



TESIS TE092099

3D MIXED REALITY BERBASIS ANALISIS KEDALAMAN OBJEK NYATA 3D

Kholid Fathoni
2208205723

Dosen Pembimbing
Moch. Hariadi, S.T., M.Sc., Ph.D.
Christyowidiasmoro, S.T., M.T.

PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN JARINGAN CERDAS MULTIMEDIA
(TEKNOLOGI PERMAINAN)
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2012



TESIS TE092099

3D MIXED REALITY BASE ON DEPTH ANALYSIS OF 3D REAL OBJECT

Kholid Fathoni
2208205723

SUPERVISOR
Moch. Hariadi, S.T., M.Sc., Ph.D.
Christyowidiasmoro, S.T., M.T.

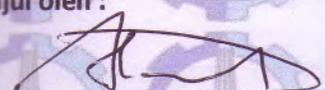
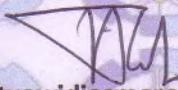
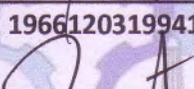
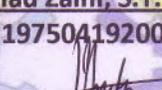
MAGISTER PROGRAM
FIELD STUDY MULTIMEDIA INTELLIGENT NETWORK
(GAME TECHNOLOGY)
ELECTRICAL ENGINEERING DEPARTMENT
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2012

Thesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknik (MT)
di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :
Kholid Fathoni
2208 205 723

Tanggal Ujian : 9 Juli 2012
Periode Wisuda : September 2012

Disetujui oleh :

1. 
Moch. Hariadi, S.T., M.Sc., Ph.D. (Pembimbing I)
NIP. 196912091997031002
2. 
Christvowidiasmoro, S.T., M.T. (Pembimbing II)
NIP. 198301272009121004
3. 
Dr. I Ketut Eddy Purnama, S.T., M.T. (Penguji I)
NIP. 196907301995121001
4. 
Dr. Surya Sumpeno, S.T., M.Sc. (Penguji II)
NIP. 196906131997021003
5. 
Eko Pramananto, S.T., M.T. (Penguji III)
NIP. 196612031994121001
6. 
Ahmad Zaini, S.T., M.T. (Penguji IV)
NIP. 197504192002121003
7. 
Muhtadin, S.T., M.T. (Penguji V)
NIP. 198106092009121003


Direktur Program Pascasarjana
Prof. Dr. Ir. Adi Soeprijanto, M.T.
NIP. 196404051990021001

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Segala puji dan syukur kepada Allah Azza Wa Jalla atas segala nikmat, rahmat, taufik serta hidayah-Nya. Shalawat dan salam semoga selalu tercurah kepada junjungan Rasulullah Alaihish Shalatu Wassalam, keluarga, sahabat, thabi'in, thabiut thabi'in dan para pengikut setianya. Atas kehendak Allah sajalah, penulis dapat menyelesaikan thesis yang berjudul "**3D Mixed Reality Berbasis Analisa Kedalaman Objek Nyata 3D**".

Penelitian tesis ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar M.T di jurusan Teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Selain itu penulis berharap agar penelitian tesis ini dapat menambah referensi dan dapat memberikan manfaat bagi semuanya. Ucapan terima kasih penulis ucapkan kepada :

1. Ibu dan Bapak penulis atas semua dukungan, doa dan perhatian yang diberikan kepada penulis hingga saat ini. Sungguh betapa banyak pengorbanan yang telah diberikan beliau berdua demi kesuksesan puteranya. Wahai Ibu dan Bapakku, *barakallahu alaikuma (Semoga keberkahan Allah senantiasa menyertai Bapak dan Ibu)*
2. Istriku tercinta dan tersayang, yang tiada henti-hentinya memotivasi, mendukung, membantu serta mendoakan penulis terutama di saat-saat sulit. Terima kasih banyak istriku atas segala pengorbananmu.
3. Mendiknas yg telah memberikan dukungan pembiayaan melalui Program Beasiswa Unggulan hingga terselesaikannya tesis ini.
4. Bapak Mochammad Hariadi, S.T., M.Sc., Ph.D. *hafidlahullah (semoga Allah senantiasa menjaganya)* selaku dosen pembimbing, yang dengan penuh kebaikan, kemurahan hati serta kesabaran, telah banyak memberikan bimbingan kepada penulis dalam menyelesaikan buku tesis ini. Semoga Allah senantiasa memberikan kesehatan dan keberkahan kepada beliau.
5. Bapak Christyowidiasmoro, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan kepada penulis dalam menyelesaikan buku tesis ini.
6. Bapak-Ibu dosen pengajar bidang studi *game technology*, atas ilmu, bimbingan, serta perhatian yang diberikan kepada penulis selama ini.
7. Seluruh pihak yang ikut membantu penulis dalam menyelesaikan tesis ini.

Akhir kata, sebagai manusia yang tidak luput dari kesalahan, maka penulis mohon maaf apabila ada kekeliruan baik yang sengaja maupun yang tidak sengaja.

Surabaya, Juli 2012

Penulis

3D *MIXED REALITY* BERBASIS ANALISIS KEDALAMAN OBJEK NYATA 3D

Nama Mahasiswa : Kholid Fathoni
NRP : 2208205723
Pembimbing : Mochamad Hariadi, S.T., M.Sc., Ph.D.
Christyowidiasmoro, S.T., M.T.

ABSTRAK

Multimedia menjadi hal yang sangat penting dalam berbagai aspek kehidupan, terutama bidang *entertainment*. Salah satu alternatif teknologi multimedia baru yang menarik saat ini adalah *Mixed Reality*. Pada penelitian sebelumnya, sistem *Mixed Reality* dibangun menggunakan banyak kamera yang dipasang pada setiap sudut ruangan. Keberadaan objek virtual 3 dimensi juga sangat bergantung dengan keberadaan dan kualitas *marker*.

Salah satu alternatif metode untuk memberikan kemudahan terhadap pengguna dalam membangun aplikasi multimedia berbasis *Mixed Reality* adalah *Depth Analysis*. Pada penelitian ini, *Depth Analysis* digunakan untuk membangun sistem *3D Mixed Reality*. Skenario sistem ini tidak membutuhkan banyak kamera dan *marker* untuk melakukan *pose estimation* objek virtual 3 dimensi. Sistem ini dimulai dengan deteksi objek nyata, identifikasi posisi objek dalam koordinat dunia, implementasi *Augmented Virtuality* dengan *constraint* tertentu serta implementasi *Augmented Reality*.

Hasil uji coba menunjukkan bahwa sistem dapat memvisualisasikan *Mixed Reality* berbasis *Depth Analysis* dengan catatan yaitu hilangnya beberapa piksel citra yang jumlahnya bergantung pada jarak objek terhadap kamera.

Kata Kunci: *multimedia, mixed reality, depth analysis*

3D MIXED REALITY BASED ON DEPTH ANALYSIS OF 3D REAL OBJECT

Student Name : Kholid Fathoni
Register Number : 2208205723
Supervisor : Mochamad Hariadi, S.T., M.Sc., Ph.D.
Christyowidiasmoro, S.T., M.T.

ABSTRACT

Multimedia becomes very important in many aspects of life, especially the field of entertainment. Nowadays, one alternative to this exciting new multimedia technology is the Mixed Reality. In a previous study, Mixed Reality system was built using many cameras are mounted on each corner of the room. The existence of three-dimensional virtual objects are very dependent on the availability and quality of markers.

One alternative method to provide convenience to the users in building multimedia applications based Mixed Reality is the Depth Analysis. In this study, Depth Analysis is used to build 3D Mixed Reality system. The scenario of this system does not require a lot of cameras and markers to do the pose estimation of 3-dimensional virtual objects. This system begins with a real object detection, identification of the object's position in world coordinates, the implementation of Augmented Virtuality with certain constraints as well as implementation of Augmented Reality.

The test results show that the system can visualize the Mixed Reality based on Depth Analysis with a note that the loss of some image pixels whose number depends on the distance of the object to the camera.

Keywords: *multimedia, mixed reality, depth camera*

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	iii
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR.....	vii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan	3
1.4. Batasan Masalah	3
1.5. Kontribusi dan Manfaat	3
1.6. Metodologi	4
1.7. Hipotesis Penelitian	5
1.8. Sistematika Penulisan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. Pengenalan <i>Augmented Reality</i>	7
2.2. <i>3D Mixed Reality</i>	8
2.3. <i>Kinect Depth Camera Analysis</i>	10
2.4. Prinsip Pengukuran Kedalaman dengan Triangulasi.....	10
2.5. Proyeksi dan Transformasi 3D.....	13
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	17
3.1. Perancangan Sistem <i>Augmented Reality</i>	18
3.1.1 Perancangan Skenario	18
3.1.2 Perancangan Alur Kondisi Sesaat Sistem	20
3.1.3 Perancangan Algoritma.....	21
3.2. Perancangan Objek Maya Tiga Dimensi	25
3.2.1 Perancangan Model Tiga Dimensi.....	25
3.2.2 Perancangan <i>Exporting Model</i> ke dalam <i>Engine</i> Sistem	26
3.2.3 Perancangan Sistem Koordinat Posisi Model Tiga Dimensi	28
3.3. Perancangan Sistem <i>3D Mixed Reality</i>	29
3.3.1 Perancangan Skenario	29
3.3.2 Perancangan Perilaku Sistem	30

3.3.3 Perancangan Algoritma.....	32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	37
4.1. Tahap Pengujian Deteksi <i>Skeleton</i>	37
4.2. Tahap Pengujian Deteksi Kedalaman Objek Nyata Tiga Dimensi	42
4.3. Tahap Pengujian <i>State Augmented Virtuality / Video Masking</i>	48
4.4. Tahap Pengujian <i>State 3D Mixed Reality</i>	54
4.5. Analisa Distorsi Citra	59
4.6. Analisa Pengaruh Jarak Objek dengan Kamera terhadap Banyaknya Distorsi Citra/Jumlah Piksel yang Hilang	61
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....	67
5.1. Kesimpulan.....	67
5.2. Saran.....	67
DAFTAR PUSTAKA.....	69

DAFTAR TABEL

Tabel 4-1. Ujicoba Hubungan Faktor Jarak dan Distorsi Citra (1).....	61
Tabel 4-2. Ujicoba Hubungan Faktor Jarak dan Distorsi Citra (2).....	63

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2-1. <i>Virtuality Continuum</i>	8
Gambar 2-2. Contoh Tampilan Lingkungan <i>3D Mixed Reality</i>	9
Gambar 2-3. Komponen <i>3D Mixed Reality</i>	9
Gambar 2-4. Pengukuran Kedalaman	11
Gambar 2-5. Relasi antara Kedalaman Relatif dan Disparitas Terukur.....	12
Gambar 2-6. Proses Konversi Tiga Dimensi ke Dua Dimensi.	14
Gambar 2-7. Diagram Transformasi Pandang Tiga Dimensi	15
Gambar 2-8. Proyeksi Objek.....	15
Gambar 3-1. Blok Diagram Metodologi Penelitian	17
Gambar 3-2. Skenario Posisi Awal Objek Nyata dan Kamera dalam Sistem AR.18	
Gambar 3-3. Skenario Sistem <i>Augmented Reality</i>	19
Gambar 3-4. FSM Sistem <i>Augmented Virtuality</i>	20
Gambar 3-5. <i>Flowchart</i> Algoritma <i>Augmented Virtuality</i>	23
Gambar 3-6. <i>Flowchart</i> Algoritma <i>Augmented Virtuality</i>	24
Gambar 3-7. Blok Diagram Pembuatan Model Tiga Dimensi	25
Gambar 3-8. Diagram <i>Exporting</i> Model 3D ke dalam <i>Engine</i> Sistem.	27
Gambar 3-9. Alur Pengaturan Koordinat Model Tiga Dimensi	28
Gambar 3-10. Skenario Masuknya Objek Maya ke dalam Lingkungan Sistem ...	29
Gambar 3-11. <i>Use Case Diagram</i>	31
Gambar 3-12. <i>Flowchart</i> Algoritma <i>3D Mixed Reality</i>	33
Gambar 3-13. <i>Flowchart</i> Algoritma <i>3D Mixed Reality</i>	34
Gambar 4-1. Analisa Kedalaman Lingkungan Nyata	38
Gambar 4-2. Analisa Kedalaman Objek Nyata(1).....	39
Gambar 4-3. Analisa Kedalaman Objek Nyata (2).....	40
Gambar 4-4. Analisa Kedalaman Objek Nyata (3).....	40
Gambar 4-5. Analisa Kedalaman Objek Nyata (4).....	41
Gambar 4-6. Analisa Kedalaman Dua Objek Nyata.....	41
Gambar 4-7. Analisa Kedalaman Tiga Objek Nyata	42
Gambar 4-8. Objek Nyata yang Terdeteksi dan Terlacak <i>Skeletonnya</i>	42
Gambar 4-9. Analisa Kedalaman Objek Nyata (5).....	43
Gambar 4-10. Analisa Kedalaman Objek Nyata (6).....	43

Gambar 4-11. Deteksi Kedalaman (1).....	44
Gambar 4-12. Deteksi Kedalaman (2).....	45
Gambar 4-13. Analisa Kedalaman Objek Nyata (7).....	46
Gambar 4-14. Analisa Kedalaman Objek Nyata (8).....	47
Gambar 4-15. Analisa Kedalaman Objek Nyata (8).....	48
Gambar 4-16. Kondisi sebelum <i>state Augmented Virtuality (1)</i>	49
Gambar 4-17. Kondisi sebelum <i>state Augmented Virtuality (2)</i>	49
Gambar 4-18. Kondisi sebelum <i>state Augmented Virtuality (3)</i>	49
Gambar 4-19. Kondisi sebelum <i>state Augmented Virtuality (4)</i>	50
Gambar 4-20. Kondisi sebelum <i>state Augmented Virtuality (5)</i>	50
Gambar 4-21. Kondisi sebelum <i>state Augmented Virtuality (6)</i>	50
Gambar 4-22. <i>Augmented Virtuality (1)</i>	51
Gambar 4-23. <i>Augmented Virtuality (2)</i>	51
Gambar 4-24. <i>Augmented Virtuality (3)</i>	52
Gambar 4-25. <i>Augmented Virtuality (4)</i>	52
Gambar 4-26. <i>Augmented Virtuality (5)</i>	53
Gambar 4-27. <i>Augmented Virtuality (6)</i>	53
Gambar 4-28. <i>3D Mixed Reality (1)</i>	54
Gambar 4-29. <i>3D Mixed Reality (2)</i>	55
Gambar 4-30. <i>3D Mixed Reality (3)</i>	56
Gambar 4-31. <i>3D Mixed Reality (4)</i>	57
Gambar 4-32. <i>3D Mixed Reality (5)</i>	58
Gambar 4-33. <i>3D Mixed Reality (6)</i>	58
Gambar 4-34. Kerusakan piksel citra (1).....	60
Gambar 4-35. Kerusakan piksel citra (2).....	61

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pada saat ini perkembangan teknologi multimedia semakin pesat, mulai dari sistem yang berbasis model dua dimensi sampai dengan yang berbasis model tiga dimensi. Semua sistem multimedia tersebut telah menggunakan teknik-teknik animasi yang cukup kompleks. Teknologi multimedia menyentuh berbagai bidang mulai dari hiburan (*entertainment*) sampai dengan pendidikan. Salah satu area *entertainment* yang membutuhkan banyak fitur multimedia adalah iklan atau promosi.

Data statistika menunjukkan bahwa iklan atau promosi menjadi semakin populer dan memainkan peranan yang sangat penting dalam ekonomi makro maupun mikro Indonesia. Menurut Interactive Advertising Bureau yang dilansir Cnet pada 13 Juni 2012, bahwa pada kuartal pertama 2012, pendapatan iklan Internet mencapai rekor tertinggi dengan menembus USD 8,4 miliar. Angka tersebut naik dari USD 7,3 miliar yang diperoleh pada tahun 2011. Secara keseluruhan pendapatan dari iklan di internet yang terjadi selama empat kuartal pada 2011 mencapai USD 9 miliar. Saat ini pendapatan iklan di internet tumbuh, dan diperkirakan angka ini akan terus bergerak.

Hal ini menunjukkan bahwa peran dunia iklan atau promosi akan terus mengalami kenaikan dalam perspektif ekonomi Indonesia. Sehingga area iklan atau promosi ini harus diperhatikan dengan sungguh-sungguh karena potensinya yang sangat besar. Konten dari iklan atau promosi harus mampu menarik dan memberikan kesan dan pesan yang positif bagi sasarannya. Promosi yang menarik berkaitan dengan bagaimana pengaturan dan penggunaan multimedia sebagai sarana untuk memikat masyarakat. Aspek multimedia yang sangat penting adalah meninggalkan teknologi lama yang sudah usang dan beralih kepada teknologi baru yang menawarkan hal-hal baru dan inovatif bagi sasarannya.

Salah satu teknologi multimedia yang masih baru dan belum banyak digunakan saat ini adalah teknologi *mixed reality*. Teknologi ini sudah diaplikasikan

namun masih belum banyak digunakan terutama pada dunia kesehatan, pendidikan dan hiburan padahal teknologi ini memiliki aspek interaktivitas yang sangat tinggi karena memadukan antara dunia nyata dan maya. Diharapkan ke depan, teknologi ini akan lebih banyak digunakan di berbagai aspek kehidupan karena memiliki banyak kelebihan yang menunjang aspek pembelajaran.

Teknologi multimedia lain yang sangat populer saat ini adalah *Depth Camera*. Teknologi baru ini telah banyak diterapkan di beberapa aspek kehidupan. Bidang Sistem Informasi Geografis menggunakannya untuk navigasi Google Earth [1]. Dalam dunia kedokteran, para dokter menggunakannya untuk melakukan operasi bedah. Sedangkan dalam dunia telekomunikasi, para ahli akan memanfaatkannya untuk mengendalikan satelit. *Depth Camera* juga digunakan dalam bidang penjualan yang dipasang pada keranjang belanja untuk mengidentifikasi pembeli atau pemilik belanjanya. Bahkan pada dunia psikologi, para ahli membuktikan bahwa *depth camera* membantu para ibu untuk mendeteksi autisme pada anak. Hal ini membuktikan bahwa *Depth Camera* memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan untuk mendukung berbagai aplikasi berbasis multimedia dalam berbagai bidang.

Penerapan *Mixed Reality* dan *Depth Camera* pada bidang promosi masih belum banyak digunakan. Padahal kedua teknologi tersebut memiliki potensi yang sangat besar untuk menarik masyarakat karena memudahkan komunikasi yang interaktif. Promosi yang melibatkan keberadaan dan partisipasi pengguna akan lebih mudah dipahami dan memberikan kesan positif yang lebih baik bagi pengguna.

Promosi yang menarik juga sangat diperlukan dalam aspek pendidikan. Dalam konteks pembelajaran, *active learning* (belajar aktif) pada dasarnya berusaha untuk memperkuat dan memperlancar stimulus dan respons anak didik dalam pembelajaran, sehingga proses pembelajaran menjadi hal yang menyenangkan, tidak menjadi hal yang membosankan bagi mereka. Pemberian strategi *active learning* pada anak didik dapat membantu ingatan (*memory*) mereka, sehingga mereka dapat dihantarkan kepada tujuan pembelajaran dengan sukses. Penggunaan model pembelajaran aktif dapat meningkatkan keaktifan siswa dalam belajar karena siswa ikut berpartisipasi langsung dalam pembelajaran, selain itu dapat meningkatkan daya kreatif dan kerja sama tim dalam kelompok.

Pada penelitian ini penulis mencoba menghadirkan pemanfaatan kedua teknologi tersebut yaitu *Mixed Reality* dan *Depth Camera* dalam bidang iklan atau

promosi yang melibatkan partisipasi aktif dari pengguna atau masyarakat sebagai sasaran promosi. Penelitian ini bertujuan untuk mengusulkan suatu metode yang dapat digunakan sebagai sarana pembelajaran dalam aspek promosi interaktif berbasis *Mixed Reality*.

1.2. Rumusan Masalah

Pada penelitian sebelumnya, untuk membangun sistem *art and entertainment* berbasis *Mixed Reality* dengan metode *Ceiling Camera Tracking* [2]. Metode ini menggunakan empat kamera yang masing-masing dipasang pada sudut-sudut atap pada ruangan yang berbentuk kubus atau balok. Hal ini akan menyulitkan pengguna atau objek nyata tiga dimensi karena harus meletakkan empat kamera pada sudut-sudut ruangan. Pada metode ini juga membutuhkan *marker* yang digunakan untuk melakukan *pose estimation* dan *rendering* objek-objek maya tiga dimensi. Sehingga posisi dan orientasi objek maya sangat bergantung kepada keberadaan dan keadaan *marker*.

1.3. Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah, maka penelitian ini bertujuan memberikan alternatif metode untuk membangun *3D Mixed Reality* tanpa *marker*, yaitu menggunakan *Depth Analysis*.

1.4. Batasan Masalah

Untuk menyelesaikan permasalahan tersebut diberikan batasan-batasan sebagai berikut:

1. Menggunakan *Depth Analysis* untuk membangun sistem *3D Mixed Reality*.
2. Perangkat keras yang terlibat hanyalah *workstation* dan *Depth Camera*.

1.5. Kontribusi dan Manfaat

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Menambah referensi tentang alternatif metode penerapan *3D Mixed Reality*
2. Mengenalkan *depth analysis* dalam area *3D Mixed Reality*

1.6. Metodologi

Langkah-langkah yang akan ditempuh dalam pengerjaan penelitian ini adalah:

1. Pemahaman Sistem dan Studi Literatur

Mempelajari proses bisnis yang terjadi dan juga berbagai macam literatur tentang konsep-konsep yang berkaitan dengan rumusan masalah, termasuk didalamnya mempelajari teknologi *mixed reality* dan *depth camera*.

2. Penampungan dan analisis data

Dalam tahap ini akan dilakukan penampungan dan analisis terhadap data-data yang dibutuhkan dalam pembuatan sistem promosi interaktif berbasis *mixed reality* menggunakan *Depth Camera*.

3. Perancangan Arsitektur

Tahap ini merupakan tahapan analisis dan desain sistem dengan mengacu pada proses bisnis dan data yang telah diperoleh dan dianalisa pada tahapan sebelumnya. Termasuk disini adalah merancang sistem yang akan dibangun dalam teknologi *Mixed Reality* dan *Depth Camera*.

4. Implementasi

Pada tahap ini akan dilakukan proses pembuatan sistem berupa implementasi kode dan aplikasi jadi.

5. Ujicoba dan Evaluasi

Melakukan ujicoba dan evaluasi prototipe sistem untuk mencari masalah yang mungkin timbul, mengevaluasi apakah ada kekurangan dan mengadakan perbaikan jika ada kekurangan.

6. Pembuatan Laporan

Pada tahap terakhir ini disusun laporan sebagai dokumentasi dari pelaksanaan penelitian.

1.7. Hipotesis Penelitian

Berdasarkan latar belakang masalah, tujuan, rumusan masalah, dan metodologi penelitian maka hipotesis penelitian yang diajukan adalah “*Sistem 3D mixed reality berbasis Depth Analysis dapat digunakan sebagai salah satu alternatif metode untuk membangun aplikasi multimedia yang menarik*”.

1.8.Sistematika Penulisan

Bab 1 Pendahuluan

Memaparkan latar belakang permasalahan dan tujuan penelitian yang dilakukan.

Bab 2 Tinjauan Pustaka

Menjelaskan tentang dasar *3D Mixed Reality*, *Depth Analysis* dan proses-proses yang ada di dalamnya.

Bab 3 Metodologi Penelitian

Menjelaskan tentang arsitektur sistem dan metode yang diterapkan.

Bab 4 Hasil dan Pembahasan

Memaparkan ujicoba dan hasil yang telah dilakukan terhadap perancangan Sistem *3D Mixed Reality* berbasis *Depth Analysis* objek nyata 3D.

Bab 5 Kesimpulan dan Saran

Menguraikan kesimpulan yang diambil berdasarkan hasil yang telah dicapai.

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengenalan *Augmented Reality*

Augmented reality (AR) adalah teknologi yang mengintegrasikan benda maya dua dimensi dan atau tiga dimensi pada lingkungan nyata tiga dimensi dan memproyeksikannya dalam waktu nyata[3]. AR hanya menambahkan objek maya tiga dimensi dalam lingkungan nyata, tidak menghilangkan seluruh entitas nyata di dalamnya. AR dikatakan sebagai perpaduan antara *virtual reality* dengan *world reality*. Sehingga objek-objek maya dua dimensi atau tiga dimensi seolah-olah terlihat nyata dan menyatu dengan dunia nyata. Menurut Azuma, *Augmented Reality* adalah variasi dari *Virtual Reality* [4].

Teknologi *Virtual Reality* memungkinkan pengguna berinteraksi dengan lingkungan yang diciptakan secara maya untuk merepresentasikan simulasi dunia nyata, tetapi pengguna tidak bisa melihat lingkungan nyata yang ada di sekitarnya pada sistem tersebut. Sedangkan teknologi AR memungkinkan pengguna dapat melihat dunia nyata yang ada di sekelilingnya beserta penambahan objek maya yang dihasilkan oleh komputer. Supaya objek AR tiga dimensi dapat dilihat secara langsung pada medianya, dibutuhkan alat khusus yang dinamakan *Head Mounted Display* (HMD).

Objek maya membantu pengguna dalam membangun persepsi dan interaksi dengan dunia nyata dengan cara menampilkan informasi yang menunjang kegiatan sehari-hari. Informasi-informasi tersebut tidak langsung dapat diterima oleh indera pengguna, melainkan dengan teknologi. Pada prinsipnya semua indera manusia dapat memanfaatkan teknologi AR seperti pendengaran, sentuhan dan penciuman.

AR dimanfaatkan dalam berbagai bidang meliputi kesehatan, militer, industri manufaktur, serta perangkat-perangkat yang digunakan untuk kepentingan umum, seperti pada telepon genggam.

2.2. 3D Mixed Reality

Milgram dan Kishino menyatakan kemungkinan integrasi dunia nyata dan dunia maya ke dalam sebuah area yang disebut *kontinuum virtualitas*[5]. Ujung yang paling kiri menunjukkan lingkungan nyata yang hanya berisi benda nyata, dan ujung paling kanan menyatakan lingkungan maya yang berisi benda maya. Pada saat kondisi AR, lingkungan bersifat nyata dan benda bersifat maya, sementara dalam *augmented virtuality*, lingkungan bersifat maya dan benda bersifat nyata. AR dan *augmented virtuality* digabungkan menjadi *mixed reality*.



Gambar 2.1 *Virtuality Continuum*[6]

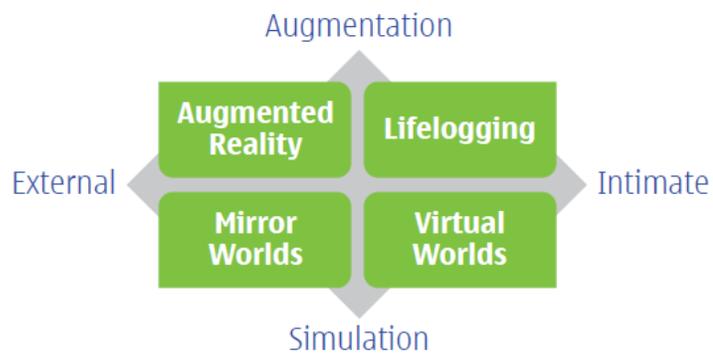
3D Mixed Reality merupakan teknologi yang melibatkan tampilan grafis maya pada realitas. Pengguna melihat dunia melalui HMD yang menampilkan informasi grafis pada video dari lingkungan sekitarnya. Dengan HMD khusus, orang dapat mengakses informasi di mana saja dan kapan saja. Dokter bisa melihat informasi USG pada pasien, pelajar bisa melihat tokoh-tokoh mitos Yunani 3D pada halaman buku nyata, dan menonton pertandingan sepak bola di meja dalam bentuk 3D [18].

Teknologi *3D Mixed Reality* akan mengubah semua aspek kehidupan. *3D Mixed Reality* dengan *3D Live technology*, akan menciptakan terobosan berikutnya dalam dunia komunikasi dan *entertainment*. Pengguna tidak hanya konferensi dari suatu lokasi, tetapi juga melihat teman-teman jauh di lingkungan nyata. Pengguna dapat melihat bentuk hologram dari peserta terpencil di tangan dengan *3D Live technology*. *3D Mixed Reality* tidak hanya menghubungkan orang di seluruh dunia, tetapi juga benar-benar memungkinkan mereka berdekatan [18].



Gambar 2.2 Contoh tampilan lingkungan 3D Mixed Reality[20]

Berdasarkan fokus dan integrasi aspek digital teknologi, 3D Mixed Reality dapat dibagi dalam beberapa komponen seperti yang dijelaskan oleh Proyek Roadmap Metaverse pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Komponen 3D Mixed Reality [18]

Augmented Reality ditunjukkan dalam lingkungan di mana informasi digunakan untuk meningkatkan tampilan *real-time*, *Mirror Worlds* di mana citra dunia nyata digunakan untuk meningkatkan kualitas dunia maya, *Lifelogging* dimana data dari lingkungan nyata dicatat dan ditampilkan secara maya, dan *Virtual Worlds* di mana lingkungan benar-benar digital, tetapi interaksi dengan orang lain bisa menjadi nyata.

2.3. Kinect Depth Camera Analysis

Sensor jarak yang berharga murah adalah alternatif yang menarik untuk menggantikan pemindai laser yang mahal seperti dalam bidang pemetaan, pengawasan, robotika dan forensik. Perkembangan terbaru dalam teknologi penginderaan jarak adalah sensor Microsoft Kinect [7]. Kinect terutama dirancang untuk interaksi alami dalam lingkungan permainan komputer [8]. Namun, karakteristik dari data yang ditangkap oleh Kinect telah menarik perhatian para peneliti dari bidang pemetaan dan pemodelan tiga dimensi. Demonstrasi terakhir mengenai potensi Kinect untuk pemodelan tiga dimensi dari lingkungan *indoor* dapat dilihat dalam karya Henry dkk [9].

Sensor Kinect menangkap citra berkedalaman dan berwarna secara bersamaan pada *frame rate* sekitar 30 fps. Integrasi data kedalaman dan warna menghasilkan sebuah *point cloud* berwarna yang mengandung sekitar 300.000 titik dalam setiap *frame*. Dengan meregistrasikan citra kedalaman berturut-turut tidak hanya dapat memperoleh kepadatan titik yang meningkat, tetapi juga membuat suatu *point cloud* lengkap dari suatu lingkungan *indoor* secara *real time*. Untuk mencapai potensi penuh dari sensor tersebut dalam aplikasi pemetaan, diperlukan analisis kesalahan secara sistematis dan acak dari data tersebut. Koreksi kesalahan secara sistematis merupakan prasyarat untuk penyelarasan data kedalaman dan warna, dan bergantung pada identifikasi model matematika untuk pengukuran kedalaman dan parameter kalibrasi yang melibatkan. Karakterisasi kesalahan acak adalah penting dan berguna dalam pengolahan lebih lanjut data kedalaman, misalnya dalam pembobotan pasangan titik dalam algoritma registrasi [10].

Kinect merupakan perkembangan terbaru yang dirilis pada November 2010, tetapi sedikit sekali informasi yang berkaitan dengan kualitas geometrik data yang tersedia. Penyelidikan geometrik dan kalibrasi sensor yang mirip, seperti SwissRanger, telah menjadi topik dari karya-karya sebelumnya [11][12][13]. Namun, prinsip pengukuran kedalaman dalam Kinect adalah berbeda dari SwissRanger.

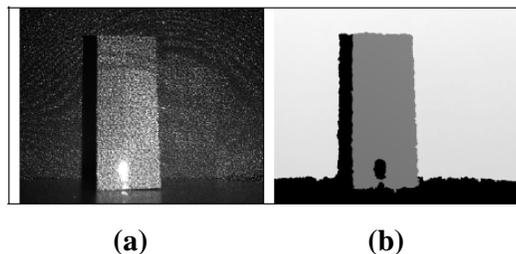
2.4. Prinsip Pengukuran Kedalaman dengan Triangulasi

Sensor Kinect terdiri dari emitor laser inframerah, kamera inframerah dan kamera RGB. Para peneliti menggambarkan pengukuran kedalaman sebagai proses

triangulasi [14]. Triangulasi adalah proses mencari koordinat dan jarak sebuah titik dengan mengukur sudut antara titik tersebut dan dua titik referensi lainnya yang sudah diketahui posisi dan jarak antara keduanya. Sedangkan koordinat dan jarak ditentukan dengan menggunakan hukum sinus [15]. Pada Kinect, sumber laser memancarkan sinar tunggal yang dipecah menjadi beberapa sinar melalui kisi difraksi (celah optik) untuk membuat pola spekel (informasi objek) yang konstan yang diproyeksikan ke *scene*. Pola ini ditangkap oleh kamera inframerah dan dikorelasikan terhadap pola referensi. Pola referensi diperoleh dengan menangkap *plane* pada jarak yang dikenal dari sensor, dan disimpan dalam memori sensor. Sedangkan spekel adalah bercak atau titik terang gelap akibat interferensi cahaya, bila permukaan itu disinari oleh cahaya koheren dari laser. Interferensi adalah paduan dua gelombang atau lebih menjadi satu gelombang baru. Koheren artinya bahwa semua gelombang cahaya yang terlibat tersebut harus memiliki beda fase yang selalu tetap, sehingga kumpulan gelombang cahaya tersebut harus memiliki frekuensi yang sama [16].

Ketika spekel diproyeksikan pada objek yang jaraknya ke sensor lebih kecil atau lebih besar dibandingkan dengan bidang referensi, posisi spekel pada citra inframerah akan bergeser ke arah *baseline* antara proyektor laser dan pusat perspektif dari kamera inframerah.

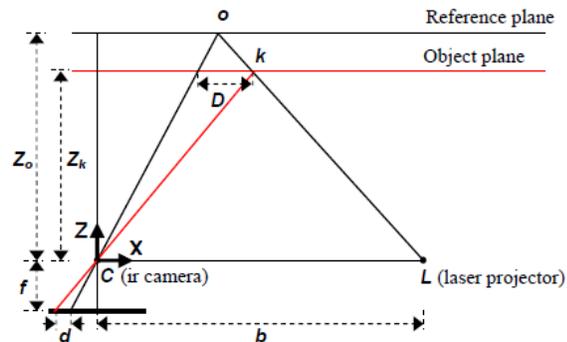
Pergeseran ini diukur untuk semua spekel dengan prosedur korelasi citra sederhana, yang menghasilkan citra kesenjangan. Untuk setiap piksel, jarak ke sensor maka dapat diambil dari disparitas yang sesuai. Gambar 2.4 menggambarkan pengukuran kedalaman dari pola spekel.



Gambar 2.4 (a) Citra *infrared* (b) Citra kedalaman [21]

Gambar 2.5 mengilustrasikan hubungan antara jarak titik objek ke sensor

relatif terhadap bidang referensi dan disparitas yang diukur d . Untuk mengungkapkan koordinat tiga dimensi dari titik-titik objek, dipertimbangkan suatu sistem koordinat kedalaman yang asalnya di pusat perspektif dari kamera inframerah. Sumbu Z adalah ortogonal terhadap bidang gambar menuju objek tersebut, sumbu X tegak lurus dengan sumbu Z ke arah b dasar antara pusat kamera inframerah dan proyektor laser, dan sumbu Y ortogonal ke X dan Z membangun sistem koordinat tangan kanan.



Gambar 2.5 Relasi antara kedalaman relatif dan disparitas terukur [21]

Diasumsikan sebuah benda pada bidang referensi pada jarak Z_0 ke sensor, dan spekel pada objek yang ditangkap pada bidang citra dari kamera inframerah. Jika objek digeser lebih dekat ke (atau lebih jauh dari) sensor, lokasi spekel pada bidang gambar akan pindah ke arah X . Hal ini diukur dalam ruang citra sebagai disparitas d sesuai dengan titik k dalam ruang objek. Dari persamaan segitiga tersebut didapatkan:

$$(2.1)$$

$$\frac{D}{b} = \frac{Z_0 - Z_k}{Z_0}$$

$$(2.2)$$

$$\frac{d}{f} = \frac{D}{Z_k}$$

dimana Z_k menunjukkan jarak (kedalaman) dari titik k dalam ruang objek, b adalah panjang dasar, f adalah panjang fokus kamera inframerah, D adalah perpindahan dari titik k dalam ruang objek, dan d adalah kesenjangan/disparitas yang diamati dalam ruang gambar. Penggantian D dari (2.2) ke (2.1) dan mengekspresikan Z_k dalam

variabel lain menghasilkan :

(2.3)

$$Z_k = \frac{Z_0}{1 + \frac{Z_0}{fb} d}$$

Persamaan (2.3) adalah model matematika dasar untuk derivasi kedalaman dari disparitas yang diamati asalkan parameter konstan Z_0 , f , dan b dapat ditentukan dengan kalibrasi. Koordinat Z dari suatu titik bersama dengan f mendefinisikan skala pencitraan untuk titik tersebut. Koordinat-koordinat objek planimetrik setiap titik dapat dihitung dari koordinat citra dan skalanya:

$$\begin{aligned} X_k &= -\frac{Z_k}{f} (y_k - y_0 + \delta y) \\ Y_k &= -\frac{Z_k}{f} (x_k - x_0 + \delta x) \end{aligned} \quad (2.4)$$

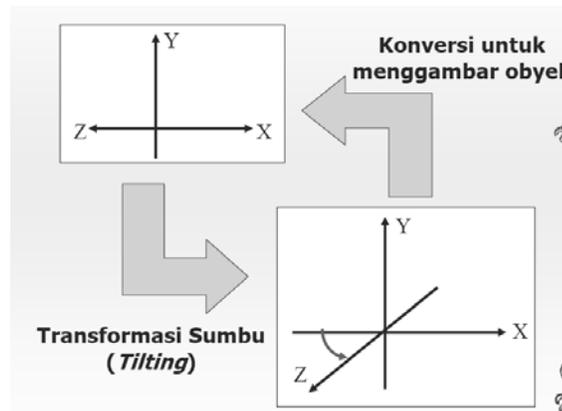
dimana x_k dan y_k adalah koordinat-koordinat gambar titik, x_0 dan y_0 adalah koordinat titik utama, dan δx dan δy adalah koreksi untuk distorsi lensa, model yang berbeda dengan koefisien yang berbeda. Di sini diasumsikan bahwa sistem koordinat citra sejajar dengan garis dasar dan demikian juga dengan sistem koordinat kedalaman [21].

2.5. Proyeksi dan Transformasi Tiga Dimensi

Objek tiga dimensi adalah sekumpulan titik-titik tiga dimensi (x,y,z) yang membentuk luasan-luasan (*face*) yang digabungkan menjadi satu kesatuan. *Face* adalah gabungan titik-titik yang membentuk luasan tertentu atau sering dinamakan dengan sisi. Penggambaran objek tiga dimensi dilakukan pada setiap *face* menggunakan *polygon*. *Polygon* dibentuk dari titik-titik yang terdapat pada sebuah

face. Titik-titik dinyatakan dalam struktur tiga dimensi, sedangkan layar komputer dalam struktur dua dimensi. Sehingga diperlukan konversi dari tiga dimensi menjadi dua dimensi.

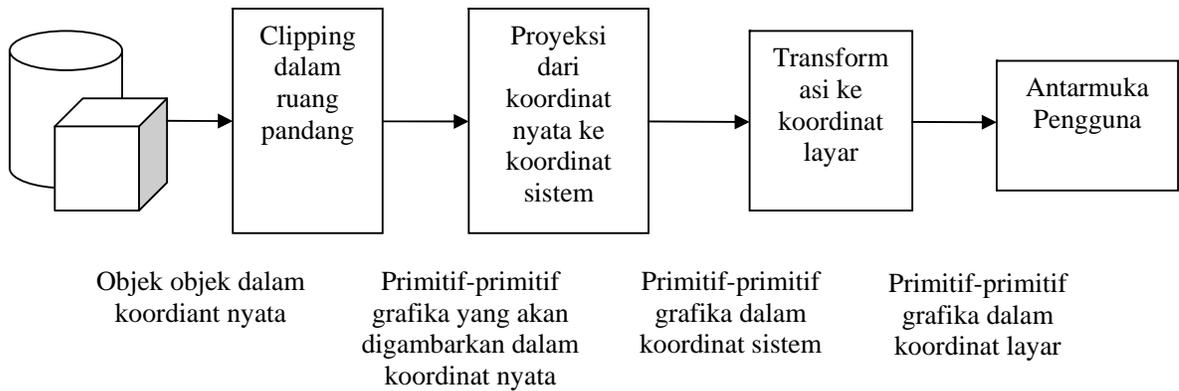
Penggambaran objek tiga dimensi untuk setiap *face* perlu dilakukan perubahan titik tiga dimensi menjadi vektor tiga dimensi, agar mudah dilakukan transformasi. Setelah proses pengolahan vektor, maka bentuk vektor tiga dimensi menjadi dua dimensi [22].



Gambar 2.6 Proses konversi tiga dimensi ke dua dimensi dan sebaliknya [22]

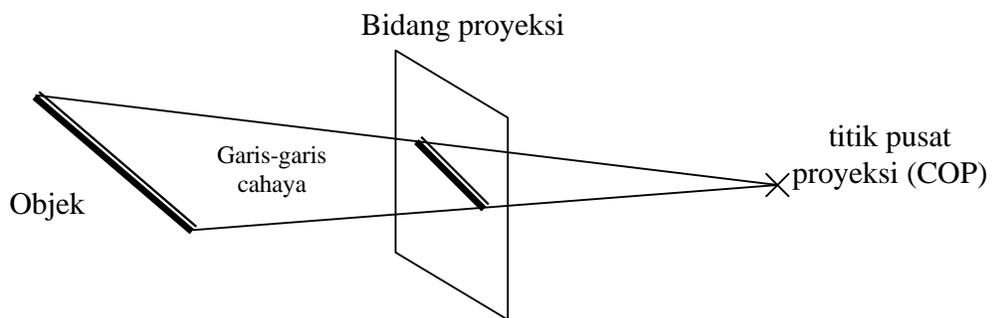
Transformasi tiga dimensi terdiri atas translasi, *scaling*, rotasi. Translasi adalah proses untuk memindahkan objek ke arah sumbu X, sumbu Y dan sumbu Z sebesar (dx, dy, dz) . Matrik transformasi dari proses translasi tiga dimensi seperti matrik translasi dua dimensi dengan menambahkan nilai z. Pada proses rotasi tiga dimensi, terdapat tiga macam rotasi, yaitu rotasi terhadap sumbu X (*rotation XMTX*), rotasi terhadap sumbu Y (*rotation YMTX*) dan rotasi pada sumbu Z (*rotation ZMTX*). Perbedaan dari masing-masing matriks rotasi ini adalah peletakan nilai $\cos(a)$ dan $\sin(a)$ [22].

Dalam sistem *mixed reality* dilakukan proses transformasi pandang tiga dimensi terhadap objek-objek nyata maupun maya tiga dimensi di dalam lingkungan nyata maupun maya.



Gambar 2.7 Diagram transformasi pandang tiga dimensi [23]

Alur transformasi dimulai dari objek-objek dalam koordinat nyata ditangkap dan dilakukan *clipping* dalam ruang pandang. Selanjutnya keluaran dari proses *clipping* ini adalah primitif grafika yang nantinya digambarkan dalam koordinat sistem. Kemudian primitif ini akan diproyeksi dari koordinat nyata ke koordinat sistem, yang berikutnya akan ditransformasi ke dalam koordinat layar, sehingga dapat dilihat oleh pengguna pada layar komputer. Transformasi dalam penggunaannya sering melibatkan proyeksi terutama yang berkaitan dengan objek tiga dimensi [23].



Gambar 2.8 Proyeksi objek [23]

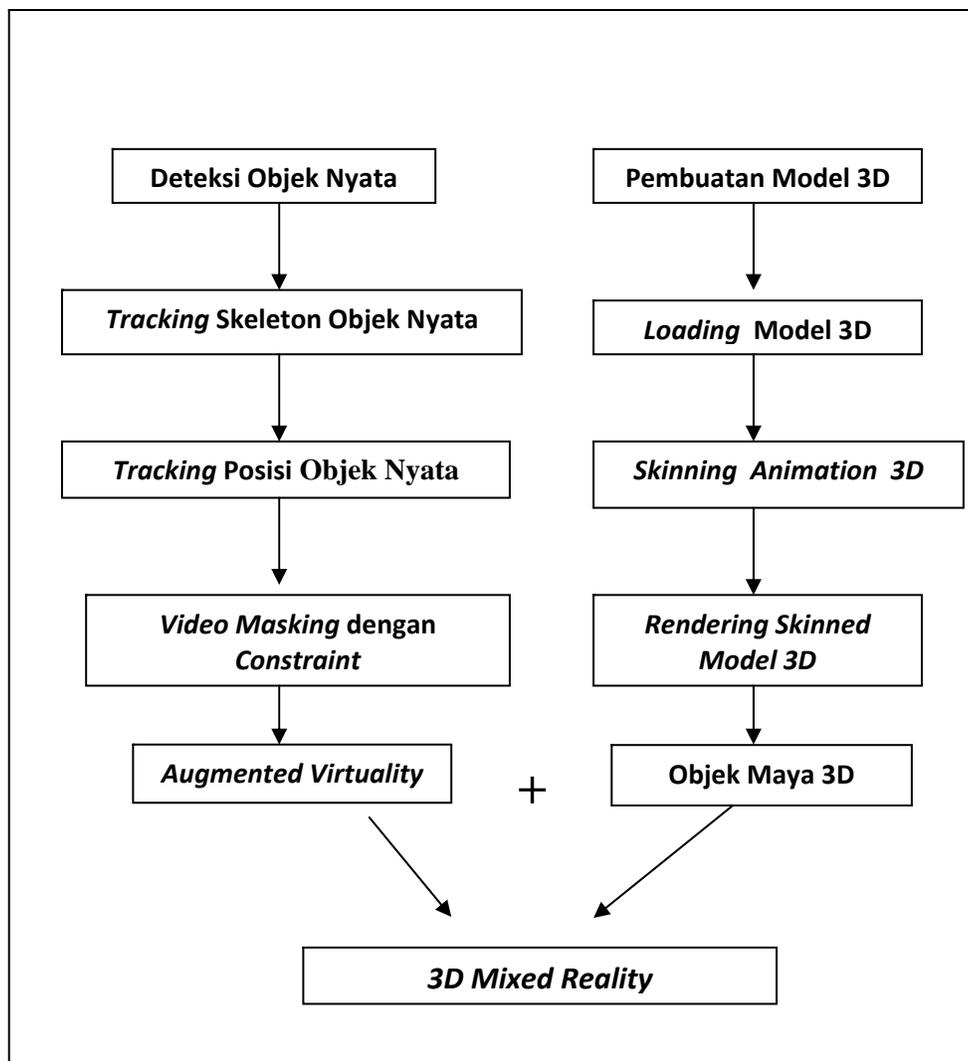
Proses proyeksi adalah penarikan garis cahaya dari primitif-primitif objek ke suatu titik pusat proyeksi ($COP=Center\ of\ Projection$) menembus suatu bidang dua dimensi. Citra primitif yang terbentuk pada bidang proyeksi ini setelah tertembus garis-garis cahayanya merupakan hasil proses proyeksi ini [23].

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Tahapan-tahapan dalam penelitian ini meliputi deteksi objek nyata, *tracking skeleton* objek nyata, *tracking posisi*, *video masking* dengan *constraint*, serta sistem *Mixed Reality* tiga dimensi. Alur diagram pada gambar 3.1 menunjukkan metode yang akan dilakukan dalam penelitian ini.



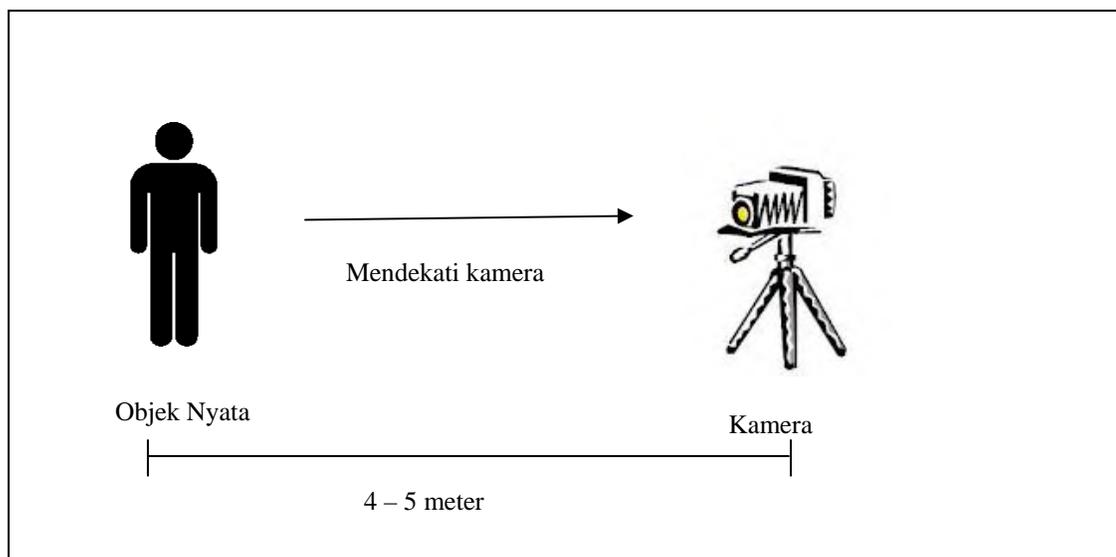
Gambar 3.1. Blok diagram metodologi penelitian

3.1. Perancangan Sistem *Augmented Virtuality*

Perancangan sistem ini dimulai ketika *video stream* kamera menangkap lingkungan nyata sistem. Dalam perancangan sistem ini, akan diujicobakan untuk beberapa lingkungan nyata sistem serta objek nyata yang berbeda baik dari sisi jumlah maupun fitur bentuknya.

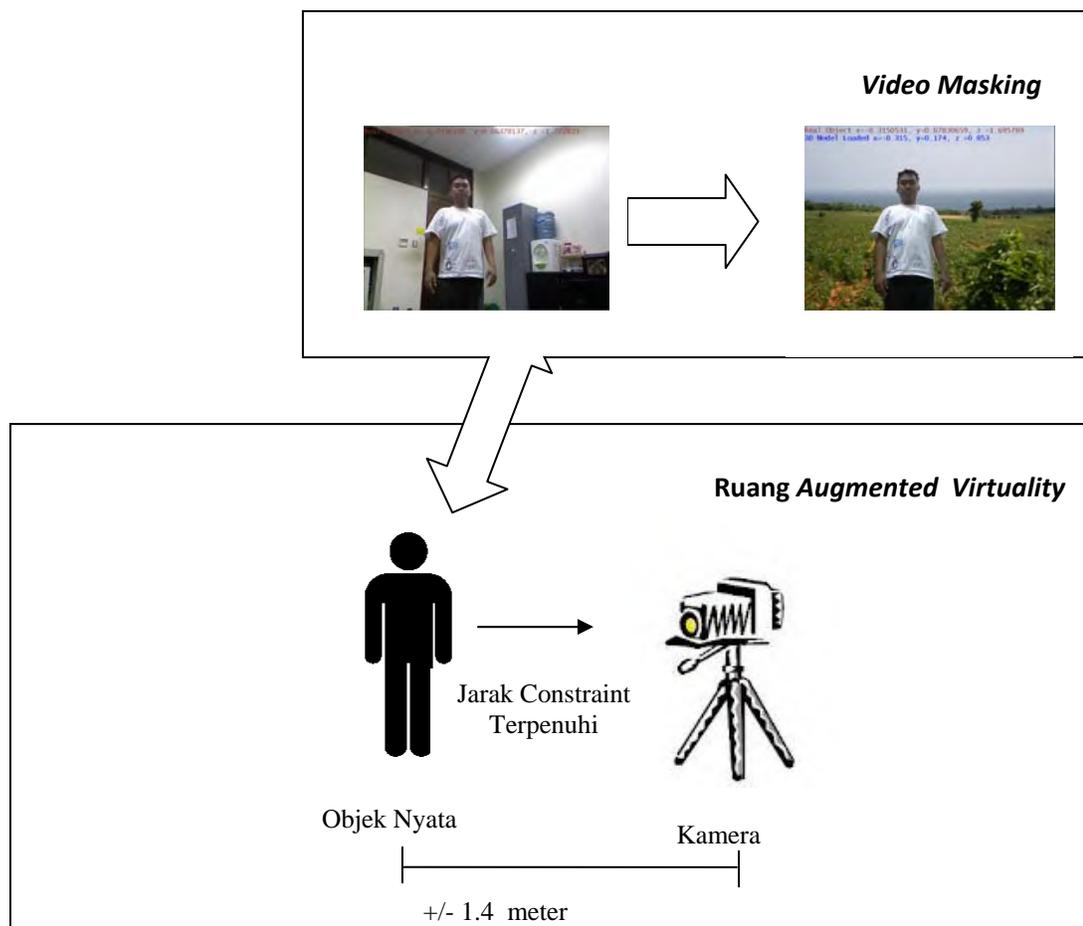
3.1.1. Perancangan Skenario

Skenario ini dimulai dengan *video stream* dari kamera terhadap lingkungan nyata sistem yang merupakan bagian dari *Mixed Reality* yang ditunjukkan pada gambar 3.2. Kemudian objek nyata masuk ke dalam lingkungan nyata yang akan mempengaruhi *state* sistem. Objek nyata di sini adalah manusia, yang pada percobaan kali ini diskenariokan jumlahnya hanya satu orang. Mula-mula objek nyata berada pada posisi yang jauh dari kamera yaitu kira-kira empat atau lima meter. Ketika objek nyata muncul dalam area kamera, maka sistem akan berusaha mengenali objek nyata tersebut. Selanjutnya sistem akan terus melacak objek nyata tersebut. Kemudian objek nyata akan dikenali *skeleton*-nya seperti kepala, bahu kanan, bahu kiri, tangan, kaki dan seterusnya.



Gambar 3.2. Skenario posisi awal objek nyata dan kamera dalam sistem *Augmented Virtuality*

Selanjutnya sistem akan mendeteksi posisi koordinat dunia dari objek nyata, yang diwakili oleh salah satu fitur *skeleton*-nya yaitu bahu kanan. Bahu kanan adalah salah satu fitur yang dilacak oleh sistem, untuk mengenali posisi objek nyata dalam sistem koordinat dunia.

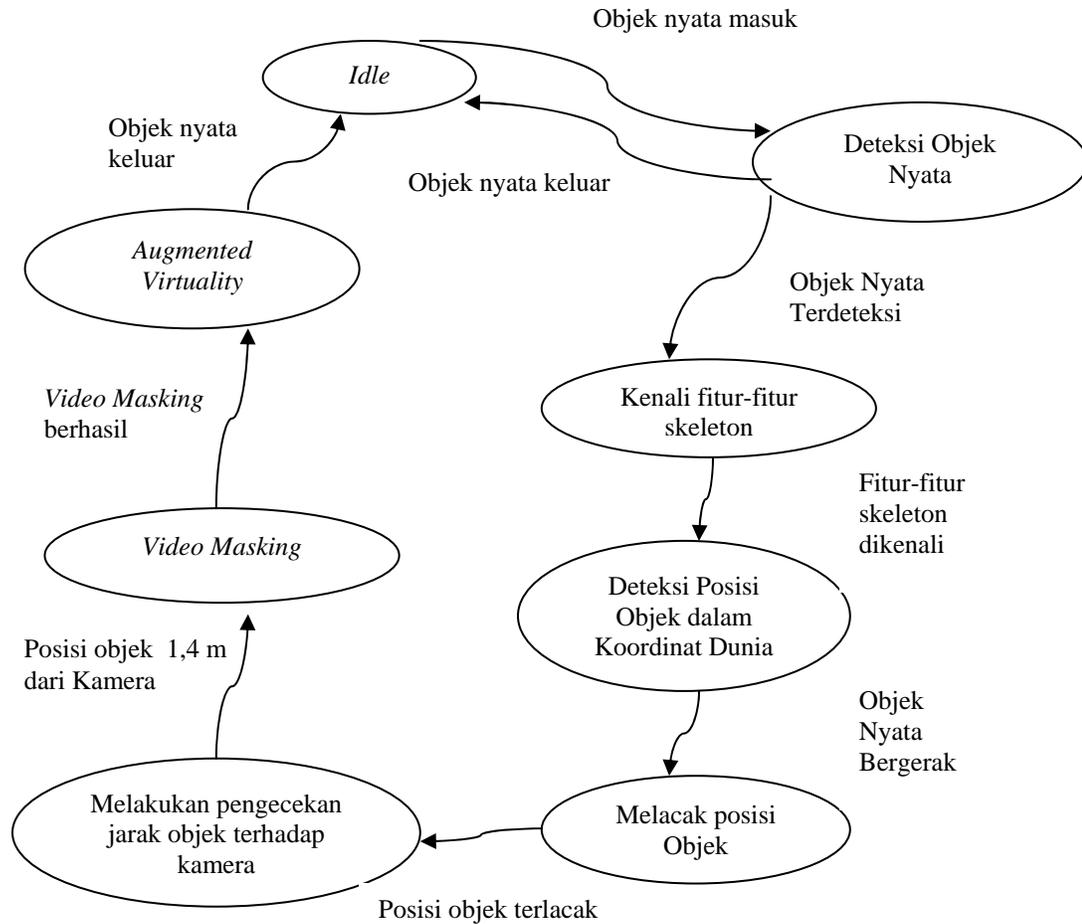


Gambar 3.3. Skenario sistem *Augmented Virtuality*

Gambar 3.3 memvisualisasikan bagaimana sistem dalam keadaan *Augmented Virtuality*. Objek nyata manusia berada dalam lingkungan maya yang dibangun oleh sistem. Jika objek nyata mendekati ke arah kamera, hingga jarak 1,4 meter dari kamera, maka akan dilakukan *video masking*, sehingga sistem berada pada *augmented virtuality state*.

3.1.2. Perancangan Alur Kondisi Sesaat Sistem

Kondisi sesaat sistem digambarkan dengan *Finite State Machine* pada gambar 3.4.



Gambar 3.4. *Finite State Machine* sistem *Augmented Virtuality*

Sistem berada dalam kondisi *idle* ketika *video stream* dari kamera hanya menangkap lingkungan nyata, sebelum ada objek nyata yang memasukinya. Ketika objek nyata masuk, maka sistem mendeteksi objek nyata, dan mengenali fitur-fitur

skeleton-nya. Kemudian sistem mendeteksi posisi objek dalam koordinat dunia, dan selalu melakukan pelacakan kemanapun objek bergerak. Pengecekan posisi akan selalu dilakukan sistem, dan pada saat posisi objek berada pada *constraint* 1,4 meter dari kamera, *state* berubah menjadi *video masking*. Dari *video masking* yang berhasil ini akan membawa sistem dalam keadaan *Augmented Virtuality*. Yaitu keadaan dimana objek nyata berada dalam lingkungan maya.

3.1.3. Perancangan Algoritma

Perancangan algoritma *augmented virtuality* dibagi atas beberapa bagian yaitu deteksi dan *tracking skeleton* objek nyata, deteksi posisi objek nyata serta *augmented virtuality*. Perancangan algoritma deteksi objek dan *tracking skeleton* sebagai berikut:

```
Pembuatan objek sensor
Pengaktifan depthstream
Pengaktifan colorstream
Pengaktifan skeletonstream
Eksekusi depth camera
if(Ada data skeleton) then
{
    Pembuatan eventhandler baru
    Pengambilan skeleton frame
    Penyimpanan semua informasi skeleton ke dalam variabel data
    skeleton
}
if(data skeleton valid) then
{
    pelacakan
    Penggambaran skeleton pada tekstur video
}
```

Sedangkan perancangan algoritma deteksi posisi objek nyata tiga dimensi sebagai berikut:

```
if(Data skeleton valid) then
{
    Penyimpanan informasi skeleton ke dalam vektor joint 3D
    Pengambilan posisi fitur joint 3D
    Konversi ke dalam meter/milimeter
}
```

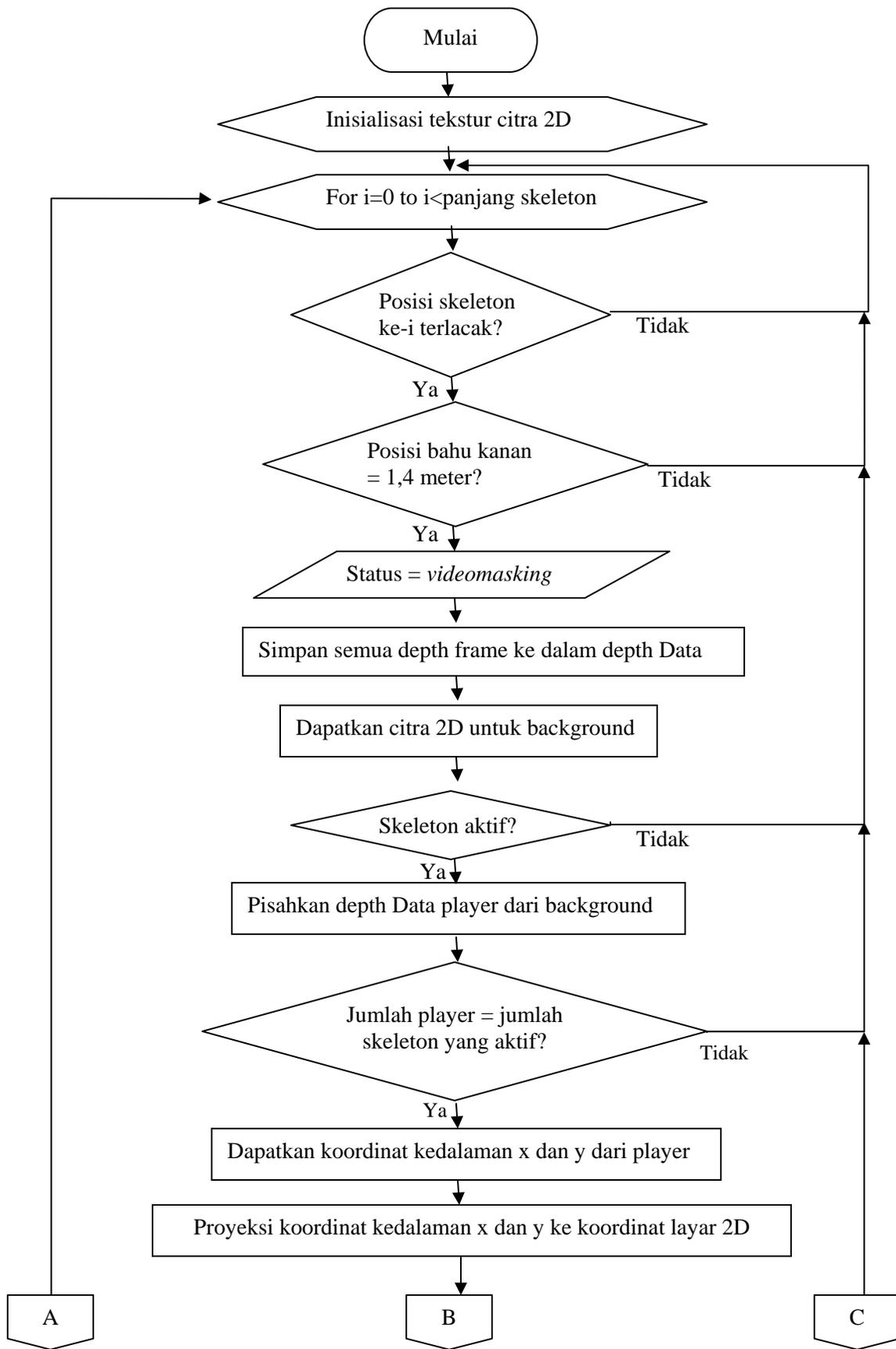
Kemudian perancangan algoritma *Augmented Virtuality* sebagai berikut:

```

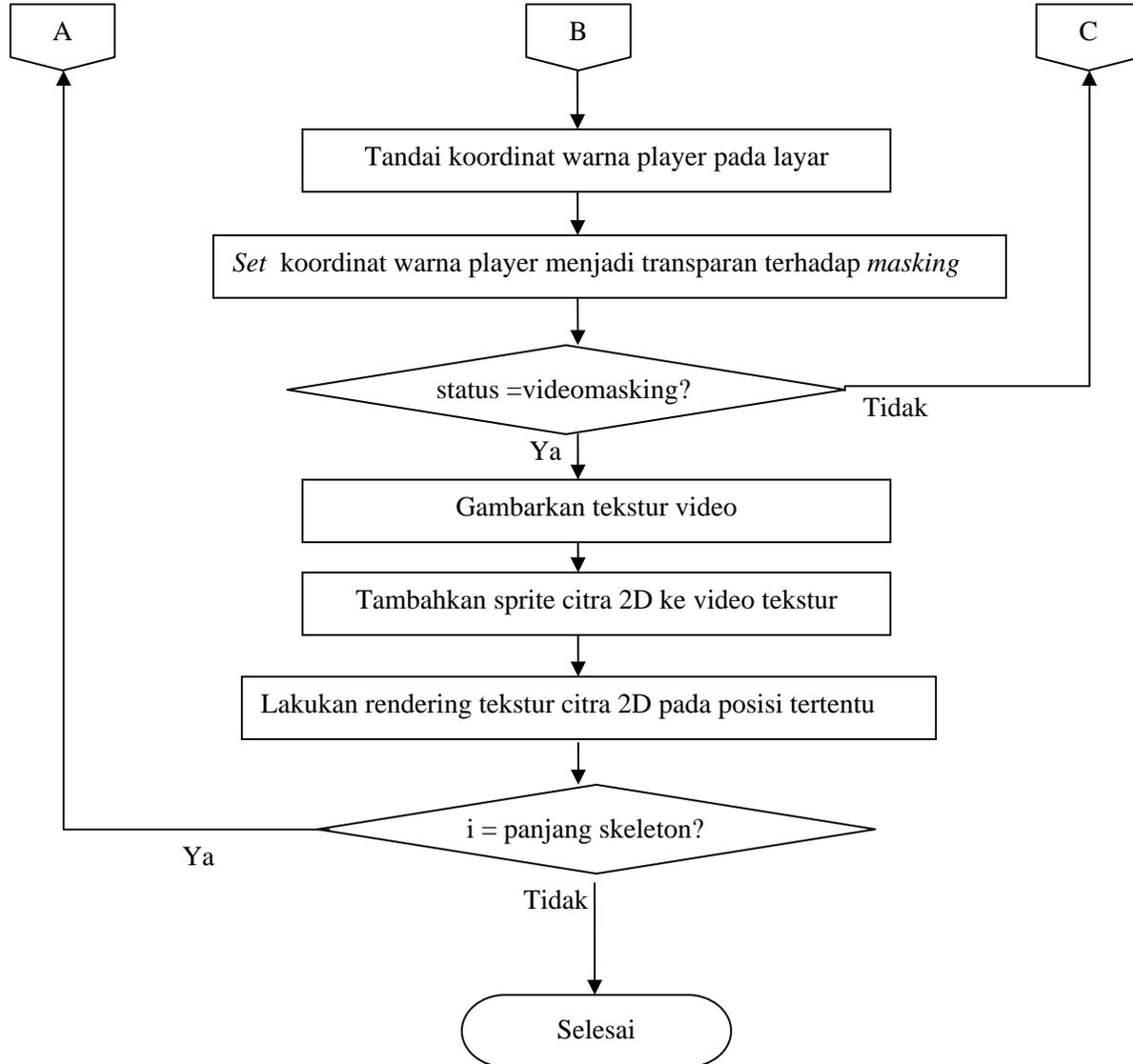
Inisialisasi teksturcitra 2D
for i = 0 to i=jumlah fitur skeleton
{
    if(posisi skeleton ke-i terlacak) then
    {
        if(posisi fitur bahu kanan =1,4 meter )
        status = videomasking
    }
    Penyimpanan semua depth frame ke dalam depth Data
    Pengambilan citra 2D untuk background
    if(skeleton aktif)
    {
        Pemisahan depth Data player dari background
        if(jumlah player ==jumlah skeleton yang aktif)
        {
            Pengambilan koordinat kedalaman x dan y
            dari player
            Proyeksi koordinat kedalaman x dan y ke
            koordinat warna layar
            Penandaan koordinat warna player pada
            layar
            Setting koordinat warna player menjadi
            transparan terhadap masking
        }
    }
    if(status = videomasking)
    {
        Penggambaran videotexture atau video camera
        Penambahan sprite citra 2D ke video tekstur
        rendering tekstur citra 2D pada posisi tertentu
    }
}

```

Pada gambar 3.4 ditunjukkan *flowchart* berkaitan dengan algoritma perancangan *augmented virtuality*. Dimulai dengan inisialisasi tekstur citra dua dimensi, kemudian dilakukan pengecekan posisi skeleton, jika posisi terlacak akan dilakukan pengecekan terhadap posisi salah satu fitur *skeleton* sebagai acuan dalam contoh kasus ini. Jika posisi sudah melewati 1,4 meter dari kamera maka status diubah menjadi *video masking*. Kemudian dilakukan penyimpanan semua *depth frame* ke dalam *depth data*. Selanjutnya didapatkan citra dua dimensi yang nantinya digunakan sebagai background pada saat *augmented virtuality*. Tahap berikutnya dilakukan pengecekan keaktifan skeleton, pemisahan *depth data* player dari *background*. Jika jumlah player sama dengan jumlah



Gambar 3.5 Diagram Alir Perancangan Algoritma *Augmented Virtuality*



Gambar 3.6 Diagram Alir Perancangan Algoritma *Augmented Virtuality*

skeleton yang aktif, maka akan didapatkan koordinat kedalaman x dan y dari *player* yang dilanjutkan dengan proyeksi koordinat kedalaman x dan y ke koordinat layar dua dimensi. Berikutnya dilakukan penandaan koordinat warna *player* pada layar, *setting* koordinat warna *player* menjadi transparan terhadap *masking*. Kemudian dilakukan pengecekan apakah statusnya video *masking*, jika benar maka akan dilakukan penggambaran tekstur video, penambahan *sprite* citra dua dimensi ke video tekstur,

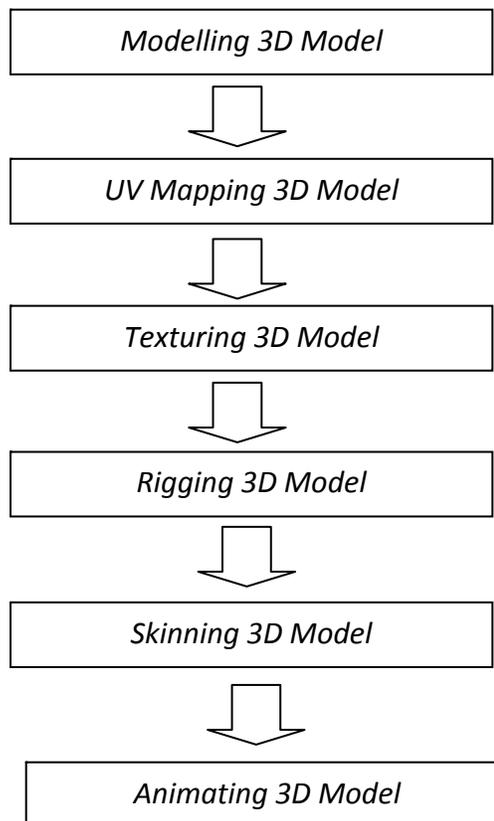
dilakukan proses *rendering* tekstur citra dua dimensi pada posisi tertentu yang membangun lingkungan maya pada objek nyata. Kemudian dilakukan pengecekan jika i sama dengan panjang *skeleton* maka proses dianggap selesai.

3.2. Perancangan Objek Maya Tiga Dimensi

Objek maya tiga dimensi pada sistem ini adalah model tiga dimensi yang memiliki animasi misalnya mengepak-kepakkan sayapnya dan menggerakkan anggota badan yang satu terhadap anggota badan yang lain.

3.2.1. Perancangan Model Tiga Dimensi

Pembuatan objek maya tiga dimensi dimulai dengan pembuatan model tiga dimensi yang meliputi langkah-langkah seperti pada gambar 3.7.



Gambar 3.7. Blok diagram pembuatan model tiga dimensi

Modeling adalah membuat model tiga dimensi awal. Tahap ini dimulai dengan membuat primitif-primitif objek penyusun model tiga dimensi seperti bola dan balok, menggabungkan beberapa objek, kemudian melakukan transformasi objek termasuk rotasi dan penskalaan. Selain itu pada tahap ini juga termasuk proses memutar dan memperbesar atau memperkecil pada area *pivot*, *pivot* merupakan titik pusat suatu objek.

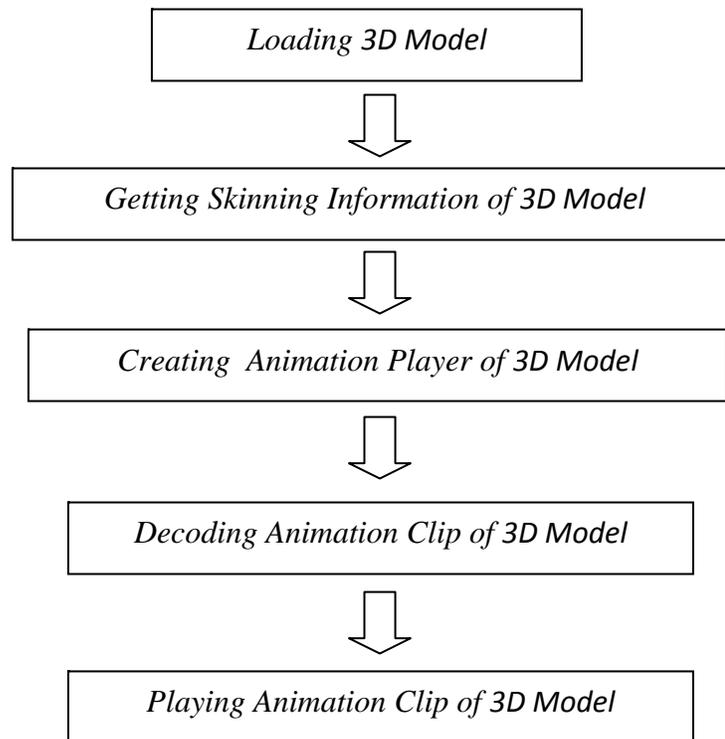
Tahap selanjutnya adalah *UV Mapping* yaitu memindahkan objek berdasarkan verteks. *UV Mapping* adalah suatu proses pemodelan tiga dimensi membuat gambar dua dimensi mewakili sebuah model tiga dimensi. Peta mengubah objek tiga dimensi ke gambar dikenal sebagai tekstur. Berbeda dengan X, Y dan Z, yang merupakan koordinat untuk objek tiga dimensi asli dalam ruang *modeling*, U dan V adalah koordinat objek yang berubah. Hal ini menciptakan efek lukisan gambar ke permukaan objek tiga dimensi.

Texturing merupakan pembuatan *texture* pada objek. *Texturing* adalah proses pemberian karakteristik permukaan termasuk warna, *highlight*, kilauan, sebaran cahaya (difusi) dan lainnya pada objek. Karakteristik seperti *bump* juga diperhatikan saat proses *texturing*. Pada umumnya proses *texturing* adalah semacam pengecatan atau pemberian warna pada permukaan objek, walaupun ada juga proses *texturing* seperti *displacement* yang mengubah geometri objek.

Tahap berikutnya adalah *rigging*, yaitu pembuatan tulang atau *bones* pada model tiga dimensi. Setelah melakukan pembuatan tulang, kemudian dilakukan *skinning* yaitu pembuatan kulit. Selanjutnya dilakukan *animating* yaitu pembuatan animasi atau objek bergerak secara *timeline* atau berdasarkan waktu.

3.2.2. Perancangan *Exporting Model ke dalam Engine Sistem*

Model tiga dimensi yang telah dibuat di perangkat lunak CAD (*Computer Aided Design*), selanjutnya akan dimasukkan ke dalam *engine* sistem agar bisa ditampilkan pada lingkungan *3D Mixed Reality*. Alur sistemnya dapat dilihat pada gambar 3.8.

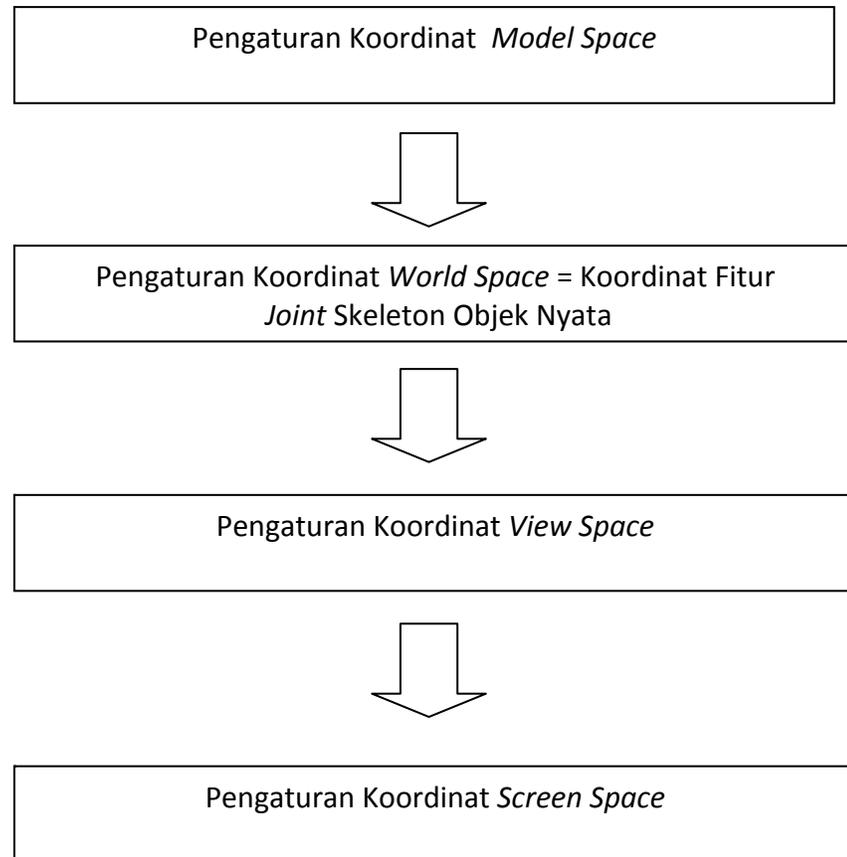


Gambar 3.8. Diagram *exporting* model 3D ke dalam *engine* sistem

Pertama, model ditampilkan dalam *engine* sistem. Selanjutnya, *engine* akan mengambil informasi *skinning* dari paket model tiga dimensi yang ditampilkan. Tahap berikutnya adalah membuat *player* yang berfungsi menjalankan animasi dari informasi *skinning*. Kemudian *engine* akan melakukan penerjemahan *animation clip* dari paket model tiga dimensi yang berasal dari proses pembuatan model dari perangkat lunak CAD. *Clip* yang diterjemahkan, kemudian dijalankan sehingga model tiga dimensi dapat menampilkan animasinya di *engine* sistem.

3.2.3. Perancangan Sistem Koordinat Posisi Model Tiga Dimensi

Sebelum proses *rendering* model tiga dimensi pada sistem dapat dilihat oleh pengguna sistem ada beberapa pengaturan koordinat model yang harus dilalui dalam sistem ini. Diagram perancangannya dapat dilihat pada gambar 3.9.



Gambar 3.9. Alur pengaturan koordinat model tiga dimensi

Pada awalnya objek tiga dimensi didefinisikan sistem koordinatnya didalam editor perangkat lunak desainer model tiga dimensi. Pada sistem ini, ditentukan titik koordinat pusat (0,0,0) sebagai pusat objek dengan posisi simpul didefinisikan relatif terhadap pusat, yang dinamakan koordinat *Model Space*. Selanjutnya ketika model tiga dimensi dijalankan di *engine* sistem, maka harus ditentukan posisi koordinatnya yang

disebut dengan koordinat *World Space*. Pada sistem ini, koordinat ini disesuaikan dengan koordinat dunia dari salah satu *joint position* yang digunakan yaitu bahu kanan.

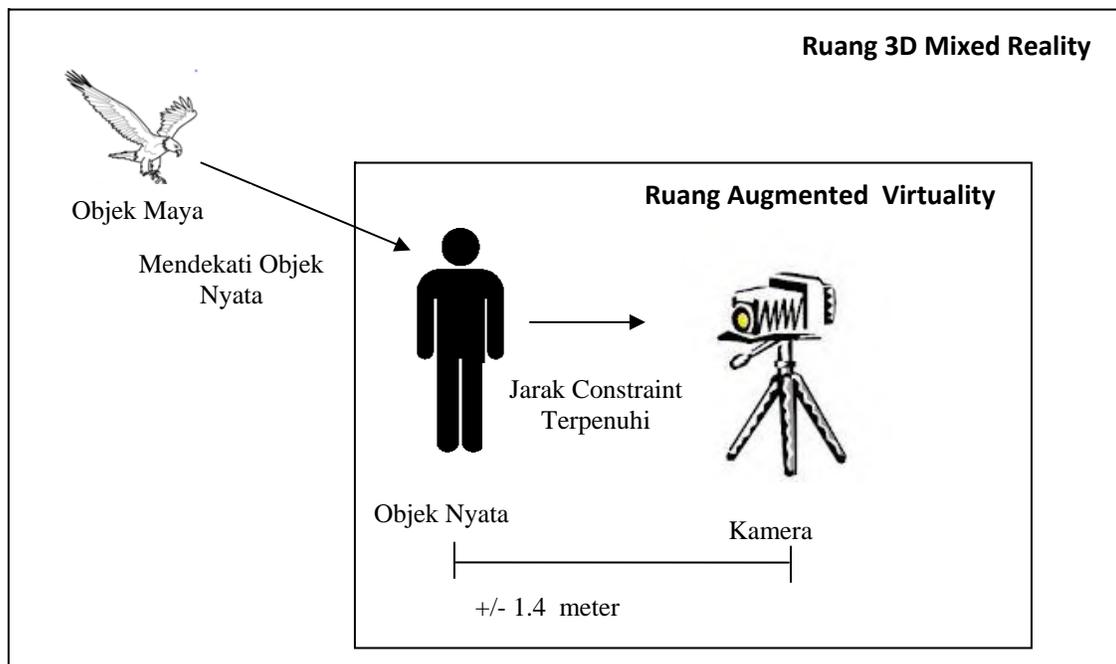
Selanjutnya dilakukan pengaturan koordinat kamera model tiga dimensi yang disebut koordinat *View Space*. Posisi koordinat kamera harus disesuaikan dengan posisi model tiga dimensi, agar objek dapat dilihat oleh pengguna dengan proporsional. Kemudian agar model dapat dilihat oleh pengguna dalam layar komputer, maka harus ditentukan koordinat layarnya yang disebut koordinat *Screen Space*.

3.3. Perancangan Sistem 3D Mixed Reality

Perancangan sistem ini menggabungkan antara perancangan sistem *augmented virtuality* dan perancangan objek maya tiga dimensi dengan skenario yang bersifat menyeluruh.

3.3.1. Perancangan Skenario

Skenario sistem *3D Mixed Reality* divisualisasikan dalam gambar 3.10 .

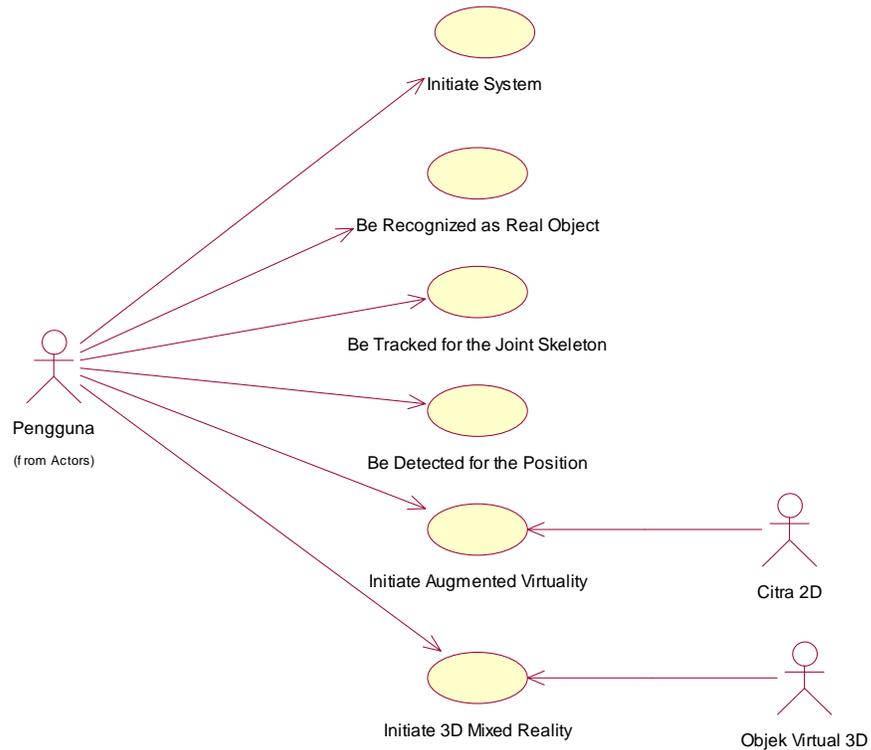


Gambar 3.10. Skenario masuknya objek maya ke dalam lingkungan sistem

Sistem ini dimulai dengan sistem *augmented virtuality*, diawali dengan *video stream* dari kamera yang menangkap lingkungan nyata yang kosong. Selanjutnya objek nyata muncul dalam lingkungan nyata yang ditangkap oleh sistem. Kemudian dilakukan pengenalan objek nyata, deteksi fitur-fitur *skeleton* objek nyata, sampai pada deteksi posisi objek nyata. Selanjutnya jika objek nyata mendekati ke arah posisi kamera, pada jarak tertentu, sistem akan melakukan *video masking* sehingga objek nyata berada dalam keadaan *augmented virtuality*. Selang beberapa detik kemudian, jika objek nyata sudah berada dalam ruang *augmented virtuality*, maka objek maya tiga dimensi akan dimunculkan dalam lingkungan sistem yang membentuk *3D Mixed Reality*.

3.3.2. Perancangan Perilaku Sistem

Perilaku sistem adalah salah satu bentuk pemodelan perangkat lunak yang dapat digambarkan dengan menggunakan bahasa *Unified Modelling Language (UML)* yaitu dengan menggunakan *Use Case Diagram*. *Use Case Diagram* menggambarkan layanan apa saja yang diberikan oleh sistem terhadap pengguna dari sudut pandang pengguna. Layanan yang dimaksud adalah fungsionalitas apa saja yang diberikan sistem kepada pengguna. Sedangkan pengertian pengguna sendiri dalam konteks sistem ini adalah objek nyata yang berusaha mempengaruhi sistem.



Gambar 3.11. *Use Case Diagram*

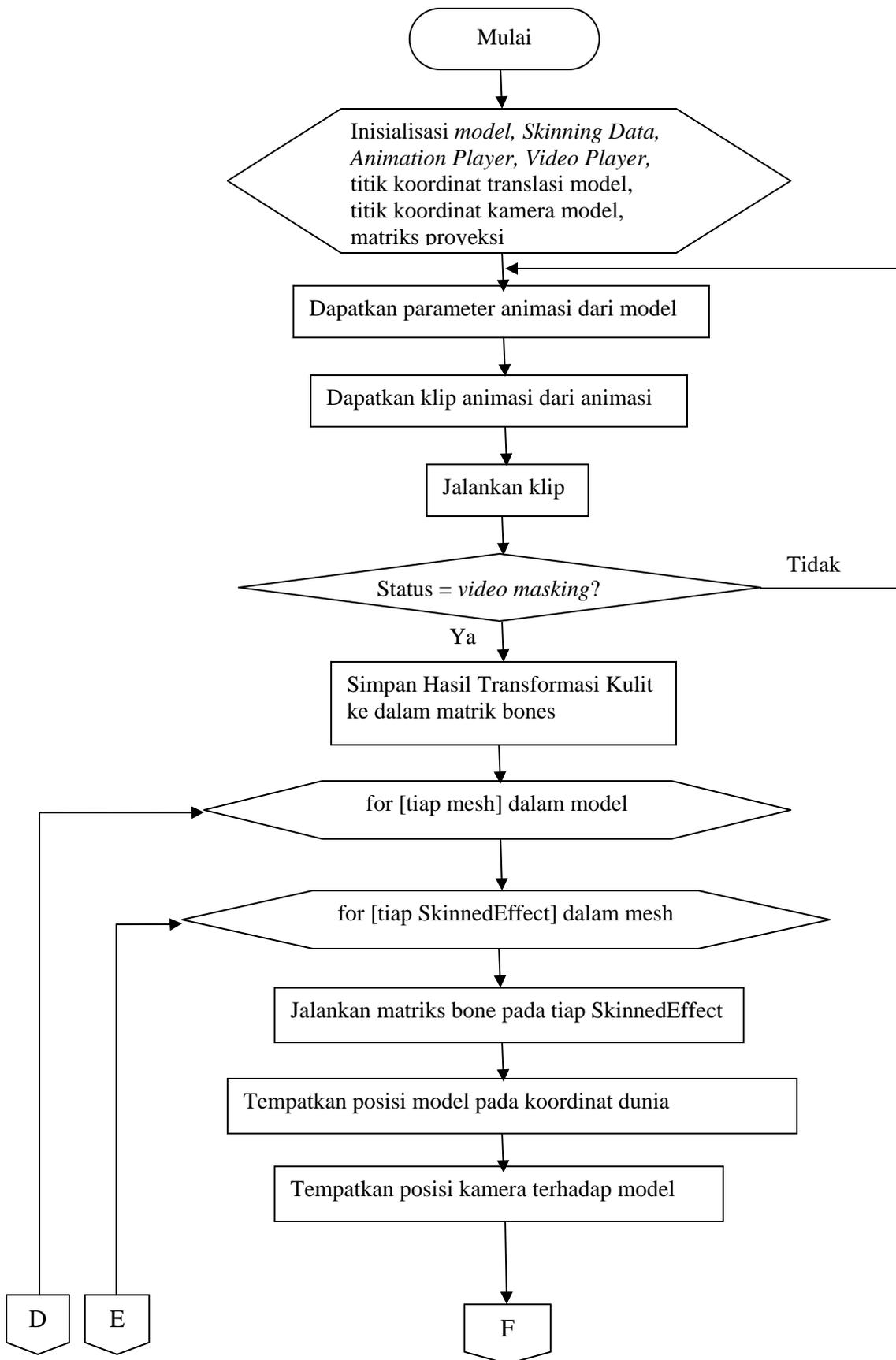
Gambar 3.11 menunjukkan bagaimana perilaku sistem terhadap pengguna yang menjadi aktor utama di luar sistem yang memberikan pengaruh terhadap sistem. Mulai dari *initiate* sistem, yaitu bagaimana pengguna memulai terjadinya berbagai skenario dalam sistem ini. Kemudian pengguna dikenali sebagai objek nyata, dilacak fitur-fitur *skeleton*-nya, didapatkan posisi pengguna dalam sistem koordinat dunia. Selanjutnya pengguna berperan dalam *initiate augmented virtuality* karena terdapat peran dari citra dua dimensi yang mendukung terjadinya video masking. Selanjutnya pengguna melakukan *initiate* terhadap sistem *3D Mixed Reality* yang didukung oleh keberadaan objek maya tiga dimensi.

3.3.3. Perancangan Algoritma

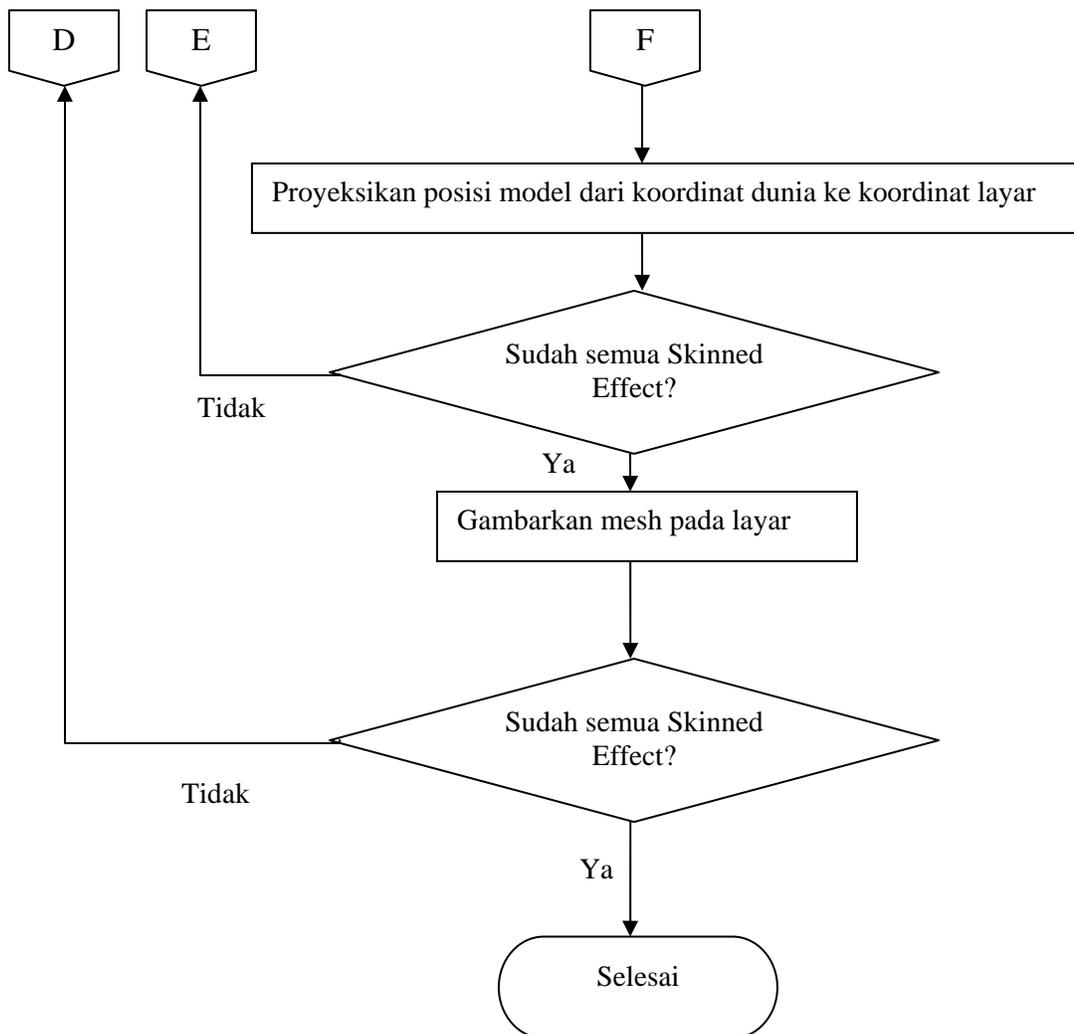
Sistem *3D Mixed Reality* merupakan gabungan dari *augmented virtuality* dan *augmented reality*. Sistem ini ditandai dengan kondisi *video masking*, kemudian objek maya tiga dimensi memasuki ruang *augmented virtuality*. Perancangan algoritma *3D Mixed Reality* adalah sebagai berikut:

```
inisialisasi model
inisialisasi skinningData
inisialisasi animationPlayer
Pengambilan parameter animasi dari model
inisialisasi videoplayer
Pengambilan klip animasi dari animasi
Eksekusi klip
inisialisasi koordinat translasi model
inisialisasi koordinat kamera model
inisialisasi matriks proyeksi
if(status == videomasking)
{
    Penyimpanan Transformasi Kulit ke dalam matrik bones
    for posisi model = (0,0,0) sampai dengan posisi model =
    posisi objek nyata
    {
        for [tiap mesh] dalam Model
        {
            for [tiap SkinnedEffect] dalam mesh
            {
                Eksekusi matriks bone pada tiap
                SkinnedEffect
                Eksekusi matriks translasi berdasarkan
                koordinat kamera
                Eksekusi matriks Proyeksi
            }
            Penggambaran mesh pada layar
        }
    }
}
```

Algoritma sistem seperti pada gambar 3.12 dan 3.13 dimulai dengan inisialisasi model tiga dimensi, *Skinning Data*, *Animation Player*, *Video Player*, koordinat translasi, koordinat kamera model, dan matrik proyeksi. *Skinning Data* berisi tentang informasi *skinning* (pembuatan kulit) model tiga dimensi, *Animation Player* digunakan untuk menjalankan animasi, *Video Player* digunakan untuk menjalankan tekstur video.



Gambar 3.12 Diagram Alir Perancangan Algoritma 3D Mixed Reality



Gambar 3.13 Diagram Alir Perancangan Algoritma *3D Mixed Reality*

Koordinat translasi digunakan untuk menempatkan posisi awal model tiga dimensi pada koordinat dunia. Koordinat kamera digunakan untuk menentukan posisi kamera terhadap model, sedangkan matrik proyeksi digunakan untuk menentukan proyeksi koordinat dunia tiga dimensi ke koordinat layar komputer dua dimensi. Selanjutnya dilakukan pengambilan data animasi dari format model tiga dimensi. Kemudian dilakukan pengambilan klip dari data animasi yang nantinya digunakan untuk menjalankan animasi.

Selanjutnya dilakukan pengecekan terhadap kondisi sistem. Jika kondisi sistem dalam keadaan *augmented virtuality*, maka dilakukan inisialisasi matrik bones dari hasil transformasi kulit pada model. Kemudian dilakukan proses *rendering model* secara terus menerus selama model tiga dimensi ditampilkan di layar. Proses *rendering model* berisi proses menggambarkan *mesh* pada layar.

Mesh adalah sebuah objek yang dibuat dan terdiri dari kumpulan verteks dan poligon. Pada tiap penggambaran *mesh* pada layar dilakukan pengaturan *Skinned Effect*. *Skinned Effect* adalah merupakan salah satu efek yang disediakan *tool* yang mana menggunakan tulang dan berat untuk mempengaruhi posisi verteks seperti model yang bergerak atau berubah bentuknya karena menjalankan animasi. Pada tiap *Skinned Effect* akan dilakukan beberapa hal yaitu: menjalankan matrik *bone*, menjalankan matrik translasi berdasarkan koordinat kamera, dan menjalankan matrik proyeksi. Pada setiap *mesh* akan dilakukan penggambaran *mesh* pada layar.

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB IV

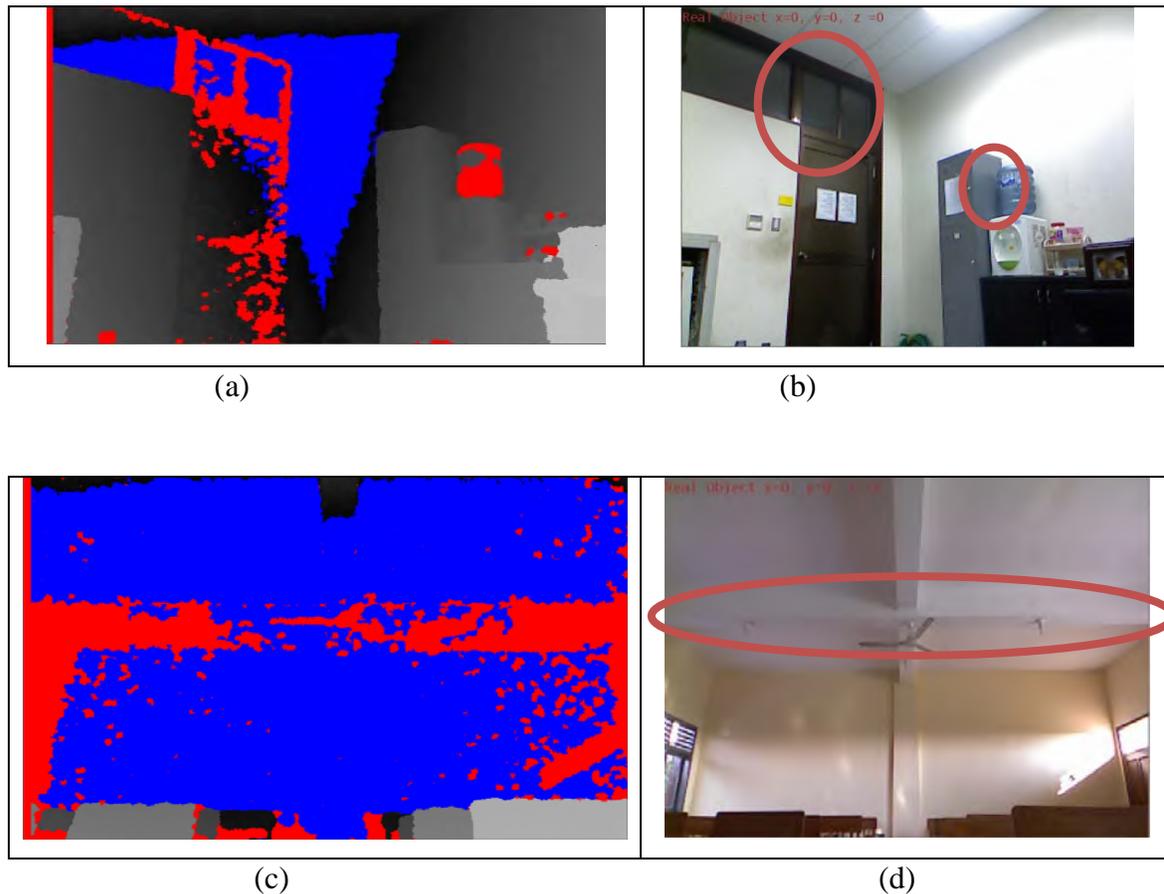
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada ujicoba ini akan dilakukan beberapa skenario untuk menguji *performance* dari sistem *3D Mixed Reality* yang dibangun yaitu: pengujian deteksi *skeleton*, pengujian deteksi kedalaman objek nyata tiga dimensi, pengujian *state Augmented Virtuality* atau *Video Masking*, pengujian *state 3D Mixed Reality* dan *rendering* model objek maya tiga dimensi.

4.1. Tahap Pengujian Deteksi *Skeleton*

Tahap ini dimulai dengan *video stream* dari lingkungan nyata yang belum terdapat objek nyata atau pengguna dan ditangkap oleh *Depth Camera*. Lingkungan nyata ini diambil dari sudut pada suatu ruangan dengan segala kondisi keruangan di dalamnya. Pada gambar 4.1 terdapat pasangan citra yaitu citra kedalaman dan citra kamera dari lingkungan nyata.

Pada gambar 4.1(b) dan (d) terlihat citra kamera dari lingkungan nyata, dimana teks berwarna merah menunjukkan koordinat (0,0,0) yang artinya tidak ada objek nyata yang berhasil dideteksi posisinya. Sedangkan gambar 4.1(a) dan (c) memvisualisasikan peta kedalaman dari lingkungan nyata tersebut. Warna merah menunjukkan posisi objek yang tidak diketahui kedalamannya, meskipun terkadang posisi objek tersebut masih masuk dalam jangkauan kedalaman kamera. Warna biru mewakili objek yang terlalu jauh dari kamera (lebih dari 4096 mm). Warna hijau menggambarkan objek yang terlalu dekat (kurang dari 800mm). Sedangkan warna abu-abu menunjukkan tingkat kedalaman objek tersebut yang diketahui jaraknya dari kamera. Semakin jauh dari kamera, maka objek berwarna semakin gelap, sedangkan semakin dekat dari kamera, warna objek semakin terang.



Gambar 4.1. Lingkungan nyata: (a)(c) Citra kedalaman, (b)(d) Citra kamera RGB

Citra objek pertama menunjukkan galon dan pintu berwarna merah yang menandakan posisi kedalamannya tidak diketahui sistem. Ini adalah sebuah anomali karena pada sudut atas ruangan yang letaknya lebih jauh dari kamera dapat diketahui kedalamannya (yaitu terlalu jauh dari jangkauan kamera), meskipun jaraknya terlalu jauh dari kamera yaitu lebih dari 4096 mm. Sebagian besar citra objek pertama ini dapat diketahui posisi kedalamannya dari sistem kamera kedalaman. Citra objek kedua menunjukkan bahwa sebagian besar objek-objek yang ada diketahui kedalamannya (yang ditandai dengan banyaknya warna biru yang mendominasi citra), tetapi terlalu jauh dari kamera (lebih dari 4096 mm). Terdapat anomali pada citra kedalaman kedua sebagaimana pada citra pertama, dimana atap ruangan yang jauh dapat diidentifikasi

kedalamannya (daerah yang ditandai dengan kurva merah pada gambar 4.1 (d)), sedangkan atap yang lebih dekat tidak diketahui kedalamannya.

Kemudian objek nyata tiga dimensi yang berupa manusia masuk ke lingkungan nyata sistem untuk mempengaruhi *performance* sistem. Sistem secara berulang berusaha melakukan pengenalan terhadap objek yang ada dalam lingkungan *Mixed Reality*.



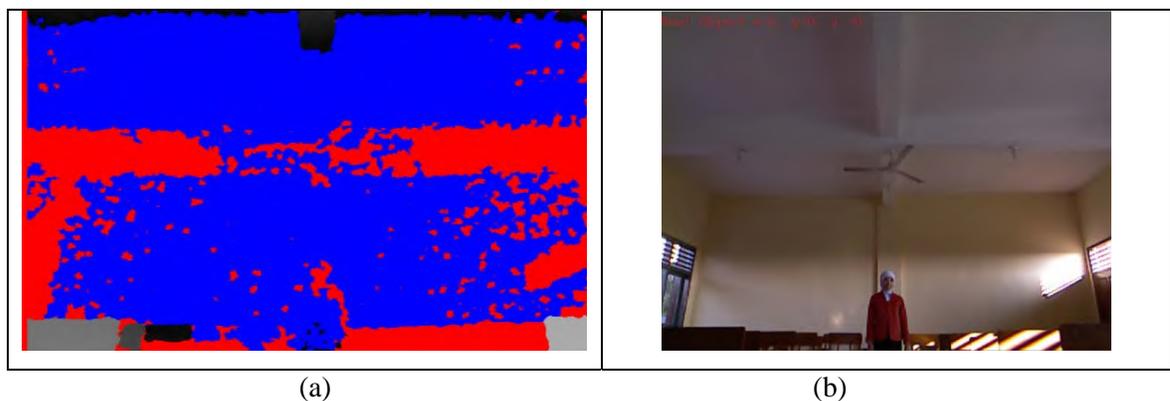
Gambar 4.2. Analisa kedalaman: (a) Citra kedalaman, (b) Citra kamera RGB

Gambar 4.2 (a) dan (b) menunjukkan bagaimana keadaan sistem ketika objek nyata memasuki lingkungan sistem. Citra kedalaman gambar 4.2 (a) menunjukkan bahwa objek nyata dapat diidentifikasi bentuknya (berwarna abu-abu gelap), serta kedalamannya yang jauh tetapi masih dapat diidentifikasi posisinya (ditunjukkan dengan koordinat posisi yang memiliki nilai pada daerah yang ditandai kurva merah) yaitu 3,626 m atau 3626 mm (koordinat sumbu z) dari kamera. Citra kamera RGB pada gambar 4.2(b) terdapat area yang ditandai dengan kurva merah yang menunjukkan koordinat tiga dimensi dari posisi objek nyata yaitu (-0,440788; -0,3920383; 3,625985). Koordinat z menunjukkan seberapa besar kedalaman objek nyata terhadap kamera dalam satuan meter. Jika objek nyata bergerak, maka koordinat yang ditandai dengan kurva merah akan berubah nilainya sesuai dengan perpindahannya.

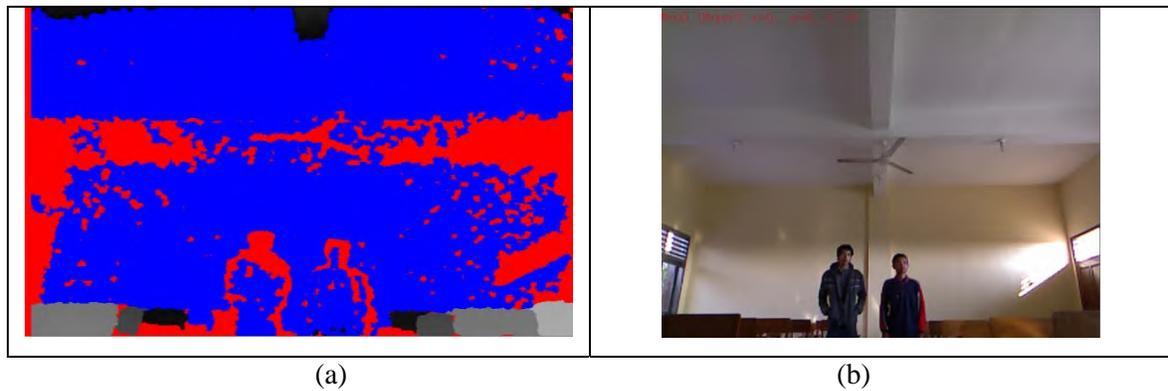


Gambar 4.3. 1 objek nyata: (a) Citra kedalaman, (b) Citra kamera RGB

Pada percobaan yang lain dengan objek dan lingkungan yang berbeda, gambar 4.3 (a) dan (b) menunjukkan bagaimana keadaan sistem ketika objek nyata memasuki lingkungan sistem. Citra kedalaman gambar 4.3 (a) menunjukkan bahwa objek nyata dapat diidentifikasi keberadaan dan bentuknya, tetapi kedalamannya terlalu jauh sehingga tidak dapat diidentifikasi posisinya termasuk jarak dari kamera (koordinat sumbu z). Pada objek nyata sendiri terdapat beberapa bagian dari tubuhnya yang dapat diidentifikasi kedalamannya seperti perut dan sebagian tangan kiri, serta terdapat beberapa bagian yang tidak dapat diidentifikasi posisinya seperti kepala dan bahu yang dijadikan titik acuan kedalaman dalam penelitian ini. Gambar 4.4 juga menunjukkan kondisi yang sama tetapi dengan objek yang berbeda.



Gambar 4.4. Analisa kedalaman: (a) Citra kedalaman, (b) Citra kamera RGB



Gambar 4.5. Analisa kedalaman: (a) Citra kedalaman, (b) Citra kamera RGB



Gambar 4.6 Analisa kedalaman: (a) Citra kedalaman, (b) Citra kamera RGB

Ujicoba berikutnya dilakukan dengan jumlah objek nyata yang berbeda, yaitu dua objek. Citra kedalaman pada gambar 4.5 (a) menunjukkan dua objek dapat diidentifikasi keberadaannya (berwarna biru artinya terlalu jauh dari jangkauan *depth camera*), tetapi tidak semua anggota tubuhnya dapat diketahui posisi kedalamannya dari kamera terutama bahu kanan sebagai titik acuan keberadaan objek nyata dalam sistem ini (berwarna merah). Demikian juga yang terjadi pada percobaan selanjutnya yang melibatkan dua objek nyata yang berbeda seperti ditunjukkan pada gambar 4.6 dengan posisi yang sama seperti sebelumnya (gambar 4.5). Selanjutnya dilakukan percobaan dengan tiga objek nyata seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.7, dimana sistem kamera kedalaman dapat mengidentifikasi keberadaan dan bentuknya, sebagian besar anggota tubuh dapat diidentifikasi jaraknya yang jauh dari kamera (berwarna biru

berarti lebih dari 4096 mm), tetapi ada beberapa bagian dari tubuh mereka yang tidak diketahui kedalamannya seperti kepala dan bahu kanan (berwarna merah).



Gambar 4.7. Analisa kedalaman: (a) Citra kedalaman, (b) Citra kamera RGB

Ketika objek nyata yang berupa manusia dikenali, sistem melakukan deteksi *skeleton* dan selanjutnya melakukan *tracking* terhadap *skeleton*, sehingga seluruh gerakan manusia terlacak termasuk perubahan koordinat titik-titik *skeleton*-nya yang meliputi kepala, pundak tangan dan lain-lain.



Gambar 4.8. Objek nyata 3D yang terdeteksi dan terlacak *skeleton*-nya

4.2. Tahap Pengujian Deteksi Kedalaman Objek Nyata Tiga Dimensi

Pada tahap pengujian ini, manusia atau objek nyata tiga dimensi berjalan mendekati kamera yang selanjutnya akan dilacak *skeleton* serta posisinya dalam koordinat dunia (x, y, x) dalam satuan meter. Pada tahap awal posisi objek nyata atau manusia pada gambar 4.9 (b) adalah $A_0(-0.4290775, -0, 2.992783)$. Selanjutnya objek

nyata bergerak mendekati kamera, dan posisinya terlihat berubah pada gambar 4.10 (b) yaitu $(-0,3706927; -0,07091423; 2,325328)$.



Gambar 4.9 Analisa kedalaman: (a) Citra kedalaman, (b) Citra kamera RGB

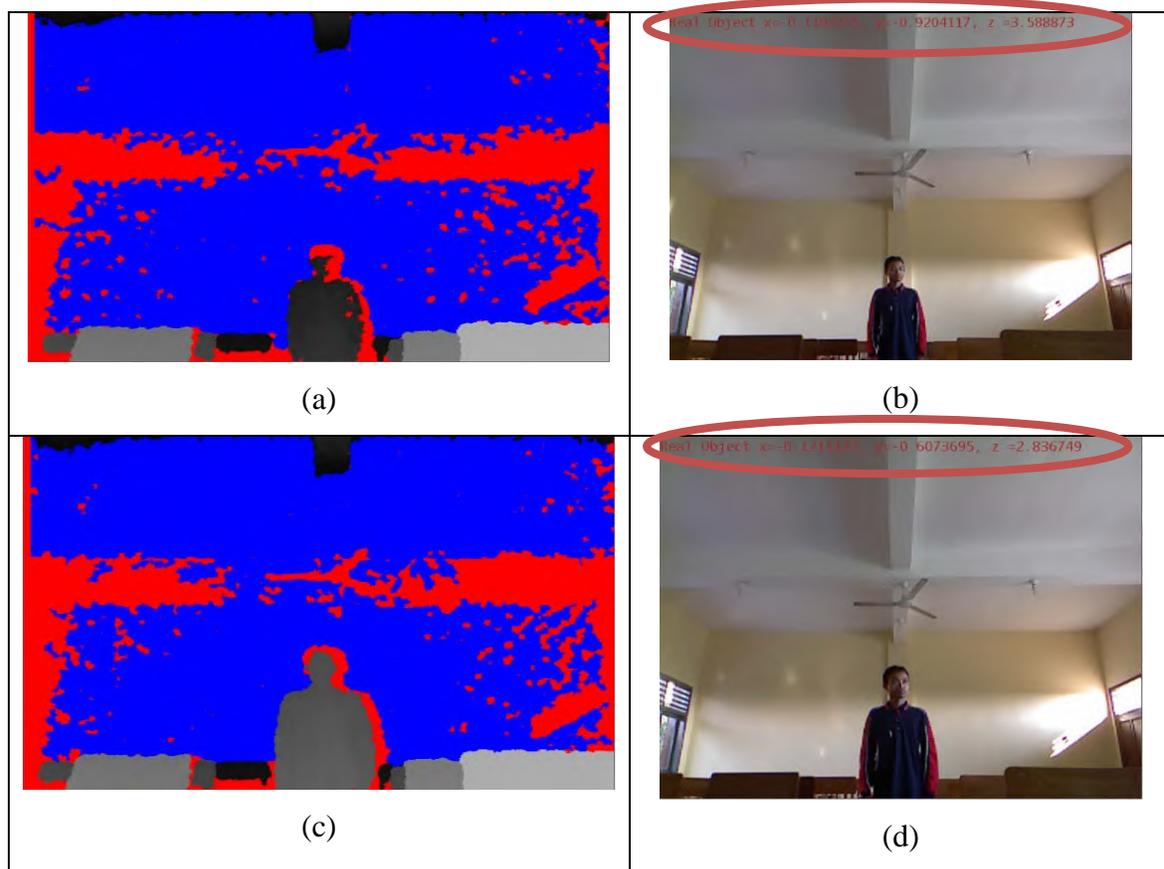
Berdasarkan citra kedalaman pada gambar 4.8 (a) dan 4.9 (a), terlihat bahwa objek bergerak semakin mendekati kamera. Warna abu-abu objek nyata yang terlihat lebih terang (gambar 4.9 (a)) menunjukkan posisi objek yang lebih dekat dari kamera dibandingkan dengan posisi sebelumnya (gambar 4.8 (a)).



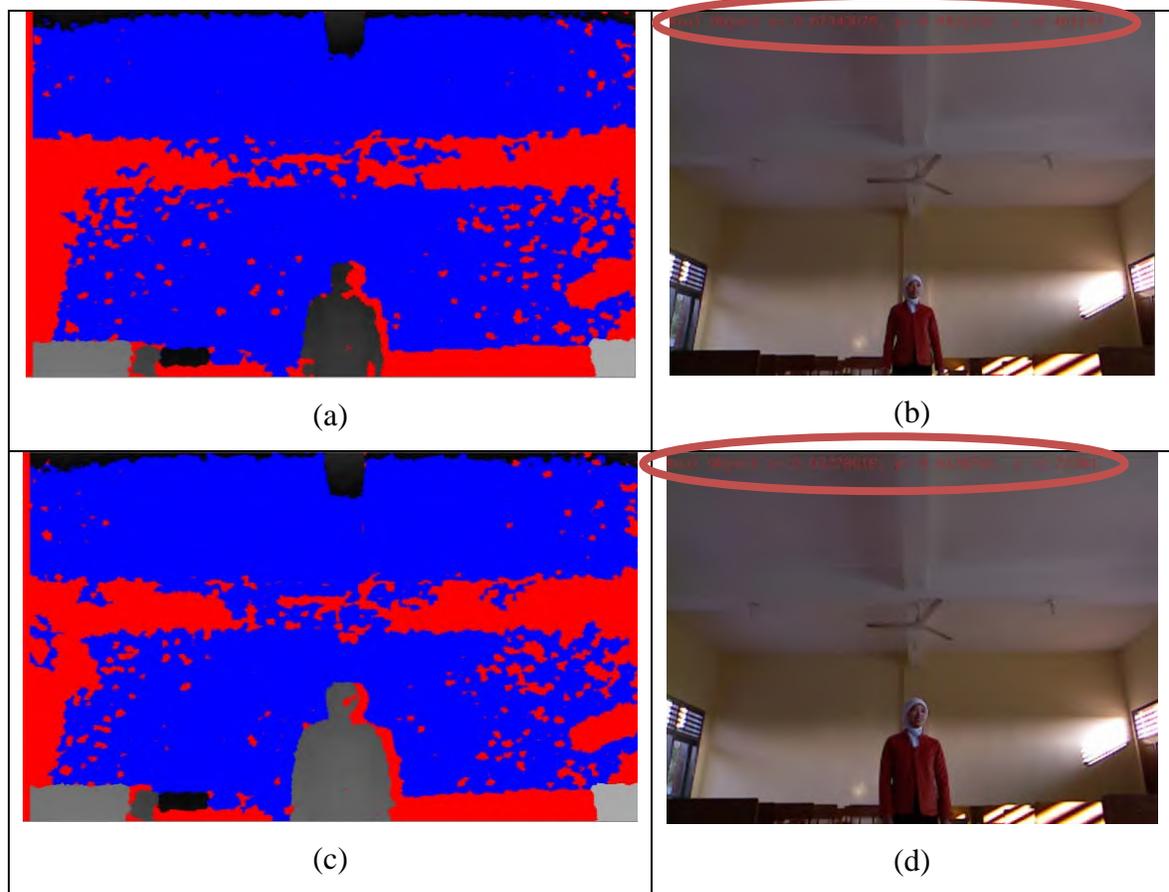
Gambar 4.10 Analisa kedalaman: (a) Citra kedalaman, (b) Citra kamera RGB

Pada percobaan dengan objek dan lingkungan yang berbeda (gambar 4.10) juga menunjukkan hasil yang tidak berbeda. Pada citra kamera RGB yang ditunjukkan oleh gambar 4.10 (b)(d), posisi objek berubah dari kedalaman 3.589 mm menjadi 2.837 mm.

Hal ini dibuktikan dengan citra kedalaman pada gambar 4.11 (a)(c). Pada gambar 4.11(a), warna objek nyata terlihat lebih gelap (berwarna abu-abu lebih gelap) karena posisi objek yang jauh dari kamera yaitu dengan kedalaman 3,588873 m (koordinat z yang ditandai dengan kurva merah pada gambar 4.11 (b)), selanjutnya objek nyata mendekat ke arah kamera, sehingga warna objek nyata terlihat lebih terang (gambar 4.11(c)), yang koordinat posisinya menunjukkan 2,836749 m. Pada ujicoba yang lain (gambar 4.12) juga menunjukkan hasil yang sama meskipun dengan objek yang berbeda.

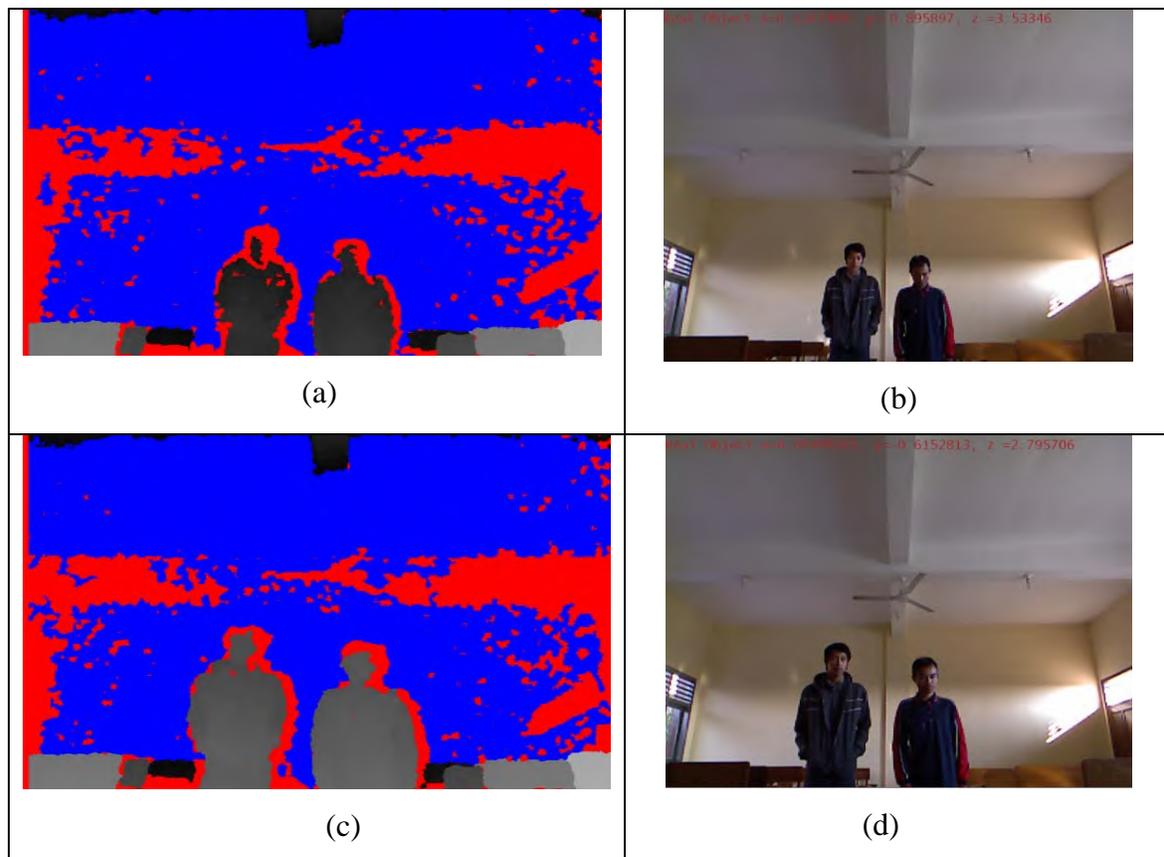


Gambar 4.11. Analisa kedalaman: (a)(c) Citra kedalaman, (b)(d) Citra kamera RGB



Gambar 4.12. Analisa kedalaman: (a)(c) Citra kedalaman, (b)(d) Citra kamera RGB

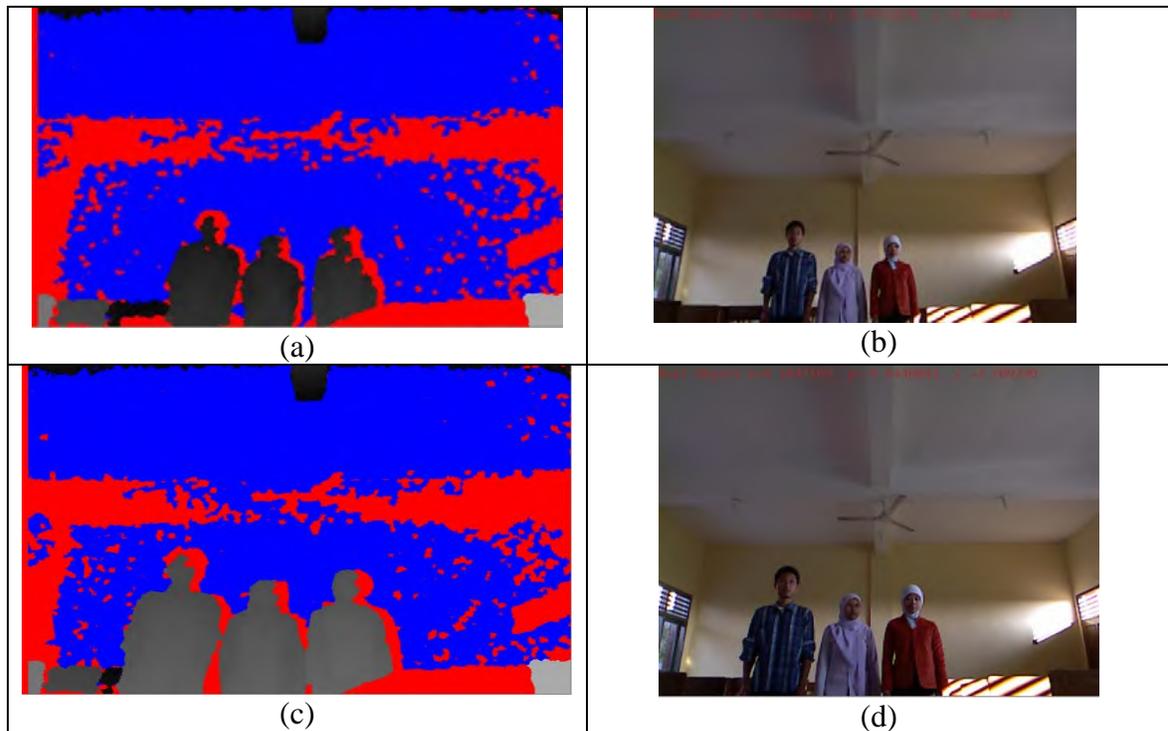
Pada ujicoba yang melibatkan dua objek nyata (gambar 4.13), posisi kedekatan objek nyata terhadap kamera juga terlihat pada citra kamera RGB yang dibuktikan perbandingan kedekatannya dengan citra kedalaman pada gambar 4.13 (a) dan (b). Pada posisi awal (a) dan (b), warna objek nyata adalah abu-abu agak gelap (gambar (a)). Sedangkan ketika objek mendekat (gambar (c)(d)), kedua objek tersebut memiliki warna yang lebih terang dari sebelumnya (gambar (c)). Pada percobaan ini daerah yang berwarna merah (tidak diketahui kedalamannya) hampir melingkari seluruh badan kedua objek yaitu bagian kanan, atas, maupun kiri (gambar 4.13(a)), berbeda dengan percobaan sebelumnya yang melibatkan satu objek.



Gambar 4.13. Posisi dua objek nyata dari kedalaman 3,53346 m menjadi 2,795706 m:
 (a)(c) Citra kedalaman, (b)(d) Citra kamera RGB

Ujicoba selanjutnya dilakukan dengan melibatkan jumlah objek, lingkungan dan posisi yang sama, namun dengan objek-objek yang berbeda (gambar 4.14) dengan hasil yang sama seperti ujicoba di awal yang melibatkan satu objek nyata. Perubahan warna terjadi dari gelap menjadi terang karena perpindahan posisi dari objek nyata (mendekat ke arah kamera).

Percobaan lain (gambar 4.15) yang melibatkan tiga objek nyata juga dapat diidentifikasi posisi koordinatnya pada posisi awal, dan ketika posisi objek mendekat ke arah kamera, pada citra kedalaman warna objek-objek tersebut terlihat lebih terang (gambar 4.15(b)) yang menunjukkan posisinya yang lebih dekat dibandingkan sebelumnya (gambar 4.15(a)).



Gambar 4.15. Analisa kedalaman: (a)(c) Citra kedalaman, (b)(d) Citra kamera RGB

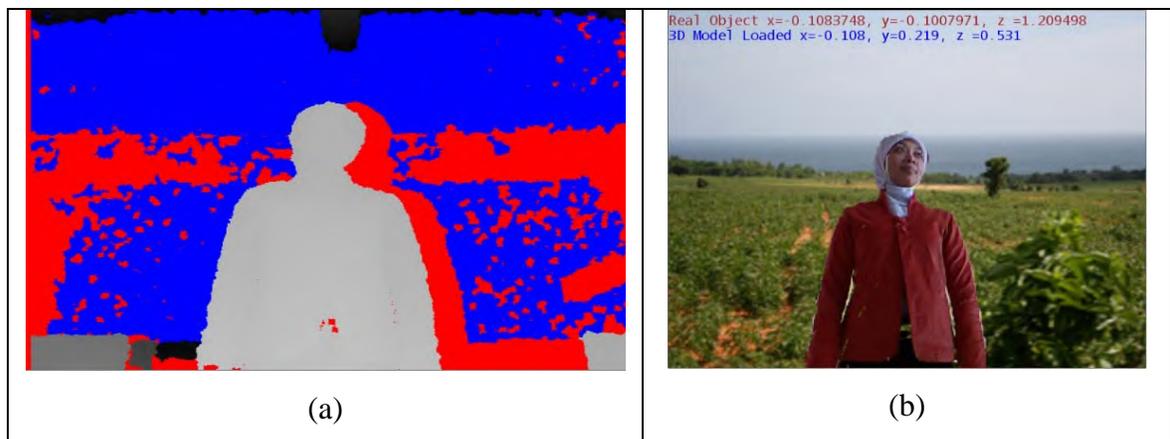
4.3. Tahap Pengujian *State Augmented Virtuality / Video Masking*

Pada skenario tahap pengujian ini, bahwa jika objek nyata berada dalam kedalaman *constraint* tertentu, maka objek nyata masuk ke lingkungan maya (*augmented virtuality*). Pada ujicoba kali ini, *constraint* yang diberikan adalah kedalaman 1400 mm. Sebagai contoh berikut, ketika posisi objek berada dalam kedalaman (sumbu Z) lebih dari 1,4 m, objek tersebut masih berada dalam ruang *video texture* (gambar 4.16, gambar 4.17, gambar 4.18, gambar 4.19, gambar 4.20, gambar 4.21).



Gambar 4.16. Kondisi sebelum *Augmented Reality* state:
 (a) Citra kedalaman, (b) Citra kamera RGB

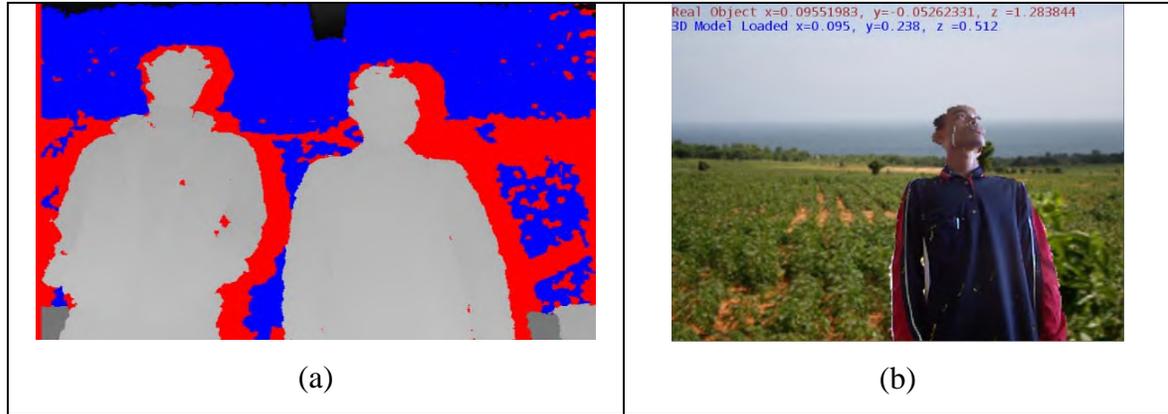
Pada saat posisi objek memenuhi *constraint*, *state* sistem berada dalam ruang *Augmented Reality* dimana lingkungan bersifat maya, dan objek bersifat nyata. Hal ini diujicobakan untuk beberapa kasus objek nyata yang berbeda bentuk dan jumlahnya yang ditunjukkan citra kamera RGB maupun citra kedalamannya seperti pada gambar 4.22, 4.23, 4.24, 4.25, 4.26 dan 4.27.



Gambar 4.24. *Augmented reality*: (a) Citra kedalaman, (b) Citra kamera RGB

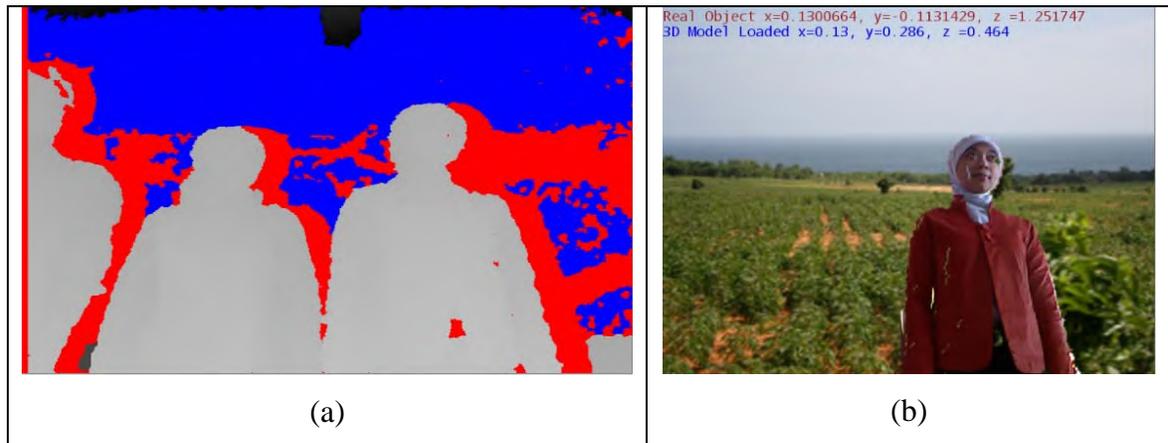
Pada ujicoba *augmented reality* yang melibatkan lebih dari satu objek nyata (gambar 4.25, 4.26 dan 4.27), dalam sistem ini, yang ditampilkan dalam sistem *augmented reality* hanyalah satu objek saja. Gambar (a)(c) menunjukkan jumlah objek nyata yang lebih dari satu, tetapi dalam sistem *augmented reality* (gambar (b)

dan (d)), yang divisualisasikan hanyalah satu objek, yaitu objek yang lebih dulu dikenali dalam sistem ini.



Gambar 4.25. *Augmented virtuality:* (a) Citra kedalaman, (b) Citra kamera RGB

Pada gambar 4.25 dan 4.26, citra kedalaman menunjukkan ada dua objek nyata yang terdeteksi dalam lingkungan sistem, tetapi yang ditampilkan dalam sistem *augmented virtuality* hanya satu objek nyata yaitu yang dikenali terlebih dahulu oleh sistem. Dari kedua gambar tersebut, terlihat bahwa sistem lebih mudah mengenali objek nyata sebelah kanan dibandingkan objek nyata sebelah kiri.



Gambar 4.27. *Augmented virtuality:* (a) Citra kedalaman, (b) Citra kamera RGB

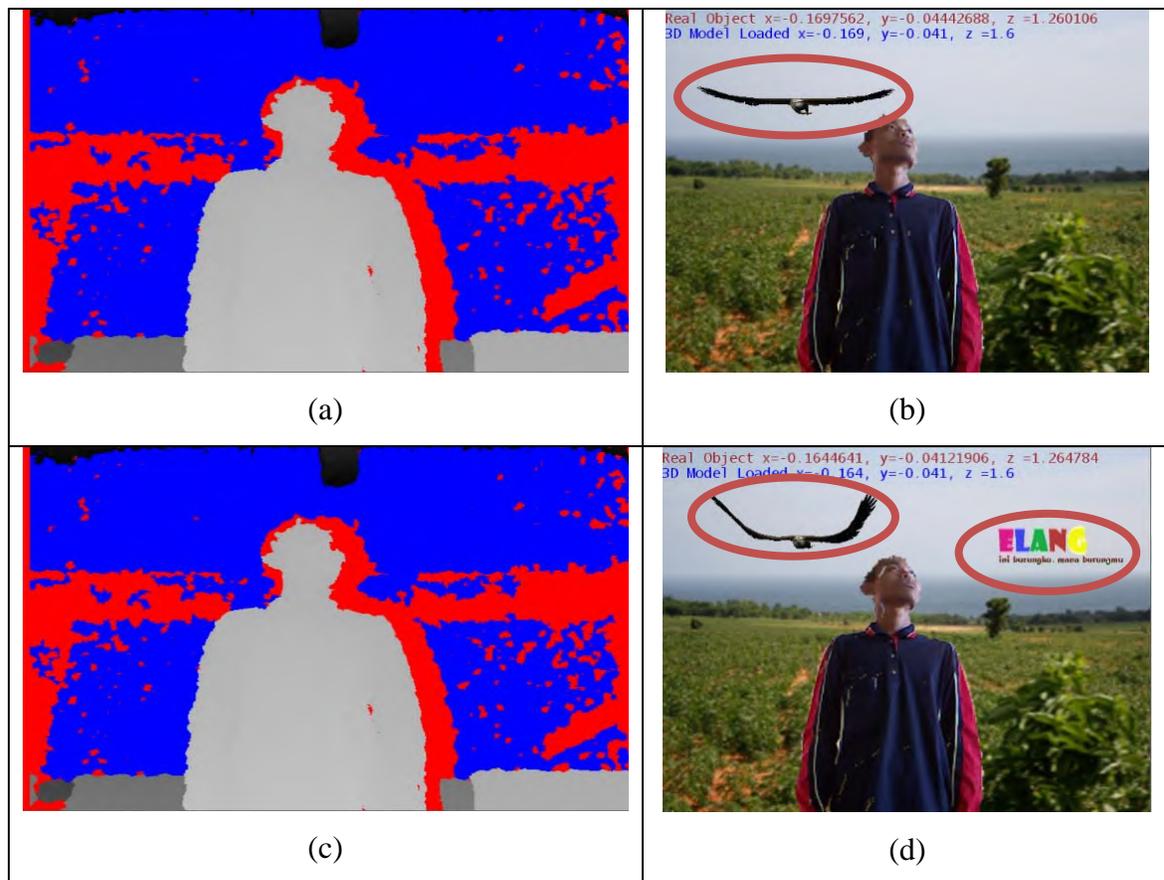
Ujicoba yang melibatkan tiga objek nyata (gambar 4.27) menunjukkan hanya satu objek nyata saja yang berada dalam *state* augmented virtuality, dan seperti

sebelumnya, pada ujicoba ini, objek yang paling kanan lebih mudah dikenali oleh sistem

4.4. Tahap Pengujian *State 3D Mixed Reality / Rendering Model Objek Maya Tiga Dimensi*

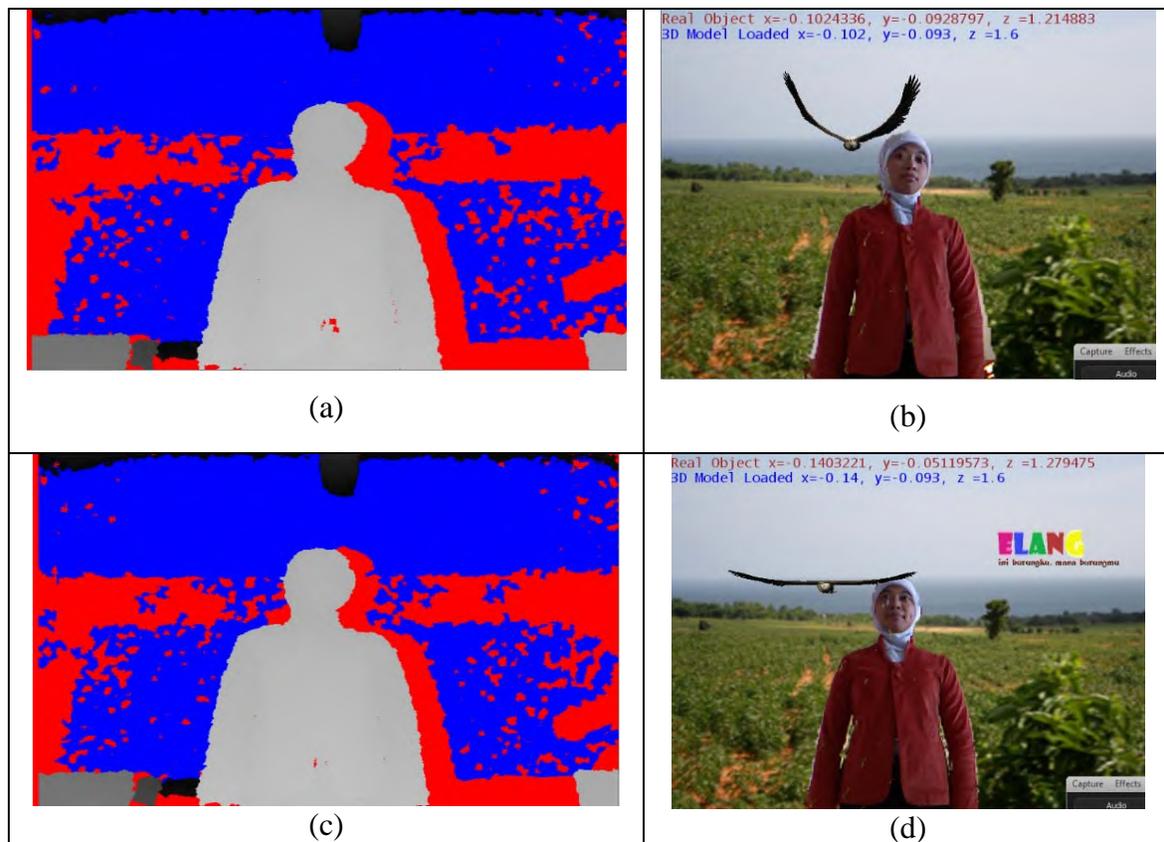
Tahap ini berawal dari kondisi *Augmented Virtuality* ditandai dengan munculnya objek burung elang maya tiga dimensi dari posisi yang jauh dari kamera dan pundak, menuju posisi mendekati kamera yaitu menuju bahu. Tampilan teks warna merah menunjukkan posisi benda nyata tiga dimensi, sedangkan teks berwarna biru menunjukkan posisi objek maya tiga dimensi. Beberapa ujicoba dilakukan dengan objek yang berbeda untuk membangun *3D Mixed Reality* ini seperti pada gambar 4.28, 4.29, 4.30, 4.31, 4.32 dan 4.33. Gambar (b)(d) menunjukkan citra kedalaman dari citra kamera RGB yang berada di sebelahnya. Sedangkan gambar (c) menunjukkan objek maya tiga dimensi masuk ke lingkungan sistem. Pada gambar (d) terdapat objek maya dua dimensi yang masuk dan mendukung *3D Mixed Reality*.

Gambar 4.28, 4.29, 4.30, 4.31, 4.32 dan 4.33 menunjukkan kondisi *3D Mixed Reality* yang melibatkan satu objek nyata dengan kondisi lingkungan yang berbeda. Pada citra kedalaman (gambar (a) dan (c)), tepi area objek terutama bagian kanan dan atas terdapat anomali yaitu tidak diketahui kedalamannya oleh sistem (warna merah yang melingkari bagian kanan dan atas objek nyata). Pada gambar 4.28 terdapat teks berwarna biru yang menunjukkan posisi dari objek maya burung elang tiga dimensi yang terus berubah sesuai dengan pergerakan objek tersebut mendekati posisi objek nyata yang dikenali oleh sistem *augmented virtuality*. Pada gambar 4.28 (b), posisi z koordinat dunia objek maya adalah 1,729, selanjutnya pada posisi 4.28 (d), posisi z adalah 1,778.



Gambar 4.29. 3D Mixed Reality: (a)(c) Citra kedalaman, (b)(d) Citra kamera RGB

Gambar 4.29 menunjukkan ujicoba dengan objek yang berbeda dengan gambar 4.28. Ujicoba ini menunjukkan posisi dari objek maya tiga dimensi terletak di sebelah kiri dari objek nyata, dimana ini bergantung pada posisi bahu kanan dari objek nyata tersebut. Pada gambar 4.29 (b) dan (d) terjadi distorsi citra kecil yaitu adanya piksel-piksel warna yang hilang. Jika dibandingkan dengan citra kedalamannya, posisi piksel yang hilang pada citra kamera RGB sama dengan posisi area yang berwarna merah (kedalaman yang tidak diketahui). Demikian juga yang terjadi pada ujicoba berikutnya yaitu pada gambar 4.30, dimana ada beberapa piksel warna yang hilang.



Gambar 4.30. *3D Mixed Reality*: (a)(c) Citra kedalaman, (b)(d) Citra kamera RGB

Sedangkan gambar 4.31, 4.32 dan 4.33 menunjukkan bagaimana *3D Mixed Reality* yang melibatkan lebih dari satu objek. Sebagaimana yang terjadi dalam ujicoba yang melibatkan satu objek, pada ujicoba ini juga terdapat anomali, yaitu kedalaman yang tidak diketahui pada area kanan dan atas yang melingkupi objek nyata.

Seperti pada ujicoba sebelumnya, pada citra kamera RGB gambar 4.31, 4.32 dan 4.33 terjadi distorsi citra atau piksel-piksel warna yang hilang, yang jika dibandingkan dengan citra kedalaman di sebelahnya, posisi distorsi citra tersebut sama dengan posisi area yang berwarna merah (tidak diketahui kedalamannya) pada objek nyata. Area yang paling banyak kehilangan piksel adalah bagian kepala, bagian samping, serta area kecil di badan objek nyata.

Sedangkan pada objek maya tiga dimensi (burung elang maya) dan objek maya dua dimensi (citra dua dimensi) tidak terjadi kehilangan piksel. Keduanya dapat menyatu dengan lingkungan maya dalam sistem ini.

Pada gambar 4.33 terlihat hal yang sama seperti ujicoba sebelumnya yaitu adanya distorsi citra pada saat *augmented virtuality*.

4.5. Analisa Distorsi Citra/ Jumlah Piksel yang Hilang

Pada kondisi *augmented virtuality*, yaitu pada saat *video masking*, terjadi distorsi piksel citra yang sangat signifikan. Pada tepi persinggungan objek nyata dan lingkungan maya terjadi gradasi warna yang menurunkan kualitas citra sehingga gambar terlihat tidak sempurna. Hal ini ditunjukkan pada gambar 4.34 (b)(d)(f). Citra kamera RGB dapat dibandingkan dengan citra kedalaman (gambar (a), (c) dan (e)), dimana pada citra kedalaman terdapat anomali yaitu kedalaman yang tidak diketahui pada area tepi objek nyata terhadap lingkungan sistem. Ini menunjukkan bahwa anomali tersebut pada citra kedalaman menimbulkan distorsi citra pada citra kamera RGB (gambar (b), (d) dan (f)).

Pada gambar 4.34 (b) terlihat bahwa area kepala dari objek nyata tersebut terlihat tidak sempurna karena piksel-piksel yang hilang. Kondisi yang sama terjadi pada gambar 4.34 (d) dimana area kepala (kehilangan piksel paling banyak), tepi badan, bahkan area badan terlihat tidak sempurna karena piksel-piksel yang hilang.

Selanjutnya gambar 4.34 (c) menunjukkan area kepala hanya sedikit saja yang kehilangan piksel, tetapi bagian kiri dan bagian kanan dari objek nyata tersebut mengalami kehilangan piksel yang signifikan. Pada bagian badan juga terlihat ada beberapa titik dan garis kecil piksel yang hilang atau rusak.

Hal ini bersesuaian dengan citra kedalaman yang ditunjukkan di sebelahnya (gambar 4.34 (a) (c) (e)), dimana posisi piksel yang hilang sama dengan posisi warna merah pada citra kedalaman yang menunjukkan kedalaman area yang tidak diketahui oleh sistem *depth camera*.

Pada posisi objek yang terlalu dekat pada kamera, yaitu posisi kedalaman kurang dari 1000 mm, terdapat kerusakan citra yang besar seperti ditunjukkan pada gambar 4.30 (b). Penyebab kerusakan dapat dilihat pada citra kedalaman pada gambar 4.30(a). Jika

objek nyata terlalu dekat dengan kamera (di bawah 1000mm), maka proses pembacaan kedalaman tidak optimal sesuai dengan kemampuan dari *depth camera*.



Gambar 4.35. Kerusakan piksel citra: (a) Citra kedalaman, (b) Citra kamera RGB

4.7. Analisa Pengaruh Jarak Objek dengan Kamera terhadap Banyaknya Distorsi Citra/ Jumlah Piksel yang Hilang

Kondisi citra yang terganggu oleh jumlah piksel yang hilang diujicobakan dengan faktor jarak antara kamera dengan objek nyata di depannya. Situasi tersebut digambarkan pada tabel 4.1.

Tabel 4.1. Ujicoba Hubungan Faktor Jarak dan Distorsi Citra

No	Jarak (m)	Kualitas Citra Objek Nyata (Masking)	Jumlah Piksel yang Hilang
1	1		61445

No	Jarak (m)	Kualitas Citra Objek Nyata (Masking)	Jumlah Pixel yang Hilang
2	1,7	<p>Real Object $x=-0.3080095$, $y=0.07512327$, $z=1.710857$ 3D Model Loaded $x=-0.308$, $y=0.174$, $z=0.781$</p> 	1252
3	2,3	<p>Real Object $x=-0.3301826$, $y=-0.06185553$, $z=2.298783$ 3D Model Loaded $x=-0.33$, $y=0.174$, $z=1.039$</p> 	832
4	3	<p>Real Object $x=-0.4189656$, $y=-0.2394299$, $z=2.978105$ 3D Model Loaded $x=-0.418$, $y=0.174$, $z=1.375$</p> 	678

No	Jarak (m)	Kualitas Citra Objek Nyata (<i>Masking</i>)	Jumlah Pixel yang Hilang
5	3,6	<div data-bbox="631 380 1117 739"> <p>Real Object x=-0.4964125, y=-0.3813036, z =3.608512 3D Model Loaded x=-0.496, y=0.174, z =1.655</p>  </div>	550

Tabel 4.1 menggambarkan kondisi objek nyata pada lingkungan *augmented virtuality*, yang terjadi pada saat *video masking*. Dari percobaan di atas menggambarkan kecenderungan bahwa semakin dekat jarak objek nyata dengan kamera, semakin besar distorsi citra atau semakin banyak jumlah piksel citra objek nyata yang hilang. Demikian juga sebaliknya, semakin jauh objek nyata dari kamera, maka jumlah piksel citra yang hilang semakin sedikit.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Ujicoba pada penelitian ini menghasilkan contoh kasus sistem *3D Mixed Reality* yang dianalisa menggunakan *Depth Analysis*. Ujicoba-ujicoba yang dilakukan menyebabkan adanya distorsi citra atau piksel yang hilang pada saat kondisi *augmented virtuality* dan *3D mixed reality*. Piksel yang hilang diantaranya disebabkan karena jarak antara objek dan *depth camera* yang terlalu dekat (kurang dari 1000 mm), dimana *depth camera* tidak mampu memroses informasi kedalaman secara optimal. Faktor jarak juga berpengaruh terhadap hilangnya piksel dimana semakin dekat objek nyata dengan *depth camera*, maka jumlah piksel yang hilang semakin banyak. Sebaliknya semakin jauh objek nyata dari kamera, jumlah piksel yang hilang semakin sedikit. Penyebab hilangnya piksel jika menggunakan peta kedalaman sangat terkait erat karena adanya *unkown depth* (kedalaman yang tidak diketahui) sehingga menyebabkan citra objek nyata tidak sempurna.

5.2. Saran

Berkaitan dengan pengembangan penelitian ini di masa yang akan datang, disarankan untuk menambah kasus dengan cara menambah objek maya atau objek nyata. Pada saat *augmented virtuality*, objek yang ditampilkan bisa lebih dari satu. Selain itu juga dapat menggunakan beberapa metode kecerdasan buatan yang dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas hasil penelitian.

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Maged N Kamel Boulos, Bryan J Blanchard, Cory Walker, Julio Montero, Aalap Tripathy and Ricardo Gutierrez-Osuna, Web GIS in practice X: a Microsoft Kinect natural user interface for Google Earth navigation, International Journal of Health Geographics 2011.
- [2] Tran Cong Thien Qui, Ta Huynh Duy Nguyen, Adrian David Cheok, Sze Lee Teo, Ke Xu, ZhiYing Zhou, Asitha Mallawaarachchi, Shang Ping Lee, Wei Liu, Hui Siang Teo, Le Nam Thang, Yu Li, Hirokazu Kato, Magic Land: a 3D Human Capture Mixed Reality System for Museum Experiences , In: Proc. of the International Workshop: ReThinking Technology in Museums: Towards 2004.
- [3] Vallino, James R. (April 1998). Interactive Augmented Reality. Rochester, New York: University of Rochester. pp. 6-8. 1998.
- [4] Azuma, Ronald T., A Survey of Augmented Reality. Presence: Teleoperators and Virtual Environments 6 (4): 355-385. 1997.
- [5] Azuma, Ronald; Baillot, Yohan; Behringer, Reinhold; Feiner, Steven; Julier, Simon; MacIntyre, Blair (2001), Recent Advances in Augmented Reality, IEEE Computer Graphics and Applications, IEEE 2001.
- [6] Milgram, P. "A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays". IEICE Trans. Information Systems E77-D (12): 1321-1329 1994.
- [7] Microsoft. Kinect. Available online: <http://www.xbox.com/en-us/kinect/> (diakses pada tanggal 26 Juli 2012).
- [8] PrimeSense. Available online: <http://www.primesense.com/> (diakses pada tanggal 26 Juli 2012).
- [9] Henry, P.; Krainin, M.; Herbst, E.; Ren, X.; Fox, D. RGB-D mapping: Using depth cameras for dense 3D modeling of indoor environments. In Proceedings of International Symposium on Experimental Robotics (ISER), Delhi, India, 18–21 December 2010.
- [10] Rusinkiewicz, S.; Levoy, M. Efficient Variants of the ICP Algorithm; IEEE Computer Soc.: Los Alamitos, CA, USA, 2001.
- [11] Breuer, P.; Eckes, C.; Muller, S. Hand gesture recognition with a novel IR time-of-flight range camera—A pilot study. In Lecture Notes in Computer Science; Gagalowicz, A., Philips, W., Eds.; Springer: Berlin, Germany, 2007; Volume 4418, pp. 247–260.

- [12] Kahlmann, T.; Ingensand, H. Calibration and development for increased accuracy of 3D range imaging cameras. *J. Appl. Geod.* 2008, 2, 1–11.
- [13] Kahlmann, T.; Remondino, F.; Ingensand, H. Calibration for increased accuracy of the range imaging camera SwissRanger. In *Proceedings of ISPRS Commission V Symposium ‘Image Engineering and Vision Metrology’*, Dresden, Germany, 25–27 September 2006; pp. 136–141.
- [14] Freedman, B.; Shpunt, A.; Machline, M.; Arieli, Y. Depth Mapping Using Projected Patterns. U.S. Patent 2010/0118123, 13 May 2010.
- [15] <http://id.wikipedia.org/wiki/Triangulasi> (diakses pada tanggal 26 Juli 2012).
- [16] Maphilindo, A. Pemetaan Kontur Objek dengan Fotografi Spekel. *Digital Library Teknik Fisika ITS : Undergraduate Theses from JBPTITBTF* 2006.
- [17] Khoshelham K.; Elberink S., Accuracy and Resolution of Kinect Depth Data for Indoor Mapping Applications, *Sensors* 2012, 12, 1437-1454.
- [18] Milgram, Paul, and Fumio Kishino. A Taxonomy of Mixed Reality Virtual Displays. *IEICE Transactions on Information and Systems E77-D*, 9 (September 1994), 1321-1329
- [19] Nokia Research Center (NRC) : <http://research.nokia.com> (diakses pada tanggal 30 Juli 2012)
- [20] http://traumwerk.stanford.edu/presence/mixed_reality/ (diakses pada tanggal 30 Juli 2012)
- [21] Khoshelham K., Accuracy Analysis of Kinect Depth Data, *ISPRS Proceeding XXXVIII 5-W12* 2011.
- [22] Basuki A., Ramadijanti N., *Grafik 3 Dimensi*, Diktat Kuliah Grafika Komputer PENS 2009
- [23] Kuliah Grafika Komputer: <http://staf.cs.ui.ac.id/WebKuliah/IKI30500/2000/> (diakses pada tanggal 30 Juli 2012)

BIOGRAFI PENULIS



Nama : Kholid Fathoni
TTL : Lamongan, 26 Desember 1980
Alamat : Perumahan New Green Hill Residence Blok U No. 15
Gunung Anyar, Surabaya

Pendidikan :

- 1986 TK Sejahtera Mertani Karanggeneng Lamongan
- 1987 SDN Mertani 1 Mertani Karanggeneng Lamongan
- 1993 SLTP Negeri Karanggeneng Lamongan
- 1996 SMU Negeri 1 Gresik
- 1999 S1 Teknik Informatika ITS
- 2008 S2 Game Technology – Jaringan Cerdas Multimedia Teknik Elektro FTI ITS

Bidang Keahlian :

- Sistem Informasi
- Jaringan Komputer
- Komputer Grafik
- Augmented Reality

Riwayat Pekerjaan :

- Software Engineer
- System Analyst
- Konsultan IT
- Dosen Politeknik Elektronika Negeri Surabaya (PENS)