

**SKRIPSI**  
**SISTEM DETEKSI MULTI-ROBOT DAN API MENGGUNAKAN**  
***IMAGE PROCESSING* BERBASIS ALGORITMA YOLO**



**Disusun untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik pada**  
**Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik**  
**Universitas Sriwijaya**

**Oleh :**

**AHMAD FARHAN ARISTO**

**03041381621105**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2020**

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**SISTEM DETEKSI MULTI-ROBOT DAN API MENGGUNAKAN**  
***IMAGE PROCESSING* BERBASIS ALGORITMA YOLO**



**SKRIPSI**

**Disusun untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik pada**  
**Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik**  
**Universitas Sriwijaya**

Oleh :

**AHMAD FARHAN ARISTO**

03041381621105

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Elektro



**Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D.**  
NIP : 197108141999031005

Indralaya, Mei 2020  
Menyetujui,  
Pembimbing Utama

**Dr. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T**  
NIP : 197502112003121002

## HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Ahmad Farhan Aristo  
NIM : 03041381621105  
Fakultas : Teknik  
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro  
Universitas : Universitas Sriwijaya

Hasil Pengecekan *Software iThenticate/Turnitin* :

Menyatakan bahwa tugas akhir saya yang berjudul “Sistem Deteksi Multi-Robot dan Api Menggunakan *Image Processing* Berbasis Algoritma YOLO” merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata dikemudian hari ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam karya ilmiah ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan tanpa paksaan.



NIM. 03041381621105

Saya sebagai Pembimbing dengan ini menyatakan bahwa saya telah membaca dan menyetujui skripsi ini dan dalam pandangan saya ruang lingkup dan kualitas skripsi ini mencukupi sebagai skripsi mahasiswa sarjana strata satu (S1).

Tanda Tangan

:  \_\_\_\_\_

Pembimbing Utama : Dr. Bhakti Yudho S., S.T., M.T.

Tanggal

: 15 / 05 / 2020

## KATA PENGANTAR

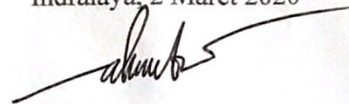
Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Allah ﷻ serta shalawat dan salam kepada Nabi Muhammad ﷺ, keluarga dan para sahabat. Berkat rahmat dan ridho Allah ﷻ, penulis dapat membuat skripsi ini yang berjudul “Sistem Deteksi Multi-Robot dan Api Menggunakan Image Processing Berbasis Algoritma YOLO”.

Pembuatan skripsi ini sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro dan Ibu Dr. Herlina, S.T., M.T. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro.
2. Bapak Dr. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T. selaku pembimbing tugas akhir ini.
3. Ibu Dr. Eng. Suci Dwijayanti, S.T., M.S. selaku pencetus dan pengembang ide pada tugas akhir ini.
4. Dosen pembimbing akademik, Ibu Hera Hikmarika, S.T., M.Eng yang telah membimbing penulis selama masa perkuliahan dan memberi saran serta masukan dalam pengambilan mata kuliah.
5. Segenap Dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmu selama perkuliahan.
6. Orang tua, saudara dan keluarga yang selalu memberikan doa dan dukungan selama masa studi.
7. Eric Sean Kesuma selaku rekan dalam pembuatan tugas akhir ini.
8. Teman – teman Klub Robotika UNSRI yang selalu membantu, menyemangati dan mengisi hari-hari menjadi sangat menyenangkan.
9. Dan pihak-pihak yang sangat membantu dalam penulisan skripsi tugas akhir ini yang tidak dapat Penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari adanya kekurangan dalam penulisan usulan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dan wawasan yang lebih luas kepada pembaca. Oleh karena itu, kritik, dan saran yang membangun sangat penulis harapkan agar dapat menjadi evaluasi yang baik dan berguna untuk perbaikan ke depannya.

Indralaya, 2 Maret 2020



Ahmad Farhan Aristo

NIM. 03041381621105

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK  
KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ahmad Farhan Aristo  
NIM : 03041381621105  
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro  
Fakultas : Teknik  
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

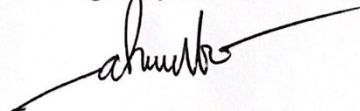
**Sistem Deteksi Multi-Robot dan Api Menggunakan *Image Processing*  
Berbasis Algoritma YOLO**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih media /formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tulisan saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di Indralaya

Pada tanggal : 2 Maret 2020

Yang menyatakan,



Ahmad Farhan Aristo

NIM. 03041381621105

## ABSTRAK

### **SISTEM DETEKSI MULTI-ROBOT DAN API MENGGUNAKAN *IMAGE PROCESSING* BERBASIS ALGORITMA YOLO**

(Ahmad Farhan Aristo, 03041381621105, 2020, 58 halaman)

---

Kecelakaan karena kebakaran yang tidak terdeteksi telah menyebabkan kerugian besar diberbagai sektor yang ada di dunia, seperti di perkantoran, pemukiman warga, bahkan di daerah hutan. Hal ini menyebabkan kebutuhan akan sistem deteksi kebakaran yang efisien semakin meningkat. Sistem pendeteksian objek berbasis *image processing* dinilai mampu mengatasi hal tersebut. Salah satu metode untuk pendeteksian objek yang berkembang sekarang ini adalah dengan menggunakan metode *deep learning*. YOLO merupakan salah satu algoritma bagian dari *deep learning*. Oleh sebab itu pada penelitian ini akan dibangun sistem pendeteksian kebakaran dengan objek berupa robot dan titik api menggunakan *image processing* berbasis YOLO yang dilaksanakan secara *real time*. Model YOLO yang paling cocok untuk sistem yang dibuat adalah model Tiny YOLO VOC yang dibangun dengan bantuan framework *darkflow*. Keberhasilan sistem dalam mendeteksi titik api dan robot adalah sebesar 100% dengan nilai *loss* pada saat pelatihan adalah sebesar 0,816988. Nilai *confidence* yang didapatkan untuk mendeteksi objek Robot\_1 adalah sebesar 84%, Robot\_2 sebesar 92% dan *Fire* sebesar 88%. Dengan demikian penelitian ini membuktikan bahwa sistem *image processing* dengan algoritma YOLO untuk mendeteksi kebakaran berhasil dilakukan dan dapat diimplementasikan pada sistem pemadam kebakaran.

***Kata kunci: YOLO, Object Detection, Image Processing, Darkflow, Robot Beroda Pemadam Api***



## **ABSTRACT**

### ***MULTI-ROBOT AND FIRE DETECTION SYSTEM USING IMAGE PROCESSING BASED ON YOLO ALGORITHM***

(Ahmad Farhan Aristo, 03041381621105, 2020, 58 pages)

---

*Accidents due to undetected fire have caused huge losses in various sectors in the world, such as office buildings, residential areas, and forest areas. This causes the need for an efficient fire detection system to increase. Image processing based on object detection system is considered capable to overcome this problem. One of the methods that are used to detect objects, and that is now developing, is the deep learning method. YOLO algorithm is a part of deep learning method. Therefore, this research will build a fire detection system with robots and fire as the objects, using YOLO-based image processing in real time. The most suitable YOLO model for the system is the Tiny YOLO VOC model, which is built with the darkflow framework. The system can detect the fire and robots with 100% accuracy and a training loss value of 0.816988. The confidence value obtained to detect Robot\_1 objects is 84%, Robot\_2 is 92% and Fire is 88%. Thus, this research proves that the image processing system with YOLO algorithm to detect fire is a success, and can be implemented on a fire extinguisher system.*

***Keyword: YOLO, Object Detection, Image Processing, Darkflow, Fire Fighter Wheeled Robot***

## DAFTAR ISI

<b>COVER</b> .....	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS</b> .....	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>v</b>
<b>PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS</b> .....	<b>vii</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>viii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xvi</b>

### **BAB I PENDAHULUAN**

1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	2
1.4. Pembatasan Masalah.....	3
1.5. Keaslian Penelitian .....	3

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

2.1. <i>State of The Art</i> .....	6
2.2. Kecerdasan Buatan ( <i>Artificial Intelligence</i> ) .....	12
2.3. <i>Deep Learning</i> .....	13
2.4. <i>Image Processing</i> (Pengolahan Citra) .....	13
2.5. <i>Object Detection</i> .....	13
2.6. <i>You Only Look Once (YOLO)</i> .....	14
2.7. <i>Bounding Box</i> .....	16
2.8. Perhitungan Akurasi .....	17

2.9. Python .....	17
2.10. Tensorflow .....	17
2.11. Arduino IDE .....	18
2.12. Atom <i>Text Editor</i> .....	19

### **BAB III METODE PENELITIAN**

3.1. Studi Literatur .....	22
3.2. Perancangan Sistem.....	22
3.2.1 Perancangan Pemrograman .....	23
3.2.2 Perancangan <i>Hardware</i> .....	23
3.2.2.1 Mikrokontroler.....	23
3.2.2.2 <i>Modul Wireless nRF24L01</i> .....	24
3.2.2.3 <i>Flame Sensor</i> .....	25
3.2.2.4 <i>Driver Motor DCMP H-Bridge MOSFET</i> .....	25
3.2.2.5 <i>Sensor Ultrasonik PING</i> .....	25
3.2.2.6 <i>Sensor Kompas Magnetometer HMC5883L</i> .....	25
3.2.2.7 <i>Relay</i> .....	26
3.2.2.8 <i>LCD OLED</i> .....	26
3.3. Pengambilan Data .....	26
3.4. Pelatihan Gambar .....	26
3.5. Pengujian Sistem.....	27
3.6. Analisa dan Kesimpulan.....	27

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1. Perancangan Alat.....	28
4.2. Pengumpulan Data Latih.....	28
4.3. Pengolahan Data Latih .....	29
4.4. <i>Training Dataset</i> .....	31
4.5. Model Tiny YOLOv2.....	31
4.5.1 <i>Training 20 Epoch</i> .....	32
4.5.2 <i>Training 50 Epoch</i> .....	34
4.5.3 <i>Training 100 Epoch</i> .....	36

4.6. Model Tiny YOLO VOC .....	38
4.6.1 <i>Training 20 Epoch</i> .....	38
4.6.2 <i>Training 50 Epoch</i> .....	41
4.6.3 <i>Training 100 Epoch</i> .....	43
4.7. Pengujian Lokalisasi Objek dan Komunikasi Pengiriman Data ...	47
4.8. Pengujian Sistem .....	50

## **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1. Kesimpulan.....	58
5.2. Saran.....	58

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Arsitektur CNN .....	9
Gambar 2.2	Cabang Ilmu Kecerdasan Buatan .....	12
Gambar 2.3	Arsitektur YOLO .....	15
Gambar 2.4	Ilustrasi Perhitungan IoU .....	16
Gambar 2.5	Tampilan Utama Arduino IDE .....	19
Gambar 2.6	Tampilan Utama Atom <i>Text Editor</i> .....	20
Gambar 3.1	<i>Flowchart</i> Penelitian .....	21
Gambar 3.2	<i>Flowchart</i> Sistem .....	23
Gambar 3.3	Arduino UNO .....	24
Gambar 3.4	Module <i>Wireless</i> nRF24L01 .....	24
Gambar 4.1	Robot Pemadam Api .....	28
Gambar 4.2	Sampel Data Latih .....	29
Gambar 4.3	Proses <i>Labeling</i> Data Latih .....	30
Gambar 4.4	Format Anotasi Gambar File Ekstensi xml .....	30
Gambar 4.5	Grafik Hasil <i>Training</i> Tiny YOLOv2 20 Epoch .....	32
Gambar 4.6	Contoh Hasil Pengujian dengan Tiny YOLOv2 20 Epoch .....	34
Gambar 4.7	Grafik Hasil <i>Training</i> Tiny YOLOv2 50 Epoch .....	34
Gambar 4.8	Contoh Hasil Pengujian dengan Tiny YOLOv2 50 Epoch .....	36
Gambar 4.9	Grafik Hasil <i>Training</i> Tiny YOLOv2 100 Epoch .....	36
Gambar 4.10	Contoh Hasil Pengujian dengan Tiny YOLOv2 100 Epoch .....	37
Gambar 4.11	Grafik Hasil <i>Training</i> Tiny YOLO VOC 20 Epoch .....	39
Gambar 4.12	Contoh Hasil Pengujian dengan Tiny YOLO VOC 20 Epoch .....	40
Gambar 4.13	Grafik Hasil <i>Training</i> Tiny YOLO VOC 50 Epoch .....	41
Gambar 4.14	Contoh Hasil Pengujian dengan Tiny YOLO VOC 50 Epoch .....	42
Gambar 4.15	Grafik Hasil <i>Training</i> Tiny YOLO VOC 100 Epoch .....	43
Gambar 4.16	Hasil Pengujian dengan Tiny YOLO VOC 2.png .....	45
Gambar 4.17	Hasil Pengujian dengan Tiny YOLO VOC 15.png .....	45
Gambar 4.18	Hasil Pengujian dengan Tiny YOLO VOC threshold = 1% .....	46
Gambar 4.19	Lokalisasi Ruang .....	47

Gambar 4.20	Kondisi Pencahayaan saat Pintu Terbuka.....	56
Gambar 4.21	Kondisi Pencahayaan saat Pintu Tertutup .....	56
Gambar 4.22	Hasil Deteksi Pengujian 10, Sampel Data Latih “Robot_1” ....	57

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Hasl Akurasi Deteksi Perhitungan Kendaraan .....	11
Tabel 2.2	Perbandingan performa dan kecepatan Real Time Systems pada PASCAL VOC 2007 .....	15
Tabel 4.1	Struktur Tiny YOLOv2 .....	31
Tabel 4.2	Pengujian Hasil <i>Training</i> Tiny YOLOv2 20 <i>Epoch</i> .....	33
Tabel 4.3	Pengujian Hasil <i>Training</i> Tiny YOLOv2 50 <i>Epoch</i> .....	35
Tabel 4.4	Pengujian Hasil <i>Training</i> Tiny YOLOv2 100 <i>Epoch</i> .....	37
Tabel 4.5	Struktur Tiny YOLO VOC .....	38
Tabel 4.6	Pengujian Hasil <i>Training</i> Tiny YOLO VOC 20 <i>Epoch</i> .....	39
Tabel 4.7	Pengujian Hasil <i>Training</i> Tiny YOLO VOC 50 <i>Epoch</i> .....	42
Tabel 4.8	Pengujian Hasil <i>Training</i> Tiny YOLO VOC 100 <i>Epoch</i> .....	44
Tabel 4.9	Pengujian Hasil Lokalisasi dan Komunikasi Pengiriman Data	48
Tabel 4.10	Pengujian Sistem Secara <i>Real Time</i> .....	50
Tabel 4.11	Data Hasil Deteksi dan Lokalisasi Objek Pengujian Sistem ....	54
Tabel 4.12	Data Nilai <i>Confidence</i> Pengujian Sistem .....	55

## **DAFTAR LAMPIRAN**

- Lampiran 1.** Program Pengumpulan Data Gambar
- Lampiran 2.** Data Gambar Uji untuk Pengujian Manual
- Lampiran 3.** Hasil Pengujian Manual Tiny YOLO VOC 50 Epoch
- Lampiran 4.** Program Utama Sistem YOLO
- Lampiran 5.** Program Pengiriman Data ke Robot



# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Kecelakaan karena kebakaran yang tidak terdeteksi telah menyebabkan kerugian besar diberbagai sektor yang ada di dunia, seperti di perkantoran, pemukiman warga, bahkan di daerah hutan. Hal ini menyebabkan kebutuhan akan sistem deteksi kebakaran yang efisien semakin meningkat [1]. Ada berbagai contoh sistem deteksi kebakaran otomatis meliputi deteksi panas, deteksi asap dan deteksi api. Setiap sensor beroperasi pada prinsip yang berbeda dan karenanya dapat merespon secara berbeda terhadap berbagai kondisi. Detektor panas mungkin merupakan sensor yang paling sederhana dan paling jelas, namun lokasi detektor panas harus dipilih sedemikian rupa sehingga efisien untuk situasi yang dimaksud [2], dan juga memerlukan banyak detektor jika lokasi yang luas.

Cara lain yang lebih efisien untuk deteksi kebakaran adalah dengan pendeteksi objek, dengan melihat karakteristik dasar dari kebakaran yaitu deteksi api dan deteksi asap melalui gambar atau video secara *real time*. Banyak aplikasi yang digunakan sekarang memanfaatkan teknologi pendeteksi objek (*object detection*). Pendeteksi objek merupakan bagian dari pemrosesan gambar atau *image processing*. Pendeteksi objek dengan menggunakan metode *deep learning* diantaranya adalah *Region Proposals* terdiri dari R-CNN yang menggunakan dataset PASCAL VOC [3], Fast R-CNN menggunakan dataset PASCAL VOC dan MS COCO [4] Faster R-CNN menggunakan dataset PASCAL VOC, ImageNet, dan MS COCO [5], *Single Shot MultiBox Detector* (SSD) menggunakan dataset PASCAL VOC, ImageNet, dan MS COCO [6], dan *You Only Look Once* (YOLO) menggunakan dataset PASCAL VOC dan ImageNet [7].

Dari beberapa metode tersebut menunjukkan hasil yang baik dalam pendeteksi objek dengan pengaplikasian yang berbeda – beda. Tingkat akurasi dari beberapa metode tersebut juga tidak jauh berbeda dilihat dari hasil *COCO object detection dataset*, namun berdasarkan penelitian sebelumnya YOLO menunjukkan hasil yang lebih baik dalam kecepatan waktu *frames per second (fps)*. YOLO

memiliki kecepatan 91 *fps*, sedangkan metode lainnya memiliki kecepatan dibawah 59 *fps* [8]. Bahkan pada dataset PASCAL VOC 2007 Fast YOLO adalah pendeteksi tercepat dengan kecepatan 155 *fps* dan dua kali lebih akurat dari pendeteksi *real time* lainnya [7].

YOLO merupakan metode pengembangan dari metode CNN, sehingga menunjukkan hasil yang lebih baik. Selain itu, YOLO masih jarang digunakan untuk sistem deteksi api dan mendeteksi keberadaan robot. Pada penelitian ini metode YOLO nantinya akan digunakan untuk mendeteksi keberadaan titik api dan beberapa robot beroda untuk memadamkan api pada ruang labirin. Terdapat lebih dari satu robot yang akan melakukan simulasi pemadaman api dengan mencari jalan tercepat berdasarkan deteksi objek yang dilakukan dengan YOLO secara *real time*.

## 1.2 Perumusan Masalah

Kebakaran merupakan suatu peristiwa yang tidak dikehendaki oleh siapapun. Kebakaran dapat mengakibatkan banyak kerugian, baik kerugian material maupun kerugian jiwa. Faktor penting untuk mencegah terjadinya kebakaran adalah ketepatan dan kecepatan dalam mendeteksi terjadinya kebakaran. Namun yang terjadi banyak kebakaran disebabkan karena tidak berfungsinya alat pendeteksi kebakaran sehingga menyebabkan lambatnya informasi mengenai kebakaran tersebut. Oleh sebab itu perlu adanya cara yang paling efisien untuk mendeteksi api secara cepat dan tepat. Sekarang sistem deteksi kebakaran berbasis visi sangat populer dibandingkan dengan sistem deteksi kebakaran menggunakan sensor. Dalam hal ini pemanfaatan teknologi *image processing* perlu dilakukan. Namun teknologi *image processing* ini masih memerlukan pengembangan dalam metode, akurasi, dan kecepatan proses dalam mendeteksi kebakaran. Banyak metode yang dapat digunakan untuk deteksi kebakaran dengan kelebihan dan kekurangannya masing – masing.

## 1.3 Tujuan Penulisan

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Mengimplementasikan sistem dengan *image processing* untuk mendeteksi kebakaran yang digunakan pada robot pemadam api.

2. Mengembangkan sistem YOLO untuk mendeteksi titik api dengan cepat dan akurat.
3. Menguji performansi metode YOLO untuk mendeteksi api yang akan diterapkan pada robot – robot pemadam api.

#### 1.4 Pembatasan Masalah

Beberapa batasan perlu diberikan agar permasalahan yang dibahas pada penelitian ini menjadi terarah, yaitu :

1. Menggunakan metode YOLO untuk pendeteksi objek yang ditentukan.
2. Objek yang akan dideteksi merupakan titik api dan dua buah robot.
3. Menggunakan bahasa pemrograman Python.
4. Citra yang akan menjadi inputan adalah berupa video secara *real time*.
5. Tinggi kamera saat mendeteksi adalah tetap.
6. *Module Radio Communication NRF24L01* digunakan untuk mengirim data hasil deteksi oleh YOLO.

#### 1.5 Keaslian Penelitian

Ada beberapa peneliti yang telah melakukan penelitian tentang *object detection* khususnya untuk mendeteksi api. Berbagai metode juga telah dilakukan, seperti yang telah dilakukan oleh Khan Muhammad dkk. yang melakukan penelitian pendeteksian api dengan metode *Deep Learning – CNN*. Penelitian tersebut bertujuan mendeteksi kebakaran yang nantinya akan diterapkan pada CCTV yang ada di beberapa lokasi yang ada di kota. Kelebihan dari penelitian tersebut adalah penelitian menghasilkan tingkat akurasi deteksi api sebesar 99% [9]. Namun, pada penelitian tersebut data input hanya menggunakan foto yang dilakukan secara manual dan belum dilakukan secara *real time*.

Penelitian lainnya yang dilakukan oleh Qingjie Zhang dkk. membahas metode *deep learning* untuk deteksi kebakaran hutan. Mereka menggunakan metode CNN yang mendapatkan akurasi 90% untuk dataset pelatihan dan pengujian. Mereka menggunakan CNN untuk mempelajari representasi fitur dari piksel mentah, sehingga tidak memerlukan model warna atau informasi temporal spasial, mereka mendapatkan data gambar dan video dari berbagai sumber di

internet. Dalam penelitiannya mereka membandingkan klasifikasi CNN dengan SVM, yang menyimpulkan bahwa CNN menunjukkan hasil yang lebih baik daripada SVM. Kelebihan dari penelitian tersebut adalah telah mendapatkan akurasi yang tinggi untuk mendeteksi api, namun mereka juga hanya menggunakan data input berupa gambar dan video yang telah ada dan belum diterapkan pada sistem yang nyata. Mereka berencana untuk memasang sistem deteksi kebakaran yang diusulkan pada UAV untuk kebakaran hutan [10].

Selain itu Divya Pritam dan Jaya H. Dewan mengembangkan sistem deteksi kebakaran dengan *image processing* menggunakan metode LUV Color Space. Mereka mengatakan bahwa untuk mendeteksi api diperlukan 3 tahapan yaitu menangkap gambar dengan kamera digital, kemudian analisis gambar, dan yang terakhir adalah peningkatan gambar untuk mendeteksi keberadaan api. Dalam hal ini, api memiliki nilai pixel merah yang lebih besar daripada yang lainnya, didapatkan pada RGB model bahwa  $R \text{ Intensity} > G \text{ Intensity} > B \text{ Intensity}$ . Mereka mengatakan bahwa banyak *paper* menggunakan RGB, HSV dan YCbCr *color space* untuk identifikasi daerah api, namun mereka menggunakan LUV yang digabungkan dengan beberapa transformasi dinilai akan mendapatkan hasil yang lebih baik. Pada penelitiannya hanya menggunakan file video kebakaran yang diujikan dengan sistem yang dibuat, mereka mendapatkan hasil akurasi sebesar 100% pada file video yang terdapat api, dan akurasi sebesar 93,33% pada file video tanpa api [11].

Selanjutnya Shixiao Wu dan Libing Zhang melakukan penelitian dengan judul "*Using Popular Object Detection Methods for Real Time Forest Fire Detection*". Pada penelitiannya mereka berfokus pada masalah kebakaran hutan, deteksi awal kebakaran, deteksi kebakaran palsu secara *real time*. Mereka membandingkan metode Faster R-CNN, YOLO, dan SSD. Dari ketiga metode tersebut mereka menyatakan bahwa SSD merupakan metode paling baik diantara yang lainnya. Didapatkan akurasi mendeteksi api sebesar 99,7% dengan menggunakan metode Faster R-CNN, kemudian akurasi tertinggi dengan menggunakan YOLO sebesar 92,29%, dan akurasi deteksi api menggunakan SSD didapatkan sebesar 99,88% [12].

Pada penelitian tersebut sangat baik karena telah membandingkan ketiga metode yang sangat populer digunakan sekarang. Namun pada penelitian tersebut mereka hanya melakukan pengujian dengan file video yang sudah ada dan belum melakukan secara realtime, dan belum ada pengaplikasian sistem yang dibuat.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Wilson, S. P. Varghese, G. A. Nikhil, I. Manolekshmi, and P. G. Raji, "A Comprehensive Study on Fire Detection," *Proc. IEEE Conf. Emerg. Devices Smart Syst. ICEDSS 2018*, no. March, pp. 242–246, 2018.
- [2] M. Maksimović, V. Vujović, V. Milošević, and B. Perišić, "Evaluating the Optimal Heat Detector Deployment for Fire Detection," *Proc. - 2014 Int. Conf. Eng. Telecommun. EnT 2014*, pp. 129–134, 2014.
- [3] R. Girshick, J. Donahue, T. Darrell, J. Malik, U. C. Berkeley, and J. Malik, "1043.0690," *Proc. IEEE Comput. Soc. Conf. Comput. Vis. Pattern Recognit.*, vol. 1, p. 5000, 2014.
- [4] R. Girshick, "Fast R-CNN," *Proc. IEEE Int. Conf. Comput. Vis.*, vol. 2015 Inter, pp. 1440–1448, 2015.
- [5] S. Ren, K. He, R. Girshick, and J. Sun, "Faster R-CNN: Towards Real-Time Object Detection with Region Proposal Networks," *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, vol. 39, no. 6, pp. 1137–1149, 2017.
- [6] W. Liu *et al.*, "SSD: Single shot multibox detector," *Lect. Notes Comput. Sci. (including Subser. Lect. Notes Artif. Intell. Lect. Notes Bioinformatics)*, vol. 9905 LNCS, pp. 21–37, 2016.
- [7] J. Redmon, S. Divvala, R. Girshick, and A. Farhadi, "You only look once: Unified, real-time object detection," *Proc. IEEE Comput. Soc. Conf. Comput. Vis. Pattern Recognit.*, vol. 2016-Decem, pp. 779–788, 2016.
- [8] J. Hui, "Object detection: speed and accuracy comparison (Faster R-CNN, R-FCN, SSD, FPN, RetinaNet and YOLOv3)," 2018. [Online]. Available: [https://medium.com/@jonathan\\_hui/object-detection-speed-and-accuracy-comparison-faster-r-cnn-r-fcn-ssd-and-yolo-5425656ae359](https://medium.com/@jonathan_hui/object-detection-speed-and-accuracy-comparison-faster-r-cnn-r-fcn-ssd-and-yolo-5425656ae359). [Accessed: 15-Nov-2019].
- [9] K. Muhammad, J. Ahmad, Z. Lv, P. Bellavista, P. Yang, and S. W. Baik, "Efficient Deep CNN-Based Fire Detection and Localization in Video Surveillance Applications," *IEEE Trans. Syst. Man, Cybern. Syst.*, vol. 49, no. 7, pp. 1419–1434, 2019.

- [10] Q. Zhang, J. Xu, L. Xu, and H. Guo, “Deep Convolutional Neural Networks for Forest Fire Detection,” no. Ifmeita, pp. 568–575, 2016.
- [11] D. Pritam and J. H. Dewan, “Detection of fire using image processing techniques with LUV color space,” *2017 2nd Int. Conf. Converg. Technol. I2CT 2017*, vol. 2017-Janua, pp. 1158–1162, 2017.
- [12] S. Wu and L. Zhang, “Using Popular Object Detection Methods for Real Time Forest Fire Detection,” *Proc. - 2018 11th Int. Symp. Comput. Intell. Des. Isc. 2018*, vol. 1, pp. 280–284, 2018.
- [13] A. Zahra, “DETEKSI OBJEK DENGAN TENSORFLOW OBJECT DETECTION API,” 2018. [Online]. Available: <https://mti.binus.ac.id/2018/12/26/deteksi-objek-dengan-tensorflow-object-detection-api/>. [Accessed: 15-Nov-2019].
- [14] D. Erhan, C. Szegedy, A. Toshev, and D. Anguelov, “Scalable object detection using deep neural networks,” *Proc. IEEE Comput. Soc. Conf. Comput. Vis. Pattern Recognit.*, pp. 2155–2162, 2014.
- [15] D. Dobrev, “A Definition of Artificial Intelligence,” pp. 1–7, 2012.
- [16] T. Wahyono, *Fundamental of Python For Machine Learning*, 1st ed. Yogyakarta: Gava Media, 2017.
- [17] L. Deng and D. Yu, “Deep learning: Methods and applications,” *Found. Trends Signal Process.*, vol. 7, no. 3–4, pp. 197–387, 2013.