

## DAFTAR ISI

|   |      |
|---|------|
| HALAMAN PENGESAHAN.....   | iii  |
| PERNYATAAN.....   | iv   |
| PRAKATA.....  | v    |
| DAFTAR ISI.....   | vii  |
| DAFTAR TABEL.....   | x    |
| DAFTAR GAMBAR.....  | xi   |
| INTISARI.....   | xiii |
| ABSTRACT.....   | xiv  |
| Bab I PENDAHULUAN.....  | 1    |
| 1.2 Rumusan Masalah.....  | 4    |
| 1.3 Batasan Penelitian.....   | 4    |
| 1.4 Tujuan Penelitian.....  | 4    |
| 1.5 Manfaat Penelitian.....   | 4    |
| 1.6 Metodologi Peneltian.....   | 5    |
| 1.7 Sistematika Penulisan.....  | 5    |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....  | 7    |
| BAB III LANDASAN TEORI.....   | 13   |
| 3.1 Autonomous Car.....   | 13   |
| 3.2 Citra Persepsi pada Autonomous Car.....                               | 15   |
| 3.3 KITTI-360.....  | 16   |
| 3.4 Neural Radiance Field.....  | 18   |
| 3.5 Intersection over Union (IoU) dan Mean Intersection over Union (mIoU) | 19   |

|  |    |
|--|----|
| 3.6 Panoptic Quality (PQ).....   | 20 |
| BAB IV METODE PENELITIAN .....   | 23 |
| 4.1. Analisis Sistem .....   | 23 |
| 4.2. Alat dan Bahan .....  | 23 |
| 4.3. Alur Penelitian.....  | 24 |
| 4.3.1 Analisis Sistem .....  | 24 |
| 4.3.2. Pengumpulan Data .....  | 25 |
| 4.3.3. Perancangan Model.....  | 25 |
| 4.3.4. Pelatihan Model .....   | 26 |
| 4.3.5. Tahap <i>Instance Finetuning</i> .....                                  | 27 |
| 4.3.6. Evaluasi Hasil .....  | 27 |
| 4.4. Rancangan Model <i>Panoptic Neural Field-360</i> .....                    | 28 |
| 4.5. Rancangan Sistem .....  | 29 |
| 4.6. Rancangan Pengujian Sistem .....  | 30 |
| BAB V IMPLEMENTASI.....  | 32 |
| 5.1 Persiapan Environment.....   | 32 |
| 5.1.1 Bahasa pemrograman.....  | 32 |
| 5.1.2 Kerangka kerja deep learning .....                                       | 32 |
| 5.1.3 Environment manager.....   | 33 |
| 5.1.4 Perangkat keras .....  | 33 |
| 5.1.5 Library kerja .....  | 33 |
| 5.2 Pengambilan dan Persiapan Data .....                                       | 34 |
| 5.2.1 Pengambilan Data .....   | 34 |
| 5.2.2 Tahapan Pembuatan <i>pseudo ground truth 2D</i> .....                    | 36 |
| 5.2.3 Tahapan Persiapan data evaluasi .....                                    | 37 |
| 5.3 Training .....   | 38 |
| 5.3.1. Persiapan konfigurasi untuk <i>training</i> model .....                 | 38 |
| 5.3.2. Implementasi <i>Ray sampling</i> dan <i>Mesh-ray Intersection</i> ..... | 44 |
| 5.3.2. Implementasi Model untuk tahap <i>training</i> .....                    | 47 |
| 5.3.3. Implementasi perhitungan <i>loss</i> .....                              | 50 |
| 5.4 Tahap <i>Instance Finetuning</i> .....                                     | 53 |
| 5.5 Evaluasi .....   | 54 |

|   |    |
|---|----|
| BAB VI HASIL DAN PEMBAHASAN .....           | 57 |
| 6.1 Hasil Akuisisi dan Persiapan Data ..... | 57 |
| 6.2 Hasil Training .....                    | 58 |
| 6.3 Metrik Evaluasi .....                   | 64 |
| 6.3.1 Hasil Label Semantik .....            | 64 |
| 6.3.2 Hasil Label Panoptik .....            | 69 |
| BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN .....          | 75 |
| 7.1 Kesimpulan .....                        | 75 |
| 7.2 Saran .....                             | 75 |
| DAFTAR PUSTAKA .....                        | 77 |
| LAMPIRAN .....                              | 79 |

## DAFTAR TABEL

|  |    |
|--|----|
| Tabel 2.1 Korelasi Penelitian. ....  | 9  |
| Tabel 4.1 Alat yang digunakan .....  | 23 |
| Tabel 5.1. Struktur dataset .....  | 34 |
| Tabel 6.1. Hasil kuantitatif dari label semantik pada citra perspektif dan fisheye.<br>..... | 68 |
| Tabel 6.2. Hasil Labeling Panoptik pada citra perspektif dan <i>fisheye</i> . ....           | 72 |

## DAFTAR GAMBAR

|   |    |
|---|----|
| Gambar 3.1. Tesla Model Y (Encyclopædia Britannica, 2024).....  | 13 |
| Gambar 3.2. Level of Driving Automation (SAE International, 2021) .....   | 14 |
| Gambar 3.3. Citra Persepsi. (Liao, Xie and Geiger, 2021) .....  | 15 |
| Gambar 3.4. Sensor Yang Digunakan Pada Kitti-360 (Liao, Xie and Geiger, 2021)<br>.....  | 16 |
| Gambar 3.5. Label Pada Kitti-360 (Liao, Xie and Geiger, 2021).....  | 17 |
| Gambar 3.6. Representasi Arsitektur Neural Radiance Field. (Mildenhall et al.,<br>2020) .....                                   | 18 |
| Gambar 3.7. <i>Multilayer Perceptron</i> ( $F_{\theta}$ ) pada Neural Radiance Field (Mildenhall<br><i>et al.</i> , 2020) ..... | 19 |
| Gambar 4.1. Alur Penelitian.....  | 24 |
| Gambar 4.2. Skema Pengambilan Data.....   | 25 |
| Gambar 4.3 Arsitektur PanopticNeRF-360.....   | 28 |
| Gambar 4.4. Rancangan Sistem .....  | 29 |
| Gambar 5.1. Label semantik dan instance ID manual pada laman KITTI-360. ...   | 36 |
| Gambar 5.2. Label semantik dan instance ID manual pada laman KITTI-360. ..  | 37 |
| Gambar 5.3. Label semantik dan instance ID manual pada laman KITTI-360. ...   | 37 |
| Gambar 5.3. Konfigurasi Sequence Image .....  | 38 |
| Gambar 5.4. Konfigurasi Jumlah Image untuk 1 Batch Training.....  | 39 |
| Gambar 5.5. Konfigurasi <i>Ray</i> dan <i>Depth</i> untuk <i>Rendering</i> Citra. ....  | 40 |
| Gambar 5.6. Konfigurasi Pose Kamera dan Scene 3D .....  | 41 |
| Gambar 5.7. Konfigurasi data evaluasi, label, dan kedalaman objek yang diberi<br>label .....                                    | 41 |
| Gambar 5.8. Konfigurasi <i>weight</i> .....   | 42 |
| Gambar 5.9. Konfigurasi untuk tahap <i>training</i> . ....  | 43 |
| Gambar 5.11. Fungsi untuk menyimpan informasi label semantik dan ID instance<br>.....   | 45 |
| Gambar 5.13. Fungsi untuk membagi hasil ray sampling menjadi fitur spasial<br>(xyz) dan arah (ray_dir). ....                    | 47 |
| Gambar 5.14. <i>Positional Encoding</i> dengan Fourier.....   | 48 |
| Gambar 5.15. Gabungan MLP dan <i>Hash Encoding</i> untuk <i>scene feature</i> . ....  | 48 |
| Gambar 5.16. Program untuk menghasilkan densitas (alpha), vektor fitur, dan<br>label semantik.....                              | 49 |
| Gambar 5.17. Ukuran tensor input pada saat training.....  | 50 |
| Gambar 5.18. Perhitungan RGB Loss dan nilai PSNR.....   | 51 |
| Gambar 5.19. Perhitungan Depth loss.....  | 51 |
| Gambar 5.20. Perhitungan Semantic loss. ....  | 52 |
| Gambar 5.21. Penyimpanan semua komponen training loss. ....   | 53 |
| Gambar 5.22. Proses <i>Instance Finetuning</i> pada model.....  | 54 |
| Gambar 5.23. Proses evaluasi kinerja model. ....  | 55 |
| Gambar 6.1. Citra yang diambil dari dataset KITTI-360 langsung, terdiri dari citra<br>forward-facing dan fisheye .....          | 57 |

|   |    |
|---|----|
| Gambar 6.2. <i>Train loss</i> selama proses training pada sequence image 1728 – 1791 .....  | 58 |
| Gambar 6.3. <i>RGB Loss</i> selama proses training pada sequence image 1728 – 1791 untuk citra a) <i>forward-facing</i> dan b) <i>fisheye</i> ..... | 60 |
| Gambar 6.4. PSNR selama proses training pada sequence image 1728 – 1791 pada citra a) <i>forward-facing</i> dan b) <i>fisheye</i> .....             | 61 |
| Gambar 6.5. Depth Loss selama proses training pada sequence image 1728 – 1791 .....   | 62 |
| Gambar 6.6. Semantic loss selama proses training pada sequence image 1728 – 1791 .....  | 62 |
| Gambar 6.8. <i>Training loss</i> selama proses training pada sequence image 6398-6461 .....   | 64 |
| Gambar 6.8. Perbandingan Kualitatif dari hasil label semantik dari metode 3D-to-2D transfer pada citra Perspektif.....                              | 65 |
| Gambar 6.9. Perbandingan Kualitatif dari hasil label semantik dari metode 3D-to-2D transfer pada citra <i>Fisheye</i> .....                         | 66 |
| Gambar 6.10. Perbandingan Kualitatif dari hasil label panoptik dari metode 3D-to-2D transfer pada citra Perspektif .....                            | 70 |
| Gambar 6.11. Perbandingan Kualitatif dari hasil label panoptik dari metode 3D-to-2D transfer pada citra <i>Fisheye</i> .....                        | 71 |