

SKRIPSI

**DETEKSI KECEPATAN PADA TEKNOLOGI KAPAL TANPA
AWAK MENGGUNAKAN EPIPOLAR GEOMETRI**

Disusun dan diajukan oleh:

**ANDI ANDHIKA PANGERANG PALLAMPA
D121181511**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2023**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

DETEKSI KECEPATAN PADA TEKNOLOGI KAPAL TANPA AWAK MENGGUNAKAN EPIPOLAR GEOMETRI

Disusun dan diajukan oleh


ANDI ANDHIKA PANGERANG PALLAMPA
D121181511


Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Informatika
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 15 Maret 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,


Prof. Dr. Ir. Indrabayu, ST., MT.,
M.Bus.Sys., IPM., ASEAN Eng.
NIP. 19750716 200212 1 004


Dr. Eng. Faisal Mahmuddin, ST.,
M.Inf.Tech., M.Eng.
NIP. 19810211 200501 1 003

Ketua Program Studi,


Prof. Dr. Ir. Indrabayu, ST., MT., M.Bus.Sys., IPM., ASEAN Eng.
NIP. 19750716 200212 1 004



PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;
Nama : Andi Andhika Pangerang Pallampa
NIM : D121181511
Program Studi : Teknik Informatika
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

Deteksi Kecepatan Pada Teknologi Kapal Tanpa Awak
Menggunakan Epipolar Geometri

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 15 Maret 2023

Yang Menyatakan



Andi Andhika Pangerang Pallampa

ABSTRAK

ANDI ANDHIKA PANGERANG PALLAMPA. *Deteksi Kecepatan Pada Teknologi Kapal Tanpa Awak Menggunakan Epipolar Geometri* (dibimbing oleh Prof. Dr. Ir. Indrabayu ST, MT, M.Bus.Sys., IPM, ASEAN. Eng. dan Dr. Eng. Faisal Mahmuddin, ST., M.Inf.Tech.,M.Eng)

Seiring berkembangnya zaman, teknologi pun berkembang kian pesat. Tujuan utama dari pengembangan teknologi yang sudah ada adalah untuk membantu manusia dalam menjalani kehidupannya dengan lebih mudah dan efisien. Salah satunya dalam bidang kendaraan, produsen kendaraan mulai mengalokasikan dana untuk riset pengembangan kinerja mengenai *autonomous*, yang saat ini menjadi bidang penelitian yang digencarkan oleh pelaku teknologi. Menurut penelitian yang dipublikasikan oleh M. R. Endsley, teknologi *autonomous* sedang diperbincangkan secara luas sebagai inovasi kedepannya.

Salah satu kemampuan dasar yang harus dimiliki oleh kendaraan *autonomous* adalah kemampuan dalam mendeteksi kecepatan kendaraan sehingga dapat menjadi dasar keputusan yang selanjutnya menjadi salah satu informasi penting bagi kendaraan dalam bermanuver. Penggunaan stereo kamera, yang menggabungkan dua gambar dari dua sisi kamera, dianggap sebagai metode yang lebih baik daripada menggunakan satu kamera saja untuk rekonstruksi 3D berbasis citra, karena jangkauan pandangan yang lebih luas. Sehingga penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem deteksi kecepatan pada teknologi kapal tanpa awak secara waktu nyata menggunakan stereo kamera. Kemudian untuk mengetahui performa sistem deteksi kecepatan pada teknologi kapal tanpa awak dengan menggunakan stereo kamera.

Perhitungan epipolar geometri dalam penelitian ini digunakan dalam menentukan kecepatan objek secara *real-time* menggunakan stereo kamera. Dalam alur kerja sistem pengukuran estimasi kecepatan objek, ketika perhitungan akan dilakukan sistem atau program akan memverifikasi perbedaan waktu yang berarti kecepatan objek, waktu akhir objek dan nilai jarak objek antar (pengamat dalam posisi diam) dengan objek bergerak yang diperkirakan dari kerangka waktu awal objek, dan perbedaan waktu antara waktu akhir objek dan waktu awal objek.

Hasil dalam penelitian ini untuk unjuk kinerja metode epipolar geometri dalam deteksi kecepatan objek secara *realtime* menggunakan stereo kamera mendapatkan skor *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) di angka 2,56%.

Kata Kunci: Epipolar Geometri, Stereo kamera, Teknologi *autonomous*, Yolov5

ABSTRACT

ANDI ANDHIKA PANGERANG PALLAMPA. *Speed Detection in Unmanned Ship Technology using Epipolar Geometry* (supervised by Prof. Dr. Ir. Indrabayu ST, MT, M.Bus.Sys., IPM, ASEAN. Eng. and Dr. Eng. Faisal Mahmuddin, ST., M.Inf.Tech.,M.Eng)

As technology advances rapidly over time, the main objective of developing existing technology is to assist humans in living their lives more easily and efficiently. One area of research that is being actively pursued by technology companies is the development of autonomous vehicles, vehicle manufacturers allocate funds for performance development research in this field. According to research published by M.R. Endsley, autonomous technology is widely discussed as an innovation for the future.

One of the basic abilities that autonomous vehicles must possess is the ability to detect vehicle speed, which can be used as a basis for decision making and is an important information for the vehicle to maneuver. The use of stereo cameras, which combine two images from two cameras, is considered a better method than using a single camera for image-based 3D reconstruction, due to its wider field of view. Therefore, this research aims to develop a real-time speed detection system for unmanned ship technology using stereo cameras. Then, to know the performance of the speed detection system in unmanned ship technology using stereo cameras.

The epipolar geometry calculation in this study is used to determine real-time object velocity using stereo cameras. In the workflow of the object velocity estimation measurement system, when the calculation is to be performed, the system or program will verify time difference which means the speed of the object, the end time of the object and the distance value object between (the observer is in a stationary position) with the moving object which estimated from the initial time frame object, and the time difference between the end time object and the initial time of the object.

The results of this research are to show the performance of the epipolar geometry method in detecting object speeds in real time using a stereo camera to get Mean Absolute Percentage Error (MAPE) scores of 2.56%.

Keywords: Epipolar Geometry, Stereo Camera, Autonomous technology, Yolov5

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
KATA PENGANTAR	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian/Perancangan.....	2
1.4 Manfaat Penelitian/Perancangan.....	2
1.5 Ruang Lingkup/Asumsi perancangan	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Kendaraan Tanpa Awak.....	4
2.2 Deteksi Objek.....	4
2.3 Deep Learning.....	5
2.4 YOLO.....	6
2.5 Epipolar Geometri.....	11
2.6 Computer Vision	12
2.7 Stereo Kamera dan Stereo Vision	13
2.8 Python	14
2.9 Google Colab	15
BAB III METODE PENELITIAN/PERANCANGAN	16
3.1 Tahapan Penelitian.....	16
3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian	17
3.3 Instrumen Penelitian	17
3.4 Data Training	18
3.5 Rancangan dan Pembuatan Sistem	19
3.6 Analisis dan Evaluasi Kinerja Sistem	42
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	44
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	56
5.1 Kesimpulan	56
5.2 Saran.....	57
DAFTAR PUSTAKA	58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Alur Sistem Deteksi YOLO	6
Gambar 2.2 Perbandingan Yolov4 dari beberapa algoritma.....	7
Gambar 2.3 Perbandingan Yolov5 dengan EfficientDet.....	8
Gambar 2.4 Arsitektur Yolov5.....	9
Gambar 2.5 Flowchart Yolov5 dalam mendeteksi objek.....	10
Gambar 2.6 Epipolar Geometri	11
Gambar 2.7 Proses utama <i>Computer Vision</i>	13
Gambar 3.1 Tahap Penelitian.....	16
Gambar 3.2 Lokasi penelitian sungai Jeneberang.....	17
Gambar 3.3 Contoh kumpulan data primer.....	18
Gambar 3.4 Proses <i>Resize</i> Citra	20
Gambar 3.5 Dimensi asli dan hasil <i>resize</i> citra.....	20
Gambar 3.6 <i>Keyword</i> LabelImg.....	21
Gambar 3.7 Unduh File LabelImg	21
Gambar 3.8 Instalasi LabelImg.....	21
Gambar 3.9 File kelas	22
Gambar 3.10 Perintah mengakses LabelImg	22
Gambar 3.11 Tampilan LabelImg.....	22
Gambar 3.12 Pengaturan lokasi file untuk hasil anotasi.....	23
Gambar 3.13 Proses anotasi citra menggunakan LabelImg.....	23
Gambar 3.14 Mencatat hasil <i>training</i> dalam tiap epoch	24
Gambar 3.15 Perhitungan Epipolar Geometri.....	35
Gambar 3.16 Simulasi kecepatan objek menggunakan epipolar geometri	36
Gambar 3.17 Flowchart keseluruhan sistem	37
Gambar 3.18 Skenario pengujian sistem deteksi jarak	38
Gambar 3.19 Jangkar perahu nelayan	39
Gambar 3.20 Stereo kamera.....	39
Gambar 3.21 Skenario pengujian sistem deteksi kecepatan objek	39
Gambar 3.22 Contoh perbandingan digital gps speedometer dan speedometer mobil	40
Gambar 3.23 Contoh penerapan digital gps speedometer pada perahu objek dalam bentuk Knot.....	40
Gambar 3.24 Grafik evaluasi perbandingan digital gps speedometer dan speedometer mobil	41
Gambar 4.1 Grafik nilai mAP pada setiap epoch.....	44
Gambar 4.2 Grafik nilai presisi pada setiap epoch	45
Gambar 4.3 Grafik nilai <i>recall</i> pada setiap epoch.....	45
Gambar 4.4 Grafik evaluasi pengujian sistem deteksi jarak objek	47
Gambar 4.5 Nilai estimasi jarak pada jarak aktual 5 meter	48
Gambar 4.6 Frame yang mengalami kesalahan	48
Gambar 4.7 Frame deteksi kiri menampilkan nilai yang berbeda dengan deteksi kanan	49
Gambar 4.8 Hasil deteksi dalam kecepatan aktual 4 knot	50
Gambar 4.9 Hasil deteksi dalam kecepatan aktual 5 knot	50
Gambar 4.10 Hasil deteksi dalam kecepatan aktual 6 knot	50

Gambar 4.11	Hasil deteksi dalam kecepatan aktual 7 knot	50
Gambar 4.12	Hasil deteksi dalam kecepatan aktual 8 knot	51
Gambar 4.13	Nilai estimasi kecepatan objek 4 knot (dalam kecepatan aktual 4 knot)	52
Gambar 4.14	Sistem optimal pada log <i>frame</i> ke 2898 yang tercatat pada sistem deteksi kecepatan objek adalah 4 knot (dalam kecepatan aktual 4 knot)	52
Gambar 4.15	Sistem optimal pada log <i>frame</i> ke 1232 yang tercatat pada sistem deteksi kecepatan objek adalah 5,01 knot (dalam kecepatan aktual 5 knot)	53
Gambar 4.16	Sistem optimal pada log <i>frame</i> ke 2345 yang tercatat pada sistem deteksi kecepatan objek adalah 5,96 knot (dalam kecepatan aktual 6 knot)	53
Gambar 4.17	Sistem optimal pada log <i>frame</i> ke 4075 yang tercatat pada sistem deteksi kecepatan objek adalah 7,23 knot (dalam kecepatan aktual 7 knot)	53
Gambar 4.18	Sistem optimal pada log <i>frame</i> ke 2083 yang tercatat pada sistem deteksi kecepatan objek adalah 7,31 knot (dalam kecepatan aktual 8 knot)	54
Gambar 4.19	Grafik evaluasi pengujian sistem deteksi kecepatan objek	55

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Perangkat keras dan perangkat lunak.....	17
Tabel 3.2 Evaluasi perbandingan digital gps speedometer dan speedometer pada mobil	41
Tabel 3.3 Range nilai MAPE	43
Tabel 4.1 Evaluasi pengujian sistem deteksi jarak objek.....	46
Tabel 4.2 Evaluasi pengujian sistem deteksi kecepatan objek.....	54

DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan
AIMP	<i>Artificial Intelligence and Multimedia Processing</i>
APE	<i>Absolute Percentage Error</i>
b	<i>baseline</i>
CPU	<i>Central Processing Unit</i>
CNN	<i>Convolutional Neural Network</i>
d	disparitas
f	<i>focal lengths</i>
GPU	<i>Graphic Processing Unit</i>
JST	Jaringan Saraf Tiruan
MAPE	<i>Mean Absolute Percentage Error</i>
MB	Megabyte
mAP	<i>mean Average Precision</i>
px	Pixel
t	Waktu
YOLO	<i>You Only Live Once</i>
V	Kecepatan objek
Z	Kedalaman objek
Z_{-1}	Titik awal objek
Δt	Waktu objek dari titik awal ke titik akhir.

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN	61
Lampiran 1. Contoh beberapa dataset primer	62
Lampiran 2. Kode.....	64

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Alhamdulillahahirabbil'aalamiin, puji dan syukur senantiasa penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini yang berjudul "Deteksi Kecepatan Pada Teknologi Kapal Tanpa Awak Menggunakan Epipolar Geometri" sebagai salah satu persyaratan yang harus dipenuhi dalam menyelesaikan jenjang Strata-1 pada Departemen Teknik Informatika Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan dan penulisan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan serta dukungan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai dengan penyusunan tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis dengan senang hati menyampaikan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua penulis, Bapak Ir. Andi Arwan Arief Pallampa dan Ibu Andi Juliana Pangerang yang selalu memberikan dukungan dan doa yang tiada henti, memberi semangat kepada penulis, serta selalu sabar dalam mendidik penulis sejak kecil.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Indrabayu, S.T., M.T., M.Bus.Sys., IPM, ASEAN .Eng. selaku Ketua Departemen Teknik Informatika Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin dan pembimbing I penulis serta Dr. Eng. Faisal Mahmuddin, ST., M.Inf.Tech., M.Eng selaku pembimbing II penulis yang selalu membimbing, menyediakan waktu, tenaga, pikiran, dan perhatian yang luar biasa untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan tugas akhir ini.
3. Segenap Dosen dan Staf Departemen Teknik Informatika Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah banyak membantu selama masa perkuliahan hingga penyelesaian tugas akhir ini.
4. Rekan tim *Autonomous Ship* Dandy Garda Dirgantara yang telah banyak membantu penulis dalam proses debugging kode yang ditulis.

5. Kak Muhammad Fadhil, Kak Nublan Azqalani, Kak Taslinda, Kak Irfan Rifat, Kak Nur Abdulrahman yang telah begitu banyak memberikan bantuan, dukungan serta diskusi selama penyusunan tugas akhir.
6. Vidhea Cantika Kirana yang selalu mendampingi, memberikan motivasi, dukungan dan semangat dalam penyelesaian tugas akhir.
7. Farhan Araby, Farrel Prayoga, Muhammad Dzulfikar, Ainul Fikran, Fatih, Darul Ikhsan, Adrian Yonam, Muhammad Nur Faizi, Serwil, Rendi, Aldo, Fatur, Jabalnur, Fandly, Maghfirah, Fadilah dan Rifqi yang telah memberikan bantuan, tenaga dan waktu dalam tugas akhir ini.
8. Rafi Athallah dan Shabrina yang selalu memberikan semangat dalam penyelesaian tugas akhir.
9. Keluarga besar AIMP Research Group Universitas Hasanuddin, senantiasa memberikan masukan dalam penyelesaian tugas akhir.
10. Teman-Teman Synchronous 2018 atas dukungan, bantuan, dan semangat yang telah diberikan selama ini.
11. Serta seluruh pihak yang tak sempat penulis sebutkan satu per satu, tanpa sadar telah menjadi motivasi penulis dalam menyelesaikan tugas akhir.

Akhirnya dengan segala kerendahan hati, penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih terdapat kekurangan dan jauh dari kata sempurna baik dari isi maupun cara penyajian. Oleh karena itu penulis mengharapkan adanya saran maupun kritik yang bersifat membangun demi kesempurnaan tugas akhir ini. Semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat dan sumbangsih bagi pembaca dan manfaat bagi penulis khususnya.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakaatuh.

Makassar, Maret 2023

Penulis
Andi Andhika Pangerang Pallampa

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan berkembangnya zaman, teknologi yang dimiliki oleh manusia juga semakin berkembang. Tujuan utama dari pengembangan teknologi yang sudah ada adalah untuk mempermudah manusia dalam menjalani kehidupannya (Gunova, 2020). Salah satunya pengembangan di bidang kendaraan, saat ini produsen kendaraan mulai beralih untuk membiayai riset pengembangan kinerja kendaraan *autonomous*, teknologi kendaraan *autonomous* menjadi bidang penelitian tersendiri dan digencarkan untuk didalami oleh para pelaku teknologi. Menurut penelitian yang dipublikasikan oleh M. R. Endsley menyatakan bahwa kendaraan *autonomous* sedang diperbincangkan secara luas sebagai inovasi ke depannya (Endsley, 2019). Salah satu kemampuan dasar yang harus dimiliki oleh teknologi *autonomous* adalah kemampuan dalam mendeteksi kecepatan kendaraan sehingga dapat menjadi dasar keputusan yang selanjutnya menjadi salah satu informasi penting bagi kendaraan dalam bermanuver (Ayesha, 2020).

Penggunaan satu kamera merupakan metode yang banyak digunakan dalam rekonstruksi 3D berbasis citra yang ada dan hal ini tentunya berdampak pada batasan yang dihasilkan. Jangkauan pandangan hanya dapat direkonstruksi ke faktor skala yang tidak diketahui jika satu kamera digunakan untuk akuisisi citra. Dengan menggunakan stereo kamera, dengan jangkauan yang lebih luas dengan menggabungkan 2 gambar dari 2 sisi kamera serta dapat menciptakan gambar 3D (Salman, Ku-Mahamud, Kamioka, 2017). Pengembangan sistem pada teknologi kapal tanpa awak tentunya sangat diperlukan agar kelak dapat berjalan sesuai yang diharapkan. Berdasarkan latar belakang, penulis mengajukan penelitian untuk membuat sistem Deteksi Kecepatan Pada Teknologi Kapal Tanpa Awak Menggunakan Epipolar Geometri. Sistem ini akan melakukan pendeteksian kecepatan objek berdasarkan pengenalan objek, jarak objek dan beberapa hal lainnya sehingga menjadi data acuan dalam menentukan kecepatan objek.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah diatas, maka dapat dirumuskan permasalahan pada penelitian ini yaitu:

- a. Bagaimana mengembangkan sistem deteksi kecepatan pada teknologi kapal tanpa awak secara waktu nyata dengan menggunakan stereo kamera?
- b. Bagaimana unjuk kerja sistem deteksi kecepatan pada teknologi kapal tanpa awak jika menggunakan stereo kamera?

1.3 Tujuan Penelitian/Perancangan

Tujuan akhir yang ingin dicapai dari penelitian ini yaitu:

- a. Untuk mengembangkan sistem deteksi kecepatan pada teknologi kapal tanpa awak secara waktu nyata menggunakan stereo kamera.
- b. Untuk mengetahui performa sistem deteksi kecepatan pada teknologi kapal tanpa awak dengan menggunakan stereo kamera.

1.4 Manfaat Penelitian/Perancangan

Dengan dilakukannya penelitian ini, diharapkan manfaat yang didapatkan antara lain :

- a. Dapat membantu menyediakan sistem deteksi kecepatan secara waktu nyata pada teknologi *autonomous ship*.
- b. Dapat memberikan informasi terhadap bidang ilmu pengetahuan yang relevan.
- c. Dapat membantu industri perkapalan dalam pengembangan teknologi *autonomous*.

1.5 Ruang Lingkup/Asumsi perancangan

Adapun ruang lingkup dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Pengambilan data training dilakukan secara langsung pada sore hari di beberapa wilayah perairan kota Makassar, Takalar, dan Gowa.
- b. Evaluasi keakuratan sistem dalam mendeteksi jarak dan kecepatan objek menggunakan *Mean Absolute Percentage Error (MAPE)*.

- c. Perahu nelayan sebagai objek dalam data training dan pengujian sistem
- d. Data training menggunakan data primer.
- e. Deteksi kecepatan objek dalam penelitian ini terdapat 1 kelas yaitu perahu nelayan.
- f. Letak stereo kamera berada pada bagian depan perahu pengamat.
- g. Kecepatan objek bervariasi dengan rentang 4 – 8 Knot.
- h. Jarak pengamat dan objek yang digunakan sebagai acuan dalam menentukan kecepatan objek bervariasi dengan rentang 5 – 23 meter.
- i. Dalam skenario pengujian sistem deteksi kecepatan objek perahu pengamat dalam posisi diam dan perahu objek bergerak mengarah ke pengamat atau titik akhir.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kendaraan Tanpa Awak

Menurut (Pendleton *et al.* 2017), kendaraan tanpa awak pertama kali direncanakan pada tahun 1918. Konsep mengenai kendaraan tanpa awak dipamerkan oleh General Motors tahun 1939 (Shladover, 2018). Riset dan perkembangan teknologi kendaraan tanpa awak pertama kali atas kolaborasi General Motors dan Radio Corporation of America Sarnoff Laboratory sekitar tahun 1950. Pada tahun 1964 – 2003 program *research* dan *development* terkait kendaraan tanpa awak mulai populer beroperasi di Amerika Serikat, Eropa, dan Jepang yang terbawahi atas inisiatif individu serta kerja sama beberapa lembaga akademisi dan pemerintahan yang memiliki tujuan untuk mengembangkan beberapa bus dan truk otonom, sistem cerdas untuk kendaraan, serta pemrosesan video deteksi pengenalan adegan saat mengemudi (Shaldover, 2018).

Kemudian penelitian ini terus berkembang melalui *Defense Advance Research Project Agency's* yang merupakan program tantangan besar di Amerika Serikat tahun 2004, sehingga dapat menghasilkan kendaraan otonom yang mampu melintasi medan gurun pada tahun 2005, kemudian tahun 2007 para peneliti juga berhasil menempatkan kendaraan tanpa awak di jalan perkotaan melalui DARPA Urban Challenge Program (Pendleton *et al.* 2017; Shaldover, 2018; Walker dan Marchau 2017).

2.2 Deteksi Objek

Pendeteksian objek akan menentukan keberadaan sebuah objek, lokasi dalam gambar beserta ruang lingkungannya. Dengan pengenalan objek, dapat mengidentifikasi kelas objek berdasarkan training. Deteksi objek biasanya diawali dengan pengenalan suatu objek. Hal tersebut dapat diperlakukan sebagai pengenalan objek dua kelas, dimana satu kelas mewakili kelas objek dan kelas yang lainnya mewakili kelas non-objek. Deteksi objek biasanya dilakukan dengan mencari setiap bagian dari suatu gambar yang tentunya cocok dengan objek target berdasarkan training. Ini dapat dicapai dengan memindai template objek pada

gambar di lokasi dan skala yang berbeda sehingga deteksi dinyatakan jika kesamaan template dan gambar cukup tinggi (Jalled, Voronkov 2016).

Proses dalam pendeteksian objek pada video sama dengan proses dalam pendeteksian objek pada gambar, yang dimana video terdiri dari beberapa gambar atau frame dalam video. Video dipecah menjadi beberapa frame, dan selanjutnya pada setiap frame dilakukan proses pendeteksian objek seperti yang dilakukan pada proses deteksi objek pada gambar. Setelah itu, frame yang telah melalui proses sebelumnya disatukan kembali menjadi video yang utuh. Tentunya untuk memproses deteksi objek pada video, komputasi yang dibutuhkan cukup berat sehingga mustahil apabila dilakukan dengan menggunakan komputasi yang standar. Maka dari itu pemrosesan deteksi objek pada video dilakukan menggunakan Graphic Processing Unit atau biasa disingkat dengan GPU (Salim, 2020).

2.3 Deep Learning

Deep Learning merupakan cabang ilmu *Machine Learning* berbasis Jaringan Saraf Tiruan (JST) atau bisa dikatakan sebagai perkembangan dari JST. Dalam *Deep Learning*, sebuah komputer belajar untuk mengklasifikasi secara langsung dari gambar atau suara (Ilahiyah dan Nilogiri 2018). Kemampuan inti dari *Deep Learning* adalah membentuk tingkat abstraksi yang lebih tinggi dari representasi dalam data dan pola mentah (Azhan dan Meraj 2020). Mengacu pada jaringan saraf dengan banyak lapisan. Semacam kata kunci, tetapi teknologi di baliknya nyata dan cukup canggih. Keuntungan dari *Deep Learning*, dengan menambahkan lebih banyak data dan lebih banyak daya komputasi sering menghasilkan hasil yang lebih akurat, tanpa upaya yang signifikan yang diperlukan untuk rekayasa (Eckroth, 2018).

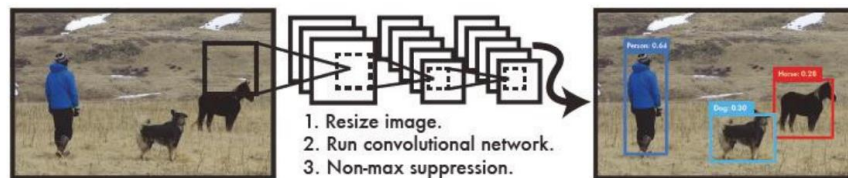
Pada penerapannya terhadap beberapa kasus computer vision, bahwa *Deep Learning* seringkali dipercaya dapat menyelesaikan kasus computer vision dengan akurasi yang baik dibanding dengan metode machine learning konvensional (O'Mahony et al. 2020). Dalam penggunaannya *Deep Learning* tidak saja baik secara akurasi melainkan juga sekaligus dapat menyelesaikan beberapa ranah dalam computer vision, baik dalam deteksi objek pada gambar, deteksi objek pada video, hingga deteksi objek secara real-time serta diharapkan dapat menyelesaikan

challenge yang lebih pada CV, seperti menghitung jumlah pada objek dan lain-lain. Metode ini telah berkembang secara pesat dengan berbagai penelitian terkait dalam deteksi objek, pengenalan objek visual, pengenalan suara dan banyak domain lainnya (LeCun, Bengio, dan Hinton 2015).

2.4 YOLO

YOLO (You Only Live Once) menggunakan pendekatan berbeda untuk mendeteksi suatu objek pada citra, dengan membagi ke beberapa bagian grid dengan tujuan untuk memprediksi objek yang terdapat dalam citra digital (Budiarjo, 2020.). Tugas deteksi objek tersebut terdiri dalam menentukan lokasi pada citra yang dimana objek tertentu hadir serta mengklasifikasikan objek tersebut (Muhammad Syarif, 2021). Terdapat beberapa langkah dalam mendeteksi objek menggunakan YOLO berdasarkan ilustrasi pada Gambar 2.1 seperti berikut:

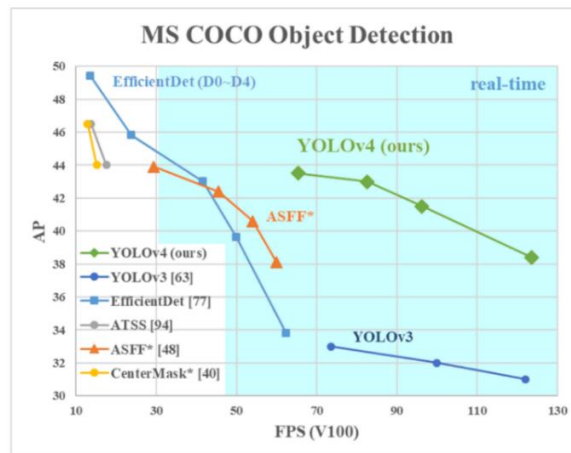
- a. Mengubah ukuran gambar input dengan ukuran yang ditentukan.
- b. Menjalankan Convolutional Neural Network.
- c. Menghasilkan deteksi menurut model.



Gambar 2.1 Alur Sistem Deteksi YOLO

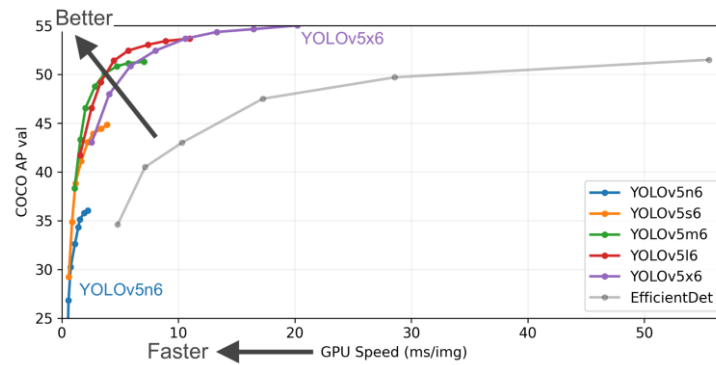
Dalam model *Convolutional Neural Network* terdapat beberapa bagian utama yakni, *Convolutional Layer* yang berperan mempelajari representasi fitur dari input dengan menggunakan operasi konvolusi, *Pooling layer* berperan dalam mengurangi dimensi pada gambar agar proses komputasi menjadi ringan dan *Classifier* berperan menentukan hasil yang dideteksi (Guo et al, 2017). Algoritma populer yang banyak digunakan dalam bidang *computer vision*, menurut (Redmon et al., 2016), Yolo “*You Only Look Once*” merupakan salah satu pendekatan untuk melakukan sistem pendeteksian objek secara *real-time*. Dengan menggunakan jaringan saraf yang berfungsi untuk melakukan pendeteksian objek secara *real-time*. Algoritma yang populer dengan kecepatan serta akurasinya, hal ini telah digunakan dalam berbagai pengaplikasian untuk mendeteksi, orang, meteran parkir, *traffic signal* maupun

hewan. Diperkenalkan oleh Joseph Redmon yaitu pada tulisannya “*You Only Look Once: Unifed, Real-time Object Detection*” sehingga menjadi salah satu inovasi dalam pendeteksian objek secara *real-time* pada tahun 2016 (Redmon et al., 2016). Pada tahun 2017 dan 2018 Joseph juga memperkenalkan versi terbaru dengan “*YOLO9000: Better, Faster, Stronger*” (Redmon dan Farhadi 2016), dan pada bulan april 2018 Yolo mendapat versi terbarunya yaitu “*Yolov3: An Incremental Imporvement*” (Redmon and Farhadi 2018). Tahun 2020 Alexy Bochkovskiy mempublikasikan YOLOv4 dengan mengungguli YOLOv3 dalam tulisan “*YOLOv4: Optimal Speed and Accuracy of Object Detection*” (Bochkovskiy, Wang, dan Liao 2020), dengan memiliki presisi rata-rata yang signifikan dibanding dengan algoritma lainnya seperti EfficientDet, seperti pada gambar 2.2 berikut:



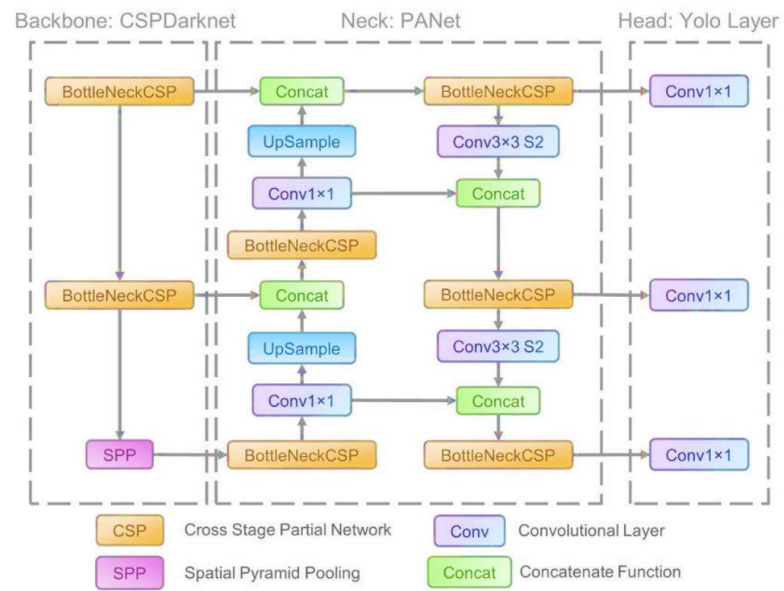
Gambar 2.2 Perbandingan YOLOv4 dari beberapa algoritma

Versi Yolo yang telah disebutkan sebelumnya telah dibangun atas framework Darknet. Pada tanggal 9 juni 2020 Glenn Jocher merilis Yolov5 pada repositorinya. Terkait hal tersebut sempat menjadi perbincangan yang disebabkan Glenn Jocher, sampai tulisan ini dibuat belum merilis makalah resmi terkait YOLOv5. Di sisi lain YOLOv5 dijabarkan secara natif di framework PyTorch, berbeda dengan versi YOLO yang sebelumnya berdasarkan framework Darknet (Kanjee, 2022). Berikut gambar 2.3 performa beberapa versi YOLOv5 terhadap model EfficientDet.

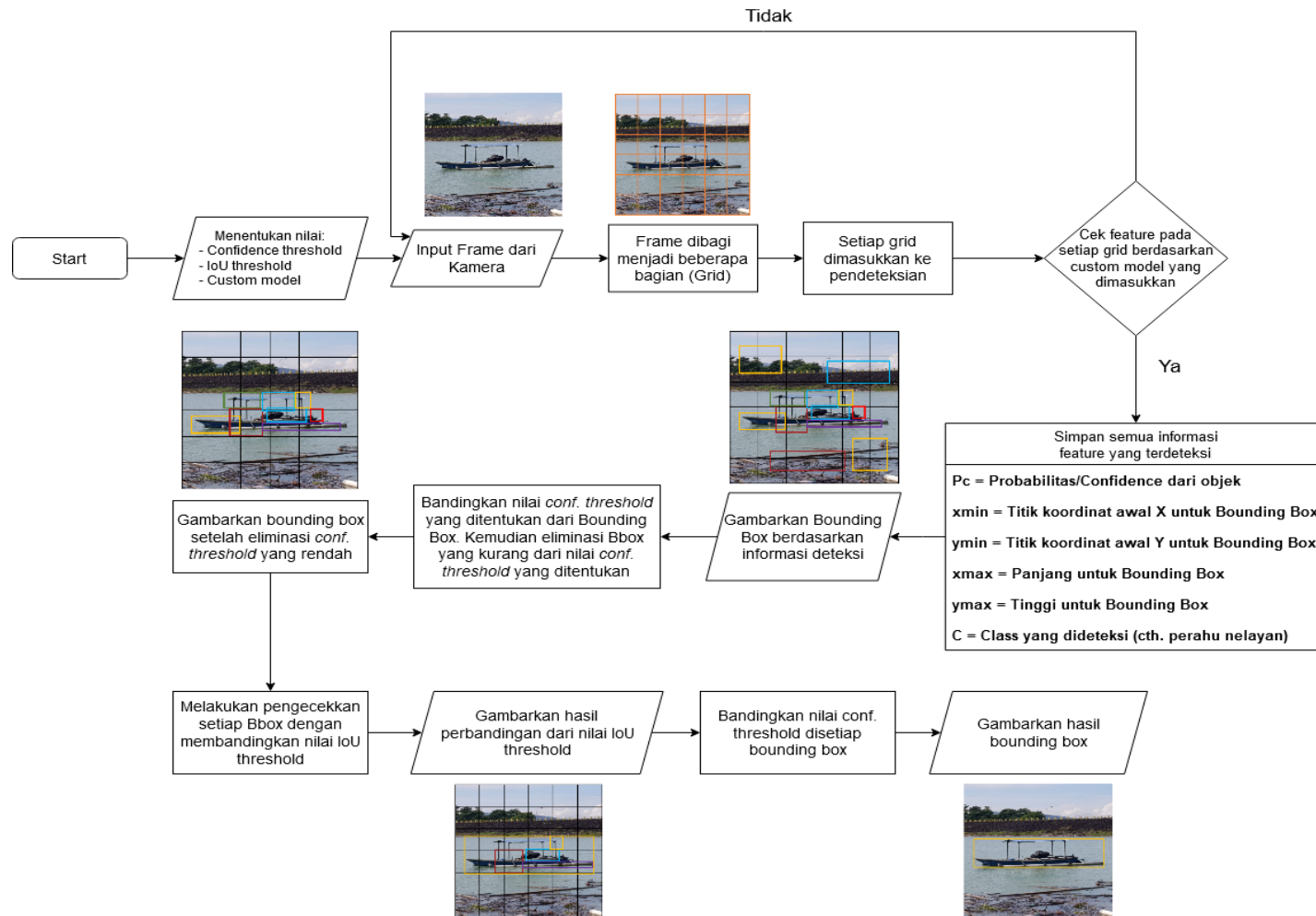


Gambar 2.3 Perbandingan YOLOv5 dengan EfficientDet

Penulis mengajukan YOLOv5 sebagai metode *Deep Learning* dalam mendeteksi kendaraan, disebabkan kebutuhan komputasi yang cepat dan konsumsi waktu yang lebih efisien. Arsitektur YOLOv5 terbentuk atas komponen utama yaitu, *Model Backbone*, *Model Neck*, dan *Model Head* (Gutta, 2021). *Model backbone* yang digunakan YOLOv5 merupakan CSPDarkNet (*Cross Stage Partion Dark Network*). Fungsi utama model *backbone*, mengekstraksi fitur dari citra yang diinput, pemilihan CSPDarkNet sebagai model *backbone* algoritma ini didesain untuk meningkatkan kapabilitas pembelajaran *Deep Learning* yang berbasis CNN (Wang et al. 2020). Pada bagian kedua, YOLOv5 menggunakan PANet (*Path Aggregation Network*) yaitu sebagai *Model Neck*. *Model Neck* berfungsi untuk menghasilkan piramida fitur, piramida fitur membantu model untuk menggeneralisasi dengan baik pada penskalaan objek. Hal ini membantu untuk mengidentifikasi objek yang sama dengan ukuran dan skala yang berbeda. Di satu sisi membantu sebuah model untuk bekerja dengan baik pada data yang tak terlihat (Team, n.d.). Pada *Model Head* utamanya berfungsi untuk melakukan bagian deteksi akhir. Hal ini menghasilkan keluaran akhir dengan probabilitas kelas, skor objektivitas, dan *bounding boxes* (Team, n.d.). *Model Head* sering disebut dengan Yolo Layer.



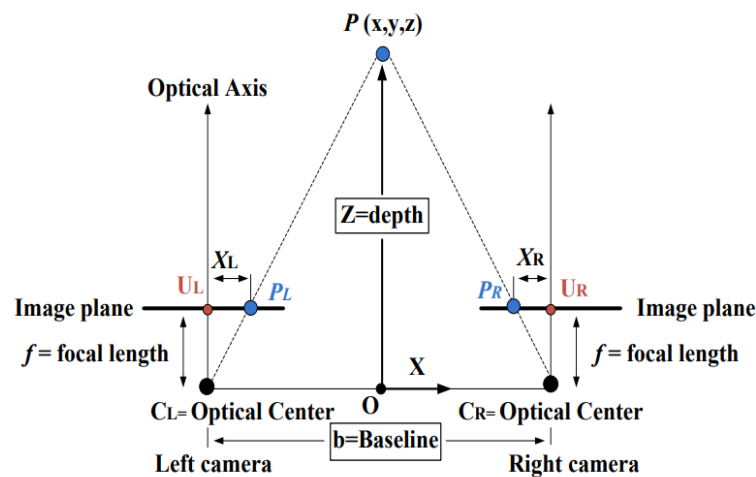
Gambar 2.4 Arsitektur YoloV5



Gambar 2.5 Flowchart YOLOv5 dalam mendeteksi objek

2.5 Epipolar Geometri

Epipolar geometri merupakan metode estimasi koordinat titik tiga dimensi secara geometris menghitung dari perbedaan koordinat yang terjadi ketika titik yang terletak di ruang tiga dimensi diproyeksikan ke masing-masing bidang gambar stereo (Kang dan Lee, 2021), sedangkan menurut (Wang dan Lim, 2011), bidang yang berkaitan berdasarkan penentuan struktur tiga dimensi pada suatu adegan dari dua atau lebih citra digital yang didapatkan dari sudut yang juga berbeda. Pengukuran jarak dapat dilakukan saat objek berada dalam sudut pandang yang saling overlap di antara dua kamera. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 Epipolar Geometri

Gambar 2.6 adalah sistem koordinat stereo kamera yang dianggap terletak dalam titik tengah antara sistem koordinat pada bagian kanan dan kiri kamera. Berdasarkan konsep kesebangunan segitiga $\triangle P C_L C_R$ dan $\triangle P_L P_R$ pada gambar 2.6 tersebut sistem koordinat stereo kamera dapat diformulasikan pada persamaan (2.1)

$$Z = \frac{b * f}{X_l - X_r} = \frac{b * f}{d} \quad (2.1)$$

$d = (X_l - X_r)$ adalah disparitas, X_l merupakan koordinat-x pada citra kiri, X_r merupakan koordinat-x pada citra kanan, b merupakan panjang garis dasar (jarak antara sumbu optis stereo kamera) dan f adalah *focal lengths* kamera. Pada persamaan (2.1) kedalaman Z berbanding terbalik dengan disparitas, semakin tinggi disparitas menunjukkan bahwa objek berada semakin dekat dengan garis dasar kamera, dan begitupun sebaliknya ketika nilai disparitas objek semakin kecil menunjukkan bahwa objek jauh dari garis dasar (Urip, 2017). Pengukuran esitimasi

kecepatan objek, dengan memverifikasi perbedaan waktu dan perubahan jarak antar objek yang digunakan dalam menentukan kecepatan, sehingga dapat menggunakan persamaan (2.2) ini :

$$V = \frac{Z - Z_{-1}}{\Delta t} \quad (2.2)$$

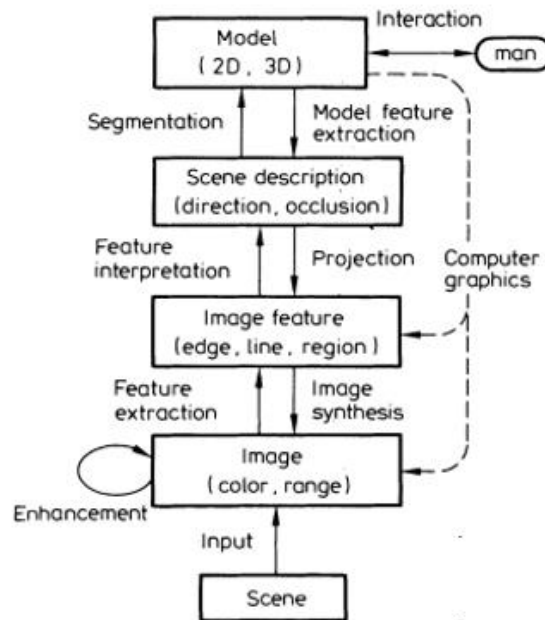
(Kang dan Lee, 2021). Dalam penelitian ini metode pengukuran yang digunakan untuk menentukan jarak dan kecepatan objek merupakan metode pengukuran yang sebelumnya telah disusulkan Hosun Kang, Lee dan Urip dalam tulisannya (Kang dan Lee, 2021), (Urip, 2017) yang akan dibahas pada bab selanjutnya.

2.6 Computer Vision

Computer vision merupakan salah satu cabang keilmuan komputer yang bertujuan untuk memberikan kemampuan melihat suatu objek. Kemampuan komputer untuk mempelajari sebuah citra berupa gambar atau video, komputer akan menganalisa *input* citra yang diberikan kemudian komputer akan memberikan informasi yang didapatkan dari *input* yang diberikan. Beberapa contoh penerapan *computer vision* adalah *face recognition*, *object detection*, dan *color detection*. *Computer vision* diciptakan dengan memiliki tujuan untuk mengikuti kemampuan dari mata manusia dengan menafsirkan visual yang dapat dilihat (Wibowo, 2016). Dari segi ilmu rekayasa titik pandang, *computer vision* bertujuan untuk membangun sistem otonom dan dapat melakukan beberapa tugas yang dapat dilakukan oleh sistem visual manusia, diharapkan dapat melampaui dalam beberapa kasus. Terkait banyaknya tantangan dalam bidang ini terkait dengan ekstraksi informasi 3D maupun temporal dari 2D dengan waktu pengambilan variatif satu atau lebih kamera dengan memperoleh informasi yang terangkum dalam adegan dinamis (Huang, 1996).

Proses utama dalam *Computer Vision* ketika *scene* masuk kedalam suatu program, informasi dasar pada gambar tersebut akan diekstraksi baik pada komponen warna gambar, ukuran pada objek dalam pixel serta informasi pixel dalam *scene* itu sendiri. Informasi yang diekstraksi bisa berupa raw gambar yang original, maupun pada adegan/*scene* yang mengalami beberapa *enhancement* baik pada saturasi, kontras dan lain-lain. Kemudian *scene* tersebut akan diinterpelasi

untuk mendapatkan mulai dari data tepi, garis, region dan apapun data yang berkaitan dengan pembentukan dasar tiap objek pada *scene* tersebut. Langkah terakhir yaitu segmentasi yang berfungsi untuk mendapatkan deskripsi terkait *scene* tersebut yang selanjutnya dapat terbentuk matriks model 2D ataupun 3D dari suatu *scene* tersebut (Shirai, 1987).



Gambar 2.7 Proses utama *Computer Vision*

2.7 Stereo Kamera dan Stereo Vision

Stereo kamera adalah kamera dengan tipe dan spesifikasi yang sama dan terpasang dalam satu garis lurus baik pada bidang horisontal maupun pada bidang vertikal (Urip, 2017), sedangkan menurut (Liu dan Chen, 2009) stereo kamera merupakan jenis kamera dengan dua atau lebih lensa dengan sensor gambar atau bingkai film terpisah untuk setiap lensa. Hal ini memungkinkan kamera untuk mensimulasikan penglihatan binokular manusia, serta memberikannya kemampuan untuk *capture* gambar tiga dimensi, sebuah proses yang dikenal sebagai fotografi stereo. Stereo kamera dapat digunakan untuk membuat tampilan stereo dan gambar 3D untuk film ataupun pencitraan jarak jauh. Jarak antara lensa dalam kamera stereo tipikal (jarak intra-aksial) yaitu sekitar jarak antara mata manusia (dikenal sebagai jarak intraokular) sekitar 6,35 cm, walaupun garis dasar atau landasan yang

lebih panjang (jarak antar-kamera yang lebih besar) menghasilkan 3-dimensi yang lebih ekstrim.

Stereo Vision adalah cara yang digunakan untuk mendapatkan suatu citra stereo dari suatu objek dengan menggunakan dua posisi kamera yang berbeda. Citra stereo didapatkan menggunakan dua kamera yang diletakkan pada bidang sejajar dengan jarak tertentu (Ginting, Patmasari, dan Aulia 2019). Stereo Vision mirip dengan penglihatan manusia binokular, dengan menangkap dua pandangan yang berbeda dari sebuah adegan dengan otak memproses dan mencocokkan kesamaan pada kedua gambar dan perbedaan memungkinkan otak untuk membangun informasi yang mendalam. Hal ini memainkan peran penting dalam *computer Vision*. Gambar tunggal tidak memiliki informasi 3D, stereo vision mengambil dua gambar pemandangan dari sudut pandang yang berbeda biasanya disebut sebagai gambar kiri dan kanan menggunakan dua kamera (Babu et al, 2014).

2.8 Python

Python banyak digunakan sebagai keperluan umum dan merupakan bahasa pemrograman tingkat tinggi. Dengan filosofi desain menekankan pembacaan kode, dan sintaks yang memungkinkan programmer agar dapat mengekspresikan konsep dalam sedikit baris kode daripada yang mungkin dalam bahasa seperti bahasa pemrograman C. Bahasa pemrograman python menyediakan konstruksi yang dimaksudkan agar program yang jelas pada skala kecil maupun besar. Python mendukung beberapa paradigma pemrograman, seperti *object oriented programming* serta imperatif pemrograman fungsional atau gaya prosedural. Ini adalah fitur sistem tipe dinamis dan manajemen memori otomatis serta memiliki *library* standar yang besar dan komprehensif. Seperti bahasa lainnya, Python sering juga digunakan sebagai bahasa scripting, tetapi juga digunakan dengan berbagai konteks non – scripting. Menggunakan pihak ketiga, sebagai alat, kode Python dapat dikemas ke dalam program executable mandiri seperti py2exe atau PyInstaller Interpreter Python yang tersedia dalam berbagai *operating system* (Darmawan, 2015).

2.9 Google Colab

Google Colab environment dari Google yang digunakan untuk menjalankan sebuah program. Colab merupakan salah satu produk dari Google yang berbasis cloud dan dijalankan melalui browser. Colab juga menyediakan processor dengan spesifikasi tinggi (GPU dan TPU) yang bertujuan untuk memudahkan para users untuk menjalankan program yang membutuhkan spesifikasi tinggi secara online (Bisong, 2019).