

Penggunaan Sensor *Photodiode* sebagai Sistem Deteksi Api pada Wahana Terbang *Vertical Take-Off Landing* (VTOL)

Erni Setyaningsih¹, Dhidik Prastiyanto², dan Suryono³

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang

Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang, 50229, Indonesia

ernisetya8@gmail.com¹, dhidik.prastiyanto@mail.unnes.ac.id², suryote@gmail.com³

Abstrak— Kontes Robot Terbang Indonesia (KRTI) divisi *Vertical Take-Off Landing* (VTOL) merupakan perlombaan pesawat tanpa awak dengan misi mendeteksi dan memadamkan api dengan atau tanpa menggunakan air. Penelitian ini bertujuan untuk membuat sistem deteksi api pada wahana terbang VTOL yang efektif dan tidak memberatkan beban komputasi wahana terbang tersebut. Metode penelitian yang digunakan adalah *Research and Development* (R&D). Prosedur penelitian dilakukan dengan melakukan perancangan, penerapan metode, dan pengujian sistem deteksi api dengan menggunakan sensor *photodiode*. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa sistem deteksi api yang telah dibuat dapat bekerja dengan baik dan tidak mengganggu sistem kerja dari wahana terbang itu sendiri. Saran untuk peneliti berikutnya agar wahana terbang VTOL mampu mendeteksi api pada jarak yang cukup jauh dapat menggunakan kamera yang beresolusi tinggi dan diimbangi dengan *processor* yang mumpuni.

Kata kunci— wahana terbang VTOL, sensor *photodiode*

I. PENDAHULUAN

Kontes Robot Terbang Indonesia (KRTI) merupakan kompetisi yang diadakan oleh lembaga Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi (DIKTI) sejak tahun 2013. Adapun beberapa divisi yang diperlombakan dalam KRTI dan salah satunya adalah Divisi *Vertical Take-Off and Landing* (VTOL). Wahana terbang VTOL merupakan robot terbang yang dirancang untuk melakukan tugas memadamkan api secara *fully autonomous* di suatu kawasan yang mewakili suatu area yang di dalamnya terdapat titik-titik api kebakaran yang sebelumnya tidak diketahui, kemudian memadamkannya, dan diakhiri dengan *landing* ke posisi awal/*home* [1].

Pada 2 tahun terakhir (2015 dan 2016), divisi VTOL mengangkat tema yang sama yaitu “UAV sebagai pemadam kebakaran (*fire extinguisher*) dini pada titik-titik api terdeteksi”. Seperti diketahui, tingginya angka kebakaran hutan di Indonesia disetiap tahun menjadi masalah yang makin rumit dalam penanganannya. Selama ini, upaya pemadaman api pada kebakaran hutan menggunakan strategi *water bombing*, yakni dengan menggunakan pesawat berawak atau helikopter yang dapat membawa muatan air kemudian menjatuhkannya di daerah terbakar [2]. Pemadaman api menggunakan pesawat berawak memiliki risiko yang sangat besar bagi pilot, ko-pilot, teknisi, serta penumpangnya. Untuk itulah dibutuhkan sebuah wahana terbang tanpa awak yang mampu menggantikan tugas manusia untuk mendeteksi dan memadamkan api secara *fully autonomous*.

Wahana terbang VTOL merupakan salah satu jenis dari pesawat tanpa awak atau *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) dan sesuai dengan namanya wahana terbang VTOL ini dapat lepas landas dan melakukan pendaratan secara vertikal, sehingga tidak memerlukan landasan pacu yang cukup luas seperti Gambar 1. Pengertian UAV sendiri merupakan kendaraan udara tanpa awak (pilot pengendali) di dalamnya [3]. Pesawat ini dapat dikendalikan secara otomatis melalui program komputer yang telah dirancang, atau melalui kendali jarak jauh menggunakan *remote control*.



Gambar 1. Wahana terbang VTOL/drone

Pada penelitian sebelumnya telah banyak dibuat sistem deteksi api, dimana dalam penggunaannya sistem tersebut diaplikasikan di dalam ruangan tertutup, sedangkan pada penelitian ini sensor digunakan sebagai sistem deteksi api harus dapat mendeteksi api di luar ruangan. Untuk itu dibutuhkan sensor yang mampu mendeteksi api di luar ruangan dan dapat diimplementasikan pada wahana terbang VTOL.

Sensor *infrared* salah satu yang digunakan sebagai sensor deteksi api. Seperti pada penelitian sebelumnya yang dilakukan [4], dari penelitian tersebut telah dirancang dan dibuat alat pendeteksi kebakaran pada sebuah ruangan menggunakan sensor *infrared* dengan komponen-komponen pembantu lainnya. Dari pengujian yang telah dilakukan, sensor *infrared* dapat mendeteksi api hingga jarak 10 cm dan dalam penggunaannya sensor *infrared* tidak boleh terlalu dekat dengan api karena dapat merusak sensor.

Pada penelitian lainnya adalah membuat robot pendeteksi api menggunakan sensor LM35 dan Arduino *flame sensor* [5]. Jika api telah terdeteksi oleh Arduino *flame sensor*, maka robot akan bergerak ke arah dimana api itu terdeteksi. Sensor LM35 berfungsi untuk mengidentifikasi kenaikan suhu sekitar ketika robot telah mendekati sumber api dan mengatur jarak aman terhadap api. Dari beberapa kali pengujian yang telah dilakukan robot dapat mendeteksi api secara maksimal pada malam hari dimana sensor api tidak terpengaruh oleh sinar infra merah dari matahari.

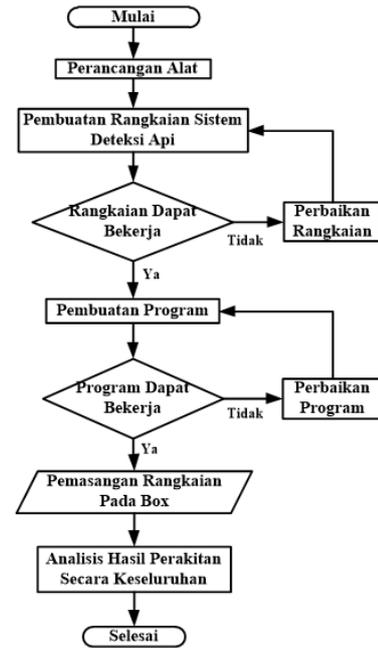
Pengembangan *prototype* robot pemadam api beroda dengan penambahan pada *hardware* yaitu sensor api TPA 81 sebagai modul pendeteksi api di dalam ruangan [6]. Setelah dilakukan pengujian, sensor TPA 81 dapat mendeteksi api lilin pada jarak 2 meter dan tidak terpengaruh oleh cahaya ruangan.

Berdasarkan beberapa penelitian tersebut, maka dalam penelitian dibuat rancangan sistem deteksi api pada wahana terbang VTOL dengan menggunakan sensor *photodiode* yang berbasis mikrokontroler untuk meningkatkan kemampuan sensor dalam mendeteksi api.

II. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode Penelitian dan Pengembangan (*Research and Development* atau R&D). Metode penelitian *Research and Development* atau yang sering disingkat menjadi R&D merupakan metode penelitian yang digunakan untuk meneliti, merancang, memproduksi, dan menguji validitas produk yang telah dihasilkan. Secara metodologi, penelitian pengembangan mempunyai empat kesulitan yaitu: meneliti tanpa menguji (tidak membuat dan tidak menguji produk), menguji tanpa meneliti (menguji validitas produk yang telah ada), meneliti dan menguji upaya mengembangkan produk yang telah ada, meneliti dan menguji dalam menciptakan produk baru [7].

Desain penelitian yang digunakan adalah Penelitian dan Pengembangan (R&D) yang bersifat melakukan pengembangan dari produk yang telah ada dengan membuat produk serupa yang bertujuan untuk memperbaiki. Penelitian ini menghasilkan produk sistem deteksi api yang dapat digunakan pada wahana terbang VTOL untuk misi mendeteksi dan memadamkan api. Adapun tahapan-tahapan dari desain penelitian yang dilakukan ditunjukkan pada Gambar 2.



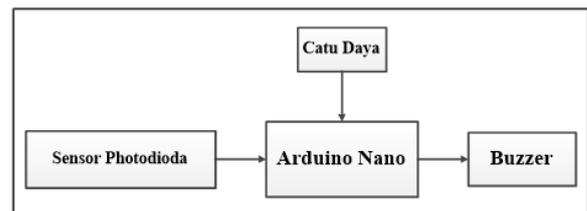
Gambar 2. Flowchart alur penelitian

A. Pengumpulan Data dan Informasi

Pengumpulan data dan informasi dalam penelitian ini menggunakan teknik observasi. Teknik observasi dalam penelitian ini digunakan untuk menentukan desain serta tingkat keakurasian sebelum melakukan perencanaan pembuatan alat. Tahapan observasi dimaksudkan untuk memperoleh informasi tentang potensi atau masalah yang ada yang ditunjukkan secara faktual dan *up to date*. Observasi data dilakukan dengan cara mencari sumber, mengkaji teori serta studi lapangan mengenai data yang akan digunakan sebagai acuan dalam pembuatan alat. Hal ini dimaksudkan data yang diambil dari observasi digunakan sebagai referensi pembuatan alat serta penentuan komponen yang akan dipakai dalam penelitian nanti.

B. Pembuatan Alat

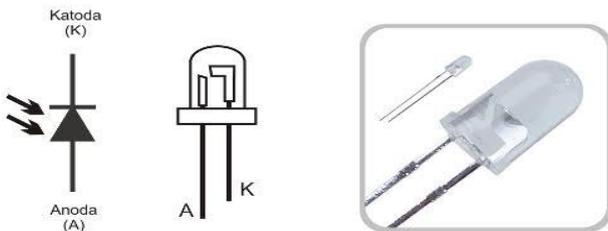
Perancangan dan pembuatan alat terdiri dari *hardware* dan *software*. Pada perancangannya sistem deteksi api ini menggunakan sumber tegangan 5 VDC dan mikrokontroler Atmega 328 yang terdapat pada Arduino Nano sebagai pengolah data dari sensor dan untuk mengaktifkan *buzzer* ketika mendeteksi titik api. Secara umum diagram blok dari sistem deteksi api dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram blok desain sistem deteksi api

1) Sensor *Photodioda*

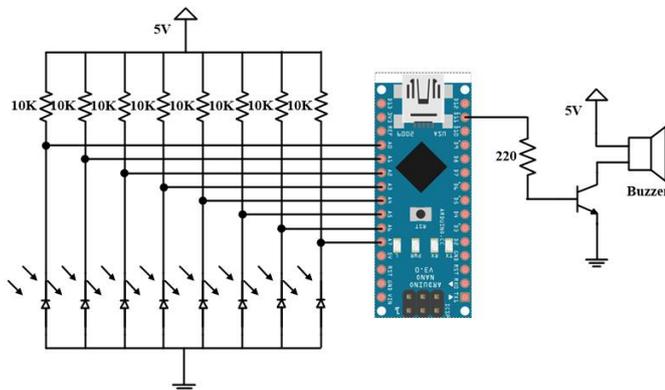
Sensor cahaya adalah komponen elektronika yang berfungsi mengubah suatu besaran optik (cahaya) menjadi besaran elektrik. Sensor cahaya berdasarkan perubahan elektrik yang dihasilkan dibagi menjadi dua jenis, yaitu fotovoltaiik dan fotokonduktif. Salah satu sensor cahaya jenis fotokonduktif adalah sensor *photodioda*. Sensor *photodioda* dapat merespon stimulus berupa cahaya tampak maupun tidak tampak dan mengkonversi intensitas cahaya yang terdeteksi menjadi arus [8]. Seperti yang terlihat pada Gambar 4 merupakan simbol dan bentuk fisik dari sensor *photodioda*.



Gambar 4. Simbol dan bentuk fisik dari *photodioda*

Photodioda adalah suatu jenis dioda yang resistansinya akan berubah-ubah apabila terkena sinar cahaya. Resistansi dari *photodioda* dipengaruhi oleh intensitas cahaya yang diterimanya, semakin banyak cahaya yang diterima maka semakin kecil resistansi dari *photodioda* dan begitupula sebaliknya jika semakin sedikit intensitas cahaya yang diterima oleh sensor *photodioda* maka semakin besar nilai resistansinya [9]. Sensor *photodioda* sama seperti sensor LDR, mengubah besaran cahaya yang diterima sensor menjadi perubahan konduktansi (kemampuan suatu benda menghantarkan arus listrik dari suatu bahan).

Pada penelitian sebelumnya telah digunakan sensor *photodioda* sebanyak 5 buah pada robot pemadam api berkaki dengan tujuan agar dapat mendeteksi api lilin dengan sudut pandang 180⁰ [10]. Pada penelitian ini digunakan sensor *photodioda* sejumlah 8 buah dan diletakkan menyebar agar sensor dapat mendeteksi api secara maksimal. Sistem deteksi api ini bekerja dengan logika OR, dimana jika salah satu sensor dari ke delapan buah sensor *photodioda* mendeteksi adanya api maka *buzzer* akan berbunyi. Gambar 5 merupakan skema rangkaian dari sensor api menggunakan *photodioda*.



Gambar 5. Skema rangkaian sensor api menggunakan *photodioda*

Pada perancangan rangkaian *photodioda* menggunakan resistor 10KΩ berdasarkan pada perhitungan bahwa *photodioda* tersebut bekerja pada tegangan sebesar 2V dengan arus sebesar 0,33 mA.

Diketahui: *Range* Yang digunakan:

$V_{max}/V_r = 35 V$	$V_{cc} = 5 V$
$V_f = 1,5 V - 2,5 V$	$V_f = 2 V$
$I_f = 30 nA < min$	$I_f = 0,33 mA$
$R = \frac{V-V_f}{I_f}$	
$R = \frac{5 V - 2 V}{0,33 mA}$	
$R = 9,0909 K\Omega$	

Keterangan:

- V = Voltage (Volt)
- V_f = Forward Voltage (Volt)
- I_f = Forward Current (Ampere)
- R = Resistor (Ohm)

Karena R = 9,0909 KΩ tidak tersedia di pasaran, maka digunakan resistor dengan nilai R = 10 KΩ.

2) Arduino Nano

Arduino adalah papan elektronik *open source* yang di dalamnya terdapat komponen utama, yaitu sebuah *chip* mikrokontroler Atmega328 dari jenis AVR dari perusahaan Atmel [11]. Mikrokontroler itu sendiri merupakan *chip* atau IC (*Integrated Circuit*) yang bisa diprogram menggunakan komputer. Pemograman pada mikrokontroler ini bertujuan agar rangkaian elektronik yang telah dibuat dapat membaca *input*, memproses, dan memberikan *output* sesuai dengan yang diinginkan. Bentuk fisik dari Arduino Nano dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Board Arduino Nano

Arduino Nano adalah *board* Arduino berukuran kecil, lengkap dan berbasis ATmega328 yang mempunyai kelebihan yang sama fungsional dengan Arduino jenis lain. *Development Board* Arduino Nano dapat diaktifkan melalui koneksi kabel Mini-B USB standar, atau melalui catu daya eksternal dengan tegangan yang belum teregulasi antara 6 – 20 volt yang dihubungkan melalui pin 30 atau pin Vin, atau melalui catu daya eksternal dengan tegangan teregulasi 5 volt melalui pin 27 [10]. Spesifikasi dari Arduino Nano ini dapat dilihat pada Tabel I.

3) Buzzer

Buzzer adalah sebuah *transducer* yang berfungsi untuk merubah energi listrik menjadi energi suara. *Buzzer* yang digunakan pada sistem deteksi api ini adalah tipe KY-006. *Buzzer* ini memiliki spesifikasi tegangan kerja sebesar 1,5 – 15 V DC. *Buzzer* ini dapat menghasilkan bunyi pada frekuensi sekitar 1,5 – 2,5 KHz. Bentuk fisik *buzzer* ditunjukkan pada Gambar 7.

TABEL I. SPESIFIKASI DARI ARDUINO NANO

No	Spesifikasi	Keterangan
1	Mikrokontroler	ATmega328
2	Tegangan Operasi	5 V
3	Input Voltage (disarankan)	7 – 12 V
4	Pin Digital I/O	14 buah, 6 diantaranya menyediakan PWM
5	Pin Input Analog	6 buah
6	Arus DC per pin I/O	40 mA
7	Flash Memory	32KB, 0.5 KB telah digunakan untuk bootloader
8	SRAM	2 KB
9	EPROM	1 KB
10	Clock Speed	16 MHz
11	Dimensi	45 mm x 18 mm
12	Berat	5 g



Gambar 7. KY-006 Passive Buzzer Module

4) Catu Daya

Catu daya atau *power supply* yang digunakan dalam sistem deteksi api ini adalah jenis baterai LiPo 2 Cell (7,4 volt). Kelebihan yang dimiliki dari baterai ini adalah bobot yang ringan dan tersedia dalam berbagai macam bentuk dan ukuran, kapasitas penyimpanan energi listrik yang besar, dan tingkat *discharger rate* energi yang tinggi.

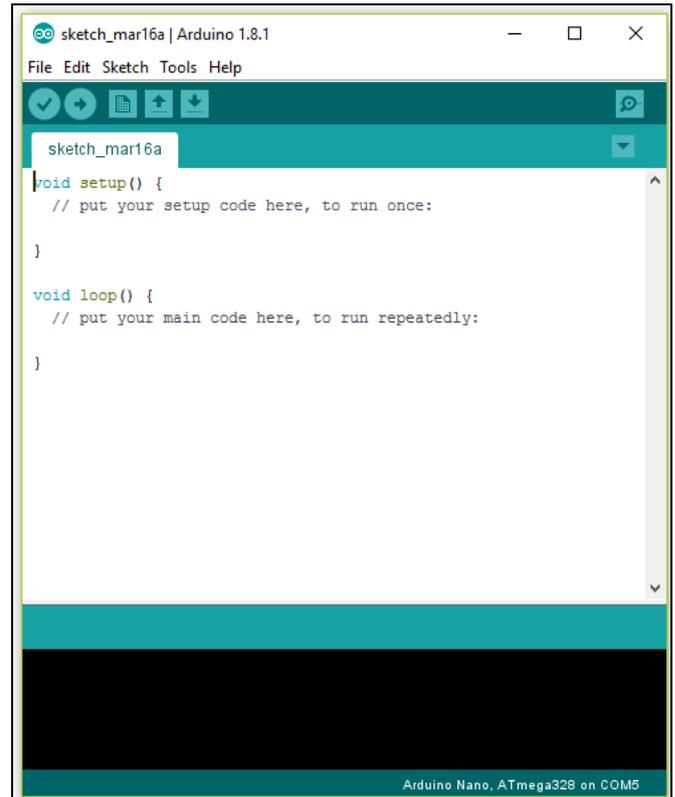
C. Pembuatan Program

Pemrograman *board* Arduino Nano dilakukan dengan menggunakan *Arduino software* yaitu *Integrated Development Environment (IDE)* yang dapat diunduh secara gratis. Bahasa yang digunakan adalah pustaka C++ yang berbasis pada bahasa C untuk AVR [10]. Pada *software* Arduino IDE dapat dilakukan proses *compile* dan *upload* program yang telah dibuat ke dalam mikrokontroler Arduino [12]. *Software* Arduino IDE ditunjukkan pada Gambar 8.

D. Pengujian dan Pengumpulan Data

Uji coba digunakan untuk mengetahui apakah sistem deteksi api sudah sesuai dengan yang diharapkan. Pengujian sistem deteksi api dilakukan di luar ruangan dengan indikator yang digunakan ketika sensor mendeteksi adanya api adalah suara dari *buzzer*.

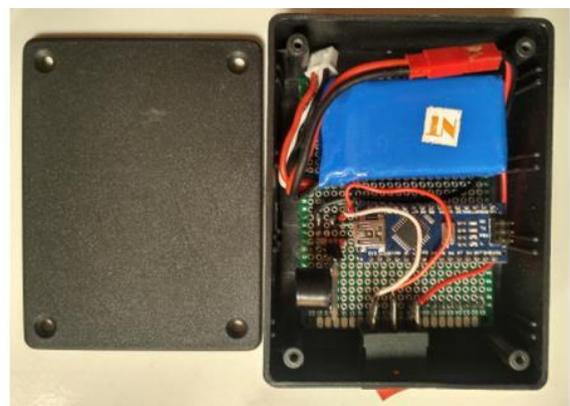
Data dari hasil pengujian yang dilakukan selanjutnya dianalisis menggunakan analisis statistik deskriptif. Statistik deskriptif adalah statistik yang digunakan untuk menganalisis data dengan cara mendeskripsikan atau menggambarkan data yang telah terkumpul sebagaimana adanya tanpa bermaksud membuat kesimpulan yang berlaku untuk umum atau generalisasi [7].



Gambar 8. Tampilan Arduino IDE

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan penelitian bertujuan untuk mengetahui sistem deteksi api yang telah dibuat dapat bekerja dengan baik. Untuk mendapatkan hasil berupa data yang tepat dan benar, maka dalam pengujiannya dilakukan secara berulang-ulang. Pengujian dilakukan pada selang waktu yang berbeda, yaitu pagi, siang, sore, dan malam. Pengujian dengan selang waktu berbeda ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari intensitas cahaya terhadap kemampuan sensor *photodiode* dalam mendeteksi api. Hasil perancangan sistem deteksi api yang dibuat dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Alat deteksi api

Pengujian *photodiode* dibagi menjadi dua yaitu pengujian jarak pendeteksian api oleh sensor tanpa menggunakan pelindung dan dengan menggunakan pelindung. Berdasarkan pemrograman yang diberikan untuk sensor *photodiode*, sensor akan mendeteksi api jika cahaya yang terdeteksi memiliki nilai lebih besar dari nilai sensitifitas yang telah ditentukan. Untuk mengetahui nilai intensitas cahaya yang dibaca *photodiode* sebelum mendeteksi api adalah dengan menampilkan hasil nilai ADC yang ditampilkan pada serial monitor yang ada pada Arduino IDE. Nilai ADC mewakili nilai intensitas yang terbaca oleh sensor *photodiode*. Untuk dapat mengakses sensor *photodiode*, Arduino Nano diprogram sebagai berikut:

```
int buzzer = 13 // pin 13 sebagai output untuk buzzer
int sensitifitas = 500 // nilai acuan api
int s0=(1024-analogRead(A0)); //baca sensor 1
int s1=(1024-analogRead(A1)); //baca sensor 2
int s2=(1024-analogRead(A2)); //baca sensor 3
int s3=(1024-analogRead(A3)); //baca sensor 4
int s4=(1024-analogRead(A4)); //baca sensor 5
int s5=(1024-analogRead(A5)); //baca sensor 6
int s6=(1024-analogRead(A6)); //baca sensor 7
int s7=(1024-analogRead(A7)); //baca sensor 8
// program dengan logika OR
if ((sensitifitas<s0) || (sensitifitas<s1) || (sensitifitas<s2)
|| (sensitifitas<s3) || (sensitifitas<s4) ||
(sensitifitas<s5) || (sensitifitas < s6) || (sensitifitas< s7))
```

Jika rata-rata nilai ADC yang terbaca *photodiode* disekitar sensor sebelum adanya api adalah 400, maka nilai sensitifitas pada program harus bernilai di atas 400 karena cahaya dari api akan bernilai lebih besar dari cahaya sekitar.

A. Pengujian Jarak Deteksi Api dengan Sensor *Photodiode* tanpa Menggunakan Pelindung

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui jarak pendeteksian api oleh sensor *photodiode* tanpa menggunakan pelindung. Pengujian dilakukan dengan cara meletakkan sumber api di depan sensor *photodiode* pada jarak 20 cm – 300 cm dengan selisih jaraknya adalah 20 cm, pengambilan data berdasarkan indikator *buzzer*. Pengambilan data ini dilakukan di luar ruangan dengan berdasarkan intensitas cahaya yang berbeda tiap waktunya, yang kelompokan menjadi 4 waktu yaitu, pagi, siang, sore, dan malam. Masing-masing waktu tersebut memiliki nilai intensitas cahaya yang berbeda-beda, untuk mengukur intensitas cahaya digunakan lux meter. Pengujian pagi hari dilakukan pada rentang waktu pukul 06.00 – 08.00 WIB dengan nilai intensitas cahaya adalah 200 – 300 lux, pengujian siang hari dilakukan pada pukul 12.00 – 14.00 WIB dengan nilai intensitas cahaya adalah 1.200 – 1.300 lux, pengujian sore hari dilakukan pada pukul 16.00 – 18.00 WIB dengan nilai intensitas cahaya adalah 300 – 400 lux, dan pengujian malam hari dilakukan pada pukul 20.00 – 22.00 WIB dengan nilai intensitas cahaya adalah 0 – 10 lux. Tabel II merupakan hasil pengukuran jarak deteksi oleh sensor *photodiode* tanpa pelindung berdasarkan intensitas cahaya yang berbeda tiap waktunya.

TABEL II. HASIL PENGUKURAN DETEKSI API OLEH SENSOR *PHOTODIODE* TANPA PELINDUNG

Pengujian	Jarak (cm)	Intesitas Cahaya (Lux)			
		Pagi (200-300)	Siang (1.200-1.300)	Sore (300-400)	Malam (0-10)
1	20	✓	✓	✓	✓
2	40	✓	✓	✓	✓
3	60	✓	✓	✓	✓
4	80	✓	-	✓	✓
5	100	✓	-	✓	✓
6	120	✓	-	✓	✓
7	140	✓	-	-	✓
8	160	✓	-	-	✓
9	180	-	-	-	✓
10	200	-	-	-	✓
11	220	-	-	-	✓
12	240	-	-	-	✓
13	260	-	-	-	✓
14	280	-	-	-	✓
15	300	-	-	-	✓

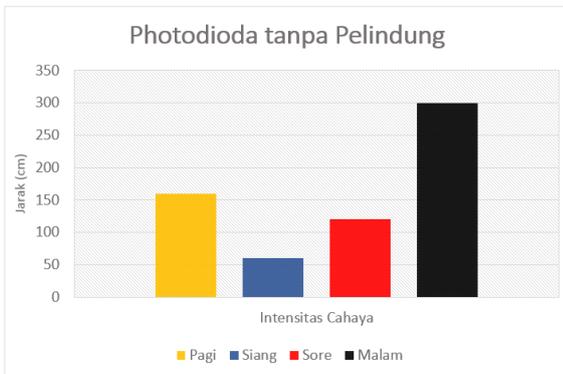
B. Pengujian Jarak Deteksi Api dengan Sensor *Photodiode* dengan Menggunakan Pelindung

Pengujian dengan menggunakan pelindung ini bertujuan untuk meminimalisir gangguan berupa pancaran cahaya dari luar, sehingga nantinya sensor *photodiode* dapat fokus mendeteksi pancaran sinar dari api. Pelindung untuk *photodiode* merupakan selubung kabel bakar dengan diameter 6 mm. Pengujian dilakukan dengan cara meletakkan sumber api di depan sensor *photodiode* pada jarak 20 cm – 300 cm dan selisih tiap jaraknya adalah 20 cm. Tabel III merupakan hasil pengujian sensor *photodiode* dengan menggunakan pelindung.

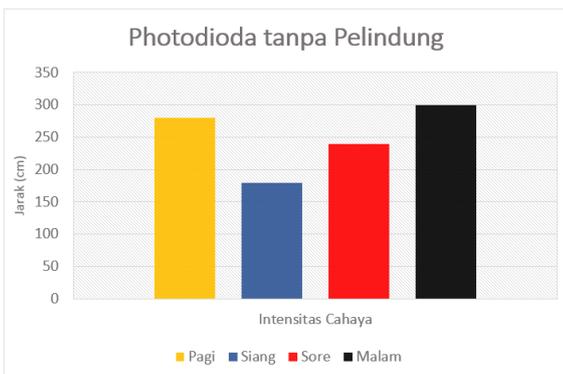
TABEL III. HASIL PENGUKURAN DETEKSI API OLEH SENSOR *PHOTODIODE* DENGAN PELINDUNG

Pengujian	Jarak (cm)	Intesitas Cahaya (Lux)			
		Pagi (200-300)	Siang (1.200-1.300)	Sore (300-400)	Malam (0-10)
1	20	✓	✓	✓	✓
2	40	✓	✓	✓	✓
3	60	✓	✓	✓	✓
4	80	✓	✓	✓	✓
5	100	✓	✓	✓	✓
6	120	✓	✓	✓	✓
7	140	✓	✓	✓	✓
8	160	✓	✓	✓	✓
9	180	✓	✓	✓	✓
10	200	✓	-	✓	✓
11	220	✓	-	✓	✓
12	240	✓	-	✓	✓
13	260	✓	-	-	✓
14	280	✓	-	-	✓
15	300	-	-	-	✓

Dari Tabel II dan Tabel III diketahui bahwa pemberian pelindung pada *photodiode* berpengaruh kepada jarak deteksi api yang lebih jauh dikarenakan sensor tidak terganggu oleh cahaya lain disekitar sensor tersebut. Agar mudah dipahami maka data angka tersebut digambarkan melalui grafik Gambar 10 dan Gambar 11.



Gambar 10. Grafik deteksi api oleh sensor *photodiode* tanpa pelindung



Gambar 11. Grafik deteksi api oleh sensor *photodiode* tanpa pelindung

C. Pengujian *Photodiode* Terhadap Intensitas Cahaya

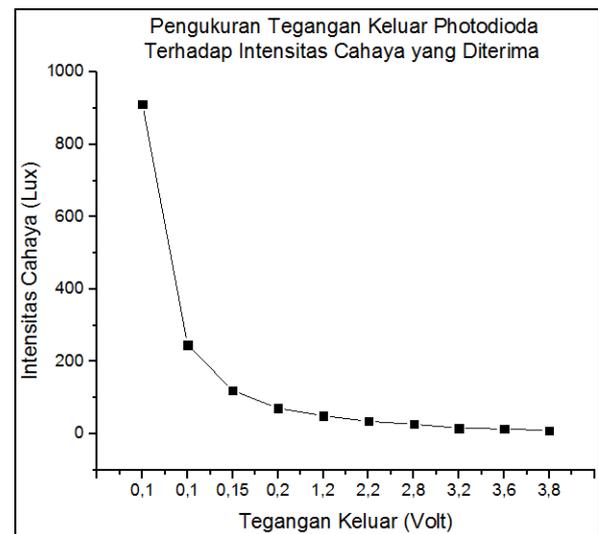
Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antara *output* tegangan sensor *photodiode* dengan intensitas cahaya yang diterima. Pengujian dilakukan di dalam ruangan yang gelap agar nilai yang terbaca oleh lux meter adalah intensitas dari lampu dan tidak terpengaruh oleh cahaya dari luar. Sumber cahaya yang digunakan merupakan senter. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel IV.

Hasil pengujian tersebut menunjukkan hasil yang sama dengan pengujian sebelumnya yaitu jika jarak sensor mendekati sumber api maka nilai intensitas cahaya akan bernilai besar dan sebaliknya jika jarak semakin jauh maka besar intensitas cahaya semakin turun [13]. Berdasarkan Tabel IV agar mudah dipahami maka data angka tersebut digambarkan melalui grafik pada Gambar 12.

Berdasarkan pengujian tersebut diketahui bahwa pada saat intensitas cahaya yang diterima *photodiode* rendah, *photodiode* memiliki resistansi yang tinggi sehingga arus yang mengalir pada *photodiode* kecil dan tegangan *output* mendekati V_c .

TABEL IV. HASIL PENGUKURAN TEGANGAN KELUAR *PHOTODIODE*

Pengujian	Jarak (cm)	Intensitas Cahaya (Lux)	Tegangan (V)
1	10	912	0,1
2	20	246	0,1
3	30	120	0,15
4	40	71	0,2
5	50	50	1,2
6	60	35	2,2
7	70	27	2,8
8	80	16	3,2
9	90	14	3,6
10	100	10	3,8



Gambar 12. Grafik hubungan tegangan keluar sensor *photodiode* dengan intensitas cahaya

D. Pengujian Sistem Deteksi Api dengan Menggunakan *Drone*

Selain pengujian yang dilakukan secara manual, pengujian juga dilakukan dengan menggunakan *drone*. Pengujian dengan menggunakan *drone* ini bertujuan untuk mengetahui bahwa sistem deteksi api ini tidak mengganggu sistem kerja dan kestabilan dari *drone* itu sendiri, karena dalam perancangannya sistem deteksi api ini merupakan bagian terpisah dari *drone*.

Dari hasil pengujian dengan menggunakan *drone*, sistem deteksi api dengan menggunakan sensor *photodiode* mampu mendeteksi api pada ketinggian 2 meter dengan menggunakan pelindung. Ketika diimplementasikan pada wahana terbang tersebut, *drone* tetap dapat terbang dengan stabil dan komunikasi dengan *remote control* tidak terganggu. Pengujian menggunakan *drone* ditunjukkan pada Gambar 13.



Gambar 13. Pengujian sistem deteksi api menggunakan drone

V. PENUTUP

A. Simpulan

Telah berhasil dirancang sistem deteksi api menggunakan sensor *photodiode* yang dapat diimplementasikan pada wahana terbang VTOL. Sensor *photodiode* akan mendeteksi api jika posisi api tegak lurus dengan sensor. Salah satu keuntungan lainnya dari sensor *photodiode* selain harga yang murah adalah mudah dalam pengoperasiannya. Penambahan pelindung pada sensor *photodiode* dapat meningkatkan kemampuan sensor dalam mendeteksi api, terbukti dengan jarak deteksi yang meningkat menjadi 120 cm dengan rata-rata jarak sensor dapat mendeteksi api adalah 240 cm.

B. Saran

Setelah melakukan penelitian disarankan perlu adanya pengembangan lebih lanjut untuk sistem deteksi api pada wahana terbang VTOL. Untuk penelitian selanjutnya dapat menggunakan sensor atau perangkat lain yang lebih akurat dalam mendeteksi api jika diimplementasikan pada wahana terbang VTOL.

REFERENSI

- [1] Panitia KRTI. 2016. Buku Panduan KRTI 2016. Jakarta: DIKTI.
- [2] Abdullah, M. Fadhil. 2016. Implementasi Algoritma Pendeteksi Api Berdasarkan Komposisi Warna Citra Digital pada *Quadcopter* yang Bergerak Otomatis. Jurnal Universitas Telkom.
- [3] Jatmiko, Wisnu, dkk. 2012. Robotika: Teori dan Aplikasi. Fakultas Ilmu Komputer. Universitas Indonesia.
- [4] Marjuni. 2015. Rancang Bangun Pema dan Api Menggunakan Sensor Infrared Berbasis Mikrokontroler ATmega8535. Jurnal Ilmiah Mahasiswa 4 (1): 68-81.
- [5] Rakib, Tawfiqur & M. A. Rashid Sarkar. 2016. *Design and Fabrication of an Autonomous Fire Fighting Robot with Multisensor Fire Detection Using PID Controller*. 5th International Conference on Informatics, Electronics and Vision (ICIEV). Bangladesh University of Engineering and Technology, Dhaka, Bangladesh. 909-914.
- [6] Alfith. 2016. Perancangan Robot Cerdas Pemadam Api dengan Sensor *Thermal Array* TPA 81 Berbasis *Microcontroller* Arduino Mega 2560. Jurnal Tekin Elektri ITP 5 (2): 95-102.
- [7] Sugiyono. 2015. Metode Penelitian & Pengembangan *Research and Development*. Bandung: Alfabeta.
- [8] Nasution, Nurmalia. 2015. Implementasi Sensor Fotodiode sebagai Pendeteksi Serapan Sinar Infra Merah pada Kaca. Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika 3 (2): 111-116.
- [9] Anjaswati, Irma Tri. 2013. Sensor *Photodiode*. http://imatrianjaswati-fst11.web.unair.ac.id/arikel_detail-84996-Sensorsensor%20photodiode.html. 8 Januari 2017 (19:20).
- [10] Hidayat, Latif. 2011. Prancangan Robot Pemadam Api Devisi Senior Berkaki. Jurnal Ilmiah Semesta Teknik 14 (2): 112-116.
- [11] Syahwil, Muhammad. 2014. Spesifikasi Panduan Mudah Simulasi dan Praktek Mikrokontroler Arduino. Yogyakarta: Andi Publisher.
- [12] Djuandi, Feri, 2011. Pengenalan Arduino. Jakarta: Penerbit Elexmedia.
- [13] Saputra, Dendy Handy. 2016. Pembuatan Model Pendeteksi Api Berbasis Arduino Uno dengan Keluaran SMS *Gateway*. Prosiding Seminar Nasional Fisika. Universitas Negeri Jakarta. 103-108.