

Konsep Purwarupa Patok Batas Wilayah Menggunakan Wemos D1 Dan Metode Triangulasi

Penulis

Kresno Aji NIM: 15.52.0726¹, Bambang Soedijono Wiria Atmadja², Eko Pramono³
^{1,2,3}Magister Teknik Informatika Universitas AMIKOM Yogyakarta
Jl. Ringroad Utara Condong Catur Depok Sleman Yogyakarta, 55283
Email: ¹kresno.aji@gmail.com, ³ekopramonoid@yahoo.com

ABSTRAK

Selama ini penelitian tentang patok batas wilayah belum pernah dieksplorasi, padahal ini menyangkut masalah kedaulatan suatu negara/bangsa, penelitian yang sudah dilakukan selama ini adalah pembuatan purwarupa patok batas wilayah menggunakan GPS dan GSM. Penelitian ini memiliki keterbatasan, karena tidak semua wilayah di Indonesia memiliki sinyal GSM yang baik dan stabil. Terkait hal ini, maka itu dilakukan penelitian pembuatan purwarupa patok batas wilayah menggunakan Wemos D1. Purwarupa patok batas wilayah ini tidak menggunakan GPS maupun GSM namun memanfaatkan sinyal dbm/RSSI sebagai sarana pemantauan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode Triangulasi yang sudah dimodifikasi, gubahan dari Vincent Pierlot dan Marc Van Droogenbroeck. Hasil dari penelitian yang sudah dilakukan, penggunaan metode perhitungan Triangulasi terbukti berhasil mencari posisi Wemos D1 mendekati posisi koordinat yang sesungguhnya, selain itu penggunaan semakin banyak Access Point dalam penelitian ini terbukti bisa menghasilkan akurasi yang lebih baik.

Kata kunci : *patok batas wilayah, Wemos D1, Triangulasi, RSSI.*

ABSTRACT

This article illustrates on regional boundary stakes, the research that has been carried out so far is the manufacture of regional boundary stakes using GPS and GSM. This research has limitations, because not all regions in Indonesia have a good and stable GSM signal. Regarding this matter, the research on making boundary stakes prototypes was carried out using Wemos D1. The prototype of the boundary stakes does not use GPS or GSM, but uses the dbm / RSSI signal as a monitoring tool. The method used in this study uses a modified Triangulation method, compositions from Vincent Pierlot and Marc Van Droogenbroeck. This calculation method proved to be useful for finding Wemos D1 positions without using GPS and GSM devices. The results of research using the Triangulation calculation method proved successful in finding the position of Wemos D1 close to the actual coordinate position, besides the use of more Access Points in this study proved to be able to produce better accuracy.

Keywords : *patok batas wilayah, Wemos D1, Triangulasi, RSSI.*

1. PENDAHULUAN

Pengertian batas wilayah negara bisa dijelaskan sebagai garis batas yang merupakan pemisah kedaulatan suatu negara yang didasarkan atas hukum internasional. Secara umum, batas wilayah negara adalah tanda pemisah antara unit regional geografi yang bersebelahan. Dalam tulisan ini pengertian batas wilayah lebih ditekankan pada pemisah wilayah yang didefinisikan secara fisik [11].

Selama ini, pemantauan patok batas wilayah masih berupa pemantauan secara fisik, dimana TNI melakukan patroli rutin di sepanjang perbatasan negara. Hal tersebut tentu kurang efektif dilaksanakan, karena selain lokasi medan yang sulit ditempuh melalui jalan darat, juga keterbatasan sarana dan prasarana yang menyertai dalam melakukan pemantauan tapal batas wilayah, seperti ketiadaan CCTV dan sensor GPS serta sarana komunikasi ke jalur komando utama yang terdekat. Ketidadaan elemen-elemen pengawasan ini yang mengakibatkan patok batas wilayah sering bergeser dari tempatnya atau bahkan hilang [10].

Pada penelitian sebelumnya, Al Amin, dkk sudah membuat purwarupa patok batas wilayah dengan menggunakan perangkat Access Point} yang sudah dilengkapi dengan GPS (Global Positioning System}) [1]. Pembuatan purwarupa dengan menggunakan perangkat GPS ini terdapat kekurangan, karena selain perangkat GPS perlu juga menggunakan perangkat GSM untuk mengirimkan posisi terkini. Sedangkan di wilayah perbatasan di luar Jawa, terdapat kendala pancaran sinyal GSM yang sering lemah dan tidak sekuat pancaran di kota-kota besar di Indonesia.

Dalam penelitian ini dibuat konsep purwarupa patok batas wilayah tanpa menggunakan GPS dan GSM, namun menggunakan indikator pancaran sinyal (RSSI) dari perangkat Wemos D1. Selanjutnya dibuat pengukuran dan perhitungan koordinat posisi terdekat dengan menggunakan metode Triangulasi. Dengan demikian diharapkan bisa memberika alternatif solusi yang lebih efisien namun efektif dalam mengantisipasi lemahnya sinyal GSM di daerah-daerah perbatasan. Diharapkan konsep purwarupa ini bisa memberikan alternatif solusi yang lebih baik dalam mengantisipasi masalah patok batas wilayah yang bergeser atau hilang, dengan memanfaatkan sinyal dbm (RSSI) dan perhitungan dengan menggunakan metode Triangulasi.

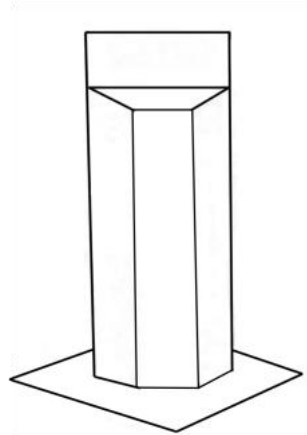
1.1. Perumusan Masalah

1. Apakah penggunaan metode Triangulasi dapat memberikan alternatif solusi dalam melakukan pencarian jarak terdekat koordinat Wemos D1?
2. Apakah banyak-sedikitnya penggunaan Access Point} mempengaruhi akurasi atau ketepatan dalam pengukuran dan perhitungan pencarian jarak koordinat yang terdekat dengan koordinat sesungguhnya?

2. LANDASAN TEORI

2.1. Patok Batas Wilayah

Merupakan portal kecil terbuat dari beton dan plat baja, dengan ukuran 20 cm x 25 cm x 100 cm, seperti tampak pada gambar 1 berikut ini:



Gambar 1. Model patok batas wilayah

2.2. Perangkat Wemos D1

Terdiri dari:

- a. Perangkat Wemos D1: Wemos D1 adalah perangkat embedded development board} yang terintegrasi sesuai dengan standard} Esp8266EX yang memiliki prosesor 32 bit, memiliki multi fungsi untuk berbagai keperluan. Dalam penelitian ini, Wemos D1 digunakan sebagai Server Router, yang berfungsi memancarkan sinyal ke empat Access Point} atau lebih.
- b. Panel surya: adalah sarana untuk pengisian daya berupa perangkat *photocell* yang terhubung ke baterai,
- c. Baterai: merupakan sarana untuk penyimpanan/*backup* daya. Purwarupa yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan *Powerbank* yang sudah terpasang panel surya, purwarupa yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan *Wemos D1* dan *Powerbank* yang sudah terpasang panel surya. Contoh lengkapnya, bisa dilihat pada gambar 2 berikut ini:

Gambar 2. Perangkat *Wemos D1* dan *powerbank* yang menggunakan panel surya sebagai sarana pengisian dan penyimpanan daya.

2.3. Receive Signal Strength Indicator (RSSI): merupakan salah satu standar ukuran untuk mengetahui daya pancaran sinyal yang dipancarkan oleh Wemos D1 dan diterima oleh klien. Hubungan antara RSSI dan jarak dapat diperoleh dari rumus sebagai berikut:



$$RSSI[dBm] = A - 10 \times n \times \log_{10}(d) [8]$$

Dengan menggunakan pendekatan persamaan, maka akan didapatkan formula sebagai berikut:

$$\text{Jarak} \rightarrow d(m) = 10^{((A-RSSI)/10^n)}$$

Dengan nilai sebagai berikut:

- A** adalah daya pancar sinyal yang diterima oleh klien pada jarak 1 meter dalam satuan dBm.
- d** adalah jarak antara transmitter (pemancar) dan receiver (penerima) dalam satuan meter.
- RSSI** adalah kuat sinyal yang dipancarkan oleh receiver (penerima) dalam satuan dBm.
- n** merupakan pathloss, yang memiliki kondisi berbeda pada setiap lingkungan, sesuai dengan kondisi yang diperlihatkan pada tabel 1

Tabel 1. Path Loss Exponent untuk berbagai lingkungan

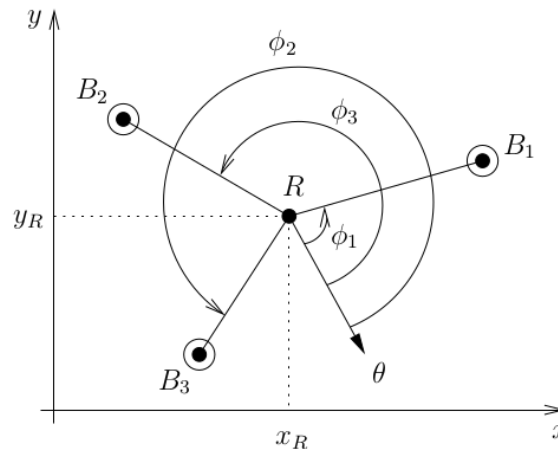
Environment	Path Loss Exponent, n
Free Space	2
Urban area cellular radio	2.7 up to 3.5
Shadowed urban cellular radio	3 up to 5

In building Line-of-Sight	1.6 up to 1.8
Obstructed in factories	2 up to 3

2.4. Perhitungan Triangulasi

Perhitungan menggunakan metode Triangulasi digunakan untuk mencari koordinat yang paling dekat dengan koordinat Wemos D1 sesungguhnya. Semakin banyak pengukuran dan AP/client yang digunakan, hasil perhitungannya akan semakin mendekati jarak sesungguhnya.

Metode Triangulasi yang digunakan dalam penelitian ini mengadopsi formula Triangulasi dari Pierlot Vincent, dkk [7]. Mereka melakukan modifikasi formula Triangulasi dan menggunakannya untuk membuat aplikasi yang bisa melacak posisi robot di dalam ruangan, konsepnya bisa dilihat pada gambar 3 berikut ini:



Gambar 3. Algoritma Triangulasi versi Pierlot Vincent, dkk [7]

Penjelasan formula pada gambar 3 adalah sebagai berikut:

Diketahui koordinat dari AP1, AP2, dan AP3 adalah $\{x_1, y_1\}$, $\{x_2, y_2\}$, $\{x_3, y_3\}$, dan dari pengukuran yang sudah dilakukan, didapatkan sudut antara lain: $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$, maka formulasinya adalah sebagai berikut:

a. Menghitung koordinat dari RSSI yang didapat:

$$x'_1 = x_1 - x_2,$$

$$y'_1 = y_1 - y_2,$$

$$x'_3 = x_3 - x_2,$$

$$y'_3 = y_3 - y_2,$$

b. Menghitung cotangen dari tiga sudut yang didapatkan:

$$T_{12} = \cot(\alpha_2 - \alpha_1),$$

$$T_{23} = \cot(\alpha_3 - \alpha_2),$$

$$T_{31} = (1 - T_{12}T_{23}) / (T_{12} + T_{23})$$

c. Menghitung koordinat pusat lingkaran hasil pengukuran:

$$x'_{12} = x'_1 + T_{12} y'_1,$$

$$y'_{12} = y'_1 - T_{12} x'_1,$$

$$x'_{23} = x'_3 - T_{23} y'_3,$$

$$y'_{23} = y'_3 + T_{23} x'_3,$$

$$x'_{31} = (x'_3 + x'_1) + T_{31} (y'_3 - y'_1),$$

$$y'_{31} = (y'_3 + y'_1) - T_{31} (x'_3 - x'_1),$$

d. Menghitung nilai k'_{31} :

$$k'_{31} = x'_1 x'_3 + y'_1 y'_3 + T_{31} (x'_1 y'_3 - x'_3 y'_1),$$

e. Mencari nilai dari D (jika $D = 0$, berarti salah):

$$D = (x'_{12} - x'_{23})(y'_{23} - y'_{31}) - (y'_{12} - y'_{23})(x'_{23} - x'_{31}),$$

f. Mencari koordinat *Wemos D1* $\{x_R, y_R\}$:

$$x_R = x_2 + ((k'_{31}(y'_{12} - y'_{23})) / D),$$

$$y_R = y_2 + ((k'_{31}(x'_{23} - x'_{12})) / D).$$

Meskipun jurnal ini terbit pada tahun 2014, namun sampai saat ini algoritma gubahan dari Vincent Pierlot ini masih tetap yang paling baik dan paling memungkinkan, yang bisa diterapkan pada pelacakan obyek bergerak non GPS.

2.4. Perhitungan Akurasi

Akurasi atau location error adalah perhitungan rata-rata dari jarak AP ke obyek (*Wemos D1*) sebenarnya dikurangi dengan jarak AP ke obyek (*Wemos D1*) perkiraan/hasil perhitungan. Semakin kecil nilai penyimpangan akurasi, maka sistem akan semakin baik tingkat akurasinya, demikian pula sebaliknya[9].

Jarak euclidean merupakan perhitungan jarak antara dua buah titik dalam lingkup Euclidean, formula ini diperkenalkan oleh seorang matematikawan dari Yunani. Untuk mempelajari hubungan antara sudut dan jarak. Euclidean ini biasanya diterapkan pada dua dimensi dan tiga dimensi. Tapi juga lebih mudah jika diterapkan pada dimensi yang lebih tinggi. Adapun formula Euclidean memiliki persamaan sebagai berikut:

$$d = \sqrt{(x - x')^2 + (y - y')^2}$$

dengan nilai:

- a. **d** : jarak euclidean/nilai akurasi
- b. **(x,y)** : lokasi objek (*Wemos D1*) sebenarnya
- c. **(x',y')**: lokasi objek (*Access Point*) hasil perhitungan

Dengan menggabungkan hasil perhitungan algoritma Triangulasi yang sudah dimodifikasi di dalam formula *Euclidean*, maka didapatkan formula sebagai berikut:

$$d = \sqrt{(x - x_R)^2 + (y - y_R)^2}$$

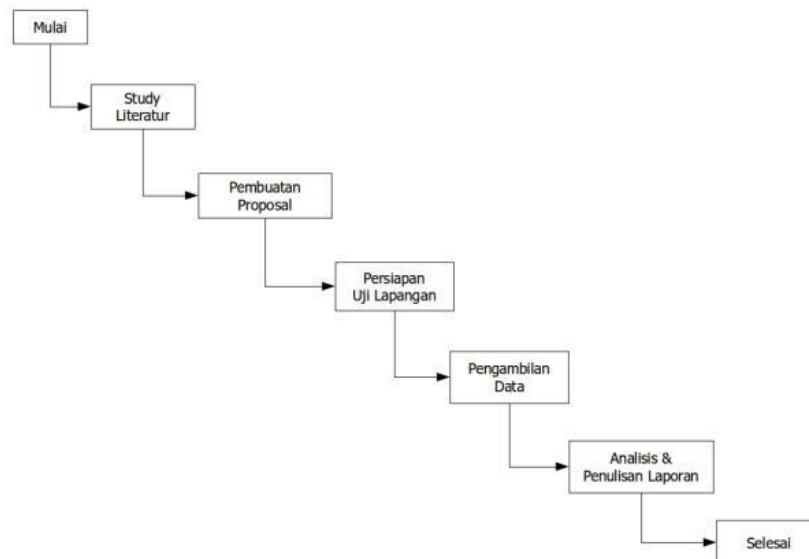
Dimana (x,y) adalah koordinat sebenarnya, sedangkan (x_R, y_R) adalah koordinat hasil pengukuran.

3. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam Penelitian ini adalah metode kuantitatif melalui percobaan dengan melakukan pengambilan data di lapangan, yaitu dengan melakukan uji coba pengukuran pancaran sinyal hasil komunikasi antara laptop dengan WeMos D1}. Pengujian yang akan dilakukan adalah membandingkan antara hasil pengukuran menggunakan algoritma Triangulasi yang sudah dimodifikasi dengan koordinat yang sebenarnya.

Alur Penelitian

Tahapan dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar 4, berikut ini:



Gambar 4. Diagram alur penelitian

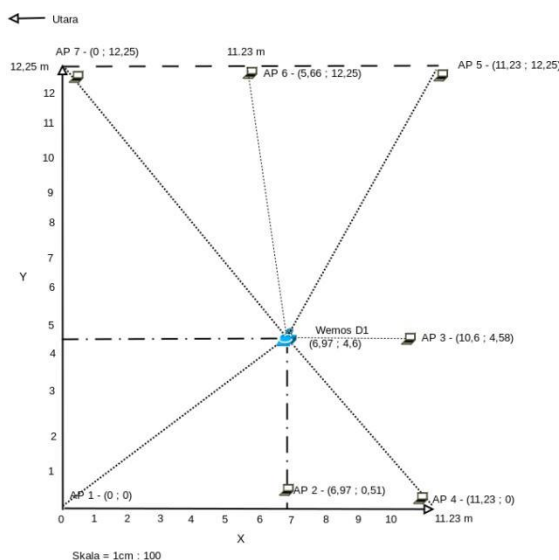
(Kresno Aji, Bambang Soedijono Wiria Atmadja, Eko Pramono)

Sedangkan perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan untuk membuat dan menjalankan penelitian bisa dilihat pada tabel 2 berikut ini:

Tabel 2. Analisa kebutuhan

Perangkat Keras	Perangkat Lunak
Laptop & perangkat WiFi	Linux Ubuntu
Wemos D1	Wavemon
Solar Power Bank	
Meteran	

Lokasi pengujian dilakukan di lokasi terbuka dengan ukuran 11,23 m x 12,25 m, denahnya bisa dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Denah lokasi pengujian

Pengambilan data/pengujian

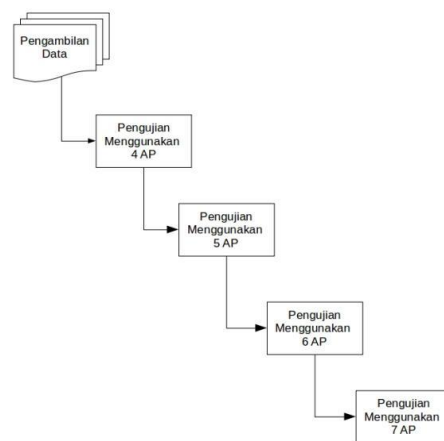
Pengujian lapangan dilakukan dengan cara:

- Wemos D1 dinyalakan dan diletakkan pada lokasi yang sudah ditentukan,
- Laptop melakukan inisialisasi *Wemos D1*,
- Setelah proses inisialisasi selesai, dilakukan pengujian penangkapan sinyal Wemos D1 dari beberapa titik menggunakan laptop, sehingga didapatkan data pengujian yang lebih banyak dan bervariasi.

d. Pengambilan data/pengujian dilakukan selama empat kali, yaitu:

- pengujian menggunakan 4 AP,
- pengujian menggunakan 5 AP,
- pengujian menggunakan 6 AP,
- pengujian menggunakan 7 AP.

Untuk jelasnya, bisa dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Skema pengujian/pengambilan data menggunakan 4, 5, 6 7 AP.

Skema tahapan-tahapan yang harus diproses pada pencarian koordinat Wemos D1 dapat dilihat pada gambar 7.

Konsep Purwarupa Patok Batas Wilayah
Menggunakan Wemos D1 Dan Metode Triangulasi

(Kresno Aji, Bambang Soedijono Wiria Atmadja, Eko Pramono)



Gambar 7. Diagram pengujian menggunakan metode Triangulasis

4. PEMBAHASAN

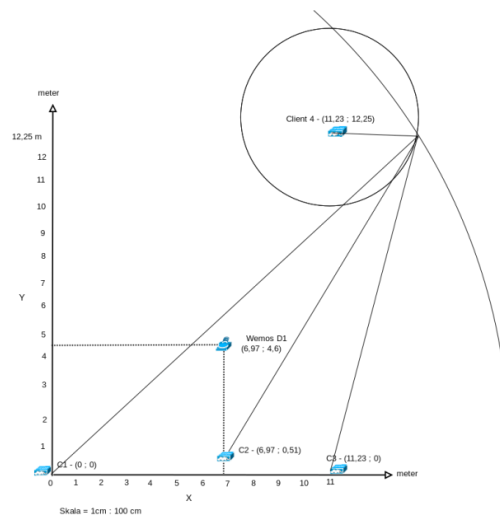
4.1. Perhitungan menggunakan 4 AP

Pengukuran jarak antara masing-masing AP dengan *Wemos D1*, bisa dilihat koordinat dan hasilnya berupa jarak dalam satuan meter pada tabel 3.

Table 3. Konversi sinyal dbm menjadi jarak
 ukur pada percobaan pengukuran
 menggunakan 4 AP

No.	AP	Koordinat		RSSI	Jarak
		X	Y	(dbm)	Ukur (m)
1	AP 1	0	0	-53,10	17,99
2	AP 2	6,97	0,51	-53,60	19,05
3	AP 3	11,23	0	-39,00	3,55
4	AP 4	11,23	12,25	-38,33	3,29

Hasil perhitungan kemudian dibuat gambar lingkaran dan dicari garis persinggungan antar lingkaran yang mewakili jarak pengukuran pada masing-masing AP, seperti yang terlihat pada gambar 8.



Gambar 8. Hasil pengukuran menggunakan 4 AP

Dengan menggunakan metode Triangulasi, maka didapatkan hasil perhitungan yang ditampilkan pada tabel 4.

Table 4. Hasil pengukuran menggunakan metode Triangulasi pada percobaan pengukuran menggunakan 4 AP

No	AP	Koordinat	
		X	Y
1	AP 1	0	0
2	AP 2	6,97	0,51
3	AP 3	11,23	0
4	AP 4	11,23	12,25
Koordinat Wemos D1		6,97	4,6
Koordinat hasil pengukuran		7,83	0,46

4.2. Perhitungan menggunakan 5 AP

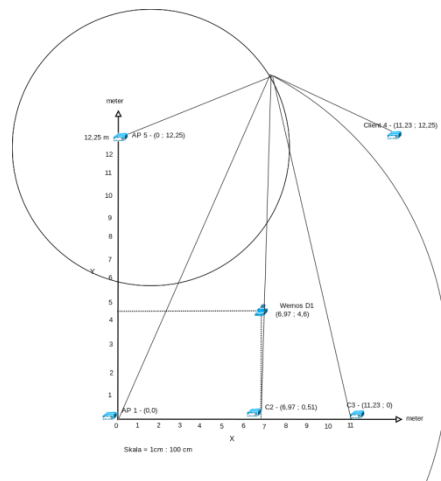
Pengukuran jarak antara masing-masing AP dengan *Wemos D1*, bisa dilihat koordinat dan hasilnya berupa jarak dalam satuan meter pada tabel 5.

Table 5. Konversi sinyal dbm menjadi jarak ukur pada percobaan pengukuran menggunakan 5 AP

No.	AP	Koordinat		RSSI	Jarak
		X	Y	(dbm)	Ukur (m)
1	AP 1	0	0	-53,10	17,99

2	AP 2	6,97	0,51	-53,60	19,05
3	AP 3	11,23	0	-39,00	3,55
4	AP 4	11,23	12,25	-38,33	3,29
5.	AP 5	0	12,25	-45,80	7,76

Hasil perhitungan kemudian dibuat gambar lingkaran dan dicari garis persinggungan antar lingkaran yang mewakili jarak pengukuran pada masing-masing AP, seperti yang terlihat pada gambar 9.



Gambar 9. Hasil pengukuran menggunakan 5 AP

Dengan menggunakan metode Triangulasi, maka didapatkan hasil perhitungan yang ditampilkan pada tabel 6.

Table 6. Hasil pengukuran menggunakan metode Triangulasi pada percobaan pengukuran menggunakan 5 AP

No	AP	Koordinat	
		X	Y
1	AP 1	0	0

(Kresno Aji, Bambang Soedijono Wiria Atmadja, Eko Pramono)

2	AP 2	6,97	0,51
3	AP 3	11,23	0
4	AP 4	11,23	12,25
5	AP 5	0	12,25
Wemos D1		6,97	4,6
Koordinat hasil pengukuran		5,89	5,29

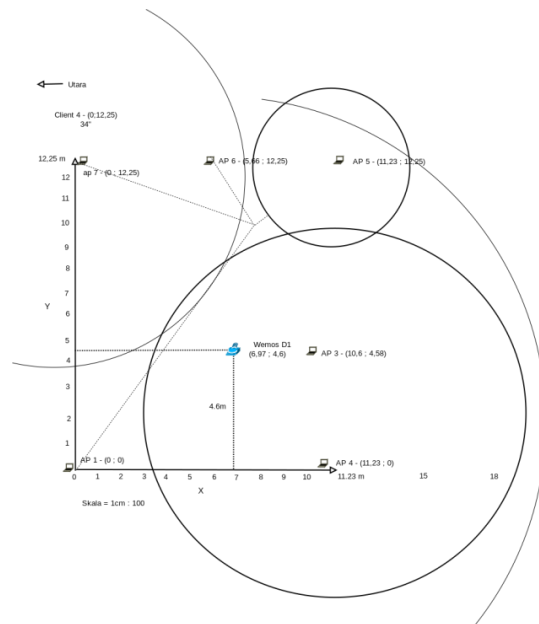
4.3. Perhitungan menggunakan 6 AP

Pengukuran jarak antara masing-masing AP dengan *Wemos D1*, bisa dilihat koordinat dan hasilnya berupa jarak dalam satuan meter pada tabel 7.

Table 7. Konversi sinyal dbm menjadi jarak
ukur pada percobaan pengukuran
menggunakan 6 AP

No.	AP	Koordinat		RSSI	Jarak
		X	Y	(dbm)	Ukur (m)
1	AP 1	0	0	-53,10	17,99
2	AP 2	11,23	0	-39	3,55
3	AP 3	10,6	4,58	-43,17	5,73
4	AP 4	11,23	12,25	-38,33	3,29
5	AP 5	5,66	12,25	-56,09	25,38
6	AP 6	0	12,25	-45,80	7,76

Hasil perhitungan kemudian dibuat gambar lingkaran dan dicari garis persinggungan antar lingkaran yang mewakili jarak pengukuran pada masing-masing AP, seperti yang terlihat pada gambar 10.



Gambar 10. Hasil pengukuran menggunakan 6 AP

Dengan menggunakan metode Triangulasi, maka didapatkan hasil perhitungan yang ditampilkan pada tabel 8.

Table 8. Hasil pengukuran menggunakan metode Triangulasi pada percobaan pengukuran menggunakan 6 AP

No	AP	Koordinat	
		X	Y
1	AP 1	0	0
2	AP 2	11,23	0
3	AP 3	10,6	4,58
4	AP 4	11,23	12,25
5	AP 5	5,66	12,25

(Kresno Aji, Bambang Soedijono Wiria Atmadja, Eko Pramono)

6	AP 6	0	12,25
Wemos D1		6,77	4,6
Koordinat hasil pengukuran		3,53	2,33

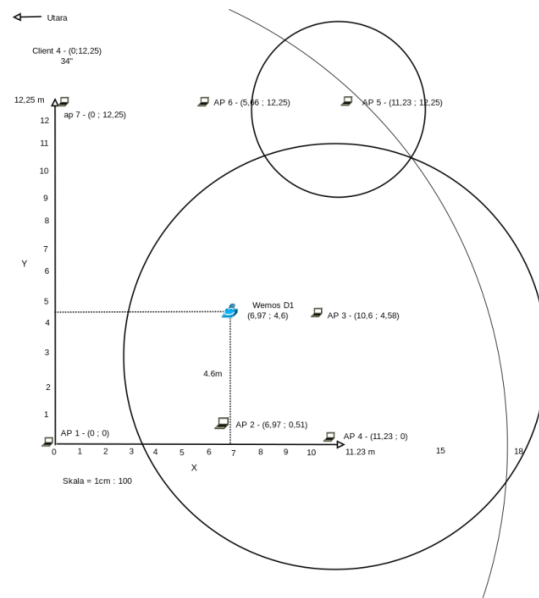
4.4. Perhitungan menggunakan 7 AP

Pengukuran jarak antara masing-masing AP dengan *Wemos D1*, bisa dilihat koordinat dan hasilnya berupa jarak dalam satuan meter pada tabel 9.

Table 9. Konversi sinyal dbm menjadi jarak ukur pada percobaan pengukuran menggunakan 7 AP

No.	AP	Koordinat		RSSI	Jarak
		X	Y	(dbm)	Ukur (m)
1	AP 1	0	0	-53,10	17,99
2	AP 2	6,97	0,51	-53,60	19,05
3	AP 3	11,23	0	-39,00	3,55
4	AP 4	10,6	4,58	-43,17	5,73
5	AP 5	11,23	12,25	-38,33	3,29
6	AP 6	5,66	12,25	-56,09	25,38
7	AP 7	0	12,25	-45,80	7,76

Hasil perhitungan kemudian dibuat gambar lingkaran dan dicari garis persinggungan antar lingkaran yang mewakili jarak pengukuran pada masing-masing AP, seperti yang terlihat pada gambar 11.



Gambar 11. Hasil pengukuran menggunakan 7 AP

Dengan menggunakan metode Triangulasi, maka didapatkan hasil perhitungan yang ditampilkan pada tabel 10.

Table 10. Hasil pengukuran menggunakan metode Triangulasi pada percobaan pengukuran menggunakan 7 AP

No	AP	Koordinat	
		X	Y
1	AP 1	0	0
2	AP 2	6,97	0,51
3	AP 3	11,23	0
4	AP 4	10,6	4,58

5	AP 5	11,23	12,25
6	AP 6	5,66	12,25
7	AP 7	0	12,25
Wemos D1		6,97	4,6
Koordinat hasil pengukuran		6,77	4,6

5. ANALISIS

Berdasarkan hasil perhitungan pencarian koordinat Wemos D1, dengan menggunakan 4, 5, 6, dan 7 *Access Point*, maka dapat dilakukan analisis ketepatan jarak dengan menggunakan formula Euclidean sebagai berikut:

5.1. Perhitungan dengan menggunakan 4 AP dengan akurasi sebagai berikut:

$$d = \sqrt{(6,97 - 7,83)^2 + (4,60 - 0,46)^2}$$

$$d = 4,23$$

4.2.2. Perhitungan dengan menggunakan 5 AP dengan akurasi sebagai berikut:

$$d = \sqrt{(6,97 - 5,89)^2 + (4,60 - 5,29)^2}$$

$$d = 1,28$$

4.2.3. Perhitungan dengan menggunakan 6 AP dengan akurasi sebagai berikut:

$$d = \sqrt{(6,97 - 3,53)^2 + (4,60 - 2,33)^2}$$

$$d = 4,154$$

4.2.4. Perhitungan dengan menggunakan 7 AP dengan akurasi sebagai berikut:

$$d = \sqrt{(6,97 - 6,77)^2 + (4,60 - 4,60)^2}$$

$$d = 0,19$$

Untuk jelasnya bisa dilihat pada tabel 11 sebagai berikut:

Table 11. Penilaian akurasi koordinat menggunakan metode Euclidean pada pengukuran Wemos D1 yang menggunakan metode Triangulasi

No.	AP	Koordinat		Jarak
		x	y	Euclidean
1.	Wemos D1	6,97	4,60	
2.	4 AP	7,83	0,46	4,23
3.	5 AP	6,30	2,66	2,06
4.	6 AP	3,53	2,33	4,15
5.	7 AP	6,77	4,60	0,19

Dengan demikian bisa ditarik benang merahnya, sebagai berikut:

- Percobaan pencarian Wemos D1 dengan menggunakan 4 AP, menghasilkan koordinat $x = 7,83$ dan $y = 0,46$. Dibandingkan dengan koordinat Wemos D1 yang sebenarnya, maka kesalahan pada koordinat hasil pengukuran ini adalah 4,23 yang menunjukkan nilai akurasi terendah.
- Percobaan pencarian Wemos D1 dengan menggunakan 5 AP, menghasilkan koordinat $x = 5,89$ dan $y = 5,29$. Dibandingkan dengan koordinat Wemos D1 yang sebenarnya, maka kesalahan pada koordinat hasil pengukuran ini adalah 1,28 yang menunjukkan nilai akurasi yang cukup tinggi.
- Percobaan pencarian Wemos D1 dengan menggunakan 6 AP, menghasilkan koordinat $x = 3,53$ dan $y = 2,33$. Dibandingkan dengan koordinat Wemos D1 yang sebenarnya, maka kesalahan pada koordinat hasil pengukuran ini adalah 4,15 yang menunjukkan nilai akurasi rendah.
- Percobaan pencarian Wemos D1 dengan menggunakan tujuh AP, menghasilkan koordinat $x = 6,77$ dan $y = 4,60$. Dibandingkan dengan koordinat Wemos D1 yang sebenarnya, maka kesalahan pada koordinat hasil pengukuran ini adalah 0,19 yang menunjukkan nilai akurasi tertinggi.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

- a) Pencarian *Wemos D1*, yang merupakan representasi dari patok batas wilayah dengan menggunakan metode Triangulasi telah berjalan dengan baik, dengan hasil yang mendekati koordinat sesungguhnya.
- b) Semakin banyak *Acces Point* yang digunakan dalam pencarian *Wemos D1* terbukti membuat hasil perhitungan semakin mendekati koordinat yang sesungguhnya. Dengan kata lain, semakin banyak *Access Point* yang digunakan maka hasil perhitungan yang didapat akan semakin akurat.
- c) Penggunaan *Acces Point* yang berjumlah genap (4 dan 6 AP) dalam pencarian *Wemos D1*, menghasilkan akurasi yang rendah/kesalahan yang tinggi. Sebaliknya, penggunaan *Access Point* yang berjumlah ganjil terbukti menghasilkan kesalahan yang rendah atau akurasi yang lebih tinggi.

5.2. Saran

- a. Pengukuran posisi *Wemos D1* menggunakan *Access Point* yang berjumlah ganjil sangat disarankan, karena terbukti mendapatkan tingkat akurasi yang lebih baik.
- b. Penelitian patok batas wilayah dengan menggunakan perangkat *Wemos D1* masih merupakan awal dari penelitian dan bisa dieksplorasi lagi dalam bentuk yang lain.
- c. Penggunaan metode Triangulasi bisa dibuat aplikasi lanjutan dengan menggunakan pemrograman *Artificial Intelligent* (AI), dikarenakan pencarian sudut yang kompleks dan variatif. Selain itu juga dibutuhkan tingkat ketelitian yang tinggi, sehingga mengakibatkan kemungkinan *human error* yang cukup tinggi.
- d. Penggunaan metode Triangulasi ini bisa diaplikasikan untuk penelitian di bidang lainnya yang bersifat dinamis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mursyid Al Amin, Mirza Lutfi, Arif Purnomo, Desy Nurhidayah, dan Saras Septy Latifah, *Universitas Negeri Yogyakarta, April 2016, Pendeteksi Patok Batas Negara Berbasis SMS Gateway Guna Menjaga Keutuhan NKRI*, *PELITA*, Volume XI, Nomor 1.
- [2] Samaneh Amirisoori, Salwani Mohd Daud, Noor Azurati Ahmad, Nur Syazarin Natasha Abd Aziz, Nurul Iman Mohd Sa'at, Nur Qamarina Mohd Noor, *Universiti Teknologi*

- Malaysia (UTM), 2017, WI-FI Based Indoor Positioning Using Fingerprinting Methods (KNN Algorithm) in Real Environment, Vol.10, No.9.*
- [3] Sutarti, *Sistem Komputer Fakultas Teknologi Informasi Universitas Serang Raya, September 2016, Deteksi Lokasi Objek Dalam Gedung Berbasis IEEE 802.11 Menggunakan Metode K-NN, Jurnal PROSISKO Vol. 3 No. 2.*
- [4] Maxim Shchekotov, ITMO University, St.Petersburg, Russia, *Indoor Localization Method Based on Wi-Fi Trilateration Technique.*
- [5] Alifa Ridho Musthafa, R.V. Hari Ginardi, dan F.X. Arunanto Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), 2016, *Sistem Navigasi Indoor Menggunakan Sinyal Wi-fi dan Kompas Digital Berbasis Integrasi dengan Smartphone untuk Studi Kasus pada Gedung Bertingkat.*
- [6] Vincent Pierlot and Marc Van Droogenbroeck Members, IEEE INTEL SIG, Laboratory for Signal and Image Exploitation Montefiore Institute, University of Liège, Belgium, June 2014, *A New Three Object Triangulation Algorithm for Mobile Robot Positioning.*
- [7] Afrizar Fikri Reza, 2018, *Telekomunikasi FTI UII Dengan Algoritma Trilateration Menggunakan Bluetooth Low Energy, Skripsi, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.*
- [8] Niken Nastia Nurliza N, 2018, *Penerapan Euclidean Distance Pada Pengenalan Pola Citra Sidik Jari, Jurusan Statistika, Fakultas MIPA UII Yogyakarta.*
- [9] Kompas.com, 11 Juni 2017, *Sebanyak 16 Patok Batas Indonesia-Malaysia Hilang.*
- [10] RUU 2005 tentang *Batas Wilayah Negara.*