

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
INTISARI	xvii
ABSTRACT	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1. Latar Belakang	1
I.2. Rumusan Masalah	4
I.3. Tujuan Penelitian	4
I.4. Pertanyaan Penelitian	5
I.5. Ruang Lingkup	5
I.6. Manfaat Penelitian	6
I.7. Tinjauan Pustaka	6
BAB II LANDASAN TEORI	9
II.1. <i>Point Cloud</i>	9
II.2. <i>Noise Filtering</i>	10
II.3. Algoritma <i>Cloth Simulation Filter</i> (CSF)	11
II.4. Data DTM dan DSM	14
II.4.1. DTM	14
II.4.2. DSM	14
II.5. Algoritma <i>Random Forest</i>	15
II.6. Tegakan Pohon	17
II.7. Penyerapan Karbon	18
II.8. Emisi Karbon	19
II.9. Struktur Data <i>Octree</i>	21
II.10. <i>Root-Mean-Square Error</i> (RMSE)	22

II.11. <i>Linear Error 90% (LE90)</i>	22
II.12. <i>Confusion Matrix</i>	23
BAB III METODE PENELITIAN	25
III.1. Lokasi Penelitian	25
III.2. Peralatan dan Bahan Penelitian	25
III.2.1. Peralatan Penelitian	25
III.2.2. Bahan Penelitian	26
III.3. Tahapan Penelitian	27
III.3.1. Diagram Alir Penelitian.....	27
III.3.2. Akuisisi Data Primer	29
III.3.2.1. Data Volume Kendaraan	29
III.3.2.2. Sampel Titik Uji.....	31
III.3.2.3. Jumlah Tegakan Pohon	32
III.3.3. <i>Preprocessing Data Point Clouds</i>	33
III.3.3.1. <i>Merging Data Point Clouds</i>	33
III.3.3.2. <i>Cropping Data Point Clouds</i>	35
III.3.3.3. Klasifikasi <i>Ground</i> dan <i>Non-Ground</i>	37
III.3.3.4. <i>Noise Filtering</i>	39
III.3.4. <i>Processing Data Point Clouds</i>	40
III.3.4.1. Pembentukan Data DTM dan DSM	41
III.3.4.2. Segmentasi <i>Point Clouds</i> dengan Algoritma <i>Random Forest</i>	42
III.3.4.3. Perhitungan Luasan Vegetasi	47
III.3.5. Estimasi Daya Penyeapan Karbon pada Vegetasi	49
III.3.6. Perhitungan Emisi Karbon oleh Kendaraan Bermotor	49
III.3.7. Ekstraksi Jumlah Tegakan Pohon.....	50
III.3.8. Perhitungan Jumlah Residu Karbon	50
III.3.9. Uji Akurasi	51
BAB IV PEMBAHASAN	52
IV.1. Hasil Processing Data <i>Point Clouds</i>	52
IV.1.1. Hasil pembentukan DTM dan DSM dari Data <i>Point Clouds</i>	52
IV.1.2. Hasil Uji RMSE dan LE90 Data DTM	54
IV.1.3. Hasil Segmentasi Data <i>Point Clouds</i> dengan Algoritma <i>Random Forest</i>	54
IV. 1.4. Hasil <i>Confusion Matrix</i> Algoritma <i>Random Forest</i>	58
IV.1.5. Hasil Perhitungan Luasan Vegetasi.....	60

IV.2. Hasil Estimasi Daya Penyerapan Karbon pada Vegetasi	61
IV.3. Hasil Jumlah Emisi Karbon oleh Kendaraan Bermotor	62
IV.3.1. Volume Kendaraan Bermotor	63
IV.3.2. Rata-Rata Volume Kendaraan (unit/jam).....	64
IV.3.3. Energi Spesifik Kendaraan.....	65
IV.3.4. Faktor Emisi CO (gram/liter)	65
IV.3.5. Jumlah Emisi CO dan CO ₂ (gram/jam)	66
IV.4. Jumlah Residu Emisi Karbon	67
IV.5. Ekstraksi Jumlah Tegakan Pohon	67
IV.5.1. Hasil Uji Akurasi Jumlah Tegakan Pohon	68
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	70
V.1. Kesimpulan	70
V.2. Saran	71
V.2.1. Saran terkait dengan penelitian serupa berikutnya	71
V.2.2. Saran terkait dengan pemanfaatan hasil penelitian.....	71
DAFTAR PUSTAKA.....	72

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Tantangan <i>processing</i> data <i>point clouds</i>	9
Gambar 2.2. Proses dari <i>Cloth Simulation Filter</i> (CSF).....	11
Gambar 2.3. Pembatas antar partikel.....	13
Gambar 2.4. Visualisasi DTM.....	14
Gambar 2.5. Visualisasi DSM.....	14
Gambar 2.6. Cara kerja algoritma <i>Random Forest</i>	15
Gambar 2.7. Struktur data <i>octree</i> dekomposisi ruang serta struktur hierarki <i>octree</i>	21
Gambar 3.1. Area penelitian.....	25
Gambar 3.2. Sebaran titik pengamatan volume kendaraan	29
Gambar 3.3. <i>User interface</i> perangkat lunak Traffic Counter.....	30
Gambar 3.4. Proses akuisisi data volume kendaraan.....	30
Gambar 3.5. Proses akuisisi sampel titik uji menggunakan GNSS	31
Gambar 3.6. Perangkat lunak Emlid Flow	32
Gambar 3.7. Proses akuisisi tegakan pohon	32
Gambar 3.8. Hasil proses <i>merging</i> data <i>point clouds</i>	34
Gambar 3.9. <i>Polyline.shp</i> untuk proses <i>cropping</i>	35
Gambar 3.10. Hasil <i>cropping point clouds</i>	36
Gambar 3.11. <i>Point clouds</i> sebelum proses <i>cropping</i> (kiri) serta <i>point clouds</i> sesudah proses <i>cropping</i> (kanan).....	37
Gambar 3.12. Parameter CSF.....	38
Gambar 3.13. Hasil klasifikasi <i>ground</i> menggunakan metode CSF	38
Gambar 3.14. Hasil klasifikasi <i>non-ground</i> menggunakan metode CSF	39
Gambar 3.15. Mekanisme pembuatan DTM dan DSM menggunakan <i>tools Rasterize</i>	41
Gambar 3.16. Tahapan algoritma <i>Random Forest</i>	42
Gambar 3.17. Pembuatan <i>virtual environment</i>	43
Gambar 3.18. Proses <i>training</i> untuk kelas <i>ground</i>	44
Gambar 3.19. Proses <i>training</i> untuk kelas <i>non-ground</i>	44
Gambar 3.20. Hasil <i>training</i> data <i>point clouds</i> menggunakan algoritma <i>Random Forest</i> untuk kelas <i>ground</i>	45
Gambar 3.21. Hasil <i>training</i> data <i>point clouds</i> menggunakan algoritma <i>Random Forest</i> untuk kelas <i>non-ground</i>	46

Gambar 3.22. Proses testing data <i>point clouds</i> untuk kelas <i>ground</i>	46
Gambar 3.23. Proses testing data <i>point clouds</i> untuk kelas <i>non-ground</i>	46
Gambar 3.24. <i>Filter by value</i> untuk mengekstrak fitur vegetasi dari data <i>point clouds</i>	48
Gambar 3.25. <i>Tools</i> untuk perhitungan luas vegetasi.....	48
Gambar 3.26. Proses ekstraksi tegakan pohon secara otomatis	50
Gambar 4.1. Hasil pembentukan DTM	52
Gambar 4.2. Hasil pembentukan DSM.....	53
Gambar 4.3. Persebaran sampel titik uji dalam 4 kuadran	54
Gambar 4.4. Data <i>training</i> , <i>validation</i> , dan <i>testing</i> untuk kelas <i>ground</i>	55
Gambar 4.5. Data <i>training</i> , <i>validation</i> , dan <i>testing</i> untuk kelas <i>non-ground</i>	55
Gambar 4.6. Pelabelan fitur vegetasi dan <i>non-vegetasi</i> pada data <i>training area ground</i>	55
Gambar 4.7. Pelabelan fitur vegetasi dan <i>non-vegetasi</i> terhadap data <i>training area non-ground</i>	56
Gambar 4.8. Hasil klasifikasi vegetasi dan <i>non-vegetasi</i> data <i>ground point</i> menggunakan algoritma <i>Random Forest</i>	56
Gambar 4.9. Hasil klasifikasi vegetasi dan <i>non-vegetasi</i> data <i>non-ground point</i> menggunakan algoritma <i>Random Forest</i>	57
Gambar 4.10. Fitur vegetasi data <i>point clouds</i> untuk kelas <i>ground</i>	60
Gambar 4.11. Fitur vegetasi data <i>point clouds</i> untuk kelas <i>non-ground</i>	60
Gambar 4.12. Hasil proses <i>noise filtering</i> fitur vegetasi untuk kelas <i>ground</i>	60
Gambar 4.13. Hasil proses <i>noise filtering</i> fitur vegetasi untuk kelas <i>non-ground</i>	61
Gambar 4.14. Perhitungan luas vegetasi pada area <i>ground</i> (kiri) dan <i>non-ground</i> (kanan)	61
Gambar 4.15. Grafik volume kendaraan. (jumat minggu Selasa).....	64
Gambar 4.16. Ekstraksi tegakan pohon	68
Gambar 4.17. Geometri pohon hasil ekstraksi tegakan pohon	68

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Karakteristik struktur tegakan	17
Tabel 2.2. Daya Penyerapan Gas CO ₂ Berbagai Penutup Vegetasi	18
Tabel 2.3. Konsumsi energi spesifik berdasarkan jenis kendaraan dan bahan bakar	20
Tabel 2.4. Faktor emisi CO berdasarkan jenis kendaraan	21
Tabel 2.5. <i>Confusion Matrix</i>	23
Tabel 3.1. Bahan penelitian	26
Tabel 3.2. Perbandingan <i>point clouds</i> sebelum dan sesudah proses <i>merging</i>	34
Tabel 3.3. Perubahan data <i>point clouds</i> sebelum dan sesudah proses <i>cropping</i>	37
Tabel 3.4. Perbandingan sebelum dan sesudah proses <i>noise filtering</i>	40
Tabel 4.1. Perbandingan sebelum dan sesudah klasifikasi vegetasi dan <i>non-vegetasi</i> data <i>ground point</i> menggunakan algoritma <i>Random Forest</i>	56
Tabel 4.2. Perbandingan sebelum dan sesudah klasifikasi vegetasi dan <i>non-vegetasi</i> data <i>non-ground point</i> menggunakan algoritma <i>Random Forest</i>	58
Tabel 4.3. <i>Confusion Matrix</i> hasil segmentasi data <i>point clouds</i> kelas <i>ground</i>	59
Tabel 4.4. <i>Confusion Matrix</i> hasil segmentasi data <i>point clouds</i> kelas <i>non-ground</i>	59
Tabel 4.5. Daya penyerapan karbon berdasarkan tipe vegetasi.....	62
Tabel 4.6. formulir pengamatan volume rata-rata kendaraan di 2 (dua) titik pengamatan .	63
Tabel 4.7. Volume kendaraan di Jalan Persatuan.....	64
Tabel 4.8. Konsumsi energi spesifik menurut tipe kendaraan bermotor	65
Tabel 4.9. Faktor emisi CO	66
Tabel 4.10 Jumlah emisi CO tiap tipe kendaraan	66
Tabel 4.11. Perbandingan jumlah ekstraksi tegakan pohon secara otomatis dengan proses akuisisi secara manual di lapangan.....	68

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN	76
Lampiran A. <i>Script</i> Segmentasi <i>Point Clouds</i> menggunakan algoritma <i>Random Forest</i> . ..	76
Lampiran B. Hasil Ekstraksi Tegakan Pohon.....	79
Lampiran C. Tabel Uji Akurasi RMSE dan LE90.....	80