

Desain *Smart* Patok Batas Negara untuk Deteksi Pergerakan dan *Landing Area* Poledrone

Hilda Khoirunnisa[#], Pipit Anggraeni, Safira Hafizhah Razan, Setyawan Ajie Sukarno,
Anggraeni Mulyadewi, Mustika Rahmah Handayani, Khoutal Taqi

Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika, Politeknik Manufaktur Bandung

Jl. Kanayakan No. 21, Dago, Bandung, Indonesia

hilda@polman-bandung.ac.id

Abstrak

Indonesia berbatasan langsung dengan Negara Papua Nugini, Malaysia, Timor Leste, dan Brunei Darussalam yang menyebabkan patok batas negara rawan terkena sengketa wilayah, hilang maupun bergeser. Kasus pergeseran patok di perbatasan wilayah Indonesia terjadi dikarenakan akses ke perbatasan yang sulit dan memakan waktu lama. Isu ini yang mendasari peneliti dalam membuat projek penelitian yang dapat mencegah terjadinya pergeseran patok di wilayah perbatasan. Penelitian ini dibuat sebagai salah satu solusi dalam mengatasi pergeseran patok batas negara secara *real-time* dengan merancang dan membuat *prototype smart* patok batas negara yang terhubung langsung kepada petugas penjaga perbatasan kemudian akan dipantau oleh Poledrone ke titik koordinat patok seharusnya. Metode pembuatan alat yaitu perancangan sistem, pembuatan desain, pembuatan *smart* patok, pengujian fungsional alat dan evaluasi. Dengan menggabungkan teknologi *GPS tracker*, *SMS gateway*, sensor *piezoelectric*, *solar cell rechargeable battery* sebagai opsional *power supply* dan Poledrone, menghasilkan suatu alat yang mampu mendeteksi apabila terjadi pergeseran pada patok batas negara. Fungsi utama *smart* patok selain dapat mendeteksi pergeseran dengan mengirim data titik koordinat melalui SMS juga dapat sebagai *landing area* Poledrone jika Poledrone tidak dapat memantau dari ketinggian di atas 1 Meter. Dengan demikian pemantauan patok batas negara menggunakan *smart* patok dan Poledrone dapat dilakukan dengan mudah, informasi cepat tersampaikan dan mengamankan wilayah di daerah perbatasan.

Kata kunci: *smart* patok, Poledrone, *GPS tracker*, *Piezoelectric*, *solar cell*, *drone*

Abstract

Indonesia borders directly with the countries of Papua New Guinea, Malaysia, Timor Leste and Brunei Darussalam, which makes the country's borders vulnerable to territorial disputes, being lost or shifted. The case of shifting markers at the Indonesian border occurred because access to the border was difficult and took a long time. This issue is what underlies researchers in creating research that can prevent shifts in border areas. This research was created as a solution to overcome actual shifts in national border markers by designing and creating a smart prototype of national border markers that is connected directly to border guard officers and then monitored by Poledrones to the point where the markers should be coordinated. The tool making method is system design, design creation, smart stake making, tool functional testing and evaluation. By combining *GPS tracker*, *SMS gate-way*, *piezoelectric sensors*, *solar cell rechargeable battery* as an optional power supply and Poledrones, we produce a tool that is able to detect shifts in national border markers. The main function of smart stakes, apart from being able to detect shifts by sending coordinate point data via SMS, also be used as a Poledrone landing area if the Poledrone can't monitor from a height above 1 meter. In this way, monitoring state border markers using smart markers and Poledrones can be done easily, information can be quickly conveyed and areas in border areas can be secured.

Keywords: *smart benchmark*, *Poledrone*, *GPS tracker*, *Piezoelectric*, *solar cell*, *drone*

I. PENDAHULUAN

Patok digunakan sebagai penanda atau batas dan pemisah kedaulatan suatu negara yang didasarkan

atas hukum internasional [1], [2]. Tertera dalam Pasal 1 ayat (1) Undang- Undang Republik Indonesia Nomor 43 Tahun 2008 yang menjelaskan mengenai Wilayah Negara. Indonesia berbatasan langsung dengan Negara Papua Nugini, Malaysia,

Timor Leste dan Brunei Darussalam yang menyebabkan patok batas negara rawan terkena sengketa wilayah, hilang maupun bergeser. Seperti kasus patok perbatasan Indonesia dengan Malaysia di Pulau Sebatik, Kabupaten Nunukan Kalimantan Utara (Kaltara), tepatnya di Desa Ajikuning, Kecamatan Sebatik Tengah dilaporkan bergeser hingga 1 kilometer pada 20 Maret 2019 pernyataan ini disampaikan Asisten Intelijen Koarmatim II, Kolonel Laut Jatiar Sinaga [3]. Kasus pergeseran patok di perbatasan wilayah Indonesia terjadi dikarenakan akses ke perbatasan yang sulit dan memakan waktu lama. Isu ini yang mendasari peneliti dalam membuat proyek penelitian yang dapat mencegah terjadinya pergeseran patok di wilayah perbatasan.

Penelitian terkait yang sudah dilakukan sebelumnya yaitu pendeteksi patok batas negara berbasis *SMS gateway* menggunakan *limit switch* sebagai sensor posisi patok yang menggunakan baterai sebagai *power supply* [6][7]. Merujuk kinerja sistem pada penelitian tersebut, maka dibuat suatu sistem yang dapat mendeteksi pergeseran patok dengan cepat yaitu penambahan sensor *piezoel-ektrik* [6], [7]–[12] dan Poledrone guna mempermudah penjaga perbatasan dalam mengakses langsung ke wilayah perbatasan yang sulit di jangkau. Peneliti juga menambahkan sistem *solar cell rechargeable battery* sebagai power opsional dalam sistem *smart* patok batas negara.

Berdasarkan penelitian terdahulu dan pengembangan riset teknologi dari sistem GPS (*Global Positioning System*) *tracker* [13] menggunakan teknologi *SMS gateway* pada jaringan GSM (*Global System for Mobile Communication*) [14]–[18], Poledrone dan *solar cell rechargeable* [19], [20]–[23] diharapkan *smart* patok batas negara dapat mendeteksi pergeseran yang terjadi dengan menggunakan Poledrone sebagai alat bantu dalam mengakses area perbatasan wilayah [24] yang sulit dan memakan waktu lama apabila harus menunggu petugas sampai di lokasi terlebih dahulu. Selain itu, *smart*

patok batas negara didesain sebagai *safe landing area* Poledrone yang memiliki ketinggian total 1 meter [19], [20] agar mempermudah Poledrone untuk mendeteksi dalam jangkauan dekat dan landing jika dalam kondisi tidak dapat mendeteksi keberadaan patok di atas 1 meter [27].

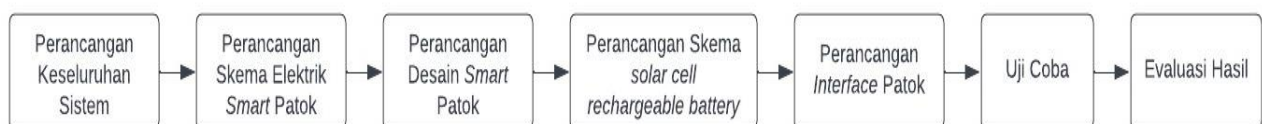
II. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode penelitian evaluatif. Penelitian dilakukan dengan menggunakan desain penelitian evaluatif dengan pendekatan kuantitatif. Metode ini melibatkan 3 tahap utama yaitu perancangan, uji coba dan evaluasi hasil. Berikut diagram alir dari penelitian yang dibuat ditunjukkan pada Gambar 1.

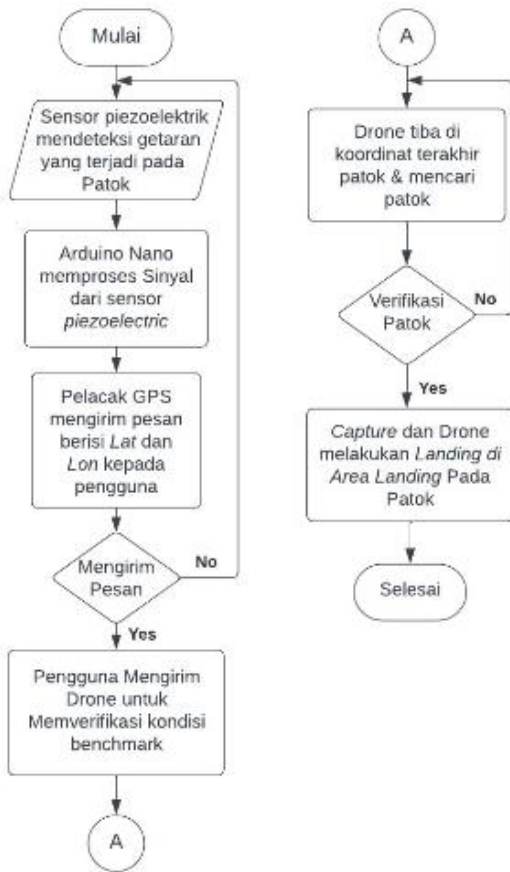
A. Perancangan Sistem

Pada tahap perancangan sistem keseluruhan dari *Smart Patok* meliputi *flowchart* sistem, skema elektrik, perancangan desain *smart* patok, perancangan skema *power supply* menggunakan *solar cell rechargeable battery* dan perancangan *interface* patok.

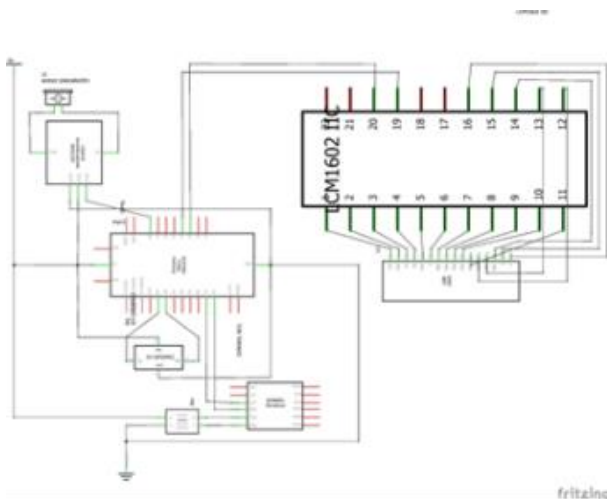
Gambar 2 menunjukkan *flowchart* dari keseluruhan kerja sistem. Mulai dari sensor *piezoelectric* yang mengirim sinyal getaran ke *GPS Tracker Module* yang kemudian akan mengirimkan pesan ke *user* berupa nilai *Lattitude* dan *Longitude* dari *smart* patok kemudian mengidentifikasi titik koordinat berdasarkan *latitude* dan *longitude* yang sudah dikirimkan. Setelah mendapatkan lokasi, *user* mengirim Poledrone untuk mencari keberadaan *smart* Patok. Setelah menemukan *smart* Patok, Poledrone akan berada di atas *smart* patok untuk melakukan *landing*. *User* dapat memantau melalui *remote control* yang terhubung dengan GPS atau dapat membuka ap-likasi *Qgroundcontrol* untuk membandingkan titik koordinat Poledrone secara *real-time* dengan data titik koordinat *smart* patok sebelumnya.



Gambar 1. Diagram alir penelitian



Gambar 2. Flowchart sistem smart patok batas negara untuk deteksi dan landing area Poledrone [28][29]



Gambar 3. Skema elektrik smart patok

B. Perancangan Skema Elektrik

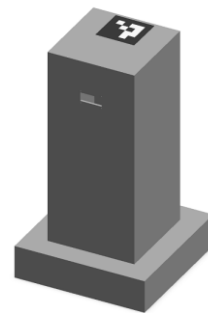
Tahap perancangan skema elektrik menunjukkan perancangan elektrik dari smart patok. LCD berfungsi untuk menampilkan data *latitude* dan *longitude*. Pada Gambar 3 ditunjukkan skema elektrik dari smart patok, terdapat komponen pendukung seperti modul sensor *piezoelectric*, GPS modul, SIM800L (GSM modul), LM2596 (*Step*

Down), Arduino Nano, LCD 20 x 4 dan *power supply* 5V 3A. Program yang dibuat sebagai GPS *tracker* yang mampu mengirim teks titik koordinat lokasi *real-time* kepada *user*.

C. Perancangan Desain Smart Patok

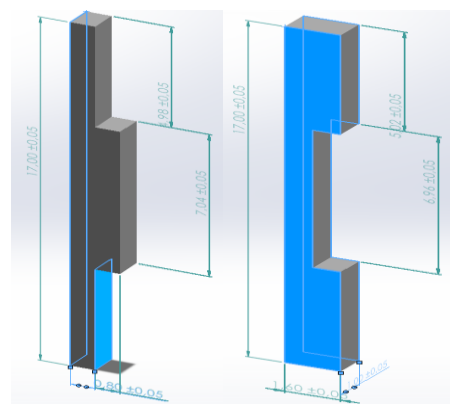
Pada tahap perancangan desain dari smart patok menunjukkan desain yang sesuai standart minimal pembuatan patok suatu wilayah dan berdasarkan perhitungan ketinggian yang aman untuk Poledrone dalam melakukan *landing*. Desain pada Gambar 4 menyesuaikan dengan ukuran standar pembuatan patok yaitu ± 1 meter dan jarak aman Poledrone terbang dari permukaan tanah. Desain kotak di bagian atas yaitu untuk penempatan LCD 20 x 4 sedangkan kotak di bawah untuk akses masuk ke *electrical wiring* dari smart patok.

Gambar 4 (a) menunjukkan desain patok yang sudah diberi ArUco Marker. Fungsi dari ArUco marker adalah sebagai objek yang dapat dideteksi oleh Poledrone, sehingga memudahkan Poledrone dalam mencari dan memverifikasi keberadaan patok batas negara di wilayah perbatasan yang sulit di jangkau.



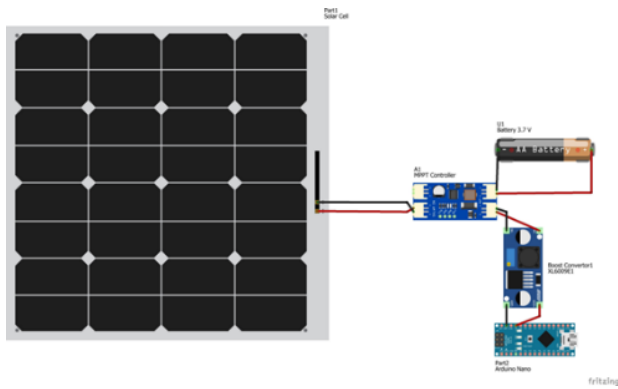
(a)

Gambar 4. Desain smart patok yang diberi ArUco



(b)

Gambar 4. Desain pengunci antarsisi patok



Gambar 5. Sistem solar cell rechargeable battery

Gambar 4 bagian (b) menunjukkan desain pengunci dari *smart* patok agar lebih kokoh dan menghemat biaya. Bahan yang digunakan merupakan akrilik 8 mm.

D. Perancangan Solar Cell Rechargeable Battery

Pada tahap perancangan sistem dari *solar cell rechargeable battery* menunjukkan rangkaian *solar cell rechargeable battery* sebagai *power supply smart patok*.

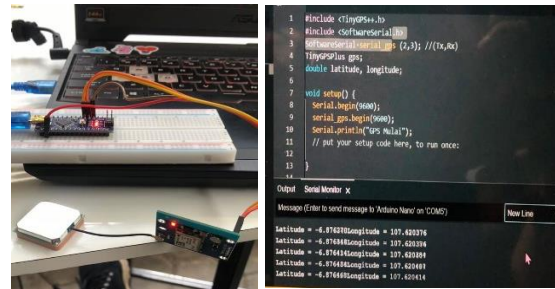
Gambar 5 menunjukkan terdapat beberapa komponen pendukung untuk pembuatan *solar cell rechargeable battery* yaitu *solar cell 5V 3A*, *MPPT CN3791 controller* yang merupakan pengendali tegangan dari *solar cell* agar *battery* tidak *overcharged* saat *solar cell* dalam kondisi maksimum dengan tegangan *battery maximal 3.7V*. *MPPT controller* yang digunakan memiliki tegangan input mulai dari *6V-12V*, karena menggunakan *solar cell 5V* maka peneliti menggunakan *MPPT 9V* agar *MPPT* aman ketika *solar cell* dalam kondisi maksimum di atas *5V*. *Battery* yang digunakan merupakan *battery Li-ion 18650* yang memiliki tegangan *output* sebesar *3.7 V* dan *3000mAh*. Karena tegangan yang dihasilkan kurang maka harus menggunakan *step up converter XL6009E1* untuk menaikkan tegangan dari *Li-ion battery* yang hanya sebesar *3.7V* lalu dihubungkan ke *Arduino Nano* yang memiliki tegangan *input 5V-12V*.

E. Perancangan Interface Smart Patok

Pada tahap perancangan *interface smart patok* menunjukkan *interface* yang dipasang pada *smart patok*. Peneliti menggunakan *LCD 16 x 2* sebagai *interface* dalam menampilkan status pengiriman pesan dan titik koordinat *smart patok* terbaru ketika terjadi pergeseran. Tampilan *LCD* untuk pertama kali ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Tampilan LCD pertama kali



(a)

(b)

Gambar 7. Pengujian GPS Modul

Ketika sensor piezoelektrik menunjukkan *value* di atas *100* maka *LCD* akan menampilkan status mengirim pesan. Setelah pesan terkirim *LCD* akan menampilkan *Lat (latitude)* dan *Lon (Longitude)* terbaru.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian Sistem Elektrik Smart Patok

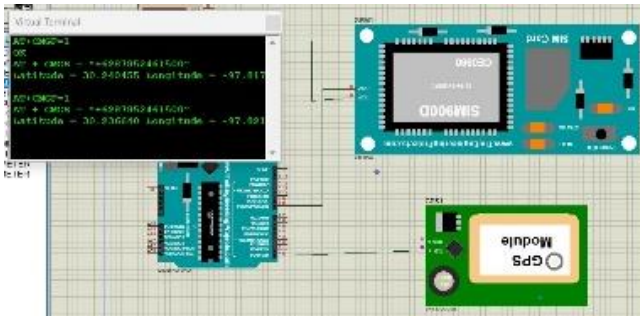
Pengujian yang dilakukan berupa pengujian komponen *GPS*, *GPS* dan *GSM (GPS Tracker Modul)*, *Sistem Wiring Keseluruhan GPS Tracker* menggunakan sensor *piezoelectric*.

1. Proses Pengujian GPS

Pengujian terhadap *GPS Modul* yaitu mendeteksi lokasi yang akan dijadikan titik koordinat *smart patok* berada. Hasilnya komponen *GPS* dapat mendeteksi lokasi *user* dengan menampilkan nilai *latitude* dan *longitude*. Tabel 1 menunjukkan pengujian *GPS* dengan membandingkan titik koordinat hasil *GPS* yang terbaca dengan titik koordinat peneliti ketika sedang melakukan pengujian.

Tabel 1. Pengujian GPS

No	Titik koordinat GPS	Titik koordinat Actual	Error (%)
1	-6.876753, 107.620422	-6.8776, 107.6202	0,01%
2	-6.877434, 107.620226	-6.8776, 107.6202	0,003%
3	-7.932089, 112.649340	-7.9321, 112.6493	0%
4	-6.877516, 107.621250	-6.8776, 107.6202	0,003%
5	-6.877516, 107.621250	-6.8776, 107.6202	0,003%



Gambar 8. Simulasi GPS Tracker menggunakan Proteus

Keterangan:

- a. Lingkungan Politeknik Manufaktur Bandung (2 Tempat)
(-6.8776, 107.6202)
- b. STIKes Kendedes
(-7.9321, 112.6493)

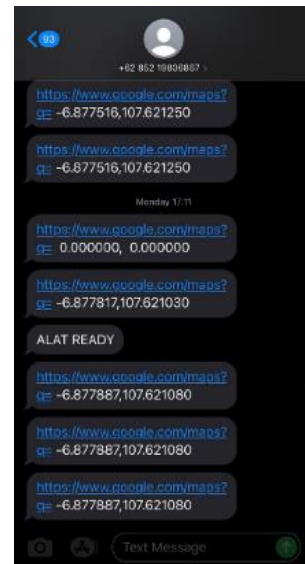
Berikut merupakan perhitungan presentase *error* data *latitude* dan *longitude* yang diperoleh GPS GY-NEO [30]:

$$\sum \%Error = \frac{Nilai Acuan - Nilai Terukur}{Nilai Acuan} \times 100\% \quad (1)$$

Hasil pengujian pada Tabel 1 menunjukkan toleransi *error* titik koordinat yang terbaca GPS dengan lokasi asli peneliti yaitu 0,004%.

2. Proses Pengujian GPS Tracker Menggunakan Sensor Piezoelectric

Pada pengujian GPS Tracker dilakukan dengan 2 cara yaitu simulasi pada Proteus dan pengujian secara langsung. Gambar 8 menunjukkan bahwa GSM dapat mengirim pesan dari GPS ke nomor yang dituju menggunakan simulator proteus. Sedangkan Gambar 9 menunjukkan hasil pengujian kirim SMS berupa latitude dan longitude secara aktual.



Gambar 9. Pengujian pengiriman SMS

Tabel 2. Pengujian GPS tracker menggunakan sensor Piezoelectric

No	Titik Koordinat yang Dikirim		Nilai ADC (Piezo)	Ket.
	Latitude	Longitude		
1	-7.932089	112.649340	432	Berhasil
2	-6.877516	107.621250	225	Berhasil
3	-6.877516	107.621250	305	Berhasil
4	0.0000	0.0000	75	Tidak Berhasil
5	-6.877817	107.621030	125	Berhasil
6	-6.877887	107.621080	115	Berhasil
7	-6.877887	107.621080	105	Berhasil
8	-6.877887	107.621080	148	Berhasil
9	0.0000	0.0000	98	Tidak Berhasil
10	0.0000	0.0000	76	Tidak Berhasil

Hasil yang diperoleh dari Tabel 2 menunjukkan bahwa apabila nilai ADC yang dihasilkan dari sensor *piezoelectric* kurang dari 100, maka GPS Tracker tidak dapat mengirim pesan yang berupa *latitude* dan *longitude*. Selain itu saat titik koordinat yang muncul di SMS bernilai 0, ketika dilihat pada serial monitor posisi *latitude* dan *longitude* tetap muncul dari hasil *pointing* GPS tersebut.

3. Pengujian Wiring Keseluruhan Sistem Elektrik GPS Tracker

Pada pengujian keseluruhan sistem elektrik pada Gambar 10 dari smart patok batas negara menguji sistem yang berupa GPS tracker menggunakan sensor Piezoelectric sebagai pendeteksi pergeseran yang terjadi pada patok.



Gambar 10. Rangkaian elektrik *smart* patok batas negara

Tabel 3. Pengujian *baudrate* pada rangkaian sistem

Baud Rate (bps)	Kinerja Sistem	Waktu
2400	Error	-
4800	Error	-
9600	Berfungsi	3 menit
57600	Error	-
2400	Error	-

Tabel 4. Pengujian *power supply*

No	Jenis Power Supply	Tegangan (V)	Arus (A)	Stabilitas	Ket.
1	Baterai	9	3	Stabil	Komponen Rusak
2	Power Supply	5,7	1,2	Tidak Stabil	GPS tidak bisa pointing
3	Adaptor	5	3	Stabil	Sistem berfungsi dengan baik
4	Solar Cell Rechargeable Battery	6	0.3	Tidak Stabil	Sistem tidak berfungsi dengan baik

Tabel 3 menunjukkan hasil dari pengujian *baud rate* yang dipilih terhadap kinerja sistem. Hasilnya *baud rate* yang efisien dalam melakukan komunikasi serial pada sistem GPS Tracker menggunakan sensor *piezoelectric* yaitu dengan menggunakan nilai 9600 bps. Waktu kecepatan untuk GPS dan GSM mentransfer data \pm 3 menit di awal sistem menyala. Namun jika sudah berjalan *continues*, *transfer* data mampu dilakukan kurang dari 3 menit.

Tabel 4 menunjukkan hasil pengujian sistem untuk *power supply*. Sistem berfungsi dengan baik dan stabil pada jenis *power supply* adaptor dengan tegangan 5 V dan arus 3 A.



(a)



(b)

Gambar 11. Patok tampak depan (a) dan belakang (b)

B. Pengujian Desain Smart Patok

Pada tahap pengujian desain *smart* patok dilakukan realisasi desain yang sudah dirancang sebagai prototipe *smart* patok.

Pembuatan *smart* patok menggunakan bahan akrilik dengan ketebalan 8mm dipilih karena memiliki beberapa keunggulan seperti 17x lebih tahan benturan daripada kaca, tidak bereaksi terhadap sinar matahari, tahan terhadap cuaca luar ruangan, isolator listrik yang baik mampu melindungi rangkaian elektronika dari kontak yang tidak diinginkan, tahan terhadap reaksi bahan kimia dibandingkan dengan sebagian besar bahan plastik lainnya, kemudahan pengerjaan dan yang terpenting mampu menembus sinyal sensor. Selain itu, sisi patok dibuat bergerigi untuk mempererat struktur akrilik ketika di-assembly.

1. Pelapisan Material Patok

Pelapisan akrilik menggunakan *pylox* berfungsi untuk meningkatkan ketahanan terhadap bahan kimia, meningkatkan sifat termal akrilik seperti konduktivitas panas dan penambahan warna sebagai bentuk keestetikaan desain tampilan akhir.



Gambar 12. Pelapisan material patok

Tabel 5. Pengujian kebocoran material akrilik

No	Material Pengujian	Waktu	Keterangan
1	Air	5 menit	Tidak Bocor
2	Batu Kerikil	5 menit	Tidak Bocor
3	Tanah	5 menit	Tidak Bocor
4	Batu Diameter 15cm	5 menit	Tidak Bocor

Tabel 6. Pengujian *temperature*

No	Kondisi Suhu	Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	Keterangan
1	Suhu Dingin	-5	Tidak Pecah
2	Suhu Dingin	-1	Tidak Pecah
3	Suhu Ruangan	25	Tidak Pecah
4	Suhu Panas	100	Tidak Pecah
5	Suhu Sangat Panas	<1000	Tidak Pecah

2. Pengujian Ketahanan Material Patok

Pada tahap pengujian ketahanan material patok dilakukan pengujian dengan cara menguji kebocoran patok dan *temperature* yang menunjukkan ketahanan patok pada suhu rendah maupun tinggi.

Hasil menunjukkan pada Tabel 5, dengan menggunakan 4 material yang berbeda, patok dengan bahan akrilik mampu menahan segala kebocoran selama 5 menit. Sedangkan pada Tabel 6, menunjukkan bahwa patok akrilik dapat bertahan di suhu rendah (-1°C) hingga suhu tinggi (<1000 $^{\circ}\text{C}$).

C. Pengujian Solar Cell Rechargeable Battery

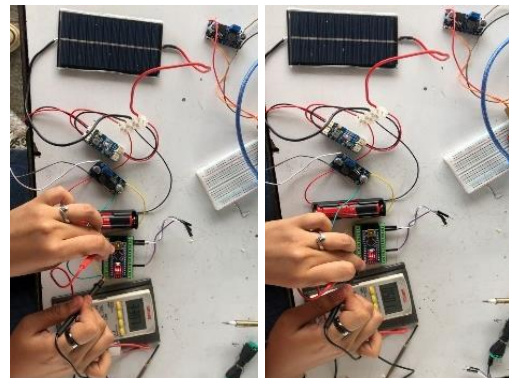
Pada tahap pengujian *solar cell rechargeable battery* dilakukan pengujian terhadap *solar cell* dan *battery* Li-ion.



Gambar 13. Tegangan awal *battery* Li-ion 3,7V

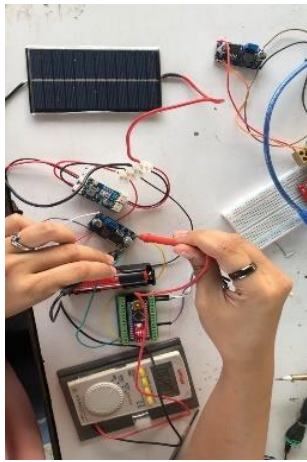


Gambar 14. Tegangan output *maximal solar cell*



Gambar 15. Hasil Tegangan yang diterima Arduino

Gambar 13 menunjukkan kondisi tegangan *output battery* sebelum digunakan ke dalam rangkaian. Tegangan yang tertera sebesar 3,2V dikarenakan sebelumnya sudah terpakai untuk mencoba fungsi dari *battery*. Gambar 14 menunjukkan hasil tegangan *maximal output solar cell* yaitu sebesar 6,9V di bawah terik matahari antara pukul 11.00 hingga 12.30 WIB. Gambar 15 menunjukkan rangkaian *solar cell rechargeable battery* dan tegangan *output* yang dapat dihasilkan oleh Arduino. Tampak bahwa Arduino dapat mengeluarkan tegangan 5V dan 3,3V. Maka Arduino Nano dapat digunakan untuk menjalankan rangkaian GPS *tracker* dengan sensor piezoelectric.



Gambar 16. Tegangan akhir *battery*



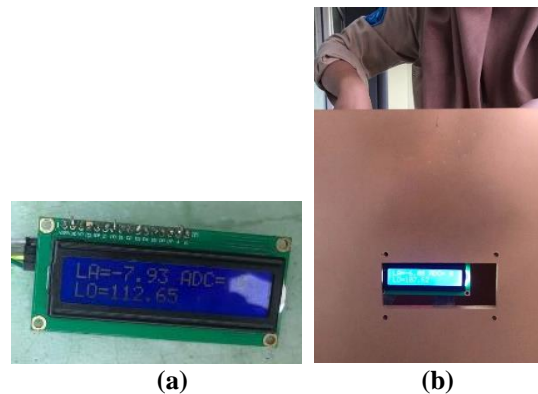
Gambar 17. Hasil tegangan saat *battery* sedang *recharge*

Gambar 16 menunjukkan tegangan akhir dari *battery* Li-ion 3.7V setelah dikonsumsi oleh *Load* yang berupa Arduino Nano. Tegangan turun hingga mencapai 0.8V karena konsumsi arus dan tegangan yang dibutuhkan arduino cukup besar yaitu 5V 3A sedangkan tegangan *output battery* hanya 3.7V dan dibantu *step up* yang konsumsinya juga besar sehingga menyebabkan *battery* cepat habis.

Gambar 17 menunjukkan kondisi saat *battery* sedang *recharge*. Namun, *battery* akan *recharge* dengan cepat jika *load* dilepaskan terlebih dahulu jika tidak maka proses *battery recharge* akan semakin lama. Hal ini dikarenakan tegangan *battery* sebelum di *step up* lebih rendah dari tegangan yang dibutuhkan Arduino Nano untuk dapat bekerja dengan optimal.

Tabel 7. Pengujian *solar cell rechargeable battery* tanpa *load*

Waktu	Tegangan baterai awal	Tegangan solar cell	Tegangan baterai akhir	Δ Baterai
11.00-12.00	0,43 V	6,5 V	1,82 V	1,39 V
12.00-13.00	1,83 V	6,5 V	3,22 V	1,39 V
13.00-14.00	3,22 V	6 V	3,54 V	0,32 V
14.00-15.00	3,54 V	5,9 V	3,61 V	0,07 V
15.00-16.00	3,61 V	5,5 V	3,62 V	0,01 V



Gambar 18. Tampilan LCD

Tabel 7 menunjukkan *solar cell rechargeable battery*, pengujian di mulai pukul 11.00 WIB dengan meletakkan rangkaian *solar cell rechargeable battery* di tempat terbuka yang terpapar sinar matahari langsung. Saat *solar cell* digunakan sebagai *power supply* tambahan hanya dapat bertahan selama ± 2 menit karena arus yang dimiliki *solar cell* kurang dari 3 Ampere. Maka dari itu untuk membuat *power supply* dari *solar*, perlu digunakan *solar panel* yang memiliki tegangan 5V dengan arus 3A.

D. Pengujian Interface Smart Patok

Pengujian *interface smart patok* dilakukan untuk menguji *interface* yang berupa LCD dapat berfungsi sesuai dengan program yang dibuat yaitu menampilkan nilai *latitude*, *longitude* dan ADC dari GPS Tracker menggunakan sensor *piezoelectric* seperti pada Gambar 18.

Pada Tabel 8 menunjukkan tampilan LCD ketika sensor *piezoelectric* mendeteksi getaran maka tampilan LCD akan berubah yaitu menunjukkan status mengirim SMS dan nilai *latitude* dan *longitude* patok terakhir.

Tabel 8. Pengujian rangkaian LCD

No	Kondisi Sensor	Tampilan LCD	Keterangan
1	Tidak Mendeteksi Getaran	Tidak Berubah	<i>Latitude</i> dan <i>Longitude</i> bernilai 0
2	Mendeteksi Getaran	Berubah	Menampilkan nilai <i>lat</i> dan <i>lon</i>

E. Pembahasan

GPS GY-NEO mampu mendeteksi lokasi dengan akurat 99% dari lokasi *actual*. Dengan menggunakan *baud rate* 9600 menghasilkan kecepatan *transfer* data GPS dan GSM yang memadai dalam pemantauan dan pelacakan. Penggunaan *Baud rate* yang tepat terbukti dapat menyediakan keseimbangan yang baik antara kecepatan *transfer* data dan stabilitas komunikasi. Sehingga ketika sensor *piezoelectric* mendeteksi adanya getaran, GPS Tracker (GPS dan GSM) dengan cepat mengirimkan notifikasi berupa SMS yang berisi *latitude* dan *longitude* kepada *user*. Namun, perlu diperhatikan dalam pemasangan sensor *piezoelectric* pada sistem jika pemasangan tidak benar menyebabkan gangguan pada sinyal yang dikirim sehingga *latitude* dan *longitude* tidak muncul di SMS. Selain itu *power* yang digunakan agar seluruh rangkaian komponen mampu berfungsi dengan baik harus menggunakan *power supply* yang stabil di 5V 3A. Jika lebih dari itu berdasarkan hasil *trial and error*, GPS akan mengalami kerusakan sehingga menyebabkan sulit untuk *pointing* dan sistem tidak akan menampilkan titik koordinat yang seharusnya. Sedangkan untuk GSM/SIM800L membutuhkan tegangan sebesar 3.7 V toleransi tegangan sekitar 3% tidak boleh lebih. *Solar cell rechargeable battery* mampu memasok daya ke sistem selama ± 2 menit sehingga tidak cocok bila harus digunakan secara *continues*.

Desain patok dengan bahan akrilik yang memiliki ketebalan 8 mm, cocok digunakan sebagai prototipe untuk bahan ajar penelitian patok batas negara karena memiliki ketahanan yang bagus dalam kondisi lingkungan luar. Bahan ini tidak mudah pecah, retak dan bocor sehingga jika diberi rangkaian elektrik di dalamnya lebih aman. Selain itu desain yang dibuat mampu menahan dan menjadi tempat *landing* Poledrone apabila Poledrone tidak dapat memverifikasi dari ketinggian di atas 1 meter.

Hasil penelitian sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh A. Mursyid dan L. Mirza [4] bahwa deteksi patok menggunakan GPS dan GSM mampu mendeteksi dan mengirim notifikasi kepada *user* jika patok bergeser dari tempat semula.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian dan pembahasan mengenai desain smart patok batas negara untuk deteksi dan landing area Poledrone dapat diperoleh kesimpulan yaitu penambahan GPS Tracker menggunakan sensor *piezoelectric* sebagai *smart system* patok batas negara dalam mendeteksi getaran dari pergeseran *benchmark* mampu berfungsi dengan baik sehingga dapat mempermudah user memantau kondisi letak koordinat patok batas negara. Titik koordinat yang dibaca GPS 99% akurat dengan titik koordinat aktual. Selain itu, penambahan solar cell *rechargeable battery* pada sistem GPS tracker menggunakan sensor *piezoelectric* sebagai smart system di patok batas negara tidak efisien apabila dipakai secara *continues*. Butuh solar panel yang mempunyai tegangan stabil sebesar 5V 3A, jika hanya menggunakan solar cell tidak bisa digunakan secara *continues* dan hanya bertahan ± 2 menit dalam menjalankan *smart system* patok batas negara.

Saran pengembangan untuk peneliti selanjutnya untuk rangkaian *solar cell rechargeable battery*, gunakan MPPT *controller* yang mampu *recharge battery* bertegangan besar agar penyimpanan tegangan yang berupa *battery* dapat menghasilkan tegangan output lebih besar dibandingkan dengan rangkaian sistem, penggunaan *solar panel* lebih cocok untuk rangkaian kompleks yang harus beroperasi terus menerus. Penggunaan material di wilayah aktual dapat menggunakan bahan yang lebih tahan lama seperti aluminium dan *stainless steel* jika ingin menggunakan akrilik dibutuhkan penelitian lebih intens untuk melihat ketahanan bahan akrilik dalam waktu jangka panjang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh *Matching Fund* 2023, PT. Geotronix Pratama Indonesia dan Politeknik Manufaktur Bandung.

REFERENSI

- [1] W. KArtikasari, "Mempelajari Wilayah Perbatasan Sebagai Ruang Bersama," *J. Hub. Int.*, vol. 1, no. 2, 2012.
- [2] MPOC, lia dwi jayanti, and J. Brier, "Illegal Fishing Di Wilayah Yurisdiksi Indonesia Dalam Perspektif Hukum Internasional, Hukum Nasional Dan Hukum Islam: Analisis Peneggelaman Kapal Oleh Kementerian Kelautan Dan Perikanan (Kkp) Periode 2014 - 2019," *Malaysian Palm Oil Counc.*, Vol. 21, No. 1, Pp. 1–9, 2020.

- [3] O. News, "Patok Indonesia-Malaysia Di Pulau Sebatik Bergeser," *Okezone News*, 2021.
- [4] A. Mursyid dan L. Mirza, "Pendeteksi Patok Batas Negara Berbasis," *PELITA*, Vol. XI, No. 1, Pp. 78–88.
- [5] P. Kresno Aji Nim, B. Soedijono Wiria Atmadja, And E. Pramono, "Konsep Purwarupa Patok Batas Wilayah Menggunakan Wemos D1 Dan Metode Triangulasi," *J. Din. Inform.*, Vol. 8, No. 2, Pp. 91–111, 2019.
- [6] P. R. Prasad, A. Bhanuja, L. Bhavani, B. Bhoomika, And B. Srinivas, "Power Generation Through Footsteps Using Piezoelectric Sensors Along With Gps Tracking," *2019 4th Ieee Int. Conf. Recent Trends Electron. Information, Commun. Technol. Rteict 2019 - Proc.*, Pp. 1499–1504, 2019.
- [7] Y. Yu, X. Qin, S. Hussain, W. Hou, And T. Weis, "Pedestrian Counting Based On Piezoelectric Vibration Sensor," *Appl. Sci.*, Vol. 12, No. 4, Pp. 1–16, 2022.
- [8] H. Jaffe, "Piezoelectric Ceramics," *J. Am. Ceram. Soc.*, Vol. 41, No. 11, Pp. 494–498, 2018.
- [9] E. Villeneuve, C. Volat, And S. Ghinet, "Numerical And Experimental Investigation Of The Design Of A Piezoelectric De-Icing System For Small Rotorcraft Part 2/3: Investigation Of Transient Vibration During Frequency Sweeps And Optimal Piezoelectric Actuator Excitation," *Aerospace*, Vol. 7, No. 5, 2020.
- [10] S. Sultana, T. Akand, And M. Dey, "Design And Implementation Of Home Security System Using Pzt," *Proc. 9th Int. Conf. Electr. Comput. Eng. Icece 2016*, Vol. 5, No. 1, Pp. 554–557, 2017.
- [11] Y. Song, H. Jo, And J. H. Song, "Multiresponsive 3d Structured PvdF Cube Switches For Security Systems Using Piezoelectric Anisotropy," *Acs Appl. Mater. Interfaces*, Vol. 15, No. 32, Pp. 38550–38561, 2023.
- [12] A. H. Daraji, J. M. Hale, And J. Ye, "New Methodology For Optimal Placement Of Piezoelectric Sensor/Actuator Pairs For Active Vibration Control Of Flexible Structures," *J. Vib. Acoust.*, Vol. 140, No. 1, 2018.
- [13] M. F. Ahmed, J. C. Mohanta, And M. N. Zafar, "Development Of Smart Quadcopter For Autonomous Overhead Power Transmission Line Inspections," *Mater. Today Proc.*, Vol. 51, No. Xxxx, Pp. 261–268, 2021.
- [14] S. Nikumbh, A. Karad, A. Kotwal, P. Karawande, And D. R. Gatne, "Theft Protection System For Vehicle," *Www.Irjmets.Com @International Res. J. Mod. Eng.*, No. 02, Pp. 1255–1258, 1255, 2022.
- [15] A. Bukola, "Development Of An Anti-Theft Vehicle Security System Using Gps And Gsm Technology With Biometric Authentication," *Int. J. Innov. Sci. Res. Technol.*, Vol. 5, No. 2, Pp. 1250–1260, 2020.
- [16] S. Verma, A. S. Jamwal, S. Chauhan, And S. Mohanty, "Vehicle Tracking System Using Gps And Gsm," *Lect. Notes Electr. Eng.*, Vol. 668, No. 2, Pp. 779–786, 2021.
- [17] A. Mounika And A. Chepuru, "Gps-Gsm Predicated Vehicle Tracking And Monitoring System Using A Mobile App Based On Google Map," *Int. Res. J. Eng. Technol.*, Pp. 197–200, 2008.
- [18] S. K J, A. Farana, S. S, B. Salina, And M. Istikhar, "Smart Vehicle With Theft Prevention Using Gsm And Gps," *Ijireeice*, Vol. 5, No. 6, Pp. 93–98, 2017.
- [19] M. Sharon, P. Veluchamy, C. Natarajan, And D. Kumar, "Solar Rechargeable Battery-Principle And Materials," *Electrochim. Acta*, Vol. 36, No. 7, Pp. 1107–1126, 1991.
- [20] Q. Li, Y. Liu, S. Guo, And H. Zhou, "Solar Energy Storage In The Rechargeable Batteries," *Nano Today*, Vol. 16, Pp. 46–60, 2017.
- [21] C. Peng And L. Guo, "Solar-Driven Rechargeable Lithium Sulfur Battery," *Advanced Science.*, Vol. 6, Pp. 1–8, 2019.
- [22] Q. Wang, H. Chen, E. Mcfarland, And L. Wang, "Solar Rechargeable Batteries Based On Lead-Organohalide Electrolyte," *Adv. Energy Mater.*, Vol. 5, No. 24, Pp. 1–6, 2015
- [23] G. Denmler *Et Al.*, "A Self-Rechargeable And Flexible Polymer Solar Battery," *Sol. Energy*, Vol. 81, No. 8, Pp. 947–957, 2007.
- [24] E. P. Esahstiansyah, "Penggunaan Drone Sebagai Pesawat Udara Menurut Hukum Internasional Dan Hukum Nasional," *Unja J. Leg. Stud.*, Vol. 01, No. 37, Pp. 1–27, 2023.
- [25] F. Md Ahmed, M. N. Zafar, And J. C. Mohanta, "Modeling And Analysis Of Quadcopter F450 Frame," *2020 Int. Conf. Contemp. Comput. Appl. Ic3a 2020*, Pp. 196–201, 2020
- [26] O. Tatale, N. Anekar, S. Phatak, And S. Sarkale, "Quadcopter: Design, Construction And Testing," *Int. J. Res. Eng. Appl. Manag.*, Vol. 4, No. Amet-2018, Pp. 1–7, 2018.
- [27] C. Micklisch, N. Hilliard, And H. Elaarag, "Modeling And Simulation Of Autonomous Quadrotor Systems And Their Onboard Sensors," *Simulation*, Vol. 97, No. 3, Pp. 195–214, 2021.
- [28] J. O. Araujo, J. Valente, L. Kooistra, S. Munniks, And R. J. B. Peters, "Experimental Flight Patterns Evaluation For A Uav-Based Air Pollutant Sensor," *Micromachines*, Vol. 11, No. 8, Pp. 1–12, 2020.
- [29] Y. Sakre, T. Sul, P. Ubale, And K. Rahate, "Driver Drowsiness Detection System With Gsm Alert Using Piezoelectric Sensor," Vol. 5, No. 01, Pp. 5–7, 2017.
- [30] A. A. Rahmad, M. N. Cahyadi, And S. Sulistiyani, "Analisa Pengolahan Data Stasiun Gps Cors Gunung Merapi Menggunakan Perangkat Lunak Ilmiah Gamit/Globk 10.6," *J. Tek. Its*, Vol. 5, No. 2, 2016.