

**ANALISIS HASIL REGISTRASI DATA *POINT CLOUD* HASIL
PEMINDAIAN MENGGUNAKAN *TERRESTRIAL LASER SCANNING*
(*TLS*) DAN KAMERA *DIGITAL SINGLE LENS REFLEX* (*DSLR*)
PADA OBJEK PATUNG CANDI
(Studi Kasus: Candi Kidal, Tumpang - Malang)**

SKRIPSI



Disusun oleh:

HUSNUL HALIDAH

NIM. 17.25.026

**PROGRAM STUDI TEKNIK GEODESI S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

2022

LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI

**ANALISIS HASIL REGISTRASI DATA *POINT CLOUD* HASIL
PEMINDAIAN MENGGUNAKAN *TERRESTRIAL LASER SCANNING*
(*TLS*) DAN KAMERA *DIGITAL SINGLE LENS REFLEX (DSLR)*
PADA OBJEK PATUNG CANDI
(Studi Kasus: Candi Kidal, Tumpang - Malang)**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan dalam mencapai
Gelar Sarjana Teknik (ST) Strata Satu (S-1) Teknik Geodesi S-1
Institut Teknologi Nasional Malang

Oleh:

HUSNUL HALIDAH

1725026

Dosen Pembimbing Pendamping



Dedy Kurnia Sunaryo, S.T., M.T.

NIP.P.1039500280

Dosen Pembimbing Pendamping



Feny Arafah, S.T., M.T.

NIP.P.1031500516

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Geodesi S-1



Silvester Sary Sai, S.T., M.T

NIP.P.1030600413



(PERSERO) MALANG
IK NIAGA MALANG

PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang


BERITA ACARA UJIAN SEMINAR HASIL SKRIPSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

NAMA : HUSNUL HALIDAH
NIM : 1725026
JURUSAN : TEKNIK GEODESI
JUDUL : ANALISIS HASIL REGISTRASI DATA *POINT CLOUD* HASIL
PEMINDAIAN MENGGUNAKAN *TERRESTRIAL LASER*
SCANNING (TLS) DAN KAMERA *DIGITAL SINGLE LENS*
REFLEX (DSLR) PADA OBJEK PATUNG CANDI
(Studi Kasus: Candi Kidal, Tumpang - Malang)

Telah Dipertahankan Di Hadapan Panitia Penguji Ujian Skripsi Jenjang
Strata Satu (S-1)

Pada Hari : Senin
Tanggal : 05 September 2022
Dengan Nilai :


Panitia Ujian Skripsi
Ketua



M Edwin Zahjadi, S.T., M.Geo.Sc., Ph.D
NIP.Y. 1039800320

Penguji I

Dosen Pendamping

Penguji II


Ir. Jasmani, M.Kom
NIP.Y. 1039500284


Dedi Kurnia Sunarvo, ST., MT
NIP.Y. 1039500280


Hery Purwanto, S.T., Msc
NIP.P. 1030000345

**ANALISIS HASIL REGISTRASI DATA *POINT CLOUD* HASIL
PEMINDAIAN MENGGUNAKAN *TERRESTRIAL LASER SCANNING*
(*TLS*) DAN KAMERA *DIGITAL SINGLE LENS REFLEX* (*DSLR*)**

PADA BANGUNAN BERSEJARAH

(Studi Kasus : Candi Kidal, Malang)

Husnul Halidah 1725026

Dosen Pembimbing I : Dedy Kurnia Sunaryo, ST.,MT.

Dosen Pembimbing II : Feny Arafah, ST.,MT.

ABSTRAKSI

Indonesia memiliki banyak peninggalan bersejarah salah satunya Candi. Candi di Indonesia banyak yang sudah mulai tertinggal hal ini membutuhkan membutuhkan pelestarian agar candi di Indonesia tidak punah. Selain bangunan candi, pemodelan 3D dapat juga diterapkan pada patung candi, tetapi jarang diaplikasikan di Indonesia. Selain belum menjadi prioritas pembangunan di Indonesia, pemodelan 3D patung candi sulit dilaksanakan karena memiliki tingkat kedetailan tinggi dan bervariasi. Salah satu cara untuk mengatasi hal tersebut adalah dengan menggunakan alat yang memiliki kerapatan yang memadai pada saat registrasi data. *Terrestrial Laser Scanner* (*TLS*) dan *Digital Single Lens Reflex* (*DSLR*) merupakan alat yang dapat digunakan dalam mengakuisisi data *point cloud* untuk pemodelan 3D. Namun, perbedaan kerapatan antar kedua alat tersebut menimbulkan pertanyaan mengenai kualitas hasil *point cloud* dan model yang terbentuk. Oleh karena itu, dilakukan penelitian ini untuk memberi pengetahuan mengenai registrasi data *point cloud* pada objek patung (Naga Makari) Candi Kidal yang memiliki kerapatan berbeda berdasarkan hasil registrasi menggunakan *TLS* dan Kamera *DSLR* dapat digunakan dan memberikan informasi nilai ketelitiannya, serta model 3D yang dapat disajikan dari kedua data tersebut. Penelitian dilakukan pada Patung Candi Kidal Kec. Tumpang, Malang. Registrasi data *point cloud* dilakukan menggunakan alat *TLS* dan *DSLR*. Nilai *RMSE* hasil registrasi data *TLS* dan *DSLR* dengan transformasi metode *Helmert* adalah 0,0313 m dan dengan transformasi metode *Affine* adalah 0,024 m. Data *DSLR* yang diregistrasikan

dengan transformasi metode *Helmert* akan mempertahankan bentuk awalnya (konform) sehingga tidak menyatu secara keseluruhan dengan data TLS. Sedangkan data DSLR yang diregistrasikan dengan transformasi metode *Affine* akan mengikuti bentuk dari data TLS yang digunakan sebagai referensi untuk proses transformasi sehingga akan menyatu secara keseluruhan dengan data TLS. Model 3D yang dapat dibentuk berdasarkan data *point cloud* dari TLS dan DSLR bervariasi.

Kata Kunci : Patung Candi, *Terrestrial Laser Scanner (TLS)*, *Digital Single Lens Reflex (DSLR)*, *Point Clouds*, Registrasi, Metode *Affine* dan *Helmert*

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Husnul Halidah
NIM : 17.25.026
Program Studi : Teknik Geodesi S-1
Fakultas : Teknik Sipil dan Perencanaan

Menyatakan yang sesungguhnya bahwa skripsi saya yang berjudul :

**“ANALISIS HASIL REGISTRASI DATA *POINT CLOUD* HASIL
PEMINDAIAN MENGGUNAKAN *TERRESTRIAL LASER SCANNING*
(*TLS*) DAN KAMERA *DIGITAL SINGLE LENS REFLEX (DSLR)*
PADA OBJEK PATUNG CANDI”**

Studi Kasus : Candi Kidal, Tumpang - Malang

Adalah hasil karya sendiri dan bukan menjiplak dan menduplikat serta tidak mengutip atau menyalin hasil karya orang lain kecuali disebut sumbernya.

Malang, September 2022

Yang membuat pernyataan,



Husnul Halidah

NIM 17.25.026

LEMBAR PERSEMBAHAN



Alhamdulillah, segala puji Allah SWT dengan kasih sayang dan ridho-Nya, telah memberikaku kekuatan, membekaliku dengan ilmu serta memperkenalkanku dengan cinta. Atas karunia serta kemudahan yang engkau berikan akhirnya skripsi ini dapat terselesaikan. Dengan ini akan kupersembahkan skripsi ini kepada :

Kedua orang tua ku tersayang Abdul Rahman (Papa) dan Rahmah (Mama) yang selalu memberikan ku kaih sayang, dukungan, kenyamanan, motivasi, doa terbaik dan menyisihkan finansial nya, sehingga aku bisa menyelesaikan studi ku. Kalian sangat berarti bagiku.

Adik-adik ku, Makbul Hidayat, Saiyidul Sabrin, Istiqomah dan Nurhafidah. Tidak lupa untuk kelurgaku (Nenek, Kakek, dan lainnya yang tidak bisa aku sebutkan satu persatu. Dan juga orang-orang terdekatku, yang telah memberikan doa, hiburan, semangat, dan membantuku. Terima kasih sudah mendoakan dan menyemangatiku sehingga bisa sampai saat ini.

Husnul Halidah, terima kasih diriku. Kamu hebat telah melewati semua ini dengan baik, walaupun banyak air mata dan drama dalam penyusunan skripsi ini.

Terima kasih telah melapangkan dadamu untuk semua yang terjadi.

KATA PENGANTAR

Puji Syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi dengan judul “ANALISIS HASIL REGISTRASI DATA *POINT CLOUD* HASIL PEMINDAIAN MENGGUNAKAN *TERRESTRIAL LASER SCANNING (TLS)* DAN KAMERA *DIGITAL SINGLE LENS REFLEX (DSLR)* PADA OBJEK PATUNG CANDI, STUDI KASUS: CANDI KIDAL, TUMPANG - MALANG”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Jenjang Strata Satu (S-1) Jurusan Teknik Geodesi, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini dapat terselesaikan dan tidak lepas dari bantuan, motivasi, dukungan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Penulis tidak lupa mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada beberapa pihak sebagai berikut :

1. Kedua Orang Tua saya, Bapak Abdul Rahman dan Ibu Rahmah yang tidak pernah lelah memberikan cinta dan dukungannya kepada saya. Terima kasih untuk segala pikiran dan tenaga yang dicurahkan untuk anak mu ini. Papa dan mama adalah sesuatu paling luar biasa yang pernah Husnul punya di dunia ini. Husnul tidak pernah berhenti bersyukur karena telah lahir dari orang tua hebat seperti papa dan mama. Ini adalah pencapaian kecil dari Husnul, yang Husnul persembahkan sepenuh hati untuk papa dan mama.
2. Bapak Dedy Kernia Sunaryo,ST.,MT selaku dosen pembimbing I yang telah membantu dan memberikan masukan, saran, dan semangat dalam pengerjaan skripsi ini sehingga dapat selesai dengan lancar dan baik.
3. Ibu Feny Arafah,ST.,MT selaku dosen pembimbing II dalam penyusunan skripsi ini.
4. Bapak Ir. Ketut Tomy Suhari,ST.,MT.,IPP selaku dosen pembimbing pendamping dalam penyusunan skripsi ini.
5. Bapak dan Ibu staf pengajar beserta staf karyawan di Jurusan Teknik Geodesi atas segala bimbingan dan bantuan yang telah diberikan selama masa studi.

6. Adik-adiku tercinta, Makbul Hidayat, Saiyidul Sabrin, Istiqomah, dan Nurhafidzah, yang telah memberikan banyak dukungan, hiburan serta motivasi sehingga proses penyusunan skripsi ini lebih ringan untuk dijalani.
7. Teman-teman Penelitianku (James, Adit, Monic, Eska) yang telah kuanggap sebagai saudara sendiri, yang telah berjuang dan bertahan bersama tidak mengenal pagi, siang, malam untuk selalu berdampingan dan saling membantu dalam proses penyusunan skripsi masing-masing.
8. Sahabat terbaikku, Dinda Permata Putri. Terima kasih banyak sudah bertahan dan tetap memilih menjadi sahabatku hingga hari ini. Terima kasih untuk segala waktu yang kamu curahkan, menjadi orang yang tetap ada di saat aku membutuhkan bantuan. Semoga kebahagiaan selalu menyelimutimu dalam bentuk apapun.
9. Monica Nindy Setiadji. Terima kasih banyak sudah bertahan dan tetap memilih menjadi teman, kakak, saudara dan sahabatku sampai saat ini.
10. James Evan Souhuwat dan Muhammad Sultan Al Aulia Ramadhan. Terima kasih banyak sudah bertahan dan tetap memilih menjadi teman, kakak, dan sahabatku dari maba sampai saat ini.
11. Mbak Pipin Purwaningrum. Terima kasih banyak sudah menjadi mbak, teman, dan saudara yang pengertian. Semoga kebahagiaan selalu menyelimutimu dalam bentuk apapun.
12. Fanny, Beata, Tasia selaku sahabat seperjuangan dari maba sampai saat ini, yang selalu memberikan dukungan, dan menemani penulis. Semoga segera bersua kembali.
13. Teman-teman seperjuangan Bang Rendi, Kelvin, Akrim, Om Lio, Chris, Yuni, Atriz, Erson, Mesak, Zulhan, dan Vandry.
14. Teman-teman Teknik Geodesi angkatan 2017 yang selalu kompak dan saling mendukung satu sama lain.
15. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah banyak membantu hingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini dengan lancar dan tepat waktu.
16. Husnul Halidah, terima kasih diriku. Kamu hebat telah melewati semua ini dengan baik, walaupun banyak air mata dan drama dalam penyusunan skripsi ini.

Terima kasih telah melapangkan dadamu untuk semua yang terjadi. You're great and need to be ready for the next journey, okay?!

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penulisan Skripsi ini dan jauh dari kata sempurna, masih banyak kekurangan baik dalam penyusunan penelitian dan tata bahasa. Oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan dan diterima dengan segala kerendahan hati.

Akhir kata penulis berharap semoga laporan ini bermanfaat khususnya bagi penulis dan pembaca pada umumnya, serta penulis mengucapkan banyak terima kasih.

Malang, September 2022

Penulis,

Husnul Halidah

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI	ii
BERITA ACARA UJIAN SEMINAR HASIL SKRIPSI	iii
ABSTRAKSI.....	iv
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	vi
LEMBAR PERSEMBAHAN	vvii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Sistematika Penulisan	3
BAB II DASAR TEORI.....	4
2.1 <i>Point Cloud</i>	4
2.2 <i>Global Navigation Satellite System</i>	4
2.2.1 Pengukuran GNSS	6
2.3 <i>Total Station</i>	7
2.4 <i>Terrestrial Laser Scanner (TLS)</i>	7
2.4.1 Prinsip Pengukuran <i>Terrestrial Laser Scanner</i>	8
2.4.2 Filtering	9
2.4.3 Georeferensi.....	10
2.5 Kamera <i>Digital Single Lens Range (DSLR)</i>	13
2.5.1 Konfigurasi Kamera	14
2.5.2 Distorsi.....	15
2.5.3 Kalibrasi Kamera	16
2.6 Metode Transformasi <i>Helmert</i> dan <i>Affine</i>	16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	20

3.1 Lokasi Penelitian	20
3.2 Alat Dan Bahan Penelitian.....	20
3.2.1 Alat Penelitian	20
3.2.2 Bahan Penelitian	21
3.3 Diagram Alir Penelitian.....	22
3.4 Pengambilan Data.....	24
3.5 Pengolahan Data	27
3.5.1 <i>Georeferencing Data Point Cloud TLS</i>	27
3.5.2 <i>Filtering Data Point Cloud TLS</i>	27
3.5.3 Pengolahan Data DSLR.....	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	33
4.1 Hasil <i>Filtering</i> Pengolahan Data <i>Point Cloud TLS</i>	33
4.2 Hasil Pengolahan Data <i>Digital Single Lens Range (DSLR)</i>	34
4.2.1 Hasil Pengolahan Menggunakan <i>Software Agisoft Metashape</i>	34
4.2.2 Hasil Registrasi Data <i>Point Cloud TLS</i> terhadap DSLR.....	34
4.3 Hasil Analisis Kualitas Transformasi Metode <i>Helmert</i> dan <i>Affine</i> Untuk Registrasi Data Dari TLS dan DSLR	36
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	41
5.1 Kesimpulan	41
5.2 Saran	41
DAFTAR PUSTAKA	43
LAMPIRAN.....	46

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 GNSS RTK (peralatansurveyindosurta.com, 2020).....	5
Gambar 2. 2 Metode pengamatan diferensial (Hasanuddin Z. Abidin 1994)	6
Gambar 2. 3 <i>Total Station Topcon</i> (Biruni Geo Pratama, 2018)	7
Gambar 2. 4 <i>Terrestrial Laser Scanning Faro</i> (FARO, 2021)	8
Gambar 2. 5 Georeferensi secara langsung (Quintero 2008).....	11
Gambar 2. 6 Georeferensi tidak langsung dengan dua tahap pendekatan (Quintero 2008)	12
Gambar 2. 7 Georeferensi tidak langsung dengan pendekatan satu tahap (Quintero 2008)	13
Gambar 2. 8 Kamera DSLR Canon (Kompas.com, 2019).....	13
Gambar 2. 9 Konfigurasi kamera konvergen (Amiranti, 2016)	15
Gambar 2. 10 Konfigurasi kamera planar (Amiranti, 2016)	15
Gambar 3. 1 Lokasi Penelitian Candi Kidal (Dokumentasi Pribadi)	20
Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian	22
Gambar 3. 3 Proses Pengamatan GNSS <i>static</i> (Dokumentasi Pribadi)	25
Gambar 3. 4 Pengukuran Total Station (Dokumentasi Pribadi) Error! Bookmark not defined. 25	
Gambar 3. 5 Proses Scanning pada Candi Kidal (Dokumentasi Pribadi)	26
Gambar 3. 6 Proses Pengambilan data DSLR (Dokumentasi Pribadi)	26
Gambar 3. 7 Hasil Georeferensi <i>Terrestrial Laser Scanner tipe FARO Focus 3D S120</i>	27
Gambar 3. 8 Proses <i>Filtering</i>	28
Gambar 3. 9 Menu <i>Workflow</i>	28
Gambar 3. 10 Contoh foto yang telah di <i>add</i>	29
Gambar 3. 11 Hasil <i>Align Photos</i>	29
Gambar 3. 12 Hasil Filter.....	29
Gambar 3. 13 Proses <i>Build Dense Cloud</i>	30
Gambar 3. 14 Hasil <i>Build Dense Cloud</i>	30
Gambar 3. 15 Proses <i>Build Mesh</i>	31
Gambar 3. 16 Hasil <i>Build Mesh</i>	31

Gambar 3. 17 Sebelum proses registrasi data <i>point cloud</i> menggunakan Software <i>CloudCompare</i>	32
Gambar 3. 18 Visualisasi dari Titik Sekutu TLS dan DSLR yang ditentukan	32
Gambar 4. 1 Hasil <i>filtering</i>	33
Gambar 4. 2 Hasil pengolahan pada <i>software Agisoft Metashape</i>	34
Gambar 4. 3 Hasil visualisasi dari Titik Sekutu TLS dan DSLR yang ditentukan	35

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Koordinat titik sekutu.....	36
Tabel 4. 2 Nilai Parameter untuk Transformasi <i>Helmert</i>	37
Tabel 4. 3 Nilai Parameter untuk Transformasi <i>Affine</i>	37
Tabel 4. 4 Koordinat titik sekutu hasil transformasi metode <i>Helmert</i> beserta nilai residunya	38
Tabel 4. 5 Koordinat titik sekutu hasil transformasi metode <i>Affine</i> beserta nilai residunya	38
Tabel 4. 6 RMSE dari hasil transformasi koordinat.....	39
Tabel 4. 7 Hasil Visualisasi Transformasi <i>Helmert</i> dan <i>Affine</i>	40