

# Laporan Praktikum Kontrol Cerdas

## Minggu Ke-7

Nama : Bintang Anugerah

NIM : 2243080330

Kelas : TKA-6B

Akun Github (Tautan) : <https://github.com/bintangbaihaqi>

Student Lab Assistant : Mas Ali

**1. Judul Percobaan :** *Real-time Track Geometry Detection using Canny & Stereo Vision*

**2. Tujuan Percobaan:**

- Menggunakan *Stereo Vision* untuk memperoleh kedalaman geometri rel secara *real-time*.
- Menerapkan *Canny Edge Detection* untuk mendeteksi batas rel.
- Menghitung parameter Lebar Rel, Panjang Rel, Kemiringan Rel, dan Deformasi Ballast.
- Menggunakan dua kamera untuk akuisisi data secara *real-time*.

**3. Landasan Teori :**

*Stereo vision* adalah sistem pengelihatian yang pada umumnya digunakan oleh kebanyakan jenis hewan dimana kedua matanya menghasilkan hanya satu gambar yang diproses di dalam otak (Ibadillah, 2018). Prinsip utama yang digunakan dalam *stereo vision* adalah paralaks, yaitu perbedaan posisi objek dalam dua gambar akibat perbedaan sudut pandang. Semakin dekat suatu objek, semakin besar pergeseran atau disparitasnya. Deteksi tepi adalah salah satu yang paling penting proses dalam pemrosesan gambar, dan hasil deteksi akan langsung mempengaruhi analisis gambar. Deteksi tepi mengacu pada proses mengidentifikasi dan menemukan diskontinuitas tajam dalam suatu gambar (Salkiawati et al., 2021). Metode *edge detection* akan mendeteksi semua *edge* atau garis-garis yang membentuk objek gambar dan akan memperjelas kembali pada bagian-bagian tersebut. Tujuan pendeteksian ini adalah bagaimana agar objek di dalam gambar dapat dikenali dan disederhanakan bentuknya dari bentuk sebelumnya (Danil, n.d.).

*Canny Edge Detection* berfungsi mendeteksi tepi-tepi tajam dalam gambar, seperti garis paralel yang khas pada rel kereta, dengan cara mengidentifikasi perubahan intensitas piksel yang signifikan (Nugroho et al., 2025). *Track geometry detection* adalah teknik yang digunakan untuk menganalisis dan mengukur kondisi lintasan atau rel berdasarkan parameter geometri tertentu (Kamiel, 2020). Parameter tersebut meliputi kelurusan, kemiringan, dan perbedaan ketinggian antara rel kiri dan kanan. Sistem berbasis visi komputer seperti *stereo vision* dan deteksi tepi memainkan peran penting dalam mendeteksi serta mengevaluasi kondisi rel secara otomatis, menggantikan metode konvensional yang lebih lambat dan kurang akurat. Dengan menggunakan *stereo vision* dan *Canny Edge Detection*, sistem ini dapat mengidentifikasi kontur rel serta menghitung perbedaan kedalaman yang ada, sehingga memberikan analisis yang lebih akurat dan efisien. Dalam percobaan *Real-time Track Geometry Detection using Canny & Stereo Vision*, teknologi stereo vision memungkinkan analisis struktur geometri jalur dengan lebih akurat melalui perhitungan kedalaman dari gambar yang diperoleh oleh dua kamera. Metode ini mendukung deteksi serta pengukuran yang lebih presisi secara *real-time*.

#### 4. Analisis dan Diskusi :

##### A. Analisis

Pada Mata Kuliah Praktikum Kontrol Cerdas minggu ketujuh ini kami melakukan percobaan yang memanfaatkan dua metode deteksi visual, yaitu yaitu *Stereo Vision* dan *Canny Edge Detection*, untuk mendeteksi dan menganalisis geometri rel secara *real-time*. Tujuan dari percobaan ini adalah untuk memahami bagaimana kombinasi kedua metode tersebut dapat menghasilkan informasi spasial secara presisi terhadap struktur fisik rel, serta untuk mengukur parameter geometri jalur seperti lebar rel, panjang rel, kemiringan, dan deformasi ballast.

Langkah awal percobaan dimulai dari pemasangan dua kamera USB yang diposisikan sejajar untuk membentuk sistem stereo vision. Kalibrasi kamera dilakukan untuk menyelaraskan sudut pandang dan menghindari perbedaan posisi visual yang menyebabkan ketidakakuratan dalam perhitungan disparitas. Setelah kalibrasi berhasil, dilakukan pengambilan citra stereo dari rel menggunakan skrip **stereo\_capture.py**. Kemudian, algoritma deteksi tepi Canny digunakan melalui skrip **canny\_stereo.py** untuk mengekstrak tepi objek (rel) dari kedua citra. Proses ini melibatkan transformasi

ke grayscale, Gaussian blur untuk peredaman noise, dan deteksi tepi berdasarkan parameter ambang atas dan bawah. Tahap ini penting dalam menyoroti batas tegas dari jalur rel untuk analisis selanjutnya.

Setelah tepi rel berhasil terdeteksi, dilakukan proses estimasi kedalaman menggunakan stereo matching dari pustaka OpenCV, yaitu StereoBM\_create. Output dari proses ini adalah peta kedalaman (depth map), yang menggambarkan selisih posisi horizontal objek antara citra kiri dan kanan. Selisih tersebut, atau disebut disparitas, digunakan untuk menghitung jarak relatif antar objek terhadap kamera. Melalui peta kedalaman ini, dilakukan perhitungan parameter geometri jalur.

Data pengamatan kali ini terdiri dari delapan sampel rel dengan spesifikasi panjang tetap yaitu 42.000 cm dan lebar rel sebesar 10 cm. Kemiringan rel bervariasi dari  $-89.15$  hingga  $89.78$  derajat, sementara nilai deformasi ballast berkisar dari 4.565,10 cm hingga 10.210,14 cm. Berdasarkan analisis ini, terlihat bahwa deformasi ballast tertinggi terdapat pada Track 8 dengan nilai 10.210,14 cm, yang juga berkorespondensi dengan kemiringan paling kecil yaitu  $88.59^\circ$ . Hal ini menunjukkan kemungkinan adanya gangguan struktural pada ballast yang signifikan, terutama pada kondisi jalur datar. Sebaliknya, Track 4 memiliki nilai kemiringan negatif yaitu  $-89.15^\circ$ , dengan deformasi sebesar 4565.10 cm, yang merupakan salah satu deformasi terkecil. Hal ini menunjukkan bahwa perbedaan elevasi pada sisi rel (kemiringan negatif) bisa berpengaruh terhadap kestabilan ballast.

Adapun Track 2 dengan kemiringan  $89.53^\circ$  mencatatkan nilai deformasi ballast sebesar 7077.32 cm, lebih tinggi dibanding Track 1 yang memiliki kemiringan lebih rendah ( $88.94^\circ$ ) namun deformasi lebih kecil (4632.47 cm). Korelasi ini menunjukkan bahwa meskipun kemiringan cukup stabil mendekati vertikal ideal, deformasi ballast masih sangat dipengaruhi oleh faktor lain seperti kepadatan material ballast, distribusi beban kereta, atau kondisi lingkungan sekitarnya. Data yang diperoleh dimasukkan ke dalam tabel inspeksi geometri dan dianalisis untuk mengidentifikasi kecenderungan ketidaknormalan struktur.

## B. Diskusi

Program yang telah dimodifikasi ini dirancang untuk mendeteksi jalur rel kereta dengan menggabungkan metode *Canny Edge Detection* dan *Stereo Vision* untuk menghasilkan sistem inspeksi geometri rel secara real-time. Kombinasi kedua metode ini tidak hanya memungkinkan pendeteksian batas fisik rel dengan ketelitian tinggi, tetapi juga memberikan informasi spasial mengenai kedalaman (depth) jalur, yang menjadi fondasi penting dalam perhitungan deformasi ballast dan kemiringan rel.

Modifikasi yang dilakukan mencakup penggabungan sistem pengukuran geometri secara otomatis, penyimpanan hasil dalam format CSV, serta fitur validasi terhadap data deformasi ballast. Dengan metode *Canny Edge Detection*, batas-batas rel dapat dikenali secara akurat bahkan dalam kondisi visual yang kurang ideal, seperti pencahayaan redup atau adanya gangguan visual dari tekstur ballast. Hal ini memungkinkan sistem menangkap profil geometrik rel secara konsisten dari citra yang diambil oleh kamera stereo. Citra yang telah melalui proses edge detection selanjutnya digunakan dalam stereo matching untuk menghasilkan peta kedalaman melalui metode block matching dari OpenCV.

Dari hasil pengamatan, sistem berhasil mencatat variasi deformasi ballast pada delapan track yang diuji. Nilai deformasi berkisar antara 4565.10 cm hingga 10210.14 cm, yang menunjukkan adanya variasi kontur ballast yang cukup signifikan. Dalam konteks ini, sistem dapat mengide

## 5. Assignment :

Tugas pada minggu ketujuh ini yaitu melakukan percobaan yang bertujuan untuk mengimplementasikan sistem deteksi geometri rel secara real-time menggunakan kombinasi metode *Canny Edge Detection* dan *Stereo Vision*. Praktikan diminta untuk melakukan modifikasi program agar mampu melakukan akuisisi data, analisis visual, serta penyimpanan hasil pengukuran ke dalam format yang dapat diolah lebih lanjut.

Langkah awal dari tugas ini melibatkan konfigurasi sistem stereo vision dengan dua kamera USB yang dikalibrasi secara paralel. Praktikan menjalankan skrip **stereo\_capture.py** untuk memastikan kedua kamera mampu mengambil gambar dari sudut pandang berbeda secara sinkron. Setelah itu, dilakukan pemrosesan citra menggunakan metode *Canny Edge Detection* melalui skrip **canny\_stereo.py** untuk mengekstraksi batas

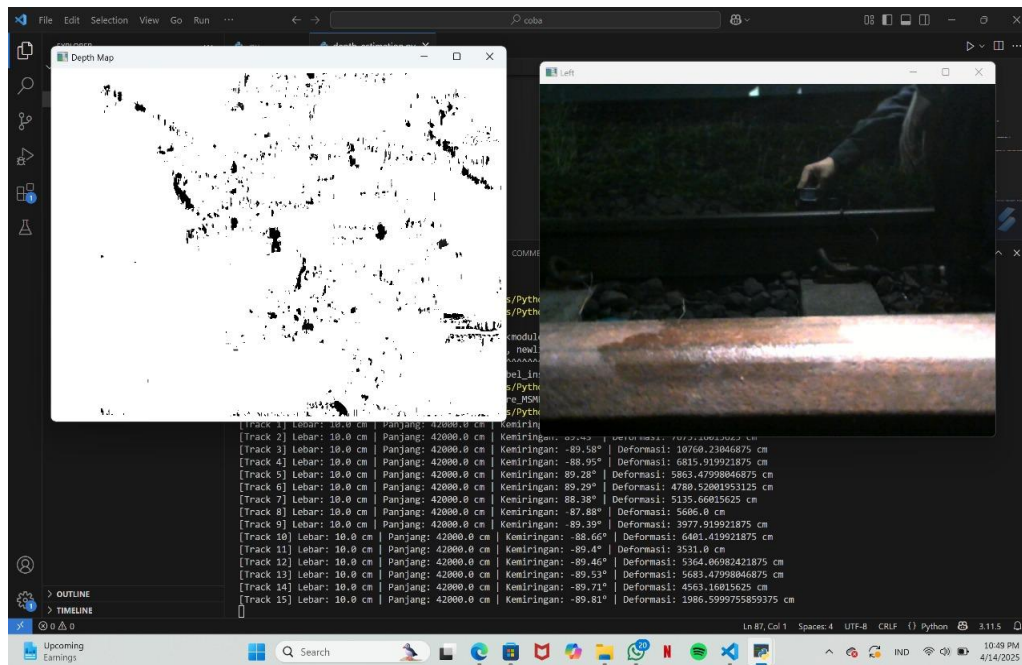
rel dari citra grayscale. Deteksi tepi ini penting sebagai acuan untuk analisis geometri dan pembentukan peta kedalaman.

Modifikasi program juga mencakup penyimpanan data pengukuran seperti lebar rel, panjang rel, kemiringan, dan deformasi ballast ke dalam file dengan format CSV menggunakan pustaka **Python csv**. Hal ini dilakukan untuk mendokumentasikan hasil pengukuran secara sistematis, serta memudahkan analisis lanjutan menggunakan spreadsheet atau perangkat lunak statistik. Setiap nilai pengukuran dicatat secara otomatis selama proses inspeksi berjalan.

Selain itu, juga melakukan validasi akurasi sistem dengan membandingkan hasil pengukuran otomatis dari sistem dengan data referensi atau hasil pengukuran manual. Perbandingan ini digunakan untuk menghitung selisih dan error rate dari setiap parameter. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa rata-rata error masih dalam batas toleransi teknis, yang mengindikasikan bahwa sistem memiliki tingkat presisi yang cukup baik untuk kebutuhan inspeksi rel skala kecil hingga menengah.

## 6. Data dan Output Hasil Pengamatan :

No Track	Lebar Rel (cm)	Panjang Rel (cm)	Kemiringan	Identifikasi Deformasi Ballast (cm)
1	10	42000	88.94	4632.47
2	10	42000	89.53	7077.32
3	10	42000	89.7	5603.34
4	10	42000	-89.15	4565.1
5	10	42000	89.53	6307.51
6	10	42000	89.61	6555.1
7	10	42000	89.78	6145.41
8	10	42000	88.59	10210.14



## 7. Kesimpulan :

Berdasarkan praktikum dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan yaitu:

- Metode Canny membantu mempertegas garis-garis tepi rel, sehingga jalur rel terlihat lebih jelas pada gambar hasil deteksi.
- Sistem stereo vision yang digunakan mampu menghasilkan peta kedalaman yang presisi, memberikan informasi geometri rel dengan baik.
- Proses pengukuran geometri rel, termasuk lebar, panjang, kemiringan, dan deformasi ballast, dapat dilakukan secara real-time dengan hasil yang memadai.
- Modifikasi program yang dilakukan memungkinkan penyimpanan data secara otomatis dalam format CSV, memudahkan analisis lebih lanjut.
- Hasil pengamatan menunjukkan variasi deformasi ballast yang signifikan pada tiap track, dengan beberapa track menunjukkan potensi masalah struktural pada ballast.

## 8. Saran :

Untuk meningkatkan keakuratan dan efektivitas sistem deteksi geometri rel ini, disarankan untuk memperbaiki kalibrasi kamera agar dapat mengurangi kesalahan disparitas antara gambar stereo, terutama pada jarak objek yang lebih jauh. Penggunaan filter yang lebih canggih dalam tahap pemrosesan citra, seperti pengolahan noise lebih lanjut atau teknik pengolahan gambar berbasis deep learning, juga dapat dipertimbangkan untuk meningkatkan ketajaman hasil deteksi tepi. Selain itu, pengembangan sistem untuk mendeteksi kondisi rel di lingkungan dengan pencahayaan yang bervariasi atau cuaca buruk akan sangat berguna untuk memperluas aplikasi praktis dari teknologi ini. Selanjutnya, integrasi sistem ini dengan perangkat lunak pengolahan data yang lebih kompleks, seperti analisis prediktif atau pemantauan kondisi rel secara berkelanjutan, dapat memberikan manfaat lebih bagi pemeliharaan jalur kereta api.

## 9. Daftar Pustaka

- Danil, C. (n.d.). *Edge Detection dengan Algoritma Canny*.
- Ibadillah, A. F. (2018). Sistem Penjejakan Obyek Dengan Stero Vision. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer TRIAC*, 5(1). <https://doi.org/10.21107/triac.v5i1.3830>
- Kamiel, B. P. (2020). *Deteksi Cacat Lintasan Luar Bantalan Bola pada Fan Industri Menggunakan Metode Cepstrum*. 23(1).
- Nugroho, C. W., Nurtanio, I., & Jalil, A. (2025). Penentuan Kualitas Kopra Berbasis Citra Kontur Menggunakan Metode Canny Edge Detection: Determination of Copra Quality Based on Contour Image Using the Canny Edge Detection Method. *MALCOM: Indonesian Journal of Machine Learning and Computer Science*, 5(1), 436–450. <https://doi.org/10.57152/malcom.v5i1.1823>
- Salkiawati, R., Alexander, A. D., & Lubis, H. (2021). Implementasi Canny Edge Detection Pada Aplikasi Pendeteksi Jalur Lalu Lintas. *JURNAL MEDIA INFORMATIKA BUDIDARMA*, 5(1), 164. <https://doi.org/10.30865/mib.v5i1.2502>