



Otomatisasi Perangkat Kelistrikan di Line Produksi Menggunakan Metode PDCA untuk Efisiensi Energi

Putra Junaedi¹✉, Arvita Emrilis Intani¹, Tri Ngudi Wiyatno¹

⁽¹⁾Program Studi Teknik Industri, Universitas Pelita Bangsa

DOI: 10.31004/jutin.v8i3.48695

✉ Corresponding author:

[\[putra.junaedi.01@gmail.com\]](mailto:[putra.junaedi.01@gmail.com])

Article Info

Abstrak

Kata kunci:
Otomatisasi;
Efisiensi Energi;
PDCA;
Mikrokontroler;
Industri Mnfaktur

Penggunaan listrik yang tidak terkendali pada fasilitas produksi dapat berdampak besar terhadap pemborosan energi dan tingginya biaya operasional. Penelitian ini merancang sistem otomatisasi untuk pengendalian lampu dan kipas berdasarkan jam kerja, guna menekan konsumsi energi yang tidak efisien. Sistem dikembangkan menggunakan mikrokontroler Arduino Uno dan modul RTC DS3231, serta dikendalikan melalui pendekatan metode PDCA (Plan, Do, Check, Act) yang digunakan untuk memastikan proses pengembangan sistem berjalan terstruktur. Hasil analisis menunjukkan bahwa sistem ini mampu menurunkan konsumsi daya sebesar 1.991,01 kWh per bulan dan menghasilkan penghematan biaya sebesar Rp2.228.854,90. Penerapan metode PDCA turut membantu dalam penyempurnaan sistem secara bertahap dan terukur. Penelitian ini membuktikan bahwa pengembangan sistem otomatisasi yang sederhana namun tepat guna dapat memberikan dampak signifikan terhadap efisiensi energi di sektor manufaktur.

Abstract

Keywords:
Automation;
Energy Efficiency;
PDCA;
Microcontroler;
Manufacturing Industry

Uncontrolled electricity usage in production facilities can lead to significant energy waste and high operational costs. This study designs an automation system to control lighting and ventilation based on work schedules to reduce inefficient energy use. The system is built using Arduino Uno microcontroller and RTC DS3231 module, and the development process is guided by the PDCA (Plan, Do, Check, Act) method to ensure a structured and evaluative approach. The results show that the system successfully reduced electricity usage by 1,991.01 kWh and saved IDR 2,228,854.90 monthly. The PDCA cycle also supported the system's refinement in a measured and gradual manner. This research proves that a simple but well-targeted automation system can significantly contribute to energy efficiency in manufacturing environments.

1. PENDAHULUAN

Peningkatan konsumsi energi di sektor industri menjadi tantangan yang semakin mendapat perhatian, terutama terkait biaya produksi dan keberlanjutan lingkungan. Pada lini produksi, beban listrik tidak hanya bersumber dari mesin utama, tetapi juga dari perangkat pendukung seperti lampu penerangan dan kipas sirkulasi udara. Hasil pengamatan lapangan menunjukkan bahwa terdapat 860 unit lampu dan 228 unit kipas yang tetap beroperasi selama waktu istirahat, sehingga menimbulkan konsumsi listrik yang tidak produktif. Kondisi ini menegaskan perlunya mekanisme kendali otomatis berbasis waktu agar perangkat pendukung non-kritis tidak menyala di luar jam operasional.

Solusi ini dipilih karena beberapa alasan, yaitu kemudahan implementasi dengan biaya yang relatif rendah menggunakan mikrokontroler Arduino dan RTC DS3231, kemampuan sistem untuk mengunci jadwal ON/OFF secara konsisten tanpa ketergantungan perilaku operator, serta kebutuhan perusahaan untuk memperoleh penghematan energi yang terukur tanpa mengganggu proses inti produksi.

Beberapa penelitian sebelumnya telah membahas efisiensi energi melalui otomasi, namun sebagian besar belum menempatkan siklus PDCA sebagai kerangka evaluasi yang sistematis, khususnya pada pengendalian beban pendukung (lampa dan kipas) di lini produksi manufaktur. Menurut Kurnia et al., (2022), dan Yanuar & Putri, (2022), penerapan PDCA umumnya difokuskan pada peningkatan produktivitas atau kualitas proses, bukan pada penghematan energi listrik. Cela penelitian (*research gap*) inilah yang dijadikan dasar dalam penelitian ini untuk merancang sistem otomatisasi sederhana namun terukur, sekaligus mengevaluasinya dengan siklus PDCA agar perbaikan berlangsung bertahap, terdokumentasi, dan dapat direplikasi.

Setiawan & Wiyatno, (2023), menyatakan bahwa pola penggunaan perangkat pendukung yang tidak terkontrol memang dapat menyebabkan pemborosan energi yang seharusnya bisa dicegah. Salah satu solusi yang dapat diimplementasikan adalah penggunaan sistem otomatisasi berbasis mikrokontroler untuk mengatur waktu operasi perangkat tersebut. Dengan teknologi mikrokontroler yang semakin terjangkau dan mudah diprogram, sistem kendali waktu dapat dikembangkan untuk mengatur kapan perangkat dinyalakan dan dimatikan secara otomatis sesuai jadwal kerja.

Agar Agar perancangan sistem berjalan terstruktur, penelitian ini menerapkan metode PDCA (Plan, Do, Check, Act). Pendekatan ini dipilih karena mampu memberikan alur perbaikan yang sistematis mulai dari identifikasi masalah hingga evaluasi hasil. Menurut Kurnia et al., (2022), PDCA efektif dalam meningkatkan efisiensi proses melalui siklus perencanaan, implementasi, pemeriksaan, dan penyempurnaan berkelanjutan. Pendekatan ini digunakan untuk memastikan sistem otomatisasi lampu dan kipas dapat diuji dan dikembangkan secara bertahap berdasarkan data aktual.

2. METODE

Penelitian ini dilakukan dengan pendekatan kuantitatif dalam pengumpulan dan pengolahan data. Menurut Siroj et al., (2024), Penelitian kuantitatif melibatkan pengumpulan dan analisis data numerik dengan variabel yang dikontrol, yang memungkinkan peneliti untuk menyelidiki fenomena serta hubungan antar variabel secara terstruktur.

Selain pendekatan kuantitatif, metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu rekayasa sistem serta Metode PDCA di mana peneliti merancang dan menguji sistem otomatisasi pada kondisi simulasi berdasarkan data aktual konsumsi energi.

Yanuar & Putri, (2022), menyebutkan bahwa PDCA merupakan alat manajemen yang berguna untuk mengendalikan dan meningkatkan mutu proses produksi dengan mengidentifikasi penyebab masalah dan merancang solusi atau rencana berdasarkan data aktual. Pendekatan ini dinilai efektif dalam meningkatkan efisiensi kerja di berbagai sektor industri manufaktur.

Tahapan metode PDCA digunakan untuk membentuk alur kerja sistematis dalam merancang sistem.:

1. Plan (Perencanaan): Mengidentifikasi masalah utama berupa pemborosan energi dari perangkat yang menyala di luar waktu kerja, serta merumuskan kebutuhan sistem otomatisasi.
2. Do (Pelaksanaan): Membuat prototipe sistem dengan menggunakan Arduino Uno, modul RTC DS3231, dan relay. Sistem diprogram agar dapat menyalakan dan mematikan perangkat secara otomatis berdasarkan jam operasional yang telah ditentukan.
3. Check (Pemeriksaan): Melakukan perbandingan konsumsi energi antara sebelum dan sesudah sistem otomatisasi diterapkan melalui perhitungan manual berdasarkan durasi operasi dan tarif listrik industri (golongan I-3 sebesar Rp1.115/kWh).
4. Act (Tindak Lanjut): Memberikan rekomendasi penyempurnaan sistem dan potensi pengembangannya untuk implementasi nyata di lingkungan kerja.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

. Penelitian ini dilakukan di PT XYZ untuk menganalisis konsumsi energi listrik dari lampu dan kipas di 17 line produksi, serta mengevaluasi efektivitas sistem otomatisasi berbasis mikrokontroler dengan pendekatan PDCA dalam menekan pemborosan energi.

A. Pengumpulan dan Pengolahan Data

Data diperoleh dari observasi langsung, wawancara, dan dokumentasi lapangan, mencakup total 860 unit lampu dan 228 unit kipas. Seluruh perangkat diketahui tetap menyala selama jam istirahat, menunjukkan potensi pemborosan listrik yang signifikan.

Total beban daya berdasarkan jumlah perangkat lampu dan kipas dapat di lihat pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Total Beban Daya

Jenis Line	Jumlah Line	Lampu/Line (16 W/Pcs)	Kipas/Line (150 W/Pcs)	Total Lampu (Pcs)	Total Kipas (Pcs)
Standart	12	60	16	720	192
Sedang	3	30	8	90	24
Ringan	2	25	6	50	12
		Total Daya (Unit x Watt)		860	228
				13,76 kW	34,2 Kw
		Total Daya			47,96 Kw

Data sekunder mencakup jadwal kerja dua shift dan tarif listrik industri (I-3) sebesar Rp1.115/kWh (PLN 2024). Durasi operasional dan pola konsumsi energi dibandingkan antara kondisi sebelum dan sesudah otomatisasi.

Durasi operasional diketahui berdasarkan jadwal kerja PT XYZ, jadwal kerja dapat di lihat pada Tabel 2 dan Tabel 3 berikut:

Tabel 2. Jadwal Kerja PT XYZ Shift 1

Hari	Masuk	Istirahat 1	Istirahat 2	Istirahat 3	Pulang
Senin-Kamis	08.00	10.00-10.10	12.00-12.35	15.20-15.35	17.00
Jumat	07.30	09.30-09.40	11.45-13.00	15.20-15.35	17.00

Tabel 3. Jadwal Kerja PT XYZ Shift 2

Hari	Masuk	Istirahat 1	Istirahat 2	Pulang
Senin-Jumat	20.00	22.00-22.10	00.00-00.50	04.00

Dari Tabel 4.1 dan Tabel 4.2, sebelum otomatisasi diterapkan lampu dan kipas tetap menyala saat jam istirahat, kecuali istirahat 2 di hari jumat shift 1.

B. Analisis Data Konsumsi Energi dan Biaya

Data spesifikasi perangkat (lampu dan kipas) digunakan untuk menghitung total daya (Watt) yang dikonversi menjadi energi listrik (kWh) berdasarkan lama waktu operasional. Perhitungan dilakukan baik dalam kondisi sebelum otomatisasi dan setelah otomatisasi.

Total biaya di hitung dengan mengalikan jumlah total konsumsi energi dengan tarif yang berlaku yaitu tarif listrik industri (I-3) sebesar Rp1.115/kWh (PLN 2024).

Perhitungan konsumsi energi dapat menggunakan rumus (1) berikut:

$$E = \frac{P \times t}{1000} \quad (1)$$

Di mana:

E = energi listrik (kWh)

P = daya listrik (Watt)

t = waktu penggunaan (jam)

Perhitungan Biaya dapat menggunakan rumus (2) berikut:

$$\text{Biaya} = E \times T \quad (2)$$

Dimana:

E = energi listrik (kWh)

T = tarif listrik per kWh (Rupiah)

Dari rumus di atas maka diperoleh perhitungan konsumsi energi selama satu bulan(22 hari kerja) seperti pada Tabel 4, 5, 6 berikut:

Tabel 4. Konsumsi Energi dan Biaya sebelum Otomatisasi

Shift	Hari Kerja	Durasi Operasi	Konsumsi Energi (kWh)	Biaya (Rp. 1.115/kWh)
Shift 1	18 hari	9 jam/hari	7.769,52	8.663.014,8
	4 hari (jumat)	8,25 jam/hari	1.582,68	1.764.688,2

Shift	Hari Kerja	Durasi Operasi	Konsumsi Energi (kWh)	Biaya (Rp. 1.115/kWh)
Shift 2	22 hari	8 jam/hari	8.440,96	9.411.670,4
	Total		17.793,16	19.839.373,4

Tabel 5. Konsumsi Energi dan Biaya setelah Otomatisasi

Shift	Hari Kerja	Durasi Operasi	Konsumsi Energi (kWh)	Biaya (Rp. 1.115/kWh)
Shift 1	18 hari	9 jam/hari	6.906,24	7.700.457,6
	4 hari (jumat)	8,25 jam/hari	1.502,107	1.674.849,53
Shift 2	22 hari	8 jam/hari	7.385,84	8.235.211,6
	Total		15.794,187	17.610.518,5

Table 6. Efisiensi biaya Listrik

Keterangan	Shift 1 (Rp)	Shift 2 (Rp)	Total (Rp)
Sebelum Otomatisasi	10.427.703	9.411.670,4	19.839.373,4
Setelah Otomatisasi	9.375.307,13	8.235.211,6	17.610.5118,5
Total Penghematan	1.052.395,87	1.176.458,8	2.228.854,9

Berdasarkan hasil perhitungan biaya listrik pada kondisi sebelum dan sesudah penerapan sistem otomatisasi, ditemukan adanya penurunan pengeluaran yang cukup signifikan pada kedua shift kerja. Untuk Shift 1, total biaya listrik yang dikeluarkan sebelum otomatisasi sebesar Rp10.427.703, kemudian menurun menjadi Rp9.375.307,13 setelah sistem diterapkan. Hal ini menunjukkan adanya penghematan sebesar Rp1.052.395,87 selama satu bulan operasional.

Sementara itu, pada Shift 2, penghematan yang terjadi bahkan lebih besar. Sebelum otomatisasi, biaya listrik tercatat sebesar Rp9.411.670,40, sedangkan setelah penerapan sistem, biayanya menurun menjadi Rp8.235.211,60. Dengan demikian, efisiensi biaya pada shift ini mencapai Rp1.176.458,80

Secara keseluruhan, total pengeluaran listrik sebelum sistem otomatisasi adalah Rp19.839.373,40, sedangkan setelah otomatisasi menjadi Rp17.610.5118,50. Maka, selama satu bulan, perusahaan dapat menghemat biaya listrik sebesar Rp2.228.854,90.

C. Perancangan Perangkat Otomatisasi

Perangkat otomatisasi dapat mengatur nyala dan mati perangkat lampu dan kipas secara otomatis berdasarkan jadwal operasional. Dengan mengacu pada pendekatan PDCA, sistem dirancang untuk meningkatkan efisiensi energi, menurunkan pemborosan daya listrik, serta mendukung keberlanjutan operasional perusahaan.

a. Spesifikasi Sistem Otomatisasi

Perangkat otomatisasi yang dirancang dalam penelitian ini terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu:

- 1) Arduino Uno: Sebagai mikrokontroler utama yang berfungsi menjalankan program kendali berdasarkan waktu.
- 2) RTC (Real Time Clock): Modul waktu yang menyimpan dan menyediakan informasi jam dan tanggal secara akurat.
- 3) Relay Module: Sebagai saklar elektronik yang dikendalikan Arduino untuk memutus atau menghubungkan aliran listrik AC atau DC ke coil kontaktor untuk mengaktifkan kontaktor.
- 4) Kontaktor: Sebagai saklar otomatis yang mengalirkan arus listrik utama ke lampu dan kipas pada line produksi.

Untuk menentukan jenis kontaktor yang tepat berdasarkan besarnya beban daya yang diterima (Ampere), maka menggunakan rumus (2) berikut:

$$P=V \times I \quad (2)$$

Keterangan:

P = daya listrik (Watt)

V = tegangan listrik (Volt)
 I = arus listrik (Ampere)

Perhitungannya yaitu dengan mencari besarnya nilai Ampere dari total beban daya yang akan menjadi objek penelitian. Dari Tabel 1 menunjukan bahwa total daya pada beban dari semua line adalah 47,96 kW atau 47.960 Watt, maka:

$$I = 47.960 \text{ W} / 220 \text{ V}$$

$$I = 218 \text{ A} \text{ (total nilai Ampere dari jumlah perangkat lampu dan kipas semua line)}$$

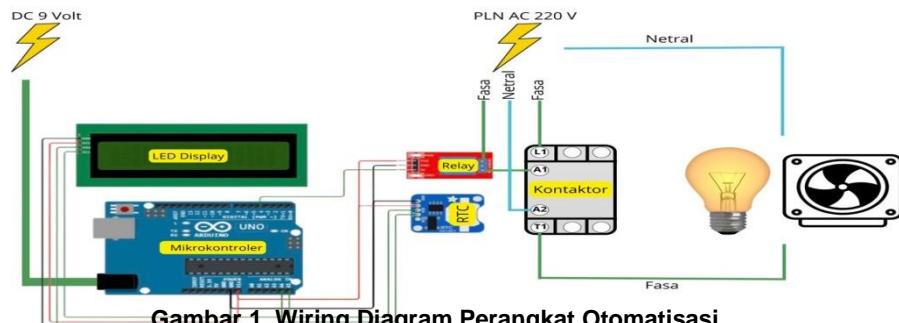
Dari perhitungan diatas maka kontaktor yang digunakan harus memiliki spesifikasi lebih dari 218 A, atau bisa dibagi menjadi beberapa grup untuk menghindari beban yang terlalu besar ketika mengatur supply listrik pada lampu dan kipas ke semua line produksi.

- 5) Heatsink/Fan: sebagai komponen pasif yang berfungsi untuk menyerap dan membuang panas dari suatu perangkat elektronik, agar suhu tidak naik berlebihan dan perangkat tidak rusak.
- 6) MCB (*Miniature Circuit Breaker*): Sebagai pengaman dari arus lebih atau korsleting.
- 7) Adaptor 12V: Menyediakan suplai daya untuk sistem kendali (mikrokontroler).
- 8) Terminal Blok: Sebagai pembagi arus utama (Fasa dan Netral)
- 9) LED Display (opsional): Menampilkan status sistem secara real-time.
- 10) Box Panel: Sebagai wadah untuk mengintegrasikan seluruh komponen sistem agar aman dan tertata sehingga memudahkan dalam perawatan atau *maintenance*.

D. Cara Kerja Perangkat Otomatisasi

Sistem otomatisasi yang dirancang menggunakan mikrokontroler Arduino untuk mengendalikan nyala dan mati lampu serta kipas secara otomatis berdasarkan jadwal kerja harian.

Susunan wiring diagram atau desain dari perangkat otomatisasi dapat dilihat dari Gambar 1 berikut:



Gambar 1. Wiring Diagram Perangkat Otomatisasi

Dari Gambar 1, Berikut adalah urutan langkah kerjanya:

- a. Panel dinyalakan → Arduino dan RTC aktif
- b. Arduino membaca jam dari RTC
- c. Jika jam masuk waktu kerja → Arduino mengaktifkan relay
- d. Relay menyalaikan coil kontaktor
- e. Kontaktor menutup → lampu & kipas ON
- f. Masuk jam istirahat → Arduino mematikan relay
- g. Coil kontaktor OFF → lampu & kipas mati otomatis

Proses ini terus berulang selama jam kerja atau jam operasional perusahaan.

E. Evaluasi Metode PDCA

Evaluasi hasil dilakukan menggunakan pendekatan PDCA:

- 1) Plan (Rencana): Mengidentifikasi akar permasalahan yaitu pemborosan energi saat jam istirahat. Peneliti menyusun rencana perbaikan dengan mengusulkan sistem otomatisasi berbasis waktu.
- 2) Do (pelaksanaan): Tahap pelaksanaan berupa perancangan dan simulasi prototipe sistem berbasis Arduino dan RTC yang bertugas mengatur waktu operasional lampu dan kipas.
- 3) Check (pemeriksaan): Hasil penghematan energi dan biaya listrik dievaluasi. Hasil menunjukkan efisiensi sebesar Rp2.215.285,15 dalam 1 bulan operasional.
- 4) Act (Tindakan): Tindak lanjut dilakukan dengan menyusun rekomendasi implementasi aktual dan kemungkinan pengembangan sistem lebih lanjut seperti penambahan sensor atau integrasi IoT.

F. Pembahasan

Hasil menunjukkan penurunan konsumsi energi sebesar 1.991,01 kWh/bulan dari total awal 17.793,16 kWh (sekitar 11,2%), dengan penghematan biaya Rp2.228.854,90/bulan. Secara rinci, Shift 1 menghemat

Rp1.052.395,87, sedangkan Shift 2 menghemat Rp1.176.458,80, menandakan bahwa pola istirahat yang lebih panjang dan konsisten pada shift malam memberikan ruang penghematan yang lebih besar.

Dari perspektif metode PDCA, tahapan Plan berhasil mengidentifikasi akar masalah (lampu & kipas menyala saat istirahat). Do membuktikan bahwa otomatisasi sederhana (Arduino + RTC + relay + kontaktor) sudah cukup untuk menghasilkan dampak yang terukur. Check memvalidasi efisiensi energi-biaya dan memberikan data kuantitatif sebagai dasar perbaikan. Pada tahap Act, rekomendasi diarahkan pada pembagian beban per grup kontaktor, penambahan sensor presence/people counting, dan integrasi IoT untuk monitoring real-time serta audit energi yang lebih rinci.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan sistem otomatisasi berbasis mikrokontroler dengan metode PDCA mampu menekan konsumsi energi listrik secara signifikan di lini produksi. Sistem ini mengatur nyala dan mati lampu serta kipas sesuai jadwal kerja, sehingga mencegah pemborosan energi pada waktu istirahat. Implementasi prototipe berhasil menghemat energi sebesar 1.991,01 kWh per bulan, setara dengan penghematan biaya Rp2.228.854,90. Selain itu, metode PDCA terbukti efektif dalam memberikan alur perbaikan yang sistematis, mulai dari tahap perencanaan hingga evaluasi. Hasil penelitian ini mengindikasikan bahwa otomasi sederhana namun tepat guna mampu meningkatkan efisiensi operasional serta mendukung keberlanjutan industri manufaktur

5. REFERENSI

- Idris, R., & Lestari, E. (2017). Pengaruh Pengorganisasian Terhadap Peningkatan Mutu Pendidikan Di Sd Inpres Bangkala Ii Kota Makassar. *Lentera Pendidikan : Jurnal Ilmu Tarbiyah Dan Keguruan*, 20(1), 18–30. <https://doi.org/10.24252/Ip.2017v20n1a2>
- Khanafi, I., Salafuddin, S., Abidin, M. Y., & Khamidi, A. N. (2013). Persepsi dan Transformasi Visi dan Misi Pada Civitas Akademika Stain Pekalongan. *Jurnal Penelitian*, 6(2). <https://doi.org/10.28918/jupe.v6i2.229>
- Kurnia, H., Jaqin, C., Hardi Purba, H., Kunci, K., Garmen, I., & Kaki, K. (2022). the Pdca Approach With Oee Methods for Increasing Productivity in the Garment Industry. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 10(1), 57–68.
- Pratiwi, Y. E., & Sunarso, S. (2018). Peranan Musyawarah Mufakat (Bubalah) Dalam Membentuk Iklim Akademik Positif di Prodi PPKn FKIP Unila. *Sosiohumaniora*, 20(3), 199. <https://doi.org/10.24198/sosiohumaniora.v20i3.16254>
- Setiawan, I., & Wiyatno, T. N. (2023). Analisis Faktor yang Menyebabkan Downtime pada Mesin Auto Front Wheel di Industri Otomotif. *Waluyo Jatmiko Proceeding*, 16(1), 461–470. <https://doi.org/10.33005/wj.v16i1.68>
- Siroj, R. A., Afgani, W., Fatimah, Septaria, D., & Salsabila, G. Z. (2024). Metode Penelitian Kuantitatif Pendekatan Ilmiah untuk Analisis Data. *Jurnal Review Pendidikan Dan Pengajaran*, 7(3), 11279–11289.
- Sudarmanto. (2018). Peranan Kepala Sekolah dalam Mewujudkan Visi Dan Misi Sekolah Menjadi Sebuah Aksi. Retrieved April 15, 2020, from <https://cahaya-begawan.blogspot.com/2017/04/peranan-kepala-sekolah-dalam-mewujudkan.html>
- Wahyudin, W. (2018). Optimalisasi Peran Kepala Sekolah dalam Implementasi Kurikulum 2013. *Jurnal Kependidikan*, 6(2), 249–265. <https://doi.org/10.24090/jk.v6i2.1932>
- Wulandari, R. Y. (2016). Implementasi supervisi manajerial pengawas sekolah dalam meningkatkan kompetensi pengelola perpustakaan. *Manajer Pendidikan*, 10(2).
- Yanuar, R., & Putri, E. P. (2022). Pengendalian Kualitas dalam Upaya Menurunkan Produk Cacat dengan Metode PDCA (Studi Kasus di PT. XYZ). *Industrika: Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 7(1), 1–12. <https://doi.org/10.37090/indstrk.v7i1.855>
- Yusutria, Y. (2018). Analisis Mutu Lembaga Pendidikan Berdasarkan Fungsi Manajemen di Pondok Pesantren Thawalib Padang Sumatera Barat. *Ta'dib: Jurnal Pendidikan Islam*, 7(2), 61–68. <https://doi.org/10.29313/tjpi.v7i2.3833>