

Revolusi Hijau di Era Digital: Penerapan Sistem Otomatisasi Berbasis Sensor Mekanik untuk Efisiensi Penggunaan Energi Listrik pada Lampu Kamar Mandi

Irvawansyah*¹, Ahmad Wildan Amir², Muh. Arif Hidayah³

^{1,2,3} Teknik Listrik, Politeknik Bosowa

^{1,2,3} Jl. Kapasa Raya No. 23 Kec. Tamalanrea Kota Makassar

*Email: irfun.elektro06@gmail.com

Abstrak

Di era industri 4.0, kebutuhan energi manusia semakin meningkat. Namun, hanya 9% dari energi terbarukan dihasilkan dari pembangkit listrik berbasis fosil di Indonesia, menjadikan negara tersebut tetap bergantung pada 91% pembangkit listrik berbasis fosil. Perilaku masyarakat yang boros dengan listrik, seperti lupa mematikan lampu kamar mandi, telah menjadi masalah yang serius. Lampu kamar mandi 25 watt yang aktif terus-menerus menyebabkan pemborosan 4,07% energi listrik bulanan (378 kWh) menurut studi kasus di Politeknik Bosowa. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan sistem otomatisasi berbasis limit switch yang mengambil inspirasi dari mekanisme lampu kulkas untuk mengontrol lampu kamar mandi. Sensor dipasang pada kamar mandi sampel, yang dilengkapi dengan kWh meter PZEM-004T untuk memantau penggunaan energi. Hasilnya, sistem ini dapat menurunkan penggunaan energi dari 720 jam per bulan tanpa sensor menjadi 4,6 jam per bulan dengan sensor. Efisiensi yang dihasilkan mencapai 99,36% selama periode empat bulan pengujian (Februari hingga Mei 2025). Kesimpulannya adalah bahwa sistem ini mengurangi pemborosan energi dan mendisiplinkan perilaku pengguna dengan baik. Untuk meningkatkan ketahanan sensor terhadap sensitivitas mekanik, diperlukan pengembangan lebih lanjut. Untuk mengoptimalkan penggunaan listrik, disarankan untuk menerapkan sistem serupa di area lain. Ini terutama berlaku untuk lokasi institusi dengan pola penggunaan yang sebanding.

Kata Kunci: Efisiensi energi, limit switch, otomatisasi lampu, kWh meter, perilaku boros.

Abstract

In the era of Industry 4.0, human energy needs continue to rise. However, only 9% of renewable energy is generated from fossil-based power plants in Indonesia, leaving the country reliant on 91% fossil-based electricity generation. Wasteful electricity usage, such as forgetting to turn off bathroom lights, has become a serious issue. A continuously active 25-watt bathroom light leads to a waste of 4.07% of monthly electricity consumption (378 kWh), according to a case study at Bosowa Polytechnic. The aim of this study is to develop an automation system using a limit switch, inspired by the refrigerator light mechanism, to control bathroom lights. Sensors were installed in a sample bathroom, equipped with a PZEM-004T kWh meter to monitor energy usage. The results show that this system reduces energy consumption from 720 hours per month without sensors to just 4.6 hours per month with sensors. The efficiency achieved was 99.36% over a four-month testing period (February to May 2025). In conclusion, the system effectively reduces energy waste and disciplines user behavior. Further development is needed to improve the sensor's durability against mechanical sensitivity. To optimize electricity usage, implementing similar systems in other areas is recommended, especially in institutional settings with comparable usage patterns.

1. Pendahuluan

Energi merupakan energi yang sangat dimana pada era industri 4.0 semua peralatan yang digunakan oleh manusia untuk memudahkan pekerjaan kesehariannya sangat bergantung pada energi listrik [1]. Energi listrik ini menjadi sangat penting dikarenakan energi tersebut sangat mudah untuk berubah bentuk dari energi listrik ke bentuk energi yang lain seperti energi cahaya, energi gerak, energi panas dan lain sebagainya. Pada tahun 2023 pembangkit listrik di Indonesia masih didominasi oleh Pembangkit

listrik tenaga uap yaitu sebesar 20.440 MW yang tersebar di 135 unit terpasang, selanjut disusul oleh pembangkit listrik tenaga gas sebesar 16.924 MW, kemudian diikuti oleh pembangkit listrik yang menggunakan energi baru terbarukan (EBT) seperti (PLTA, PLTMH, PLTP, PLTM, PLTS, PL, PLTBM dan PLTB) total energi yang dibangkitkan dengan energi baru terbarukan tersebut sebesar 4.210 MW, dan terakhir pembangkit listrik tenaga diesel dengan total energi terbangkitkan sebesar 3.521 MW [2].

Indonesia adalah negara yang masih dominan menggunakan pembangkit listrik EBT masih

sekitar 9%. Sehingga masyarakat Indonesia harus cerdas dalam menggunakan energi listrik tersebut. Berdasarkan penelitian Ramadhani dan Kusuma ada empat golongan perilaku manusia yang dapat menjadi penyumbang pemborosan energi listrik yaitu; tidak peduli, butuh, tidak sengaja dan terpaksa [3]. Perilaku manusia ini harus menjadi titik penting untuk penggunaan energi listrik tersebut, penggunaan energi listrik yang kurang bijak hanya akan menyebabkan pemborosan energi listrik, padahal Indonesia masih lebih dominan menggunakan pembangkit listrik energi fosil. Jika kondisi ini diabaikan maka akan membebani pembangkit listrik yang ada di Indonesia. Sehingga diperlukan metode yang dapat mendisiplinkan manusia dalam penggunaan energi listrik.

Perilaku manusia yang tidak peduli pada peralatan-peralatan listrik yang aktif dalam kondisi tidak digunakan merupakan hal yang sering dijumpai di area perumahan dan perkantoran. Perilaku tersebut dapat berupa tidak menonaktifkan lampu pada ruangan-ruangan yang tidak digunakan seperti ruang rapat, ruang kelas dan kamar mandi.

Di era perkembangan teknologi saat ini maka perilaku manusia dapat didisiplinkan dengan memanfaatkan sistem pengontrolan menggunakan berbagai jenis-jenis sensor yang tersedia saat ini. Salah satu sensor yang digunakan untuk mengendalikan intensitas cahaya dan suhu adalah sensor LDR (Light Dependent Resistor) dan Sensor DHT11 [4]. Selain itu sensor yang pada umumnya digunakan untuk mengontrol pencahayaan adalah sensor PIR (Passive Infrared Receiver) sensor ini dapat digunakan untuk mengaktifkan dan menonaktifkan lampu jalan berdasarkan adanya objek yang bergerak [5].

Studi kasus yang terjadi di Politeknik Bosowa adalah kondisi lampu kamar mandi 25 watt yang sering lupa dinonaktifkan pada saat tidak digunakan sehingga lampu tersebut dapat aktif selama 24 jam/30 hari. Jika penggunaan energi listrik yang tidak terkontrol maka akan dapat menjadi penyebab terjadinya lonjakan pembayaran listrik setiap bulannya [6].

Adapun rumus perhitungan penggunaan daya listrik adalah

$$W = P \times t \quad (1)$$

W = Energi Listrik (Wh)

P = Daya Listrik (W)

t = waktu pemakaian (h).

$$W = 25 \times (24 \times 30) = 18.000 \text{ Wh}$$

Adapun rumus untuk perhitungan biaya tagihan listrik

$$\text{Biaya Tagihan Listrik} = \frac{W \times TDL}{1000} \quad (2)$$

TDL = Tarif Dasar Listrik (untuk kategori S-2 200 kVa = 895/kWh)

$$\begin{aligned} \text{Biaya Tagihan Listrik} &= \frac{18.000 \times 895}{1000} \\ &= \text{Rp } 16.110 \end{aligned}$$

Rp. 16.110/titik lampu (25 Watt)

Adapun total lampu yang terdapat di kamar mandi Politeknik Bosowa terdiri dari 21 buah, jika di total untuk lampu kamar mandi saja diperlukan biaya sebesar

$$21 \times 16.110 = \text{Rp. } 338.310$$

Nominal tersebut hanya terdiri dari lampu kamar mandi saja.

Rata-rata pembayaran listrik di Politeknik Bosowa terdiri dari

Tabel 1. Pembayaran Listrik Politeknik Bosowa

No	Bulan Tagihan (2025)	Rupiah	kWh
1	Mei	9.144.730	9.227
2	April	7.811.200	7.880
3	Maret	8.553.700	8.630
4	Februari	10.044.640	10.136
5	Januari	8.436.880	8.512

Berdasarkan Tabel 1. Energi listrik di kamar mandi menyumbang sebesar

$$\frac{21 \times 25 \times 24 \times 30}{1000} = 378 \text{ kWh}$$

Jika dibandingkan dengan total energi listrik yang digunakan pada bulan Mei 2025 maka

$$\frac{378}{9.277} = 4,07 \%$$

4,07 % tersebut adalah penyumbang pemborosan listrik dan penyebabnya adalah perilaku yang tidak bijak dalam menggunakan energi listrik atau tidak pedulinya terhadap lampu yang aktif tanpa digunakan.

Sehingga semakin banyak energi yang digunakan dalam kondisi perilaku tidak peduli akan semakin meningkatkan biaya listrik yang akan dibayarkan setiap bulannya.

Oleh karena itu diperlukan sebuah sistem yang mampu mendisiplinkan perilaku tidak peduli tersebut untuk mengefisiensikan energi

listrik yang digunakan dalam hal ini on/off lampu kamar mandi sesuai kebutuhan.

Sensor Limit Switch adalah sebuah sensor yang berfungsi untuk mendeteksinya adanya pergerakan mekanik pada sebuah objek tertentu. Limit Switch dapat digunakan pada pintu [7] dimana sensor ini akan menjadi patokan terhadap kondisi aktuator yang digunakan seperti lampu, sensor ini dapat memberikan perintah kepada lampu kapan lampu akan aktif dan kapan lampu harus nonaktif, adapun kondisi tersebut akan dipengaruhi oleh kondisi pintu kamar mandi, apakah pintu tersebut tertutup atau terbuka.



Gambar 1. Limit Switch

kWh meter adalah alat yang dapat digunakan untuk mengukur penggunaan energi listrik. Alat ini bekerja berdasarkan prinsip kerja pengukuran tegangan (volt) dan arus (ampere). Alat ukur kWh meter digital PZEM-004T dapat memberikan pengukuran dengan akurasi yang baik [8]. Sehingga untuk mengukur energi yang digunakan pada semua kamar mandi yang dilengkapi dengan sensor dibutuhkan sebuah kWh meter digital.



Gambar 2. kWh Meter Digital

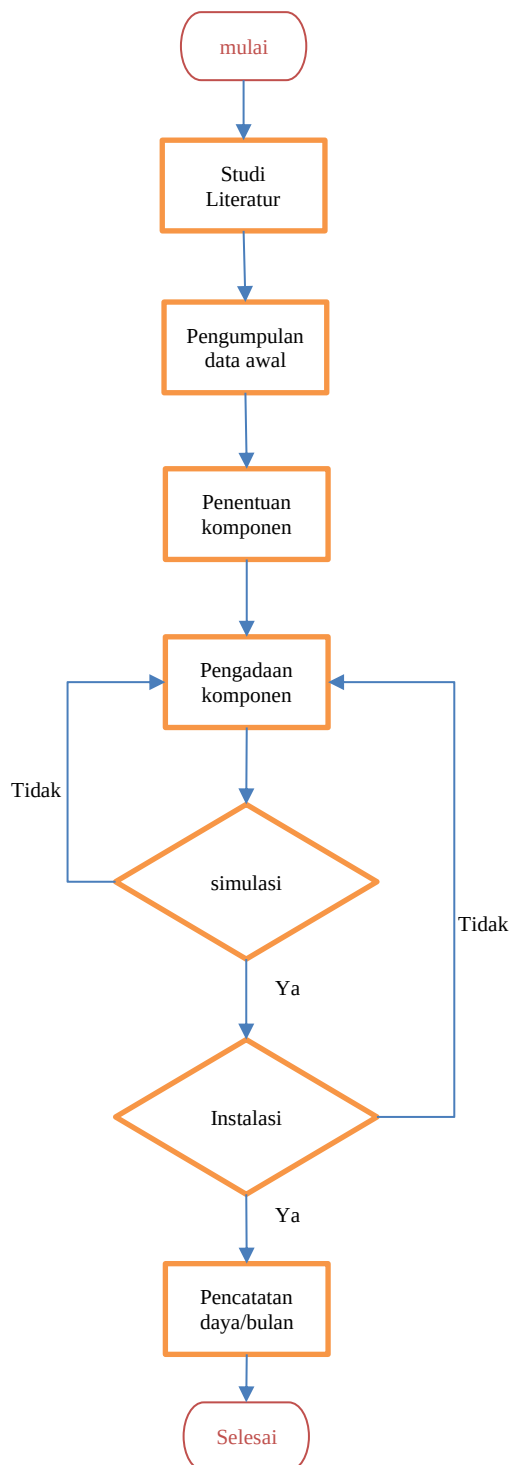
2. Metode

Metode yang digunakan pada penelitian ini merupakan penelitian eksperimen dimana akan diterapkannya sebuah sensor yang digunakan pada satu kamar mandi sebagai sampel untuk mengukur seberapa persen penurunan energi listrik yang digunakan untuk 1 buah kamar mandi yang menggunakan 1 buah lampu 25 Watt.

Adapun tahapan penelitian ini terdiri dari

1. Studi literatur dimana pada tahap ini dikumpulkan referensi-referensi yang akan menunjang penelitian ini seperti alat dan bahan yang akan digunakan, model penelitian yang akan diterapkan;
2. Pengumpulan data-data pendukung seperti tagihan listrik Politeknik Bosowa, besar daya lampu yang digunakan pada kamar mandi serta jumlah titik lampu yang ada pada kamar mandi di Politeknik Bosowa;
3. Penentuan komponen yang akan digunakan
4. Pengadaan komponen-komponen yang menunjang penelitian ini
5. Simulasi rangkaian yang akan digunakan
6. Instalasi sistem
7. Pencatatan daya yang digunakan setiap bulannya.

Adapun secara grafik alur penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3



Gambar 3. Diagram alir penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil

Penelitian ini telah terlaksana dimana sistem yang dikembangkan menggunakan sensor Limit Switch yang digunakan sebagai alat bantu untuk mengaktifkan lampu kamar mandi saat

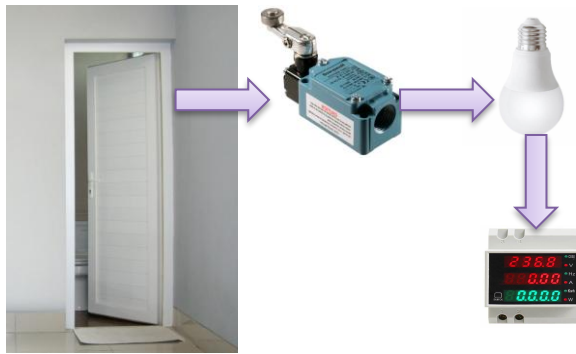
kamar mandi digunakan dan akan secara otomatis lampu kamar mandi akan nonaktif saat kamar mandi sudah tidak digunakan lagi. Sistem yang dikembangkan ini merupakan duplikasi sistem yang berada pada Kulkas dimana sistem yang ada dapat memberikan gambaran lampu kulkas akan secara otomatis akan menyala saat pintu kulkas dibuka dan akan mematikan lampu otomatis saat pintu kulkas ditutup, akan tetapi pada sistem yang kami kembangkan merupakan kebalikan dari sistem yang diterapkan pada kulkas, karena sistem yang kami kembangkan adalah membuat lampu kamar mandi menyala otomatis saat pintu kamar mandi tertutup dengan asumsi bahwa pada saat kamar mandi tertutup berarti kamar mandi sedang digunakan karena pengguna kamar mandi akan menutup pintunya dari dalam dan pada saat pengguna kamar mandi tidak menggunakan kamar mandi tersebut maka pintu kamar mandi akan terbuka.

Selain itu sistem yang dikembangkan ini juga dilengkapi dengan kWh meter yang berguna untuk mencatat total energi listrik yang digunakan pada kamar mandi yang dilengkapi dengan sensor limit switch setiap bulannya sehingga dapat ditarik sebuah simpulan bahwa kamar mandi yang dilengkapi dengan sensor dapat mengefisienkan penggunaan energi listrik pada kamar mandi.

3.2 Pembahasan

Penelitian ini mengadopsi sistem yang diterapkan pada Kulkas dimana kulkas tersebut terdapat sebuah sensor limit switch. Sensor ini akan merespons kondisi pintu kulkas sehingga saat pintu kulkas terbuka secara otomatis lampu kulkas akan menyala dan saat pintu kulkas tertutup maka lampu tersebut pun akan padam. Sehingga konsep tersebutlah yang menjadi dasar pemikiran untuk dapat mengefisienkan pemakaian energi listrik di kamar mandi.

Konsep untuk efisiensi yang akan diterapkan memanfaatkan pergerakan pintu kamar mandi yang kemudian direspons oleh sensor limit switch, sensor inilah yang akan mengontrol lampu kamar mandi untuk aktif saat digunakan dan non aktif saat tidak digunakan. Secara sederhana dapat dilihat pada Gambar 4



Gambar 4. Skema sistem kontrol

Penerapan sistem otomasi ini dapat mengefisienkan penggunaan energi listrik akibat perilaku pengguna yang kurang bijak dalam menggunakan energi listrik. Dampak yang dihasilkan dari penerapan sistem ini dapat dilihat pada Tabel 2

Tabel 2. Penggunaan Energi Listrik dengan Sensor Limit Switch

No	Bulan	Total Energi listrik kamar mandi		Efisiensi
		Tanpa Sensor	Dilengkapi Sensor	
1	Februari	16,80	0,14	99,17%
2	Maret	18,60	0,11	99,41%
3	April	18,00	0,04	99,78%
4	Mei	18,60	0,17	99,09%

Berdasarkan data-data yang dikumpulkan selama 4 bulan total energi yang digunakan berkisar 0,46 kWh. Jika dikonversi ke dalam jam adalah

$$t = \frac{W}{P} \times 1000 \quad (3)$$

$$t = \frac{0,46}{\frac{25}{72}} \times 1000 = 18,4 \text{ Jam dengan sensor}$$

$$t = \frac{72}{25} \times 1000 = 2880 \text{ Jam tanpa sensor}$$

Rata-rata penggunaan energi listrik per bulan menggunakan sensor adalah

$$\frac{18,4}{4} = 4,6 \text{ jam/bulan dengan sensor}$$

$$\frac{2880}{4} = 720 \text{ jam/bulan tanpa sensor}$$

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat kami simpulkan berdasarkan data-data yang telah kami kumpulkan mulai dari Bulan Februari sampai dengan Bulan Mei Tahun 2025 adalah sistem yang telah kami kembangkan mampu memberikan dapat positif yang cukup signifikan pada penggunaan sensor limit switch untuk sistem pengontrolan lampu kamar mandi.

Berdasarkan data pada Tabel 2 rata-rata efisiensi yang dapat ditekan dari perilaku ke tidak peduli terhadap penggunaan energi listrik secara bijak adalah 99,36%

4.2 Saran

Sistem yang dikembangkan ini masih memiliki kekurangan disebabkan sensor yang digunakan cukup sensitif sehingga kondisi lampu kamar mandi akan pada saat pengguna membuka kunci kamar mandi dan masih berada di dalam kamar mandi.

5. Ucapan Terimakasih

Kami sangat bersyukur atas segala dukungan yang diberikan kepada kami sehingga penelitian ini dapat terselesaikan sebagai mana mestinya, kami mengucapkan terima kasih kepada Direktur Politeknik Bosowa yang telah memberikan kami ruang untuk meneliti, selain itu kami juga mengucapkan terima kasih kepada Kepala Lembaga Inovasi dan Pengembangan Komunitas atau lebih di kenal dengan sebutan LPPM pada kampus-kampus lain, Kami juga tak lupa mengucapkan terima kasih kepada Kepala Bagian Administrasi dan Keuangan yang telah mengizinkan kami untuk menggunakan 1 buah kamar mandi sebagai tempat pengujian sistem yang kami kembangkan, kami juga mengucapkan terima kasih kepada Ketua Program Studi Teknik Listrik yang telah memberikan dukungan penuh bagi kami sehingga kami dapat melaksanakan penelitian ini dan terkhusus kepada sivitas akademika yang telah menjadi subjek dalam penelitian yang kami laksanakan selama 4 bulan di Kampus Politeknik Bosowa.

Referensi

- [1] F. Y. Nagifea, "POTENSI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GELOMBANG LAUT (PLTGL) SEBAGAI ENERGI ALTERNATIF DI INDONESIA," *Jurnal Technopreneur (JTech)*, vol. 10, no. 2, 2022, doi: 10.30869/jtech.v10i2.968.
- [2] PT. PLN (Persero), "ACCELERATING DIGITAL TECHNOLOGY AND STRENGTHENING INCLUSIVE AND SUSTAINABLE TRANSFORMATION," 2023. Diakses: 25 Mei 2025. [Daring]. Tersedia pada:

- https://web.pln.co.id/statics/uploads/2024/10/AR-PLN-2023_1610-hi.pdf
- [3] H. Rahmadyani dan H. E. Kusuma, "Empat Kelompok Perilaku Boros Energi: Penyusunan Hipotesis Menggunakan Grounded Theory," *Jurnal Permukiman*, vol. 14, no. 2, 2019, doi: 10.31815/jp.2019.14.82-91.
- [4] R. Friadi dan J. Junadhi, "Sistem Kontrol Intensitas Cahaya, Suhu dan Kelembaban Udara Pada Greenhouse Berbasis Raspberry PI," *Journal of Technopreneurship and Information System (JTIS)*, vol. 2, no. 1, 2019, doi: 10.36085/jtis.v2i1.217.
- [5] Y. Alferinanda, S. Ramadhani, dan A. Asnil, "Efisiensi Penggunaan Energi pada Lampu Penerangan Jalan Raya," *MSI Transaction on Education*, vol. 1, no. 2, 2020, doi: 10.46574/mted.v1i2.26.
- [6] A. Amirah, S. Salman, dan Z. Abidin, "Desain dan Implementasi Sistem Monitoring Pemakaian Daya Listrik Bagi Pelanggan Rumah Tangga Berbasis IoT," *CogITO Smart Journal*, vol. 9, no. 2, 2023, doi: 10.31154/cogito.v9i2.521.368-380.
- [7] J. Manik, J. Saputro, dan Y. L. Prambodo, "Rancang Bangun Purwarupa Alat Pembuka Pintu Garasi Menggunakan Limit Switch dan Fingerprint Berbasis Arduino," *Sistem Komputer dan Teknologi Intelegensi Artifisial (SIKOMTIA)*, vol. 1, no. 2, 2023, doi: 10.59039/sikomtia.v1i2.12.
- [8] Y. Prabowo, A. Narendro, T. Wisjhnuadji, dan S. Siswanto, "UJI AKURASI MODUL KWH METER DIGITAL PZEM-004T BERBASIS PENGENDALI DIGITAL ESP32," *SKANIKA: Sistem Komputer dan Teknik Informatika*, vol. 6, no. 2, 2023, doi: 10.36080/skanika.v6i2.3064.