

PROTOTYPE GYROSCOPE SEBAGAI ALAT BANTU KALIBRASI SUDUT LAMPU APPROACH BERBASIS WEB

Kevin Natanael Taraja¹, Slamet Hariyadi², Lusiana Dewi Kusumayati³

^{1,2,3}Politeknik Penerbangan Surabaya Jl. Jemur Andayani I/73, Surabaya 60236

Email : jokernatanael61@gmail.com

Abstrak

Ilmu pengetahuan dan teknologi telah berkembang, migrasi telah memberikan dampak positif bagi kehidupan, dan hari ini telah dimodernisasi. Semakin banyak teknologi dan alat canggih yang dikembangkan di banyak bandara yang tersebar di Indonesia. Salah satunya menyangkut sudut elevasi lampu bantuan pendaratan visual, yang biasa dikenal dengan Airfield Lighting System 'AFL' 41. Dilengkapi dengan Approach Lighting System "ALS", salah satu alat bantu pendaratan visual. Tentang fungsi sistem pencahayaan pendekatan "AFL" 41. Lampu yang menandakan akhir perpanjangan runway dari area pendekatan ke ambang runway untuk memungkinkan pesawat mendarat di runway atau runway.

Metode penelitian adalah mengamati pendekatan sistem pencahayaan "ALS". Di Bandara Depati Amir Pangkalpinang (OJT) dan On The Job Training Lampiran 14 – Pedoman dan Dokumen Periode Aerodrome Ditjen Perhubungan Udara 2004, Manual Of Standard Aerodrome 2012, Petunjuk dan Peraturan Penerbangan Sipil Silakan merujuk ke Keamanan dan KP 2, 2013 tentang tata ruang dan standar penggunaan bandara.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor giroskop memiliki nilai sensitivitas 0,860V/g dan representasi error sebesar 5,64%. Penelitian ini mempertahankan akurasi sudut pendekatan sistem pencahayaan untuk keselamatan pesawat dan pendaratan yang mulus, dan menambahkan fungsi pemantauan ketika sudut berubah, sehingga memudahkan teknisi untuk memantau/memantau meningkat.

Kata kunci: *Airfield Lighting System, Approach Lighting System, Approach Area, NodeMCU ESP8266*

Abstract

Science and technology have developed, migration has had a positive impact on life, and today it has been modernized. More and more advanced technology and tools are being developed at many airports spread across Indonesia. One of these concerns the elevation angle of the visual landing assist light, commonly known as the Airfield Lighting System "AFL" 41. Equipped with Approach Lighting System "ALS", of the visual landing aids. About the functioning of the "AFL" approach lighting system 41. A light indicating the end of the runway extension from the approach area to the runway threshold to allow the aircraft to land on the runway or runway.

The research method is by observing the Approach Lighting System (ALS) in (OJT) at Depati Amir Airport, and also by referring to the guidelines On The Job Training Annex 14-Aerodrome and the Directorate General of Civil Aviation document 2004 about the Manual of Aerodrome Standards, 2012, Civil Aviation Instructions and Regulations Please refer to Security and KP, 2013 regarding spatial and airport usage standards.

The test results concluded that the Gyroscope Sensor has a sensitivity value of 0.860 V/g and the error presentation is 5.64%. This research, maintains the lighting system's approach angle accuracy for aircraft safety and smooth landings, and adds a monitoring function when the angle changes, making it easier for technicians to monitor/monitor upgrades.

Keywords : *Airfield Lighting System, Approach Lighting System, Approach Area, NodeMCU ESP8266, MPU 6050*

PENDAHULUAN

Dengan berkembangnya teknologi dan pesatnya migrasi masyarakat Indonesia. Perangkat mikrokontroler banyak digunakan dalam banyak aspek kehidupan kita sehari-hari. Selain itu, penggunaan smartphone yang memudahkan akses pertukaran data dan konsultasi di mana-mana semakin meningkat (Faudin, 2017; Prabowo, 2018; Nugraha, 2021). Pengelolaan bandar udara adalah tentang menyediakan layanan transportasi yang aman dan nyaman serta memastikan keselamatan pengguna layanan tersebut. ICAO, sebagai badan keselamatan penerbangan sipil global, telah menetapkan parameter yang harus diperhatikan dalam bentuk Lampiran 1 sampai 8, dengan masalah bandara tercantum dalam Lampiran 14. Karena itu, sistem penerangan bandara merupakan "ALS" yang berfungsi sebagai pemandu pilot saat lepas landas atau mendarat, selain memudahkan pengontrol lalu lintas udara (ATC) dan teknisi listrik untuk mengoperasikannya. Perawatan dan pemeliharaan peralatan. Sistem pencahayaan bandara itu sendiri mencakup alat penting untuk memfasilitasi pendaratan yang nyaman dan aman bagi pilot yang disebut approach ramps. Approach Lights, atau biasa disebut dengan Approach Lighting System '2019', adalah alat bantu visual yang memberikan informasi panduan untuk membantu pilot mempertahankan posisi pesawat relatif terhadap landasan pacu saat mendarat atau mendarat.

Jika sudut lampu pendekatan tidak sesuai dengan bar yang ditentukan, pilot tidak akan dapat melihat bar secara akurat pada saat pendekatan, yang dapat berakibat fatal bagi pendaratan pesawat. Untuk alasan ini, pemeriksaan dasar Sistem Pencahayaan Pendekatan Presisi "PALS" 41 dilakukan dalam bentuk kalibrasi yang sesuai. Sistem Penerangan Pendekatan Pusat "MALS" Hal ini sesuai dengan SKEP 157/IX Tahun 2003 dan didasarkan pada Pedoman Pemeliharaan dan Pelaporan Peralatan Elektronik dan Listrik di Penerbangan dan Peraturan tersebut mencakup persyaratan untuk peralatan Sistem Penerangan Pendekatan Semester. Termasuk pedoman perawatan. sudut cahaya. Pada

prototipe ini dirancang model giroskop mirip waterpath menggunakan NodeMCU sebagai pusat kendali dan komando yang terhubung dengan sensor giroskop MPU6050 (Tedy, 2017; Utomo, 2017).

Berkaitan dengan permasalahan tersebut, peneliti berinisiatif untuk membuat suatu rancangan alat yang dapat digunakan untuk media pembelajaran di Politeknik Penerbangan Surabaya yang berjudul **"PROTOYPE GYROSCOPE SEBAGAI ALAT BANTU KALIBRASI SUDUT LAMPU APPROACH BERBASIS WEB "**.

METODE

Approach Lighting System

Approach Light merupakan konfigurasi susunan lampu-lampu yang terpasang simetris dari ujung perpanjangan landas pacu pada approach area sampai dengan ambang landas pacu (threshold). Approach light dibagi menjadi beberapa tipe penempatannya. (Sumber: KP 39 Tahun 2015 MOS 139 VOL 1). Adapun beberapa bagian kelompok yang menjadi acuan dari approach lighting system yang membedakan antara panjang, jumlah lampu, kelengkapan dari fasilitas yang digunakan, ini telah ditetapkan di MOS 139 VOL.1 tentang konfigurasi lampu terdiri dari: Simple Approach Lighting System (SALS) dengan sudut kemiringan dari bar 1-2 yaitu 6° dan bar 3-7 yaitu 5,5° dengan 2 crossbar pada bar ke 3, Medium Approach Lighting System (MALS) dengan sudut kemiringan dari bar 1-2 yaitu 6° dan bar 3-7 yaitu 5,5° dengan 2 cross bar terletak pada bar ke 3 yang membedakan antara SALS dan MALS adalah konfigurasi lampu pada setiap barnya, dan category Precision Approach light (PALS) Pada konfigurasi PALS terdapat beberapa kategori yaitu PALS CAT I, PALS CAT II, dan PALS CAT III dengan sudut kemiringan nya yaitu dari bar 1-9 yaitu 8o,10-15 yaitu 7o, 16-20 yaitu 6o dan bar 20-30 yaitu 5,5o. Medium Approach Light System (MALS) yang ada di DepatiAmir Airport - Pangkalpinang memiliki 45 buah jumlah lampu, yang terdiri dari 7 bar dan 2 cross bar. Setiap bar memiliki 5 lampu dan setiap palang memiliki 5 lampu.

Sensor MPU-6050

MPU-6050 adalah sensor akselerasi yang didasarkan pada sistem mikroelektromekanis "MEMS"⁴¹ dan giroskop yang dilengkapi dengan sistem mikroelektromekanis(MEMS⁴¹); dengan chip. Agar sensor ini bekerja dengan maksimal, ada 16 pin analog yang terlebih dahulu diubah untuk menentukan sumbu. Anda dapat merekam nilai sumbu x-, y-, dan z secara bersamaan dari sensor ini. Sensor ini menggunakan Inter Integrated Circuit (antarmuka bus I2C) sebagai penghubung antara sensor dengan Arduino (Supryogi, Fitriyah, Tibyani, 2019).

Sensor MPU 6050 merupakan salah satu sensor yang tergolong dalam unit pengukuran inersia (IMU). Sensor ini merupakan kombinasi accelerometer dan gyroscope yang dapat menghasilkan output angular. giroskop 3-sumbu dan akselerometer 3-sumbu. Dalam penggunaannya, sensor ini dapat memberikan output sudut pitch pada sumbu X dan Y.

NodeMCU

NodeMCU adalah platform sumber terbuka untuk Internet of Things (IoT). Terdiri dari hardware berupa system-on-chip Espressif system ESP8266 dengan menggunakan bahasa pemrograman scripting LUA. NodeMCU disediakan sebagai analog papan Arduino dari ESP8266. (Hidayat, 2021) NodeMCU memiliki RAM 128 kB dan memori flash 4 MB untuk pemrograman dan penyimpanan data. Kapasitas ini cukup untuk menyimpan banyak string permintaan halaman web, data JSON/XML, dan apa pun yang dapat Anda kirim dari perangkat IoT Anda. Inti dari NodeMCU adalah ESP6288, yang terintegrasi dengan transceiver Wifi HT40 802.11b/g/n, sehingga tidak hanya dapat terhubung ke jaringan Wifi dan berinteraksi dengan internet, tetapi juga menggunakannya sebagai jaringan. Perangkat lain dari penyedia Anda dapat terhubung langsung ke sana. ESP6288 juga dilengkapi 10 port GPIO, kemampuan PWM, antarmuka I2C dan SPI, antarmuka 1-Wire dan ADC.

Arduino IDE

Untuk pengembangan, lingkungan pengembangan terintegrasi (umumnya dikenal

sebagai IDE) digunakan. Arduino mengeksekusi fungsi melalui sintaks pemrograman. Arduino menggunakan bahasa pemrograman C. (Prakoso, 2018) Bahasa pemrograman Arduino kemudian diubah untuk memudahkan programmer memprogram menggunakan bahasa pemrograman Java. Pemrogram pemula dapat dengan mudah memahami sintaks Arduino IDE. Arduino IDE juga dilengkapi dengan berbagai macam library bahasa seperti bahasa C/C++. Arduino IDE dirancang sebagai perangkat lunak pengolah yang nantinya dapat diproses oleh Arduino menggunakan program perangkat lunak.

Program yang dihasilkan dari software Arduino (IDE) disebut Sketch. Sketsa ini dalam format file ekstensi .ino. Program di Arduino IDE juga dilengkapi dengan fungsi potong/tempel dan temukan/ganti untuk membantu pemrogram membuat kode program.

Lampu LED

Salah satu alat yang digunakan untuk merancang alat ini dengan lampu LED, lampu LED merupakan kumpulan sinar yang tersusun dalam sebuah lampu. Lampu LED memiliki keunggulan dibandingkan jenis lampu lainnya. Artinya, lampu LED memiliki masa pakai yang jauh lebih lama dibandingkan jenis lampu lainnya dan lebih hemat energi. Lampu LED membutuhkan energi yang sangat sedikit. Lampu LED menyala dengan cepat tanpa waktu pemanasan. Biaya lampu LED umumnya lebih tinggi, tetapi manfaat yang didapat dengan menggunakan lampu LED menutupi harganya. Warna dan bahan lampu LED menggunakan degradasi warna di cangkang untuk mengurangi keluaran cahaya dari waktu ke waktu.

Annex 14

Annex 14 — Aerodromes Volume II

Table 4-3. Dimensions and slopes of obstacle limitation surfaces

Surface and dimensions	STRAIGHT TAKE-OFF			Instrument
	Non-instrument (visual)			
	Helicopter performance class			
	1	2	3	
TAKE-OFF CLIMB				
Width of inner edge	Width of safety area			90 m
Location of inner edge	Boundary or end of clearway			Boundary or end of clearway
First section				
Divergence	— day — night	10% 15%	10% 15%	30%
Length	— day — night	a 245 m ²	245 m ² 245 m ²	2 850 m
Outer width	— day — night	c 73.5 m ²	49 m ² 73.5 m ²	1 800 m
Slope (maximum)		4.5%*	8% ^b	3.5%
Second section				
Divergence	— day — night	parallel parallel	10% 15%	10% 15%
Length	— day — night	e e	a a	1 510 m
Outer width	— day — night	c c	e e	1 800 m
Slope (maximum)		4.5%*	15%	3.5%*
Third section				
Divergence		—	parallel	parallel
Length	— day — night	— —	e e	7 640 m
Outer width	— day — night	— —	c c	1 800 m
Slope (maximum)		—	15%	2%

- a. Determined by the distance from the inner edge to the point where the divergence produces a width of 7 rotor diameters for day operations or 10 rotor diameters for night operations.
 b. Slope and length provides helicopters with an area to accelerate and climb while observing "visual" areas.
 c. Seven rotor diameters over all width for day operations or 10 rotor diameters over all width for night operations.
 d. The width of the inner edge shall be added to this dimension.
 e. Determined by the distance from the inner edge to where the surface reaches a height of 150 m above the elevation of the inner edge.
 * This slope exceeds the maximum mass one-engine-inoperative climb gradient of many helicopters which are currently operating.

Chapter 4 Annex 14 — Aerodromes

Table 4-2. Dimensions and slopes of obstacle limitation surfaces

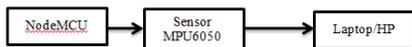
Surface and dimensions	3 rd approach				6 th approach			
	Height above FATO				Height above FATO			
	90 m (300 ft)	60 m (200 ft)	45 m (150 ft)	30 m (100 ft)	90 m (300 ft)	60 m (200 ft)	45 m (150 ft)	30 m (100 ft)
APPROACH SURFACE								
Length of inner edge	90 m	90 m	90 m	90 m	90 m	90 m	90 m	90 m
Distance from end of FATO	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m
Divergence each side to height above FATO	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%
Distance to height above FATO	1 745 m	1 163 m	877 m	581 m	870 m	580 m	435 m	290 m
Width at height above FATO	962 m	671 m	526 m	380 m	521 m	380 m	307.5 m	235 m
Divergence to parallel section	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%
Distance to parallel section	2 793 m	3 763 m	4 246 m	4 733 m	4 250 m	4 733 m	4 975 m	5 217 m
Width of parallel section	1 800 m	1 800 m	1 800 m	1 800 m	1 800 m	1 800 m	1 800 m	1 800 m
Distance to outer edge	5 462 m	5 074 m	4 882 m	4 686 m	3 380 m	3 187 m	3 090 m	2 993 m
Width at outer edge	1 800 m	1 800 m	1 800 m	1 800 m	1 800 m	1 800 m	1 800 m	1 800 m
Slope of first section	2.5% (1:40)	2.5% (1:40)	2.5% (1:40)	2.5% (1:40)	3% (1:20)	3% (1:20)	3% (1:20)	3% (1:20)
Length of first section	3 000 m	3 000 m	3 000 m	3 000 m	1 500 m	1 500 m	1 500 m	1 500 m
Slope of second section	3% (1:33.3)	3% (1:33.3)	3% (1:33.3)	3% (1:33.3)	6% (1:16.66)	6% (1:16.66)	6% (1:16.66)	6% (1:16.66)
Length of second section	2 500 m	2 500 m	2 500 m	2 500 m	1 250 m	1 250 m	1 250 m	1 250 m
Total length of surface	10 000 m	10 000 m	10 000 m	10 000 m	8 500 m	8 500 m	8 500 m	8 500 m
CONICAL								
Slope	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%
Height	55 m	55 m	55 m	55 m	55 m	55 m	55 m	55 m
TRANSITIONAL								
Slope	14.3%	14.3%	14.3%	14.3%	14.3%	14.3%	14.3%	14.3%
Height	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m

Internet of Things

Internet of Things (IoT) adalah struktur yang memungkinkan data untuk bergerak melalui jaringan tanpa hal-hal yang bergerak dalam satu arah atau antara orang-orang, menggunakan sumber daya jaringan komputer untuk mencapai tujuan. Internet of Things adalah perkembangan yang sangat cerdas dan efisien yang menggunakan berbagai alat untuk mengoptimalkan seluruh kehidupan sesuai dengan perkembangan ilmu pengetahuan melalui jaringan internet. Faktanya, perkembangan Internet of Things telah sangat memengaruhi kehidupan kita di semua aspek, dan semua alat yang digunakan dalam kehidupan kita sehari-hari menggunakan prinsip-prinsip IoT. Hampir semua alat yang digunakan saat ini menggunakan sensor pintar untuk meminimalkan jumlah pekerjaan, dan banyak alat tradisional menjadi lebih canggih dengan IoT. Misalnya, di zaman modern, Anda bisa merasakan sensasi menggunakan setrika dari dekat. Di masa lalu, setrika berbahan bakar batu bara digunakan, tetapi sekarang listrik mengalir langsung ke setrika hanya dengan mencolokkan kabelnya.

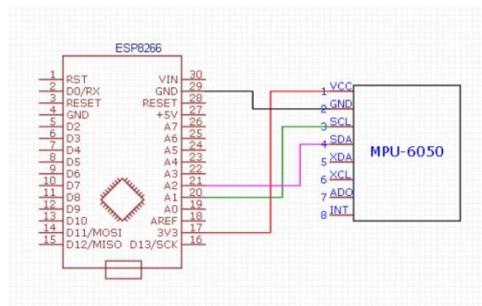
menggunakan sensor MPU-6050 sebagai sensor untuk menaikkan sudut lampu.

PERANCANGAN



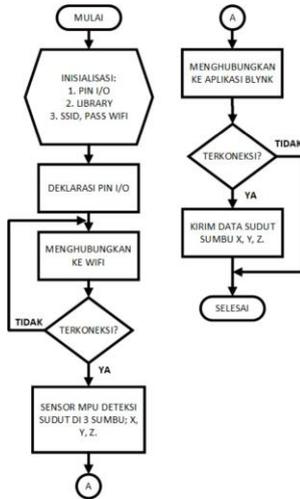
Gambar 3 Blok Diagram fungsional alat

Pada sistem ini, Sensor MPU-6050 sebagai sensor yang mendeteksi sudut lampu dimana jika sensor tersebut diarahkan keatas atau kebawah maka akan membaca sudut tersebut. Maka penulis membuat sebuah alat yang bisa mendeteksi sudut lampu, dengan



Gambar 2 Rangkaian Alat

Cara Kerja Alat

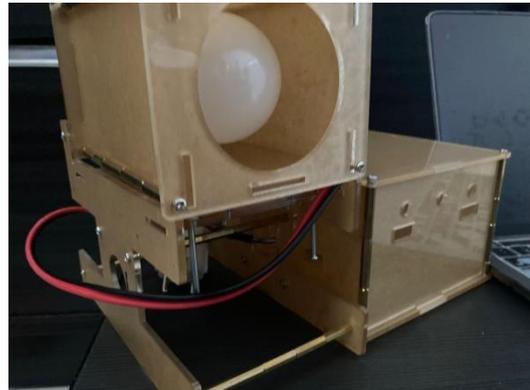


Gambar 4 Flow Chart Rancangan Alat

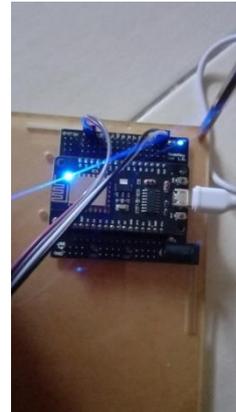
Berdasarkan desain, alat berperilaku sedemikian rupa sehingga ketika "boot", perangkat seperti pin input dan output yang digunakan sebagai konektivitas antara alat dan laptop atau ponsel, perpustakaan mikrokontroler, SSID dan kata sandi WiFi diinisialisasi. Setelah memantau dan mengamati perubahan sudut lampu, teknisi mendekati dan sensor MPU 6050 membaca sudut, yang diproses oleh mikrokontroler NodeMCU ESP6288, menampilkan output pada laptop terintegrasi. Mobile Web Monitoring - kemiran-lampu.com adalah jaringan internet yang menggunakan jaringan internet ponsel pintar atau biasa disebut hotspot. Teknisi kemudian memantau sudut pada layar antarmuka.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan hasil pengujian yang dilakukan. Pembahasan hasil penelitian ini diawali dengan hasil pengujian adaptor daya, pengujian sensor kemiringan gyroscope, dan pengujian NodeMCU. Keadaan sensor yang aktif dan tersedia untuk proses kerja sistem, yaitu sudut kemiringan lampu.



Gambar 5 System Alat Keseluruhan

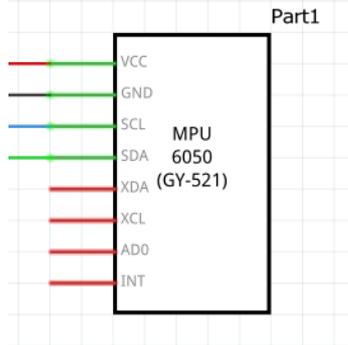


Gambar 6 Modul Alat Keseluruhan

NodeMCU

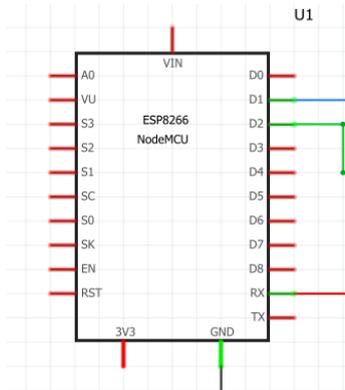
Antarmuka NodeMCU dengan komponen seperti sensor giroskop. Perintah ini dijalankan melalui antarmuka dan memberitahu NodeMCU untuk mengaktifkan sensor. Sensor secara otomatis mengirimkan sinyal ke NodeMCU ketika sudut kemiringan lamp berubah.

Rangkaian Sensor Gyroscope



Rangkaian sensor ini untuk mengetahui manakah yang dibuat untuk input dan output. Ketika berubah maka akan terdeteksi dan sensor memberikan sinyal.

Pengujian Software NodeMCU



Program ini didasarkan pada prinsip kerja sistem alat. Program yang dibuat dijalankan oleh perangkat lunak NodeMCU. Proses pengujian memeriksa fungsionalitas setiap port. Jika ada kesalahan, harus diperbaiki lagi untuk mendapatkan hasil yang baik. Pengujian diperlukan karena dampak yang tinggi pada semua perangkat komponen yang ada. Komponen elektronik, mekanik, perangkat lunak aplikasi pada komputer, dll. Jika tidak sesuai dengan pengaturan default, perangkat NodeMCU dan perangkat lain tidak sinkron.

Pengujian Sensor Gyroscope

Pada sensor Gyroscope dilakukan pengujian menggunakan busur penggaris dan dilakukan pengambilan data tiap merubah sudut secara manual. Berikut tabel hasil pengujian dengan menggunakan sensor Gyroscope yang sudah terhubung dengan NodeMCU.

No	Menggunakan Penggaris	Sudut X
1	2cm	3,85°
2	3cm	5,04°
3	4cm	7,82°
4	5cm	9,59°

No	Menggunakan Busur	Sudut Y
1	2°	2,56°
2	3°	3,72°
3	4°	4,45°
4	5°	5,97°

No	Menggunakan Busur	Sudut Z
1	2°	-5,29°
2	3°	-7,33°
3	4°	-9,50°
4	5°	-11,97°

Analisis : Pengujian dilakukan dengan menggunakan lembaran dan penggaris. Disimpulkan bahwa sensor gyro bekerja dengan baik dan memiliki nilai sensitivitas 0,860 V/g. Dan representasi errornya sebesar 5,64%.

Pengujian Sistem Keseluruhan

Dari pengujian masing-masing komponen tersebut terbentuklah desain alat berupa 'prototype gyroscope sebagai alat untuk kalibrasi sudut cahaya pendekatan berbasis web' dengan hasil pengujian sebagai berikut:

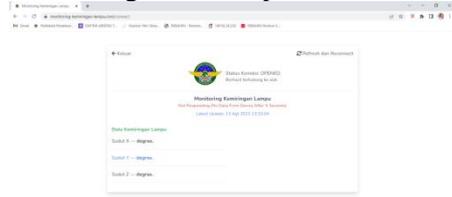
1. Luncurkan dan gunakan Google Chrome sebagai server dan buka web monitoring-kemiringan-lampu.com sebagai server monitoring.



2. Login aplikasi web dengan memasukkan id : admin

password : admin123

3. Tampilan aplikasi web monitoring sudut lampu



Analisis : Data pengujian ini didapatkan melalui percobaan pada Prototype Gyroscope sebagai alat bantu kalibrasi sudut lampu Approach berbasis WEB, sebagai monitoring dan Corrective Maintenance beberapa sudut dengan menggunakan sensor Gyroscope untuk melihat sudut lampu yang berbeda.

Kekurangan dan Kelebihan Alat

Setelah menjalankan beberapa pengujian pada beberapa komponen dan menguji seluruh sistem terintegrasi, kami menyimpulkan diskusi kami dengan menjelaskan kekuatan dan kelemahan alat sebagai berikut:

Kelebihan Alat

1. Alat dapat memonitoring sudut kemiringan lampu dengan akurat dalam waktu yang singkat apabila terjadi perubahan sudut.
2. Alat ini memonitoring 3 sudut yaitu sudut x dimana x untuk kemiringan lampu, sudut y untuk kemiringan tanah vertikal, dan sudut z untuk kemiringan horizontal.

Kekurangan Alat

1. Alat yang dikembangkan peneliti hanya dapat memantau sudut kemiringan dan tidak dapat mengontrol kalibrasi ulang lampu.
2. Alat ini menggunakan sensor yang sangat sensitif terhadap struktur tanah atau gravitasi bumi karena lapisan tanah sering berpindah-pindah, sehingga sistem perlu sering dikalibrasi.

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan uraian pada pembahasan rancangan sensor kemiringan lampu yang tertera pada bab sebelumnya maka dapat diambil kesimpulan :

1. Metode pengukuran dan pemantauan sudut cahaya pendekatan menggunakan sensor NodeMCU dan MPU-6050 untuk mendeteksi sudut bidang pada ketinggian cahaya pendekatan melalui antarmuka keluaran WEB.
2. Menggunakan mikrokontroler NodeMCU sebagai penerima dan pengelola perintah yang dikirim dari sensor MPU-6050 untuk mendeteksi sudut pandang, kemudian menggunakan perintah untuk mengeksekusi perintah melalui tampilan WEB, pendekatan sudut cahaya Prinsip kerja kalibrasi meter. Hotspot mentransmisikan melalui jaringan dan dapat diakses dari mana saja, memungkinkan teknisi memantau sudut lampu dengan mudah. Selain itu, dari hasil studi desain surveilans ini, sensor dapat terbaca pada tiga sumbu yaitu x, y, dan z, sehingga sudut model lampu dapat dipantau.

Saran

1. Pada perencanaan selanjutnya perlu dilakukan perancangan secara otomatis rangkaian kontrol dengan menambahkan solenoida, motor, dll karena adanya cacat pada desain kemiringan lampu.
2. Bahkan dengan konsep monitoring ini, teknisi harus datang ke area approach light saat terjadi perubahan kemiringan untuk melakukan perbaikan lereng dan inspeksi berkala sesuai rencana perawatan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Alfian, M. F dan Rifdian, I. S. (2018, 20 September). *Prototype Kontrol dan Monitoring Sudut Kemiringan PAPI (Precision Approach Path Indicator) Berbasis Mikrokontroller*. 1-6.
- [2] Arduino IDE. (2017, 26 Oktober). Diambil dari <http://allgoblog.com/apa-itu-arduino-ide-dan-arduino-sketch/>
- [3] Christopher J. Fisher. (2011, Juni 5). *Using An Accelerometer for Inclination Sensing: Tilt/Inclination Calculation*. Diambil dari <https://www.digik ey.com/en/articles/using-an-accelerometer-for-inclination-sensing>
- [4] Fahril, M. (2019). Rancangan dan Pengujian Pulsa Listrik Tegangan Tinggi DC Menggunakan FBT BSC25-T1010A dan Digunakan Pada Proses Elektroporasi Susu. Medan: Tesis Universitas Sumatera Utara.
- [5] Peraturan Jenderal Perhubungan Udara No. KP 39 Tahun 2015 MOS 139 VOL 1 *Standar Teknis dan Operasi Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil*. 2015. Jakarta.
- [6] Gamayel, Rizal. "Budiharto. W, (2007)." *Belajar sendiri 12 Proyek Mikrokontroler Untuk Pemula*.
- [7] ANNEX 14 Vol.2
- [8] Hartono, R. (2013). Perancangan Sistem Data Logger Temperatur Baterai Berbasis Arduino Duemilanove. Proyek Akhir Fakultas Teknik Universitas Jember.
- [9] Sinauarduino. (2016, 16 Maret). *Sinauarduino: Mengenal Arduino Software (IDE)*. Diambil dari <https://www.sinauarduino.com/artikel/mengenal-arduino-software-ide/>
- [10] Kurniawan, Ibnu. (2009). Otomasi Vertical Oil Removal Filter di cgs-1 PT. Hartono, R. (2013). Perancangan Sistem Data Logger Temperatur Baterai Berbasis Arduino Duemilanove. Proyek Akhir Fakultas Teknik Universitas Jember.
- [11] Driyono, B dan Jaya, M. N. (2020, 1 Juni). Inovasi Perancangan Alat Klinometer Digital Pengukur Sudut PAPI (Precision Approach Path Indicator) di Bandara Internasional Adisutjipto Yogyakarta. *Airman: Jurnal Teknik dan keselamatan Transportasi*. Vol III. 99-106
- [12] Rangkuti, F. H. (2017). *Rancang Bangun Alat Peringatan Dini Gempa Menggunakan Sensor Gyroscope Dan GSM Modul SIM 800L*. Medan, Indonesia: Politeknik Negeri Medan.
- [13] Noor, M.dkk. (2013). Rancang Bangun Alat Auto Receive Berbasis Mobile Phone Menggunakan Mikrokontroler AT Mega 328P. Samarinda : Jurnal Informatika Universitas Mulawarman
- [14] ThingsBoard. (n.d.). *NodeMCU Overview*. Diambil dari <https://thingsboard.io/docs/samples/nodemcu/>