

# Peningkatan Efisiensi Panel Surya pada Instalasi Rooftop berbasis Internet of Things (IoT)

Darma Arif Wicaksono, Fitriana\*, Sofia Ariyani, Rais Nurwahyudin, Fahmi Aulia Ajie

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember

Jalan Karimata No.49 Jember

E-mail: fitriana@unmuhjember.ac.id

---

## ABSTRAK

---

**Abstrak** - Energi terbarukan merupakan salah satu topik penelitian yang saat ini terus dikembangkan untuk mendukung pemerataan tersedianya pasokan listrik khususnya pada daerah terpencil. Potensi cahaya matahari di Indonesia yang besar membuat penelitian aplikasi panel surya terus dilakukan. Panel surya tidak dapat menghasilkan listrik maksimal ketika cahaya matahari tidak sepenuhnya tersedia untuk menyinari bidang panel surya. Nilai efisiensi panel surya saat ini hanya  $\pm 30\%$ , ditambah adanya debu yang mengumpul pada permukaan panel surya dapat menurunkan efisiensi panel surya sampai dengan  $\pm 9\%$ . Dengan mengadopsi prinsip *wiper cleaning* pada mobil, penelitian dilakukan dengan menambahkan perangkat Internet of Things (IoT) sebagai kendali tanpa kabel (*wireless*) untuk mempermudah perawatan panel surya terutama pada instalasi *rooftop*. Perangkat IoT yang dikombinasikan pada perangkat seluler untuk pengaturan jarak jauh secara real time, dimanfaatkan untuk membersihkan atap panel surya ketika terjadi pengumpulan debu/kotoran yang dapat menurunkan efisiensi panel surya. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan berdasarkan skala laboratorium ini, efisiensi panel surya meningkat sebesar 10,86%.

**Kata kunci:** Energi Terbarukan, Efisiensi Panel Surya, Wiper Cleaning, Internet of Things (IoT)

---

## ABSTRACT

---

**Abstract** – The renewable energy is one of the research topics that is currently being developed to support equitable distribution of electricity supply, especially in remote areas. The potential for sunlight in Indonesia is large, so research on solar panel applications continues to be carried out. Solar panels cannot produce maximum electricity when sunlight is not fully available to illuminate the solar panel field. The efficiency of solar panels is currently only  $\pm 30\%$ , plus the presence of dust that collects on the surface of solar panels can reduce the efficiency of solar panels up to  $\pm 9\%$ . By adopting the principle of wiper cleaning on cars, research was carried out by adding Internet of Things (IoT) devices as wireless control to facilitate solar panel maintenance, especially on rooftop installations. IoT devices combined with mobile devices for remote control in real time are used to clean the roof of solar panels when there is dust/dirt collection that can reduce the efficiency of solar panels. Based on the research that has been carried out on a laboratory scale, the efficiency of solar panels has increased by 10.86%.

**Keywords:** Renewable Energy, Photovoltaic Efficiency, Wiper Cleaning, Internet of Things (IoT)

---

Copyright © 2021 Universitas Muhammadiyah Jember.

---

## 1. PENDAHULUAN

Keterbatasan energi listrik yang berasal dari sumber daya alam tidak terbarukan merupakan permasalahan penting di seluruh dunia. Perkembangan penelitian bidang energi terbarukan seperti Pembangkit Listrik Tenaga Angin (PLT Angin), Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa (PLT Biomassa), Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLT Biogas), Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA), Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dan lain sebagainya terus dilakukan. Potensi adanya energi terbarukan merupakan solusi dari semakin menipisnya sumber daya alam tidak terbarukan, seperti: batu bara, minyak, dan gas. Semakin bertambahnya kebutuhan listrik seiring dengan bertambahnya jumlah manusia, mendorong penelitian di bidang energi terbarukan selalu menjadi topik menarik untuk dilakukan.

Menurut data kementerian ESDM RI tahun 2012, potensi energi surya di Indonesia sangat besar yakni sekitar 4,8 KWh/m<sup>2</sup> dan hal ini dapat dimanfaatkan untuk PLTS [1]. Bentangan negara Indonesia yang memiliki daerah tropis, tersedianya lahan dengan intensitas cahaya matahari, instalasi PLTS yang mudah, dan belum meratanya sumber listrik di wilayah Indonesia, khususnya daerah terpencil membuat PLTS menjadi salah satu energi terbarukan yang potensial. Namun ketersediaan cahaya matahari yang sangat

melimpah masih belum dapat membuat sebuah PLTS menghasilkan listrik secara maksimal. Hal ini disebabkan selain dipengaruhi oleh intensitas cahaya, kinerja dari panel surya pada PLTS juga dipengaruhi beberapa faktor lainnya yaitu temperatur [2], sudut kemiringan pemasangan panel surya [3], kelembapan [4], dan menumpuknya partikel debu pada permukaan panel surya [5].

Dari beberapa faktor yang merugikan pada instalasi PLTS, ada faktor yang dapat ditangani dan tidak. Pada faktor penumpukan debu, operator dapat menangani dengan membersihkan secara berkala. Menurut *et al* [6], proses penumpukan partikel debu pada panel surya dapat menurunkan efisiensi sampai dengan  $\pm 9\%$ . Pada instalasi PLTS *ground mounting* atau terletak pada permukaan tanah, perawatan panel surya dapat secara mudah dilakukan. Namun jika PLTS diletakkan pada instalasi *rooftop* atau di atas rumah atau atap, akan mempersulit perawatan panel surya dari partikel debu. Menurut Gupta *et al* [7] efisiensi panel surya adalah berkisar pada 12%-20%. Hal ini akan semakin turun jika adanya faktor lain yang mempengaruhi, seperti adanya debu pada panel surya yang menghalangi masuknya cahaya matahari pada permukaan panel surya. Semakin rendah efisiensi panel surya, maka semakin sedikit daya yang dihasilkan panel surya dalam per m<sup>2</sup>.

Berdasarkan hal tersebut maka pada penelitian ini dilakukan perawatan panel surya dilakukan secara otomatis dengan memanfaatkan mikrokontroler Arduino sebagai pusat kendali dan teknologi Internet of Things (IoT) sebagai kendali jarak jauh dari modifikasi *wiper cleaner* yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi panel surya yang terkena debu atau kotoran.

## 2. KAJIAN PUSTAKA

Pada panel surya instalasi *rooftop*, perawatan panel surya dengan masalah penumpukan debu dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu manual dan otomatis. Pada cara manual, panel surya dibiarkan sampai air hujan menyapu permukaan [8]. Kelemahan dengan cara ini adalah ketergantungan dengan adanya hujan sehingga operator tidak dapat membersihkan secara berkala. Penelitian Sims *et al* merancang sistem *self-cleaning* panel surya dengan memanfaatkan layar *electro-dynamic* terintegrasi [9]. Cara kerja alat ini adalah ketika tegangan meningkat, maka debu pada permukaan panel surya dapat secara perlahan meluruh. Kekurangan dari penelitian ini adalah biaya perancangan yang mahal.

Penelitian Arjun *et al* [10] memanfaatkan mikrokontroler Arduino dengan mengkombinasikan dengan teknologi *wiper cleaner* untuk membersihkan permukaan panel surya. Alat ini dilengkapi dengan sistem semprotan air dan sistem pemecah beban untuk menahan angin kencang yang mengenai panel surya. Konsumsi daya yang optimal untuk alat ini adalah 72W per menit dan voltase yang dibutuhkan adalah 17 volt.

Penelitian lain terkait metode pembersihan panel surya yaitu penelitian yang dilakukan oleh Anderson *et al* [11]. Pada penelitiannya ini, pembersihan panel surya dilakukan dengan menggunakan sistem robotisasi. Robot terdiri dari dua troli bermotor (yang memberikan gerakan horizontal) dan kepala pembersih yang digerakkan oleh sistem sabuk dan katrol (untuk gerakan vertikal). Adanya robot ini secara signifikan mengurangi jumlah pekerja yang dibutuhkan untuk bersihkan panel surya dan membuat waktu pembersihan panel surya menjadi lebih cepat.

Penelitian yang dilakukan Rao *et al* [12] memanfaatkan IoT untuk melakukan pembersihan panel surya. Sistem pembersih ini dilengkapi dengan sistem monitoring debu, sistem pembersih, dan sistem monitoring hujan. Berdasarkan hasil penelitian ini diketahui bahwa pembersihan panel surya berbasis IoT layak secara efektif dan biaya untuk melakukan pembersihan terprogram.

## 3. METODE PENELITIAN

### 3.1 Perancangan Sistem

Dalam proses pembersihan debu dengan menggunakan modifikasi *wiper cleaner* pada panel surya, ada beberapa komponen penyusun yang digunakan yaitu:

a. Mekanisme Rel Pergerakan *Wiper Cleaner*

Pada penelitian ini, *wiper cleaner* dilengkapi dengan 2 buah motor stepper dan sensor ultrasonik untuk mengatur pergerakan *wiper cleaner* dalam membersihkan debu pada panel surya. Fungsi dari sensor ultrasonik pada sistem ini yaitu sebagai referensi jarak kapan motor *stepper* bergerak ke kanan dan ke kiri dalam penyapuan debu.

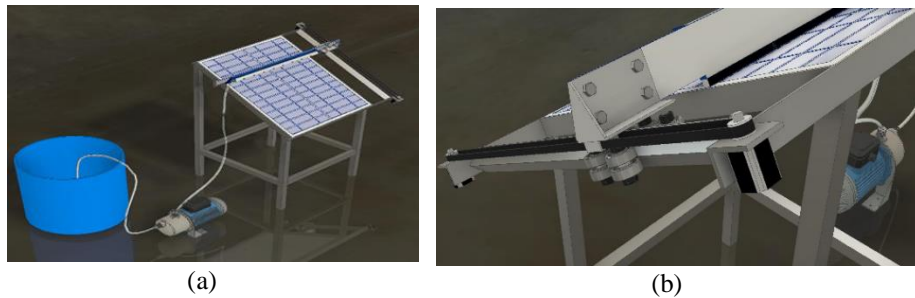
b. Arduino Mega 2560

Arduino mega 2560 digunakan sebagai pusat pengendali *wiper cleaner* pada penelitian ini karena memiliki performa yang baik untuk pengontrolan. Spesifikasi Arduino mega 2560 diantaranya yaitu memiliki 54 pin input/output, 256 KB flash memori, dan 16 MHz *clock speed* sehingga dapat bekerja dengan baik untuk pengontrolan *wiper cleaner*.

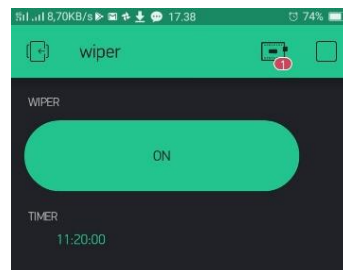
c. Modul *Internet of Things* (IoT)

Sistem *wiper cleaner* pada penelitian ini dilengkapi dengan kendali jarak jauh nirkabel (*wireless*) dengan tujuan memudahkan operator dalam melakukan kontrol secara *mobile* dimanapun mereka berada. Modul IoT yang digunakan adalah ESP8266.

Gambar 1 dan Gambar 2 berikut merupakan desain perangkat yang digunakan dalam penelitian ini.



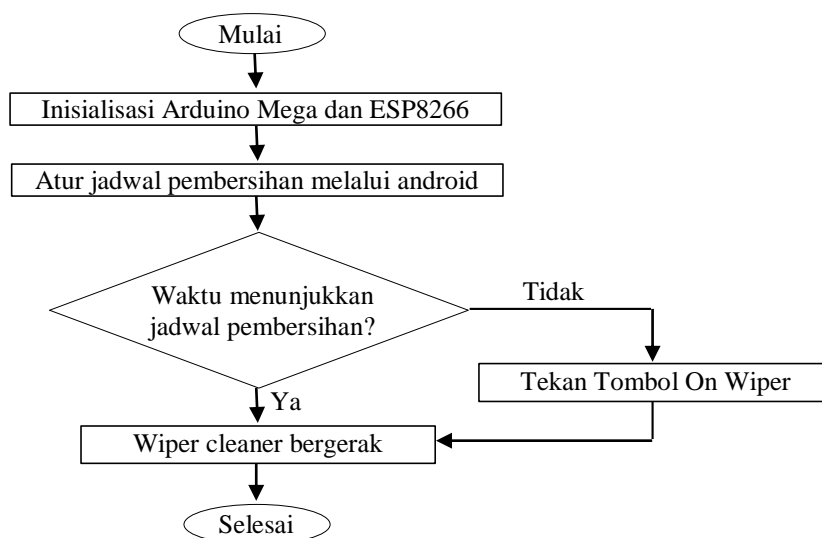
Gambar 1. Desain *hardware* (a) sistem *wiper cleaner*, (b) sistem rel *wiper cleaner*



Gambar 2. Software *wiper cleaner* pada android menggunakan

**3.2 Diagram Alir Sistem**

Pengontrolan *wiper cleaner* pada bidang panel surya menggunakan android dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu secara otomatis dengan mengatur jadwal pembersihan dan secara manual dengan menekan tombol wiper. Diagram alir sistem *wiper cleaner* tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram alir Sistem *Wiper Cleaner* pada Bidang Panel Surya berbasis IoT

**3.3 Pengujian**

Dalam pengambilan data, ada beberapa kondisi yang diterapkan, yaitu sebagai berikut:

a. Kondisi 1:

Pengujian pada kondisi normal, sel surya pada kondisi bersih tanpa debu. Data yang diambil adalah daya output yang dihasilkan oleh sel surya. Daya output diperoleh dari pengukuran tegangan keluaran panel surya dan arus yang mengalir terhadap beban pada resistor 50 ohm. Hasil pengujian pada kondisi 1 ditampilkan pada tabel 2.



Gambar 4. Panel surya kondisi tanpa debu

b. Kondisi 2:

Pengujian kondisi sel surya pada kondisi kotor karena debu. Data yang diambil adalah daya output yang dihasilkan oleh sel surya. Daya output diperoleh dari pengukuran tegangan keluaran panel surya dan arus yang mengalir terhadap beban pada resistor 50 ohm. Hasil pengujian pada kondisi 1 ditampilkan pada tabel 3.



Gambar 5. Panel surya kondisi dengan debu

Spesifikasi panel surya yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut:

Tabel 1. Spesifikasi Panel Surya

Parameter	Nilai
Daya keluaran maksimum (Pout)	30 Watt Peak (WP)
Tegangan open circuit (Voc)	21, 24 Volt
Arus Short Circuit (Isc)	1,87 A
Arus Maks (Impp)	1,67 A
Tegangan Maks (Vmpp)	18,0 V

**4. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pengujian keseluruhan sistem *wiper cleaner* pada Panel Surya berbasis IoT dilakukan berdasarkan skema yang telah dijelaskan pada sub bab Metode Penelitian. Penelitian ini merupakan skala laboratorium dengan memakai panel surya 30 WP yang diproyeksikan pada keadaan sesungguhnya pada instalasi *Rooftop* dan dihubungkan dengan hambatan atau resistor 50 ohm. Pada pengujian ini dilakukan pengambilan data terhadap daya keluaran (output) panel surya dalam keadaan dengan debu (kotor) dan dalam keadaan tanpa debu atau telah dibersihkan. Hasil pengujian berikut dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3 berikut:

Tabel 2. Data percobaan daya keluaran panel surya dengan debu

Percobaan	Tegangan Output (v)	Arus (A)	Daya (Watt)
1	1,12	1,4	1,57
2	1,15	1,3	1,50
3	1,08	1,4	1,51
Rata-Rata			1,52

Tabel 3. Data percobaan daya keluaran panel surya tanpa debu

Percobaan	Tegangan Output (v)	Arus (A)	Daya (Watt)
1	3,75	1,4	5,25
2	3,5	1,3	4,55
3	3,5	1,3	4,55
Rata-Rata			4,78

Perhitungan efisiensi daya keluaran (output) panel surya dalam kondisi dengan debu (kotor):

$$\text{Efisiensi daya output} = \frac{\text{Daya output}}{\text{Rating daya panel surya}} \times 100\% = \frac{1,52 \text{ Watt}}{30 \text{ Watt}} \times 100\% = 5,09\% \quad (1)$$

Perhitungan efisiensi daya keluaran (output) panel surya dalam kondisi tanpa debu atau telah dibersihkan:

$$\text{Efisiensi daya output} = \frac{\text{Daya output}}{\text{Rating daya panel surya}} \times 100\% = \frac{4,78 \text{ Watt}}{30 \text{ Watt}} \times 100\% = 15,94\% \quad (1)$$

Perhitungan efisiensi daya keluaran (*output*) panel surya dilakukan pada dua kondisi yang berbeda yaitu pada kondisi dengan debu dan pada kondisi tanpa debu atau telah dibersihkan menggunakan *wiper cleaner*. Pengaturan waktu kerja sistem wiper cleaner dalam membersihkan debu/kotoran dalam bidang panel surya dilakukan ketika tidak terdapat cahaya matahari, dapat dilakukan malam hari atau pagi sebelum terbit. Berdasarkan hasil pengukuran arus, tegangan output, dan daya yang dilakukan sebanyak tiga kali untuk masing-masing kondisi, selanjutnya rata-rata daya dihitung dalam bentuk prosentase untuk mengetahui efisiensi daya keluarannya. Pada panel surya yang dalam kondisi dengan debu, panel surya dapat menghasilkan daya rata-rata 1,52 Watt dari rating daya puncak (watt peak) 30-watt yang berarti efisiensi daya keluaran panel surya adalah sebesar 5,08%. Pada kondisi panel surya dalam keadaan bersih tanpa debu atau telah dibersihkan dengan *wiper cleaner*, panel surya dapat menghasilkan daya rata-rata 4,78 watt dari rating daya puncak (watt peak) 30-watt yang berarti efisiensi daya keluaran panel surya dalam kondisi ini adalah sebesar 15,94%. Penelitian-penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa adanya debu atau kotoran yang menempel pada permukaan panel surya akan mempengaruhi besaran tegangan yang dikonversi dan berakibat pada penurunan daya yang dihasilkan. Penurunan efisiensi ini akan semakin besar jika kotoran atau debu pada permukaan panel surya semakin banyak. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan kali ini diketahui bahwa terdapat peningkatan efisiensi sebesar 10,86% setelah panel surya dalam kondisi tanpa debu atau telah dibersihkan dengan teknologi mikrokontroler *wiper cleaner* berbasis modul IoT yang telah dirancang pada penelitian kali ini. Diharapkan dengan adanya *wiper cleaner* berbasis modul IoT ini akan memudahkan operator dalam membersihkan permukaan panel surya terutama pada instalasi *rooftop*.

## 5. KESIMPULAN

Penelitian bidang energi terbarukan khususnya panel surya merupakan pekerjaan yang sedang tren yang saat ini banyak dilakukan. Rendahnya efisiensi panel surya merupakan masalah yang perlu diselesaikan karena energi terbarukan merupakan solusi dengan terbatasnya energi fosil. Menurunnya nilai efisiensi panel surya salah satunya diakibatkan oleh adanya debu atau kotoran yang menumpuk pada bidang panel surya. Dari penelitian yang telah dilakukan, panel surya dengan menggunakan beban resistor 50 ohm dapat menghasilkan daya rata-rata 1,52 watt atau 5,08% ketika dalam kondisi dengan debu dan 4,78 watt atau 15,94% ketika dalam kondisi tanpa debu atau telah dibersihkan menggunakan *wiper cleaner* berbasis IoT. Rating yang digunakan pada penelitian ini adalah 30 WP. Peningkatan efisiensi panel surya ketika telah dibersihkan menggunakan *wiper cleaner* adalah 10,86%. Teknologi *wiper cleaner* dengan mikrokontroler

arduino pada penelitian ini dikombinasikan dengan perangkat IoT memudahkan operator dalam proses pembersihan kotoran pada panel surya, sehingga efisiensi dapat terjaga. Penelitian lanjutan yang disarankan oleh penulis adalah perlu dilakukan penelitian lanjutan pada skala yang lebih besar dan dengan beban yang variatif. Hal ini akan memberikan informasi lebih jauh pengaruh debu (kotoran) dan manfaat *wiper cleaner* berbasis IoT terhadap daya keluaran yang dihasilkan panel surya.

## REFERENSI

- [1] Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, "Matahari Untuk PLTS di Indonesia," 2012. <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/matahari-untuk-plts-di-indonesia> (diakses Sep 07, 2021).
- [2] P. Harahap, "Pengaruh Temperatur Permukaan Panel Surya Terhadap Daya Yang Dihasilkan Dari Berbagai Jenis Sel Surya," *RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi): Jurnal Teknik Elektro*, vol. 2, no. 2, pp. 73–80, 2020.
- [3] Samsurizal, A. Makkulau, dan Christiono, "Analisis Pengaruh Sudut Kemiringan Terhadap Arus Keluaran Pada Photovoltaic Dengan Menggunakan Regretion Quadratic Method," *J. Energi Kelistrikan*, vol. 10, no. 2, pp. 137–144, 2018.
- [4] R. Sinaga, "Pengaruh parameter lingkungan dan penempatan posisi modul terhadap luaran energi PLTS menggunakan solar cell 50 wp, 12 volt," *Stud. Teknol. (Jurnal Sains dan Teknoli)*, vol. 4, no. 2, pp. 178–187, 2011.
- [5] R. Karmouch dan H. E. L. Hor, "Solar Cells Performance Reduction under the Effect of Dust in Jazan Region," *Journal of Fundamentals of Renewable Energy and Applications*, vol. 7, no. 2, pp. 8–11, 2017.
- [6] M. Dida, S. Boughali, D. Bechki, dan H. Bouguettaia, "Output power loss of crystalline silicon photovoltaic modules due to dust accumulation in Saharan environment," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 124, pp. 1–13, 2020.
- [7] V. Gupta, M. Sharma, R. Kumar, dan K. N. D. Babu, "Comprehensive review on effect of dust on solar photovoltaic system and mitigation techniques," *Sol. Energy*, vol. 191, pp. 596–622, 2019.
- [8] S. Shapsough, M. Takroui, R. Dhaouadi, dan I. Zualkernan, "An IoT-based remote IV tracing system for analysis of city-wide solar power facilities," *Sustain. Cities Soc.*, vol. 57, no. 1–10, pp.1-10, 2020.
- [9] J. P. Bock, J. R. Robison, R. Sharma, J. Zhang, dan M. K. Mazumder, "An Efficient Power Management Approach for Self-Cleaning Solar Panels with Integrated Electrodynamic Screens," 2008.
- [10] A. Arjun, P. U. Ahamed, K. S. Hameed, M. P. M. M. Ibraheem, J. M. Azharudeen, dan A. M. Saleh, "Materials Today : Proceedings Experimental analysis of solar wiper and its power estimates," *Mater. Today Proc.*, pp.1-4, 2020.
- [11] M. Anderson, A. Grandy, J. Hastie, R. Ranky, dan C. Mavroidis, "Robotic device for cleaning photovoltaic panel arrays," *Mob. Robot. Solut. Challenges*, pp. 367–377, 2010.
- [12] A. Rao, "Smart IoT based Solar Panel Cleaning System," *2018 3rd IEEE Int. Conf. Recent Trends Electron. Inf. Commun. Technol.*, pp. 2357–2361, 2018.



**BIOGRAFI PENULIS**

	<p>Darma Arif Wicaksono adalah dosen di lingkungan Prodi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Jember. Penulis telah menyelesaikan Pendidikan S2 di Teknik Sistem Tenaga Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Bidang penelitian yang dikerjakan adalah tentang energi terbarukan, optimasi, power system.</p>
	<p>Fitriana, S. Si, M.T, Lahir di Jember pada tanggal 15 April 1991. Lulus S1 di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember tahun 2014. Lulus S2 di Program Studi Teknik Fisika Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Bandung pada tahun 2018. Saat ini merupakan Dosen Program Studi Teknik Elektro Fakultas Universitas Muhammadiyah Jember. Topik penelitiannya berkaitan dengan sensor dan energi terbarukan.</p>
	<p>Sofia Ariyani adalah dosen di lingkungan Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Jember. Topik penelitiannya berkaitan dengan pengembangan system elektronika dan system telekomunikasi.</p>
	<p>Rais Nurwahyudin, lahir di Banyuwangi pada tanggal 30 September 2000, merupakan mahasiswa Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Jember.</p>
	<p>Fahmi Aulia Ajie, lahir di Banyuwangi pada tanggal 13 Juli 2000, merupakan mahasiswa Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Jember.</p>