

SKRIPSI

**AUTOMATIC LEVELING HEADLAMP
KENDARAAN BERBASIS MIKROKONTROLLER**



POLITEKNIK NEGERI BALI

Oleh :

I Made Gede Mahendra Bayu

NIM. 2115344046

**PROGRAM STUDI D4 TEKNIK OTOMASI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI BALI
2025**

ABSTRAK

Pencahayaan kendaraan merupakan faktor penting dalam keselamatan berkendara, terutama pada malam hari atau kondisi cuaca buruk. Namun, perubahan beban kendaraan dan kondisi jalan dapat menyebabkan sudut sorot lampu depan menjadi tidak optimal, sehingga berisiko membatasi pandangan pengemudi atau menyilaukan pengendara lain. Untuk mengatasi hal tersebut, penelitian ini mengembangkan sistem *Automatic Leveling Headlamp* berbasis mikrokontroler ESP32. Sistem ini menggunakan sensor MPU6050 untuk mendeteksi sudut kemiringan kendaraan secara *real-time* dan motor *electric leveling* sebagai aktuator pengatur sudut sorot lampu Bi-LED. Data dari sensor diproses oleh ESP32 menggunakan metode *Moving Average Filter* (MAF) guna meminimalkan noise, kemudian diterjemahkan menjadi sinyal kendali melalui modul *PWM to Voltage Converter*. Sistem juga dilengkapi dengan fitur kalibrasi awal menggunakan tombol tekan untuk menentukan posisi netral lampu. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu menyesuaikan sudut sorot lampu secara otomatis mengikuti perubahan kemiringan kendaraan dengan respon yang cepat dan akurat. Implementasi ini terbukti dapat menjaga pencahayaan tetap optimal, meningkatkan kenyamanan, serta mendukung keselamatan berkendara.

Kata kunci: *Automatic Leveling Headlamp*, ESP32, MPU6050, Motor *Electric Leveling*, *PWM to Voltage Converter*.

ABSTRACT

Vehicle lighting is an essential factor in driving safety, especially at night or under adverse weather conditions. However, changes in vehicle load and road conditions may cause the headlamp beam angle to become suboptimal, which can limit the driver's visibility or dazzle other road users. To address this issue, this research develops an Automatic Leveling Headlamp system based on the ESP32 microcontroller. The system employs the MPU6050 sensor to detect the vehicle's tilt angle in real time and an electric leveling motor as an actuator to adjust the beam angle of the Bi-LED headlamp. The sensor data are processed by the ESP32 using the Moving Average Filter (MAF) method to minimize noise, then converted into control signals through a PWM to Voltage Converter module. The system is also equipped with an initial calibration feature using a push button to determine the neutral lamp position. The test results show that the system can automatically adjust the headlamp beam angle according to changes in the vehicle's tilt with fast and accurate response. This implementation has proven to maintain optimal lighting, improve driving comfort, and enhance road safety.

Keywords: Automatic Leveling Headlamp, ESP32, MPU6050, Electric Leveling Motor, PWM to Voltage Converter.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis haturkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya, yang telah memandu penulis dalam penyusunan dan penyelesaian Skripsi dengan judul "Automatic Leveling Headlamp Kendaraan Berbasis Mikrokontroller". Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi akhir Program Pendidikan Diploma 4 Teknik Otomasi, Jurusan Teknik Elektro. Politeknik Negeri Bali.

Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis mendapatkan banyak bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Untuk itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak I Nyoman Abdi, SE., M.eCom., selaku Direktur Politeknik Negeri Bali.
2. Bapak Ir. Kadek Amerta Yasa, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bali.
3. Ibu Putri Alit Widyastuti Santiary, ST., MT. selaku Koordinator Program Studi D4 Teknik Otomasi Politeknik Negeri Bali
4. Bapak Dr. Anak Agung Ngurah Gde Sapteka, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing 1, yang memberikan bimbingan dan arahan dalam penyusunan Skripsi.
5. Bapak Ir. I Gusti Putu Mastawan Eka Putra S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing 2, yang memberikan bimbingan dan arahan dalam penyusunan Skripsi.
6. Seluruh Dosen dan Staff Jurusan Teknik Elektro yang telah memberikan masukan dan informasi dalam menyelesaikan skripsi ini.
7. Orang tua yang selalu memberikan doa dan dukungan dalam menyelesaikan penyusunan skripsi ini.
8. Teman-teman mahasiswa khususnya mahasiswa Jurusan Teknik Elektro yang telah banyak membantu dalam penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa Skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu penulis menerima kritik dan saran membangun dari pembaca guna perbaikan yang lebih baik. Akhir kata, penulis menyampaikan terima kasih dan berharap Skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca.

Bukit Jimbaran, 18 Agustus 2025

I Made Gede Mahendra Bayu

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR.....	iv
DAFTAR TABEL	v
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.5.1 Manfaat Akademik.....	3
1.5.2 Manfaat Aplikatif.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Penelitian Sebelumnya	5
2.2 Landasan Teori	6
2.2.1 Sistem Penerangan Kendaraan.....	6
2.2.2 <i>Headlamp Leveling System</i>	7
2.2.3 Sensor MPU6050	8
2.2.4 Motor <i>Electric Leveling</i>	8
2.2.5 Mikrokontroler ESP32.....	9
2.2.6 Lampu <i>Bi-LED</i>	10
2.2.7 Stepdown	11
2.2.8 <i>Power Supply</i> 12V	11
BAB III METODE PENELITIAN.....	13
3.1 Rancangan Sistem	13

3.1.1 Rancangan Perangkat.....	13
3.1.2 Rancangan Alat.....	18
3.2 Pembuatan Alat.....	18
3.2.1 Langkah Pembuatan Alat.....	19
3.3 Analisa Hasil Penelitian.....	19
3.4 Hasil Yang Diharapkan.....	20
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	21
4.1 Hasil Implementasi.....	21
4.1.1 Implementasi Hardware.....	21
4.1.2 Implementasi Software.....	23
4.2 Pengujian Sistem.....	33
4.2.1 Pengujian Alat.....	34
4.2.2 Pengujian Penyimpanan Data.....	34
4.2.3 Pengujian Parameter-Parameter Yang Diamati.....	35
4.3 Pembahasan Hasil Implementasi dan Pengujian.....	36
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	38
5.1 Kesimpulan.....	38
5.2 Saran.....	38
DAFTAR PUSTAKA.....	40
LAMPIRAN.....	42

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Sensor MPU6050	8
Gambar 2. 2 Motor Electric Leveling.....	9
Gambar 2. 3 DEVKIT ESP32.....	10
Gambar 2. 4 Lampu Bi-LED	10
Gambar 2. 5 Stepdown	11
Gambar 2. 6 Power Supply 12V	12
Gambar 2. 7 PWM to Voltage Converter.....	12
Gambar 3. 1 Blok Diagram Sistem.....	14
Gambar 3. 2 flowchart automatic levelling	16
Gambar 3. 3 Wiring Diagram Sistem	17
Gambar 3. 4 Gambar Automatic Leveling.....	18
Gambar 4. 1 Tampak depan headlamp.....	22
Gambar 4. 2 tampak belakang alat automatic headlamp	22
Gambar 4. 3 tampak dalam box komponen.....	23
Gambar 4. 4 Library esp32	24
Gambar 4. 5 Inisialisasi mpu6050	25
Gambar 4. 6 Deklarasi MAF	25
Gambar 4. 7 Konfigurasi koneksi wifi dan google spreadsheet	26
Gambar 4. 8 Inisialisasi program dan koneksi wifi	27
Gambar 4. 9 Kode pengulangan pembacaan data sensor	28
Gambar 4. 10 kode menghitung nilai MAF.....	29
Gambar 4. 11 Kode fungsi posisi lampu.....	30
Gambar 4. 12 Kode kirim data ke spreadsheet	31
Gambar 4. 13 Kode fungsi posisi lampu	32
Gambar 4. 14 Implementasi google spreadsheet	33
Gambar 4. 15 pengujian alat automatic levelling	34
Gambar 4. 16 Pengujian penyimpanan data	35
Gambar 4. 17 Grafik pengujian manual menggerakan sensor mpu.....	36

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 pengujian manual dengan menggerakkan sensor mpu6050	19
Tabel 4. 2 pengujian manual menggerakkan sensor mpu.....	35

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pencahayaan pada kendaraan merupakan aspek krusial dalam keselamatan berkendara, terutama saat berkendara pada malam hari atau dalam kondisi cuaca buruk seperti hujan deras dan kabut tebal. Sistem pencahayaan yang baik akan membantu pengemudi untuk melihat kondisi jalan dengan lebih jelas serta memastikan pengendara lain dapat melihat kendaraan yang melintas [1].

Namun, dalam beberapa kondisi tertentu, pencahayaan kendaraan dapat mengalami perubahan yang tidak diinginkan, seperti sudut pencahayaan yang terlalu tinggi atau rendah akibat perubahan beban kendaraan atau kondisi jalan yang tidak rata [2].

Dalam kendaraan konvensional, sudut pencahayaan lampu depan sering kali diatur secara manual oleh pengemudi melalui pengaturan yang disediakan oleh pabrikan kendaraan. Namun, pengaturan manual ini memiliki keterbatasan karena pengemudi harus melakukan penyesuaian sendiri tanpa adanya sistem otomatis yang dapat mendeteksi perubahan kemiringan kendaraan secara *real-time* [3]. Hal ini dapat menyebabkan ketidakefisienan dalam pencahayaan dan berpotensi mengganggu pengemudi lain di jalan raya, terutama jika sorot lampu terlalu tinggi sehingga menyilaukan pengendara lain dari arah berlawanan [4].

Jika lampu kendaraan tidak mengarah dengan tepat, dapat menimbulkan berbagai bahaya serius, baik bagi pengemudi maupun pengendara lain di jalan. Lampu yang terlalu rendah dapat membatasi pandangan pengemudi, terutama dalam kondisi gelap atau buruk, sehingga meningkatkan risiko terjadinya kecelakaan akibat ketidakmampuan untuk melihat rintangan atau jalan yang tidak rata dengan jelas [5]. Sebaliknya, lampu yang terlalu tinggi dapat menyilaukan pengemudi dari arah berlawanan, yang dapat menyebabkan gangguan penglihatan sementara dan meningkatkan risiko tabrakan. Dalam kasus ekstrem, penyinaran lampu yang tidak tepat dapat menyebabkan kecelakaan fatal jika pengemudi tidak dapat bereaksi dengan cepat terhadap kondisi jalan atau kendaraan lain. Oleh karena itu, sistem *automatic levelling* headlamp yang dapat menyesuaikan sudut pencahayaan secara *real-time* sangat penting untuk mencegah potensi bahaya ini dan memastikan keselamatan berkendara yang lebih baik [6].

Seiring dengan kemajuan teknologi dalam industri otomotif, berbagai inovasi telah dikembangkan untuk meningkatkan keselamatan berkendara, salah satunya adalah sistem

Automatic Leveling Headlamp. Sistem ini dirancang untuk menyesuaikan sudut pencahayaan lampu kendaraan secara otomatis berdasarkan kondisi kemiringan kendaraan. Dengan menggunakan sensor yang mendeteksi perubahan sudut kemiringan kendaraan, sistem ini dapat menyesuaikan sudut pencahayaan lampu secara *real-time* sehingga memastikan pencahayaan tetap optimal di berbagai kondisi jalan [7].

Pada penelitian ini, dikembangkan sistem *automatic levelling headlamp* berbasis mikrokontroler ESP32 dengan sensor *gyro* sebagai pendeteksi kemiringan dan motor *electric levelling* sebagai aktuator penggerak sudut pencahayaan [8]. Mikrokontroler ESP32 dipilih karena memiliki kemampuan pemrosesan data yang cepat dan mendukung komunikasi nirkabel, sehingga sistem dapat dikembangkan lebih lanjut untuk integrasi dengan perangkat pintar lainnya. Sensor *gyro* berfungsi untuk mengukur perubahan sudut kendaraan, sementara motor *electric levelling* akan mengatur sudut pencahayaan sesuai dengan data yang diterima dari mikrokontroler [9].

Implementasi sistem ini diharapkan dapat meningkatkan kenyamanan dan keselamatan berkendara dengan memastikan bahwa pencahayaan lampu kendaraan selalu berada pada sudut optimal. Selain itu, dengan adanya sistem otomatis ini, pengemudi tidak perlu lagi melakukan penyesuaian manual, yang dapat mengurangi beban pengemudi dan meningkatkan efisiensi pencahayaan kendaraan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana mengimplementasikan sensor MPU6050 sebagai pendeteksi perubahan sudut kemiringan kendaraan?
2. Bagaimana cara mengontrol motor *electric leveling* berdasarkan data kemiringan dari sensor?
3. Bagaimana membuat sistem yang dapat melakukan system reset secara manual untuk mereset ketika terjadi error?

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian ini dapat lebih terarah dan fokus pada tujuan utama, maka batasan masalah yang diterapkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sistem hanya menggunakan sensor MPU6050 untuk mendeteksi sudut kemiringan kendaraan.
2. Sistem ini tidak terhubung dengan ECU atau sistem CAN bus kendaraan.
3. Pengontrolan aktuator hanya menggunakan motor *electric levelling* yang umum dijual di pasaran
4. Sistem hanya berfungsi untuk menyesuaikan arah vertikal dari sorot lampu utama.
5. Proses reset dilakukan manual melalui tombol tekan satu kali ketika terjadi error.

1.4 Tujuan Penelitian

1. Dapat mengimplementasikan sensor MPU6050 sebagai pendeteksi orientasi kemiringan kendaraan secara *real time*.
2. Dapat mengontrol motor *electric levelling* secara otomatis berdasarkan data dari sensor MPU6050.
3. Dapat mengaktifkan tombol reset ketika terjadinya error.

1.5 Manfaat Penelitian

1.5.1 Manfaat Akademik

Penelitian ini memberikan beberapa manfaat di bidang akademik, antara lain:

1. Menambah wawasan di bidang teknik elektro, khususnya dalam penerapan teknologi sensor, mikrokontroler ESP32, dan sistem aktuator pada sistem otomasi kendaraan.
2. Menjadi referensi bagi mahasiswa atau peneliti lain yang ingin mengembangkan sistem otomasi berbasis sensor *gyro* dan motor aktuator dalam dunia otomotif.
3. Membuktikan aplikasi nyata dari teori kontrol, pengolahan data sensor, dan pemrograman mikrokontroler dalam proyek otomasi kendaraan yang berfokus pada keselamatan.

1.5.2 Manfaat Aplikatif

Penelitian ini juga memiliki manfaat praktis di dunia nyata, yaitu:

1. Membantu menjaga sudut sorot lampu kendaraan tetap optimal secara otomatis, sehingga mengurangi risiko kecelakaan akibat pencahayaan yang tidak tepat.

2. Memberikan alternatif solusi sistem *automatic levelling headlamp* yang sederhana dan ekonomis tanpa perlu integrasi dengan sistem kendaraan yang kompleks seperti ECU atau CAN bus.
3. Memudahkan pengemudi karena sistem melakukan penyesuaian sudut lampu secara otomatis berdasarkan kondisi kendaraan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem *Automatic Leveling Headlamp* berbasis mikrokontroler ESP32, dapat disimpulkan bahwa sistem yang dirancang mampu bekerja. Sensor MPU6050 berhasil diimplementasikan sebagai pendeteksi sudut kemiringan kendaraan secara *real-time* dan mampu memberikan data yang stabil setelah melalui proses *filtering* menggunakan metode *Moving Average Filter*. Data kemiringan tersebut kemudian diproses oleh mikrokontroler ESP32 untuk mengendalikan motor *electric leveling*, sehingga lampu Bi-LED dapat menyesuaikan sudut pencahayaannya secara otomatis mengikuti kondisi kemiringan kendaraan. Selain itu, fitur reset yang dilakukan dengan tombol tekan terbukti berfungsi dengan baik untuk mereset jika terjadi kendala, sehingga sistem dapat bekerja lebih presisi. Dengan demikian, penelitian ini telah berhasil menjawab rumusan masalah yang diajukan, yaitu mengimplementasikan sensor MPU6050 sebagai pendeteksi kemiringan, mengontrol motor *electric leveling* secara otomatis, serta membuat sistem reset. Secara keseluruhan, sistem yang dikembangkan mampu menjaga sorot lampu kendaraan tetap optimal, meningkatkan kenyamanan, serta mendukung keselamatan berkendara pada berbagai kondisi jalan.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil implementasi dan pengujian sistem *Automatic Leveling Headlamp* yang telah dilakukan, masih terdapat beberapa hal yang dapat dikembangkan lebih lanjut agar sistem menjadi lebih optimal. Adapun saran untuk pengembangan selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Penggantian Dinamo *Electric Leveling* yang Lebih Kencang

Ganti dinamo *electric leveling* dengan tipe yang kecepatannya lebih tinggi agar gerak naik-turun *headlamp* lebih responsif. Pastikan kompatibel denganudukan yang ada.

2. Implementasi Algoritma Kontrol yang Lebih Cerdas

Penggunaan metode kontrol seperti PID atau Fuzzy Logic dapat meningkatkan kestabilan respon motor *electric leveling* terhadap perubahan kemiringan kendaraan.

3. Miniaturisasi dan Integrasi *Hardware*

Rangkaian dapat dibuat lebih ringkas dengan PCB khusus agar lebih praktis, mudah dipasang pada kendaraan.

diharapkan dengan adanya pengembangan tersebut sistem *Automatic Leveling Headlamp* dapat bekerja lebih optimal, memiliki respon yang lebih cepat, serta mampu memberikan kenyamanan dan keselamatan berkendara yang lebih baik di masa mendatang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] - Zulkarnain, N. Nasrullah, - Andriana, and M. S. Ramdani, “Simulasi Sistem Lampu Mobil Dinamis Untuk Kenyamanan Berkendara Pada Malam Hari Menggunakan Arduino,” *J. Tiarsie*, vol. 17, no. 4, Art. no. 4, Dec. 2020, doi: 10.32816/tiarsie.v17i4.97.
- [2] C. B. J. Kusumo, D. Syauqy, and W. Kurniawan, “Sistem Kendali Sudut Pitch Projector Headlamp Sepeda Motor Berbasis Closed Loop System”.
- [3] A. Toda, “Auto-leveling system for vehicle headlamp,” US7014345B2, Mar. 21, 2006 Accessed: Apr. 30, 2025. [Online]. Available: <https://patents.google.com/patent/US7014345B2/en>
- [4] M. A. Daynuari, A. Amalia, and B. Setiaji, “Desain Lampu Utama Mobil Dengan Filter Polarisator Sebagai Anti Silau”.
- [5] A. A. Amrullah, “Interaksi Faktor-Faktor Penyebab Kecelakaan di Jalan Tol dengan Kesenjangan Kecepatan sebagai Pemicu Kejadian Tabrak dari Belakang pada Malam Hari di Jalan Tol Cipali”.
- [6] A. S. Putra, “Pengembangan Sistem Lampu Kendaraan Otomatis Menggunakan Sensor Cahaya,” 2017.
- [7] S. Bahri, H. Muchtar, R. Samsinar, and M. Noorman, “Implementasi Sistem Kontrol Sorotan Lampu Depan Otomatis Menggunakan Fuzzy Logic Controller,” vol. 5, no. 2.
- [8] F. Fauzian, “Program Studi Teknik Diploma Iv Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang Tahun 2023”.
- [9] “LuMEMS - Automatic Headlamp Leveling | Johnson Electric.” Accessed: Apr. 30, 2025. [Online]. Available: <https://www.johnsonelectric.com/en/solutions/lumems-automatic-headlamp-leveling>
- [10] W. N. Hidayat, M. Luqman, and M. N. Achmadiyah, “Rancang Bangun Level Lampu Otomatis Pada Mobil Berjalan Menggunakan Metode Fuzzy,” *Kohesi J. Sains Dan Teknol.*, vol. 2, no. 2, Art. no. 2, Jan. 2024, doi: 10.3785/kohesi.v2i2.1898.
- [11] D. N. B. Putra, “Rancang Bangun Kendali Cahaya Projectorlamp Sepeda Motor Menggunakan Sensor Mpu6050 Berbasis Arduino Dan Iot,” vol. 7, 2022.

- [12] J. T. Waluyo and N. S. Widodo, "Pengendali Lampu LED Matrix Headlamp pada Kendaraan Bermotor," *Bul. Ilm. Sarj. Tek. Elektro*, vol. 1, no. 1, Art. no. 1, Jul. 2019, doi: 10.12928/biste.v1i1.834.
- [13] A. Hariri, "Pengontrolan Kestabilan Sistem Kontrol Sudut Orientasi Yaw Menggunakan Metode Kontrol Proporsional Integral Derivatif (Pid) Pada Remotely Operated Underwater Vehicle (ROV)".
- [14] M. K. Usman and A. N. Akhmadi, "Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi," vol. 4, no. 1, 2021.
- [15] M. Lupitha, "Prototype of movement monitoring Objects using Arduino Nano and SMS Notifications," vol. 6, no. 2, 2022.
- [16] J. Kirscher, M. Lenz, D. Metzner, and G. Pelz, "Verification of an Automotive Headlight Leveling Circuit and Application Using Smart Component Property Extraction".
- [17] "esp32_datasheet_en.pdf." Accessed: Feb. 17, 2025. [Online]. Available: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf
- [18] "Kelebihan Lampu Biled Dibandingkan Lampu Led Biasa." Accessed: May 01, 2025. [Online]. Available: <https://appm.umpri.ac.id/home/detail/kelebihan-lampu-biled-dibandingkan-lampu-led-biasa>
- [19] L. W. Cahyadi, "Kinerja Konverter Arus Searah Tipe Buck Converter Dengan Umpan Balik Tegangan Berbasis Tl494".
- [20] A. G. Gtg, "Pengujian Unjuk Kerja Switching Mode Power SUPPLY 12 VOLT 10 AMPERE," Universitas Gadjah Mada, 2019. Accessed: Feb. 15, 2025. [Online]. Available: <https://etd.repository.ugm.ac.id/penelitian/detail/181850>
- [21] D. M. Alter, "Using PWM Output as a Digital-to-Analog Converter on a TMS320F280x Digital Signal Controller".

LAMPIRAN

Lampiran 1 proses pembuatan alat

