

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	v
HALAMAN PERNYATAAN	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xviii
INTISARI	xix
<i>ABSTRACT</i>	xx
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1. Latar Belakang.....	1
I.2. Identifikasi Masalah.....	2
I.3. Pertanyaan Penelitian.....	2
I.4. Cakupan Penelitian	2
I.5. Tujuan Penelitian	3
I.6. Manfaat	3
I.7. Tinjauan Pustaka.....	4
I.8. Landasan Teori	5
I.8.1. <i>Stockpile</i> Batu Bara.....	5
I.8.2. <i>Unmanned Aerial Vehicle</i>	5
I.8.3. <i>Terrestrial Laser Scanner</i>	7

I.8.4.	<i>Point Cloud</i>	10
I.8.5.	Metode Registrasi Data TLS.....	11
I.8.5.1	Metode <i>target to target</i>	11
I.8.5.2.	Metode <i>cloud to cloud</i>	12
I.8.5.3.	Metode kombinasi	13
I.8.6.	<i>Digital Terrain Model (DTM)</i>	13
I.8.7.	<i>Structure from Motion (SfM)</i>	14
I.8.8.	Perhitungan Volume	15
I.8.8.1.	Metode irisan melintang (<i>cross section</i>).....	15
I.8.8.2.	Metode kontur	16
I.8.8.3.	Metode <i>borrow pit / spot level</i>	16
I.8.9.	Uji Ketelitian Geometri dengan Perbandingan Koordinat.....	18
I.8.10.	<i>American Society for Testing and Material (ASTM) International</i>	19
I.8.11.	Uji Ketelitian Pengukuran Volume.....	20
I.9.	Hipotesis	21
BAB II PELAKSANAAN		22
II.1.	Persiapan	22
II.1.1.	Lokasi Pengambilan Data / Penelitian	22
II.1.2.	Deskripsi Umum Lokasi Penelitian	22
II.1.3.	Peralatan Penelitian.....	23
II.1.3.1.	Bahan penelitian.....	23
II.1.3.2.	Alat penelitian	25
II.2.	Pelaksanaan	26
II.2.1.	Survei Pendahuluan dan Perencanaan Jalur	28
II.2.2.	Akuisisi Data Menggunakan TLS	28
II.2.3.	Registrasi Data TLS	30

II.2.3.1. Registrasi metode <i>target to target</i>	30
II.2.3.2. Registrasi metode <i>cloud to cloud</i>	33
II.2.3.3. Registrasi metode kombinasi	33
II.2.5. <i>Export</i> Hasil Pengolahan Data TLS	34
II.2.6. Akuisisi menggunakan UAV	34
II.2.8. Pengolahan Data UAV	34
II.2.8.1. <i>Align photo</i>	34
II.2.8.2. <i>Place marks</i>	35
II.2.8.3. <i>Build dense point cloud</i>	37
II.2.8.4. <i>Build mesh</i>	37
II.2.9. <i>Export</i> Hasil Pengolahan Data UAV	38
II.2.10. Pengecekan Gap dan Filterisasi	39
II.2.11. Georeferensi Data TLS	40
II.2.12. Pembentukan Model Solid 3 Dimensi	42
II.2.13. Uji Ketelitian Geometri dengan Perbandingan Koordinat	43
II.2.14. Perhitungan Volume	44
II.2.15. Uji Ketelitian Pengukuran Volume	47
BAB III HASIL DAN PEMBAHASAN	48
III.1. Hasil Registrasi Data TLS	48
III.1.1. Hasil Registrasi Data TLS Periode Pengukuran Pertama	
Bulan Desember 2016	48
III.1.2. Hasil Registrasi Data TLS Periode Pengukuran Kedua	
Bulan Maret 2017	54
III.2. Hasil Pengolahan Data UAV	62
III.2.1. Hasil Proses <i>Align Photos</i>	62
III.2.2. Hasil Proses <i>Place Marks</i>	63

III.2.3. Hasil Proses <i>Build Dense Cloud</i>	66
III.2.4. Hasil Proses <i>Build Mesh</i>	67
III.3. Hasil Pembentukan Model Solid 3 Dimensi	68
III.4. Analisis Hasil Uji Ketelitian Geometri Perbandingan Koordinat	70
III.5. Analisis Hasil Uji Ketelitian Pengukuran Volume	72
BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN	78
IV.1. Kesimpulan	78
IV.2. Saran	78
DAFTAR PUSTAKA	79
LAMPIRAN.....	81

DAFTAR GAMBAR

Gambar I.1 <i>Stockpile</i> batu bara PLTU Paiton.....	5
Gambar I.2 <i>Multicopter</i> DJI Phantom 4	6
Gambar I.3 <i>Terrestrial Laser Scanner</i> Faro Focus X330	7
Gambar I.4 Aplikasi <i>laser scanner</i> di berbagai bidang	8
Gambar I.5 Ilustrasi pengukuran jarak metode <i>pulse based</i>	8
Gambar I.6 Sistem koordinat pada alat <i>laser scanner</i>	9
Gambar I.7 <i>Point cloud stockpile</i> batu bara.....	10
Gambar I.8 Target <i>sphere</i>	11
Gambar I.9 Ilustrasi registrasi metode <i>target to target</i>	12
Gambar I.10 Ilustrasi registrasi metode <i>cloud to cloud</i>	12
Gambar I.11 Proses penyatuan <i>point cloud</i> antar scan world.....	13
Gambar I.12 Ilustrasi DTM <i>stockpile</i> batu bara.....	14
Gambar I.13 Proses akuisisi data untuk pengolahan menggunakan teknik SfM.....	14
Gambar I.14 Perhitungan metode <i>borrow pit</i>	16
Gambar I.15 Ilustrasi perhitungan volume metode TIN	17
Gambar II.1 Lokasi PLTU Paiton unit 9 dengan citra <i>Google Earth</i>	22
Gambar II.2 Sketsa lokasi <i>stockpile</i> barat dan <i>stockpile</i> timur PLTU Paiton unit 9 menggunakan citra <i>Google Earth</i>	23
Gambar II.3 <i>Scan world</i> hasil akuisisi di PLTU Paiton unit 9	23
Gambar II.4 Ilustrasi foto hasil akuisisi di PLTU Paiton unit 9	24
Gambar II.5 Ilustrasi persebaran titik BM	24
Gambar II.6 Diagram alir penelitian.....	27
Gambar II.7 Ilustrasi persebaran target <i>sphere</i> dalam proses pemindaian metode <i>target based</i>	29
Gambar II.8 Ilustrasi deteksi <i>sphere</i> otomatis pada satu <i>scan world</i> di Faro Scene..	30
Gambar II.9 Tahapan <i>place scans</i> pada perangkat lunak Faro Scene.....	31
Gambar II.10 Tampilan registrasi <i>target based</i>	32
Gambar II.11 Pengaturan menu pada jendela menu <i>general</i> dan <i>target based</i> di operasi <i>place scans</i>	32

Gambar II.12 Pengaturan menu pada jendela menu <i>general</i> dan <i>cloud to cloud</i> di operasi <i>place scan</i>	33
Gambar II.13 Parameter menu <i>Align Photos</i> pada perangkat lunak Agisoft	35
Gambar II.14 Proses penandaan titik BM di salah satu foto pada perangkat lunak Agisoft	36
Gambar II.15 Parameter pada menu <i>optimize camera alignment</i>	36
Gambar II.16 Parameter pada proses <i>build dense cloud</i> di perangkat lunak Agisoft	37
Gambar II.17 Parameter pada proses <i>build mesh</i> di perangkat lunak Agisoft.....	38
Gambar II.18 Langkah <i>export point</i> pada perangkat lunak Agisoft	39
Gambar II.19 Pengecekan gap diantara <i>scan world</i> pada perangkat lunak Leica Cyclone 6.0.....	39
Gambar II.20 Objek dan <i>noise</i> yang terdapat pada <i>scan world</i> pada perangkat lunak Leica Cyclone 6.0.....	40
Gambar II.21 Ilustrasi proses filterisasi pada perangkat lunak Leica Cyclone 6.0 ...	40
Gambar II.22 Proses pendefinisian <i>sphere</i> pada perangkat lunak Leica Cyclone 6.0.....	41
Gambar II.23 Proses georeferensi pada perangkat lunak Leica Cyclone 6.0	42
Gambar II.24 Proses pembentukan model solid 3 dimensi pada perangkat lunak Leica Cyclone 6.0.....	42
Gambar II.25 <i>Stockpile</i> batu bara dalam bentuk <i>point cloud</i>	43
Gambar II.26 <i>Stockpile</i> batu bara dalam bentuk model solid 3 dimensi	43
Gambar II.27 Persebaran patok dan <i>premark</i> di <i>stockpile</i> barat.....	44
Gambar II.28 <i>Stockpile</i> dengan <i>boundary area</i>	45
Gambar II.29 <i>Stockpile</i> yang telah terpotong <i>boundary</i>	46
Gambar II.30 Model 3 dimensi dari <i>stockpile</i> yang akan dihitung besaran volume..	46
Gambar II.31 <i>Reference plane</i> pada model solid 3 dimensi	47
Gambar II.32 Menu untuk perhitungan volume pada model solid 3 dimensi	47
Gambar III.1 Hasil registrasi metode <i>target to target</i> pada <i>cluster1</i>	52
Gambar III.2 Hasil registrasi metode <i>target to target</i> pada <i>cluster2</i>	52
Gambar III.3 Hasil registrasi <i>cluster3</i> dengan metode <i>cloud to cloud</i>	53
Gambar III.4 Hasil registrasi antara <i>cluster1</i> dan <i>cluster2</i> dengan <i>cluster3</i>	54

Gambar III.5 Nilai RMS keseluruhan data <i>cluster1</i>	58
Gambar III.6 Hasil registrasi <i>stockpile</i> barat <i>cluster1</i>	58
Gambar III.7 Hasil registrasi akhir <i>stockpile</i> barat	59
Gambar III.8 Nilai RMS keseluruhan data pada <i>stockpile</i> timur.....	61
Gambar III.9 Hasil registrasi <i>stockpile</i> timur.....	61
Gambar III.10 Tampilan hasil akuisisi data menggunakan UAV	62
Gambar III.11 Lokasi persebaran titik BM di area <i>stockpile</i>	64
Gambar III.12 Total <i>error</i> pada proses georeferensi sebelum proses <i>optimize camera alignment</i>	65
Gambar III.13 Total <i>error</i> pada proses georeferensi setelah proses <i>optimize camera alignment</i>	65
Gambar III.14 Keterangan data hasil pembentukan <i>point cloud</i>	67
Gambar III.15 Tampak atas dari model solid 3 dimensi <i>stockpile</i> barat menggunakan data TLS	68
Gambar III.16 Tampak samping dari model solid 3 dimensi <i>stockpile</i> timur menggunakan data TLS.....	69
Gambar III.17 Tampak atas dari model solid 3 dimensi <i>stockpile</i> barat menggunakan data UAV	69
Gambar III.18 Tampak samping dari model solid 3 dimensi <i>stockpile</i> timur menggunakan data UAV	69
Gambar III.19 Hasil perhitungan volume pada <i>stockpile</i> barat data TLS.....	73
Gambar III.20 Hasil perhitungan volume pada <i>stockpile</i> barat data UAV	73
Gambar III.21 Hasil perhitungan volume pada <i>stockpile</i> timur data TLS	74
Gambar III.22 Hasil perhitungan volume pada <i>stockpile</i> timur data UAV	74
Gambar III.23 Hasil perhitungan volume pada <i>stockpile</i> barat data TLS.....	75
Gambar III.24 Hasil perhitungan volume pada <i>stockpile</i> barat data UAV	75
Gambar III.25 Hasil perhitungan volume pada <i>stockpile</i> timur data TLS	76
Gambar III 26 Hasil perhitungan volume pada <i>stockpile</i> timur data UAV	76

DAFTAR TABEL

Tabel II.1 Daftar koordinat titik BM <i>stockpile</i> PLTU Paiton unit 9.....	25
Tabel III.1 Nilai statistik registrasi antar <i>scan world</i> pada <i>cluster1</i>	49
Tabel III.2 Nilai statistik registrasi antar <i>scan world</i> pada <i>cluster2</i>	51
Tabel III.3 Nilai statistik registrasi antar <i>scan world</i> pada <i>cluster3</i>	53
Tabel III.4 Nilai statistik registrasi antar <i>scan world</i> pada <i>cluster1</i> dan <i>cluster2</i>	53
Tabel III.5 Nilai statistik registrasi antar <i>scan world</i> pada <i>cluster1_2</i> dan <i>cluster3</i> ..	54
Tabel III.6 Nilai statistik registrasi metode <i>target to target</i> antar <i>scan world</i> pada <i>cluster1 stockpile</i> barat.....	55
Tabel III.7 Nilai statistik registrasi antar <i>scan world</i> pada <i>stockpile</i> barat.....	59
Tabel III.8 Nilai statistik registrasi antar <i>scan world</i> pada <i>stockpile</i> timur	59
Tabel III.9 Posisi kamera saat akuisisi data	63
Tabel III.10 Hasil <i>point cloud</i> awal	63
Tabel III.11 Jumlah foto yang menampilkan titik BM	64
Tabel III.12 Nilai RMSE dari lima titik BM yang digunakan	65
Tabel III.13 Nilai RMSE pada masing-masing titik BM.....	66
Tabel III.14 Hasil pembentukan <i>point cloud</i>	67
Tabel III.15 Hasil pembentukan <i>mesh</i>	68
Tabel III.16 Data koordinat titik uji.....	70
Tabel III.17 Nilai selisih koordinat titik uji	71
Tabel III.18 Hasil uji ketelitian geometri dengan perbandingan koordinat	72
Tabel III.19 Hasil perhitungan volume <i>stockpile</i> batu bara.....	77

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A SPESIFIKASI ALAT TLS FARO FOCUS3D X330	82
LAMPIRAN B SPESIFIKASI ALAT UAV DJI PHANTOM 4.....	82
LAMPIRAN C PROSES REGISTRASI DATA TLS	82
LAMPIRAN D LANGKAH PENGOLAHAN DATA FOTO UDARA UAV	82
LAMPIRAN E TABEL T-student	82
LAMPIRAN F LANGKAH UJI KETELITIAN GEOMETRI DENGAN PERBANDINGAN KOORDINAT	82
LAMPIRAN G LANGKAH PERHITUNGAN VOLUME	82
LAMPIRAN H DOKUMEN ASTM D6542	82