

Rancang Bangun Prototipe Jendela Cerdas Berbasis Multi Sensor (Asap, Hujan, Cahaya) Menggunakan Arduino Uno

Tamara Elisabet Gultom

Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Kota Medan, Provinsi Sumatera Utara, Indonesia
Email: tamaraelisabetgultom@mhs.unimed.ac.id

Abstrak

Peningkatan polusi udara, perubahan cuaca yang tidak menentu, dan kebutuhan akan sistem gedung pintar mendorong pengembangan jendela otomatis yang mampu merespons kondisi lingkungan secara real-time. Penelitian ini merancang dan membangun prototipe jendela pintar berbasis mikrokontroler Arduino Uno dengan integrasi tiga sensor utama: sensor asap MQ-2, sensor hujan, dan sensor cahaya (LDR). Logika kerja sistem menggunakan pembacaan ambang batas sensor untuk memicu motor servo: jendela akan menutup ketika terdeteksi asap ($\text{MQ-2} \geq 100$), hujan (sensor ≤ 400), atau kondisi gelap ($\text{LDR} \geq 800$), dan akan membuka kembali saat kondisi aman. Metode pengujian dilakukan secara bertahap, baik per sensor maupun kombinasi kondisi, untuk memastikan konsistensi logika sistem. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu merespons perubahan lingkungan dengan waktu reaksi kurang dari 2 detik dan bekerja secara akurat sesuai rancangan. Prototipe ini dapat menjadi solusi efektif untuk meningkatkan kenyamanan, keamanan, dan kesehatan penghuni rumah. Pengembangan lebih lanjut disarankan dengan menambahkan fitur IoT untuk kontrol jarak jauh dan aktuator bertenaga lebih besar agar dapat diterapkan pada jendela berukuran besar.

Kata Kunci: Jendela Pintar, Multi Sensor, Otomatis



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

PENDAHULUAN

Belakangan ini, peningkatan polusi udara menjadi isu serius di berbagai kota besar, yang berdampak langsung pada kualitas hidup masyarakat. Asap dari kendaraan, pembakaran sampah, dan aktivitas industri kerap memasuki area hunian tanpa disadari melalui jendela yang terbuka. Di sisi lain, perubahan cuaca yang tidak menentu seperti hujan mendadak dan intensitas cahaya yang fluktuatif juga menuntut adanya sistem rumah tangga yang adaptif dan responsif. Berdasarkan hal tersebut, dibutuhkan inovasi berupa jendela pintar otomatis yang mampu mendeteksi kondisi lingkungan secara real-time menggunakan sensor asap, hujan, dan cahaya, sehingga dapat secara mandiri mengambil keputusan untuk membuka atau menutup jendela demi menjaga kenyamanan dan keamanan penghuni. Seiring dengan berkembangnya teknologi di era modern, otomatisasi sistem dalam kehidupan sehari-hari semakin diminati untuk meningkatkan kenyamanan, efisiensi, dan keamanan. Salah satu aspek yang dapat diotomatisasi adalah pengelolaan ventilasi dan sirkulasi udara melalui jendela. Pada umumnya, pembukaan dan penutupan jendela dilakukan secara manual, yang tidak hanya merepotkan, tetapi juga bisa menimbulkan risiko jika pengguna lengah terhadap perubahan cuaca atau kondisi lingkungan sekitar.

Contohnya, saat hujan turun tiba-tiba atau asap memasuki ruangan, jendela yang dibiarkan terbuka dapat menyebabkan kerusakan pada furnitur, lantai, atau bahkan membahayakan kesehatan penghuni. Demikian pula saat malam hari atau kondisi gelap, jendela yang terbuka dapat menjadi celah potensi kejahatan. Oleh karena itu, diperlukan sebuah sistem cerdas yang dapat secara otomatis menutup jendela saat kondisi lingkungan tidak mendukung, dan membukanya kembali saat situasi telah aman. Untuk menjawab kebutuhan tersebut, dikembangkanlah sebuah prototipe jendela pintar berbasis

mikrokontroler Arduino Uno dengan sistem pendekripsi menggunakan tiga sensor utama, yaitu:

- Sensor cahaya (LDR) untuk mendekripsi intensitas cahaya sekitar (terang atau gelap),
- Sensor hujan untuk mengetahui keberadaan air hujan,
- Sensor asap (MQ-2) untuk mendekripsi adanya gas atau asap berbahaya di udara.

Sistem ini kemudian menggerakkan motor servo untuk membuka atau menutup jendela sesuai kondisi yang terdeteksi. Alat ini tidak hanya meningkatkan kenyamanan, tetapi juga berfungsi sebagai langkah preventif terhadap potensi bahaya dan kerusakan.

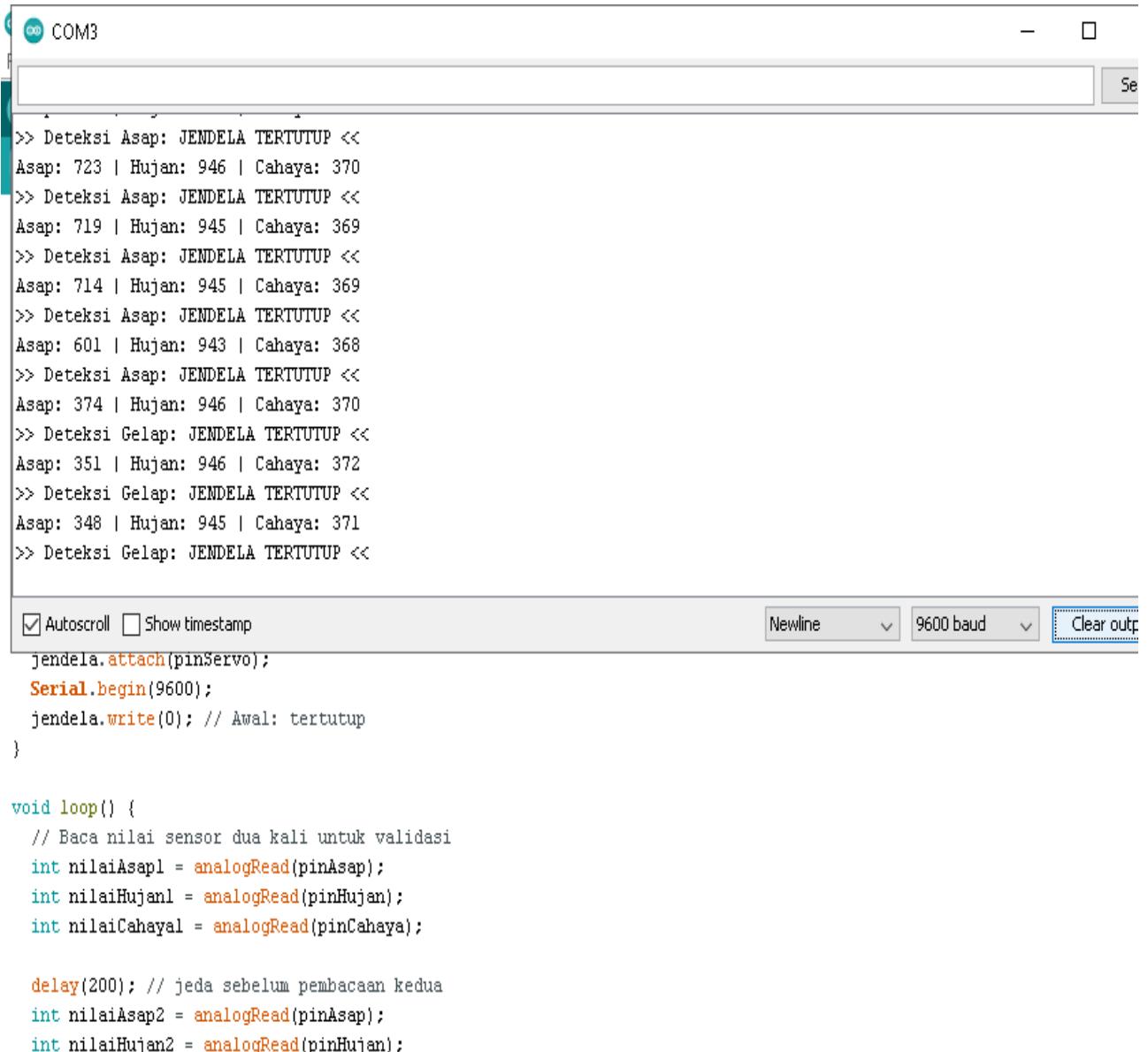
METODE PENELITIAN

1. Jenis Penelitian. Penelitian ini bersifat *experimental development* (rancang bangun dan pengujian prototipe). Fokus penelitian adalah merancang, merakit, memprogram, dan menguji prototipe jendela cerdas berbasis Arduino Uno yang terintegrasi dengan sensor MQ-2 (asap), sensor hujan, dan LDR (sensor cahaya).
2. Lokasi dan Waktu Penelitian
 - a. Lokasi: Laboratorium Elektronika, Universitas Negeri Medan, dengan sebagian tahap perakitan dilakukan di rumah peneliti sebagai ruang kerja tambahan.
 - b. Waktu pelaksanaan: Agustus 2025
3. Alat dan Bahan
 - a. Arduino Uno R3
 - b. Sensor MQ-2 (gas/asap)
 - c. Rain sensor / sensor hujan (modul)
 - d. LDR (Light Dependent Resistor) + resistor pembagi ($10\text{ k}\Omega$)
 - e. Servo motor SG90/MG90S
 - f. Breadboard, kabel jumper, sumber daya 5V (atau power bank)
 - g. Laptop dengan Arduino IDE untuk pemrograman dan Serial Monitor
 - h. Kotak miniatur jendela (prototipe fisik)
 - i. Multimeter untuk verifikasi tegangan dan koneksi
4. Rancangan Sistem & Koneksi
 - a. Pin pin pada Arduino:
MQ-2 → A0
Rain sensor → A1
LDR → A2
Servo → Digital 9 (PWM)
 - b. Semua modul terhubung ke 5V dan GND Arduino; gunakan power supply eksternal jika beban servo meningkat.
5. Pengembangan Perangkat Lunak (Pemrograman)
 - a. Menulis program pada Arduino IDE untuk pembacaan analog, validasi pembacaan ganda, logika ambang, dan kontrol servo.
 - b. Nilai ambang yang digunakan:
 - 1) MQ-2 (asap) ≥ 100 → kondisi terdeteksi asap.
 - 2) Rain sensor ≤ 400 → kondisi terdeteksi hujan.
 - 3) LDR ≥ 800 → kondisi gelap; LDR < 800 → terang.
 - c. Mekanisme validasi: baca nilai sensor dua kali dengan jeda 200 ms, ambil rata-rata atau bandingkan untuk mengurangi noise.
 - d. Cetak semua pembacaan ke Serial Monitor untuk dokumentasi: format: "Asap: XXX | Hujan: XXX | Cahaya: XXX | STATUS: JENDELA ...".

6. Prosedur Perakitan
 - a. Rangkai komponen di breadboard sesuai diagram rangkaian nomor 4.
 - b. Kode program Arduino, diagram, dan materi pendukung untuk prototipe ini tersedia secara terbuka pada repository <https://github.com/TamaraGultom/smart-window-multi-sensor.git>
 - c. Pastikan koneksi ground bersama (common GND).
 - d. Pasang servo pada mekanisme pintu/jendela miniatur dan cek pergerakan manual melalui program sederhana (0° = tertutup, 180° = terbuka).
7. Metode Pengujian Eksperimental
 - a. Pengujian per sensor (isolasi):
 - 1) Tujuan: menguji respons masing-masing sensor terhadap kondisi yang dimaksud.
 - 2) Langkah:
 - a) Sensor Asap (MQ-2): berikan sumber asap terkontrol (mis. uap rokok atau kertas dibakar dari jauh) hingga nilai ≥ 100 tercapai; catat nilai dan waktu respons servo. Ulangi 5 kali.
 - b) Sensor Hujan: teteskan air pada permukaan sensor hingga nilai ≤ 400 tercapai; catat nilai dan waktu respons. Ulangi 5 kali.
 - c) Sensor Cahaya (LDR): variasi kondisi terang/gelap (lampau ON/OFF atau tutup sensor) untuk memicu ambang 800; catat nilai dan waktu respons. Ulangi 5 kali.
 - b. Pengujian gabungan kondisi (kombinasi):
 - 1) Tujuan: memastikan logika prioritas bekerja saat lebih dari satu sensor mendeteksi kondisi bahaya.
 - 2) Kombinasi yang diuji: (Asap + Hujan), (Asap + Gelap), (Hujan + Gelap), (Asap + Hujan + Gelap). Lakukan 3-5 pengulangan tiap kombinasi.
 - c. Pengujian ketahanan / kontinuitas:
 - 1) Jalankan sistem selama 1-2 jam dengan kondisi simulasi berkala untuk mengecek stabilitas pembacaan dan pemanasan servo.
8. Parameter yang Diukur dan Kriteria Keberhasilan
 - a. Nilai pembacaan sensor (analog) pada saat kondisi normal dan kondisi terpicu.
 - b. Waktu respons (ms atau sekon) dari terdeteksinya kondisi sampai servo mencapai posisi (waktu bergerak). Kriteria: waktu respons ≤ 2 detik.
 - c. Konsistensi keputusan jendela (100% tindakan tertutup bila ambang terpenuhi dalam pengujian berulang).
 - d. Ketepatan logika prioritas ketika beberapa sensor aktif sekaligus (jendela tertutup dan tidak terjadi konflik).
9. Kalibrasi dan Validasi
 - a. Kalibrasi MQ-2 terhadap sumber asap standar atau referensi nilai (jika tersedia).
 - b. Kalibrasi LDR dengan luxmeter (opsional) untuk mendapatkan rentang nilai yang lebih representatif.
 - c. Validasi fungsional oleh pengamat independen (mis. rekan lab) untuk memastikan objekifitas pengujian.
10. Keamanan
 - a. Pastikan pengujian asap dilakukan aman (ventilasi baik, tidak di ruangan tertutup, gunakan sumber asap kecil).
 - b. Gunakan percikan air untuk menguji sensor hujan, Pastikan air tidak merambat ke kabel dan sumber arus.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengamatan



The screenshot shows the Arduino Serial Monitor window. At the top, it says 'COM3'. The main text area displays sensor readings in a loop:

```

>> Deteksi Asap: JENDELA TERTUTUP <<
Asap: 723 | Hujan: 946 | Cahaya: 370
>> Deteksi Asap: JENDELA TERTUTUP <<
Asap: 719 | Hujan: 945 | Cahaya: 369
>> Deteksi Asap: JENDELA TERTUTUP <<
Asap: 714 | Hujan: 945 | Cahaya: 369
>> Deteksi Asap: JENDELA TERTUTUP <<
Asap: 601 | Hujan: 943 | Cahaya: 368
>> Deteksi Asap: JENDELA TERTUTUP <<
Asap: 374 | Hujan: 946 | Cahaya: 370
>> Deteksi Gelap: JENDELA TERTUTUP <<
Asap: 351 | Hujan: 946 | Cahaya: 372
>> Deteksi Gelap: JENDELA TERTUTUP <<
Asap: 348 | Hujan: 945 | Cahaya: 371
>> Deteksi Gelap: JENDELA TERTUTUP <<

```

Below the text area are several control buttons: 'Autoscroll' (checked), 'Show timestamp' (unchecked), 'Newline' (dropdown), '9600 baud' (dropdown), and 'Clear output' (button). The sketch code is partially visible at the bottom:

```

jendela.attach(pinServo);
Serial.begin(9600);
jendela.write(0); // Awal: tertutup
}

void loop() {
// Baca nilai sensor dua kali untuk validasi
int nilaiAsap1 = analogRead(pinAsap);
int nilaiHujan1 = analogRead(pinHujan);
int nilaiCahaya1 = analogRead(pinCahaya);

delay(200); // jeda sebelum pembacaan kedua
int nilaiAsap2 = analogRead(pinAsap);
int nilaiHujan2 = analogRead(pinHujan);

```

Gambar 1. Tampilan di serial monitor

Pengujian alat dilakukan dengan memantau output sensor melalui Serial Monitor Arduino IDE. Hasil pembacaan menunjukkan bahwa alat merespons sesuai parameter batas yang telah ditentukan. Berikut cuplikan hasil pembacaan sensor:

Tabel 1. Pengujian sensor pada lingkungan tidak aman

Kondisi	Nilai Sensor Asap (MQ-2)	Nilai Sensor Hujan	Nilai Sensor Cahaya (LDR)	Status Jendela
Asap tinggi	723	946	370	Tertutup
Asap tinggi	719	945	369	Tertutup
Asap tinggi	714	945	369	Tertutup
Asap sedang	601	943	368	Tertutup
Asap rendah	374	946	370	Tertutup
Gelap	351	946	372	Tertutup
Gelap	348	945	371	Tertutup

Hasil di atas menunjukkan:

- Sensor Asap membaca nilai di atas ambang batas (≥ 100), sehingga sistem menutup jendela.
- Sensor Hujan stabil di angka sekitar 940–946 (tidak hujan), menunjukkan sensor bekerja akurat meski kondisi lingkungan berubah.
- Sensor Cahaya berkisar 370 pada kondisi terang, dan naik ke sekitar 370-an saat gelap atau ditutupi, memicu sistem menutup jendela.
- Status jendela konsisten Tertutup saat salah satu sensor mendeteksi kondisi bahaya.

Selain pengujian saat kondisi bahaya (asap, hujan, gelap), alat juga diuji pada kondisi lingkungan aman. Berikut contoh hasil pembacaan sensor dari Serial Monitor:

Tabel 2. Pengujian Sensor pada lingkungan aman

Kondisi	Nilai Sensor Asap (MQ-2)	Nilai Sensor Hujan	Nilai Sensor Cahaya (LDR)	Status Jendela
Aman (Terang, Tidak Hujan, Tidak Asap)	85	950	320	Terbuka
Aman (Terang, Tidak Hujan, Tidak Asap)	90	948	310	Terbuka
Aman (Terang, Tidak Hujan, Tidak Asap)	95	949	315	Terbuka

Penjelasan:

- Sensor asap menunjukkan nilai di bawah ambang batas 100, menandakan udara bersih.
- Sensor hujan stabil di kisaran >900 , menandakan kondisi kering (tidak ada hujan).
- Sensor cahaya (LDR) berada di <800 , menandakan kondisi terang.
- Dengan kondisi aman ini, jendela terbuka (servo di posisi 180°).

Analisis Hasil

Dari hasil pengujian, sistem dapat merespons masukan dari seluruh sensor secara otomatis dengan waktu reaksi cepat, rata-rata kurang dari 2 detik. Motor servo bergerak akurat sesuai dengan kondisi lingkungan. Parameter ambang batas (threshold) yang digunakan terbukti efektif dalam memicu aksi motor:

- Sensor MQ-2 (asap): $\geq 100 \rightarrow$ jendela tertutup, $<100 \rightarrow$ aman
- Sensor hujan: $\leq 400 \rightarrow$ jendela tertutup, $>400 \rightarrow$ aman
- Sensor cahaya (LDR): $\geq 800 \rightarrow$ kondisi gelap, jendela tertutup; $<800 \rightarrow$ kondisi terang, jendela terbuka

Dengan ambang batas ini, sistem dapat membedakan kondisi aman dan bahaya pada tiap sensor. Pengujian menunjukkan bahwa alat mampu merespons skenario nyata secara konsisten: jendela menutup saat terdeteksi asap, hujan, atau gelap, dan kembali membuka saat semua kondisi aman. Hasil ini membuktikan bahwa prototipe berfungsi baik, responsif, dan sesuai dengan rancangan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, pembuatan, dan pengujian sistem jendela otomatis berbasis sensor cahaya (LDR), hujan, dan asap (MQ-2), maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Alat ini berhasil dibuat menggunakan mikrokontroler Arduino Uno sebagai pusat kendali, dengan motor servo sebagai aktuator pembuka dan penutup jendela.
2. Sistem mampu mendeteksi kondisi lingkungan secara otomatis dan merespons dengan akurat sesuai parameter yang telah ditentukan, yaitu:

- Sensor MQ-2 membaca asap $\geq 100 \rightarrow$ jendela tertutup,
 - Sensor hujan membaca nilai $\leq 400 \rightarrow$ jendela tertutup,
 - Sensor cahaya (LDR) membaca nilai ≥ 800 (gelap) \rightarrow jendela tertutup, dan < 800 (terang) \rightarrow jendela terbuka.
3. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat dapat bekerja secara real-time dengan respons cepat dan konsisten.
4. Jendela pintar ini dapat menjadi solusi sederhana namun efektif untuk meningkatkan kenyamanan dan keamanan rumah secara otomatis terhadap kondisi cuaca dan kualitas udara.

Dengan demikian, alat ini dapat dikembangkan lebih lanjut untuk diterapkan pada skala rumah tangga, kantor, atau bangunan lainnya yang mengusung konsep rumah pintar (smart home).

DAFTAR PUSTAKA

- Albet, Muhammad, Prama Wira Ginta, and Aji Sudarsono. "Pembuatan Jendela Otomatis Menggunakan Sensor Cahaya." *Jurnal Media Infotama* 10.1 (2014).
- Arsyad, A., & Rohmah, R. N. (2022). *Prototipe Jendela Otomatis Berbasis Arduino Dengan Sensor Suhu dan Kelembaban* (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta).
- Baco, S., Haslindah, A., Yuniarti, E., & Tawin, T. (2019). Perancangan Jendela Geser Otomatis Menggunakan Mikrokontroler Berbasis Arduino. *ILTEK: Jurnal Teknologi*, 14(01), 37-41.
- Nugroho, S. C. (2019). *Rancang Bangun Jendela Otomatis Menggunakan Sensor Gas Mq-135 Pada Ruangan Dosen Berbasis Mikrokotroler Arduino* (Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Sriwijaya).
- Ultari, M. V., Hasibuan, A. Z., & Sembiring, A. Jendela Otomatis Menggunakan Rantai Elektrik Berbasis Mikrokontroler