BAB 1
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Pada *computer vision*, *3D reconstruction* adalah proses pengambilan bentuk dan tampilan dari objek di dunia nyata, yang menghasilkan model 3D pada komputer. Rekonstruksi 3D sekarang sudah banyak digunakan di berbagai bidang seperti sistem penglihatan robot, medis [1], dokumentasi benda sejarah dan arkeologi [2], dan *virtual city* [3]. Tujuan dari rekonstruksi 3D ini adalah untuk membuat bentuk objek 3D yang mendekati dengan objek di dunia nyata, dimana aspek ketelitian dan kualitas objek 3D diperhitungkan.

Rekonstruksi 3D dapat dilakukan dengan metode aktif dan pasif. Metode aktif bersinggungan langsung dengan objek yang direkonstruksi dan biasanya menggunakan teknik pencahayaan yang terstruktur seperti *laser scanner*. Tujuannya adalah untuk menyederhanakan proses akuisisi titik 3D. Metode ini dinilai mahal karena memerlukan peralatan dan tempat khusus, sedangkan metode pasif mengandalkan sensor cahaya dalam bentuk kamera yang menghasilkan citra digital baik satu atau lebih. Rekonstruksi 3D dari beberapa citra ini dikenal dengan *3D reconstruction from multiple images*. Metode pasif dianggap lebih murah dan tidak memerlukan peralatan khusus sehingga lebih banyak dan menarik untuk diteliti [4].

Multiple-view geometry adalah bidang yang mempelajari tentang hubungan geometris antara banyak citra dan *3D scene*. Hubungan geometris tersebut berhubungan dengan pergerakan dan kalibrasi kamera dengan struktur *scene* [5]. Melalui hubungan geometris ini, titik 3D pada sistem koordinat dunia dapat diperoleh dengan melakukan triangulasi titik-titik yang bersesuaian pada dua citra. Jika semua titik-titik yang bersesuaian pada banyak citra dilakukan triangulasi, maka informasi titik-titik 3D dapat diperoleh kemudian model 3D dari objek yang direkonstruksi dapat dibuat.

Penelitian yang dilakukan oleh Rachmawati dkk. [6] mencoba merekonstruksi sebuah citra patung *Kepala* menggunakan metode *direct linear*

transformation (*DLT*) untuk mendapatkan kembali koordinat titik 3D dari citra. Hasil pengujian disimpulkan bahwa masih terdapat *error* reproyeksi. *Error* reproyeksi dapat menghasilkan objek 3D yang tidak sesuai dengan gambar aslinya (kurang sempurna). Hal ini disebabkan titik-titik bersesuaian pada citra tidak memenuhi batasan epipolar dan umumnya disebabkan *noise* (*geometric error*). Oleh karena itu, sebelum dilakukan triangulasi diperlukan sebuah metode untuk mengurangi *error* reproyeksi dengan memperbaiki titik yang bersesuaian tersebut sehingga menghasilkan titik 3D yang lebih akurat.

Pada penelitian kali ini, akan dilakukan rekonstruksi titik 3D dari citra 2D sehingga menghasilkan objek 3D sekaligus menerapkan metode triangulasi untuk mengurangi *error* reproyeksi yang terjadi pada metode *DLT* dengan menggunakan metode *Sampson Approximation* [7]. Aproksimasi dinilai akurat jika perbaikan titik pada setiap citra kecil (kurang dari satu piksel), dan perhitungannya dinilai murah [8].

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan dari latar belakang, maka dapat dirumuskan permasalahan yang akan diselesaikan dalam penelitian ini, yaitu bagaimana melakukan rekonstruksi tiga dimensi dari citra dua dimensi menggunakan metode *direct linear transformation* dan *sampson approximation*.

1.3 Maksud dan Tujuan

Maksud penelitian ini adalah untuk melakukan analisis dan implementasi rekonstruksi tiga dimensi dari citra dua dimensi menggunakan metode *direct linear transformation* dan *sampson approximation*. Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah mengurangi *error* reproyeksi dalam pembuatan objek 3D sehingga objek yang terbentuk lebih sempurna (sama atau mendekati citra aslinya).

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Rekonstruksi menggunakan metode hubungan geometri epipolar dan citra masukan minimal 2 buah [8].
2. Dataset citra yang digunakan bernama *SculptFace* yang disediakan oleh Jianguo Li dkk. [9] dan *Fountain* oleh Strecha [10].
3. Citra *SculptFace* diambil menggunakan kamera digital dengan parameter internal sebagai berikut (satuan piksel): *focal-length x* dan *y* 4630, *principal point x* dan *y* masing-masing 1400 dan 1050.
4. Citra *Fountain* diambil menggunakan kamera digital dengan parameter internal sebagai berikut (satuan piksel): *focal-length x* dan *y* 2759.48 dan 2764.16, *principal point x* dan *y* masing-masing 1520.69 dan 1006.81.
5. Citra *SculptFace* dan *Fountain* masing-masing memiliki resolusi 2816×2112 dan 3072x2048 dengan format *jpeg*.
6. Deteksi titik (*corner*) menggunakan algoritma *Minimum Eigenvalue* [11].
7. Pencocokan titik menggunakan algoritma penelusuran titik *KLT Tracker* [12].
8. Perhitungan matriks fundamental menggunakan algoritma *RANSAC* [8].
9. Perhitungan matriks proyeksi menggunakan dekomposisi *SVD* [13] dan algoritma *PnP* [8].
10. Triangulasi menggunakan algoritma *sampson approximation* dan *DLT* [8].
11. Perancangan sistem menggunakan notasi *UML* (*Unified Modelling Language*) dengan metode berorientasi objek dan dibangun menggunakan *Matlab*.

1.5 Metodologi Penelitian

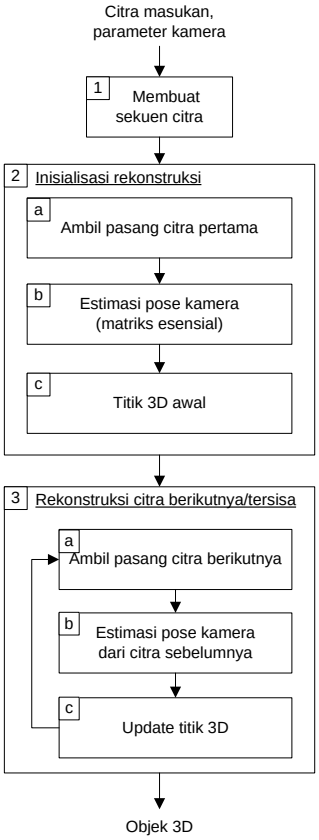
Metodologi penelitian merupakan suatu proses yang digunakan untuk memecahkan masalah yang logis. Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode pengumpulan data dan rekonstruksi objek 3D dari citra 2D.

1.5.1 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang digunakan pada penelitian ini adalah studi literatur, yaitu metode pengumpulan data yang bersumber dari jurnal, buku, paper dan artikel-artikel di internet untuk dijadikan referensi penulisan dan penelitian tentang rekonstruksi 3D dari citra.

1.5.2 Metode Rekonstruksi 3D

Metode rekonstruksi menggunakan hubungan geometri epipolar sehingga jumlah minimal citra sebanyak 2 buah dan setiap proses dilakukan terhadap sepasang citra. Urutan rekonstruksi ditentukan dengan sebuah daftar sekuen pasang citra yang dibuat diawal. Inisialisasi rekonstruksi dilakukan untuk mendapatkan titik 3D awal, sedangkan rekonstruksi titik 3D dari citra sesudahnya dihitung berdasarkan hubungan dengan citra sebelumnya.



Gambar 1.1. Metode rekonstruksi 3D

Adapun tahapan rekonstruksi 3D yang dilakukan pada penelitian ini sesuai dengan Gambar 1.1 adalah sebagai berikut:

1. Membuat sekuen citra

   Citra masukan berasal dari kamera terkalibrasi, yang mana parameter internal kamera sudah diketahui, mencakup *focal-length* dan *principal point*. Adapun untuk pengujian pada penelitian ini, digunakan dataset citra dari berbagai sudut pandang yang disediakan oleh Jianguo Li dkk. [9] bernama *SculptFace*.

   Citra dianalisis dengan menentukan urutan pasang citra mana yang akan diproses terlebih dahulu secara manual sebelum dimasukan kedalam proses rekonstruksi. Parameter internal kamera juga dilakukan analisis sehingga dapat ditentukan matriks kalibrasi kamera yang akan digunakan dalam proses rekonstruksi.

2. Inisialisasi rekonstruksi

   a. Ambil pasang citra pertama

      Proses rekonstruksi titik 3D awal dilakukan terhadap pasang citra pertama. Pada kedua citra tersebut dilakukan deteksi titik/fitur (*corner*) dan pencocokan titik yang bersesuaian pada kedua citra. Pendeteksian titik/fitur menggunakan algoritma *Minimum Eigenvalue* [11] dan pencocokan titik menggunakan algoritma penelusuran titik *KLT* [12].

   b. Estimasi pose kamera dari matriks esensial

      Pertama matriks fundamental dicari dengan menggunakan algoritma *RANSAC* [8] dengan parameter masukan titik-titik yang bersesuaian. Selanjutnya dilakukan perbaikan titik menggunakan *sampson approximation* [8] [7]. Kemudian matriks esensial dicari menggunakan hubungan matriks fundamental dengan matriks kalibrasi kamera. Pose kamera (rotasi dan translasi) dihitung dengan dekomposisi *SVD* [13] matriks esensial yang menghasilkan matriks proyeksi.

   c. Titik 3D awal

      Titik 3D dihitung menggunakan triangulasi *DLT* [8]. Hasil rekonstruksi menggunakan triangulasi keseluruhan pasangan titik

adalah kumpulan titik-titik pada ruang 3D (*point cloud* [14]) di koordinat dunia yang digambarkan pada sebuah grafik.

3. Rekonstruksi citra berikutnya/tersisa
   a. Ambil pasang citra berikutnya

      Setelah pasang citra pertama direkonstruksi, maka pasang citra berikutnya dipilih. Proses rekonstruksi terus berlanjut sampai pasang citra terakhir.

   b. Estimasi pose kamera dari citra sebelumnya

      Jika pada tahap inisialisasi rekonstruksi estimasi pose dihitung dari hubungan titik-titik 2D yang bersesuaian, maka pada tahap ini estimasi pose kamera dihitung berdasarkan hubungan dengan titik 3D pada citra sebelumnya yang pernah direkonstruksi. Sebelumnya dilakukan perbaikan titik dengan *sampson approximation* [8] [7], kemudian dicari titik 2D pada citra yang berhubungan dengan titik 3D yang pernah direkonstruksi pada citra sebelumnya. Dari hubungan antara titik 3D sebelumnya dengan titik 2D pada citra yang sedang diproses ini, maka dicari matriks proyeksi menggunakan algoritma *PnP* [8].

   c. Perbarui Titik 3D

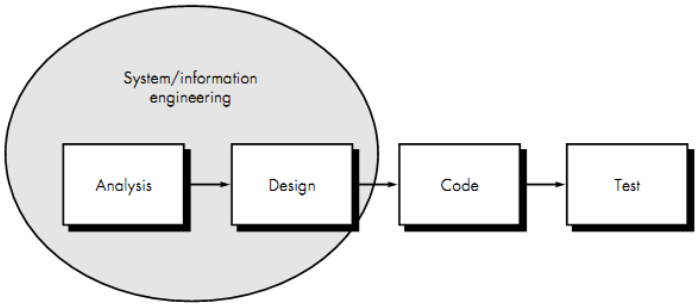
      Titik 3D dihitung menggunakan cara yang sama seperti pada tahap inisialisasi, yaitu menggunakan algoritma *DLT* [8].

      Karena proses triangulasi dilakukan pada setiap pasang citra, maka titik 3D yang dihasilkan pada setiap pasang yang berbeda akan memperbarui/menambah jumlah titik 3D yang didapatkan secara keseluruhan. Jika semua pasang citra telah diproses, maka rekonstruksi berakhir, sebaliknya maka citra berikutnya diambil untuk direkonstruksi.

1.5.3 Metode Pembangunan Perangkat Lunak

Tahapan pembangunan perangkat lunak pada penelitian ini menggunakan *linear sequential model*, dimana setiap tahapan dilakukan pendekatan secara

sistematis dan berurutan. Tahapan pembangunan dengan *linear sequential model* dapat dilihat pada Gambar 1.2.



Gambar 1.2. Metode pengembangan *linear sequential model* [15]

1. *System Engineering and Modelling*

   Permodelan ini diawali dengan mencari kebutuhan dari keseluruhan sistem yang akan dianalisis ke dalam bentuk *software*. Kebutuhan tersebut terdiri dari pemilihan bahasa pemprograman, pemilihan pustaka penunjang, materi-materi algoritma *DLT* dan *sampson approximation*, selain itu mencari kebutuhan yang akan digunakan sebagai bahan uji analisis yakni pengambilan citra menggunakan kamera digital. Hal ini sangat penting, mengingat *software* harus dapat dimodelkan, diimplementasikan dan diuji untuk mengetahui akurasi algoritma yang dianalisis.

2. *Software requirement analysis*

   Proses pencarian kebutuhan diintensifkan dan difokuskan pada *software*. Untuk mengetahui sifat dari program yang akan dibuat, maka diperlukan pemahaman tentang domain informasi dari *software*, misalnya fungsi yang dibutuhkan, metode yang dibutuhkan, *user interface*, dsb. Proses ini mengacu pada aktivitas sebelumnya (*system engineering and modeling*) kemudian didokumentasikan.

3. *Design*

   Tahap ini merupakan pembuatan desain yang dibutuhkan untuk membangun aplikasi sesuai dengan tahapan analisis yang sudah dilakukan sebelumnya.

4. *Code Generation*

   Proses ini bertujuan untuk mengubah hasil design hingga dapat dimengerti oleh mesin. Mesin dalam hal ini adalah komputer. Bentuk yang dimaksud yakni ke dalam bentuk bahasa pemrograman melalui proses *coding*. Tahap ini merupakan implementasi dari tahap design secara teknis.

5. *Testing*

   Semua fungsi-fungsi *software* harus diujicobakan, agar *software* bebas dari *error*, dan hasilnya harus benar-benar sesuai dengan kebutuhan yang sudah didefinisikan sebelumnya sehingga implementasi algoritma dalam *software* dapat dianalisis.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini disusun untuk memberikan gambaran umum tentang penelitian yang dijalankan. Sistematika penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab 1 berisi latar belakang permasalahan tentang alasan metode *DLT* kurang optimal pada rekonstruksi titik 3D dari citra 2D dalam membuat objek 3D, sehingga metode *sampson approximation* diajukan untuk mengatasi masalah tersebut. Kemudian dilakukan perumusan masalah yaitu bagaimana melakukan rekonstruksi tiga dimensi dari citra dua dimensi menggunakan metode *DLT* dan *sampson approximation*. Pembahasan dilanjutkan dengan maksud dan tujuan penelitian, metodologi penelitian dan sistematika penulisan laporan penelitian.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab 2 berisi pemabahasan teori yang penjelasan bidang ilmu *computer vision*, pengenalan citra digital, pengenalan objek 3D, *multi-view geometry*, model kamera, *epipolar geometry*, triangulasi *DLT*, *sampson approximation*, dan *UML*.

BAB III ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM

Bab 3 ini membahas tentang analisis masalah, analisis sistem, analisis algoritma *DLT* dan *sampson approximation*, analisis kebutuhan perangkat lunak, analisis kebutuhan non-fungsional, analisis kebutuhan fungsional, dan perancangan

antarmuka perangkat lunak yang digunakan untuk implementasi perangkat lunak pembuatan objek 3D dari hasil rekonstruksi titik 3D dari citra 2D.

BAB IV IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN SISTEM

Bab 4 berisi tentang implementasi dari hasil analisis dan perancangan yang telah dibuat kedalam bentuk program pada *Matlab*, kemudian dilakukan pengujian terhadap aplikasi yang dibangun.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab 5 berisi kesimpulan dari implementasi dan pengujian dalam pembuatan objek 3D melalui rekonstruksi titik 3D dari citra 2D yang dilakukan dan saran yang diharapkan dapat menjadi acuan pada penelitian kedepan.

{Halaman ini dikosongkan}