

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kecerdasan Buatan

Kecerdasan buatan atau AI (*Artificial Intelligence*) merupakan bidang ilmu yang diciptakan untuk mempelajari kemampuan manusia untuk di transferkan kepada komputer atau robot agar dapat menirukan dan menyelesaikan sebuah pekerjaan sebagaimana manusia menyelesaikan pekerjaan tersebut. *Artificial Intelligence* (AI), merupakan kemampuan komputer digital atau robot yang dikembangkan dari karakteristik intelektual manusia untuk melakukan tugas-tugas yang umumnya terkait dengan makhluk yang memiliki kecerdasan. Istilah ini sering diterapkan pada proyek pengembangan sistem yang menerapkan karakteristik proses intelektual manusia, seperti kemampuan untuk menalar, menemukan makna, menggeneralisasi, atau belajar dari pengalaman masa lalu.

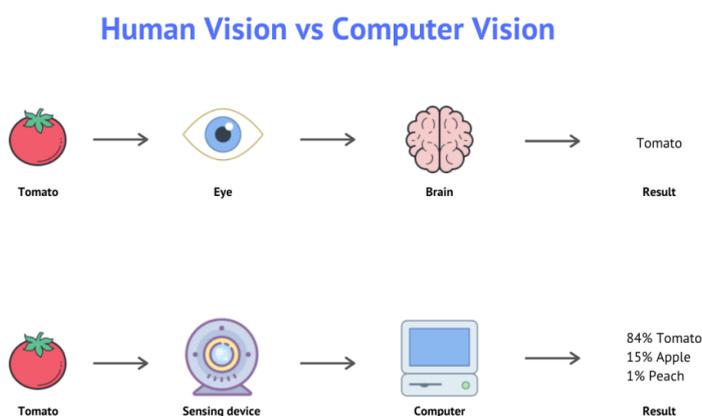
2.2 Pengenalan Objek

Pengenalan objek atau *object recognition* merupakan salah satu metode dalam cabang ilmu kecerdasan buatan yaitu *computer vision* yang diterapkan pada sebuah mesin atau computer agar dapat mengidentifikasi suatu objek di dalam gambar melalui proses klasifikasi objek yang disajikan dalam bentuk gambar, kedalam suatu *class* atau kategori yang sesuai dengan objek tersebut. Pengenalan objek adalah hasil dari pembelajaran mendalam dengan algoritma *machine learning*,

dengan tujuan untuk mengajarkan komputer melakukan apa yang dianggap biasa oleh manusia: mengenali apa yang ada dalam sebuah gambar.

2.3 Visi Komputer

Visi Computer atau *computer vision* merupakan salah satu cabang ilmu kecerdasan buatan yang berkaitan dengan gambar atau visual. *Computer vision* diciptakan untuk melatih komputer atau robot agar dapat menirukan bagaimana logika dan cara pandang manusia saat melihat sesuatu atau sebuah objek.



Gambar 2.1 perbedaan visi computer dan visi manusia (Sumber:

<https://hqsoftwarelab.com>)

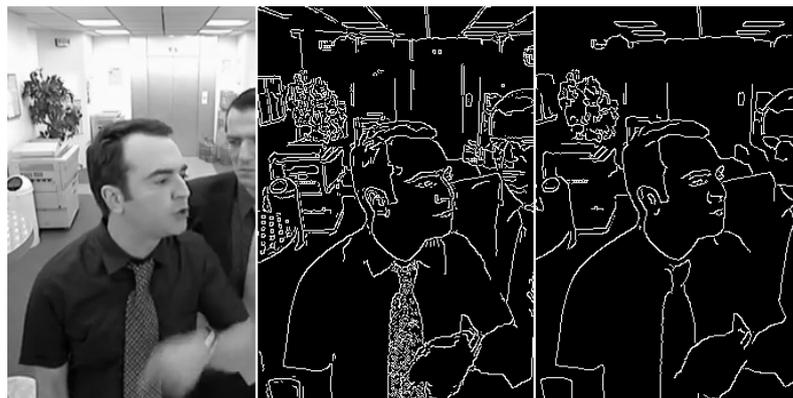
Gambar 2.1 digambarkan bagaimana manusia melihat sebuah benda dengan indra penglihatan lalu mengirim informasi ke otak untuk diproses sehingga manusia dapat mengidentifikasi apa yang dilihatnya, sedangkan visi komputer menggunakan sensor seperti kamera sebagai indra penglihatan, lalu mengirimkan informasi ke komputer untuk diproses sehingga komputer dapat mengidentifikasi apa yang terdeteksi oleh kamera atau sensor.

2.4 OpenCV

OpenCV (*Open-Source Computer Vision Library*) merupakan sebuah *tool* yang menyediakan berbagai fungsi pemrograman yang melibatkan pemrosesan gambar atau pemrograman lainnya yang melibatkan visi komputer.

2.5 Edge Detection

Edge detection atau deteksi tepi adalah sebuah metode yang digunakan untuk mendeteksi tepi yang menjadi pembatas antara dua citra dalam satu gambar. Deteksi tepi bekerja dengan cara membedakan warna dan kecerahan pada sebuah gambar sehingga ditemukan satu tepi atau sudut yang dihasilkan dari dua citra.



Gambar 2.2 hasil penerapan metode deteksi tepi (sumber:

<https://miro.medium.com/max/>)

Gambar 2.2 merupakan gambar *grayscale* yaitu gambar dengan citra putih, hitam, dan abu-abu, yang ditrasformasikan menjadi gambar tepi dari citra yang ada pada gambar *grayscale* atau gambar dengan derajat keabuan.

2.6 Canny-edge Detection

Canny-Edge Detection adalah algoritma deteksi tepi yang dikembangkan oleh John F. Canny, yang digunakan untuk mendeteksi tepi dari sebuah gambar yang memiliki dua atau lebih citra yang berbeda sehingga menghasilkan sebuah garis tepi atau garis pembatas yang ada diantara dua citra (Canny, 1986).

Canny-edge merupakan algoritma *multi-stage*/ algoritma yang terdiri dari banyak tahap, yaitu reduksi noise menggunakan *Gaussian Blur*, perhitungan gradien intensitas untuk menemukan kekuatan dan arah perubahan intensitas pada setiap piksel, *Non-maximum Suppresion* yaitu penipisan *pixel* dan *Thresholding* untuk mengkategorikan *pixel* yang kuat dan lemah.

2.6.1. Gaussian Blur

Operasi *Gaussian Blur* bekerja dengan cara menggantikan nilai intensitas pixel pada gambar dengan nilai intensitas rata-rata pixel tersebut dan setiap pixel di sekitarnya. Formula dari fungsi operasi *Gaussian Blur* adalah sebagai berikut :

$$G(x, y) = (1 / (2 * \pi * \sigma^2)) * e^{-(x^2 + y^2) / (2 * \sigma^2)}$$

Dimana $G(x, y)$ merupakan nilai distribusi *Gaussian* pada sumbu x dan sumbu y. Dan σ merupakan standar deviasi atau simpangan baku yang mempengaruhi seberapa signifikan pengaruh piksel-piksel yang mengelilingi sebuah pixel pusat terhadap hasil operasi *Gaussian Blur*.

2.6.2. Gradient Smoothing

Gambar yang telah dihaluskan kemudian difilter dengan arah horizontal dan vertikal untuk mendapatkan turunan pertama pada arah horisontal (G_x) dan vertikal

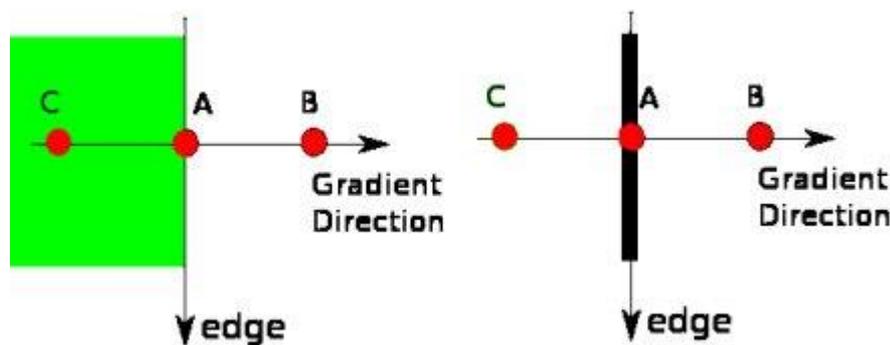
(G_y), kemudian dapat ditemukan arah gradien tepi dan arah untuk setiap piksel dengan formula sebagai berikut:

$$\text{Edge gradient } (G) = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}$$

Besaran gradien merepresentasikan kekuatan tepi pada tiap piksel, dan orientasi memberikan arah tepi.

2.6.3. *Non-maximum Suppression*

Setelah mendapatkan besaran dan arah gradien, pemindaian penuh gambar dilakukan untuk menghilangkan piksel yang tidak diinginkan yang mungkin bukan merupakan tepi. Berikut merupakan gambaran proses menghilangkan piksel yang tidak diinginkan dengan *Non-maximum Suppression* :



Gambar 2. 3 visualisasi Non-maximum Suppression pada algoritma *Canny-edge*

(Sumber : docs.opencv.org)

Pada gambar 2.3 titik A berada di tepi (vertikal). Arah gradien normal ke tepi. Titik A dengan titik B dan C untuk melihat apakah titik tersebut membentuk nilai

maksimum. Jika ya, maka dipertimbangkan untuk tahap selanjutnya, jika tidak, maka akan ditekan (dijadikan nol) atau dihilangkan.

2.6.4. *Thresholding*

Tahap ini memutuskan mana yang benar-benar tepi dan mana yang bukan. Untuk itu, dibutuhkan dua nilai ambang batas, *high threshold* dan *low threshold* atau *minVal* dan *maxVal*. Setiap tepi dengan gradien intensitas lebih dari *maxVal* dipastikan sebagai tepi dan yang berada di bawah *minVal* dipastikan bukan tepi, sehingga dibuang. Mereka yang berada di antara kedua ambang batas ini diklasifikasikan sebagai tepi atau bukan tepi berdasarkan konektivitasnya. Jika mereka terhubung ke piksel “tepi”, mereka dianggap sebagai bagian dari tepi.

2.7 *Hough Transform*

Transformasi Hough adalah sebuah teknik dalam pengolahan citra dan pengenalan pola yang digunakan untuk mendeteksi garis lurus atau bentuk geometris lainnya dalam gambar. Transformasi ini pertama kali diusulkan oleh Paul Hough pada tahun 1962 untuk mendeteksi garis lurus dalam gambar. Meskipun awalnya dikembangkan untuk mendeteksi garis (R. Fisher, 2003). Transformasi Hough telah diperluas untuk mendeteksi berbagai bentuk geometris seperti lingkaran atau elips. *Hough Transform* terdiri dari beberapa tahap, yaitu :

Transformasi Hough merepresentasikan garis dalam ruang parameter menggunakan koordinat. Rumus untuk mendeteksi garis dengan Transformasi Hough adalah sebagai berikut:

$$r = x \cdot \cos(\theta) + y \cdot \sin(\theta)$$

Dimana r adalah jarak dari titik asal ke titik terdekat pada garis, dan θ adalah sudut antara sumbu x dan garis normal dari titik asal ke titik terdekat pada garis.

2.7.1. Representasi Parameter

Setiap garis dalam gambar dapat direpresentasikan dalam bentuk persamaan parametrik. Untuk garis lurus, persamaan yang sering digunakan adalah $y=mx+b$, dimana m adalah kemiringan dan b adalah intercept.

2.7.2. Transformasi

Untuk setiap piksel yang bukan bagian dari latar belakang (misalnya, piksel dengan intensitas yang signifikan), dilakukan transformasi dari ruang citra ke ruang parameter. Setiap piksel diubah menjadi kurva atau titik dalam ruang parameter yang sesuai dengan persamaan garis.

2.7.3. Akumulator

Pada langkah ini, kita membangun sebuah matriks yang disebut akumulator. Setiap sel dalam akumulator mewakili suara yang sesuai dengan parameter garis tertentu.

2.7.4. Deteksi Garis

Pada akhir proses, parameter garis dengan akumulator nilai tertinggi dianggap sebagai representasi dari garis dalam gambar.

2.8 Bedengan Tanaman

Bedengan tanaman adalah tanah yang disusun sehingga memiliki ketinggian berbeda dari area tanah di sekitarnya untuk dijadikan media tanam tanaman budidaya seperti cabai, kentang, umbi-umbian, dan lain sebagainya.



Gambar 2.3 Bedengan tanaman (Sumber : <https://www.awalilmu.com>)

Bedengan tanaman biasanya memiliki tinggi 20 cm hingga 30 cm. Terdapat dua jenis bedengan berdasarkan lahannya, yaitu bedengan lahan kering, dan bedengan lahan sawah. Menjaga kelembaban tanah bedengan biasanya bedengan di lapisi dengan mulsa. Selain menjaga kelembaban, mulsa juga digunakan untuk melindungi tanaman dari hama.

2.9 Penelitian terkait

Penelitian ini menggunakan beberapa rujukan dan data dari penelitian terdahulu yaitu:

2.8.1. *Visio-Spatial Road Boundary Detection for Unmarked Urban and Rural Roads (2009)*

Tobias Kuhn dan Jannik Fritsch melakukan penelitian untuk mendeteksi batas jalan berbasis *computer vision* di area jalan yang tidak memiliki marka jalan. Hal ini dikarenakan pentingnya deteksi batas jalan untuk Advanced Driver Assistant Systems (ADAS), seperti Lane Departure Warning dan Lane Keeping Assistant Systems, namun pada sistem tersebut mengandalkan marka jalan untuk menentukan

batas, sedangkan masih banyak area jalan yang tidak memiliki marka jalan. Maka dari itu, Tobias Kuhn dan Jannik Fritsch melakukan penelitian dengan melakukan pendekatan fundamental, yaitu melakukan klasifikasi batas sekitar jalan berdasarkan fitur *Spatial RAY (SPRAY)* yang menggabungkan informasi konteks visual dan spasial yang lebih efektif dari analisis citra klasik.

Hasil penelitian dengan mendeteksi batas jalan dengan mengklasifikasikan tiga jenis area yaitu area batas jalan bagian dalam, area sekitar jalan bagian luar, dan area jalan utama. Diperoleh hasil deteksi yang tinggi yaitu 85,8%.

2.8.2. *Long-Range Road Detection for Off-line Scene Analysis (2009)*

Penelitian yang dilakukan oleh Jean-Philippe Tarel dan Erwan Bigorgne tentang pengembangan algoritma deteksi jarak jauh pada permukaan jalan ini dilakukan dengan cara membedakan area jalan dengan area bukan jalan. Algoritma yang diusulkan pada penelitian ini adalah algoritma segmentasi warna. Algoritma tersebut terdiri dari tiga Langkah, yaitu penghalusan citra yang konsisten dengan efek perspektif pada jalan, pembuatan model area warna jalan dan bukan jalan, dan pengembangan area di sekitar jalan.

Hasil dari pengembangan algoritma pada penelitian ini dengan menghasilkan estimasi jarak visibilitas jalan raya, dan eksperimen menunjukkan keandalan algoritma yang diusulkan. Algoritma yang digunakan pada penelitian ini sangat tepat digunakan pada jalanan yang tidak memiliki garis jalan atau marka namun memiliki area sekitar jalan yang seragam.

2.8.3. *Spatial As Deep: Spatial CNN for Traffic Scene Understanding* (2018)

Penelitian yang dilakukan oleh Xingang Pan, Jianping Shi, Ping Luo, Xiaogang Wang, dan Xiaoou Tang dari Chinese University of Hongkong menggunakan metode Spatial CNN untuk mendeteksi garis marka di jalan raya.

2.8.4. *A Method of Lane Edge Detection Based on Canny Algorithm* (2017)

Penelitian yang dilakukan oleh Xingang Pan, Jianping Shi, Ping Luo, Xiaogang Wang, dan Xiaoou Tang membahas metode deteksi tepi yang diaplikasikan pada marka jalan dengan menggunakan metode *canny edge-detection* dan mengaplikasikan *hough transform* untuk menandai batas kiri dan kanan jalur yang dideteksi. Model yang telah dirancang diuji menggunakan kamera yang dipasang di depan mobil *mini-van*. Hasilnya, kamera yang dipasang telah menangkap 500 gambar di jalan dengan kondisi lingkungan dan pencahayaan yang berbeda-beda. Hasil dari pengujian, metode *canny* dengan pengaplikasian *hough transform* dapat menghilangkan *noise* sehingga garis marka dapat terdeteksi.

2.8.5. *Vision Based Lane Detection for Self-Driving Car* (2020)

Penelitian yang dilakukan oleh Ziqiang Sun menerapkan metode yang mengkombinasikan warna HSV dan *grey scale* dengan menggunakan *canny edge-detection*. Sampel gambar yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari jalan lurus, belokan, dan jalan bebas hambatan yang memiliki garis marka dengan warna yang berbeda, yaitu kuning dan putih.

Hasil eksperimen pada penelitian ini menunjukkan bahwa algoritma *canny edge-detection* dapat secara akurat mendeteksi kurva dan garis lajur dalam keadaan

perubahan cahaya, dan dapat menghitung jarak deviasi kendaraan sesuai dengan deteksi garis jalur.

2.8.6. Implementasi *Canny Edge Detection* Pada Aplikasi Pendeteksi Jalur Lalu Lintas (2021)

Penelitian yang dilakukan oleh Ratna Salkiawati, Allan D Alexander, dan Hendarman Lubi, menggunakan metode *Canny-Edge Detection* untuk mengembangkan sebuah sistem yang dapat memberi peringatan kepada pengendara mobil yang tidak tertib agar lebih waspada saat berkendara. Penelitian ini diawali dengan mengimplementasikan *Canny-Edge Detection* pada sampel gambar diam yang terdapat garis lalulintas/ marka jalan di dalamnya. Setelah itu pengujian dilakukan dengan menggunakan sampel video kondisi lalulintas di jalan bebas hambatan.

Selanjutnya tahapan pengujian dilakukan dengan melakukan *image acquisition*, setelah itu dilakukan *image segmentation* dengan mentransformasikan warna gambar menjadi *grayscale* serta menyebarkan spektrum *grayscale* agar dapat mendeteksi tepi dengan mudah, Setelah gambar asli di transformasikan, penentuan *region of interest* dilakukan untuk menentukan area pada gambar yang akan diproses.

Hasil pengujian yang dilakukan terhadap 100 gambar didapatkan tingkat efektifitas penggunaan metode *canny edge detection* pada penelitian ini dengan hasil 78 marka terdeteksi dan 22 lainnya tidak terdeteksi dari total 100 gambar yang diuji. Sehingga dapat disimpulkan bahwa metode *Canny-Edge Detection* efektif digunakan untuk mendeteksi garis jalan/ marka jalan di jalan bebas hambatan.

2.8.7. *Autonomous Crop Row Guidance Using Adaptive Multi-ROI in Strawberry Fields* (2020)

Penelitian yang dilakukan oleh Vignesh Raja Ponnambalam, Marianne Bakken, Richard J. D. Moore, Jon Glenn Omholt Gjevestad dan Pal Johan, yang dilatarbelakangi oleh kebutuhan sistem navigasi untuk agri robot otonom ini mengusulkan alternatif sistem navigasi yang fleksibel untuk pemindaian baris tanaman di perkebunan stroberi. Tantangan utama pada penelitian ini adalah perbedaan dramatis dalam penampilan tanaman antara pertanian dan sepanjang musim serta variasi jarak tanam dan kontur baris tanaman. Pada penelitian ini menggunakan metode segmentasi semantik dengan jaringan saraf konvolusi (CNN) untuk mengelompokkan gambar input RGB ke wilayah tanaman dan bukan tanaman (yaitu, medan yang dapat dilalui). Penelitian ini diuji coba dengan robot agro nyata yang beroperasi di lapangan.

Hasil pada penelitian ini yaitu dari pengujian menggunakan label *crop* (tanaman) dan *lane* (jalur) dengan metode Transformasi Hough memiliki hasil yang layak ($>0,55^*$) pada semua *image sets*, tetapi berkinerja buruk saat baris tanaman lebih lebar, seperti pada kumpulan tanaman kecil (label jalur) atau tanaman lebih besar (label tanaman). Hasil dengan regresi linier sedikit lebih baik ($>0,60^*$) daripada Hough tetapi memberikan akurasi di bawah optimal untuk baris tanaman yang bentuknya tidak beraturan. Teknik multi-ROI mencapai hasil mendekati $0,80^*$ pada *image sets*, tetapi hasilnya buruk pada situasi ketika baris tanaman memiliki lebar yang lebih besar daripada margin ROI.

Hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa meskipun seluruh sistem *crop row guidance* tampaknya bekerja dengan baik untuk sebagian besar skenario, ada situasi di mana baris tanaman dikurangi hingga akurasi tertentu. Hal tersebut, biasa terjadi di lapangan nyata ketika tanaman tidak selalu tumbuh berurutan di sepanjang baris tanaman, baik karena pemadatan tanah atau kurangnya sinar matahari, yang mengarah ke celah khusus yang disebut *patch kosong*.

2.8.8. *Hybrid Adaptive Method For Lane Detection Of Degraded Road Surface Condition* (2022)

Penelitian yang ditulis oleh Khaled H. Almotairi dengan judul *Hybrid adaptive method for lane detection of degraded road surface condition*, dalam penelitian ini dilakukan pendeteksian *ego-lane*, yaitu jalur khusus yang sedang dilalui oleh mobil, dengan mengusulkan metode deteksi jalur *adaptive hybrid* yang mengadopsi keunggulan pendekatan berbasis *traditional computer vision* dan berbasis pembelajaran mesin.

Eksperimen dilakukan dengan menggunakan dataset KITTI untuk tujuan deteksi jalur. Metode yang diusulkan memperoleh akurasi sebesar 88,28%, false ratio 9,47%, dan missing ratio 2,54%. Hasilnya menunjukkan bahwa metode yang diusulkan lebih baik daripada metode berbasis visi tradisional dalam kasus yang melibatkan kerusakan atau hilangnya jalur jalan, Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan metode yang diusulkan dan dengan hanya mendeteksi *ego-lane* proses deteksi jalur dapat dilakukan dengan lebih cepat, serta memiliki struktur yang sederhana, tidak membutuhkan perangkat keras yang mahal dan dapat digeneralisasikan tanpa modifikasi besar.

2.10 Matriks Penelitian

Tabel 2. 1 Matriks Penelitian

No	Peneliti	Judul	Subjek			Metode			Output			
			Jalan pedesaan	Jalan Raya	Lahan Pertanian	Spatial RAY	Canny-Edge	Color Segmentation	Multi ROI	Ego Lane Detection	Deteksi Batas Jalan	Deteksi Baris Tanaman
1	Tobias Kuhn dan Jannik Fritsch	<i>Visio-Spatial Road Boundary Detection for Unmarked Urban and Rural Roads</i>	✓	✓		✓				✓		
2	Jean-Philippe Tarel dan Erwan Bigorgne	Long-Range Road Detection for Off-line Scene Analysis					✓			✓		
3	Xingang Pan, Jianping Shi, Ping Luo, Xiaogang Wang, dan Xiaoou Tang	<i>A Method of Lane Edge Detection Based on Canny Algorithm</i>		✓			✓			✓		
4	Ziqiang Sun	Vision Based Lane Detection for Self-Driving Car		✓						✓		
5	Ratna Salkiawati, Allan D Alexander, dan Hendarman Lubi	Implementasi Canny Edge Detection Pada Aplikasi Pendeteksi Jalur Lalu Lintas			✓							✓

No	Peneliti	Judul	Subjek	Metode	Output	
					Deteksi Batas Tanaman	Deteksi Batas Jalan
6	Vignesh Ponnambalam, Marianne Bakken, Richard Moore, Jon Omholt Gjevestad dan Pal Loham	Autonomous Crop Row Guidance Using Adaptive Multi-ROI in Strawberry Fields	Jalan pedesaan			
			Jalan Raya		✓	
			Lahan Pertanian	✓		✓
7	Khaled H. Almotairi	Hybrid adaptive method for lane detection of degraded road surface condition	Jalan pedesaan			
			Jalan Raya		✓	
8	Penelitian yang diusulkan	Implementasi Metode Edge Detection Untuk Proses Identifikasi Jalur di Lahan Pertanian Menggunakan Algoritma Canny-Edge Detection	Jalan pedesaan			
			Jalan Raya			
			Lahan Pertanian			✓