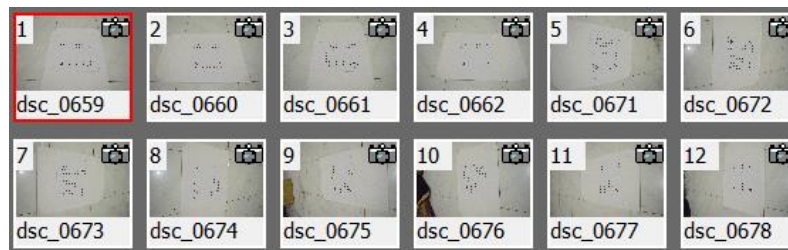


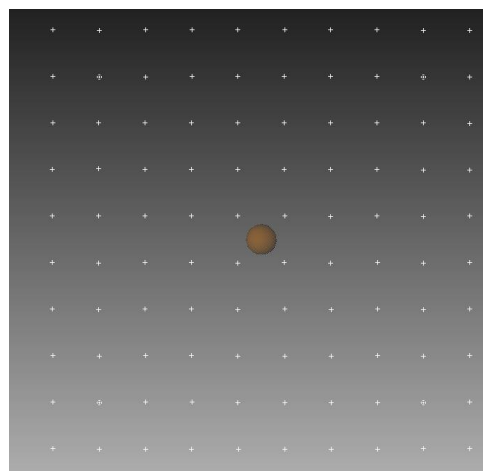
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Kalibrasi kamera

Kalibrasi kamera dilakukan pada kamera DSLR. Kalibrasi kamera dilakukan dengan memotret sebanyak 12 kali dari berbagai sudut papan kolimator atau checkboard berukuran A4 yang diperoleh dari *software photomodeler scanner*. Kamera diatur pada pengaturan yang sama yakni menggunakan focal length 18mm. Mode pemotretan dari kamera adalah pada menu manual sehingga kita bisa mengatur sendiri dan tidak mengalami perubahan. Diameter aperture kamera diperkecil sehingga *depth of field*-nya meningkat. Namun karena aperture yang kecil menyebabkan cahaya yang masuk semakin sedikit, untuk itu agar shutter speed harus diatur lebih lama sehingga cahaya yang masuk mengenai sensor tidak terlalu sedikit. Berikut hasil foto kalibrasi kamera :

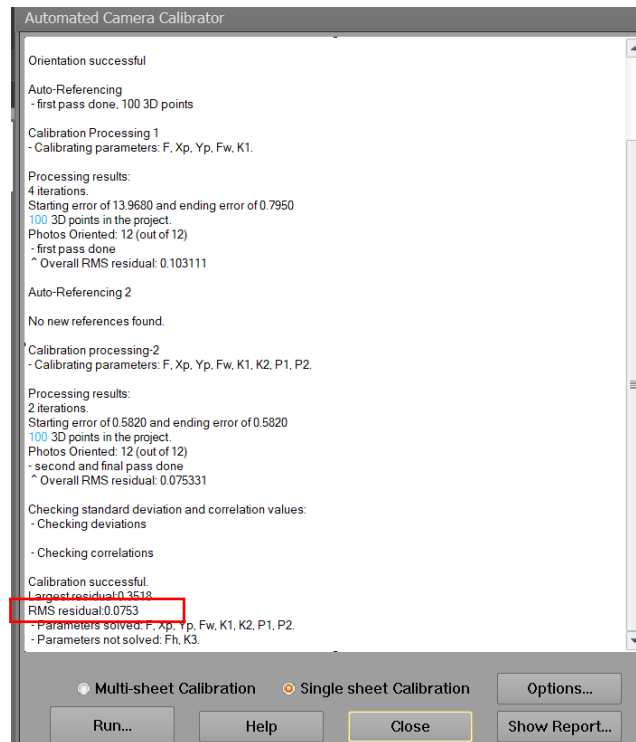


Gambar 4.1. Foto kolimator terolah



Gambar 4.2. Hasil pengolahan kalibrasi *Photomodeler Scanner*

Reprojection error adalah jarak dalam satuan piksel antara titik yang terdeteksi diawal dengan titik haril proyeksi menggunakan parameter yang didapat. Ketentuan umum yang diikuti adalah kalibrasi kamera diterima jika nilai reprojection error tersebut kurang dari satu piksel. Hasil Kalibrasi kamera yang telah dilakukan sebagai berikut :



Gambar 4.3. Pengecekan nilai RMS

Tabel 4.1. Hasil Parameter Orientasi Dalam Kalibrasi Kamera DSLR

No	Parameter	Keterangan	Nilai (mm)	Standar deviasi (mm)
1	f	Fokus	18.898289	0.001
2	Xp	Fidusial x	12.041350	0.002
3	Yp	Fidusial y	7.782455	0.002
4	K1	Radial distortion 1	2.793e-04	4.8e-06
5	K2	Radial distortion 2	-2.900e-07	1.5e-07
6	K3	Radial distortion 3	0	0
7	P1	decentering distortion 1	-1.043e-05	1.5e-06
8	P2	decentering distortion 2	1.213e-05	1.8e-06

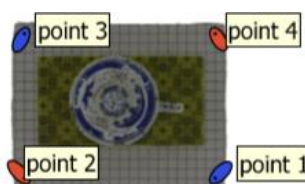
Tabel 4.2. Kualitas kalibrasi kamera

Kualitas	Parameter	Nilai
Foto kalibrasi	Jumlah foto	12
	Jumlah terorientasi	12
Kamera	Jumlah foto yang digunakan	12
	Area foto ter-cover	13%
Titik Residual	RMS keseluruhan	0.075 piksel
	Maksimum	0.352 piksel
	Minimum	0.066 piksel
	RMS Maksimum	0.211 piksel
	RMS Minimum	0.047 piksel
Presisi titik	RMS panjang vektor keseluruhan	3.39e-05 m
	Panjang vektor maksimum	4.76e-05 m
	Panjang vektor minimum	3.26e-05 m

Dari hasil diperoleh RMS sebesar 0.075331 piksel. Dari hasil tersebut kamera dinyatakan baik untuk digunakan karena hasil dari RMS error yang dihasilkan tidak lebih dari 1. Semua foto terkalibrasi dikarenakan pada saat pengambilan gambar lensa dalam keadaan fokus, selain itu juga bisa karena cakupan foto yang terfokus mencakup seluruh bagian pada kertas grid. Foto akan terkalibrasi jika keempat titik di setiap pojok kertas grid tercakup fokus dalam lensa sehingga pada saat proses kalibrasi software dapat membaca keempat titik tersebut. Hasil foto keseluruhan terlampir pada lampiran A. Report hasil pengolahan terlampir pada Lampiran B.

4.2. Hasil Pengukuran GCP dan ICP

Pengukuran GCP dan ICP dilakukan menggunakan penggaris dan *Grid Pattern*. Berikut lokasi penempatan titik GCP dan ICP dan hasil pengukuran GCP dan ICP :



Gambar 4.4. Lokasi titik GCP

Tabel 4.3. Koordinat GCP

Titik GCP	Koordinat		
	X (m)	Y (m)	Z (m)
point 1	0.2	0	0
point 2	0	0	0
point 3	0	0.15	0
point 4	0.2	0.15	0

Koordinat GCP yang digunakan berjumlah 4 titik, koordinat tersebut memiliki nilai tinggi 0 m karena hanya menggunakan lembar *grid pattern*.

Tabel 4.4. Koordinat ICP

Titik	Koordinat		
	X (m)	Y (m)	Z (m)
ICP 1	0.079	0.04	0.11
ICP 2	0.122	0.049	0.071
ICP 3	0.044	0.053	0.055
ICP 4	0.053	0.07	0.11
ICP 5	0.045	0.127	0.033
ICP 6	0.145	0.127	0.034
ICP 7	0.112	0.118	0.133
ICP 8	0.135	0.09	0.088
ICP 9	0.188	0.075	0.046
ICP 10	0.145	0.045	0.054

Koordinat titik ICP yang digunakan berjumlah 10 titik yang tersebar di beberapa titik di permukaan objek. Pengukuran Koordinat ICP dan GCP terlampir pada Lampiran D.

4.3. Hasil Identifikasi warna

Identifikasi warna dilakukan dengan menggunakan software Identifikasi Warna yang terdapat pada playstore. Sesuai dengan SNI 03-6575-2001 tentang pencahayaan dalam ruangan, Intensitas cahaya 750 lux adalah nilai terbaik untuk

pengecekan warna, sehingga digunakan sebagai acuan nilai intensitas cahaya untuk pengecekan warna (analisis radiometrik) dalam ruangan.

Tabel 4.5. Nilai RGB titik ICP

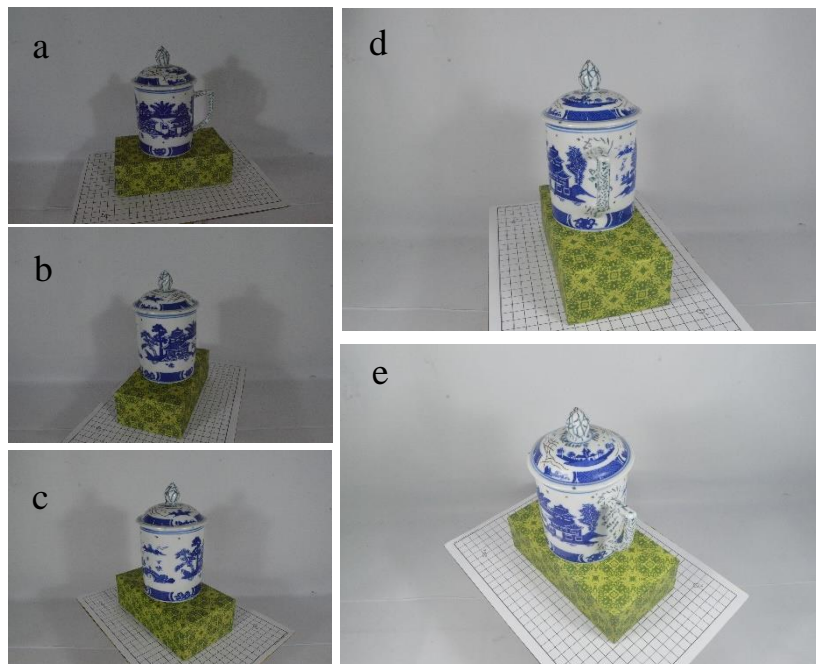
Titik	Warna		
	Red	Green	Blue
ICP 1	40	42	87
ICP 2	102	102	114
ICP 3	49	53	26
ICP 4	101	107	122
ICP 5	77	79	30
ICP 6	61	65	16
ICP 7	77	84	112
ICP 8	93	110	109
ICP 9	78	79	25
ICP 10	63	59	19

Analisis Identifikasi warna yang berjumlah 10 titik. Titik ini memiliki posisi yang sama dengan koordinat titik ICP. Hasil pengecekan warna terlampir pada Lampiran C.

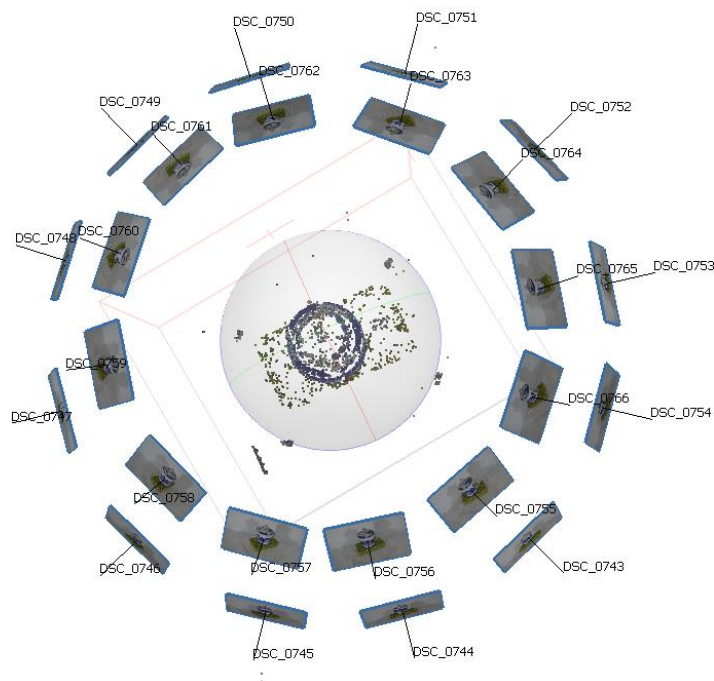
4.4. Hasil pemotretan objek

Pemotretan objek dilakukan dengan mengelilingi objek 360 derajat. Tetapi pada penelitian ini menggunakan konfigurasi studio maka posisi perekaman tidak berubah, hanya objek yang diputar tegak lurus sumbu 1 vertikal tuas yang telah dibuat. Setting kamera pada pemodelan tiga dimensi ini memiliki panjang fokus yang sama, bidikan ISO sama, dan aperture yang sama pula. Pengaturan-pengaturan tersebut disesuaikan dengan kebutuhan dan keadaan cahaya yang ada pada saat pengambilan data.

Pemotretan dilakukan dengan jarak antara sisi foto 30 derajat terhadap pusat objek. Pemotretan menghasilkan foto sebanyak masing-masing 24 foto pada tiap intensitas. Sehingga total foto yang didapat sejumlah 120 foto.



Gambar 4.5. Contoh hasil Pengambilan foto a) intensitas cahaya 1
 b) intensitas cahaya 2 c) intensitas cahaya 3 d) intensitas cahaya 4
 e) intensitas cahaya 5



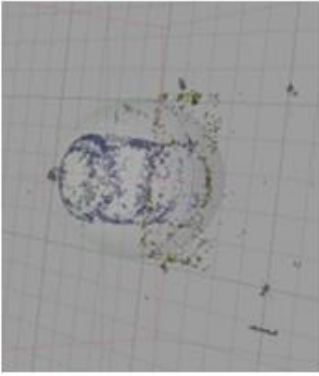
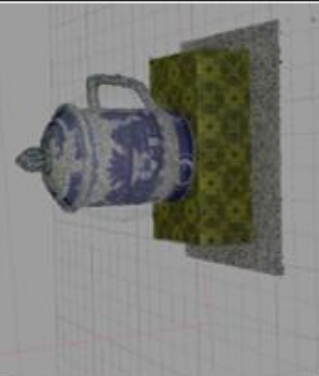

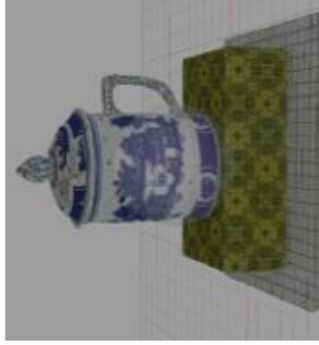
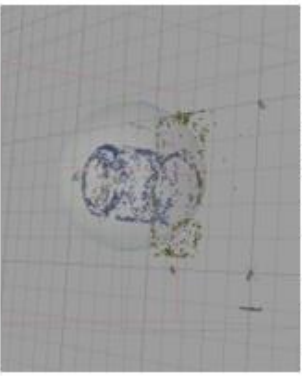

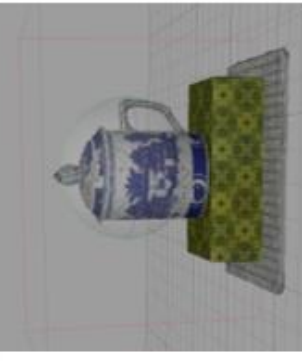

Gambar 4.6. Hasil konfigurasi pengambilan foto objek

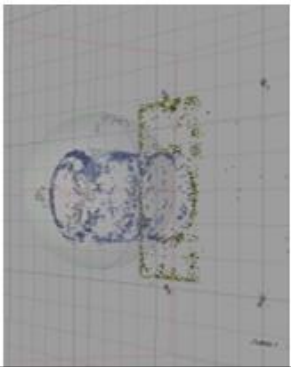
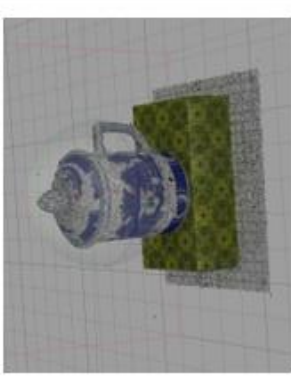
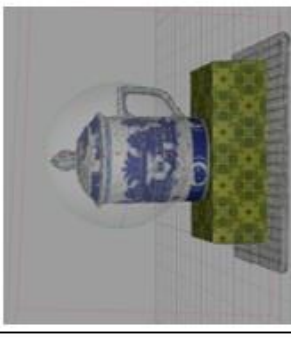
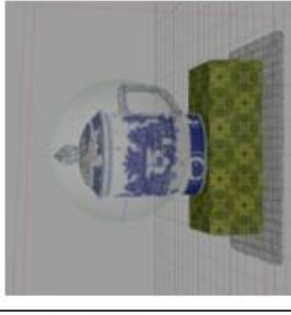
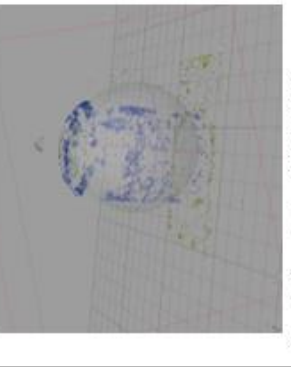
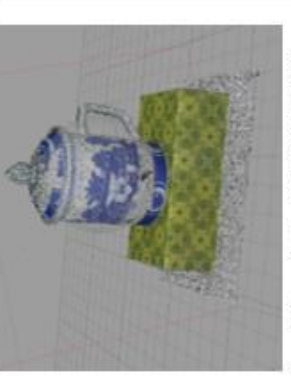
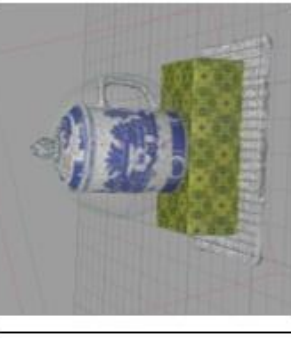

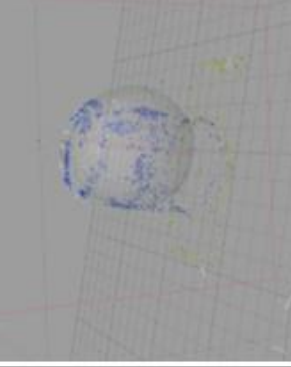
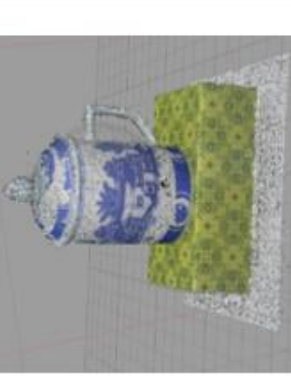
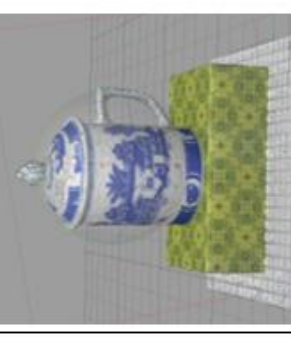
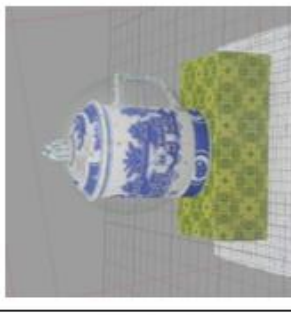
4.5. Hasil Pemodelan tiga dimensi

Pemodelan tiga dimensi menggunakan *software Agisoft Photoscan* melalui beberapa tahapan pemodelan. Berikut adalah hasil dari tahapan-tahapan pengolahan data untuk dibentuk menjadi model tiga dimensi.

Hasil dense cloud tidak memiliki banyak peredaan dari hasil alignment. Hanya saja, hasil titik-titik dense cloud mempunyai kerapatan yang lebih baik daripada proses sebelumnya. Tampilan model sementara akan dimunculkan pada layar pekerjaan. Tampilan model ini sudah sedikit memperlihatkan bentuk dari model tiga dimensi yang sebenarnya.

Tabel 4.6. Hasil Pengolahan Model 3D menggunakan *Agisoft*

Intensitas cahaya	Proses Pengolahan			
	Align Model	Densecloud	Meshpoint	Texture Model
0 – 400 lux	 <p>Jumlah point : 4131 titik</p>	 <p>Jumlah point : 4.047.793 titik</p>	 <p>Faces: 809.558</p>	 <p>Vertices: 405.489</p>
400 – 800 lux	 <p>Jumlah point : 4119 titik</p>	 <p>Jumlah point : 4.061.520 titik</p>	 <p>Faces: 812.303</p>	 <p>Vertices: 406.947</p>

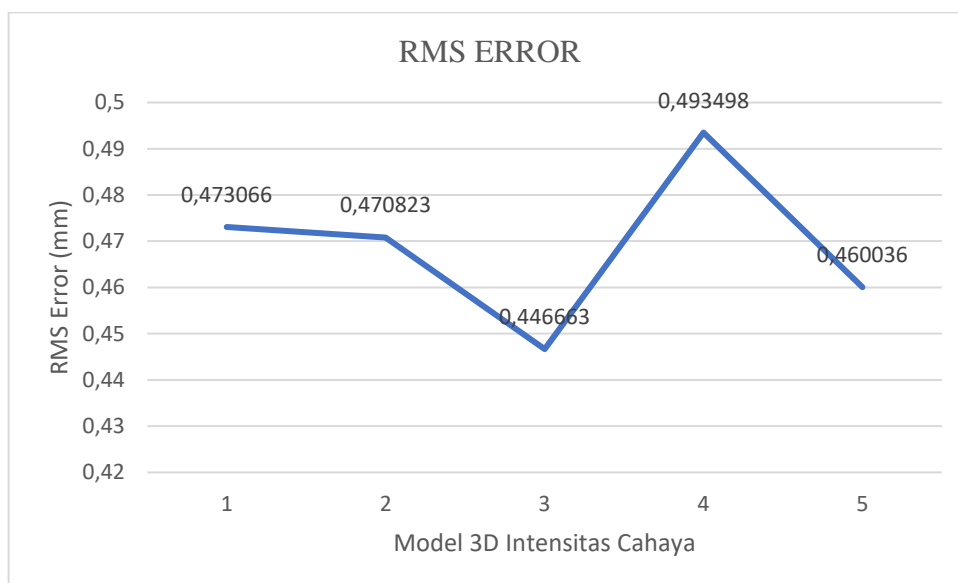
800 - 1200 lux	 <p>Jumlah point : 4616 titik</p>	 <p>Jumlah point : 4.204.644 titik</p>	 <p>Faces: 840.927</p>	 <p>Vertices: 421.171</p>
1200 - 1600 lux	 <p>Jumlah point : 4492 titik</p>	 <p>Jumlah point : 4.196.378 titik</p>	 <p>Faces: 839.274</p>	 <p>Vertices: 420.420</p>
1600 - 2000 lux	 <p>Jumlah point : 4142 titik</p>	 <p>Jumlah point : 4.303.206 titik</p>	 <p>Faces: 860.641</p>	 <p>Vertices: 431.109</p>

4.6. Analisis proses *georeference*

Proses *georeference* pada ke lima model tiga dimensi masing-masing intensitas cahaya menggunakan 4 titik GCP yang terletak pada *grid Pattern*. Dari pengolahan *georeference* diperoleh nilai RMSE masing-masing model tiga dimensi.

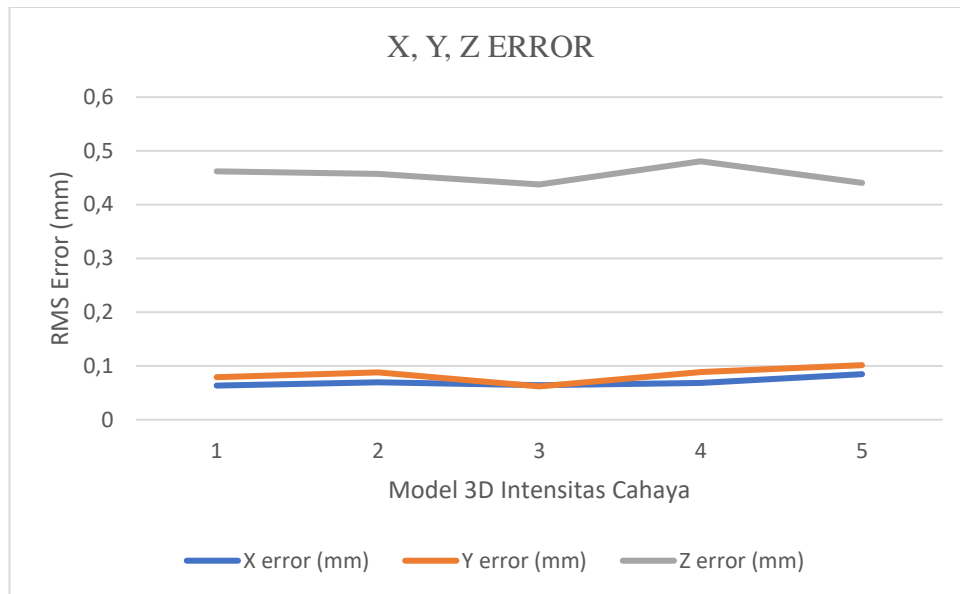
Tabel 4.7. Hasil RMSE kelima model 3D

Model	X error (mm)	Y error (mm)	Z error (mm)	RMSE (mm)
1	0.0635108	0.0791511	0.462053	0.473066
2	0.069894	0.0883569	0.457145	0.470823
3	0.0645534	0.0619505	0.43761	0.446663
4	0.0683852	0.0884224	0.480671	0.493498
5	0.0847555	0.101456	0.440632	0.460036



Gambar 4.7. Grafik nilai RMSE error kelima model 3D

Dari hasil proses *georeference* yang telah dilakukan, nilai RMS error yang dihasilkan memiliki nilai yang beragam, nilai RMS error terkecil terdapat pada model tiga dimensi intensitas cahaya 3 (800-1200 lux) dan nilai RMS error terbesar terdapat pada model tiga dimensi intensitas cahaya 4 (1200-1600 lux).



Gambar 4.8. Grafik nilai X, Y, Z error kelima model 3D

Hasil proses *georeference* RMS error koordinat x,y,z pada masing-masing model tiga dimensi intensitas cahaya memiliki nilai yang beragam. Nilai koordinat x error terkecil terdapat pada model tiga dimensi intensitas cahaya 1 (0 – 400lux) dengan nilai error 0.0635108mm, Nilai koordinat y error terkecil terdapat pada model tiga dimensi intensitas cahaya 3 (800 – 1200lux) dengan nilai error 0.0619505mm, Nilai koordinat z error terkecil terdapat pada model tiga dimensi intensitas cahaya 3 (800 – 1200lux) dengan nilai error 0.446663mm.

Nilai koordinat x error terbesar terdapat pada model tiga dimensi intensitas cahaya 5 (1600 – 2000lux) dengan error 0.0847555mm, Nilai koordinat y error terbesar terdapat pada model tiga dimensi intensitas cahaya 5 (1600 – 2000lux) dengan nilai error 0.101456mm, Nilai koordinat z error terkecil terdapat pada model tiga dimensi intensitas cahaya 4 (1600 – 2000lux) dengan nilai error 0.493498mm. Hasil pengolahan RMSE model 3D terlampir pada Lampiran E.

4.7. Analisa Geometrik model

Dari hasil pengukuran koordinat ICP, terdapat 10 titik control ICP yang akan digunakan sebagai sampel analisis koordinat. Berikut adalah hasil

perbandingan koordinat ICP dengan hasil koordinat dari model 3D masing-masing intensitas cahaya.

Tabel 4.8. Hasil analisis koordinat ICP Model 3D

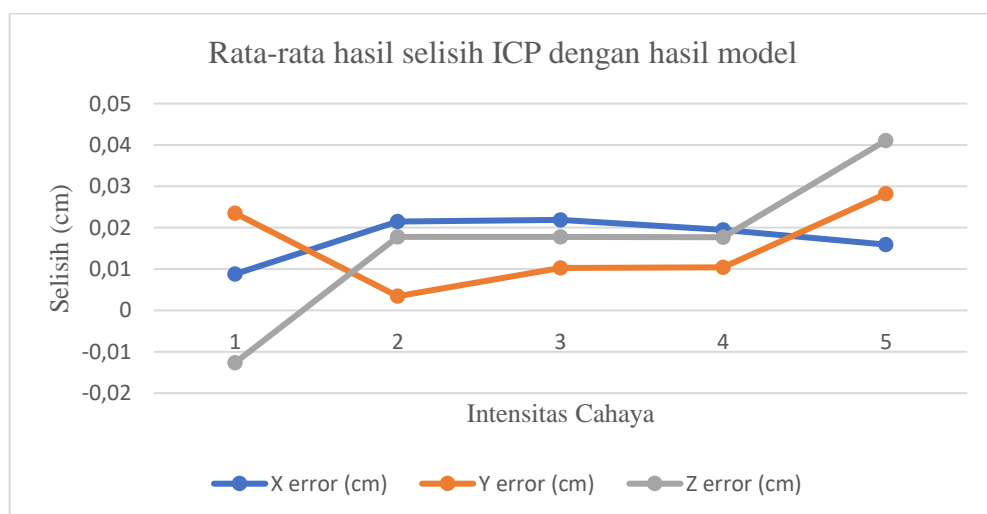
Titik	Koordinat	Intensitas Cahaya				
		1	2	3	4	5
ICP 1	X(cm)	7.8342	7.8557	7.8895	7.8869	7.868
	Y(cm)	4.0291	4.0233	4.0341	4.0254	4.0027
	Z(cm)	10.9688	10.9969	11.0173	10.9893	11.0169
ICP 2	X(cm)	12.2477	12.2476	12.2216	12.2454	12.2844
	Y(cm)	4.884	4.8908	4.8995	4.9109	4.894
	Z(cm)	7.0956	7.14	7.1548	7.1261	7.1645
ICP 3	X(cm)	4.3553	4.3888	4.4367	4.3892	4.3772
	Y(cm)	5.2353	5.2266	5.2862	5.2931	5.2945
	Z(cm)	5.4157	5.4376	5.4673	5.4408	5.4449
ICP 4	X(cm)	5.2897	5.3308	5.3218	5.3423	5.2984
	Y(cm)	7.0656	6.9997	7.0289	6.9437	7.0244
	Z(cm)	10.9696	10.9883	10.9747	11.0012	10.9677
ICP 5	X(cm)	6.6454	6.738	6.6677	6.6992	6.6923
	Y(cm)	10.4633	10.4496	10.3773	10.3582	10.4069
	Z(cm)	16.4556	16.5652	16.499	16.5631	16.6298
ICP 6	X(cm)	14.595	14.5555	14.5005	14.516	14.5202
	Y(cm)	12.7414	12.7287	12.7249	12.7305	12.7384
	Z(cm)	3.4006	3.4403	3.4113	3.3349	3.455
ICP 7	X(cm)	11.2327	11.2641	11.2757	11.2234	11.2305
	Y(cm)	11.8552	11.8421	11.7889	11.834	11.8558
	Z(cm)	13.3077	13.3155	13.3435	13.3416	13.4231
ICP 8	X(cm)	13.5464	13.5385	13.5363	13.5096	13.5301
	Y(cm)	9.0804	9.0585	9.0301	9.0745	9.0831
	Z(cm)	8.7966	8.786	8.8136	8.882	8.8762
ICP 9	X(cm)	18.7929	18.7949	18.7796	18.787	18.7944
	Y(cm)	7.4192	7.427	7.4341	7.4784	7.4885

	Z(cm)	4.6593	4.6747	4.6358	4.6623	4.6016
ICP 10	X(cm)	14.5487	14.5009	14.5895	14.5956	14.5633
	Y(cm)	4.5614	4.488	4.599	4.5553	4.5937
	Z(cm)	5.4041	5.4334	5.4607	5.4356	5.4311

Tabel 4.9. Rata-rata selisih koordinat ICP Pengukuran dengan ICP hasil Model 3D

Intensitas Cahaya	Rata-rata		
	X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)
1	0.00880	0.02349	-0.01264
2	0.02148	0.00343	0.01779
3	0.02189	0.0103	0.01780
4	0.01946	0.0104	0.01769
5	0.01588	0.0282	0.04108

Dari hasil analisis diatas, nilai kesalahan terkecil X pada intensitas cahaya 1600-2000 yaitu 0.11mm, kesalahan terkecil Y pada intensitas cahaya 400 – 800 yaitu -0.1087mm, dan kesalahan terkecil Z pada intensitas cahaya 0 – 400 yaitu -0.0027mm.



Gambar 4.9. Grafik rata-rata hasil selisih ICP dengan hasil model

4.8. Analisa Radiometrik model

Dari hasil identifikasi warna ICP, terdapat 10 titik ICP yang diidentifikasi warna akan digunakan sebagai sampel analisis koordinat. Berikut adalah hasil perbandingan hasil identifikasi warna ICP dengan hasil dari model 3D masing-masing intensitas cahaya

Tabel 4.10. Hasil analisis RGB ICP Model 3D

Titik	RGB	Intensitas Cahaya				
		1	2	3	4	5
ICP 1	Red	35	44	49	58	92
	Green	44	44	51	67	99
	Blue	82	90	99	135	168
ICP 2	Red	95	106	116	140	166
	Green	100	110	121	148	177
	Blue	114	118	128	169	179
ICP 3	Red	46	53	57	117	147
	Green	46	57	66	124	156
	Blue	15	26	30	56	77
ICP 4	Red	99	103	119	158	171
	Green	104	110	125	165	184
	Blue	118	129	137	182	197
ICP 5	Red	28	43	56	88	149
	Green	34	45	63	114	164
	Blue	66	95	109	165	210
ICP 6	Red	56	65	95	105	128
	Green	60	69	99	115	131
	Blue	14	18	37	55	68
ICP 7	Red	56	81	134	151	202
	Green	62	95	140	160	207
	Blue	84	119	141	180	207
ICP 8	Red	60	118	126	156	172
	Green	61	122	132	161	177

	Blue	97	130	142	165	181
ICP 9	Red	63	85	94	126	155
	Green	71	85	101	133	168
	Blue	22	29	36	62	106
ICP 10	Red	55	74	82	115	160
	Green	55	76	84	126	167
	Blue	17	31	30	57	75

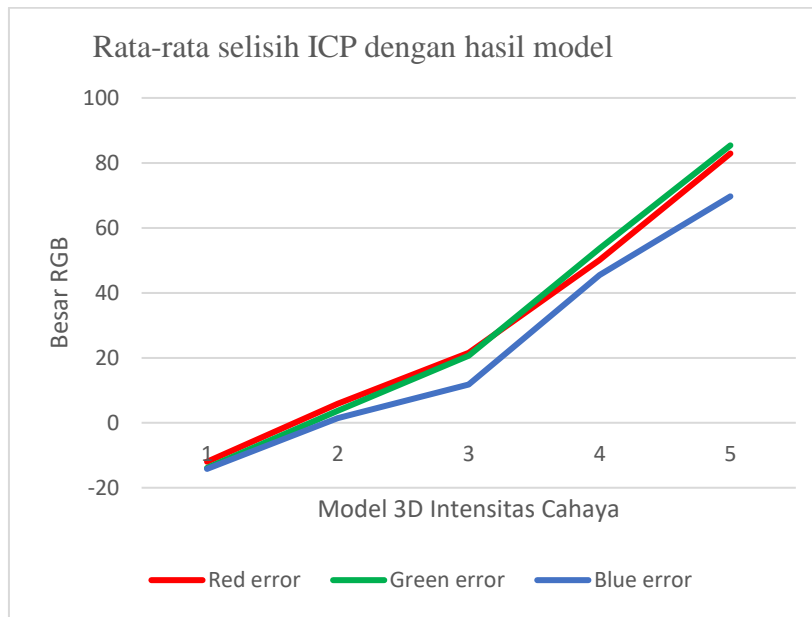
Tabel 4.11. Rata-rata selisih RGB ICP dan hasil Model 3D

intensitas	Rata-rata selisih		
	Red error	Green error	Blue error
1	-12	-13,9	-14,2
2	5,9	3,7	1,4
3	21,5	20,6	11,8
4	50,1	53,7	45,5
5	82,9	85,4	69,7

Dari hasil perhitungan analisis radiometrik, model tiga dimensi pada intensitas cahaya 2 (400 – 800 lux) memiliki tingkat perbedaan warna yang paling kecil, hal ini dikarenakan karena nilai acuan warna RGB tidak terpaut jauh dengan intensitas warna hasil model tiga dimensi yaitu 750lux.

Rata-rata perbedaan selisih terkecil nilai RGB acuan dengan hasil RGB titik ICP hasil model intensitas cahaya 2 (400 – 800lux) yaitu red error: 5,9 ; green error: 3,7 ; blue error: 1,4.

Rata-rata perbedaan selisih terbesar nilai RGB acuan dengan hasil RGB titik ICP hasil model intensitas cahaya 5 (1600 – 2000lux) yaitu red error: 582,9 ; green error: 85,4 ; blue error: 69,7. Berikut hasil rata-rata selisih RGB ICP dengan hasil model tiga dimensi dalam tampilan grafik pada gambar 4.10.



Gambar 4.10. Grafik rata-rata hasil selisih RGB ICP dengan hasil model

