savonius sederhana untuk mengetahui kemampuan nyata turbin dalam menghasilkan energi listrik pada wilayah dengan potensi angin rendah [13]. Berdasarkan kondisi tersebut, terdapat kesenjangan penelitian (research gap) pada aspek pemanfaatan turbin Savonius skala kecil untuk pembangkit listrik pada kondisi angin rendah.

Kebaruan (novelty) pada penelitian ini terletak pada perancangan dan pengujian turbin angin Savonius skala kecil yang difokuskan untuk bekerja pada kondisi kecepatan angin rendah di bawah 3 m/s. Penelitian ini tidak hanya membahas aspek desain turbin, tetapi juga menguji kemampuan turbin dalam menghasilkan putaran dan energi listrik pada kondisi angin rendah yang selama ini kurang dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif.

Permasalahan dalam penelitian ini adalah bagaimana merancang turbin angin Savonius skala kecil yang mampu bekerja pada kondisi angin rendah serta bagaimana performa turbin dalam menghasilkan energi listrik pada kecepatan angin rendah. Hipotesis penelitian ini

adalah turbin angin Savonius skala kecil mampu beroperasi dan menghasilkan energi listrik pada kondisi angin rendah meskipun daya yang dihasilkan relatif kecil.

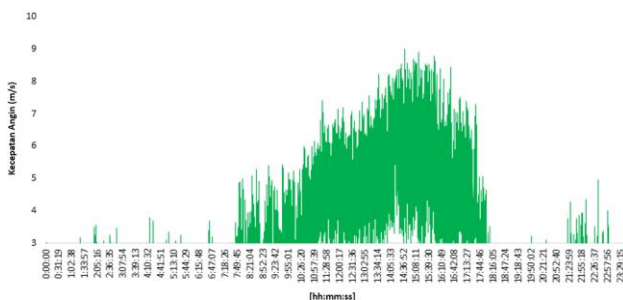
Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menguji turbin angin Savonius skala kecil pada kondisi angin rendah serta menganalisis performa turbin dalam menghasilkan putaran dan daya listrik. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan teknologi pembangkit listrik tenaga angin skala kecil yang mampu memanfaatkan potensi angin rendah sebagai sumber energi alternatif terbarukan.

2. Metode

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen (experimental method) yang dilakukan melalui tahap perancangan, pembuatan, dan pengujian turbin angin Savonius skala kecil pada kondisi kecepatan angin rendah. Metode ini bertujuan untuk mengetahui performa turbin dalam menghasilkan putaran dan energi listrik pada variasi kecepatan angin tertentu. Lokasi penelitian ini bertempat di fakultas teknik UNTIRTA yang berada di kota Cilegon-Banten.

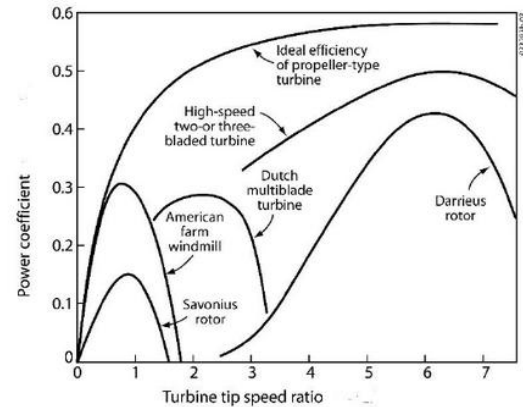
2.1 Tahap Pengukuran Angin

Sebelum menentukan perancangan turbin, dilakukan terlebih dahulu pengukuran angin di area sekitar. Pada pengukuran angin dilakukan di jam yang memiliki kecepatan angin tertinggi yaitu diantara pukul 14.00 WIB hingga 17.00 WIB dimana dalam waktu tersebut angin bisa didapatkan secara maksimal [14].



Gambar 1. Data angin dalam 1 hari
Sumber: lenterabumi.com

Pada tahap pengukuran angin di area penelitian, didapatkan rata-rata angin hanya berkisar antara 1m/s hingga 3,5 m/s. kecepatan ini kemudian disesuaikan dengan gambar acuan pembuatan turbin berikut ini.



Gambar 2. Jenis turbin yang cocok untuk setiap kecepatan angin [15]

Dari gambar 2 tersebut didapatkan bahwa untuk kecepatan angin antara 1- 3 m/s² lebih optimal menggunakan turbin savonius, sehingga dalam penelitian ini, peneliti mencoba memanfaatkan angin dengan menggunakan turbin *savonius*.

2.2 Parameter Pembangkit Listrik Tenaga angin

- Potensi Daya Angin

$$Pa = \frac{1}{2} \rho . A . V^3 . Cp$$

$$\rho = 1,25 \text{ Kg/m}^3$$

$$A = D . H = (0,28)(0,5)$$

$$= 0,14 \text{ m}^2$$

$$Cp = \frac{Pt}{Pa} . 100\% = 0,25$$

$$V = 3,5 \text{ m/s}$$

- Potensi Daya Turbin

$$Pt = \frac{T\pi n}{30}$$

$$T = r . F$$

n = jumlah putaran per menit (**asumsi** 60 rpm)

T = Torsi Dinamis putaran rotor (Nm)

F

= Gaya pada poros akibat puntiran atau angin (N)

r = Jarak bilah ke poros (m) = $\frac{0,28}{2} = 0,14 \text{ m}$

$$F = \frac{1}{2} \rho . A . V^2$$

$$F = 1,07 N$$

Maka T,

$$T = (0,14)(1,07)$$

$$T = 0,149 Nm$$

Hitung Daya Turbin ,

$$Pt = \frac{(0,149)(3,14)(60)}{30}$$

$$Pt = 0,94 watt$$

Hitung Cp,

$$Cp = \frac{Pt}{Pa} \cdot 100\%$$

$$Cp = \frac{0,94}{3,75} \cdot 100\%$$

$$Cp = 25\% \text{ atau } 0,25$$

sesuai dengan literatur

- Potensi Daya Angin

$$Pa = \frac{1}{2} \rho \cdot A \cdot V^3 \cdot Cp$$

$$Pa = \frac{1}{2} (1,25)(0,14)(3,5)^3(0,25)$$

$$Pa = 0,937 watt$$

2.3 Perancangan Turbin

Pada tahap ini dilakukan perancangan turbin angin Savonius skala kecil dengan mempertimbangkan kemampuan turbin untuk bekerja pada kecepatan angin rendah. Turbin dirancang menggunakan tipe sumbu vertikal (*Vertical Axis Wind Turbine/VAWT*) karena memiliki kemampuan *self-starting* dan mampu menerima arah angin dari berbagai arah.

Turbin dirancang dari bahan pipa PVC yang memiliki panjang 0,5 meter dengan diameter berukuran 3 inc kemudian dibelah menjadi dua bagian. Sehingga dari satu buah pipa tersebut kita menghasilkan 2 buah bilah. Selanjutnya pada penelitian ini digunakan sebanyak 4 bilah sebagai turbin putarnya.

Bilah-bilah tersebut kemudian dihubungkan dengan cap PVC yang kemudian dihubungkan secara langsung ke generator dengan spesifikasi tegangan maksimal 24 volt dan 30 watt. Spesifikasi ini cukup untuk memberikan daya untuk mengisi baterai mini dan dapat digunakan

untuk keperluan pengiriman dan penyimpanan data. Selain itu, daya maksimal generator ini juga dapat menghidupkan lampu DC dengan spesifikasi yang sama.

2.4 Tahap Pembuatan Turbin

Tahap pembuatan dilakukan berdasarkan desain yang telah dirancang sebelumnya. Sudu turbin dibuat menggunakan bahan ringan agar mampu berputar pada kecepatan angin rendah. Seluruh komponen kemudian dirakit menjadi satu sistem turbin angin yang terhubung dengan generator DC sebagai pembangkit energi listrik.

2.5 Tahap Pengujian

Pengujian dilakukan untuk mengetahui performa turbin Savonius pada kondisi kecepatan angin rendah. Sumber angin diperoleh menggunakan kipas angin dengan variasi kecepatan tertentu atau kondisi angin alami yang tersedia pada lokasi penelitian.

Variasi kecepatan angin yang digunakan berada pada rentang kecepatan rendah, yaitu di bawah 3 m/s. Pada setiap variasi kecepatan angin dilakukan pengukuran terhadap:

- Kecepatan angin (m/s)
- Tegangan keluaran generator (Volt)

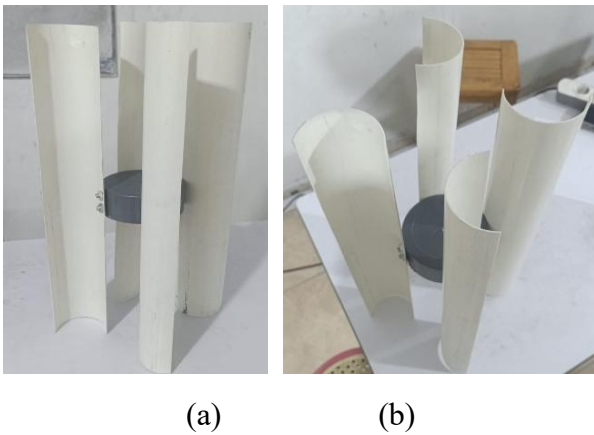
Data hasil pengujian dicatat pada setiap kondisi pengujian untuk dianalisis lebih lanjut.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Perancangan Turbin Angin Savonius

Turbin angin yang digunakan pada penelitian ini merupakan turbin Savonius skala kecil dengan tipe sumbu vertikal (*Vertical Axis Wind Turbine/VAWT*). Turbin dirancang menggunakan 4 sudu dengan bentuk setengah silinder untuk memaksimalkan kemampuan menangkap energi angin pada kecepatan rendah. Material sudu menggunakan bahan ringan agar rotor lebih mudah berputar pada saat menerima hembusan angin dengan kecepatan rendah

Sistem turbin dihubungkan dengan generator DC sebagai pembangkit energi listrik. Ketika turbin berputar akibat dorongan angin, poros turbin akan memutar generator sehingga menghasilkan tegangan listrik. Pengujian dilakukan pada beberapa variasi kecepatan angin di bawah 3 m/s untuk mengetahui kemampuan turbin dalam menghasilkan putaran dan daya listrik. Adapun pembuatan turbin tersebut dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 3. (a) bilah turbin tampak samping, (b) bilah turbin tampak atas

3.2 Hasil Pengujian turbin

Dari hasil pengujian turbin Berdasarkan hasil pengujian, turbin Savonius mampu mulai berputar pada kecepatan angin rendah. Semakin besar kecepatan angin yang diberikan, maka putaran turbin dan tegangan keluaran generator juga mengalami peningkatan.

Pada keadaan terukur, tegangan yang paling besar didapatkan sebesar 7,59 volt. Sedangkan tegangan yang paling kecil adalah sebesar 2,48 volt.



Gambar 4. Tegangan terbesar saat pengukuran



Gambar 5. Tegangan terkecil saat pengukuran

3.3 Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, turbin angin Savonius skala kecil mampu bekerja pada kondisi kecepatan angin rendah. Turbin mulai berputar meskipun kecepatan angin relatif kecil, yang menunjukkan bahwa turbin Savonius memiliki kemampuan self-starting yang baik untuk memanfaatkan energi angin berkecepatan rendah. Kemampuan ini menjadi salah satu keunggulan turbin Savonius dibandingkan beberapa jenis turbin lainnya yang membutuhkan kecepatan awal lebih tinggi untuk mulai beroperasi.

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa semakin besar kecepatan angin yang diberikan, maka putaran turbin meningkat sehingga tegangan keluaran generator juga mengalami kenaikan. Pada kondisi pengujian, tegangan tertinggi yang berhasil dihasilkan sebesar 7,59 volt, sedangkan tegangan terendah sebesar 2,48 volt. Perbedaan nilai tegangan tersebut dipengaruhi oleh perubahan energi kinetik angin yang diterima oleh sudu turbin. Semakin besar kecepatan angin, maka gaya dorong terhadap sudu semakin besar sehingga putaran rotor meningkat dan generator menghasilkan tegangan yang lebih tinggi.

Tegangan minimum sebesar 2,48 volt menunjukkan bahwa turbin masih mampu menghasilkan energi listrik meskipun berada pada kondisi angin rendah. Hal ini membuktikan bahwa energi angin dengan intensitas kecil tetap dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif menggunakan turbin Savonius. Sementara itu, tegangan maksimum sebesar 7,59 volt menunjukkan bahwa performa turbin meningkat secara signifikan ketika menerima kecepatan angin yang lebih besar.

Peningkatan tegangan keluaran generator juga menunjukkan adanya hubungan yang berbanding lurus antara kecepatan angin dengan putaran turbin. Semakin tinggi putaran rotor, maka medan elektromagnetik pada generator bekerja lebih cepat sehingga tegangan induksi yang dihasilkan semakin besar. Kondisi ini sesuai dengan prinsip kerja generator DC yang dipengaruhi oleh kecepatan putar poros generator.

Meskipun tegangan yang dihasilkan masih tergolong skala kecil, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa turbin Savonius memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai pembangkit listrik alternatif pada daerah dengan kecepatan angin rendah. Tegangan yang dihasilkan dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan daya rendah seperti pengisian baterai kecil, sistem sensor, lampu LED, maupun perangkat elektronik sederhana lainnya. Selain itu, performa turbin masih dapat ditingkatkan melalui optimasi desain sudu, penggunaan generator dengan efisiensi lebih baik, serta penambahan sistem penyimpanan energi dan pengatur tegangan.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Direktorat Riset, Teknologi, dan Pengabdian kepada Masyarakat (DRTPM) Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi atas pendanaan penelitian/pengabdian masyarakat. Kemudian ucapan terimakasih juga

diberikan kepada Laboratorium PSTE UNTIRTA yang telah memfasilitasi dalam riset ini.

Daftar Pustaka

- [1] Y. Majeed *et al.*, “Renewable energy as an alternative source for energy management in agriculture,” *Energy Reports*, vol. 10, pp. 344–359, 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2023.06.032>.
- [2] R. Yasmeen, X. Zhang, A. Sharif, W. U. H. Shah, and M. Sorin Dincă, “The role of wind energy towards sustainable development in top-16 wind energy consumer countries: Evidence from STIRPAT model,” *Gondwana Res.*, vol. 121, pp. 56–71, 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.gr.2023.02.024>.
- [3] K. Calautit and C. Johnstone, “State-of-the-art review of micro to small-scale wind energy harvesting technologies for building integration,” *Energy Convers. Manag. X*, vol. 20, p. 100457, 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecmx.2023.100457>.
- [4] A. Raihan, M. I. Pavel, D. A. Muhtasim, S. Farhana, O. Faruk, and A. Paul, “The role of renewable energy use, technological innovation, and forest cover toward green development: Evidence from Indonesia,” *Innov. Green Dev.*, vol. 2, no. 1, p. 100035, 2023, doi: [10.1016/j.igd.2023.100035](https://doi.org/10.1016/j.igd.2023.100035).
- [5] M. Barzegar-Kalashani, M. Seyedmahmoudian, S. Mekhilef, A. Stojcevski, and B. Horan, “Small-scale wind turbine control in high-speed wind conditions: A review,” *Sustain. Energy Technol. Assessments*, vol. 60, p. 103577, 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.seta.2023.103577>.
- [6] M. H. Mohamed, F. Alqurashi, and D. Thévenin, “Performance enhancement of a Savonius turbine under effect of frontal guiding plates,” *Energy Reports*, vol. 7, pp. 6069–6076, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2021.09.021>.

- [7] A. R. Sengupta, S. Rakshit, and H. Majumder, "A comprehensive review on various approaches for performance improvement of Savonius wind turbines," *Discov. Appl. Sci.*, vol. 8, no. 1, p. 79, 2025, doi: 10.1007/s42452-025-07627-5.
- [8] T. Wilberforce, A. G. Olabi, E. T. Sayed, A. H. Alalmi, and M. A. Abdelkareem, "Wind turbine concepts for domestic wind power generation at low wind quality sites," *J. Clean. Prod.*, vol. 394, p. 136137, 2023, doi: 10.1016/j.jclepro.2023.136137.
- [9] J. V. Akwa, H. A. Vielmo, and A. P. Petry, "A review on the performance of Savonius wind turbines," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 16, no. 5, pp. 3054–3064, 2012, doi: 10.1016/j.rser.2012.02.056.
- [10] S. Roy and U. K. Saha, "Review on the numerical investigations into the design and development of Savonius wind rotors," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 24, pp. 73–83, 2013, doi: 10.1016/j.rser.2013.03.060.
- [11] R. Randall, C. Chen, M. B. Ageze, and M. T. Tigabu, "Perspectives of Vertical Axis Wind Turbines in Cluster Configurations," *Fluid Dyn. Mater. Process.*, vol. 20, no. 12, pp. 2657–2691, 2024, doi: 10.32604/fdmp.2024.058169.
- [12] M. S. Davari, H. S. Davari, and E. L. Ntantis, "A comprehensive review on Savonius vertical-axis wind turbines: design advances and efficiency enhancement," *Energy Convers. Manag. X*, vol. 30, p. 101830, 2026, doi: 10.1016/j.ecmx.2026.101830.
- [13] A. Al Noman *et al.*, "Savonius wind turbine blade design and performance evaluation using ANN-based virtual clone: A new approach," *Heliyon*, vol. 9, no. 5, p. e15672, 2023, doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e15672.
- [14] A. Nugraha, "Analysis of Ciheras Beach Wind Potential for Minimal Pollutant Electrical Energy Generation," *J. Electr. Electron. Information, Commun. Technol.*, vol. 5, no. 2, pp. 70–73, 2023, doi: 10.20961/jeeict.5.2.78883.
- [15] H. Mubarak and B. A. Whiancaka,

"Optimasi sistem turbin angin menggunakan maximum power point tracking (MPPT) dengan metode particle swarm optimization (PSO)," *Techné J. Ilm. Elektrotek.*, vol. 19, no. 1, pp. 1–10, 2020, doi: 10.31358/techne.v19i01.226.