



Pemodelan 3D “Patung Persib” Menggunakan Teknologi *Terrestrial Laser Scanner*

Becky Hakim^{1,a}, Hasanuddin Z. Abidin², Irwan Gumilar²

¹Mahasiswa S-1 Program Studi Teknik Geodesi dan Geomatika, ITB

²Kelompok Keahlian Geodesi Program Studi Teknik Geodesi dan Geomatika, ITB
Institut Teknologi Bandung

Teknik Geodesi dan Geomatika, Institut Teknologi Bandung

Jalan Ganesha No. 10, Bandung, Indonesia

^acorresponding author: becky.hakim@gmail.com

Abstrak. Monumen atau patung bersejarah memiliki peran sebagai simbol untuk memperingati hari bersejarah, penambah estetika kota, motivator masyarakat, dan penghargaan terhadap pahlawan. Patung Persib merupakan salah satu monumen atau patung bersejarah yang dimiliki oleh warga Bandung, khususnya bagi suporter tim sepakbola Bandung yaitu Bobotoh yang keberadaannya harus dijaga dan dilestarikan. Salah satu cara untuk pelestarian monumen atau patung bersejarah yaitu pembuatan model tiga dimensi dengan menggunakan teknologi *Terrestrial Laser Scanner* (TLS). Metodologi penelitian yang digunakan meliputi studi literatur, tahap pengambilan data, tahap pengolahan data, dan tahap pembuatan model tiga dimensi. Metode pengolahan data yang digunakan meliputi proses registrasi dan proses *filtering* sedangkan metode untuk pembuatan model tiga dimensi meliputi proses *mesh*, *hole filling*, dan pembentukan *surface* model. Model tiga dimensi didapatkan *point cloud* dari hasil registrasi sebanyak 109.751.943 titik dan nilai galat rata-rata hasil proses registrasi sebesar 0,002 m. Berdasarkan hasil akhir penelitian dapat disimpulkan bahwa hasil model 3D yang didapatkan hampir mewakili bentuk sebenarnya dari segi model dan segi teksturnya. Hasil perbandingan ukuran yang didapatkan pada model 3D dengan hasil ukuran distometer dan pita ukur, yaitu antara 0,004 m-0,0215 m dengan rata-rata perbedaan jarak yaitu 0,018 m. Pada hasil model tiga dimensi juga didapatkan volume keseluruhan sebesar 9,898 m³ dan massa patung sesuai dengan komposisi bahan dasar yang digunakan.

Kata Kunci: *Patung Persib, pemodelan tiga dimensi, Terrestrial Laser Scanner*

1 Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Pemodelan tiga dimensi (3D) merupakan suatu kegiatan yang membentuk benda atau objek yang direpresentasikan dalam bentuk 3D. Dari pemodelan 3D suatu objek maka akan mendapatkan suatu bentuk yang sebenarnya dari objek tersebut. Hasil model 3D dari objek tersebut dapat dijadikan salah satu bentuk pengarsipan

atau dokumentasi sebagai dasar dalam rekonstruksi objek apabila terjadi peristiwa atau bencana alam yang bisa merubah bentuk dari objek. Pemodelan 3D saat ini sudah berkembang pesat seiring berkembangnya kemajuan teknologi. Perkembangan teknologi untuk melakukan suatu permodelan 3D bisa dilihat dari alat yang digunakan. Berawal menggunakan theodolite, waterpas, *Electronic Total Station* (ETS) hingga menggunakan teknologi *Terrestrial Laser Scanner* (TLS). Salah satu kelebihan memodelkan bangunan dengan menggunakan teknologi *Terrestrial Laser Scanner* (TLS) yaitu bisa menghasilkan data berupa titik-titik dalam jumlah yang besar dengan waktu yang singkat dalam setiap pengukurannya. Data yang didapatkan dari proses pemindaian dari TLS yaitu berupa *point cloud*. *Point cloud* yang diperoleh bisa mewakili bentuk permukaan objek yang dimodelkan dengan kerapatan yang dapat diatur sesuai dengan keinginan.

Awalnya TLS hanya digunakan untuk memodelkan bangunan dalam keperluan kadaster dan memetakan suatu wilayah. Seiring berjalannya waktu, aplikasi TLS berkembang pesat. Salah satunya yaitu pembuatan model 3D monumen atau patung yang mempunyai nilai seni, sejarah, dan kebudayaan. Penggunaan teknologi TLS dalam memodelkan monumen atau patung sangat menguntungkan karena setiap titik-titik yang didapatkan dapat mewakili bentuk objek dan memiliki nilai koordinat dalam sistem koordinat tertentu.

Salah satu patung yang memiliki nilai seni dan sejarah di kota Bandung yang dapat dilakukan pemodelan 3D yaitu Patung Persib. Patung Persib dibuat oleh seniman terkemuka yaitu I Nyoman Nuarta dan diresmikan tanggal 8 Mei 1990. Patung Persib terletak di simpang lima yang menghubungkan Jalan Tamblong, Jalan Lembong, dan Jalan Veteran. Patung Persib disebut-sebut sebagai replika dari Ajat Sudrajat yang merupakan pemain legendaris kesebelasan Persib. Keberadaan Patung Persib sangat berharga bagi masyarakat kota Bandung, khususnya suporter Persib yaitu Viking. Ilustrasi dari Patung Persib dan lokasinya bisa dilihat pada Gambar 1.



2.1 Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah peralatan yang mendapatkan hasil *point cloud* dari objek. Alat yang digunakan untuk mendapatkan hasil *point clouds* objek dengan menggunakan *laser scanner*. *Laser scanner* yang digunakan adalah *Leica HDS Scanstation C10*. Ilustrasi gambar *Leica HDS Scanstation C10* bisa dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 *Leica HDS Scanstation C10*

Selain menggunakan *Leica HDS Scanstation C10* dalam pengambilan data, diperlukan juga alat-alat penunjang lainnya dalam proses pemindaian. Alat penunjang yang digunakan dalam pengambilan data dalam penelitian ini terdiri atas *Leica 6 inch HDS target* (2 buah), *Leica 3 inch HDS target* (2 buah), statif (5 buah), dan tribrach (4 buah). Ilustrasi alat penunjang dalam pengambilan data dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Peralatan penunjang hasil proses pemindaian

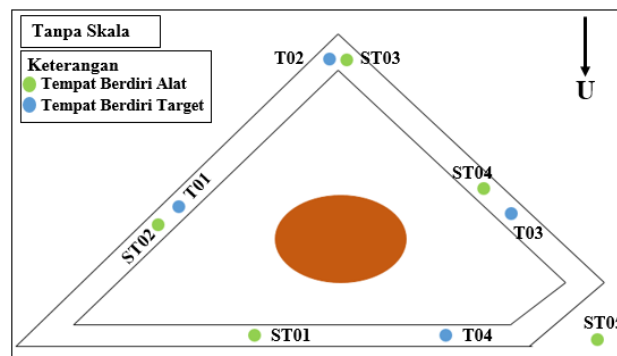
2.2 Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan pada tanggal 6 Agustus 2014 disekitar area Patung Persib. Proses pengambilan data bertujuan untuk mendapatkan data pemindaian berupa *point cloud* dari objek yang akan diamati. Skema pengambilan data pada penelitian ini dapat ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4 Skema pengambilan data

Proses pemindaian berlangsung selama 6 jam dari pukul 9 pagi sampai 2 siang. Proses pemindaian menggunakan fitur *high resolution* dan *all scan*. Hal tersebut menyebabkan setiap kali *scan* objek pada berdiri alat memakan waktu kurang lebih 45 menit. Proses pemindaian dilakukan sebanyak 5 kali berdiri alat (5 *station*). Ilustrasi sketsa proses pengambilan data serta urutan akuisisi data dan target akan ditampilkan pada Gambar 5 dan Tabel 1.



Gambar 5 Sketsa penempatan alat dan target

Tabel 1 Urutan Akuisisi Data

	TARGET 1	TARGET 2	TARGET 3	TARGET 4
ST01	T01	T02	T03	T04
ST02	T01	T02	T03	T04
ST03	T01	T02	T03	T04
ST04	T01	T02	T03	T04
ST05	T01	T02	T03	T04

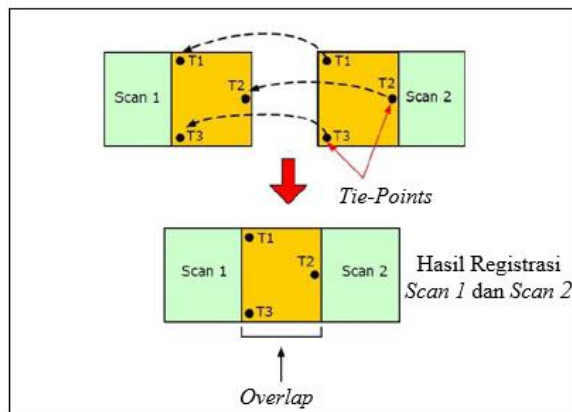
2.3 Proses Registrasi

Proses registrasi yang digunakan pada penelitian ini adalah registrasi dengan target (*Target-based registration*). *Target based registration* merupakan teknik registrasi yang menggunakan target sebagai titik ikat. Pada *target based registration*, digunakan minimal tiga titik target atau lebih. Digunakannya minimal tiga titik target pada teknik registrasi ini karena dengan tiga titik target akan bisa memecahkan nilai enam parameter transformasi. Hasil dari metode registrasi ini adalah gabungan *point cloud* dari beberapa *station* alat dalam sistem koordinat lokal. Target-target yang digunakan dalam proses teknik registrasi ini terdiri dari beberapa jenis, diantaranya:

1. *Flat target*. Merupakan target yang paling banyak digunakan dalam pengukuran dengan TLS. Akan tetapi target jenis ini memiliki kendala dalam menentukan titik tengahnya, terutama jika pemindaian dilakukan dengan sudut yang sangat miring dan jarak yang sangat jauh.
2. *Spherical target*. Target ini biasanya lebih mudah digunakan untuk mendapatkan titik tengahnya. Hal ini dikarenakan target berbentuk bola dan akan memiliki bentuk yang sama dilihat dari sudut pandang mana pun.

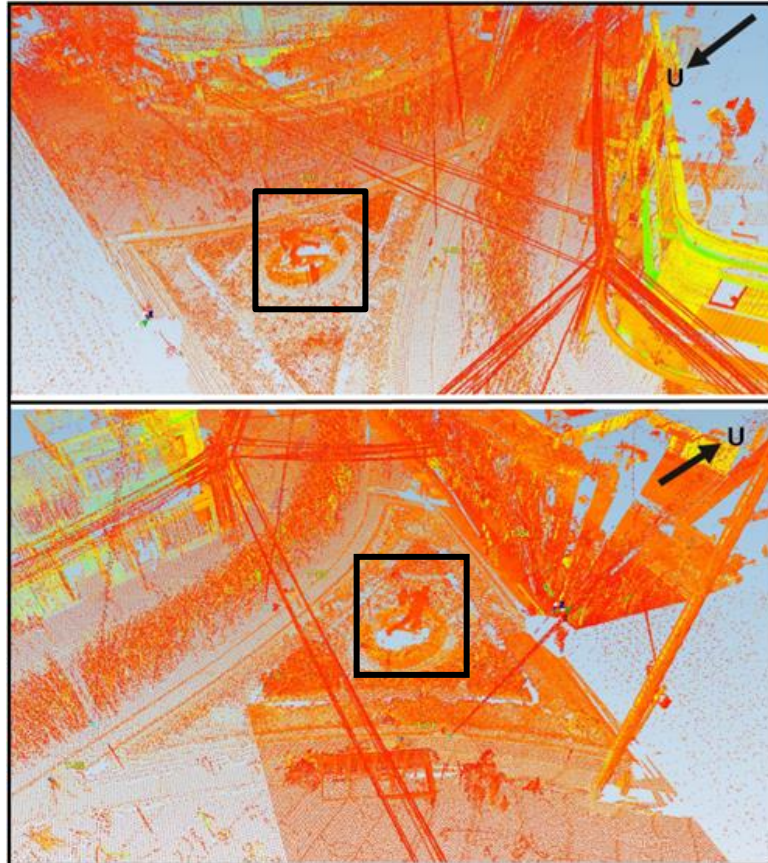
Pada teknik *target based registration*, diusahakan agar penggunaan titik target tidak berada pada satu garis lurus, melainkan tersebar di area pemindaian. Teknik registrasi *target-based registration* dapat diilustrasikan pada Gambar 6.

Proses registrasi ini dikerjakan dengan menggunakan perangkat lunak *Leica Cyclone 8.1*. Dalam proses registrasi didapatkan nilai galat registrasi. Nilai galat registrasi dihasilkan dari proses pemindaian target yang dijadikan sebagai titik ikat. Galat yang dihasilkan berkisar antara 0,001 m - 0,004 m. Rata-rata nilai galat hasil registrasi sebesar 0,002 m. Nilai galat hasil registrasi tidak ada yang melebihi ketelitian alat sehingga tidak diperlukan penghapusan target.



Gambar 6 Target-based registration (Reshetyuk, 2009)

Hasil dari proses registrasi akan merepresentasikan hasil pemindaian objek secara lengkap. Dari proses registrasi akan diperoleh *model space* dengan *point clouds* hasil pemindaian objek dengan jumlah total titik yang dihasilkan dari hasil registrasi sebanyak 109.751.943 titik. Ilustrasi *model space* objek pemindaian dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7 *Model space* hasil pemindaian (kotak menunjukkan objek)

Pada pemindaian berlangsung terdapat objek-objek yang tidak diperlukan yang ikut terpindai (*noise* atau *outlier*). Contoh objek-objek tersebut adalah semak-semak, orang, kendaraan, bangunan, dan objek-objek lain yang tidak dibutuhkan dalam proses pembuatan model 3D Patung Persib. Untuk menghilangkan *point clouds* dari objek-objek yang tidak diperlukan tersebut dilakukan proses filterisasi. Metode yang digunakan dalam proses filterisasi yaitu dengan teknik *fencing*. Teknik *fencing* yaitu membatasi area *point cloud* dengan menggunakan garis yang membentuk poligon. Berdasarkan poligon tersebut, dapat ditentukan

area luar atau dalam untuk dihapus. Ilustrasi teknik *fencing* ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8 Proses *filtering* menggunakan teknik *fencing*

3 Hasil dan Pembahasan

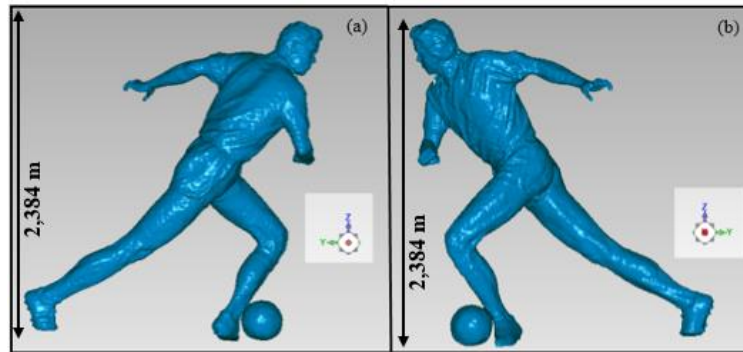
Data *point cloud* yang sudah melewati proses *filtering* akan diolah lebih lanjut menjadi model tiga dimensi. Pada proses ini digunakan beberapa perangkat lunak yang tergantung pada hasil model yang diinginkan serta kesulitan dan kerumitan pembuatan model tersebut. Pada penelitian kali ini, model dibuat dengan menggunakan perangkat lunak *Geomagic Studio 2013*, *Sketchup 2014*, dan *Autodesk 3dsmax 2015*. Sebelum dimasukkan ke perangkat lunak tersebut, terlebih dahulu data *point cloud* dari perangkat lunak *Cyclone 8.1* di-eksport dalam format ekstensi *pts*. Proses pembuatan dibagi menjadi tiga proses yaitu:

1. Proses *mesh* pembuatan patung dengan menggunakan perangkat lunak *Geomagic Studi 2013*.
2. Proses pembuatan bagian alas dengan menggunakan perangkat lunak *Sketchup 2014*.
3. Penggabungan hasil *mesh* patung dengan bagian alas patung dengan menggunakan perangkat lunak *Autodesk 3dsmax 2015*.

Penggunaan tiga jenis perangkat lunak diatas berbeda-beda, tergantung dengan tingkat kesulitan data. Untuk bentuk yang cukup kompleks maka digunakan proses *mesh* pada perangkat lunak *Geomagic Studio*, sedangkan untuk data yang tidak terlalu rumit dan lebih sederhana dilakukan penggambaran model tiga dimensi dengan perangkat lunak *Google Sketchup*.

Pada model *mesh* yang sudah melalui proses *hole filling* selanjutnya dilakukan proses *relaxing*. Proses *relaxing* merupakan pembuatan model 3D menjadi lebih halus dan menghilangkan poligon yang lebih tajam. Proses tersebut dibantu

dengan *fitur-fitur* yang berada di perangkat lunak *Geomagic*, diantaranya yaitu fitur *relax* dan fitur *smooth*. Hasil model dari proses *relaxing* ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9 Model *mesh* hasil model 3D setelah melalui proses *hole filling*, (a) tampak Barat dan (b) tampak Timur

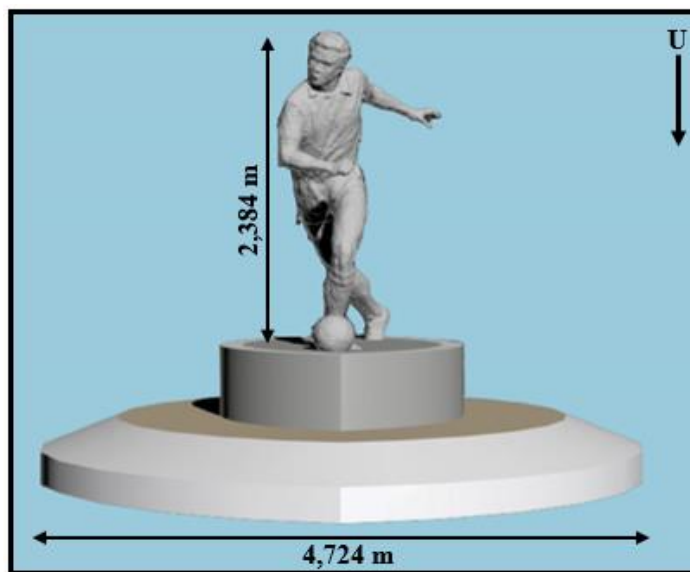
3.1 Pembuatan Model Tiga Dimensi Menggunakan Perangkat Lunak Sketchup 2014

Model yang akan dibuat dengan menggunakan perangkat lunak *Sketchup 2014* adalah alas patung. Alas patung dibuat menggunakan perangkat ini dikarenakan objek tersebut pada saat pengambilan data tidak terpindai secara baik karena tertutup oleh objek lainnya seperti tanaman yang berada di sekitar alas patung tersebut serta petugas dari Dinas Pemakaman dan Pertamanan yang melakukan pembersihan di sekitar area patung. Ilustrasi objek alas patung yang ditutupi oleh tanaman dan petugas dari Dinas Pemakaman dan Pertamanan dapat ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10 Ilustrasi objek alas patung yang ditutupi tanaman dan petugas kebersihan

Kedua model yang sudah didapatkan dari hasil penggambaran dengan menggunakan perangkat lunak *Sketchup 2014* dan hasil *meshing* dengan menggunakan perangkat lunak *Geomagic Studio* kemudian digabungkan dengan menggunakan perangkat lunak *Autodesk 3dsmax*. Sebelum kedua hasil tersebut dimasukkan kedalam perangkat lunak *3dsmax*, terlebih dahulu di-eksport dalam format ekstensi *obj* dan *3ds*. Hal ini bertujuan agar data model tersebut dapat dimasukkan dalam perangkat lunak *Autodesk 3dsmax*. Model yang sudah di-import ke perangkat lunak *3dsmax* akan muncul pada posisi yang tidak beraturan. Hal ini merupakan hal yang wajar karena model hasil *Sketchup* tidak memiliki data koordinat dan sistem koordinat masing-masing perangkat lunak memiliki acuan yang berbeda. Ilustrasi model 3D yang sudah digabungkan pada perangkat lunak *Autodesk 3dsmax* ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11 Hasil penggabungan model pada perangkat lunak *Autodesk 3dsmax 2015* tampak Utara

Hasil dari penggabungan model 3D dilakukan pemberian tekstur seperti tanaman-tanaman *euphorbia* yang berada di sekitar di alas patung. Hal ini bertujuan agar hasil model 3D yang didapatkan terlihat seperti bentuk sebenarnya. Pemberian tekstur dilakukan dalam perangkat lunak *Autodesk 3dsmax*. Ilustrasi pemberian tekstur model 3D dapat ditunjukkan pada Gambar 12 dan Gambar 13.



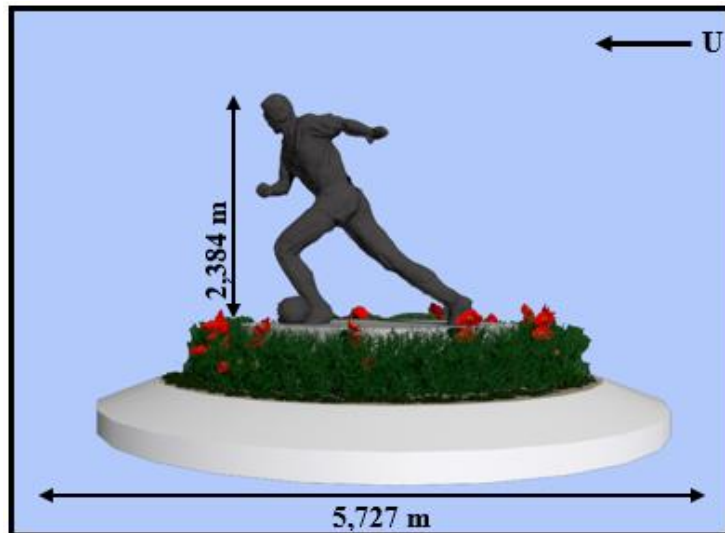
Gambar 12 Pemberian tekstur tanaman pada hasil model 3D tampak Barat



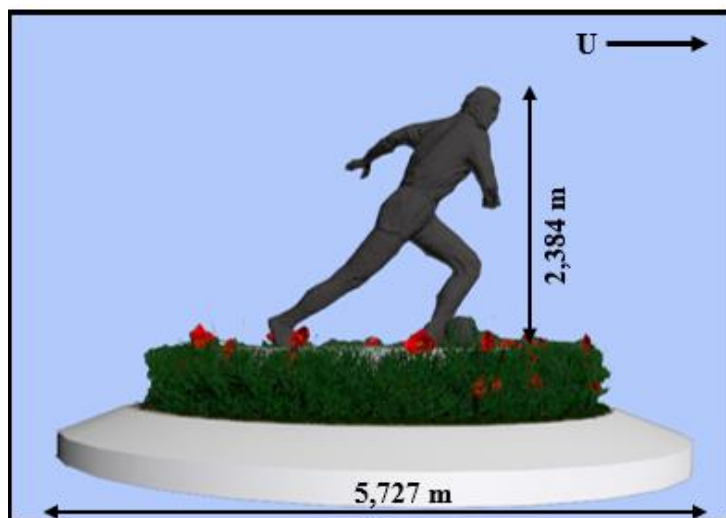
Gambar 13 Pemberian tekstur tanaman pada hasil model 3D tampak Timur

Model 3D yang digabungkan pada perangkat lunak *Autodesk 3dsmax 2015* belum menggunakan warna asli. Untuk menjadikan warna sebelumnya menjadi warna aslinya ditentukan dengan cara mengambil warna dari foto asli kemudian warna tersebut dimasukkan kedalam perangkat lunak *Autodesk 3dsmax* menggunakan

fitur *material editor*. Ilustrasi perubahan warna model 3D dapat dilihat pada Gambar 14 dan Gambar 15.



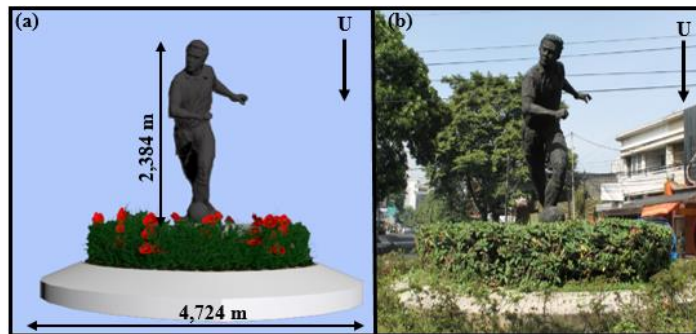
Gambar 14 Hasil model 3D setelah dilakukan perubahan warna patung tampak Barat



Gambar 15 Hasil model 3D setelah dilakukan perubahan warna patung tampak Timur

Hasil model 3D yang didapatkan pada penelitian ini bisa dikatakan mewakili bentuk objek sebenarnya dari segi bentuk dan segi teksturnya sehingga dapat

dijadikan sebagai dasar dalam rekonstruksi patung. Akan tetapi, masih terdapat kekurangan seperti pembuatan tekstur tanaman dari hasil model 3D masih sedikit berbeda dengan bentuk sebenarnya. Ilustrasi perbandingan hasil model 3D dengan objek yang sebenarnya dapat ditunjukkan pada Gambar 16.

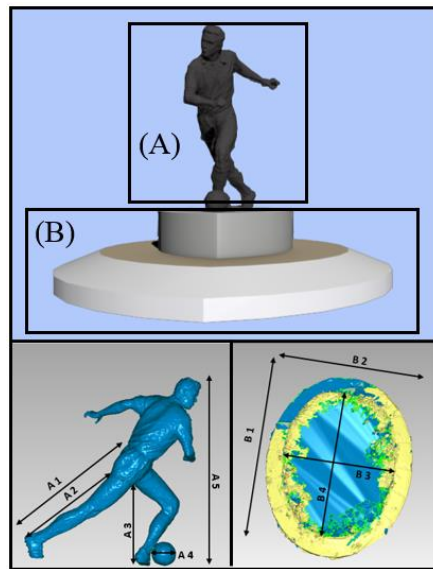


Gambar 16 Perbandingan (a) hasil model 3D patung dengan perubahan warna dan (b) bentuk objek sebenarnya

Dari hasil model 3D yang dibentuk bisa dilakukan penghitungan ukuran patung serta volume dan massa patung. Hasil ukuran model 3D serta hasil perhitungan volume dan massa patung akan berguna dalam proses rekonstruksi ulang objek. Tidak hanya proses rekonstruksi, hasil ukuran model 3D serta hasil volume dan massa juga berguna dalam perencanaan pembangunan di sekitar Patung Persib.

Dari model 3D yang dihasilkan maka dapat ditentukan tinggi Patung Persib. Hasil ukuran tinggi Patung Persib dari alas patung sebesar 2,384 m. Selain itu, dari hasil model 3D dapat digunakan untuk mengecek kualitas data model 3D tersebut dengan menggunakan hasil perbandingan pengukuran dengan alat distometer dan pita ukur. Hasil perbandingan ukuran yang didapatkan pada model 3D dengan hasil ukuran distometer dan pita ukur, didapatkan perbedaan jarak antara 0,004 m – 0,0215 m dengan rata-rata perbedaan jarak sebesar 0,018 m.

Perbedaan jarak terjadi karena beberapa hal diantaranya karena alat distometer tidak datar dengan baik ketika melakukan pengambilan jarak atau pita ukur saat pengambilan jarak kurang tegang ketika ditarik pada penarikan jarak. Selain itu, perbedaan jarak juga bisa disebabkan oleh perbedaan nilai galat hasil registrasi tiap stasion. Perbedaan galat hasil registrasi ini bisa disebabkan karena pengaruh proses pendataran nivo pada laser scanner dan target yang digunakan. Hal ini disebabkan karena posisi nivo pada proses pendataran laser scanner dan target berbeda tiap station. Perbandingan hasil validasi ukuran jarak pada distometer dan pita ukur dengan model 3D dapat ditunjukkan pada Gambar 17 dan Tabel 2.

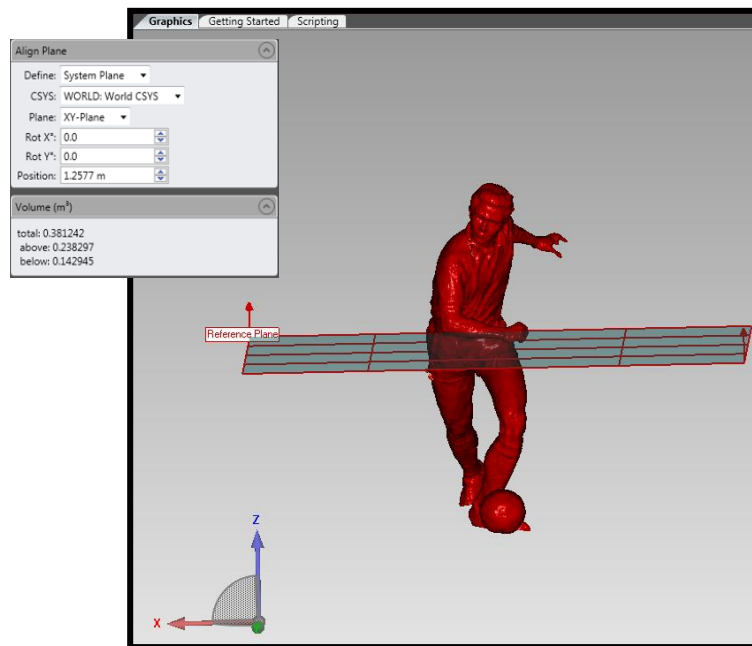


Gambar 17 Validasi jarak menggunakan perangkat lunak *Geomagic*

Tabel 2 Validasi ukuran jarak dengan menggunakan distometer dan pita ukur

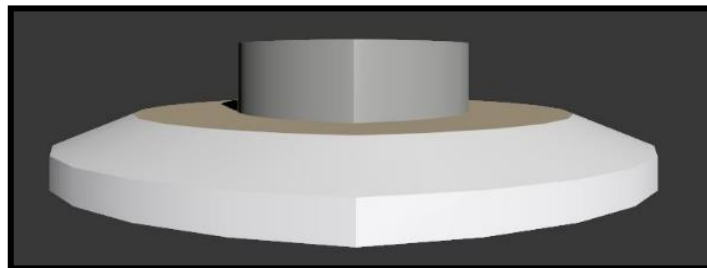
	Ukuran Model 3D (m)	Pita Ukur (m)	Distometer (m)	Selisih (m)
A1	1,421	1,385	1,445	0,006
A2	1,357	1,348	1,314	0,026
A3	1,041	1,058	1,067	0,0215
A4	0,347	0,358	0,361	0,0125
A5	2,384	2,371	2,382	0,0075
B1	5,727	5,778	5,788	0,056
B2	4,724	4,728	4,774	0,027
B3	1,991	1,994	1,996	0,004
B4	2,079	2,143	2,032	0,0085

Dari hasil model 3D yang didapatkan sebelumnya maka dapat ditentukan volume dan massa Patung Persib. Volume keseluruhan Patung Persib dapat ditentukan dengan cara menjumlahkan hasil volume patung dengan hasil volume alas patung. Hasil volume patung dihitung menggunakan hasil model 3D yang sudah didapatkan pada perangkat lunak *Geomagic Studio* yaitu sebesar 0,381239 m³. Ilustrasi volume patung yang didapatkan dari perangkat lunak *Geomagic Studio* dapat dilihat pada Gambar 18.



Gambar 18 Volume patung dari perangkat lunak *Geomagic Studio*

Volume alas patung ditentukan dengan melakukan perhitungan manual. Model alas patung sendiri terdiri dari 2 bentuk, diantaranya yaitu elips dan kerucut setengah terpancung. Untuk ukuran alas patung didapatkan dengan pengukuran menggunakan pita ukur dan pengukuran menggunakan bantuan perangkat lunak *Geomagic Studio*. Ilustrasi model alas patung dapat dilihat pada Gambar 19.



Gambar 19 Model alas patung

Perhitungan volume alas patung digunakan persamaan rumus volume elips dan kerucut setengah terpancung. Persamaan tersebut dapat dilihat dari persamaan 1 dan persamaan 2.

$$Ve = \pi \cdot \frac{P}{2} \cdot \frac{L}{2} \cdot t \quad (1)$$

$$Vk = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot t \left(\frac{L1+L2}{2} \right) \quad (2)$$

dengan:

Ve = Volume elips (m^3).

Vk = Volume kerucut setengah pancung (m^3).

P = Panjang elips (m).

L = Lebar elips (m).

$L1$ = Luas bidang alas kerucut 1 (m^2).

$L2$ = Luas bidang alas kerucut 2 (m^2).

Dari perhitungan menggunakan persamaan 1 dan persamaan 2 untuk mendapatkan volume alas patung serta perhitungan volume patung menggunakan bantuan perangkat lunak *Geomagic*, maka didapatkan hasil volume Patung Persib secara keseluruhan. Hasil volume patung secara keseluruhan dapat ditunjukkan pada Gambar 20 dan Tabel 3.



Gambar 20 Ilustrasi Model 3D Patung Persib

Tabel 3 Hasil volume setiap model 3D

Model	Volume (m ³)
A	5,018
B	1,921
C	2,577
D	0,381
Total Volume	9,898

Dari volume keseluruhan dapat dilakukan perhitungan massa Patung Persib. Massa patung dapat ditentukan dari hasil perkalian antara volume patung dengan massa jenis patung tersebut seperti yang ditunjukkan pada persamaan 3.

$$m = \rho \cdot v \quad (3)$$

dengan:

m = massa patung (kg).

ρ = massa jenis patung (kg/m^3).

v = volume patung (m³).

Penentuan massa patung terlebih dahulu diketahui bahan dasar apa saja yang digunakan dalam pembuatan Patung Persib tersebut. Bahan dasar yang digunakan pada pembuatan Patung Persib terdiri dari beberapa macam, diantaranya yaitu untuk pembuatan alas patung menggunakan bahan dasar semen sedangkan untuk pembuatan patungnya sendiri menggunakan bahan dasar campuran antara tembaga dan kuningan. Massa jenis semen sebesar $3150 \text{ (kg/m}^3\text{)}$, sedangkan untuk massa jenis bahan dasar tembaga dan kuningan sebesar $8900 \text{ (kg/m}^3\text{)}$ dan $8400 \text{ (kg/m}^3\text{)}$.

Penelitian ini dilakukan skenario dalam komposisi bahan dasar pembuatan patung untuk menghitung massa keseluruhan dari Patung Persib. Hal ini bertujuan agar didapatkan komposisi bahan dasar yang cocok serta pengeluaran dana pembuatan patung apabila dilakukan rekonstruksi kembali. Ilustrasi skenario komposisi bahan dasar dalam menghitung massa keseluruhan patung dapat ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4 Skenario komposisi bahan dasar dalam penentuan massa patung

Proposi (%)		Total Massa Tembaga+Kuningan (Kg)	Massa Alas Patung (Kg)	Total Massa Patung (Kg)
Tembaga	Kuningan			
5	95	3211,938	29.978,855	33190,794
10	90	3221,469		33200,325
15	85	3231,000		33209,856
20	80	3240,531		33219,387
25	75	3250,062		33228,918
30	70	3259,593		33238,449
35	65	3269,124		33247,980
40	60	5314,471		35293,327
45	55	3288,186		33267,042
50	50	3297,717		33276,573
55	45	3307,248		33286,104
60	40	3316,779		33295,635
65	35	3326,310		33305,166
70	30	3335,841		33314,697
75	25	3345,372		33324,228
80	20	3354,903		33333,758
85	15	3364,434		33343,289
90	10	3373,965	33352,820	
95	5	3383,496	33362,351	
VOLUME PATUNG = 0,381239 m ³				
MASSA JENIS SEMEN (ρ) = 3150 Kg/m ³				

4 Kesimpulan

Dari hasil seluruh pengerjaan penelitian ini dapat disimpulkan beberapa hal, yaitu:

1. Model 3D Patung Persib dapat diperoleh dengan menggunakan teknologi *Terrestrial Laser Scanner* dengan proses pemindaian yang berlangsung selama 6 jam serta proses pengolahan data berlangsung selama 3 bulan.
2. Hal terpenting dalam melakukan pemindaian objek dengan detail yang cukup rumit yaitu jarak antara tempat berdiri alat (*stasion*) dan objek harus lebih dekat sehingga mendapatkan ketelitian objek yang tinggi.
3. Pada model 3D yang dihasilkan diperoleh nilai galat hasil registrasi sebesar 1 mm - 4 mm. Perbedaan nilai galat yang dihasilkan disebabkan oleh pergeseran posisi nivo pada proses pendataran dalam dua *stasion* yang berbeda. Selain itu perbedaan nilai galat disebabkan oleh pemutaran muka target antar *stasion* yang berpengaruh pada proses registrasi.
4. Pada hasil model 3D Patung Persib didapatkan ukuran tinggi patung sebesar 2,384 m dari alas patung. Hasil model 3D Patung Persib juga dapat diperoleh

volume keseluruhan yaitu sebesar 10 m³ dan massa patung sesuai dengan komposisi bahan dasarnya. Selain itu diperoleh hasil perbedaan ukuran antara model 3D yang didapatkan dengan ukuran pita ukur dan distometer antara 0,004 m - 0,0215 m dengan rata-rata perbedaan jarak sebesar 0,018 m.

5. Pembuatan video hasil model 3D Patung Persib menggunakan perangkat lunak *Autodesk 3dsmax* dengan bantuan perangkat lunak *free screen video recorder*.

5 Daftar Referensi

- [1] Adhitiaputra, R. (2013). *Mekanisme Kalibrasi Terrestrial Laser Scanner*. Bandung: Program Studi Teknik Geodesi dan Geomatika Institut Teknologi Bandung.
- [2] Barber, D., & Mills, J. (2007). *3D Laser Scanning for Heritage: Advice and Guidance to Users on Laser Scanning in Archeology and Architecture*. United Kindom: English Heritage Publishing.
- [3] Barber, D., & Mills, J. (2011). *3D Laser Scanning for Heritage (Second Edition): Advice and GUIDance to Users on Laser Scanning in Archeology and Architecture*. United Kingdom: English Heritage Publishing.
- [4] Kimpton, G. R., Home, M., Heslop, D. (2010). *Terrestrial Laser Scanning and 3D Imaging: Heritage Case Study – The Black Gate, Newcastle Upon Tyne*. Newcastle Upon Tyne, UK: University of Northhumbria.
- [5] Leica Geosystems. (2011). *Leica ScanStation C10*. Heerbrugg, Switzerland: Leica GeoSystems AG.
- [6] Quintero, M. S., Genechten, B. V., Bruyne, M. D., Ronald, P., Hankar, M., & Barnes, S. (2008). *Theory and Practice On Terrestrial Laser Scanning. The Learning Tools for Advanced Three-dimensional Surveying in Risk Awareness Project (3DRiskMapping)*.
- [7] Reshetyuk, Y. (2009). *Self-Calibration and Direct Georeferencing in Terrestrial Laser Scanning*. Stockholm: Royal Institute of Technology.
- [8] Riawan, R. (2013): *Pemodelan 3D Monumen Bandung Lautan Api Menggunakan Terrestrial Laser Scanning*, Skripsi Departemen teknik Geodesi dan Geomatika FITB ITB.
- [9] Temizer, T. (2013) : *3D Documentation of A Historica Monument Using Terrestrial Laser Scanning Case Study : Byzantine Water Cistern, Istanbul*, Paper International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XL-5/W2, 20
- [10] Dreamstime. (2013). *How Laser Works*. Diambil kembali dari Dreamstime Stock Photo: <http://www.dreamstime.com/stock-photo-components-typical-laser-how-works-vector-diagram-mirrors-each-end-reflect-photons-back-forth-continuing-image33375810>.

- [11] Google Maps. (2014). *Google Maps*. Diambil kembali pada tanggal 30 September 2014 dari <https://maps.google.com/>
- [12] Leica. (2014). *Leica ScanStation C10 Specification*. Diambil kembali pada tanggal 17 November 2014 dari Leica Geosystems: [http://hds.leicageosystems.com/en/Marketing-Downloads-HDS-Data-Spec Sheets_42304.htm](http://hds.leicageosystems.com/en/Marketing-Downloads-HDS-Data-Spec-Sheets_42304.htm).
- [13] Persib. (2013). *Menelisik Ritual Tahunan Suporter dan Asal-Usul Patung Persib*. Diambil kembali pada tanggal 30 September 2014 dari persib.co.id: <http://www.persib.co.id/berita-persib-bandung/beyond-the-field/3965-menelisik-ritual-tahunan-suporter-dan-asal-usul-patung-persib>.