

Desain dan Implementasi Robot Pembersih Layang-Layang Otomatis pada Kabel Listrik

Dimsyar M. Al Hafiz¹, Suci Dwijayanti^{2#}, Darma Sandi³, Muhammad Syukron Rahmatullah⁴, Febyo Capelo⁵
^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Elektro, Universitas Sriwijaya
Jl. Raya Palembang Prabumulih KM. 32, Indralaya, Indonesia
⁵Jurusan Teknik Mesin, Universitas Sriwijaya
Jl. Raya Palembang Prabumulih KM. 32, Indralaya, Indonesia
#sucidwijayanti@ft.unsri.ac.id

Abstrak

Pemadaman listrik dapat disebabkan oleh dua faktor, yaitu akibat adanya pemeliharaan tenaga listrik dan akibat gangguan jaringan listrik. Gangguan tersebut dapat diakibatkan benang layangan yang tersangkut pada kabel listrik. Berdasarkan data, persentase gangguan listrik akibat benang layang-layang pada tahun 2022 mencapai 75%. Bahkan, hingga Maret 2021 terjadi peningkatan hingga 70%. Namun, upaya untuk membersihkan benang layangan tersebut masih bersifat manual, dimana petugas membersihkan dengan menggunakan stik. Pembersihan tersebut tidak efektif dan efisien serta membahayakan nyawa petugas. Sehingga, pada penelitian ini dikembangkan prototipe robot yang dinamakan *automatic kite line cleaning robot*. Prototipe ini dapat memotong benang layangan dengan menggunakan kawat pemanas dan ranting pohon yang tersangkut pada kabel listrik. Kemudian, robot ini juga sudah dilengkapi kamera untuk memonitor kondisi kabel listrik yang dilewati alat. Selain itu, komponen lain dari prototipe ini terdiri dari roda karet, sensor infrared, mikrokontroler, roda PU, dan *motor power window*. Pengujian dilakukan pada skala laboratorium, dimana proses pembersihan benang gelas dengan diameter 1 mm hanya membutuhkan waktu 1 detik dan pada tali nilon yang berdiameter 3 mm dibutuhkan waktu 3 detik. Sedangkan untuk tali rafia dibutuhkan waktu sedikit lebih lama dari dua jenis benda sebelumnya, yaitu 5 detik dan terakhir jenis ranting pohon dengan diameter 4-8 mm membutuhkan waktu 10 detik. Robot membutuhkan waktu lebih lama untuk benda keras dibandingkan untuk bahan yang mudah terbakar, seperti benang layangan, tali nilon, dan tali rafia dalam waktu kurang dari 5 detik.

Kata kunci: benang layangan, robot pembersih benang layangan, monitor kabel listrik

Abstract

Power outages can result from maintenance or power grid disturbances, such as kite threads entangling power cables. Kite thread-related disturbances increased to 70% in March 2021, increasing from 75% in 2020. However, the efforts to clean the kite strings are still manual, where workers clean them using sticks. This cleaning method is not effective and efficient and endangers the lives of the workers. To address this, a prototype robot called the Automatic Kite Line Cleaning Robot was developed. This prototype can cut kite strings that are stuck to the power cables using a heating wire. Additionally, the robot is equipped with a camera to monitor the condition of the cables that the tool passes through. Other components of this prototype consist of rubber wheels, infrared sensors, microcontrollers, PU wheels, and power window motors. Testing was conducted on a laboratory scale, where the process of cleaning a 1 mm diameter kite string took only 1 second and a nylon rope with a diameter of 3 mm took 3 seconds. Meanwhile, for a sisal rope, it took slightly longer than the previous two types, namely 5 seconds, and the last type, a tree branch with a diameter of 4-8 mm, took 10 seconds. The robot takes longer to clean hard objects than it does for easily flammable materials, such as kite strings, nylon ropes, and sisal ropes, which take less than 5 seconds.

Keywords: kite thread, thread cleaning robot, monitoring electrical wire

I. PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan kebutuhan pokok manusia untuk menunjang aktivitas sehari-hari.

Sehingga sangat wajar jika kebutuhan energi listrik meningkat pesat di setiap tahunnya. Kebutuhan energi listrik yang sangat besar ini mengharuskan perusahaan yang bergerak dalam bidang penyediaan

tenaga listrik, seperti PT. PLN (Persero) dituntut konsisten dalam penyediaan kebutuhan tenaga listrik. Selain itu, perusahaan penyedia listrik juga harus menjamin keandalan kualitas daya listrik yang disediakan, terutama handal dalam menangani permasalahan gangguan listrik, seperti pemadaman listrik

Pemadaman listrik yang terjadi disebabkan oleh dua faktor, yaitu akibat adanya pemeliharaan tenaga listrik dan akibat gangguan jaringan listrik. Pemadaman listrik akibat gangguan jaringan listrik dapat terjadi karena adanya faktor kelalaian manusia dan salah satunya diakibatkan benang layangan yang tersangkut pada kabel listrik [1]. PT. PLN (Persero) mencatat persentase gangguan listrik akibat benang layang-layang di tahun 2019 sekitar 70%, kemudian terjadi peningkatan pada tahun 2020 mencapai 75%. Bahkan, hingga Maret 2021 peningkatan terus terjadi hingga mencapai 70% [2].

Perusahaan penyedia energi listrik telah melakukan upaya untuk membersihkan benang layangan tersebut dengan cara petugas pembersih yang langsung naik di atas tower listrik dengan menggunakan peralatan bantu seutas tali dan sebuah stik. Namun, petugas sering mengalami kesulitan untuk membersihkan benang layangan yang tersangkut pada jaringan transmisi, terutama saat benang layangan tersangkut di bagian tengah transmisi yang tidak bisa terjangkau oleh stik yang digunakan. Hal ini dapat mengakibatkan inefisiensi waktu karena untuk membersihkan sekumpulan benang layangan membutuhkan waktu 2-3 menit dengan jarak kurang dari lima meter dari *tower*. Efektivitas penggunaan stik ini masih sangat rendah. Proses pembersihan yang masih konvensional ini dapat memberikan dampak buruk, seperti gangguan aliran listrik dan bahkan seorang petugas harus bertaruh nyawa untuk membersihkan benang layangan yang tersangkut di kabel listrik [3]. Oleh sebab itu, sebuah alat pembersih benang layang-layang yang bekerja secara otomatis sangat dibutuhkan agar proses pembersihan menjadi lebih praktis, efektif, dan efisien.

Pada penelitian sebelumnya, digunakan motor dinamo untuk memotong benang layang-layang [4]. Namun, metode ini masih bersifat manual dan membutuhkan waktu 2-3 menit untuk memotong kumpulan benang dan hanya dapat membersihkan benda-benda tertentu, seperti benang jahit, benang gelasan, dan tali rafia saja. Kemudian ada beberapa penelitian lainnya yang menggunakan robot untuk pemeliharaan kabel transmisi [5], alat *monitoring* suhu kabel trafo [6], robot untuk inspeksi saluran listrik [7], [8]. Penelitian lainnya menggunakan robot *drone* dan robot darat untuk mendeteksi gangguan kabel listrik [9]. Namun, robot pada

penelitian-penelitian tersebut hanya dapat membersihkan lumut pada kabel listrik, dan hanya dapat digunakan untuk memonitor kerusakan kabel saja. Dari beberapa penelitian tersebut masih tidak dapat digunakan untuk memotong dan membersihkan ranting pohon dan benang layangan, serta hasil pembersihan yang didapat juga belum optimal.

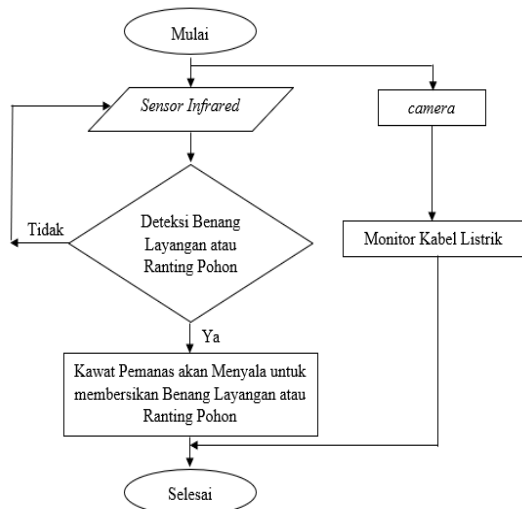
Untuk mengatasi permasalahan tersebut, maka pada penelitian ini dikembangkan suatu alat bantu untuk membersihkan benang layangan yang dinamakan *automatic kite line cleaning robot*. Robot ini merupakan pengembangan dari alat yang telah ada sebelumnya, dan dapat dikendalikan secara otomatis. Selain itu, alat ini juga dilengkapi beberapa fitur, seperti fitur untuk memotong benang layangan dan kamera. *Automatic kite line cleaning robot* bertujuan tidak hanya untuk dapat membantu proses pembersihan benang layangan pada jaringan transmisi menjadi lebih praktis dan efisien, tetapi juga bekerja secara otomatis untuk membersihkan ranting pohon yang tersangkut di kabel dan alat ini juga sudah dilengkapi dengan kamera untuk memonitor kondisi dari kabel listrik yang dilewati robot. *Automatic kite line cleaning robot* ini bekerja dengan menggunakan mikrokontroler berupa Arduino Mega, sensor *proximity*, kamera, kawat pemanas, dan komponen pendukung lainnya sehingga alat dapat bekerja sesuai dengan fungsinya.

II. METODE PENELITIAN

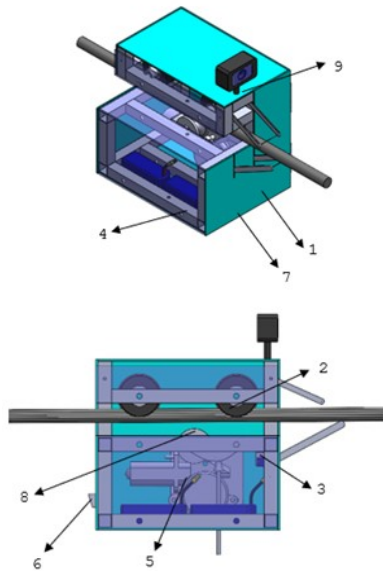
A. Perancangan Sistem

Tahapan perancangan sistem merupakan tahap awal yang merepresentasikan mekanisme kerja alat dari awal sampai selesai. Mekanisme kerja pada *automatic kite line cleaning robot* dapat dilihat pada Gambar 1.

Automatic kite line cleaning robot berfungsi untuk membersihkan benang layangan dan ranting pohon pada kabel listrik. Ketika alat mulai bekerja, arduino akan menyala melalui koneksi *bluetooth* dari aplikasi sederhana dan menggerakkan *driver motor* sehingga motor *power window* akan berputar menggerakkan roda karet untuk bergerak ke lokasi benang layangan tersangkut. Alat pembersih bekerja jika benang layangan atau ranting pohon telah terdeteksi oleh *sensor infrared*. Kemudian, alat akan menghidupkan kawat pemanas untuk membersihkan benang layangan dan ranting pohon yang tersangkut pada kabel listrik. Kamera pada alat akan terus memonitor kondisi kabel listrik yang dilewati alat pada aplikasi yang sudah disediakan.



Gambar 1. Flowchart mekanisme kerja alat



Keterangan/Note:

1. Kawat pemanas sebanyak 2 buah
2. Roda Karet
3. Sensor infrared
4. Mikrokontroler
5. Motor power window
6. Switch on/off
7. Kotak komponen
8. Roda PU
9. Kamera

Gambar 2. Desain alat tampak atas dan tampak depan

Gambar 2 merupakan desain 3D alat yang terdiri dari beberapa komponen elektronika, sensor serta sistem desain roda yang merupakan hasil pengembangan dari robot pemanjat pohon kelapa otomatis [11]. Adapun komponen yang digunakan yaitu pemotong kawat panas dengan batang fleksibel yang dikendalikan robot [12] untuk membersihkan benang layangan dan ranting pohon,

roda karet dengan diameter 6 cm berfungsi untuk menopang berat dari alat terhadap permukaan kabel listrik, sensor *infrared* berfungsi untuk mengindikasikan benang layangan dan ranting pohon sudah siap dibersihkan, mikrokontroler Atmega2560 berfungsi untuk mengontrol sensor *infrared*, menampilkan kondisi kabel listrik di aplikasi, menyalakan motor penggerak, menyalakan kawat pemanas dan menyalakan motor servo, *motor power window* berfungsi sebagai penggerak agar alat dapat berjalan pada kabel listrik, *switch on/off* berfungsi untuk menghidup matikan alat, kotak komponen sebagai tempat meletakkan komponen-komponen elektronika, roda pu berfungsi untuk mempertahankan jalan alat agar tetap pada kabel listrik, serta kamera berfungsi untuk memonitor kondisi kabel listrik yang dilewati alat.

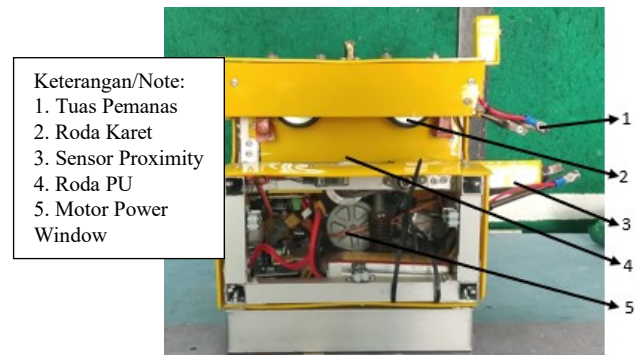
B. Pengujian

Tahap pengujian alat dilakukan untuk melihat apakah alat yang sudah didesain dan dibuat sesuai dengan spesifikasi yang telah dirancang sebelumnya. Pengujian kinerja dilakukan untuk melihat apakah *automatic kite line cleaning robot* dapat menjalankan fungsinya untuk membersihkan benang layangan dan ranting pohon pada kabel listrik, memonitor kondisi kabel listrik, dan berjalan pada kebel listrik yang memiliki bentuk permukaan yang bulat atau tidak datar.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Desain Prototipe

Automatic kite line cleaning robot dirancang berdasarkan beberapa alat yang serupa sebelumnya, yaitu pembersih kabel transmisi [4]. Desain yang telah dibuat selanjutnya diimplementasikan dalam bentuk prototipe dapat dilihat. Gambar 3 menunjukkan prototipe robot dari *automatic kite line cleaning robot* sesuai dengan rancangan yang telah dibuat sebelumnya dengan dimensi $26,6 \times 20,6 \times 15,8$ cm.



Keterangan/Note:

1. Tuas Pemanas
2. Roda Karet
3. Sensor Proximity
4. Roda PU
5. Motor Power Window

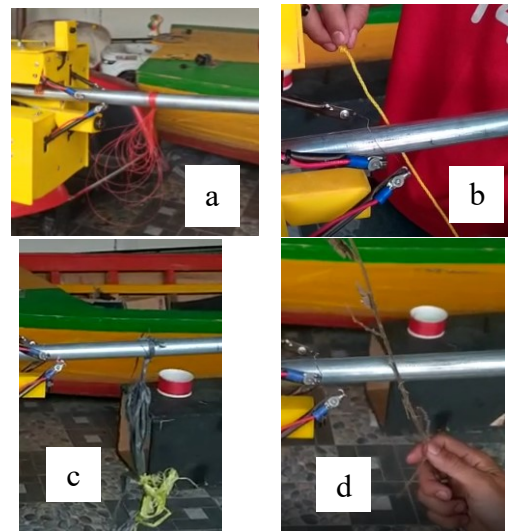
Gambar 3. Alat *automatic kite line cleaning robot*

B. Uji Coba Automatic Kite Line Cleaning Robot

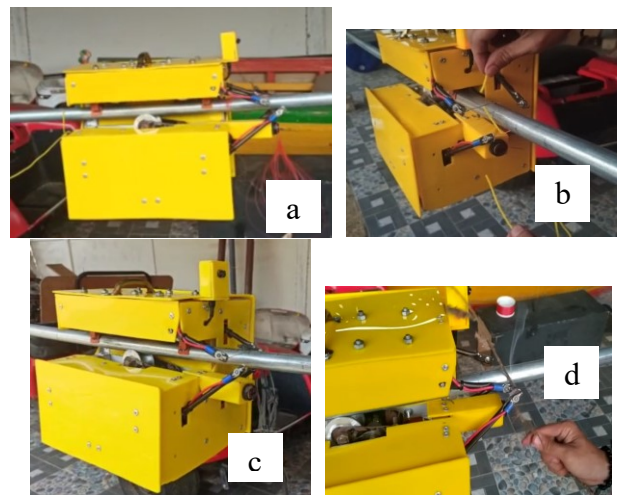
Pengujian prototipe pada *automatic kite line cleaning robot* dilakukan dalam skala laboratorium, dimana mula-mula alat dipasangkan pada kabel listrik. Setelah alat terpasang pada kabel listrik, langkah selanjutnya adalah pemasangan tali pengaman pada kaitan belakang alat. Alat akan dihidupkan dan akan berjalan secara otomatis menuju titik benang layangan atau ranting pohon yang tersangkut pada kabel listrik. Selanjutnya, sensor *infrared* mendeteksi apakah benang layangan atau ranting pohon sudah berada pada jangkauan pemanas atau tidak. Jika sensor membaca ada benang atau ranting pohon, maka kawat pemanas akan menyala untuk memotong benang layangan atau ranting pohon tersebut.

Uji coba *automatic kite line cleaning robot* dilakukan pada pipa besi dengan diameter 24 mm dengan panjang 6 m untuk mewakili konduktor atau kabel listrik. Pengujian dilakukan terhadap beberapa jenis benda, yaitu benang gelas, tali nilon, tali rafia, dan ranting pohon. Benang gelas, tali nilon, tali rafia, dan ranting pohon dipilih karena cocok untuk dilakukan perbandingan uji coba mewakili ukuran benang yang sering digunakan pada layangan, sedangkan ranting pohon digunakan untuk mewakili bambu yang digunakan sebagai kerangka layangan. Benang gelas memiliki diameter 1 mm yang di gulung dan di letakan pada pipa besi sebagai pengganti konduktor atau kabel listrik (Gambar 4a), tali nilon digunakan karena memiliki ukuran diameter 3 mm lebih besar dan memiliki ketahanan lebih kuat pada saat akan diputus (Gambar 4b), sedangkan tali rafia memiliki ukuran yang pipih dan tebal dengan diameter 10 mm dan memiliki ketahanan lebih kuat dari benang layangan biasa (Gambar 4c), ranting pohon memiliki ukuran diameter 4 mm dan memiliki ketahanan untuk di putus lebih kuat dibandingkan dengan benang dan tali (Gambar 4d).

Mula-mula benang layangan dan ranting pohon diikatkan dan diletakkan pada pipa besi. Lalu, pengujian dilakukan dengan meletakkan *automatic kite line cleaning robot* pada kabel listrik yang terdapat benang atau ranting yang tersangkut pada kabel listrik. Kemudian, alat berjalan dan membersihkan benang layangan atau ranting pohon yang tersangkut pada kabel listrik. Selanjutnya, pengujian dilakukan dengan menggunakan benang gelas, tali nilon, tali rafia, dan ranting pohon. Gambar 5 merupakan hasil pengujian alat membersihkan benang, tali nilon, tali rafia dan ranting pohon.



Gambar 4. a) Benang gelas; b) Tali nilon; c) Tali rafia; d) Ranting pohon



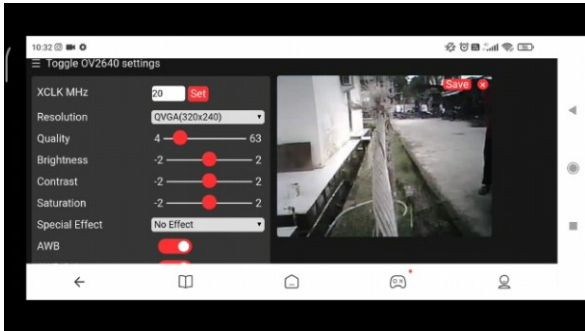
Gambar 5. a) Proses pembersihan benang gelas; b) Proses pemotongan tali nilon; c) Proses pembersihan tali rafia; d) Proses pemotongan ranting pohon

Automatic kite line cleaning robot berhasil membersihkan empat jenis benda yang diuji tersebut dengan waktu pembersihan yang dapat dilihat pada Tabel 1. Berdasarkan waktu pada tabel dapat dilihat bahwa benang gelas sangat mudah untuk di bersihkan oleh alat. Sedangkan ranting pohon membutuhkan waktu yang lebih lama dibandingkan dengan objek yang lain dikarenakan memiliki diameter yang lebih besar, struktur yang padat dan ranting pohon tidak mudah terbakar sehingga pemanas membutuhkan waktu 10 detik untuk membersihkan ranting pohon.

Pembersihan menggunakan *automatic kite line cleaning robot* sudah sangat baik untuk digunakan pada kabel listrik dikarenakan dalam pengujian empat jenis benda tanpa sisa yang tersangkut pada kabel listrik, dimana hasil pembersihan mencapai 100% seperti yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengujian *Automatic Kite Line Cleaning Robot*

Jenis Benda	Pembersihan (%)	Diameter (mm)	Waktu (detik)
Benang Gelasan	100	1	1
Tali Nilon	100	3	3
Tali Rapia	100	10	5
Ranting Pohon	100	4	10



Gambar 6. Tampilan *monitoring* jalur kabel yang dilalui oleh robot pembersih

Pengujian terhadap waktu yang diperlukan untuk membersihkan empat jenis benda dengan menggunakan alat *automatic kite line cleaning robot* dapat dilihat pada Tabel 1. Berdasarkan pengujian pada Tabel 1 yang dilakukan terhadap empat jenis benda, untuk proses pembersihan benang gelasan dibutuhkan waktu 1 detik, pada tali nilon dibutuhkan waktu 3 detik, untuk tali rapia dibutuhkan waktu sedikit lebih lama dari dua jenis benda sebelumnya, yaitu 5 detik dan terakhir jenis ranting pohon yang membutuhkan waktu 10 detik untuk memotong ranting pohon. Hasil pengujian ini mengindikasikan bahwa alat *automatic kite line cleaning robot* dapat menghemat waktu pembersihan dibandingkan dengan dilakukan secara manual yang membutuhkan waktu sekitar 3-5 menit.

C. *Monitoring Menggunakan Automatic Kite Line Cleaning Robot*

Automatic kite line cleaning robot ini dilengkapi dengan kamera yang dapat memonitor kondisi *line* yang dilalui oleh kabel secara *real-time* melalui kamera yang terpasang pada alat. Fitur ini dapat mempermudah petugas yang dapat memantau kondisi yang dilalui oleh *automatic kite line cleaning robot* tanpa harus naik ke atas *tower*. Tampilan aplikasi untuk memonitor kondisi pada kabel yang dilalui dapat dilihat pada Gambar 6.

IV. KESIMPULAN

Dari penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa *automatic kite line cleaning robot* dapat membersihkan berbagai jenis benda. Waktu pembersihan tergantung dari karakteristik benda tersebut. Benda tidak mudah terbakar, seperti ranting pohon membutuhkan waktu 10 detik, sedangkan untuk bahan yang mudah terbakar seperti benang layangan, tali nilon, dan tali rapia dalam waktu kurang dari 5 detik. Jenis benda yang mudah terbakar, ketebalan dan tidak keras lebih mudah dibersihkan dibandingkan dengan yang tidak mudah terbakar dan keras dalam penggunaan *automatic kite line cleaning robot*. Waktu pembersihan ini lebih cepat dari pembersihan secara manual. Selain itu, alat ini dilengkapi aplikasi yang dapat memonitor kondisi kabel pada saat dilakukan proses pembersihan. Sehingga, proses pembersihan benang layangan dapat menjadi efektif dan efisien. Meskipun demikian, *upgrading* masih perlu dilakukan pada saat realisasi prototipe karena saat ini prototipe yang dibuat masih menggunakan koneksi *bluetooth* yang memiliki keterbatasan koneksi dengan jarak 10-meter. Hal ini dapat dilakukan dengan menggunakan *remote control* yang dapat terkoneksi dengan jarak 500-meter untuk mempermudah pengguna. Kustomisasi terhadap dimensi alat juga perlu dilakukan untuk menyesuaikan tipe kabel transmisi yang dilalui.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi atas pendanaan pada program kreativitas mahasiswa karsa cipta (PKM-KC) 2022 sesuai dengan Surat Dirjen Pendidikan Tinggi, Riset dan Teknologi No. 2489/E2/KM.05.01/2022. Ucapan terimakasih juga diberikan kepada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya dalam proses pelaksanaan penelitian ini.

REFERENSI

- [1] Kapol. Kemarau, "PLN Sibuk Bersihkan Benang dan Layang-layang Menyangkut di Jaringan. ciawi". 2019. [Online]. Available: <https://kabarpriangan.com/kemarau-pln-sibuk-bersihkan-benang-dan-layang-layangang-menyangkut-di-jaringan/> [Accessed: Agt 30, 2022].
- [2] Hermanta, "UP3B PLN Kalbar: 70% Gangguan PLN Pontianak Akibat Layang Layang," [Online]. Available: UP3B PLN Kalbar: 70% Gangguan PLN Pontianak Akibat Layang Layang - Hukum & Kriminal | RRI Pontianak |.2021. [Accessed: Mar 12, 2021].
- [3] E. David, "Viral, Petugas PLN Bertaruh Nyawa Bersihkan Sampah Layangan di Jalur Tegangan

- Tinggi,". 2021. [Online]. Available: Viral, Petugas PLN Bertaruh Nyawa Bersihkan Sampah Layangan di Jalur Tegangan Tinggi (inews.id). [Accessed: Mar 12, 2021].
- [4] S. Putri, "Perancangan Prototype Mesin Pembersih Kabel Transmisi Listrik Berbasis Internet," JTE UNIBA, vol. 4, no. 1, pp. 13-16, 2021.
- [5] R. Miller, F. Abbasi, and J. Mohammadpour, "Power line robotic device for overhead line inspection and maintenance", *Industrial Robot: An International Journal*, vol. 44, no.1, pp. 75-84, 2017.
- [6] N. Saniya, "Alat Monitoring Suhu Kabel Trafo Berbasis Arduino Dengan SMS," *Diss. Universitas Muhammadiyah Surakarta*, 2018.
- [7] P. L. Richard, N. Pouliot, F. Morin, M. Lepage, P. Hamelin, M. Lagacé, A. Sartor, G. Lambert and S. Montambault, "LineRanger: Analysis and Field Testing of an Innovative Robot for Efficient Assessment of Bundled High-Voltage Powerlines," in *2019 International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*, Canada, May 20-24, 2019 , pp. 9130-9136.
- [8] H. Guan, X. Sun, Y. Su, T. Hu, H. Wang, H. Wang, C. Peng, and Q. Gua. "UAV-lidar aids automatic intelligent powerline inspection," *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, vol. 130, Sept. 2021, pp. 106987.
- [9] Y. Liu, J. Shi, Z. Liu, J. Huang, and T. Zhou. " Two-Layer Routing for High-Voltage Powerline Inspection by Cooperated Ground Vehicle and Drone," *Energies*, vol. 12, no. 7, pp. 1385, 2019.
- [11] R. K. Megalingam, S. K. Manoharan. S. M. Mohandas, S. R. R. Vadivel, R. Gangireddy, S. Ghanta, K. S.. Kumar, P. S. Teja, dan V. Sivanantham, "Amaran: an unmanned robotic coconut tree climber and harvester," *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, vol. 26, no. 1, pp. 288-299, 2020.
- [12] S. Duenser, R. Poranne, B. ThomasZewski, and S. Coros, "Robocut: Hot-wire cutting with robot-controlled flexible rods," *ACM Transactions on Graphics*, vol. 39, no. 4, pp. 98-1, 2020.