

# Korelasi Data Sensor UV pada Sistem Deteksi Kebakaran dengan Metode Scanning CW/CCW

FATHUR ZAINI RACHMAN<sup>1,2</sup>, WIRAWAN<sup>1</sup>, GAMANTYO HENDRANTORO<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departemen Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Indonesia

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Balikpapan, Indonesia

Email: fathur.zaini@poltekba.ac.id

*Received* 22 September 2022 | *Revised* 7 November 2022 | *Accepted* 8 November 2022

## ABSTRAK

*Salah satu unsur penyebab kebakaran adalah api. Berbagai sistem deteksi kebakaran digunakan untuk pengindraan seperti sensor tunggal non-visual. akan tetapi, kebanyakan sensor-sensor tersebut memiliki keterbatasan sensitifitas, missed detection dan false alarm. Oleh karena itu, kebenaran data diperlukan untuk mengetahui potensi kebakaran di sekitar area sensor. Pada penelitian ini, mikrokontroler digunakan untuk proses komputasi data berdasarkan sektor dari sensor UV, dimana metode scanning CW/CCW digunakan untuk mendapatkan hasil dari beberapa korelasi data. Hasil percobaan, sistem deteksi dengan metode CW-CCW dapat meningkatkan sensitifitas dan probabilitas kebenaran 37,14 % dan 5,47% untuk  $\Delta\theta = 11,25^\circ$ , dan 48,66 % dan 8,01 % untuk  $\Delta\theta = 5,625^\circ$ .*

**Kata kunci:** sistem deteksi kebakaran, missed detection, false alarm, sensor UV, metode scanning CW/CCW.

## ABSTRACT

*One of the elements that cause fire is flame. Various fire detection systems are used for sensing such as a single non-visual sensor. however, most of these sensors have limited sensitivity, detection area, missed detection, and false alarms. Therefore, The correctness of the data is needed to determine the potential for fires around the sensor area. In this work, a microcontroller is used to process data computing based on the sector of the UV sensor, where the CW/CCW scanning method is used to obtain results from several data correlations. The results of the experiment, the detection system with the CW-CCW method can increase the sensitivity and probability of correct to 37.14% and 5.47% for  $\Delta\theta = 11.25^\circ$ , and 48.66 % and 8.01% for  $\Delta\theta = 5.625^\circ$ .*

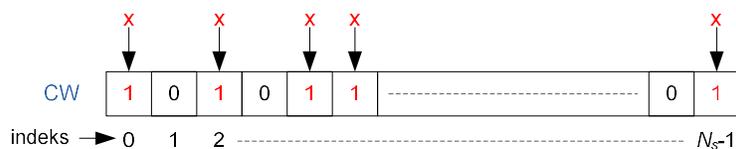
**Keywords:** fire detection systems, missed detection, false alarm, UV sensor, CW/CCW scanning method.

## 1. PENDAHULUAN

Titik api dapat menjadi awal sumber kebakaran pada suatu tempat, titik api yang tersebar dan banyak membuat api menjadi luas dan tidak terkendali, hal ini terjadi karena lambatnya penanggulangan awal akan potensi kebakaran yang disebabkan oleh titik api ataupun oleh dampak El-Nino yang dapat terjadi di industri, rumah, hutan dan tempat lainnya **(da Silva Júnior, dkk, 2019) (Dwomoh, dkk, 2019) (Sloan, dkk, 2017)**. Kebakaran yang luas memerlukan usaha yang lebih untuk mengatasinya sehingga polusi asap berdampak pada kesehatan manusia **(Andrew, 2019)**. Upaya pendeteksian dini titik api merupakan hal yang sangat penting untuk menemukan sumber api dari lokasi kejadian sehingga potensi kebakaran yang ditimbulkan dapat diketahui secara dini dan ditangani secara cepat dengan mengambil keputusan yang tepat untuk menanggulangnya.

Teknik deteksi kebakaran tergantung pada lokasi dan sifat api. Berbagai teknologi deteksi api telah berkembang dan terintegrasi **(Kumar, dkk, 2019) (Verma, dkk, 2019)**. Pengindraan dengan sensor tunggal mendeteksi parameter berupa temperatur panas **(Jalifar dan Byun 2016) (Yan, dkk, 2018)**, gas **(Lin, dkk, 2015)**, asap **(Costea dan Schiopu, 2018) (Gong, dkk, 2019)**, api **(De Iacovo, dkk, 2017)** dan beberapa macam objek informasi untuk sistem deteksi **(L'vov, dkk, 2018)**. Hasil deteksi objek sebagai parameter dalam proses sangat menentukan tingkat bahaya kebakaran dan indikator yang akan dihasilkan.

Pada perkembangan sistem deteksi kebakaran terbagi menjadi dua, yaitu visual dan non-visual **(Kumar, dkk, 2019)**. Untuk kasus tertentu, penggunaan sensor api non-visual digunakan untuk sistem yang memiliki keterbatasan sumber energi, data penyimpanan, kompleksitas komputasi, dan *bandwidth* jaringan. Jenis sensor non-visual yang digunakan untuk deteksi kebakaran berdasarkan spektrum ada 3 yaitu infrared (IR), visible, dan ultraviolet (UV). Penggunaan sensor IR dan visible masih banyak digunakan pada lingkungan indoor, karena sangat terpengaruh oleh cahaya matahari, kilat, dan lampu, hal tersebut dapat menimbulkan terjadinya *false alarm*. Untuk mengatasi keterbatasan tersebut, penggunaan sensor UV lebih digunakan untuk mendeteksi munculnya api karena efek gangguan emisi gelombang infrared sangat rendah untuk mempengaruhi pada sensor UV. Pada penelitian yang melakukan pendeteksian dengan fokus pada foton dalam kisaran panjang gelombang ultraviolet C (180-280 nm) **(Crompton, dkk, 2018) (Shen, dkk, 2020)**, sensor UV bekerja berdasarkan sudut deteksi (180°) sehingga mampu mendeteksi area sekitar. Akan tetapi, sistem tersebut masih bekerja sebagai detektor ON/OFF dan memiliki keterbatasan pada sudut di sekitar lingkungan yang diamati, sehingga belum ada klarifikasi keseluruhan (360°) pada sudut azimuth disekitar titik pemasangan sensor. Terakhir, sistem deteksi dengan jangkauan sudut hingga 360° telah dilakukan **(Rachman, dkk, 2022)**. Pada penelitian tersebut menggunakan metode scanning CW (*clockwise*) berdasarkan sektor. Seperti pada Gambar 1, proses menggunakan 1 variabel array, setiap array memiliki indek yang berisikan logika 1 dan 0. Logika 1 menyatakan daerah sektor yang terdeteksi adanya api, sedangkan 0 tidak terdeteksi. Penggunaan metode CW dilakukan dengan sekali proses scanning, sehingga tahapan proses dan komputasi memiliki waktu 26 detik untuk  $\Delta\theta = 11,25^\circ$  dan 32 detik untuk  $\Delta\theta = 5,625^\circ$ , kecepatan *scanning* tergantung spesifikasi motor *stepper* yang digunakan).



**Gambar 1. Array 1 Dimensi dengan Metode CW**

Akan tetapi, masih ditemukan bias deteksi pada proses *scanning* data, sehingga diperlukan peningkatan sensitifitas berupa pengurangan *missed detection* dan *false alarm*.

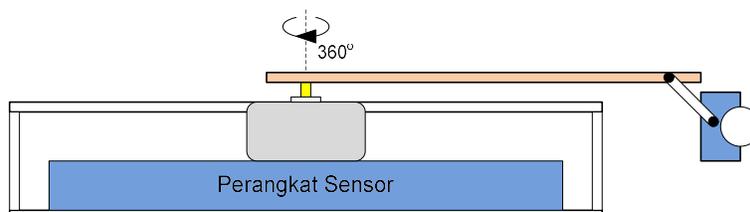
Pada penelitian ini, mikrokontroler digunakan untuk proses komputasi data berdasarkan sektor dari sensor UV, dimana metode *scanning CW/CCW* yang digunakan untuk mendapatkan hasil dari beberapa korelasi data. Pengambilan data sensor dilakukan secara radial dan proses komputasi dengan metode tersebut dapat meningkatkan spesifikasi dan probabilitas kebenaran.

## 2. METODE

### 2.1 Sistem Deteksi

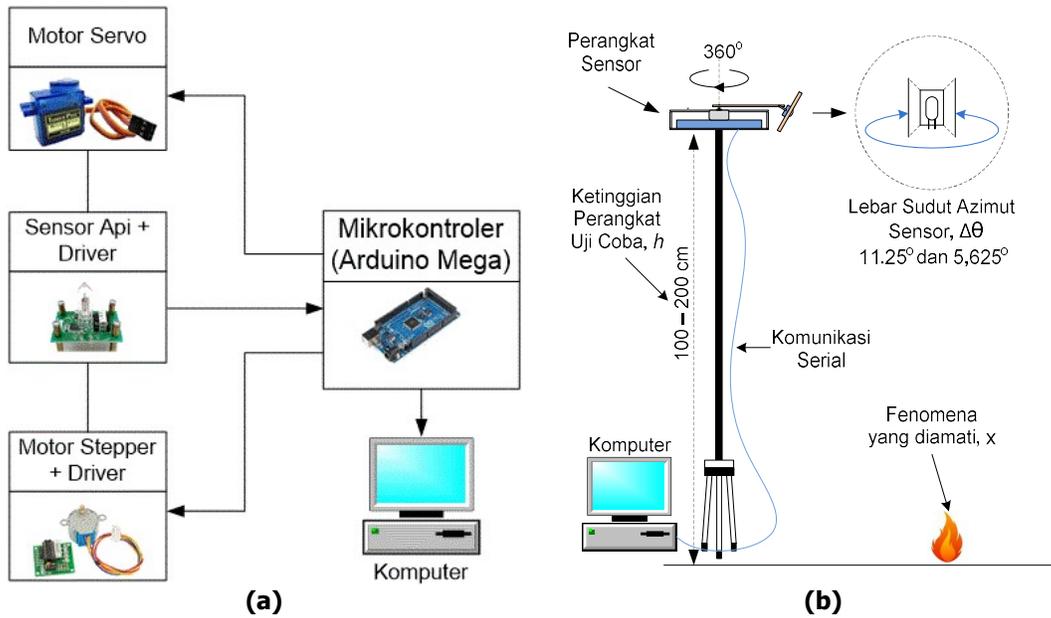
Pada tahapan ini, sistem deteksi menggunakan sensor api jenis non-visual untuk mengatasi keterbatasan sudut deteksi sehingga mendapatkan informasi lingkungan dan klarifikasi keseluruhan ( $360^\circ$ ) secara azimuth disekitar titik pemasangan sensor. Tahapan dilakukan secara bertahap untuk menghasilkan sensitifitas daerah cakupan.

Pada tahapan pemodelan, mekanisme optimasi jangkauan deteksi menggunakan sensor UV dengan memanfaatkan model lengan 2-DOF untuk mendapatkan sudut gerak sensor yang optimal. Seperti pada Gambar 2, merupakan perangkat sensor yang digunakan untuk deteksi fenomena lingkungan.



**Gambar 2. Konfigurasi Motor *Stepper* pada Sudut Azimut**

Motor *stepper* yang digunakan dapat berputar hingga berputar  $360^\circ$ , hal ini ditujukan untuk dapat mendeteksi fenomena api secara azimuth. Sedangkan motor servo dapat melakukan rotasi hingga  $180^\circ$  secara elevasi, akan tetapi pada penerapan digunakan sudut  $0^\circ$  hingga  $90^\circ$  untuk mendeteksi objek. Pada Gambar 3 (a), hubungan antar blok sistem yang digunakan untuk sistem deteksi memiliki fungsi yang saling terintegrasi, dan memiliki 3 bagian umum yaitu input, proses, dan output. Pada bagian input terdiri dari sensor Api yang memiliki fungsi sebagai bagian sistem deteksi akan fenomena lingkungan yang fokus pada api. Pada bagian proses, terdapat mikrokontroler menggunakan Arduino Mega yang memiliki peran untuk komputasi data korelasi. Terakhir, output sistem terdiri dari motor servo dan *stepper* yang bergerak sesuai kendali dari mikrokontroler. Gambar 3 (b), diagram uji coba yang dalam melakukan deteksi kebakaran.



**Gambar 3. Sistem Deteksi Kebakaran (a) Hubungan Mikrokontroler dengan Input-Output (b) Diagram Uji Coba**

## 2.2 Metode

Pada penelitian ini, penggunaan metode *scanning* CW/CCW (*clockwise/ counterclockwise*) untuk proses korelasi data, metode ini terdiri dari 3 yaitu CW-CCW, CW-CCW-CW2, dan CCW-CW2-CCW2. Adapun ilustrasi data pada masing-masing metode seperti pada Gambar 4.

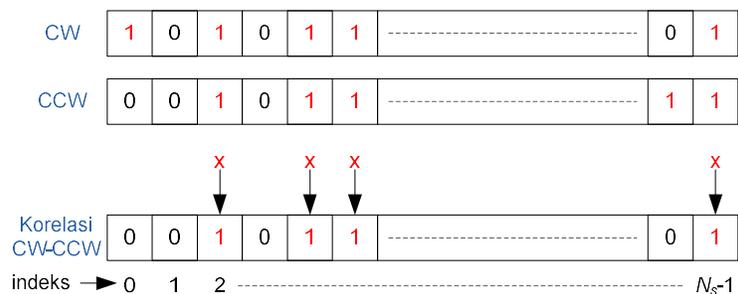
Variabel Array 1 Dimensi	CW	1	0	1	0	1	0	-----	0	1
	CCW	0	0	1	0	1	1	-----	1	0
	CW2	1	1	1	0	0	1	-----	0	1
	CCW2	0	0	1	1	1	0	-----	1	1
	indeks	→	0	1	2	-----	$N_s-1$			

**Gambar 4. Array 1 Dimensi pada Setiap Metode CW/CCW**

Variabel array CW adalah proses *scanning* data yang dilakukan pada saat pertama kali bergerak searah jarum jam, CCW merupakan proses balik atau berlawanan jarum jam, CW2 dan CCW2 adalah proses pengulangan seperti pada CW dan CCW.

### 2.2.1 Metode CW-CCW

Metode CW-CCW adalah metode yang dilakukan dengan menggunakan 2 variabel array, array CW dan CCW. Seperti pada Gambar 5, korelasi data diantara kedua array tersebut disimpan pada 1 variabel array yaitu korelasi CW-CCW, dimana data indeks array akan berlogika 1 apabila kedua array (CW dan CCW) memiliki logika yang sama yaitu 1, selainya 0.

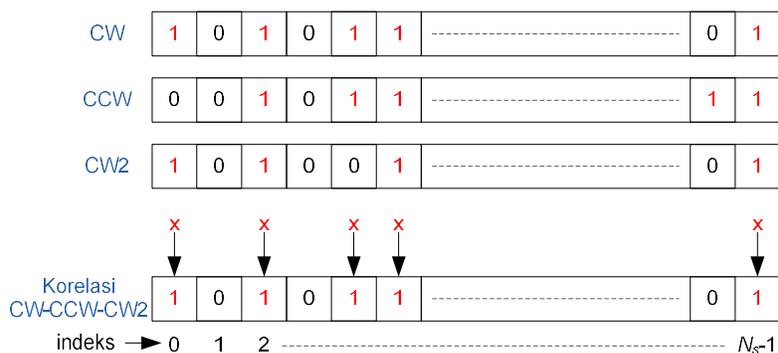


**Gambar 5. Metode CW-CCW dengan Korelasi Data**

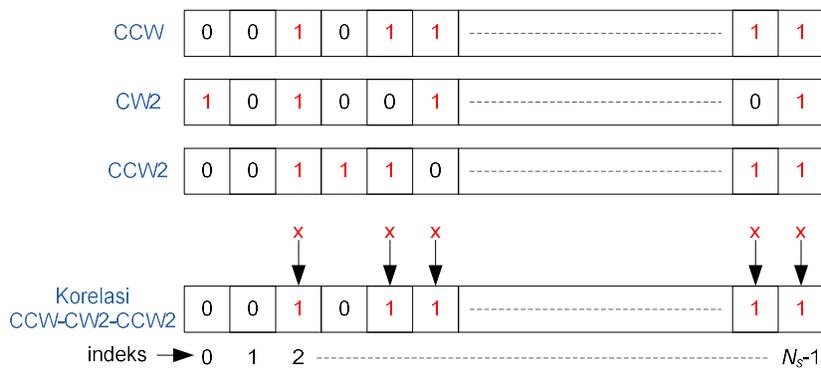
Metode CW-CCW dilakukan dengan 2 kali proses *scanning*. Metode ini bertujuan untuk meningkatkan sensitifitas yang dipengaruhi oleh bias deteksi. Tahapan proses dan komputasi membutuhkan waktu 50 detik untuk  $\Delta\theta = 11,25^\circ$  dan 63 detik untuk  $\Delta\theta = 5,625^\circ$ .

**2.2.2 Metode CW-CCW-CW2 dan CCW-CW2-CC2**

Metode ini menggunakan 3 variabel array pada masing-masing metode. Seperti pada Gambar 6 (a) dan (b), korelasi data diantara ketiga array tersebut disimpan pada 1 variabel array pada masing-masing metode, dimana data indeks array pada korelasi data akan berlogika 1 apabila terdapat sedikitnya 2 indeks yang berlogika 1, selainya 0.



**(a)**



**(b)**

**Gambar 6. Korelasi Data (a) Metode CW-CCW-CW2, (b) Metode CCW-CW2-CCW2**



$$N_s = \frac{\Delta_r}{\Delta\theta} \quad (1)$$

$$\Delta_{sm} = \frac{S_m}{N_s} \quad (2)$$

dimana,  $N_s$  menyatakan jumlah deteksi sensor,  $\Delta_r$  sebagai sudut azimuth gerak maksimal motor yaitu  $360^\circ$ ,  $\Delta\theta$  merupakan sudut penghalang sensor yang digunakan yaitu 11.25 dan 5.625,  $\Delta_{sm}$  menyatakan sebagai lebar gerak sudut motor per-langkah,  $S_m$  menyatakan spesifikasi langkah motor yang digunakan yaitu 512 langkah.

Berikutnya, dilakukan seleksi variabel ( $i \leq 360$ ) dimana nilai  $i$  pertama adalah 0, sehingga blok seleksi terpenuhi untuk melakukan proses *scanning* dan deteksi yang bergerak searah jarum jam (CW) dengan menggunakan pemanggilan fungsi keduanya (Gerak CW dan Deteksi Sensor). Hasil pemanggilan kedua fungsi tersebut menghasilkan data pada variabel  $f$  untuk disimpan dalam variabel array 1 dimensi yaitu  $CW[c]$ , dimana index  $c$  bernilai 0. Setelah itu nilai  $c$  ditambahkan 1 untuk dapat digunakan pada variabel array berikutnya, begitu juga dengan  $i$  ditambahkan dengan nilai  $\Delta_{sm}$  untuk seleksi berikutnya hingga menyatakan nilai  $i$  tidak terpenuhi. Jika pada blok seleksi awal sudah tidak terpenuhi maka dilanjutkan blok seleksi ke-dua ( $i \geq 0$ ) yaitu proses *scanning* yang bergerak berlawanan jarum jam (CCW) dengan proses yang sama dengan sebelumnya, akan tetapi pada variabel  $c$  dan  $i$  dilakukan pengurangan hingga menyatakan nilai  $i$  tidak terpenuhi. Selanjutnya, proses seleksi ke-tiga dan ke-empat memiliki kesamaan dengan proses sebelumnya (CW dan CCW), akan tetapi data deteksi disimpan dalam variabel array  $CW2[c]$  dan  $CCW2[c]$ .

Tahap berikutnya, menampilkan indeks dan persentase tingkat api disekitar area deteksi. Data array 1 dimensi yang didapatkan dari proses sebelumnya, dilakukan seleksi pada setiap index yang terdapat pada variabel CW dan CCW yang menyatakan bernilai 1 (1 = daerah yang terdeteksi). Pada blok seleksi ( $CW[c]==1$ ,  $CCW[c]==1$  &&  $CCW2[c]==1$ ,  $(CW[c]+CCW[c]+CW2[c])>1$  dan  $(CCW[c]+CW2[c]+CCW2[c])>1$ ), jika pada seleksi urutan index terpenuhi, maka dilakukan proses penambahan variabel  $x$  yang menyatakan daerah terdeteksi api, jika tidak, maka langsung ke proses *update* korelasi data dan penabahan variabel  $c$  untuk *up counter*. Proses tersebut berlangsung hingga seleksi ( $N_s > c+1$ ) tidak terpenuhi dan melanjutkan pada proses berikutnya. Hasil jumlah  $x$  pada proses tersebut dapat dihitung masing pada setiap metode dengan Persamaan (3) (4) (5) dan (6), hasil tersebut menjadi sumber dalam menentukan tingkat api disekitar area, adapun presentase tingkat api didapatkan dengan Persamaan (7)

$$x = \sum_{c=0}^{c=N_s-1} (CW[c] == 1) \quad (3)$$

$$x = \sum_{i=0}^{c=N_s-1} (CW[c] == 1) \&\& (CCW[c] == 1) \quad (4)$$

$$x = \sum_{i=0}^{c=N_s-1} ((CW[c] + CCW[c] + CW2[c]) > 1) \quad (5)$$

$$x = \sum_{i=0}^{c=N_s-1} ((CCW[c] + CW2[c] + CCW2[c]) > 1) \quad (6)$$

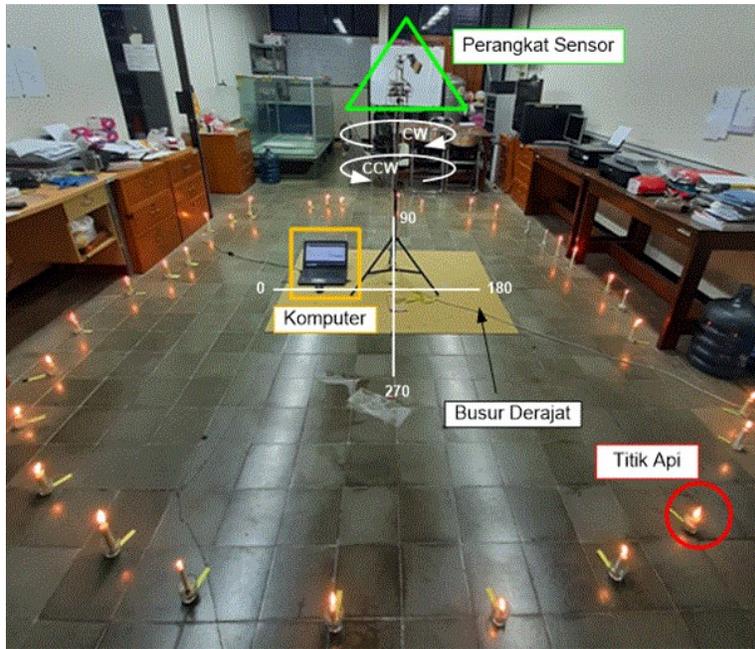
$$L_f = \frac{x}{N_s} \times 100 \quad (7)$$

dimana,  $L_f$  adalah presentase tingkat api keseluruhan dalam area dan  $x$  adalah jumlah indeks yang bernilai 1,  $c$  menyatakan jumlah indeks pada array.

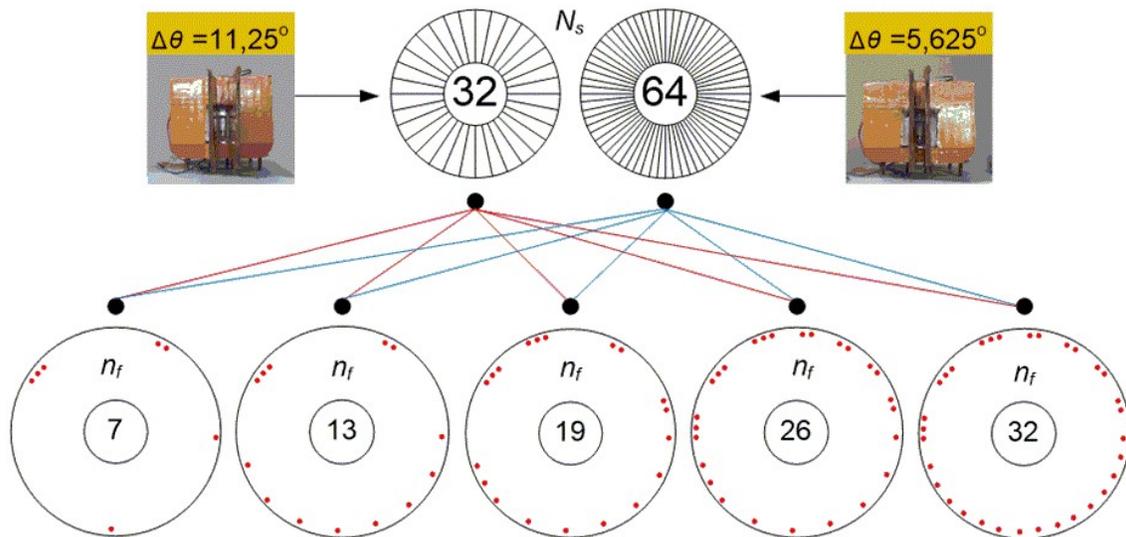
### 3. HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Pengaturan Konfigurasi Pengujian Sistem Deteksi

konfigurasi perangkat sensor dilakukan untuk uji kinerja deteksi api di sekitar area seperti Gambar 8. Diantara pengujian yang dilakukan yaitu sensitifitas deteksi dan probabilitas kebenaran. Pada Gambar 9, Lebar sudut azimuth sensor yang digunakan yaitu  $\Delta\theta = 5.625^\circ$  yang memiliki jumlah sektor ( $N_s$ ) 32 sektor dan  $11.25^\circ$  yang memiliki 64 sektor, dengan berbagai jumlah titik api dalam sektor ( $n_f$ ).



Gambar 8. Pengaturan Fisik Perangkat untuk Percobaan Sistem Deteksi Kebakaran pada Variasi  $n_f$



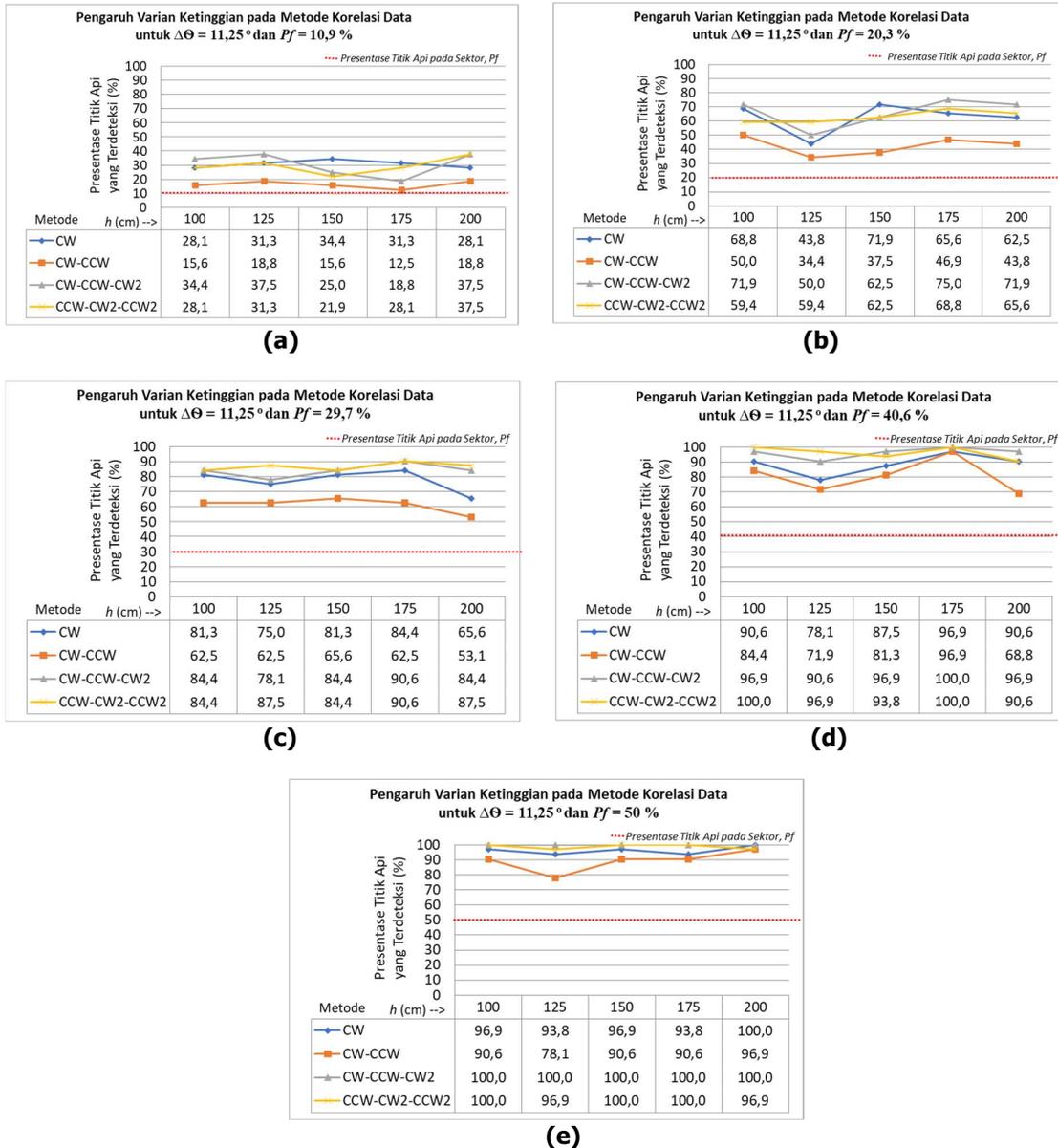
Gambar 9. Skenarion Percobaan untuk  $\Delta\theta = 11,25^\circ$  dan  $5,625^\circ$  pada Variasi  $n_f$

### 3.2 Pengaruh Varian $h$ dan $P_f$ untuk Metode Korelasi CW/CCW

Pengujian dilakukan dengan berbagai ketinggian perangkat untuk mendapatkan nilai selisih antar presentase titik api pada sektor ( $P_f$ ) yang menjadi parameter api yang terdapat pada area deteksi yang sesungguhnya. Untuk menentukan sudut elevasi pada sensor dapat dihitung dengan Persamaan (8), hal ini dilakukan untuk menentukan radius jarak deteksi.

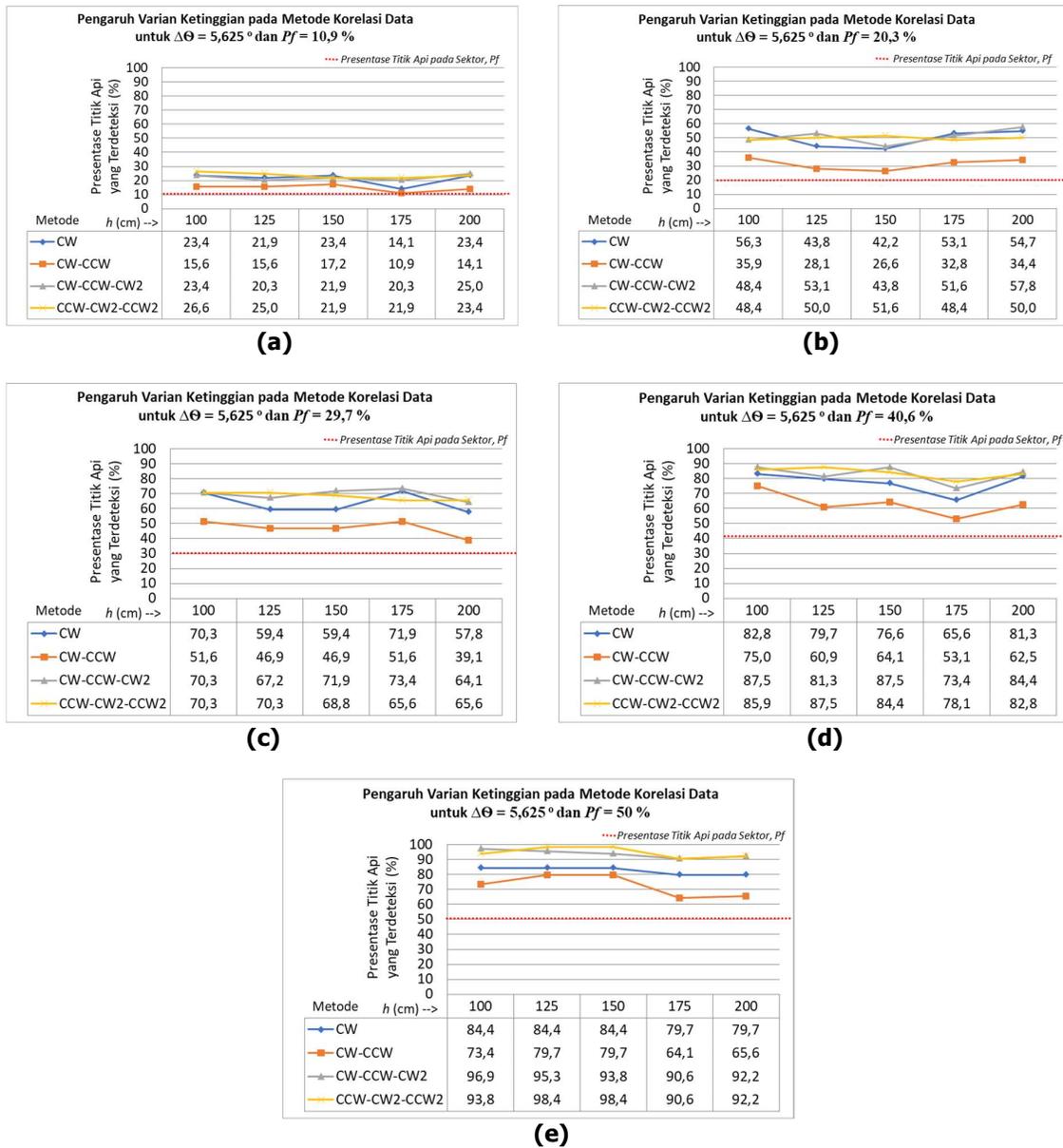
$$\tan (y) = \frac{d_{hf}}{h} \quad (8)$$

dimana,  $h$  adalah ketinggian perangkat sensor dan  $d_{hf}$  merupakan jarak horizontal titik api. Hasil deteksi dengan metode korelasi CW/CCW untuk  $\Delta\theta = 11,25^\circ$  seperti pada Gambar 10.



Gambar 10. Hasil Korelasi Data dengan Menggunakan  $\Delta\theta = 11,25^\circ$  (a)  $h = 100$  cm, (b)  $h = 200$  cm, (c)  $h = 300$  cm, (d)  $h = 400$  cm, (e)  $h = 500$  cm

Berikutnya, hasil deteksi menggunakan metode CW/CCW untuk  $\Delta\theta = 5,625^\circ$  seperti pada Gambar 11.



**Gambar 11. Hasil Korelasi Data dengan Menggunakan  $\Delta\theta = 5,625^\circ$  (a)  $h = 100$  cm, (b)  $h = 200$  cm, (c)  $h = 300$  cm, (d)  $h = 400$  cm, (e)  $h = 500$  cm**

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui pengaruh ketinggian perangkat terhadap hasil deteksi yang menggunakan metode CW/CCW untuk  $\Delta\theta = 11,25^\circ$  dan  $5,625^\circ$ . Hasil terbaik didapatkan dengan menggunakan metode CW-CCW yang memiliki selisih terendah terhadap  $P_f$ . Hal ini dikarenakan karakteristik metode CW-CCW mampu mengurangi *false alarm* dan *missed detection* yang disebabkan oleh bias deteksi, sehingga menghasilkan nilai korelasi terbaik. Sedangkan pada metode selainnya (CW-CCW-CW2 dan CCW-CW2-CCW2), memiliki karakteristik mengurangi *missed detection*, sehingga peluang *false alarm* dapat

mempengaruhi data korelasi yang berakibat pada tingginya selisih terhadap  $P_f$ . pada aplikasinya, perlu dilakukan pembatasan tingkat bahaya api seperti pembatas  $p_f$  antara 0 sd 40 %, karena tingkat bahaya di atas parameter tersebut sulit diketahui karena pengaruh bias deteksi.

### 3.3 Bias Deteksi untuk Metode Korelasi Data

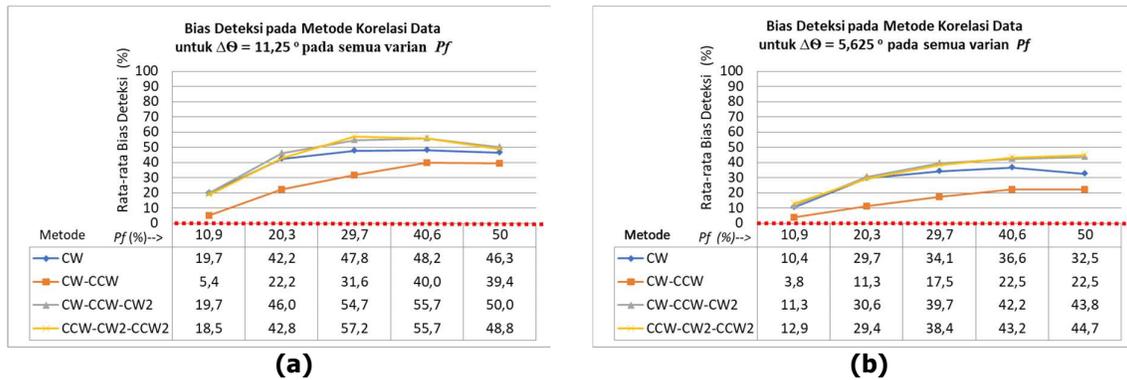
Pengujian bias deteksi didapatkan dari nilai selisih antar pesentase titik api pada sektor ( $P_f$ ) yang sesungguhnya, nilai tersebut dapat dihitung dengan.

$$A = R\theta - P_f \quad (9)$$

dimana,  $A$  adalah selisih nilai persentase titik api yang terdeteksi ( $R\theta$ ) terhadap  $P_f$ .  $A$  juga merupakan nilai bias deteksi pada pengujian. Adapun rata-rata persentase bias deteksi menggunakan metode *scanning* CW/CCW dapat dihitung dengan

$$AB_d = \frac{\sum_{i=1}^m A_i}{m} \quad (10)$$

dimana,  $AB_d$  adalah rata-rata bias deteksi dari metode,  $m$  merupakan jumlah scenario  $P_f$ , sedangkan  $A$  adalah nilai yang diperoleh dari masing-masing metode yaitu CW, CW-CCW, CW-CCW-CW2 dan CCW-CW2-CCW2. Hasil rata-rata nilai bias deteksi dengan menggunakan metode untuk  $\Delta\theta$  seperti pada Gambar 12.



**Gambar 12. Bias Deteksi pada Korelasi Data terhadap  $P_f$  (a)  $\Delta\theta = 11,25^\circ$  (b)  $\Delta\theta = 5,625^\circ$**

Seperti pada Gambar 12, metode *scanning* CW/CCW terdiri dari beberapa metode dan didapatkan bahwa hanya metode CW-CCW yang mengalami peningkatan sensitifitas deteksi ( $U_d$ ) dari metode sebelumnya (CW) (**Rachman, dkk, 2022**) yang ditunjukkan dengan rendahnya persentase bias deteksi ( $B_d$ ), rata-rata keseluruhan dari bias deteksi CW terhadap CW-CCW terdapat pada Tabel 1. Pada Tabel 2, hasil peningkatan CW-CCW didapatkan dengan Persamaan (11), sedangkan rata-rata keseluruhannya dengan Persamaan (12).

$$U_d = \frac{AB_d(CW) - AB_d(CW-CCW)}{AB_d(CW)} \cdot 100 \quad (11)$$

$$AU_d = \frac{\sum_{i=1}^m U_{di}}{m} \quad (12)$$

dimana,  $AB_d$  adalah nilai rata-rata bias deteksi dan  $AU_d$  menunjukkan nilai rata-rata keseluruhan dari  $U_d$ .

**Tabel 1. Bias Deteksi Keseluruhan, Waktu dan Memori antara Metode CW terhadap CW-CCW untuk  $\Delta\theta$** 

	Metode <i>Scanning</i> CW/CCW			
	$\Delta\theta = 11,25^\circ$		$\Delta\theta = 5,625^\circ$	
	CW	CW-CCW	CW	CW-CCW
Bias Deteksi (%)	40,84	27,72	28,66	15,52
Waktu (detik)	26	50	32	63
Memori (Byte)	32	96	64	192

**Tabel 2. Peningkatan Sensitifitas Deteksi dengan Metode CW-CCW untuk  $\Delta\theta$** 

$P_f$ (%)	$U_d$ pada CW-CCW (%)	
	$\Delta\theta = 11,25^\circ$	$\Delta\theta = 5,625^\circ$
10,9	72,5	63,5
20,3	47,4	61,9
29,7	33,9	48,7
40,6	17,0	38,5
50	14,9	30,7
$AU_d$	37,14	48,66

Dari metode sebelumnya (CW), peningkatan sensitifitas deteksi terjadi pada metode CW-CCW untuk  $\Delta\theta = 11,25^\circ$  dan  $5,625^\circ$  dengan persentase rata-rata sebesar 37,14% untuk  $\Delta\theta = 11,25^\circ$  dan 48,66% untuk  $\Delta\theta = 5,625^\circ$ . Pada penerapannya, nilai  $P_f$  dapat mempengaruhi hasil deteksi, sehingga semakin tinggi nilai  $P_f$  maka sensitifitas deteksi semakin menurun, hal itu sebabkan oleh bias deteksi yang ditimbulkan. Untuk mengatasi hal tersebut dapat dilakukan dengan menurunkan nilai rata-rata bias deteksi ( $AB_d$ ) yang berdasarkan pada karakteristik sensitifitas deteksi pada metode CW-CCW.

### 3.4 Probabilitas Kebenaran dari Metode *Scanning* CW/CCW untuk $\Delta\theta$

Probabilitas kebenaran ( $P_c$ ) dilakukan dengan membandingkan skenario percobaan  $n_f$  yang memiliki sudut derajat yang berbeda pada setiap sektor, dengan nilai variabel array 1 dimensi di setiap metode.  $P_c$  dapat diperoleh dengan:

$$P_c = 1 - (P_{fa} + P_{md}) \quad (13)$$

dimana,  $P_c$  adalah probabilitas kebenaran,  $P_{fa}$  merupakan *false alarm*, sedangkan  $P_{md}$  adalah *missed detection*. Hasil  $P_c$  dari semua metode *scanning* CW/CCW untuk  $\Delta\theta = 5,625^\circ$  terdapat pada Gambar 13, dimana rata-rata probabilitas kebenaran didapatkan dengan menggunakan

$$AP_c = \frac{\sum_{i=1}^{h_x} P_{ci}}{h_x} \quad (14)$$

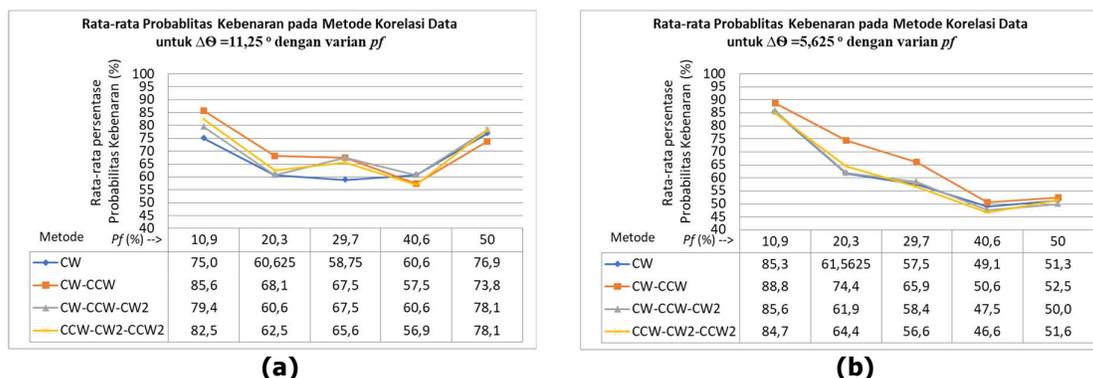
dimana,  $AP_c$  adalah nilai rata-rata probabilitas kebenaran,  $h_x$  jumlah scenario ketinggian.

Untuk menghitung pesentase peningkatan probabilitas kebenaran metode CW-CCW terhadap CW dapat menggunakan dengan

$$U_{AP_c} = \frac{AP_c(\text{CW-CCW}) - AP_c(\text{CW})}{AP_c(\text{CW})} \times 100 \quad (15)$$

$$AU_{APC} = \frac{\sum_{i=1}^m U_{APCi}}{m} \tag{16}$$

dimana,  $U_{APC}$  adalah persentase peningkatan probabilitas kebenaran, sedangkan  $AU_{APC}$  adalah rata-rata persentase keseluruhan dari  $U_{APC}$ . Seperti pada Tabel 3, menampilkan hasil probabilitas kebenaran dengan varian  $P_f$  untuk  $\Delta\theta = 11,25^\circ$  dan  $5,625^\circ$



**Gambar 13. Probabilitas Kebenaran Metode CW/CCW dengan varian  $P_f$ . (a)  $\Delta\theta = 11,25^\circ$ , (b)  $\Delta\theta = 5,625^\circ$**

**Tabel 3. Peningkatan Probabilitas Kebenaran pada Metode CW-CCW untuk  $\Delta\theta$**

$P_f$ (%)	$U_{APC}$ pada CW-CCW (%)	
	$\Delta\theta = 11,25^\circ$	$\Delta\theta = 5,625^\circ$
10,9	14,13	4,10
20,3	7,48	15,98
29,7	14,89	14,60
40,6	-5,11	3,05
50	-4,03	2,33
$AU_{APC}$	5,47	8,01

Probabilitas kebenaran ( $P_c$ ) berfungsi untuk mendapatkan keakurasian nilai dimasing-masing indeks variabel array. Peningkatan  $P_c$  secara konsisten dengan menggunakan metode CW-CCW terjadi pada  $\Delta\theta = 5,625^\circ$  dengan persentase rata-rata 8,01%. Sedangkan pada  $\Delta\theta = 11,25^\circ$  mengalami penurunan pada  $P_f = 40,6$  dan  $50$  %, hal ini dapat terjadi karena lebar sudut azimuth sensor yang terpengaruh oleh bias deteksi sehingga dapat menurunkan persentase  $P_c$ . Pada aplikasinya, penggunaan  $\Delta\theta = 5,625^\circ$  dengan metode CW-CCW dapat diterapkan dengan berdasarkan pada Gambar 13 (b).

#### 4. KESIMPULAN

Korelasi data sensor UV menggunakan metode CW-CCW untuk deteksi kebakaran mengalami peningkatan sensitifitas dan akurasi dibanding dengan metode sebelumnya (CW). Kesimpulannya, penggunaan metode CW-CCW mengalami peningkatan sensitifitas deteksi yang signifikan dengan persentase rata-rata sebesar 37,14% untuk  $\Delta\theta = 11,25^\circ$  dan 48,66% untuk  $\Delta\theta = 5,625^\circ$ . Sedangkan peningkatan keakurasian pada probabilitas kebenaran untuk  $\Delta\theta = 11,25^\circ$  dengan persentase rata-rata 5,47%, dan 8,01% untuk  $\Delta\theta = 5,625^\circ$ .

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didukung oleh Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi melalui Program Beasiswa Afrimasi BPPDN 2019 (38139/M/KP/2019) yang diberikan kepada penulis pertama.

## DAFTAR RUJUKAN

- Andrew, S. (2019). Malaysia, choked by smog of forest fires in Indonesia, issues 2 million face masks to students. *CNN*. Retrieved from <https://edition.cnn.com/2019/09/19/asia/malaysia-indonesia-fires-smog-trnd/index.html>
- Bosch, I., Gomez, S., Molina, R., & Miralles, R. (2009). Object discrimination by infrared image processing. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 5602 LNCS(PART 2), 30–40. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-02267-8\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-642-02267-8_4)
- Costea, A., & Schiopu, P. (2018). New design and improved performance for smoke detector. *Proceedings of the 10th International Conference on Electronics, Computers and Artificial Intelligence, ECAI 2018*, (3), 1–7. <https://doi.org/10.1109/ECAI.2018.8679032>
- Crompton, A. J., Gamage, K. A. A., Trivedi, D., & Jenkins, A. (2018). The effect of gamma and beta radiation on a UVTRON flame sensor: Assessment of the impact on implementation in a mixed radiation field. *Sensors (Switzerland)*, 18(12). <https://doi.org/10.3390/s18124394>
- Da Silva Júnior, L. A. S., Delgado, R. C., Pereira, M. G., Teodoro, P. E., & da Silva Junior, C. A. (2019). Fire dynamics in extreme climatic events in western amazon. *Environmental Development*, (June), 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2019.06.005>
- De Iacovo, A., Venettacci, C., Colace, L., Scopa, L., & Foglia, S. (2017). PbS colloidal quantum dot visible-blind photodetector for early indoor fire detection. *IEEE Sensors Journal*, 17(14), 4454–4459. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2017.2710301>
- Dwomoh, F. K., Wimberly, M. C., Cochrane, M. A., & Numata, I. (2019). Forest degradation promotes fire during drought in moist tropical forests of Ghana. *Forest Ecology and Management*, 440, 158–168. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.03.014>
- Gong, F., Li, C., Gong, W., Li, X., Yuan, X., Ma, Y., & Song, T. (2019). A real-time fire detection method from video with multifeature fusion. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/1939171>
- Jalalifar, M., & Byun, G. S. (2016). A Wide Range CMOS Temperature Sensor with Process Variation Compensation for On-Chip Monitoring. *IEEE Sensors Journal*, 16(14), 5536–

5542. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2016.2568242>
- Kumar, A., Gaur, A., Singh, A., Kumar, A., Kulkarni, K. S., Lala, S., ... Mukhopadhyay, S. C. (2019). Fire Sensing Technologies: A Review. *IEEE Sensors Journal*, *19*(9), 3191–3202. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2019.2894665>
- L'vov, A. A., Komarov, V. V., Kuzin, S. A., & L'vov, P. A. (2018). Fire detection and alarm sensor for avionics based on current loop circuit. *Proceedings of the 2018 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering, ElConRus 2018, 2018-Janua*, 1109–1112. <https://doi.org/10.1109/EIConRus.2018.8317284>
- Lin, Z. D., Young, S. J., & Chang, S. J. (2015). CO<sub>2</sub> Gas Sensors Based on Carbon Nanotube Thin Films Using a Simple Transfer Method on Flexible Substrate. *IEEE Sensors Journal*, *15*(12), 7017–7020. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2015.2472968>
- Rachman, F. Z., Hendranto, G., & Wirawan, W. (2022). Optimization of A Fire Detection System Based on Radial Sector Scanning Using An UV Sensor. *Submitted to Journal IEEE Sensors Letters*.
- Shen, Z., Wang, J., & Wei, G. (2020). An improved partial discharge detection system based on uv pulses detection. *Sensors (Switzerland)*, *20*(17), 1–15. <https://doi.org/10.3390/s20174767>
- Sloan, S., Locatelli, B., Wooster, M. J., & Gaveau, D. L. A. (2017). Fire activity in Borneo driven by industrial land conversion and drought during El Niño periods, 1982–2010. *Global Environmental Change*, *47*(November 2016), 95–109. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.10.001>
- Verma, A., Prakash, S., Srivastava, V., Kumar, A., & Mukhopadhyay, S. C. (2019). Sensing, Controlling, and IoT Infrastructure in Smart Building: A Review. *IEEE Sensors Journal*, *19*(20), 1–1. <https://doi.org/10.1109/jsen.2019.2922409>
- Yan, D., Yang, Y., Hong, Y., Liang, T., Yao, Z., Chen, X., & Xiong, J. (2018). Low-cost wireless temperature measurement: Design, manufacture, and testing of a PCB-based wireless passive temperature sensor. *Sensors (Switzerland)*, *18*(2), 1–14. <https://doi.org/10.3390/s18020532>