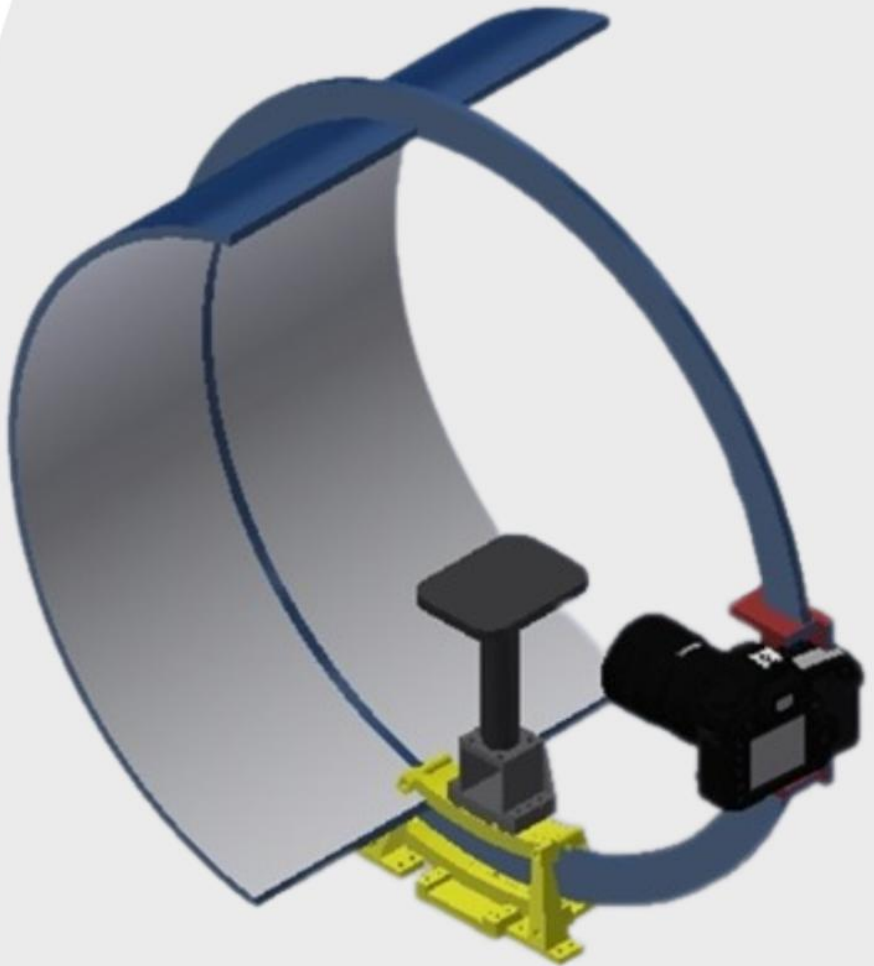


MODUL PRAKTIKUM



REKONSTRUKSI 3D DENGAN TEKNIK STRUCTURE FROM MOTION

KATA PENGANTAR

Segala puji hanya bagi Allah Yang Maha Kuasa, yang telah melimpahkan rahmat-Nya sehingga Modul Praktikum Rekonstruksi 3D dengan Structure from Motion (SfM) untuk mahasiswa/i dapat diselesaikan dengan penuh keberkahan.

Modul praktikum ini dirancang sebagai panduan dalam melaksanakan kegiatan praktikum Rekonstruksi 3D dengan menggunakan teknik Structure from Motion (SfM). Modul ini bertujuan untuk membantu mahasiswa/i dalam memahami dan melaksanakan praktikum dengan baik, terstruktur, dan terarah. Setiap topik praktikum dilengkapi dengan tujuan yang harus dicapai oleh mahasiswa/i serta penjelasan teori yang singkat untuk memperdalam pemahaman mengenai materi Rekonstruksi 3D dengan SfM.

Penyusun menyadari bahwa Modul Praktikum Rekonstruksi 3D dengan SfM ini masih dapat diperbaiki dan disempurnakan di masa yang akan datang. Oleh karena itu, penyusun sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun guna meningkatkan kualitas modul praktikum ini.

Terakhir, penyusun mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungan, baik secara langsung maupun tidak langsung, dalam penyusunan modul praktikum ini.

Semoga modul praktikum ini menjadi panduan yang bermanfaat dan memudahkan mahasiswa/i dalam mempelajari dan melaksanakan Rekonstruksi 3D dengan Structure from Motion (SfM).

Terima kasih atas perhatian dan kerjasama yang telah diberikan.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Surabaya, 3 Juli 2023

Nindy Puspita Dewi
Politeknik Elektronika Negeri Surabaya

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL.....	v
Modul Praktikum 1.....	1
Pengenalan dan Pengoperasian Alat Pemindai 3D.....	1
A. Tujuan.....	1
B. Pendahuluan.....	1
C. Peralatan.....	3
D. Prosedur Percobaan.....	3
E. Tugas.....	7
Tindakan Pencegahan dan Keamanan.....	9
Kondisi Pemeliharaan.....	9
A. Pemeliharaan Board Raspberry Pi.....	9
B. Pemeliharaan Motor Stepper.....	10
Kondisi Perbaikan.....	10
A. Raspberry Pi.....	10
B. Camera Rig dan Turntable.....	11
C. Stepper.....	12
Modul Praktikum 2.....	13
Percobaan Algoritma Structure from Motion dengan Alicevision Meshroom.....	13
A. Tujuan.....	13
B. Dasar Teori.....	13
SIFT Standar.....	15
SIFT Upright.....	16
SIFT Float.....	16
DSP SIFT.....	17
C. Prosedur Percobaan.....	18
D. Tugas.....	21
D1. Pengaruh perbedaan descriptor type pada pipeline Feature Extraction.....	21
D2. Pengaruh jumlah citra dan penggunaan flash terhadap hasil rekonstruksi 3D.....	21
E. Laporan.....	23
Modul Praktikum 3.....	25
Percobaan Rekonstruksi 3D dengan Reflective Filter.....	25
A. Tujuan.....	25
B. Dasar Teori.....	25
C. Prosedur Percobaan.....	25
D. Tugas.....	29
E. Laporan.....	30
Modul Praktikum 4.....	31
Percobaan Rekonstruksi 3D dengan Blurred Detection.....	31
A. Tujuan.....	31

B. Dasar Teori	31
C. Percobaan dan Tugas	31
Modul Praktikum 5	33
Percobaan Rekonstruksi 3D menggunakan Software Agisoft Metashape dan Manipulasi Latar Belakang	33
A. Tujuan	33
B. Dasar Teori	33
C. Prosedur Percobaan	34
C1. Manipulasi Latar Belakang menggunakan Photoshop	34
C2. Rekonstruksi 3D.....	37
D. Tugas	39
E. Laporan	40
Modul Praktikum 6	41
Percobaan 3D Photorealistic	41
A. Tujuan	41
B. Dasar Teori	41
C. Prosedur Percobaan	45
D. Tugas	54

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Tabel Percobaan Derajat Posisi dan Crop XY	7
Tabel 2. 1 Format File pada Meshroom	20
Tabel 2. 2 Hasil Percobaan Modifikasi Varian SIFT	21
Tabel 2. 3 Hasil Percobaan Modifikasi Jumlah Citra dengan Flash	22
Tabel 2. 4 Hasil Percobaan Modifikasi Jumlah Citra Tanpa Flash	22
Tabel 3. 1 Perbandingan Citra Sebelum dan Sesudah diberi Reflective Filter	29
Tabel 3. 2 Hasil Rekonstruksi 3D dengan dan Tanpa Filter	30
Tabel 4. 1 Hasil Percobaan Blur Filter	32
Tabel 5. 1 Hasil Rekonstruksi 3 Jenis Dataset	39

DAFTAR GAMBAR

Gambar1. 1 Contoh tampilan editor Node-RED berbasis browser	2
Gambar1. 2 Komponen Raspberry Pi 4	2
Gambar1. 3 Tampilan Awal Antarmuka Pengguna	4
Gambar1. 4 Pengaturan Rotor dan Turntable	4
Gambar1. 5 Posisi Objek dan Latar Belakang Tambahan	5
Gambar1. 6 Tampilan Antarmuka Akuisisi Citra	6
Gambar1. 7 Tampilan Antarmuka Pengunduhan Citra yang Telah Diakuisisi	7
Gambar1. 8 Letak Baut pada Base Turntable	11
Gambar1. 9 Jarak Bearing dengan Base	12
Gambar 2. 1 Prinsip Structure from Motion (SfM)	13
Gambar 2. 2 Alur Algoritma Structure from Motion	14
Gambar 2. 3 Contoh Hasil Feature Extraction pada Citra	15
Gambar 2. 4 Tampilan Antarmuka Software Alicevision Meshroom	18
Gambar 2. 5 Rekonstruksi 3D pada Meshroom	18
Gambar 2. 6 Estimasi Pose Kamera dan Point Clouds	19
Gambar 2. 7 Pipeline Fotogrametri pada Software Meshroom	19
Gambar 2. 8 Texturized 3D Mesh (kiri), 3D Mesh (kanan)	19
Gambar 2. 9 Pipeline SfM (kiri), Folder Hasil SfM (kanan)	19
Gambar 2. 10 Node "ConvertMesh"	20
Gambar 2. 11 dari Kiri, File Mesh dan File Berbentuk Polygon	21
Gambar 3. 1 Tampilan Antarmuka Software Reflective Filter	26
Gambar 3. 2 Sample Citra yang Diinputkan pada Software RF	26
Gambar 3. 3 Pemilihan Warna Maksimum dan Minimum RF	27
Gambar 3. 4 (1) sample sebelum dimasking, (2) dan (3) sample setelah dimasking dengan nilai yang sama.	27
Gambar 3. 5 Sample Setelah Difilter	28
Gambar 3. 6 Pilihan Metode Inpaint	28
Gambar 3. 7 Dimensi Citra	29
Gambar 5. 1 Tampilan Antarmuka Software Agisoft Metashape	33
Gambar 5. 2 Tampilan Antarmuka Adobe Photoshop	34
Gambar 5. 3 Menu "Discover" pada Software Adobe Photoshop	34
Gambar 5. 4 Menu "Quick Actions"	35
Gambar 5. 5 Aksi "Blur Background"	35
Gambar 5. 6 Tampilan Antarmuka Photoshop	36
Gambar 5. 7 Aksi "Remove Background"	36
Gambar 5. 8 Masking area yang akan dihapus	36
Gambar 5. 9 Hasil Penghapusan Latar Belakang pada Citra	37
Gambar 5. 10 Workflow Rekonstruksi 3D Agisoft Metashape	37
Gambar 5. 11 Sparse Point Clouds	38
Gambar 5. 12 Hasil 3D Mesh	38
Gambar 5. 13 Texturized Mesh	39
Gambar 6. 1 Tampilan antarmuka IDE dan Code Editor Visual Studio	41

Gambar 6. 2 Tampilan Antarmuka Anaconda	42
Gambar 6. 3 Konsep Ray Tracing oleh OptiX	43
Gambar 6. 4 Visualisasi Pipeline NERF	44
Gambar 6. 5 Instalasi Visual Studio	45
Gambar 6. 6 Instalasi CUDA Toolkit	45
Gambar 6. 7 Command Prompt	46
Gambar 6. 8 Edit Environment Windows	47
Gambar 6. 9 Tambah System Variable	47
Gambar 6. 10 buat folder baru dan ubah directory pada command prompt	48
Gambar 6. 11 Clone Github NVIDIA	48
Gambar 6. 12 Instal Python	49
Gambar 6. 13 Instal cmake	50
Gambar 6. 14 Folder Directory instant-ngp	50
Gambar 6. 15 Environment Editor	51
Gambar 6. 16 Edit Environment Variable	51
Gambar 6. 17 Folder Directory Dataset	52
Gambar 6. 18 Anaconda Command Prompt	52
Gambar 6. 19 Program Berhasil dijalankan	53
Gambar 6. 20 Pindah Folder File JSON	53
Gambar 6. 21 Hasil 3D Photorealistic	54

HALAMAN SENGAJA DIKOSONGKAN

Modul Praktikum 1

Pengenalan dan Pengoperasian Alat Pemindai 3D

A. Tujuan

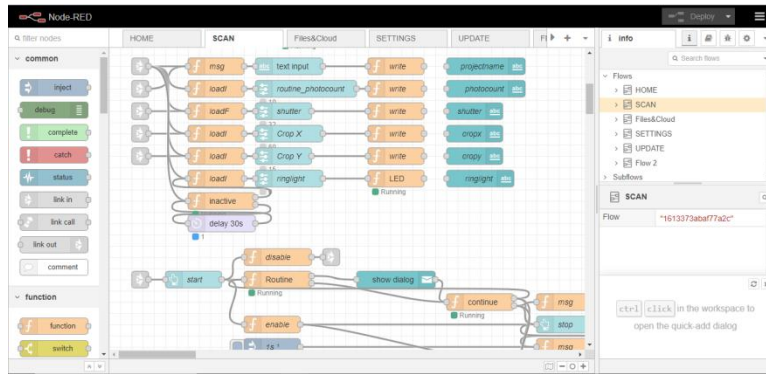
1. Mahasiswa dapat menggunakan pemindai 3D untuk pengambilan citra objek tertentu
2. Mahasiswa dapat menentukan pengaturan yang ideal dalam pengambilan citra
3. Mahasiswa memahami pengoperasian pemindai 3D beserta maintenancinya

B. Pendahuluan

Modul praktikum penghasil model 3D merupakan modul pembelajaran rekonstruksi 3D berbasis metode *Structure from Motion*. Pengoperasian alat ini menggunakan antarmuka pengguna (*user interface*) openscan untuk mengatur hal-hal yang berkaitan dengan pengambilan data citra. Proses rekonstruksi dari citra 2D menjadi 3D dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak AliceVision Meshroom dan Agisoft Metashape (akan dijelaskan pada praktikum selanjutnya). Antarmuka pengguna untuk pengambilan citra yang berbasis Node-RED.

Node-RED

Node-RED adalah alat pemrograman low-code yang memungkinkan pengguna untuk menyambungkan perangkat perangkat keras, API, dan layanan online. Node-RED menyediakan editor berbasis browser yang memudahkan untuk menyambungkan flow menggunakan berbagai node dalam palet yang dapat diterapkan ke waktu prosesnya dalam satu klik. Node-RED dibangun di atas Node.js. Alur dapat diterapkan ke runtime dalam sekali klik, dan fungsi JavaScript dapat dibuat di dalam editor menggunakan editor teks. Node-RED adalah aplikasi berbasis browser yang menggunakan pemrograman visual untuk memungkinkan pengguna menautkan fragmen kode, atau "node", bersama-sama untuk melakukan suatu tugas. Ketika node terhubung, mereka membentuk flow.

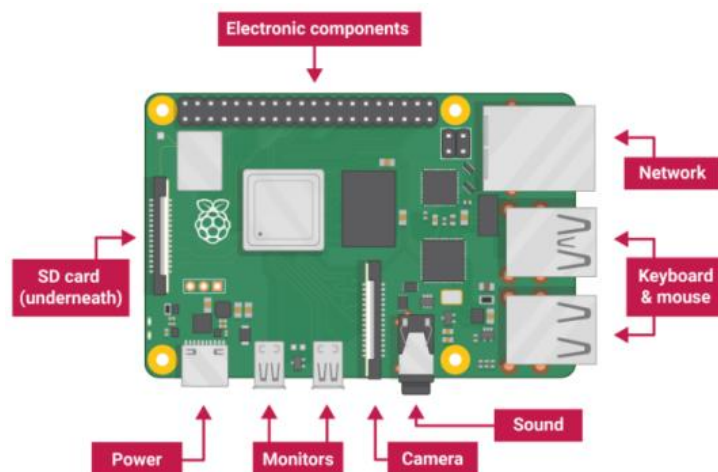


Gambar1. 1 Contoh tampilan editor Node-RED berbasis browser

Pengguna dapat mengunduh Node-RED dari SourceForge atau menginstalnya menggunakan NPM. Node-RED adalah platform sumber terbuka yang efektif untuk mengembangkan aplikasi Internet of Things (IoT) yang bertujuan untuk membuat bagian pemrograman menjadi lebih sederhana.

Raspberry Pi 4

Raspberry Pi 4 adalah komputer berukuran kecil dengan harga yang tergolong murah. Komputer ini dioperasikan menggunakan bahasa pemrograman python. Meskipun kecil, Raspberry Pi memiliki performa yg tinggi dengan RAM hingga 8GB dan CPU Quad Core, layak digunakan dalam berbagai proyek elektronika.



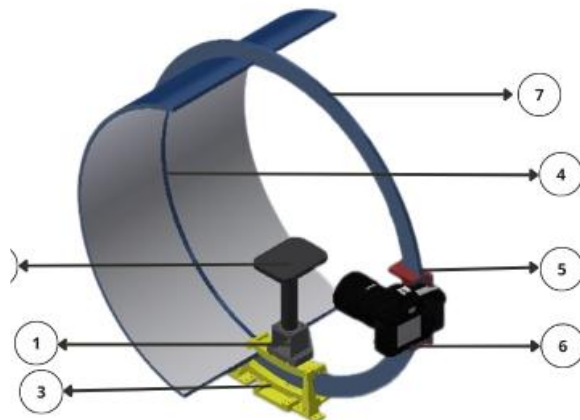
Gambar1. 2 Komponen Raspberry Pi 4

Sumber : <https://projects.raspberrypi.org/en/projects/raspberry-pi-setting-up/3>
(diakses pada 13 Juli 2022 jam 17.00 WIB)

Port power supply pada Raspberry Pi adalah USB Type C, dengan kebutuhan tegangan 5V dan arus 700mA. Slot SD Card berfungsi sebagai penyimpanan eksternal. Port USB berfungsi sebagai penghubung perangkat periferan seperti keyboard, mouse, dan lain-

lain. Pada Raspberry Pi terdapat 40 pin GPIO yang mendukung komunikasi serial UART, I2C, dan SPI. Pada proyek akhir ini, Raspberry Pi akan digunakan sebagai kontroler yang mengatur pose kamera dan mengatur perputaran rotary disc atau turntable.

C. Peralatan



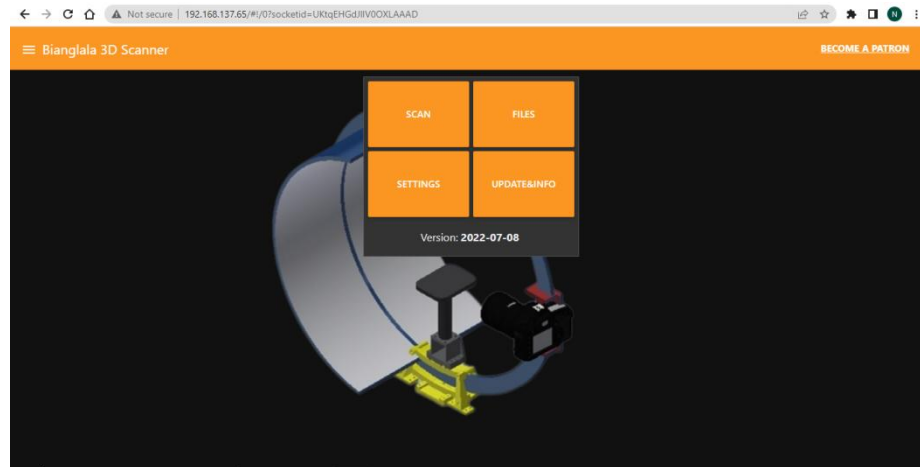
1. Rotor Turntable
2. Dasar Turntable
3. Controller
4. Latar Belakang Tambahan
5. Flash Kamera
6. Kamera
7. Rig Kamera

1. Computer (PC atau Laptop). Panduan yang akan diberikan pada manual book ini menggunakan sistem operasi Windows
2. Raspberry Pi 4
3. Alat Pemindai 3D Otomatis
4. Kabel USB
5. Catu daya min 5V/2A
6. Tripod Latar Belakang

D. Prosedur Percobaan

1. Hubungkan catu daya ke Raspberry Pi untuk menyalakannya. Perangkat akan booting dan memuat sistem operasi atau operating system (OS).
2. Untuk menjalankan raspberry pi melalui PC atau Laptop, hubungkan kedua perangkat (Raspberry Pi dan PC) ke jaringan internet yang sama. Pada modul ini, raspberry pi sudah disetel agar terkoneksi ke wifi dengan pengaturan sebagai berikut :
 - nama jaringan : Fotografi 3D Router
 - kata sandi : multimediamekabersatu
3. Nyalakan mobile hotspot pada laptop anda (gunakan router wifi apabila tidak tersedia), atur nama dan kata sandi sesuai dengan pengaturan nomer 2.

4. Tunggu hingga raspberry pi terhubung ke hotspot. Setelah terhubung, akses antarmuka pengguna menggunakan alamat IP dari raspberry pi melalui browser apapun.



Gambar1. 3 Tampilan Awal Antarmuka Pengguna

5. Sekarang, layar awal yang ditampilkan akan muncul dengan tampilan penuh menampilkan semua sub-menu yang tersedia.
6. Sebelum melakukan percobaan, buka menu pengaturan untuk menyesuaikan perangkat dengan kebutuhan



Gambar1. 4 Pengaturan Rotor dan Turntable

- **Start angle** posisi 0° dimulai dari posisi sejajar horizontal dengan objek

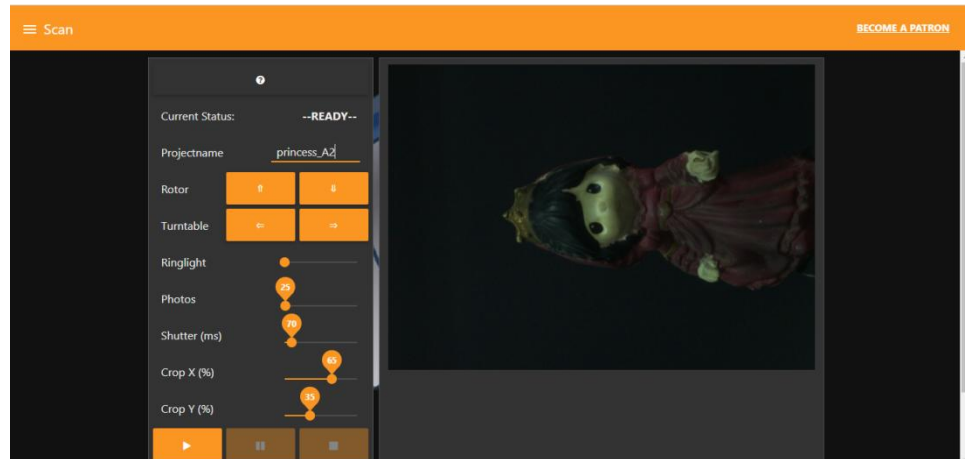
- Setelah itu, perangkat akan mengambil citra secara merata antara **sudut minimum** dan **sudut maksimal**.
- **Steps per rotation** menentukan jumlah langkah yang diperlukan untuk menggerakkan sumbu 360°. Ini ditentukan oleh $A*B*C$, di mana A adalah jumlah langkah untuk satu putaran motor stepper yang diberikan (biasanya 200), B adalah microstepping yang digunakan (biasanya 16), dan C rasio gear (1 untuk turntable and 15 or 5,33 rotor rig)
- **Delay** adalah waktu dalam mikrodetik antara setiap step motor. Turunkan nilai ini jika gerakannya terlalu cepat.
- **Acceleration** adalah faktor yang menentukan seberapa cepat waktu delay antara setiap step yang diubah selama fase akselerasi dan deselerasi. Turunkan nilai ini untuk membuat gerakan lebih halus.
- **Acceleration ramp** adalah jumlah step yang diizinkan untuk proses akselerasi. Tingkatkan nilai ini jika Anda menginginkan gerakan yang lebih halus.
- **Manual Angle** menentukan nilai derajat untuk gerakan manual melalui tombol panah di menu scan.
- **Direction** merupakan menu opsional. Balikkan nilai gerakan (0-1) jika tombol panah dan gerakan tidak sesuai. Sebagai alternatif, Anda dapat membalik kabel motor 180° (PASTIKAN UNTUK MEMATIKAN PERANGKAT TERLEBIH DAHULU!)

7. Setelah selesai melakukan pengaturan, masuk ke menu Scan untuk melakukan pengambilan citra. Tempatkan objek yang sudah disiapkan di turntable dan sesuaikan pengaturan dengan kondisi objek.



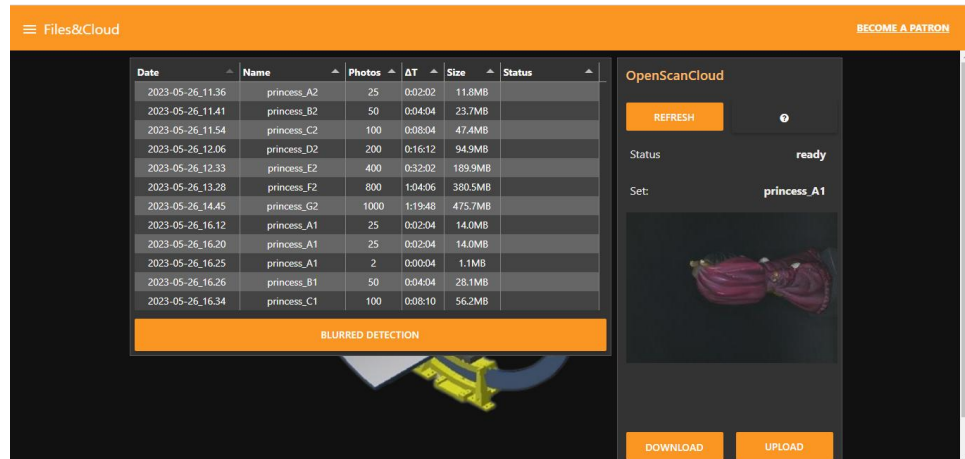
Gambar1. 5 Posisi Objek dan Latar Belakang Tambahan

8. (Opsional) Untuk menggunakan background, pasang background stand beserta backdrop di tengah 3D scanner tepat di belakang turntable. Pastikan posisi backdrop menutupi seluruh bagian latar belakang yang terekspos kamera. Background digunakan untuk meminimalisir noise yang terbentuk pada rekonstruksi 3D.
9. Untuk mulai mengambil citra klik tombol play/start.



Gambar1. 6 Tampilan Antarmuka Akuisisi Citra

- **Projectname.** setiap set foto yang nantinya akan disimpan pola nama berikut YYYY-MM-DD_hh-mm-ss_projectname.zip (mis. 2022-04-05_12.12.12_toysoldier.zip). Atur file Anda dengan memberi setiap set nama proyek baru. Jika tidak ditentukan 'default' akan digunakan.
 - **Rotor** memindahkan rotor dengan penambahan 5°. Pastikan untuk memulai rutinitas dengan kamera dalam posisi horizontal.
 - **Turntable** memindahkan turntable dengan penambahan 15°.
 - **Ringlight** digunakan untuk penerangan bebas bayangan.
 - **Photos** merupakan jumlah foto yang akan diambil.
 - **Shutter** adalah perangkat yang memungkinkan cahaya untuk lewat untuk jangka waktu tertentu, memaparkan film fotografi atau sensor digital fotosensitif ke cahaya untuk menangkap citra pemandangan secara permanen.
 - **Crop X/Y** dianjurkan untuk memangkas sebanyak mungkin area yang tidak perlu. Hal ini dapat menurunkan ukuran file dan mempersingkat waktu transfer dan rekonstruksi!
10. Setelah selesai, kumpulan citra dapat diakses di menu Files.



Gambar1. 7 Tampilan Antarmuka Pengunduhan Citra yang Telah Diakuisisi

E. Tugas

1. Modifikasi nilai acceleration dan acceleration ramp untuk pengambilan citra sebanyak 100 foto. Bandingkan hasil kualitas visual dengan sebelum nilai acceleration dan acceleration ramp diubah (default)!
2. Tentukan nilai shutter yang ideal untuk pengambilan citra dari beberapa kondisi dibawah:
 - a. Dalam ruangan tanpa flash
 - b. Dalam ruangan dengan flash
 - c. Luar ruangan
3. Tentukan derajat maksimal dan minimal untuk rotor rig camera agar dapat mencakup seluruh bagian objek yang ada pada tabel di bawah:

Tabel 1. 1 Tabel Percobaan Derajat Posisi dan Crop XY

Ukuran objek (p x l x t)	Derajat Maksimal	Derajat Minimal	Crop X (%)	Crop Y (%)
5cm x 5cm x 5cm				
10cm x 10cm x 10cm				
5cm x 5cm x 10cm				

10cm x 10cm x 15cm				
-----------------------	--	--	--	--

Tindakan Pencegahan dan Keamanan

1. Produk ini hanya boleh dihubungkan ke catu daya eksternal dengan nilai 5V dc, dan arus minimum 600-1800mA
2. Penanganan yang salah dapat mengakibatkan sengatan listrik, cedera, atau luka bakar.
3. Hindari produk terkena air atau uap air, dan jangan meletakkannya di atas permukaan konduktif saat beroperasi.
4. Jangan memaparkan alat ini ke panas dari sumber apa pun; alat ini dirancang untuk beroperasi pada suhu ruangan normal.
5. Tempatkan alat ini pada permukaan yang stabil dan rata saat digunakan.
6. Berhati-hatilah saat menangani alat ini untuk menghindari kerusakan mekanis atau listrik pada papan sirkuit dan konektor.

Kondisi Pemeliharaan

A. Pemeliharaan Raspberry Pi

1. **Operating System Raspberry Pi** - OS Raspberry Pi dapat diunduh pada link atau scan kode QR berikut :

<https://github.com/nindypuspitttao/OS-Raspberry-Pi-Modul-Praktikum-Penghasil-Model-3D>



2. **Jaga kebersihan papan sirkuit**- Debu dan serpihan dapat menumpuk di board dan menyebabkan masalah seiring waktu. Gunakan udara terkompresi untuk menghilangkan kotoran atau debu dari board, dan gunakan kain lembut atau tisu untuk membersihkannya jika perlu.
3. **Penyimpanan yang tepat** - Saat tidak digunakan, simpan board Raspberry Pi di tempat yang sejuk dan kering. Hindari menyimpannya di lingkungan yang lembap atau lembap karena dapat merusak board.
4. **Gunakan catu daya yang sesuai** - Catu daya yang stabil sangat penting agar Raspberry Pi berfungsi dengan baik. Gunakan catu daya berkualitas baik dengan output minimum 5V dan 2A.

5. **Shutdown sesuai prosedur** - Selalu matikan Raspberry Pi dengan benar sebelum memutuskan catu daya. Gunakan tombol shutdown pada antarmuka pengguna untuk mematikan board dengan aman.

B. Pemeliharaan Motor Stepper

1. **Jaga kebersihan motor** - Debu dan serpihan dapat menumpuk di motor dan menyebabkan masalah seiring waktu. Gunakan sekaleng udara terkompresi untuk menghilangkan kotoran atau debu dari motor, dan gunakan kain lembut untuk mengelapnya jika perlu.
2. **Penyimpanan yang tepat** - Saat tidak digunakan, simpan motor stepper di tempat yang sejuk dan kering. Hindari menyimpannya di lingkungan yang lembap atau lembap karena dapat merusak motor.
3. **Periksa kabel** - Pastikan kabel motor stepper aman dan tidak ada sambungan yang longgar. Periksa driver motor dan sambungan catu daya juga.
4. **Pelumasan** - Oleskan sedikit pelumas ke poros dan bantalan motor stepper untuk mengurangi gesekan dan mencegah keausan.
5. **Perawatan rutin** - Lakukan perawatan rutin pada motor stepper, seperti pembersihan dan pelumasan, untuk memastikan performa yang optimal.
6. **Hindari panas berlebih** - Hindari menjalankan motor stepper dalam waktu lama tanpa pendinginan yang tepat karena dapat menyebabkan motor menjadi terlalu panas dan mengurangi masa pakainya.

Kondisi Perbaikan

A. Raspberry Pi

Raspberry Pi dapat rusak karena beberapa alasan, seperti kepanasan, lonjakan daya, dan kerusakan fisik. Berikut adalah beberapa gejala umum Raspberry Pi yang rusak dan cara memperbaikinya:

1. **Tidak ada daya** - Jika Raspberry Pi tidak menyala, periksa catu daya dan pastikan catu daya memberikan output stabil 5V dan 2A. Jika catu daya baik-baik saja, coba gunakan kartu SD yang berbeda atau flash ulang yang sekarang. Jika metode ini tidak berhasil, Raspberry Pi mungkin mengalami masalah perangkat keras, dan mungkin perlu diganti.
2. **Kartu SD error** - Jika Raspberry Pi menunjukkan error atau tidak bisa boot, coba flash ulang kartu SD dengan gambar sistem operasi yang baru. Jika ini

tidak berhasil, coba gunakan kartu SD lain atau periksa slot kartu SD apakah ada kerusakan fisik.

3. **Terlalu panas** - Jika Raspberry Pi terlalu panas atau mengalami overheat, coba gunakan heat sink atau kipas untuk mendinginkan perangkat. Pastikan perangkat tidak diletakkan di lingkungan tertutup, dan suhu di sekitarnya tidak terlalu tinggi.
4. **Kerusakan fisik** - Jika Raspberry Pi rusak secara fisik, seperti board retak atau komponen rusak, mungkin perlu diganti. Dalam beberapa kasus, kerusakan dapat diperbaiki dengan mengganti komponen yang rusak atau menyolder yang baru.
5. **Masalah perangkat keras lainnya** - Jika Raspberry Pi memiliki masalah perangkat keras lain, seperti port USB atau port Ethernet yang rusak, masalah ini terkadang dapat diperbaiki dengan mengganti komponen yang rusak atau menggunakan adaptor USB atau Ethernet.

B. Camera Rig dan Turntable

1. **Turntable tidak berputar** - Jika turntable tidak berputar, periksa kabel dan pastikan sambungannya kedua stepper aman dan dalam urutan yang benar. Jika pengkabelan baik-baik saja, cek baut bagian base turntable. Rapatkan baut apabila kendur.



Gambar1. 8 Letak Baut pada Base Turntable

2. **Camera Rig tidak berputar atau tersendat** - Apabila rig tersendat pada bagian tertentu, periksa dan pastikan tidak ada sesuatu yang menyangkut pada bagian gear. Jika gear baik-baik saja, cek bagian bearing. Sesuaikan kerapatan bearing yang ada pada bagian bawah rig. Bearing yang terlalu rapat / longgar dapat menghambat pergerakan rig. Pastikan jarak antara rig dengan base tidak terlalu rapat.



Gambar1. 9 Jarak Bearing dengan Base

C. Stepper

1. **Tidak ada gerakan** - Jika motor stepper tidak bergerak, periksa kabel dan pastikan sambungannya aman dan dalam urutan yang benar. Jika pengkabelan baik-baik saja, coba sesuaikan pembatas arus pada driver atau periksa driver motor apakah ada kesalahan.
2. **Kerusakan fisik** - Jika motor stepper rusak secara fisik, seperti poros yang patah atau kabel yang rusak, mungkin perlu diganti. Dalam beberapa kasus, kerusakan dapat diperbaiki dengan mengganti komponen yang rusak atau menyolder yang baru.
3. **Masalah perangkat keras lainnya** - Jika motor stepper memiliki masalah perangkat keras lainnya, seperti driver yang salah atau kabel yang salah, masalah ini terkadang dapat diperbaiki dengan mengganti komponen yang rusak atau memperbaiki kabel.

Modul Praktikum 2

Percobaan Algoritma Structure from Motion dengan Alicevision Meshroom

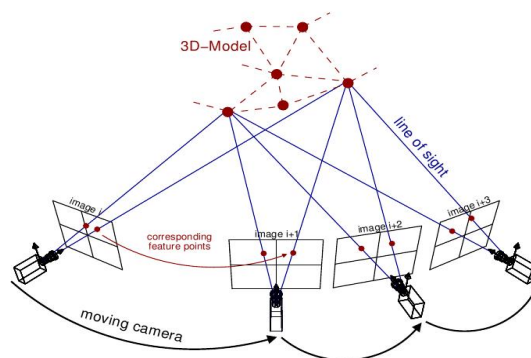
A. Tujuan

1. Mahasiswa dapat memahami konsep algoritma Structure from Motion
2. Mahasiswa dapat memahami pengaruh cahaya dan bayangan algoritma Structure from Motion
3. Mahasiswa dapat memahami pengaruh jumlah citra terhadap hasil rekonstruksi 3D
4. Mahasiswa dapat memahami perbedaan descriptor type pada proses Feature Extraction dalam Structure from Motion

B. Dasar Teori

Structure from Motion

Structure from Motion (SfM) adalah proses pengestimasi struktur 3D sebuah objek maupun pemandangan dari citra dua dimensi. Konsep utama SfM adalah fotogrametri, yaitu melakukan Pengukuran kuantitatif dilakukan dengan menggunakan citra fotografi kamera. Perbedaan antara keduanya adalah bahwa metode SfM tidak memerlukan pengaturan kamera awal, seperti posisi dan orientasi kamera. Dalam metode SfM Juga tidak perlu mengkalibrasi citra stereoskopis yang dihasilkan. SfM menggunakan beberapa citra stereo (tiga atau lebih) dan melakukan perhitungan Trigonometri, seperti yang dihasilkan dalam teknik fotogrametri.

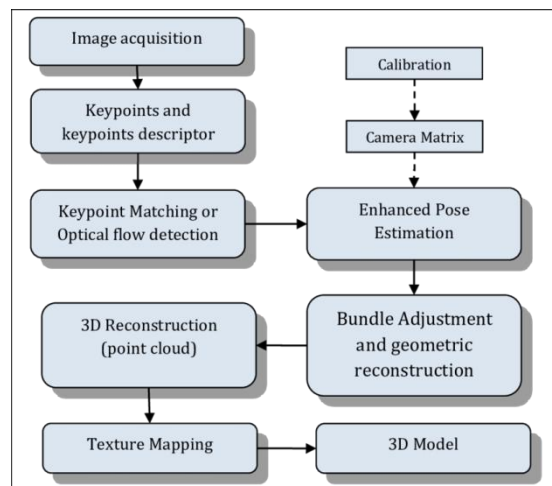


Gambar 2. 1 Prinsip Structure from Motion (SfM)

Sumber : <http://theia-sfm.org/sfm.html>

Alur metode SfM antara lain adalah:

1. Akuisisi citra dan ekstrak keypoint. Pada proses ini, keypoints penting atau points of interest dari berbagai citra disimpan.
2. Matching citra-citra yang telah diambil untuk mengestimasi pose kamera (posisi koordinat x, y, z dan arah kamera)
3. Proyeksi keypoint tiap citra akan bertemu dan membentuk point cloud
4. Point cloud yang dihasilkan digabungkan dengan hingga menghasilkan 3D model dalam bentuk mesh



Gambar 2. 2 Alur Algoritma Structure from Motion

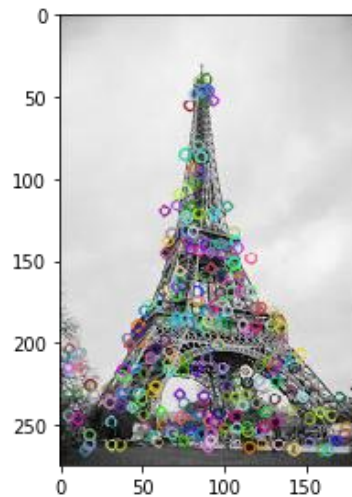
Sumber : Laksono, Dany. (2016). CloudSfM: 3D Reconstruction using Structure from Motion Web Service. 10.13140/RG.2.2.34441.29289.

Gambar 2.2 adalah alur dari algoritma SfM yang memuat akuisisi citra dan keypoint, matching citra, proyeksi keypoint, dan meshing point cloud.

Feature Extraction

Feature Extraction adalah langkah penting dalam fotogrametri Structure from Motion (SfM) yang melibatkan pendeteksian dan ekstraksi kelompok piksel berbeda yang tidak berubah terhadap perubahan sudut pandang kamera selama akuisisi gambar. Dalam konteks *feature extraction*, deskriptor adalah representasi numerik atau karakteristik dari *keypoint* atau *point of interest* yang terdeteksi dalam suatu citra. Deskriptor menyandikan tampilan lokal dan properti keypoint dengan cara yang memungkinkan pencocokan dan perbandingan yang efisien di beberapa citra. Deskriptor memainkan peran penting dalam computer vision berbasis fitur seperti image matching, object recognition, dan structure from motion. Deskriptor

menangkap informasi tentang lingkungan *keypoint*, termasuk gradien intensitas, tekstur, warna, atau fitur lain yang relevan. Dengan membandingkan deskriptor antara *keypoint* pada gambar yang berbeda, korespondensi dapat dibuat, memungkinkan berbagai aplikasi seperti penggabungan gambar, rekonstruksi 3D, dan pelacakan visual.



Gambar 2. 3 Contoh Hasil Feature Extraction pada Citra

Sumber : <https://www.analyticsvidhya.com/blog/2019/10/detailed-guide-powerful-sift-technique-image-matching-python/>
(diakses pada tanggal 1 Juli 2023, jam 16:20)

SIFT (Scale-Invariant Feature Transform) adalah metode ekstraksi fitur populer yang banyak digunakan dalam aplikasi computer vision, termasuk fotogrametri Structure from Motion (SfM). SIFT menghasilkan sekumpulan titik yang dapat digunakan untuk mendeteksi pola serupa pada gambar lain, dan kuat terhadap perubahan skala, rotasi, dan iluminasi, sehingga cocok untuk berbagai aplikasi[12]. Terdapat beberapa variasi SIFT, termasuk DSP-SIFT, SIFT Upright, dan SIFT Float, masing-masing dengan kelebihan dan kasus penggunaannya sendiri.

SIFT Standar

Karakteristik terkuat dari algoritma SIFT adalah invarian terhadap skala[13]. Algoritma SIFT standar banyak digunakan untuk deteksi dan pencocokan fitur tujuan umum dalam fotogrametri SfM. Ini menghasilkan sejumlah besar fitur yang secara padat menutupi gambar pada rentang skala dan lokasi penuh, sehingga cocok untuk aplikasi yang memerlukan sejumlah besar fitur. Berikut ini adalah tahapan utama komputasi yang digunakan untuk menghasilkan set fitur citra:

1. **Scale-space extrema detection** : Tahap pertama komputasi adalah mencari semua skala dan lokasi gambar. Tahap ini diimplementasikan secara efisien dengan menggunakan fungsi difference-of-Gaussian untuk mengidentifikasi potensi point of interest yang invarian terhadap skala dan orientasi.
2. **Keypoint localization** : Di setiap kandidat lokasi, model terperinci layak untuk ditentukan lokasi dan skalanya. Keypoint dipilih berdasarkan ukuran stabilitasnya.
3. **Orientation assignment** : Satu atau lebih orientasi ditetapkan ke setiap lokasi keypoint berdasarkan arah gradien citra lokal. Semua operasi selanjutnya dilakukan pada data citra yang telah diubah relatif terhadap orientasi, skala, dan lokasi untuk setiap fitur, sehingga memberikan invarian pada transformasi ini.
4. **Keypoint descriptor** : Gradien gambar lokal diukur pada skala yang dipilih di wilayah sekitar setiap keypoint. Hal ini kemudian diubah menjadi representasi yang memungkinkan tingkat distorsi bentuk lokal yang signifikan dan perubahan iluminasi.

SIFT Upright

Deskriptor SIFT Upright lebih diskriminatif daripada deskriptor SIFT standar untuk citra tegak lurus. Upright images atau citra tegak lurus adalah citra yang tidak diputar atau miring, dan arah gravitasi sejajar dengan arah vertikal citra. Deskriptor ini menghasilkan fitur yang selaras dengan arah gravitasi, yang diproyeksikan ke pemandangan. Hal tersebut membuat SIFT Upright cocok untuk aplikasi di mana arah gravitasi diketahui dan dapat digunakan untuk meningkatkan deteksi fitur.

Varian ini menghapus langkah orientation assignment dari algoritme SIFT asli, menghasilkan versi SIFT yang disederhanakan. Dengan menghilangkan orientation assignment, varian SIFT Upright mengurangi kompleksitas komputasional dan dapat bermanfaat dalam skenario di mana orientasi keypoints tidak penting.

SIFT Float

SIFT Float adalah variasi dari algoritma SIFT yang menggunakan *floating-point arithmetic* alih-alih *fixed-point arithmetic* untuk meningkatkan akurasi deskriptor. Deskriptor SIFT standar menggunakan aritmatika *fixed-point* untuk menghitung orientasi gradien, dimana hal tersebut dapat menyebabkan kesalahan kuantisasi dan mengurangi akurasi. SIFT Float menggunakan aritmatika *floating-point* untuk menghitung orientasi gradien, yang mengurangi kesalahan kuantisasi dan meningkatkan akurasi deskriptor.

SIFT Float menggunakan angka floating-point untuk merepresentasikan deskriptor, menghasilkan representasi gambar yang lebih akurat. Hal ini membuat SIFT Float cocok untuk aplikasi yang membutuhkan akurasi tinggi.

DSP SIFT

DSP SIFT (Digital Signal Processing SIFT) adalah variasi dari algoritma SIFT yang menggunakan teknik pemrosesan sinyal digital untuk meningkatkan akurasi dan efisiensi deskriptor. DSP SIFT menggunakan bank filter untuk mengekstraksi fitur dari gambar, yang mengurangi noise dan meningkatkan akurasi deskriptor. DSP SIFT juga menggunakan transformasi Fourier cepat (FFT) untuk menghitung orientasi gradien, yang mengurangi kompleksitas komputasi algoritme. DSP-SIFT adalah modifikasi SIFT yang menyatukan orientasi gradien di berbagai ukuran domain. Deskriptor ini dirancang agar lebih efisien dan kompak daripada deskriptor SIFT standar [14].

Meshroom

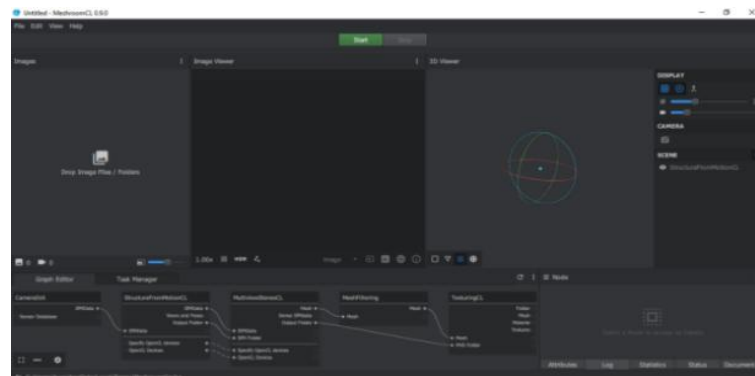
Meshroom adalah software Rekonstruksi 3D open-source dan gratis berbasis framework AliceVision. Meshroom dikembangkan menggunakan Python dan menggunakan Qt/PySide untuk Graphical User Interface (GUI). Framework AliceVision dikembangkan menggunakan bahasa C++ dan depht-map tool diimplementasikan menggunakan C++/Cuda. Meshroom dapat dioperasikan di Linux maupun Windows. Meshroom menyediakan pipeline photogrammetry untuk merekonstruksi scene 3D dari citra diam yang diambil dari berbagai jenis kamera, dari kamera profesional hingga smartphone dan dapat menangani sejumlah citra input yang berubah-ubah, mulai dari segelintir hingga beberapa ribu. Meshroom juga menyediakan pipeline lain, misalnya untuk menggabungkan citra multi-bracketing low dynamic range (LDR) menjadi citra high dynamic range (HDR), menggabungkan beberapa citra menjadi panorama dan memperkirakan gerakan kamera yang bergerak. Untuk memenuhi berbagai macam tugas, Meshroom dirancang dengan nodal engines. Hal ini memungkinkan end-user untuk menyesuaikan pipeline dengan kebutuhan spesifik mereka, bahkan memungkinkan mereka untuk memperluasnya dengan menambahkan node mereka sendiri. Ekstensibilitas didukung oleh ketergantungan Meshroom pada standar dan format open-source, yang telah membantu mengintegrasikan tools lain ke dalam pipeline Meshroom.

C. Prosedur Percobaan

1. Unduh software meshroom pada tautan <https://alicevision.org/#meshroom> atau scan kode QR berikut :

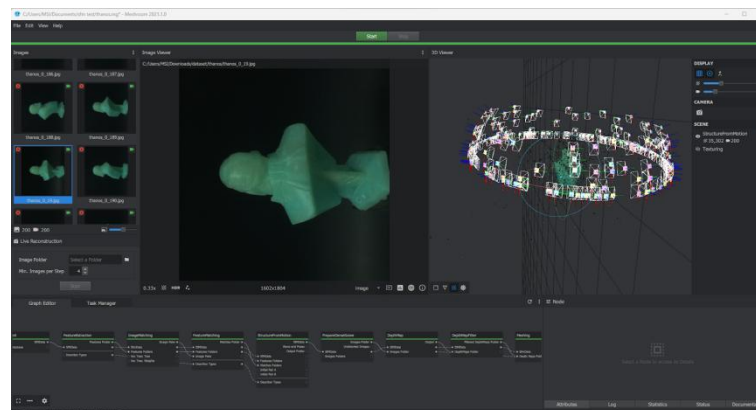


2. Ekstrak file telah diunduh dan buka aplikasi meshroom pada file yang bernama “meshroom.exe”
3. Pada kolom image sebelah kiri, impor kumpulan data citra yang telah terunduh.



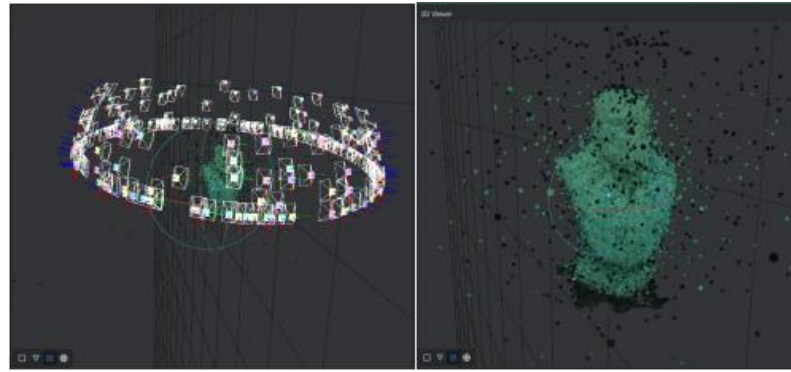
Gambar 2. 4 Tampilan Antarmuka Software Alicevision Meshroom

4. Klik tombol start pada kolom atas untuk memulai proses rekonstruksi 3D.

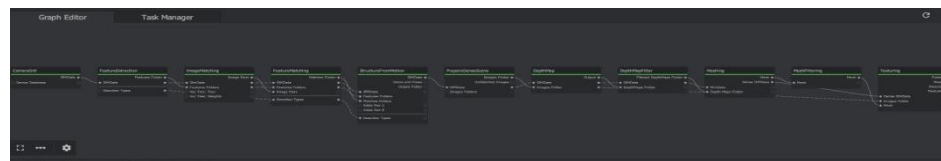


Gambar 2. 5 Rekonstruksi 3D pada Meshroom

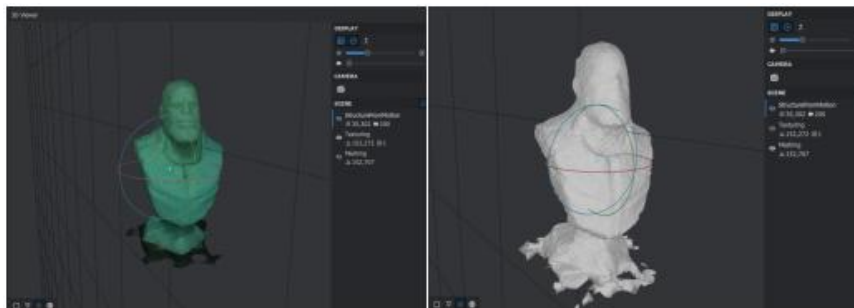
5. Setelah selesai, hasil point cloud pada SfM akan muncul pada kolom 3D Viewer beserta posisi dan pose kamera.



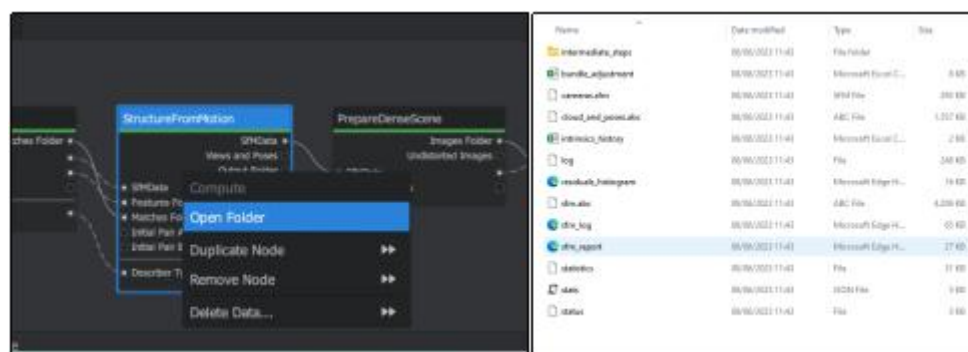
6. Untuk menampilkan hasil 3D mesh, klik 2x pada pipeline meshing dan/texturing.



- Nonaktifkan tampilan point clouds.



8. Untuk menampilkan report hasil SfM, klik kanan pada pipeline Structure from Motion dan pada folder tersebut terdapat file-file yang memuat data hasil SfM yang meliputi RMSE dll

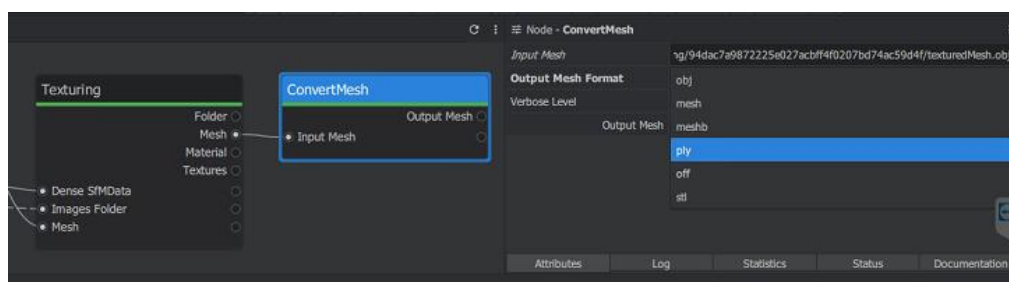


9. Hasil rekonstruksi 3D pada meshroom dapat diekspor ke beberapa opsi format file.

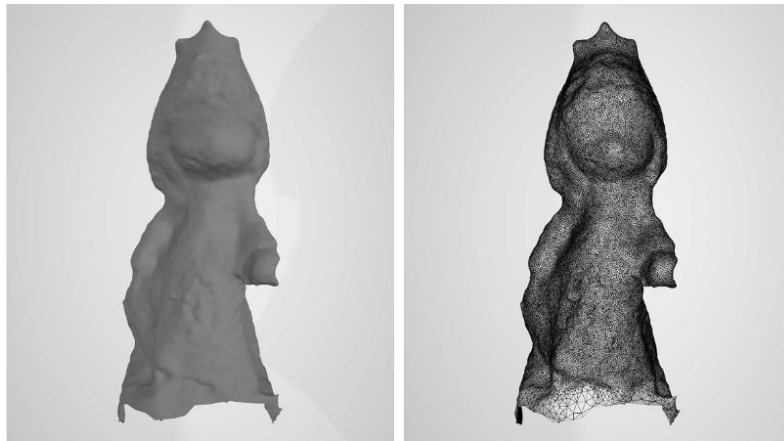
Tabel 2. 1 Format File pada Meshroom

OBJ	OBJ adalah format file yang umumnya digunakan untuk 3D printing dan aplikasi grafis 3D.
MESH	File MESH umumnya digunakan pada perangkat lunak MeshLab. MESH adalah nama ekstensi untuk file yang berisi data mesh 3D yang digunakan oleh banyak perangkat lunak desain berbantuan komputer, program visualisasi data, dan mesin game.
PLY	Format File Poligon. Format penyimpanan data PLY mendukung deskripsi yang relatif sederhana dari satu objek sebagai daftar poligon. Berbagai properti dapat disimpan, termasuk warna dan transparansi, permukaan, dan koordinat tekstur.
OFF	<i>Object File Format</i> . OFF adalah format file definisi geometri yang berisi deskripsi poligon penyusun objek geometris.
STL	STL adalah format file yang paling umum digunakan untuk pencetakan 3D.

Untuk mengekspor file mesh, tambahkan node “ConvertMesh” ke dalam “graph editor”. Hubungkan output mesh terakhir pada node “Texturing” ke input mesh pada node “ConvertMesh”. Untuk memilih format file, buka kolom “Attributes” dan pilih sesuai kebutuhan.



Gambar 2. 10 Node "ConvertMesh"



Gambar 2. 11 dari Kiri, File Mesh dan File Berbentuk Polygon

D. Tugas

D1. Pengaruh perbedaan descriptor type pada pipeline Feature Extraction

1. Ambil foto 4 objek berbeda menggunakan alat dengan parameter pengambilan citra sebagai berikut :
 - a. Jumlah foto 200
 - b. Background hitam
 - c. Tanpa flash
 - d. Shutter 65ms
 - e. Crop X 45%
 - f. Crop Y 35%
2. Modifikasi Descriptor type dalam proses rekonstruksi 3D dan catat data hasil yang didapat pada tabel berikut:

Tabel 2. 2 Hasil Percobaan Modifikasi Varian SIFT

No	Objek	SIFT		DPSIFT		SIFT Float		SIFT Upright	
		Point Cloud	RMSE	Point Cloud	RMSE	Point Cloud	RMSE	Point Cloud	RMSE
1	Objek A								
2	Objek B								
3	Objek C								
4	Objek D								
Average									

D2. Pengaruh jumlah citra dan penggunaan flash terhadap hasil rekonstruksi 3D

1. Ambil foto objek menggunakan alat dengan parameter pengambilan citra sebagai berikut :
 - a. Dengan flash

- b. Background hitam
 - c. Shutter 35ms
 - d. Crop X 65%
 - e. Crop Y 35%
2. Modifikasi jumlah foto dan catat data yang didapat pada tabel berikut.

Tabel 2. 3 Hasil Percobaan Modifikasi Jumlah Citra dengan Flash

No	Jumlah Foto	%Camera Pose	Point Cloud	RMSE
1	25			
2	50			
3	100			
4	200			
5	400			
6	800			
7	1000			
Average				

3. Ambil foto objek menggunakan alat dengan parameter pengambilan citra sebagai berikut :
 - a. Tanpa flash
 - b. Background hitam
 - c. Shutter 70ms
 - d. Crop X 65%
 - e. Crop Y 35%
4. Modifikasi jumlah foto dan catat data yang didapat pada tabel berikut

Tabel 2. 4 Hasil Percobaan Modifikasi Jumlah Citra Tanpa Flash

No	Jumlah Foto	%Camera Pose	Point Cloud	RMSE
1	25			
2	50			
3	100			
4	200			
5	400			
6	800			
7	1000			
Average				

E. Laporan

1. Analisis data yang didapat pada tiap percobaan dan jelaskan pengaruh tiap variabel yang digunakan maupun dimodifikasi. Visualisasikan data dalam grafik untuk memudahkan proses analisis!
2. Dari seluruh percobaan, simpulkan descriptor type mana yang menghasilkan 3D mesh paling optimal dan jelaskan alasannya!
3. Analisis akurasi hasil rekonstruksi 3D secara visual dan jelaskan mengapa demikian!

Modul Praktikum 3

Percobaan Rekonstruksi 3D dengan Reflective Filter

A. Tujuan

1. Mahasiswa dapat memahami tahap pra pemrosesan citra Reflective Filter
2. Mahasiswa dapat memahami pengaruh dan kegunaan reflective filter terhadap hasil rekonstruksi 3D

B. Dasar Teori

Secara umum, proses rekonstruksi 3D masih menghadapi berbagai tantangan, salah satunya ketika objek yang akan direkonstruksi memiliki permukaan yang reflektif. Refleksi cahaya pada objek dapat menyebabkan distorsi pada citra dan memperumit proses rekonstruksi. Untuk mengatasi hal ini, diaplikasikan reflective filter untuk meminimalisir refleksi cahaya pada objek dan citra keseluruhan.

Reflective Filter adalah proses awal pengolahan citra yang bertujuan untuk memperbaiki citra. Proses ini dilakukan dengan mengidentifikasi bagian citra yang mengkilap atau reflektif, kemudian memperbaiki bagian tersebut dengan mengurangi intensitasnya. Beberapa teknik yang dapat digunakan adalah dengan menambahkan blur pada citra yang telah diubah menjadi grayscale, serta mendeteksi gradien dan tepi pada citra. Setelah itu, bagian yang dianggap bermasalah akan diperbaiki dengan menggunakan beberapa metode seperti in-painting, pengaturan dan perubahan citra menjadi citra HSV, dan teknik Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE).

C. Prosedur Percobaan

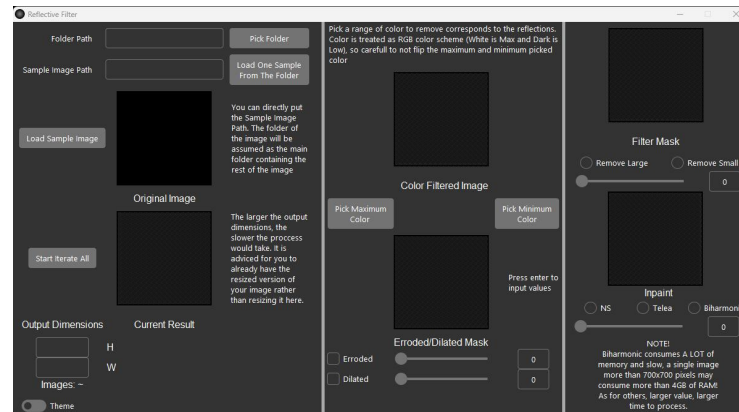
1. Siapkan dataset yang telah diakuisisi pada percobaan sebelumnya. Simpan dataset pada folder tertentu dan pastikan folder hanya memuat file dataset 2D.
2. Unduh aplikasi Reflective Filter melalui tautan

https://github.com/Blatz04/RF_UI/releases/tag/v1.0.0

atau scan kode QR berikut :

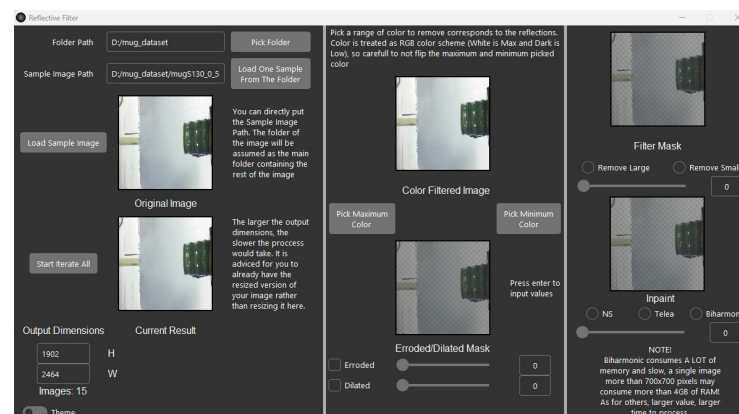


3. Jalankan aplikasi “RF_UI.exe”



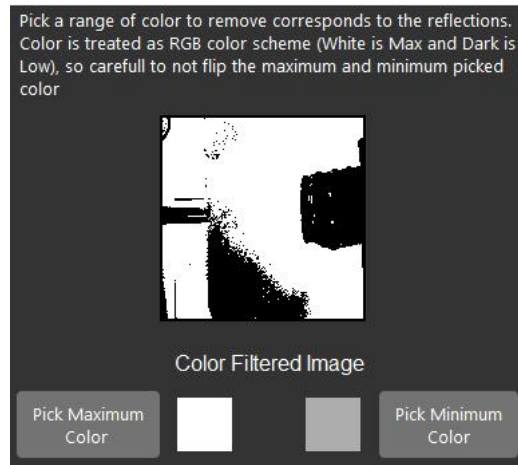
Gambar 3. 1 Tampilan Antarmuka Software Reflective Filter

4. Salin alamat lokasi file dataset yang telah disiapkan dan masukkan ke kolom “Folder Path”. Kemudian pilih citra yang akan digunakan sebagai *sample* dan masukkan alamat lokasi file ke kolom “Sample Image Path”.



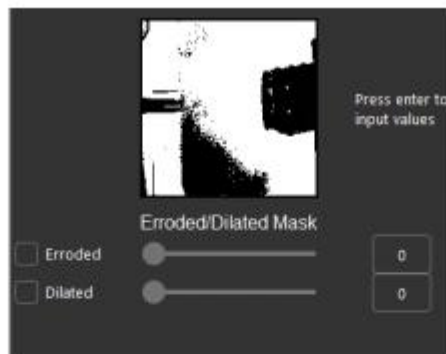
Gambar 3. 2 Sample Citra yang Diinputkan pada Software RF

5. Pilih range warna refleksi yang akan dihilangkan. Pemilihan warna disesuaikan dengan skema warna RGB, warna putih sebagai maksimum dan gelap sebagai minimum. Pada contoh dibawah, warna putih dan abu-abu dipilih karena cahaya yang terefleksikan pada citra berwarna demikian.

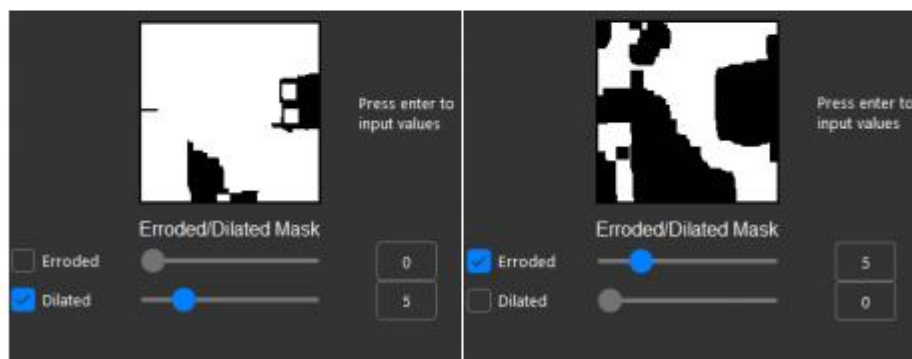


Gambar 3. 3 Pemilihan Warna Maksimum dan Minimum RF

6. Terdapat dua tipe masking pada reflective filter. Pada bagian “Erroded/Dilated Mask”, dilated atau dilatasi berfungsi untuk menambahkan piksel ke batas objek dalam citra, sedangkan erroded atau erosi menghilangkan piksel pada batas objek.



(1)

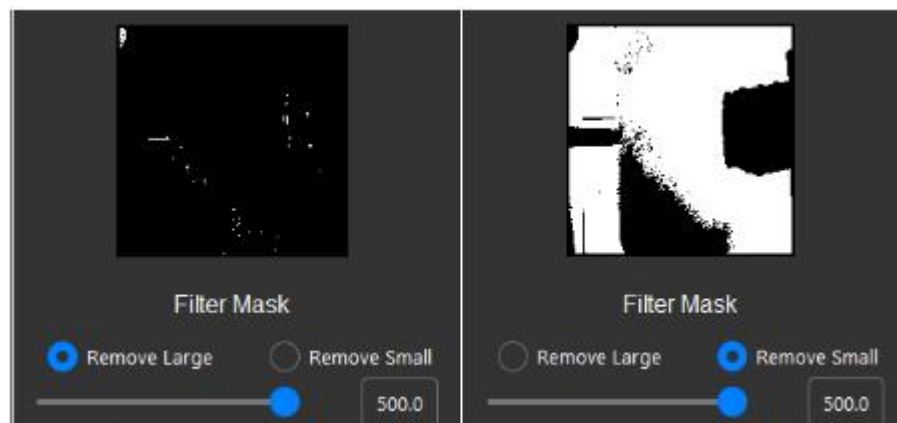


(2)

(3)

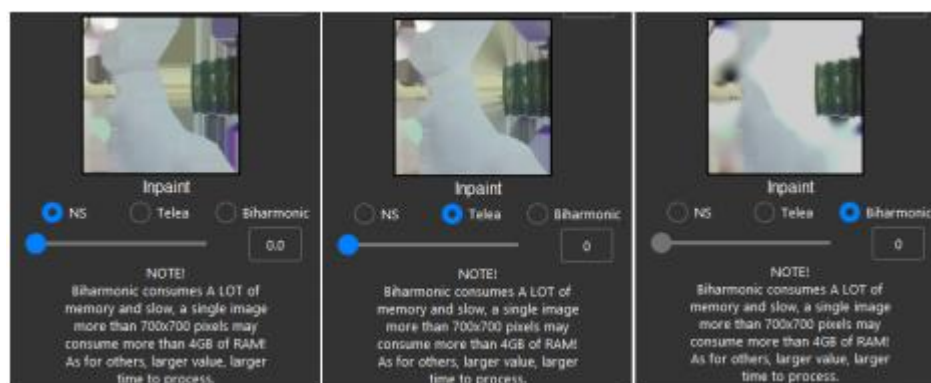
Gambar 3. 4 (1) sample sebelum dimasking, (2) dan (3) sample setelah dimasking dengan nilai yang sama.

7. Masking kedua merupakan bagian filter. Pada bagian ini pengguna dapat memilih untuk menghapus bagian kecil atau besar.



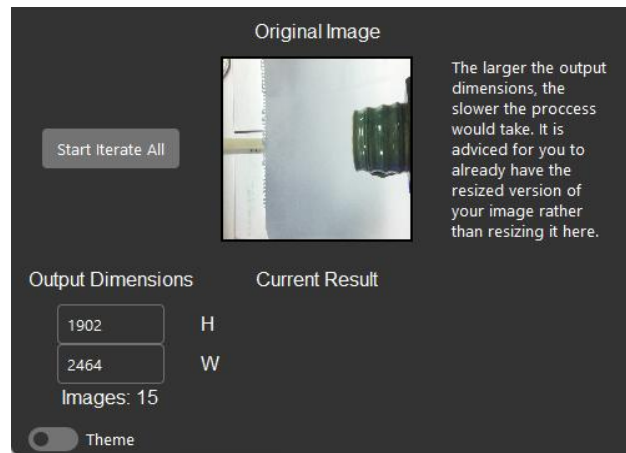
Gambar 3. 5 Sample Setelah Difilter

8. Tahap terakhir adalah “Inpaint”. Pada tahap ini terdapat 3 pilihan metode inpaint yang dapat digunakan sesuai dengan kondisi citra.



Gambar 3. 6 Pilihan Metode Inpaint

9. Setelah selesai melakukan penyesuaian, mulai iterasi untuk memproses filter pada seluruh data citra yang ada pada folder sebelumnya. Ukuran dimensi dapat disesuaikan dengan kebutuhan dengan catatan semakin besar resolusi citra, semakin berat dan lama prosesnya.



Gambar 3. 7 Dimensi Citra

10. Hasil citra yang telah diberi filter akan muncul pada folder baru di lokasi yang sama dengan raw datasetnya.

Tabel 3. 1 Perbandingan Citra Sebelum dan Sesudah diberi Reflective Filter

Sebelum	Sesudah
	
	

D. Tugas

1. Ambil foto 4 objek berbeda menggunakan alat dengan parameter pengambilan citra sebagai berikut (sama dengan dataset yang diambil pada modul 2) :
 - a. Jumlah foto 200
 - b. Background hitam
 - c. Tanpa flash

- d. Shutter 65ms
 - e. Crop X 45%
 - f. Crop Y 35%
2. Aplikasikan filter pada tiap dataset dan bandingkan hasil rekonstruksi 3D dengan data citra tanpa reflective filter.

Tabel 3. 2 Hasil Rekonstruksi 3D dengan dan Tanpa Filter

No	Objek	Tanpa Filter			Dengan Reflective Filter		
		% camera pose	Point Cloud	RMSE	% camera pose	Point Cloud	RMSE
1	Objek A						
2	Objek B						
3	Objek C						
4	Objek D						
Average							

E. Laporan

1. Analisis hasil percobaan yang telah dilakukan dan jelaskan pengaruh reflective filter pada proses rekonstruksi 3D!
2. Analisis akurasi hasil rekonstruksi 3D secara visual dan jelaskan mengapa demikian!

Modul Praktikum 4

Percobaan Rekonstruksi 3D dengan Blurred Detection

A. Tujuan

1. Mahasiswa dapat memahami tahap pra pemrosesan citra yakni Blur Detection
2. Mahasiswa dapat memahami pengaruh Blur Detection terhadap hasil rekonstruksi 3D

B. Dasar Teori

Blurred Detection adalah tahap pra-pemrosesan dalam restorasi citra. Menggunakan deteksi blur yang berbeda teknik, kualitas citra dapat diidentifikasi apakah buram atau tidak. Terdapat beberapa operasi pengukuran fokus yang dapat digunakan seperti Absolute Central Moment, Image Contrast, hingga Gray Level Variance. Percobaan ini dilakukan berdasarkan hipotesis di mana noise dalam rekonstruksi tercipta dikarenakan adanya benda-benda di luar objek yang fiturnya terdeteksi dan berhasil ditriangulasi sehingga 3D model yang telah terekonstruksi tidak sepenuhnya terfokus pada objek.

C. Percobaan dan Tugas

1. Ambil foto 4 objek berbeda menggunakan alat dengan parameter pengambilan citra sebagai berikut (sama dengan dataset yang diambil pada modul 2) :
2. Aplikasikan blur detection pada tiap dataset dan bandingkan hasil rekonstruksi 3D dengan data citra tanpa blur detection.
 - a. Jumlah foto 200
 - b. Background hitam
 - c. Tanpa flash
 - d. Shutter 65ms
 - e. Crop X 45%
 - f. Crop Y 35%

Tabel 4. 1 Hasil Percobaan Blur Filter

No	Objek	Tanpa Blur Detection			Dengan Blur Detection		
		% camera pose	Point Cloud	RMSE	% camera pose	Point Cloud	RMSE
1	Objek A						
2	Objek B						
3	Objek C						
4	Objek D						
Average							

Modul Praktikum 5

Percobaan Rekonstruksi 3D menggunakan Software Agisoft Metashape dan Manipulasi Latar Belakang

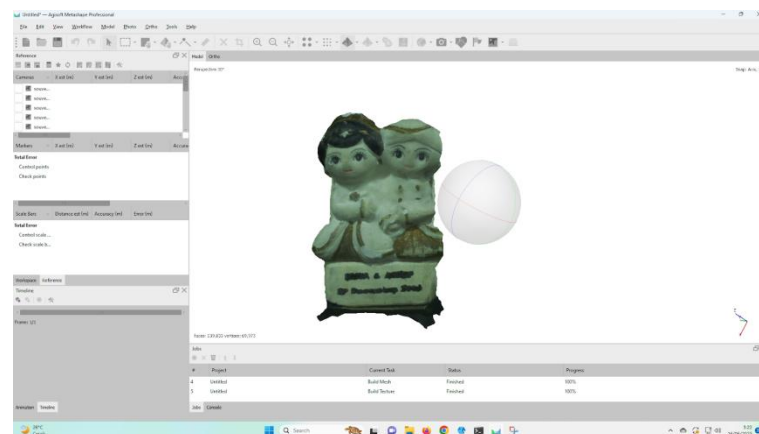
A. Tujuan

1. Mahasiswa dapat menjalankan rekonstruksi 3D menggunakan Software Agisoft Metashape
2. Mahasiswa dapat memahami fungsi penggunaan coded target dalam proses rekonstruksi 3D

B. Dasar Teori

Agisoft Metashape

Agisoft Metashape adalah perangkat lunak yang dapat melakukan pemrosesan fotogrametri gambar digital dan menghasilkan data spasial 3D seperti point clouds dan mesh untuk digunakan dalam berbagai aplikasi seperti aplikasi GIS, dokumentasi warisan budaya, dan produksi efek visual, serta untuk pengukuran tidak langsung objek dari berbagai skala. Ini adalah alur kerja yang ramah pengguna yang menempatkannya di atas banyak platform pemrosesan model 3D lainnya. Perangkat lunak ini memungkinkan pemrosesan gambar dari RGB atau kamera multispektral, termasuk sistem multi kamera, menjadi informasi spasial bernilai tinggi. Beberapa fitur penting memungkinkan Metashape memproses berbagai jenis citra (baik dari udara maupun jarak dekat), menghasilkan titik awan, mengukur jarak, luas, dan volume, serta menghasilkan jaring 3D yang kemudian dapat diekspor ke berbagai format populer.

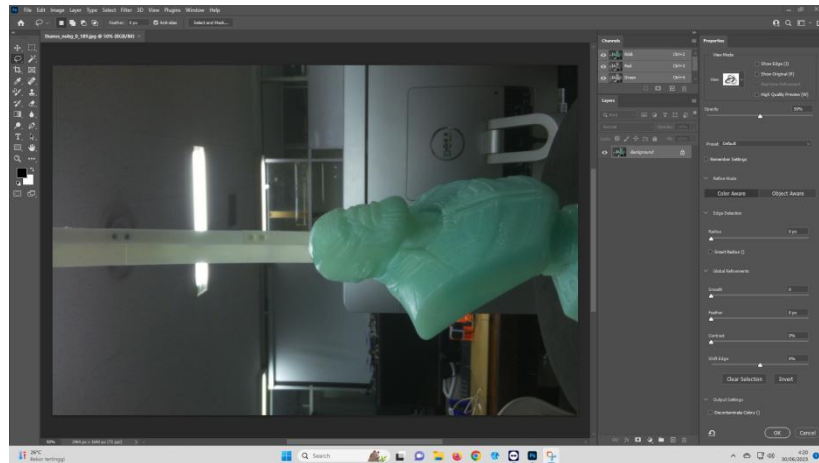


Gambar 5. 1 Tampilan Antarmuka Software Agisoft Metashape

C. Prosedur Percobaan

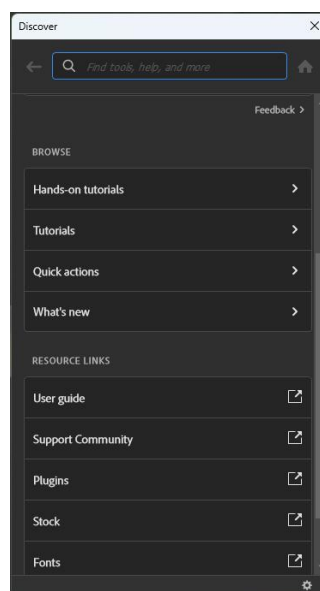
C1. Manipulasi Latar Belakang menggunakan Photoshop

1. Siapkan citra yang akan dimanipulasi.
2. Buka software Adobe Photoshop kemudian import seluruh citra yang akan dimanipulasi.



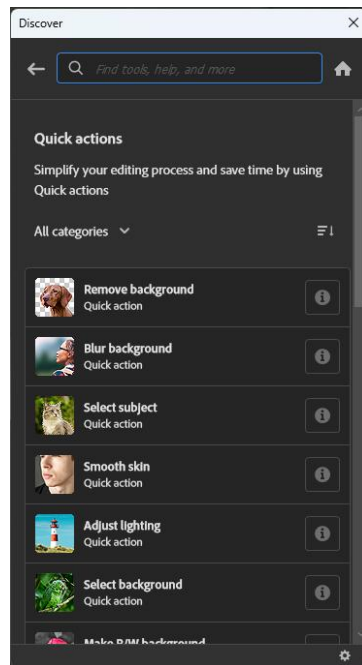
Gambar 5. 2 Tampilan Antarmuka Adobe Photoshop

3. Klik “Ctrl + f” untuk membuka menu “Discover” kemudian klik “Quick Action”.



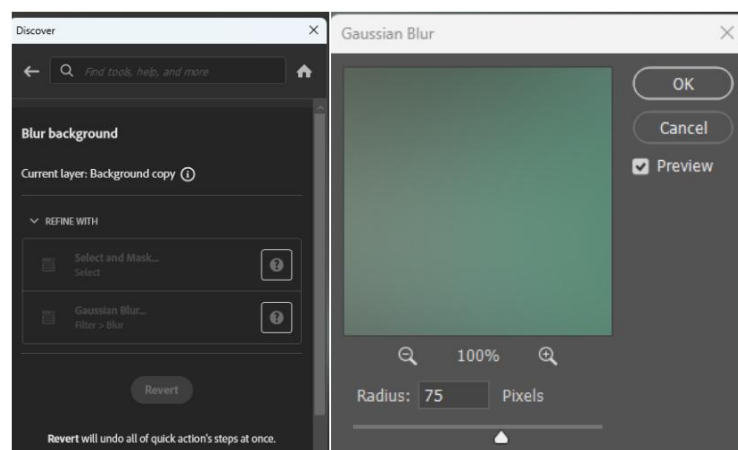
Gambar 5. 3 Menu "Discover" pada Software Adobe Photoshop

4. Pilih aksi yang akan dilakukan. Pada percobaan ini, akan dilakukan permburaman dan penghilangan latar belakang melalui aksi “Remove Background” dan “Blur Background”.

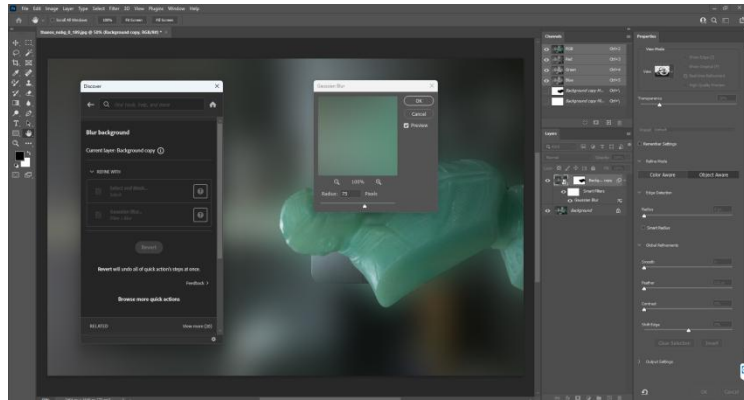


Gambar 5. 4 Menu "Quick Actions"

5. Untuk memburamkan latar belakang, pilih aksi “Blur background” kemudian software akan memburamkan latar belakang secara otomatis. Tingkat keburaman dapat dimodifikasi melalui menu “Gaussian Blur”. Masukkan nilai radius (dalam pixel) semakin tinggi nilai radius, semakin buram latar belakang.

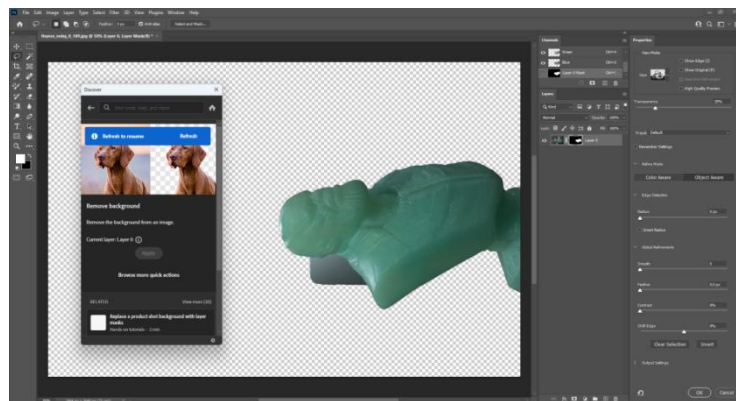


Gambar 5. 5 Aksi "Blur Background"



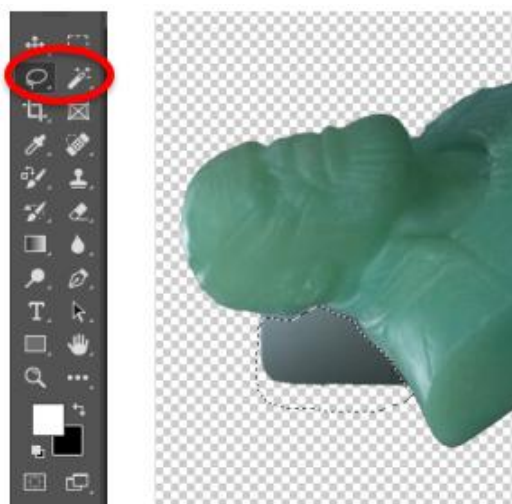
Gambar 5. 6 Tampilan Antarmuka Photoshop

6. Untuk menghilangkan latar belakang, pilih aksi “Remove background” kemudian software akan menghilangkan latar belakang secara otomatis.



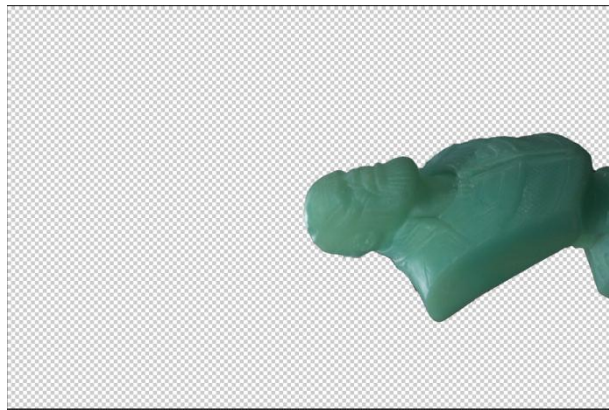
Gambar 5. 7 Aksi "Remove Background"

7. Apabila masih terdapat bagian yang tidak terhapus gunakan pilih area yang ingin dihilangkan menggunakan alat “magic wand” atau “lasso tool”(pilih antara keduanya). Kemudian klik “del”.



Gambar 5. 8 Masking area yang akan dihapus

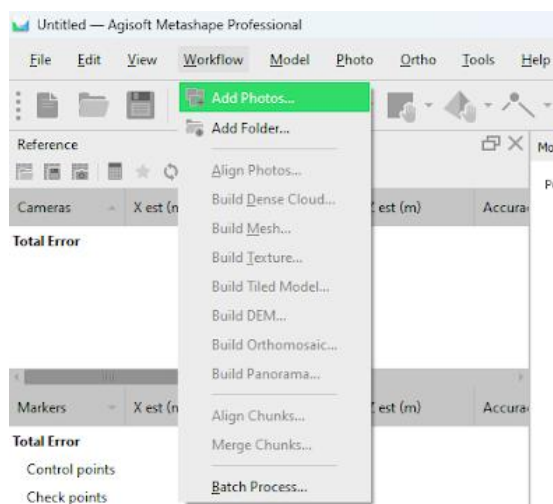
8. Setelah terhapus, simpan citra pada menu dalam format PNG.



Gambar 5. 9 Hasil Penghapusan Latar Belakang pada Citra

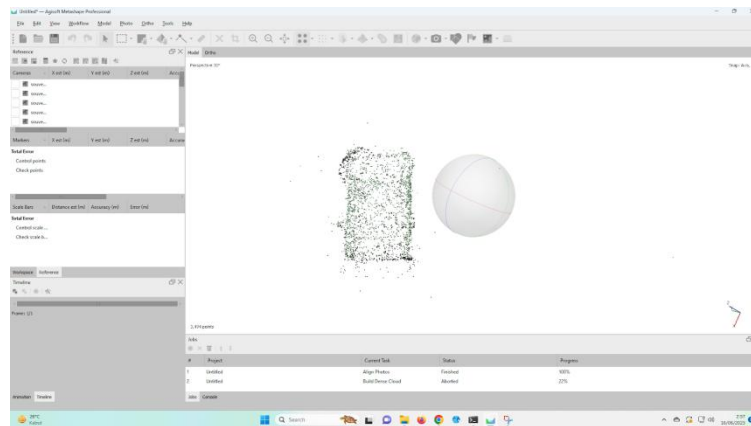
C2. Rekonstruksi 3D

1. Siapkan dataset citra yang telah diakuisisi pada percobaan sebelumnya.
2. Pada menu workflow, import kumpulan citra yang akan direkonstruksi



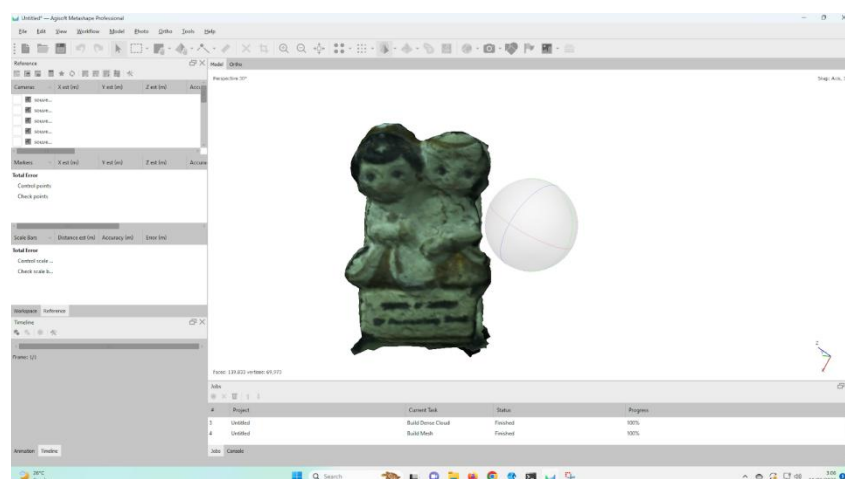
Gambar 5. 10 Workflow Rekonstruksi 3D Agisoft Metashape

3. Selanjutnya pada workflow yang sama, align photos untuk menemukan posisi dan orientasi kamera untuk setiap foto. Operasi Align Photos terdiri dari pendeteksian titik fitur pada masing-masing gambar dan mencocokkan titik fitur ini untuk menyelaraskan foto



Gambar 5. 11 Sparse Point Clouds

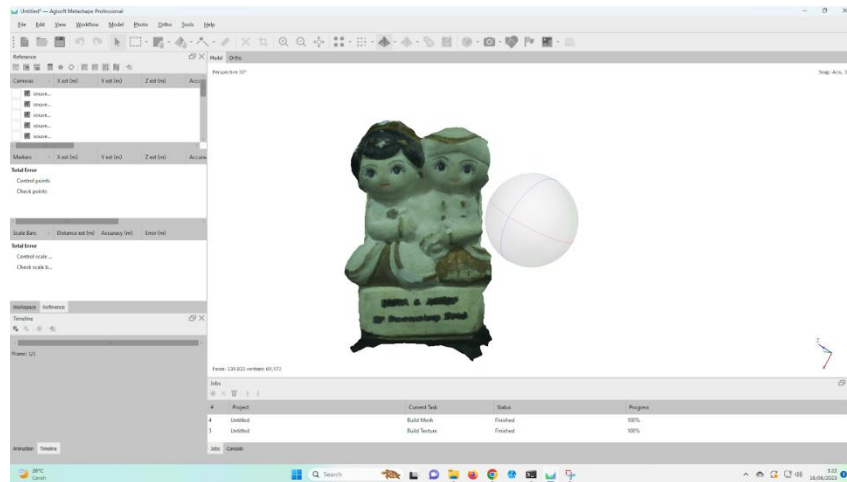
4. Kemudian Build Dense Cloud. Build Dense Cloud langkah dalam workflow fotogrametri di Agisoft Metashape yang melibatkan analisis setiap citra lebih dekat untuk membangun point clouds yang jauh lebih padat. Dense point cloud adalah representasi 3D dari objek atau scene yang dimodelkan, dan dibuat dengan menghitung informasi kedalaman untuk setiap citra. Dense point cloud digunakan sebagai dasar untuk membuat mesh dan tekstur 3D pada langkah workflow selanjutnya.
5. Setelah itu, Build Mesh pada workflow. Build Mesh adalah proses menghasilkan permukaan 3D dari awan titik padat yang telah dibuat pada langkah sebelumnya. Mesh adalah representasi poligonal dari objek atau pemandangan yang dimodelkan, dan dibuat dengan menghubungkan titik-titik di dense point cloud.



Gambar 5. 12 Hasil 3D Mesh

6. Langkah terakhir adalah Build Texture. Build Texture adalah proses penerapan warna dari citra asli ke 3D mesh yang dibuat pada langkah

sebelumnya. Teksturnya adalah citra 2D yang dibungkus di sekitar 3D mesh untuk memberikan tampilan yang realistis. Setelah tekstur dibuat, dapat diekspor bersama dengan mesh ke berbagai format file untuk digunakan dalam aplikasi lain.



Gambar 5. 13 Texturized Mesh

D. Tugas

1. Ambil foto 1 objek menggunakan alat dengan parameter pengambilan citra sebagai berikut :
 - a. Jumlah 100 foto
 - b. Tanpa Background
 - c. Tanpa flash
 - d. Shutter 65ms
 - e. Crop X 45%
 - f. Crop Y 35%
2. Buramkan dan hilangkan latar belakang dataset citra.
3. Rekonstruksi 3D citra dari dataset asli, diburamkan, dan dihilangkan, kemudian bandingkan hasil ketiganya.

Tabel 5. 1 Hasil Rekonstruksi 3 Jenis Dataset

Data Citra	Camera Pose (%)	Point Clouds	RMSE
Asli			
Latar belakang diburamkan			
Latar belakang dihilangkan			

E. Laporan

1. Analisis data yang didapat pada tiap percobaan dan jelaskan pengaruh tiap variabel yang digunakan maupun dimodifikasi. Visualisasikan data dalam grafik untuk memudahkan proses analisis!
2. Dari seluruh manipulasi latar belakang, simpulkan metode mana yang menghasilkan 3D mesh paling optimal dan jelaskan alasannya!
3. Bandingkan hasil rekonstruksi 3D secara visual dan jelaskan mengapa demikian!

Modul Praktikum 6

Percobaan 3D Photorealistic

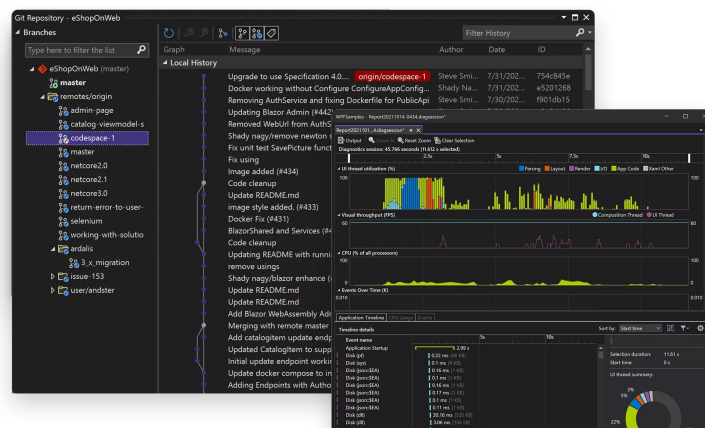
A. Tujuan

1. Mahasiswa dapat menjalankan program 3D Photorealistic
2. Mahasiswa dapat menghasilkan video hasil scene 3D Photorealistic menggunakan citra yang diakuisisi dari 3D scanner

B. Dasar Teori

Visual Studio

Visual Studio adalah environment pengembangan perangkat lunak yang dibuat oleh Microsoft yang digunakan untuk mengembangkan perangkat lunak untuk Windows, Android, iOS, dan aplikasi web. Visual Studio menyediakan seperangkat alat dan layanan yang komprehensif untuk mem-build, men-debug, dan men-deploy aplikasi.



Gambar 6. 1 Tampilan antarmuka IDE dan Code Editor Visual Studio

Visual Studio menyertakan editor program, debugger, compiler, dan alat lain yang membantu pengembang membuat perangkat lunak berkualitas tinggi. Dalam konteks fotorealistik NeRF, visual studio digunakan sebagai environment pengembangan terintegrasi / integrated development environment (IDE) untuk mengembangkan perangkat lunak yang menggunakan teknik NeRF.

CUDA Toolkit

CUDA Toolkit adalah environment pengembangan perangkat lunak yang dibuat oleh NVIDIA yang menyediakan seperangkat alat dan layanan komprehensif untuk membangun, men-debug, dan menerapkan aplikasi yang dipercepat GPU.

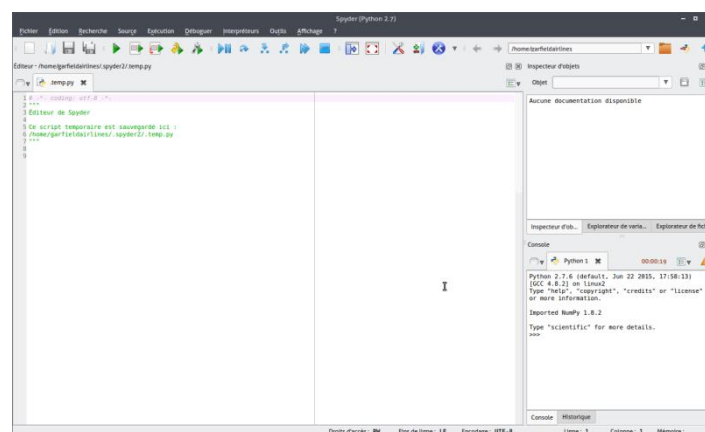
CUDA Toolkit mencakup pustaka yang dipercepat GPU, alat debugging dan pengoptimalan, compiler C/C++, dan runtime library untuk men-deploy aplikasi pada embedded system yang dipercepat GPU, workstation desktop, enterprise data centers, platform berbasis cloud, dan superkomputer HPC. CUDA Toolkit digunakan untuk mengembangkan perangkat lunak yang menggunakan teknik NeRF, seperti NeRF Instan, yang mengubah gambar 2D menjadi scene 3D yang imersif.

Dalam konteks fotorealistik NeRF NVIDIA 3D, CUDA Toolkit digunakan untuk mempercepat perhitungan yang diperlukan untuk teknik NeRF, yang melibatkan penggunaan neural network untuk merepresentasikan dan merender adegan 3D photorealistic berdasarkan kumpulan input gambar 2D. CUDA Toolkit menyediakan environment pengembangan untuk membuat aplikasi yang dipercepat GPU berkinerja tinggi, hal ini memudahkan spesialis dalam pemrograman paralel untuk menggunakan sumber daya GPU.

Anaconda

Anaconda adalah distribusi bahasa pemrograman Python yang mencakup kumpulan package sumber terbuka untuk komputasi ilmiah dan ilmu data. Anaconda dirancang untuk menyederhanakan manajemen dan penerapan package dengan menyediakan satu platform untuk menginstal, mengelola, dan memperbarui package. Anaconda menyertakan package populer seperti NumPy, Pandas, Matplotlib, Scikit-learn, dan Jupyter Notebook, dan lain-lain.

Anaconda untuk Python tersedia untuk Windows, macOS, dan Linux, dan dapat diunduh dan dipasang secara gratis. Ini juga termasuk manajer package yang disebut conda, yang dapat digunakan untuk menginstal, memperbarui, dan mengelola package dan dependensi.

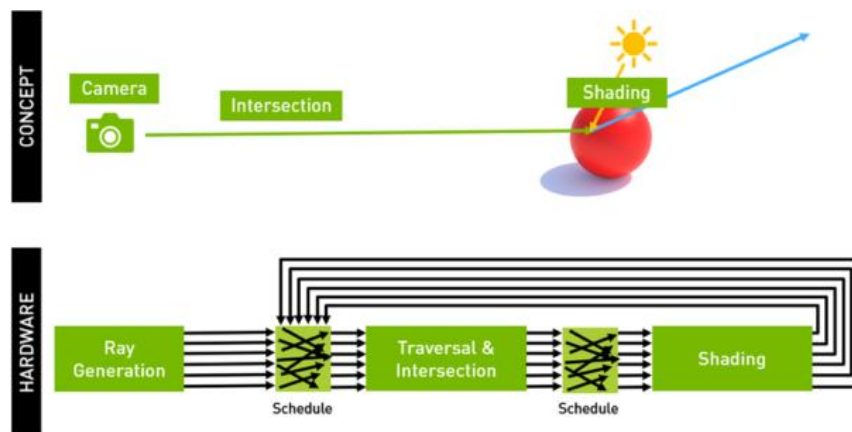


Gambar 6. 2 Tampilan Antarmuka Anaconda

Selain distribusi Anaconda standar, ada juga distribusi khusus, seperti Miniconda yang hanya mencakup manajer paket conda dan Python, dan Anaconda Enterprise yang dirancang untuk ilmu data tingkat perusahaan dan machine learning.

NVIDIA OptiX

OptiX adalah ray tracing API (Application Programming Interface) yang dikembangkan oleh NVIDIA yang menyediakan pipeline sederhana, rekursif, dan fleksibel untuk mempercepat algoritme ray tracing. OptiX adalah API tingkat tinggi, atau "to-the-algorithm", yang berarti bahwa perangkat ini dirancang untuk merangkum seluruh algoritma yang ray tracing adalah bagiannya, bukan hanya ray tracing itu sendiri. Komputasi diturunkan ke GPU melalui API level rendah atau level tinggi yang diperkenalkan dengan CUDA. OptiX adalah bagian dari Nvidia GameWorks dan digunakan dalam berbagai aplikasi komersial, termasuk perangkat lunak rendering, visualisasi ilmiah, aplikasi pertahanan, sintesis audio, dan peta cahaya komputasi untuk game.



Gambar 6. 3 Konsep Ray Tracing oleh OptiX

Dalam konteks fotorealistik NeRF NVIDIA 3D Photorealistic, OptiX digunakan untuk mempercepat perhitungan yang diperlukan untuk teknik NeRF, yang melibatkan penggunaan neural network untuk merepresentasikan dan menampilkan scene 3D Photorealistic berdasarkan kumpulan input gambar 2D. OptiX menyediakan cara yang andal dan efisien untuk melakukan ray tracing pada GPU yang penting untuk merender adegan 3D berkualitas tinggi secara real-time.

Neural Radiance Field (NeRF)

Metode Neural Radiance Fields (NeRF) adalah pendekatan berbasis deep learning untuk rekonstruksi fotorealistik 3D scene dari citra 2D. Model NeRF

merepresentasikan sebuah scene sebagai fungsi 5D kontinu yang memetakan koordinat spasial 3D dan pose 2D ke nilai radiance [9]. Dengan melakukan training model NERF pada serangkaian citra yang diambil dari sudut pandang yang berbeda, dimungkinkan untuk menghasilkan rendering fotorealistik suatu scene dari sudut pandang baru.

Neural radiance field (NeRFs) adalah teknik yang menghasilkan representasi 3D dari suatu objek atau pemandangan dari citra 2D dengan menggunakan machine learning tingkat tinggi. Teknik ini melibatkan pengkodean (encoding) seluruh objek atau pemandangan ke dalam artificial neural network yang memprediksi intensitas cahaya (radiance) pada titik mana pun dalam citra 2D untuk menghasilkan tampilan 3D baru dari berbagai sudut.

Metode NERF diperkenalkan dalam studi oleh Mildenhall et al. (2020), di mana penulis menunjukkan keefektifan metode NERF dalam menghasilkan rendering fotorealistik dari scene sintetis dan dunia nyata. Model NERF mencapai hasil tercanggih dalam hal kualitas visual dan generalisasi ke sudut pandang baru, dibandingkan dengan metode yang ada sebelumnya yakni metode Multilayer Perceptron (MLP).



Gambar 6. 4 Visualisasi Pipeline NERF

Gambar 1 merupakan visualisasi dari metode NERF yang mengoptimasi representasi continuous 5D neural radiance field. Pada citra divisualisasikan input 100 citra 2D dengan sudut pandang secara acak dari scene sebuah drum yang kemudian ditunjukkan dua sudut pandang baru yang di-render dari representasi NERF.

C. Prosedur Percobaan

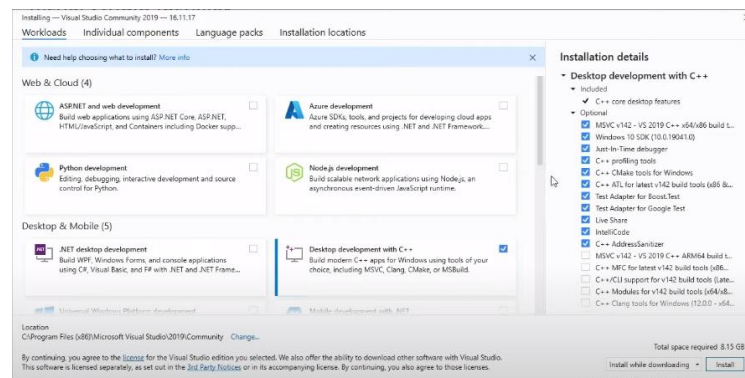
Instalasi Perangkat Lunak dan

1. Instal Visual Studio Community pada tautan

<https://visualstudio.microsoft.com/vs/community/> atau scan kode QR berikut :



pilih “Desktop Development with C++”



Gambar 6. 5 Instalasi Visual Studio

2. Unduh Cuda Toolkit pada tautan sesuai dengan spesifikasi komputer anda

<https://developer.nvidia.com/cuda-toolkit-archive> atau scan kode QR berikut :



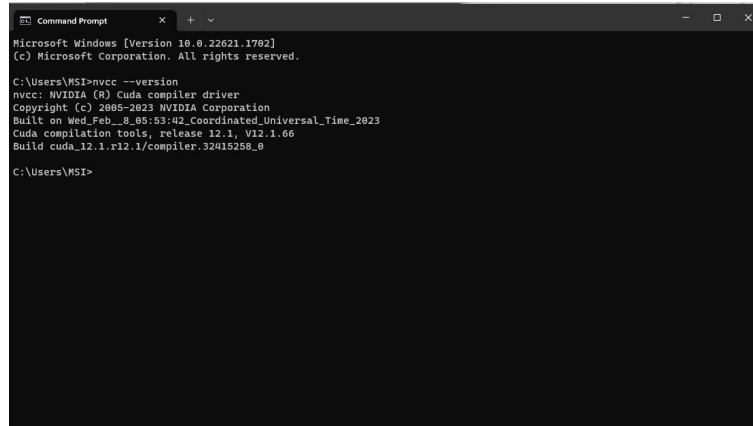
restart komputer setelah selesai



Gambar 6. 6 Instalasi CUDA Toolkit

3. Pastikan aplikasi telah terinstal dengan mengecek pada command prompt

```
"nvcc --version"
```



```
Microsoft Windows [Version 10.0.22621.1702]
(c) Microsoft Corporation. All rights reserved.

C:\Users\MSI>nvcc --version
nvcc: NVIDIA (R) CUDA compiler driver
Copyright (c) 2005-2023 NVIDIA Corporation
Built on Wed_Feb_8_05:53:42_Coordinated_Universal_Time_2023
Cuda compilation tools, release 12.1, V12.1.66
Build cuda_12.1.r12.1/compiler.32415250_0

C:\Users\MSI>
```

Gambar 6. 7 Command Prompt

4. Unduh dan instal aplikasi Anaconda melalui tautan <https://www.anaconda.com/download> atau scan kode QR berikut:



5. Unduh OpenEXR pada tautan <https://www.lfd.uci.edu/~gohlke/pythonlibs/#openexr> atau scan kode QR berikut :



pilih file “OpenEXR-1.3.2-cp39-cp39-win_amd64.whl”

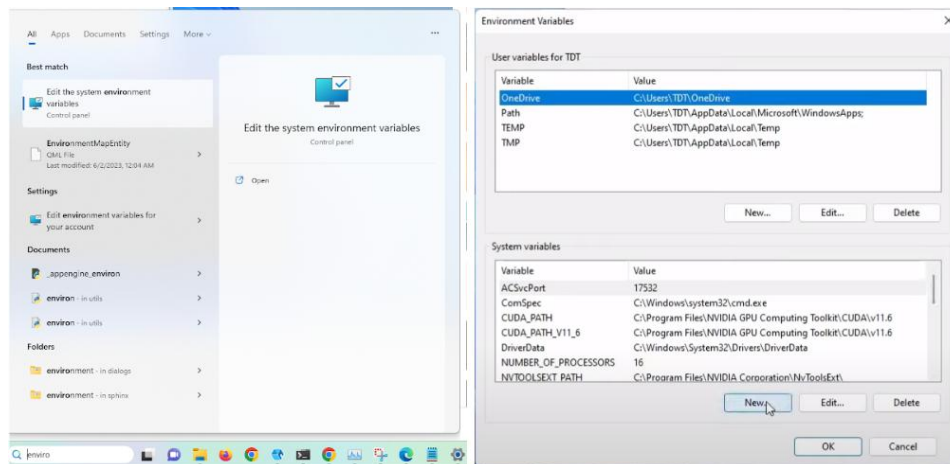
6. Unduh dan instal nvidia OptiX sesuai spesifikasi komputer anda <https://developer.nvidia.com/rtx/ray-tracing/optix> atau scan kode QR berikut:



7. Unduh dan instal Git sesuai spesifikasi komputer anda melalui tautan <https://git-scm.com/download/win> atau scan kode QR berikut:



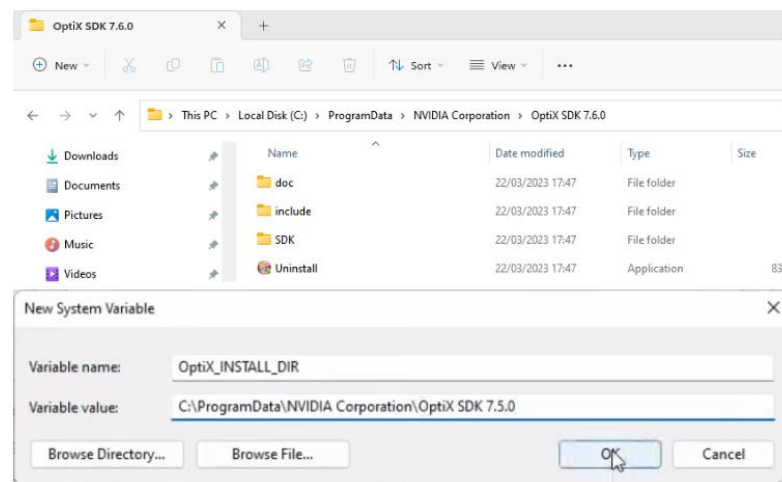
8. Edit environment windows



Gambar 6. 8 Edit Environment Windows

klik “new”

9. Isi variable name sesuai pada gambar sedangkan variable value diisi dengan alamat folder Optix Nvidia, contoh C:\ProgramData\NVIDIA Corporation\OptiX SDK 7.6.0 (alamat folder pada tiap komputer dapat beragam sehingga pastikan bahwa anda memasukkan alamat yang sesuai) setelah selesai, klik “ok”

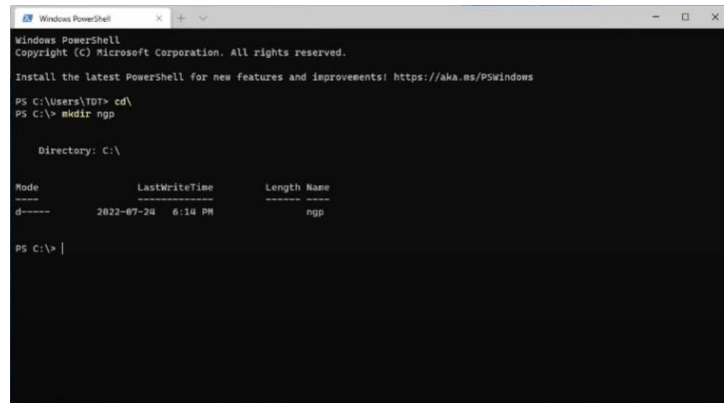


Gambar 6. 9 Tambah System Variable

10. Copy folder MSBuildExtension beserta isinya
 “C:\Program Files\NVIDIA GPU Computing Toolkit\CUDA\v12.1\extras\visual_studio_integration\MSBuildExtensions”
 ke folder
 “C:\Program Files(x86)\Microsoft Visual Studio\2019\Community\MsBuild\Microsoft\VC\v160\Build Customization”

11. Buat folder dan ubah directory untuk instalasi melalui windows command prompt

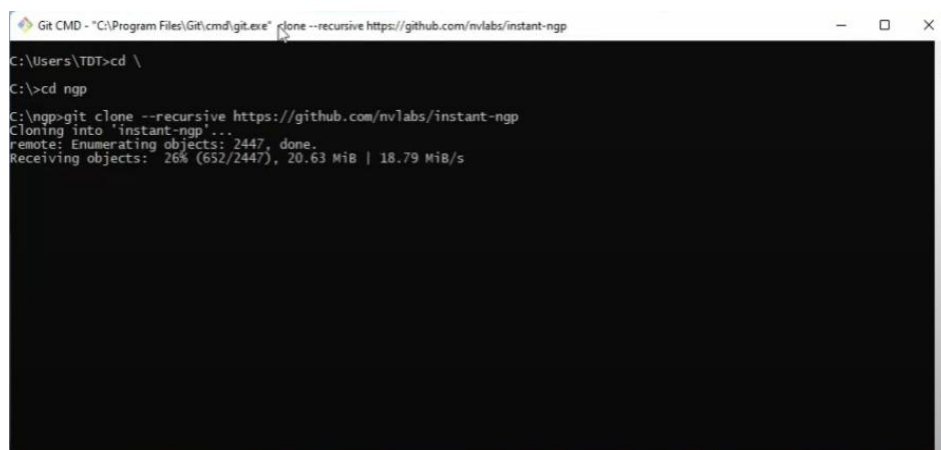
```
cd\  
mkdir ngp  
cd ngp
```



Gambar 6. 10 buat folder baru dan ubah directory pada command prompt

12. Melalui Git command, clone github nvidia

```
cd\  
cd ngp  
git clone --recursive https://github.com/nvlabs/instant-ngp
```



Gambar 6. 11 Clone Github NVIDIA

13. Program ini memerlukan python terinstal dengan versi minimal 3.9+, untuk mengecek, pada windows command prompt ketik

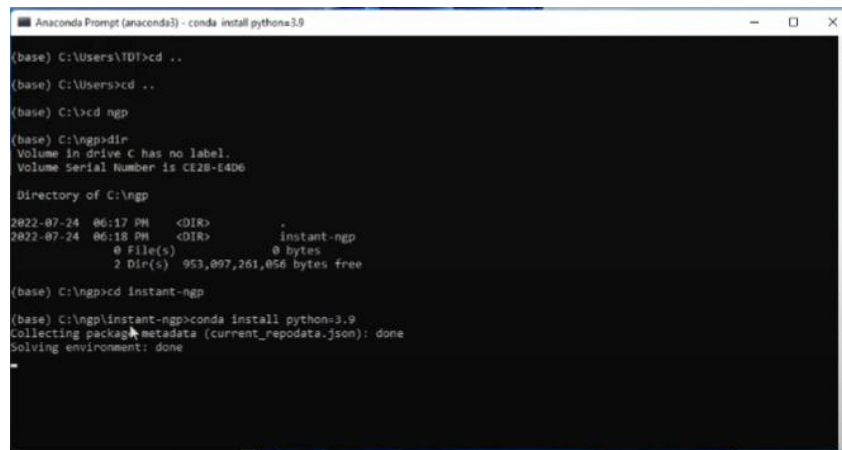
```
cd instant-ngp
```



```
python --version
```

apabila belum terinstal, melalui anaconda prompt ketik

```
cd\  
cd ngp  
cd instant-ngp  
conda install python=3.9  
python --version
```

A screenshot of the Anaconda Prompt window. The title bar reads 'Anaconda Prompt (anaconda3) - conda install python=3.9'. The command history shows the user navigating to the 'instant-ngp' directory and installing Python 3.9. The output shows the directory contents and the successful installation of Python 3.9.

```
(base) C:\Users\TDI>cd ..  
(base) C:\Users>cd ..  
(base) C:\>cd ngp  
(base) C:\ngp>dir  
Volume in drive C has no label.  
Volume Serial Number is C128-E4D6  
  
Directory of C:\ngp  
  
2022-07-24 06:17 PM <DIR> .  
2022-07-24 06:18 PM <DIR> instant-ngp  
0 File(s) 0 bytes  
2 Dir(s) 953,097,261,056 bytes free  
  
(base) C:\ngp>cd instant-ngp  
(base) C:\ngp\instant-ngp>conda install python=3.9  
Collecting package metadata (current_repodata.json): done  
Solving environment: done
```

Gambar 6. 12 Instal Python

14. Buka command prompt developer visual studio, instal cmake dengan mengetikkan program berikut

```
cd\  
cd ngp  
cd instant-ngp  
cmake . -B build  
cmake --build build --config RelWithDebInfo -j 16
```

```
Developer Command Prompt for VS 2019
*****
** Visual Studio 2019 Developer Command Prompt v16.11.17
** Copyright (c) 2021 Microsoft Corporation
*****

C:\Program Files (x86)\Microsoft Visual Studio\2019\Community>cd\
C:\>cd ngp
C:\ngp>cd instant-ngp
C:\ngp\instant-ngp>cmake . -B build
```

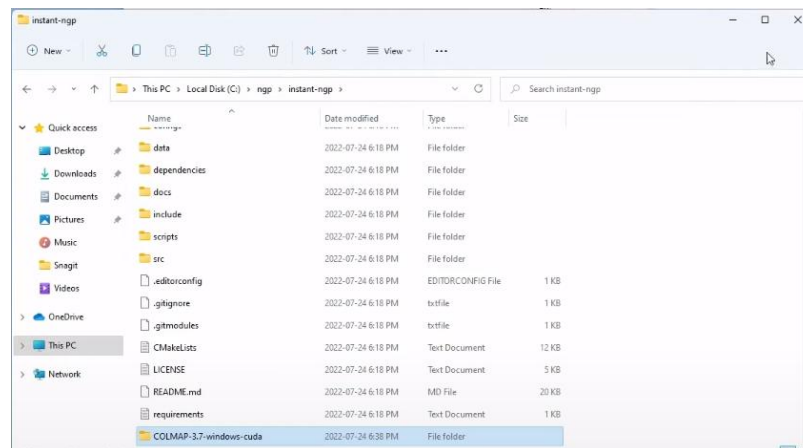
Gambar 6. 13 Instal cmake

15. Unduh dan instal colmap melalui tautan

<https://github.com/colmap/colmap/releases/tag/3.7> atau scan kode QR berikut :



16. Pindahkan folder colmap ke directory instant-ngp yang telah dibuat

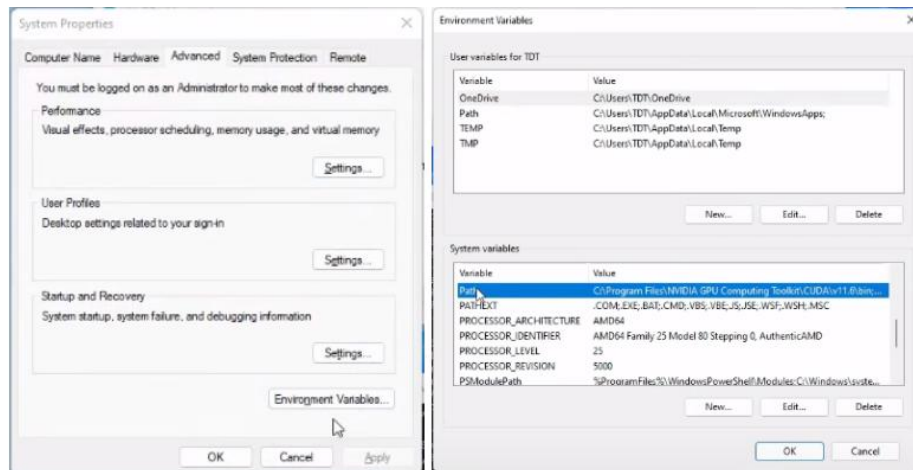


Gambar 6. 14 Folder Directory instant-ngp

17. Melalui anaconda prompt, ketik

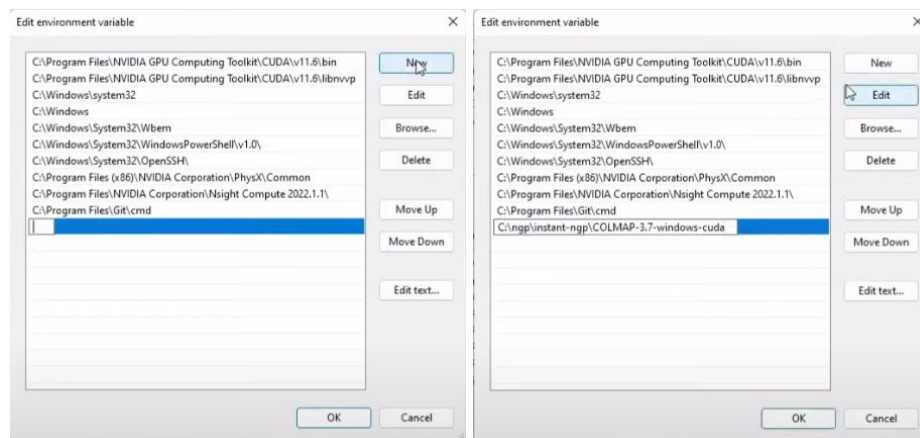
```
cd\  
cd ngp  
cd instant-ngp  
conda create -n ngp python=3.9  
conda activate ngp  
pip install -r requirements.txt
```

18. Masuk ke environment editor dan pilih path seperti pada gambar, klik edit



Gambar 6. 15 Environment Editor

19. Add new path dengan alamat directory colmap “C:\ngp\instant-ngp\COLMAP-3.7-windows-cuda” kemudian klik “ok”



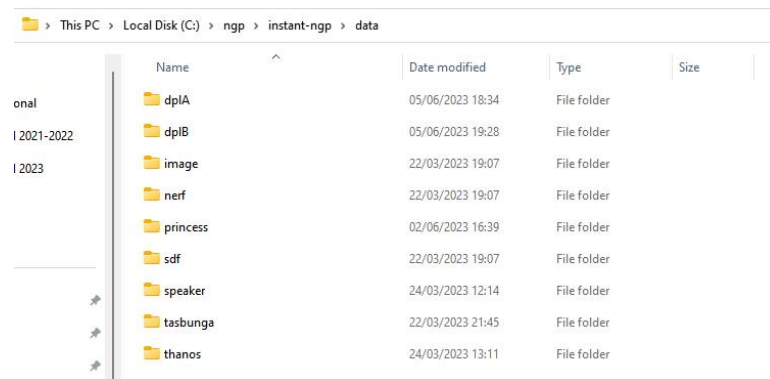
Gambar 6. 16 Edit Environment Variable

20. Copy file openexr yang telah diunduh tadi ke folder instant-ngp, kemudian instal melalui anaconda prompt

```
cd\  
cd ngp  
cd instant-ngp  
conda activate ngp  
pip install -r requirements.txt  
pip install OpenEXR-1.3.2-cp39-cp39-win_amd64.whl
```

Render 3D Photorealistic

21. Simpan dataset yang akan direkonstruksi dalam satu folder pada alamat “C:\ngp\instant-ngp\data” contoh :

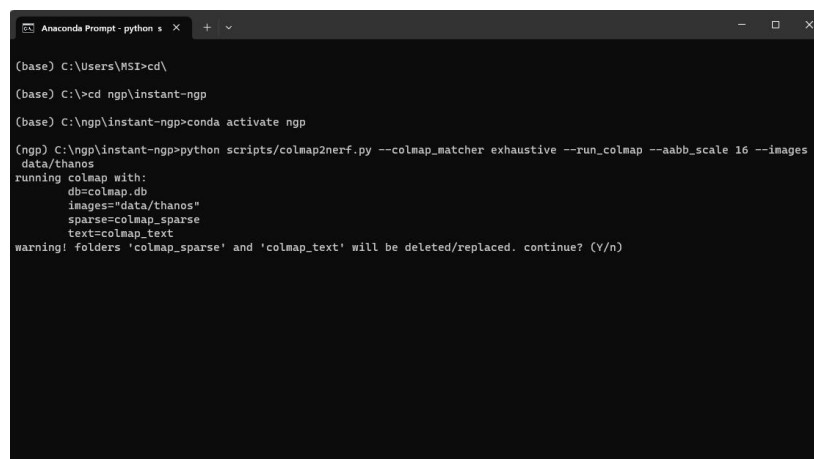


Gambar 6. 17 Folder Directory Dataset

22. Masuk ke anaconda prompt dan jalankan program berikut

```
cd/  
cd ngp/instant-ngp  
conda activate ngp  
python scripts/colmap2nerf.py --colmap_matcher exhaustive --  
run_colmap --aabb_scale 16 --images data/nama dataset
```

nama dataset disesuaikan dengan nama folder yang anda simpan, kemudian klik “y”



Gambar 6. 18 Anaconda Command Prompt

```

Anaconda Prompt
Elapsed time: 0.006 [minutes]
==== running: mkdir colmap_text
==== running: colmap model_converter --input_path colmap_sparse/0 --output_path colmap_text --output_type TXT
outputting to transforms.json...
camera:
  res=(1602.0, 1804.0)
  center=(851.632828144927, 783.7760301973135)
  focal=(2405.687098299195, 2399.9403227121375)
  fov=(36.831494500681046, 41.19672572420751)
  k=(0.4511468676831983, -1.1586964186944488) p=(-0.831361525140135044, -0.02610933326095088)
./data/thanos/thanos_0_133.jpg sharpness= 18.346900007997658
./data/thanos/thanos_0_31.jpg sharpness= 18.10851388167756
./data/thanos/thanos_0_140.jpg sharpness= 18.472129830000778
./data/thanos/thanos_0_93.jpg sharpness= 18.41926317052431
./data/thanos/thanos_0_16.jpg sharpness= 18.102418401487355
./data/thanos/thanos_0_187.jpg sharpness= 18.191585351613642
./data/thanos/thanos_0_55.jpg sharpness= 18.0240019885627
./data/thanos/thanos_0_51.jpg sharpness= 18.054668706617324
./data/thanos/thanos_0_61.jpg sharpness= 17.786629293710803
./data/thanos/thanos_0_67.jpg sharpness= 18.092995590300152
./data/thanos/thanos_0_95.jpg sharpness= 18.33404127069435
up vector was [-0.97332116 -0.06963789 -0.21862409]
computing center of attention...
[-25.57095959 -3.94394866 0.17328625]
avg camera distance from origin 26.31319056257527
11 frames
writing transforms.json
(npng) C:\ngp\instant-ngp>

```

Gambar 6. 19 Program Berhasil dijalankan

program yang berhasil dijalankan akan terlihat seperti gambar diatas.

23. Selanjutnya jalankan program berikut

```

cd data
mkdir data
move nama dataset C:\ngp\instant-ngp\data\data
mkdir nama dataset
move data C:\ngp\instant-ngp\data\nama dataset
cd\
cd ngp\instant-ngp
move transforms.json C:\ngp\instant-ngp\data\nama dataset

```

```

(npng) C:\ngp\instant-ngp>cd data
(npng) C:\ngp\instant-ngp\data>mkdir data
(npng) C:\ngp\instant-ngp\data>move thanos C:\ngp\instant-ngp\data\data
1 dir(s) moved.
(npng) C:\ngp\instant-ngp\data>mkdir thanos
(npng) C:\ngp\instant-ngp\data>move data C:\ngp\instant-ngp\data\thanos
The system cannot find the path specified.
0 dir(s) moved.
(npng) C:\ngp\instant-ngp\data>move data C:\ngp\instant-ngp\data\thanos
1 dir(s) moved.
(npng) C:\ngp\instant-ngp\data>cd\
(npng) C:\>cd ngp\instant-ngp
(npng) C:\ngp\instant-ngp>move transforms.json C:\ngp\instant-ngp\data\thanos
1 file(s) moved.
(npng) C:\ngp\instant-ngp>

```

Gambar 6. 20 Pindah Folder File JSON

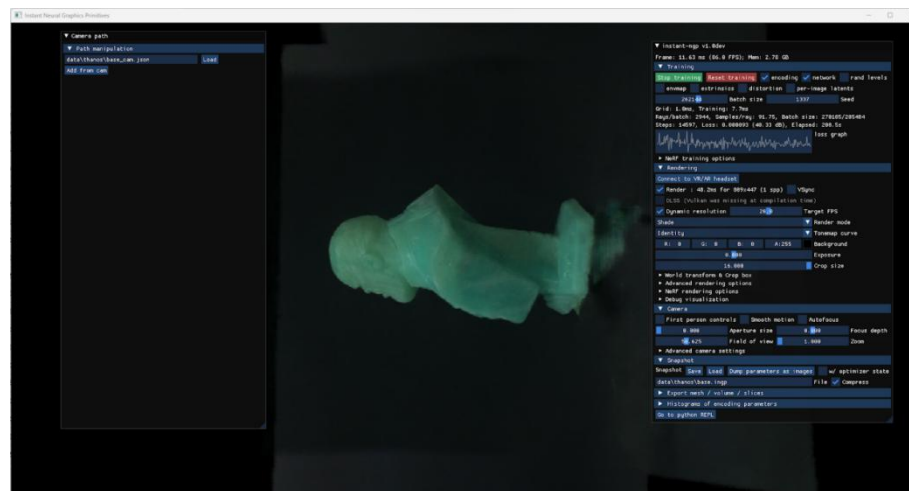
24. Untuk menampilkan scene 3D Photorealistic jalankan program berikut

```

build\instant-ngp.exe --scene data/nama dataset

```

25. Hasil 3d Photorealistic



Gambar 6. 21 Hasil 3D Photorealistic

D. Tugas

1. Buat video 3D scene photorealistic menggunakan dataset yang telah diakuisisi pada percobaan sebelumnya.
2. Analisis hasil visual scene 3D photorealistic dan jelaskan mengapa demikian