

IMPLEMENTASI COMPUTER VISION UNTUK DETEKSI JENIS SPIN BOLA PADA TENIS MEJA

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat mencapai derajat Sarjana
Program Studi Informatika



disusun oleh

FAIZ DAFFA KURNIA

22.11.4627

Kepada

**FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS AMIKOM YOGYAKARTA
YOGYAKARTA**

2025

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Permainan tenis meja atau yang kerap kali disebut juga pingpong merupakan salah satu cabang olahraga yang cukup diminati oleh berbagai kalangan di seluruh dunia. Dalam menguasai olahraga tenis meja ini dibutuhkan beberapa *skill* tertentu. Salah satu elemen yang paling penting adalah penguasaan perputaran atau *spin* bola yang mampu memengaruhi arah, kecepatan, serta pantulan bola. Pemain yang mampu menguasai teknik *spin* dengan baik, terutama para atlet profesional memiliki keunggulan dalam mengatur tempo dan arah permainan. Namun, mendeteksi jenis *spin* secara akurat dengan mata telanjang masih menjadi tantangan terutama bagi pemula ataupun yang hanya menjadikan tenis meja sebagai hobi.

Kemajuan teknologi di bidang *computer vision* dan pengolahan citra digital telah membuka peluang baru untuk menganalisis pergerakan bola secara otomatis. Dengan memanfaatkan rekaman video, algoritma *computer vision* bisa digunakan untuk mendeteksi arah lintasan bola, menganalisis gerak rotasi, hingga mengidentifikasi jenis perputaran seperti *topspin*, *backspin*, *sidespin*, ataupun *no spin*. Implementasi sistem ini sangat berpotensi membantu pelatih dan atlet dalam melakukan analisis taktik, serta membantu para pemula untuk memudahkan membaca permainan.

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mencoba mengembangkan sistem deteksi *spin*. Misalnya, *SpinDOE* oleh Gossard et al. (2023) menggunakan bola khusus dengan pola titik (*dotted-ball tracking*) serta kamera berkecepatan tinggi untuk memperkirakan rotasi bola. Penelitian lain oleh Tebbe et al. (2019) menggunakan *optical flow* dan deteksi fitur visual untuk melacak rotasi bola secara otomatis. Selain itu, Gossard et al. (2024) juga memanfaatkan *event camera* untuk mengurangi efek blur yang sering muncul akibat kecepatan tinggi bola saat pertandingan, sehingga memungkinkan akurasi deteksi *spin* yang lebih tinggi.

Meski pendekatan-pendekatan tersebut menunjukkan hasil yang menjanjikan, namun sebagian besar masih bersifat eksperimental dan terbatas pada lingkungan laboratorium. Selain itu, belum banyak penelitian yang diadaptasi dalam konteks pelatihan olahraga secara luas di Indonesia.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini akan mengembangkan dan mengimplementasikan sistem berbasis *computer vision* untuk mendeteksi jenis perputaran bola dalam permainan tenis meja. Sistem ini diharapkan mampu menjadi alat bantu yang efisien dalam proses pelatihan dan analisis performa pemain.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana membangun sistem berbasis *computer vision* yang dapat mendeteksi jenis perputaran bola pada permainan tenis meja?
2. Algoritma atau metode apa yang tepat digunakan untuk mengidentifikasi jenis perputaran bola secara akurat dan efisien?

1.3 Batasan Masalah

Untuk menjaga ruang lingkup penelitian agar tetap fokus dan terarah, maka penelitian ini memiliki beberapa batasan sebagai berikut:

1. Sistem hanya dirancang untuk menganalisis video tenis meja dengan satu bola yang bergerak dalam satu waktu.
2. Penelitian hanya membahas klasifikasi jenis *spin* dan tidak membahas kecepatan bola secara mendetail.
3. Sistem tidak dirancang untuk *real-time tracking* dalam pertandingan langsung, melainkan untuk analisis pasca-rekaman (*offline processing*).

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengembangkan sistem pendeteksi *spin* bola pada permainan tenis meja berbasis teknologi *computer vision*.
2. Mengimplementasikan algoritma deteksi citra yang mampu mengklasifikasikan jenis perputaran bola seperti *topspin*, *backspin*, *sidespin*, dan *no spin* secara otomatis.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini antara lain:

1. Memberikan solusi berbasis teknologi untuk membantu pemain dalam menganalisis jenis *spin* secara objektif saat latihan ataupun pertandingan.
2. Menjadi alat bantu latihan pemain dalam mengevaluasi permainan untuk meningkatkan teknik membaca arah bola berdasarkan *spin*.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan penelitian ini terdiri dari lima bab, yang masing-masing dijelaskan sebagai berikut:

1. BAB I PENDAHULUAN

Berisi latar belakang, identifikasi masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

2. BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Berisi studi literatur dari penelitian terdahulu, dan dasar-dasar teori yang digunakan dalam penelitian ini.

3. BAB III METODE PENELITIAN

Menjelaskan objek penelitian, alur penelitian, metode yang digunakan, alat dan bahan, serta tahapan implementasi.

4. BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisi hasil implementasi sistem dan pengujian, serta pembahasan dari hasil yang didapat.

5. BAB V PENUTUP

Memuat kesimpulan akhir dari hasil penelitian dan saran untuk pengembangan lebih lanjut.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Studi Literatur

Dalam penyusunan penelitian ini, ada beberapa referensi yang menjadi patokan dari penelitian yang dilakukan yang berkaitan dengan latar belakang masalah, penelitian mengenai deteksi perputaran bola dalam tenis meja telah berkembang pesat dalam beberapa tahun terakhir, baik di tingkat internasional maupun nasional. Berikut ini adalah penelitian dari beberapa studi yang sesuai :

Gossard et al. (2023) mengembangkan metode *SpinDOE (Dotted-ball Orientation Estimation)* yang menggunakan bola dengan pola titik-titik khusus serta kamera berkecepatan tinggi untuk memperkirakan orientasi dan *spin* bola secara akurat. Penelitian ini menunjukkan kemampuan sistem dalam mendeteksi *spin* hingga 175 rps secara *real-time*, meskipun terbatas pada kondisi laboratorium.

Selain itu, Gossard et al. (2024) juga memperkenalkan metode estimasi *spin* bola tenis meja menggunakan kamera event. Teknik ini memanfaatkan permukaan waktu ordinal untuk melacak bola dan mengisolasi peristiwa yang dihasilkan oleh logo pada bola. Dengan estimasi *optical flow* dari peristiwa tersebut, sistem dapat memperkirakan *spin* bola secara *real-time* dengan kesalahan rata-rata sebesar 10,7 rps dan kesalahan sumbu *spin* sebesar 32,9°.

Berdasarkan penelitian Tamaki et al. (2024) mampu mengembangkan sistem pengukuran *spin* bola tenis meja menggunakan beberapa kamera non-sinkronisasi tanpa kecepatan tinggi. Sistem ini mendeteksi logo pada bola dan memperkirakan gerakan translasi tiga dimensi untuk menentukan kecepatan dan sumbu putaran bola. Dalam uji coba, sistem berhasil mengukur *spin* dengan kesalahan median 0,78 rps dan 12,5°, serta digunakan dalam pertandingan *T-League* di Jepang untuk melaporkan *spin* bola setelah siaran langsung

Naufalimam et al. (2021) merancang sistem deteksi dan pelacakan objek pada robot otonom pengumpul bola tenis meja menggunakan pengolahan citra. Sistem ini menggunakan metode *pre-processing* dan *contour detection* untuk mendeteksi bola, dengan akurasi deteksi mencapai 97,6% saat kamera diam dan 88,3% saat kamera bergerak.

Selain itu, Mozef dan Kurniati (2022) mengembangkan aplikasi pengukur kecepatan bola pada video pertandingan tenis meja menggunakan *OpenCV* dan *Python*. Aplikasi ini digunakan untuk menganalisis kecepatan bola sebagai bagian dari evaluasi teknik permainan.

Adapun perbedaan penelitian saya dari jurnal diatas adalah penelitian saya berfokus pada pembuatan sistem deteksi jenis *spin* bola tenis meja berbasis *computer vision* yang dirancang untuk berjalan pada video biasa, dengan perangkat umum ditujukan untuk pemain, khususnya pemula, sebagai alat bantu untuk latihan.

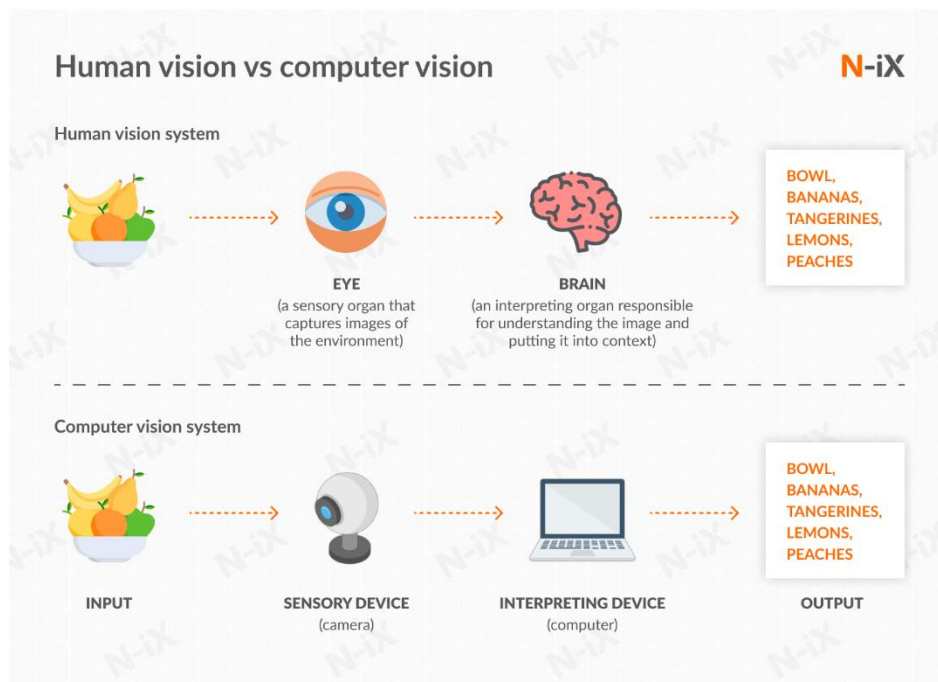
Tabel 2.1 Keaslian Penelitian

No	Judul penelitian	Nama Penulis	Tahun Publikasi	Hasil Penelitian	Perbandingan Penelitian
1	<i>SpinDOE: A Ball Spin Estimation Method for Table Tennis Robot.</i>	Gossard et al.	2023	Menggunakan pola titik untuk estimasi <i>spin</i> secara akurat.	Membutuhkan bola khusus dan kamera berkecepatan tinggi.
2	<i>Spin measurement system for table tennis balls based on asynchronous non-high-speed cameras.</i>	Tamaki et al.	2024	Kesalahan median 0,78 rps dan 12,5° ; digunakan dalam <i>T-League</i> Jepang.	Mendeteksi logo bola dengan kamera non-sinkronisasi.
3	<i>Table Tennis Ball Spin Estimation with an Event Camera.</i>	Gossard et al.	2024	Estimasi <i>spin</i> dengan <i>event camera</i> untuk mengurangi efek blur.	Menggunakan kamera event dan <i>optical flow</i> menghasilkan presisi tinggi namun perangkat mahal.
4	Penerapan Deteksi dan Pelacakan Objek pada Robot Otonom Pengumpul Bola Tennis Meja Menggunakan Pengolahan Citra.	Naufalimam et al.	2021	Akurasi deteksi 97,6% (kamera diam) dan 88,3% (kamera bergerak).	Metode deteksi dan pelacakan bola menggunakan metode <i>contour detection</i> .
5	Aplikasi Pengukur Kecepatan Bola pada Video Pertandingan Tennis Meja Menggunakan <i>OpenCV</i> dan <i>Python</i> .	Mozef & Kurniati	2022	Mengembangkan aplikasi untuk mengukur kecepatan bola dalam video pertandingan tenis meja menggunakan <i>OpenCV</i> dan <i>Python</i> .	Fokus pada pengukuran kecepatan bola dalam konteks pertandingan

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Computer Vision

Berdasarkan studi oleh Weiss et al. (2020), *computer vision* adalah bidang yang berfokus pada pengembangan sistem cerdas yang mampu mengekstraksi, menganalisis, dan memahami informasi visual dari gambar atau video digital. Teknologi ini memiliki tujuan utama mengotomatisasi tugas-tugas yang biasanya dilakukan oleh manusia, seperti pengenalan objek, pelacakan gerakan, dan interpretasi adegan. Dalam hal ini, computer vision sangatlah penting dalam berbagai aplikasi seperti deteksi objek dan sistem navigasi otonom.



Gambar 2.2.1 Perbandingan *Human Vision* dan *Computer Vision*.

2.2.2 Digital Image Processing

Menurut Thamastitkul dan Klayjumleng (2025), *Digital Image Processing* atau pengolahan citra digital adalah teknik manipulasi gambar menggunakan algoritma komputer untuk meningkatkan kualitas, mengekstraksi informasi, dan melakukan segmentasi objek. Dalam konteks computer vision, pengolahan citra digunakan untuk mendeteksi bentuk bola, memisahkan latar belakang, dan mengidentifikasi gerakan yang terjadi dalam video.

2.2.3 Jenis-Jenis Spin dalam Tenis Meja

Dalam dunia tenis meja, teknik *spin* merupakan elemen penting yang mempengaruhi arah, kecepatan, dan pantulan bola. Menurut Li et al. (2024), terdapat beberapa jenis *spin* yang umum digunakan dalam tenis meja, yaitu

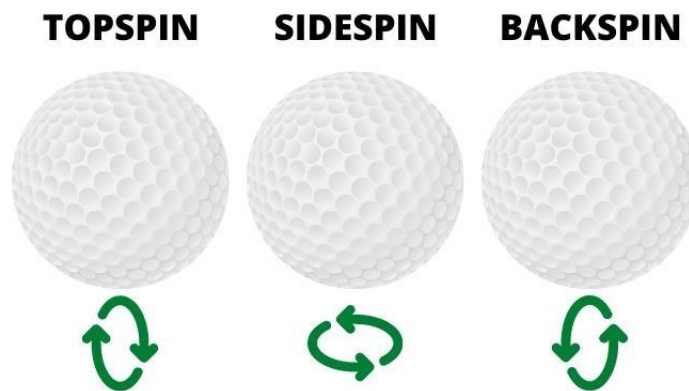
Topspin, Backspin, Sidespin, dan No Spin.

Topspin adalah putaran bola ke depan yang dihasilkan dengan menggesek bagian atas bola. *Spin* ini menyebabkan bola melengkung ke bawah dan memantul lebih cepat setelah mengenai meja.

Sedangkan *Backspin* merupakan kebalikan dari *Topspin* yaitu putaran bola ke belakang yang diperoleh dengan menggesek bagian bawah bola. Jenis *spin* ini membuat bola melambung rendah dan cenderung melambat setelah memantul.

Adapun *Sidespin* adalah putaran bola ke samping yang dihasilkan dengan menggesek sisi bola menggunakan gerakan menyamping. *Spin* ini menyebabkan bola bergerak menyamping setelah memantul.

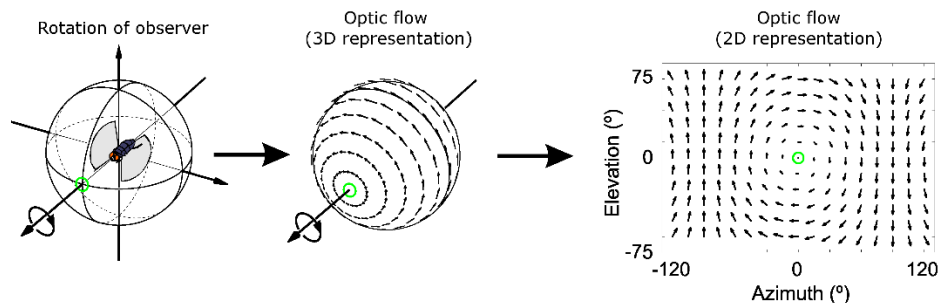
Dan yang terakhir *No Spin* atau bola tanpa putaran signifikan terjadi ketika bola dipukul tanpa memberikan putaran tertentu.



Gambar 2.2.3 Ilustrasi *Topspin*, *Backspin*, dan *Sidespin*.

2.2.4 Optical Flow

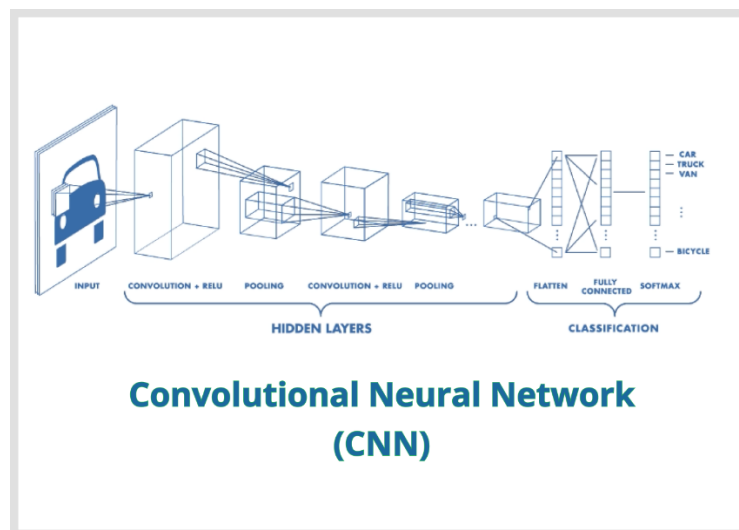
Optical flow adalah teknik estimasi gerakan dalam video yang memanfaatkan perubahan intensitas piksel dari satu frame ke frame berikutnya (Long et al., 2025). Optical flow sangat berguna dalam pelacakan objek bergerak dan analisis rotasi, seperti pergerakan bola dalam olahraga, karena mampu memberikan informasi tentang arah dan kecepatan objek secara akurat.



Gambar 2.2.4 *Optical Flow*.

2.2.5 Convolutional Neural Network (CNN)

Berdasarkan tinjauan oleh Li et al. (2024), Convolutional Neural Network (CNN) merupakan model pembelajaran mendalam yang secara efektif digunakan dalam klasifikasi citra, deteksi objek, dan segmentasi. CNN memanfaatkan lapisan konvolusi untuk mengekstrak fitur spasial dari gambar dan mampu mengidentifikasi pola kompleks dalam data visual seperti rotasi bola atau pergerakan logo pada permukaannya.



Gambar 2.2.5 Arsitektur CNN

2.2.6 Event Camera

Menurut studi oleh Chakravarthi et al. (2024), event camera adalah jenis kamera yang menangkap perubahan cahaya secara asinkron pada setiap piksel, sehingga memungkinkan perekaman gerakan cepat tanpa efek blur. Teknologi ini sangat sesuai untuk aplikasi deteksi pergerakan dengan kecepatan tinggi seperti bola tenis meja karena memiliki resolusi temporal yang jauh lebih tinggi dibandingkan kamera konvensional.

REFERENSI

T. Gossard et al., "SpinDOE: A Ball Spin Estimation Method for Table Tennis Robot," arXiv preprint, arXiv:2303.03879, 2023.

M. Tamaki et al., "Spin measurement system for table tennis balls based on asynchronous non-high-speed cameras," *International Journal of Computer Science in Sport*, vol. 23, no. 1, pp. 1–13, 2024.

T. Gossard et al., "Table Tennis Ball Spin Estimation with an Event Camera," arXiv preprint, arXiv:2404.09870, 2024.

Naufalimam, S. H., H. A. Siregar, and I. Kurniawan, "Penerapan Deteksi dan Pelacakan Objek pada Robot Otonom Pengumpul Bola Tennis Meja Menggunakan Pengolahan Citra," *e-Proceeding of Engineering*, vol. 8, no. 5, 2021.

E. Mozef and S. Kurniati, "Aplikasi Pengukur Kecepatan Bola pada Video Pertandingan Tennis Meja Menggunakan OpenCV dan Python," *JITEL*, vol. 2, no. 1, pp. 11–24, 2022.

Y. Weiss, V. Ferrari, C. Sminchisescu, dan M. Hebert, "Special Issue: Advances in Architectures and Theories for Computer Vision," *International Journal of Computer Vision*, vol. 128, pp. 573–574, Feb. 2020.

A. Thamastitkul dan T. Klayjumleng, "An Extended Overview of Digital Image Processing," *International Journal of Research Publication and Reviews*, vol. 6, no. 2, pp. 1–6, 2025.

L. Long, X. Hu, dan J. Lang, "Shape and Texture: What Influences Reliable Optical Flow Estimation?," *Proc. of the IEEE/CVF Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 2025.

X. Li, Y. Zhang, dan H. Wang, "A Review of Convolutional Neural Networks in Computer Vision," *Artificial Intelligence Review*, vol. 57, pp. 123–145, 2024.

B. Chakravarthi, A. A. Verma, K. Daniilidis, C. Fermuller, dan Y. Yang, "Recent Event Camera Innovations: A Survey," *arXiv preprint arXiv:2408.13627*, 2024.