**JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA**

**FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI**

**INSTITUT TEKNLOGI SEPULUH NOPEMBER**

**USULAN TUGAS AKHIR**

# IDENTITAS PENGUSUL

**NAMA : NURINA AISYAH FITRIANI**

**NRP : 5109100160**

**DOSEN WALI : Arya Yudhi Wijaya, S.Kom, M.Kom.**

# JUDUL TUGAS AKHIR

**PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI *AUGMENTED REALITY* SEBAGAI ALTERNATIF FISIOTERAPI TANGAN UNTUK PENDERITA PASCA STROKE**

***DESIGN AND IMPLEMENTATION OF AUGMENTED REALITY AS HAND PHYSIOTHERAPY FOR POST-STROKE PATIENTS***

# URAIAN SINGKAT

Stroke merupakan salah satu penyakit yang menyerang fungsi saraf yang terjadi secara mendadak akibat kurangnya asupan darah ke otak. Gangguan fungsi saraf ini dapat menyebabkan penurunan fungsi tubuh misalnya lumpuh pada sebagian atau keseluruhan anggota tubuh. Salah satu usaha untuk memperbaiki fungsi motorik pasien yang menderita penyakit ini adalah dengan fisioterapi*.* Akan tetapi, fisioterapi pada umumnya membutuhkan banyak fasilitas dan sumber daya manusia, karena tiap pelatihan membutuhkan peralatan yang berbeda dan seorang terapis hanya dapat menangani seorang pasien dalam satu waktu [[1](#Alf10)]. Selain itu, rumah sakit di Indonesia masih belum banyak yang memiliki unit rehabilitasi stroke, hanya rumah sakit-rumah sakit di kota besar saja yang umumnya memiliki fasilitas ini [[2](#Yay09)]. Oleh karena itu, solusi untuk mempermudah menghadirkan fisioterapiini di lingkungan penderita stroke sangat dibutuhkan.

Banyak bentuk fisioterapi yang memanfaatkan teknologi telah dikembangkan oleh beberapa negara seperti Kanada dan Irlandia [[1](#Alf10)], [[3](#JWB10)]. Beberapa teknologi yang pernah digunakan diantaranya adalah realitas buatan, *haptic* dan Augmented Reality (AR). Rehabilitasi dengan memanfaatkan teknologi tersebut mampu menciptakan lingkungan pelatihan yang menyenangkan dan dapat secara tidak langsung memberikan motivasi kepada pasien dibandingkan dengan metode pelatihan tradisional [[1](#Alf10)]. Oleh karena itu, dalam tugas akhir ini akan dibangunlah sebuah aplikasi sejenis dengan memanfaatkan teknologi AR untuk membangun lingkungan fisioterapi khususnya organ tubuh bagian tangan dengan kondisi tangan yang tidak lumpuh total. Kelebihan teknologi AR dibandingkan dengan realitas buatan maupun *haptic* adalah kemampuannya dalam menyajikan lingkungan gabungan antara dunia nyata dan buatan. Dengan demikian, pasien bisa melihat lingkungan nyata dan memanipulasi objek nyata dalam pelatihannya sehingga dapat memberikan stimulus atau gaya alami bagi pasien untuk melakukan gerakan terapi [[1](#Alf10)].

Aplikasi ini diharapkan mampu memberi bantuan kepada penderita stroke dalam bentuk kemudahan dalam melakukan fisioterapi*.* Karena dengan adanya aplikasi ini, penderita dapat menjalankan fisioterapi sesuai yang disediakan oleh sistem tanpa terlalu tergantung pada terapis. Pelaksanaan fisioterapi pun dapat dilakukan di rumah sehingga secara tidak langsung dapat menghemat biaya dan tenaga bagi pasien.

# PENDAHULUAN

# LATAR BELAKANG

Stroke merupakan salah satu penyakit penyebab kematian yang tinggi di dunia. Khususnya di Indonesia, stroke merupakan salah satu penyakit yang paling banyak diderita oleh masyarakat. Hal ini terbukti berdasarkan data yang diperoleh Yayasan Stroke Indonesia, jumlah penderita stroke di Indonesia pernah menempati urutan pertama di dunia [[4](#IND091)].

Gangguan fungsi tubuh yang biasanya dialami oleh penderita stroke adalah kelumpuhan pada tangan atau pada kaki baik sebagian ataupun keseluruhan. Pada umumnya para penderita ini melakukan terapi motorik untuk mengembalikan fungsi motorik dari organ yang lumpuh. Bentuk pelatihan yang diberikan oleh terapis selama masa terapi contohnya seperti memegang cangkir dan memindahkannya dari satu rak ke rak yang lain. Dengan ini, para terapis akan mengukur perkembangan pasien menggunakan suatu standar tertentu [[1](#Alf10)].

Akan tetapi, kebanyakan dari pusat rehabilitasi ini terletak di rumah sakit atau klinik-klinik medis. Hal ini menyebabkan pasien yang tidak memiliki tingkat mobilitas yang tinggi akan mengalami kesulitan untuk mengakses tempat pusat rehabilitasi tersebut. Belum lagi jika ternyata pusat rehabilitasi tersebut berada di tengah perkotaan. Sehingga memungkinkan para penderita stroke tidak mendapatkan layanan kesehatan dalam proses penyembuhan. Padahal menurut penelitian yang pernah dilakukan, pelatihan yang intensif dan terus meneruslah yang mampu memberikan pengaruh pada perkembangan fungsi motorik pasien [[1](#Alf10)]. Terlebih, kebanyakan penderita stroke yang sedang menjalani terapi tradisional kehilangan ketertarikan mereka terhadap program dalam waktu singkat. Sebab tipe pelatihan-pelatihan tradisional itu memusatkan pada fungsi motorik tubuh penderita stroke dengan bentuk pelatihan yang terkesan biasa dan membosankan yang harus dilakukan berkali-kali seperti memindahkan tangan bolak-balik. Padahal, motivasi pasien untuk meneruskan pelatihan merupakan hal penting untuk mencapai kesuksesan perawatan [[1](#Alf10)].

Maka untuk mengatasi permasalahan ini, sistem rehabilitasi berbasis komputer dengan menggunakan teknologi AR diperkenalkan. Teknologi ini dikembangkan untuk memberikan kemudahan dalam pengobatan dan menciptakan lingkungan yang nyaman, natural, dan menarik untuk menyembuhkan fungsi dasar motorik bagi para penderita stroke. Dalam aplikasi yang akan dikembangkan ini nantinya penderita stroke dapat menyentuh objek nyata dan berinteraksi dengan lingkungan maya atau nyata secara bersamaan. Objek maya yang dibangun digunakan sebagai alat utama dalam merancang skenario untuk memotivasi penderita stroke.

# RUMUSAN MASALAH

Detail permasalah yang diangkat dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

* 1. Bagaimana membuat fisioterapi tangan untuk penderita pasca stroke dengan menggunakan teknologi AR?
  2. Bagaimana cara mengimplementasikan teknologi AR dengan metodeberbasis penanda?

# BATASAN MASALAH

Masalah yang dibahas pada tugas akhir ini dibatasi lingkupnya pada:

1. Implementasi AR yang akan dikembangkan menggunakan metode berbasis penanda.
2. Hasil dari lingkungan yang dibentuk AR ditentukan oleh kualitas kamera, jarak penanda dengan kamera, resolusi dan pencahayaan.
3. Aplikasi digunakan untuk menciptakan lingkungan fisioterapi pada tangan.

# TUJUAN DAN MANFAAT TUGAS AKHIR

Tujuan dari penyusunan tugas akhir ini adalah merancang dan mengimplementasikan AR dengan metode berbasis penanda yang digunakan sebagai alternatif fisioterapi tangan untuk penderita pasca stroke. Adanya aplikasi ini diharapkan dapat memberikan kemudahan bagi penderita stroke yang dalam masa pemulihan untuk membantu memperbaiki fungsi gerak motorik pada tangan mereka melalui media rehabilitasi berbasis komputer.

# TINJAUAN PUSTAKA

## Stroke

Serangan otak yang mendadak pada penderita stroke ini terjadi akibat kerusakan fungsi otak, baik sebagian maupun keseluruhan. Hal ini disebabkan oleh gangguan aliran darah. Terdapat dua kemungkinan gangguan aliran darah pada otak yang dapat menyebabkan stroke, yakni karena penyempitan pembuluh darah atau karena pecahnya pembuluh darah. Kurangnya asupan darah yang membawa oksigen ataupun zat-zat makanan pada otak dapat menyebabkan kematian sel-sel pada otak. Selain itu, pembuluh yang pecah dapat mengakibatkan pendarahan di otak.

Otak manusia dibagi menjadi beberapa area yang mengendalikan fungsi motorik dan sensorik manusia. Ketika stroke merusak bagian tertentu dari otak, tak lama kemudian area tersebut mungkin tidak dapat befungsi dengan baik seperti sediakala. Hal inilah yang dapat menyebabkan timbulnya gangguan berjalan, berbicara, melihat, merasa, dan lain-lain pada penderita stroke [[5](#htt)].

## Fisioterapi Tangan Pasca Stroke

Tangan merupakan salah satu anggota tubuh yang sering terganggu fungsinya setelah mengalami stroke. Latihan tangan yang bermanfaat dalam meningkatkan kekuatan dan ketangkasan tangan terlepas dari apakah pasien stroke baru saja dapat menggerakan tangannya atau sudah memiliki jangkauan gerak tangan yang baik. Berikut ini terdapat beberapa contoh latihan yang dapat membantu meningkatkan keterampilan motorik yang telah memburuk setelah stroke. Kemudahan atau kesusahan suatu latihan diukur dari seberapa parah atau luas kerusakan fungsi motorik pasien. Latihan berikut adalah latihan yang diperuntukkan bagi pasien yang masih mampu menggerakkan tangannya (tidak lumpuh tangan total), yakni:

* menumpuk koin (misal uang koin),
* membalik kartu,
* latihan menulis,
* menjepit dengan jebitan baju misalnya,
* merakit mur dan baut,
* merangkai manik-manik,
* bermain catur,
* menyusun *puzzle,*
* bermain piano,
* latihan mengetik,
* mengambil benda kecil seperti kancing baju atau koin,
* mengepal kertas menjadi bola, kemudian meratakan atau mendatarkan kembali bola kertas tersebut dengan tangan yang mengalami gangguan motorik,
* mengambil kaleng kosong dan menempatkan kaleng tersebut kembali ke tempat asalnya,
* menggulung pensil diantara ibu jari dan jari lainnya, meletakkan tangan di atas meja kemudian mencoba mengangkat masing-masing jari secara bergantian,
* latihan mengancing baju, mengambil tusuk gigi dengan pinset,
* memeras waslap,
* mengisi mangkuk dengan beras, kemudian memasukkan benda kedalamnya dan mencari benda tersebut dengan tanpa melihat,
* mengecat,
* latihan mengambil dan meletakkan benda-benda kecil (misalnya kelereng) di telapak tangan (diupayakan agar tidak jatuh) kemudian meletakkan kembali benda-benda tersebut ke tempat asalnya,
* mencoba memainkan aplikasi pada *smart phone* atau *tablet* yang membutuhkan keterampilan motorik untuk memainkannya, seperti game *Fruit Ninja*, *Dexteria*, *Dot to Dot Number Whiz*, dan lain-lain.

Sedangkan jika seorang penderita stroke tidak dapat memindahkan tangan atau jari mereka, maka latihan yang diberikan harus menekankan pada perenggangan tangan dan menggunakan tangan orang lain untuk menggerakkan jari-jari tangan mereka yang lumpuh. Untuk pasien yang masih lumpuh tangannya, dengan bantuan terapis pasien dapat melakukan gerakan mengangkat seluruh bagian tangan (sampai lengan) ke atas (tangan dalam posisi vertikal atau sejajar dengan kepala). Selain itu, pasien juga dapat melakukan gerakan melipat siku tangan secara berulang-ulang. Telapak tangan pasien juga dapat digerakkan ke depan atau ke belakang untuk melemaskan pergelangan tangan. Selain itu, dengan bantuan terapis pasien juga dapat mencoba alat yang didesain untuk membantu memperbaiki fungsi motorik tangan seperti *Hand Mentor* atau *Biones*.

## AR Berbasis Penanda

AR atau dikenal dengan realitas tertambah adalah teknologi yang menggabungkan benda maya dan dua dimensi atau tiga dimensi ke dalam sebuah lingkungan nyata lalu memproyeksikan benda-benda maya tersebut dalam waktu nyata. Benda-benda maya tersebut menampilkan informasi yang tidak dapat diterima oleh pengguna dengan inderanya sendiri. Hal ini membuat AR sesuai sebagai alat untuk membantu persepsi dan interaksi penggunanya dengan dunia nyata. Informasi yang ditampilkan oleh benda maya membantu pengguna melaksanakan kegiatan-kegiatan dalam dunia nyata.

Pada teknik AR berbasis penanda, penanda ditempelkan ke objek nyata sedemikian rupa sehingga dapat membuat sistem (melalui *webcam*) menelusuri posisi dan orientasi tiap objek. Sistem kemudian dapat menambah gambar yang diambil dari lingkugan nyata dengan grafis yang dihasilkan komputer untuk menyajikan berbagai permainan atau skenario tugas yang diberikan ke pengguna.

Penanda yang bagus adalah penanda yang mudah dan andal terdeteksi dalam segala keadaan. Perbedaan kecerahan lebih mudah dideteksi dibandingkan dengan perbedaan warna dengan menggunakan teknik visi. Hal ini disebabkan keterbatasan kamera dalam otomatisasi penyeimbang warna putih (warna yang ditunjukkan objek bisa saja tidak tepat dan ada kemungkinan objek tersebut berubah warnanya. Selain itu, pencahayaan dapat merubah warna yang terdapat pada objek dan karena itu deteksi warna dapat meragukan. Secara alami, pencahayaan yang lebih kontras dapat lebih memudahkan dalam pendeteksian objek. Sehingga dalam hal ini, penanda berwarna hitam putih merupakan penanda yang optimal).

## Kakas Bantu untuk AR Berbasis Penanda

Peneliti dan pengembang telah banyak membuat kakas untuk AR, seperti kakas, kakas bantu, SDKs, dan lain-lain, yang digunakan untuk pengembangan aplikasi AR. Terdapat beberapa kakasyang *open source* dan dapat diperoleh secara *online* dan mempunyai kemampuan untuk menelusuri penanda untuk aplikasi AR seperti ARToolkit, ARToolkitPlus, SLARToolkit, FLARToolkit, ALVAR, dan ARTag.

Kakas AR biasanya menggunakan kakas lain untuk tugas-tugas di level rendah. Seperti penggunaan OpenCV untuk visi komputer dan pengolahan citra dan Eigen atau LAPACK untuk aljabar linear. Sebagai tambahan, mereka juga menyediakan antar muka untuk kakas yang sudah ada untuk menerima gambar (seperti Highgui) dan kalibrasi kamera (seperti OpenCV) [[8](#Sil12)].

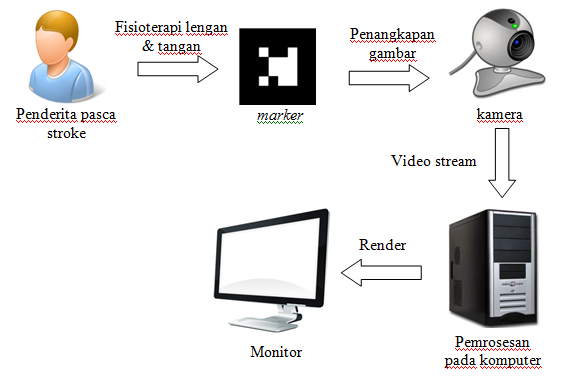
ARToolkit mungkin merupakan kakas yang paling terkenal dan paling umum digunakan dalam pembuatan aplikasi AR. Saat ini produk sejenis ARToolkit terdiri dari kakas*-*kakas yang digunakan untuk pembuatan aplikasi yang berdiri sendiri, aplikasi situs web, atau aplikasi *mobile* untuk beberapa *platform* seperti ARToolkitPro (kakas AR yang berbahasa C/C++), FLARToolkit (versi Flash dari ARToolkit), ARToolkit untuk IOS, SLARToolkit (kakas AR untuk Silverlight dan Windows Phone), ARToolkitPlus (kakas AR yang berbahasa C#). Selain itu, beberapa kakas hanya bisa digunakan pada *platform* tertentu (Windows atau IOS) dan sisanya dapat digunakan di banyak *platform*. Contohnya, kakas bantu yang digunakan untuk aplikasi AR dan buatan yang dikembangkan oleh VVT *Technical Research Center of Finland* yang disebut ALVAR merupakan contoh kakas yang didukung di banyak *platform*. Sedangkan kakas SLAM (SLAM pelacak multi penanda untuk Symbian) merupakan contoh dari kakas AR yang spesifik hanya didukung di suatu *platform* [[8](#Sil12)]*.*

# METODOLOGI

Aplikasi yang akan dibangun pada tugas akhir ini merupakan aplikasi yang mengimplementasikan AR yang digunakan untuk membangun lingkungan 3D buatan sebagai alternatif fisioterapi bagi penderita pasca stroke. Pelatihan yang dibangun dalam aplikasi ini nantinya memerlukan keterlibatan tangan penderita pasca stroke untuk menyelesaikan latihan tersebut. Hasil dari pelatihan tersebut akan disimpan sebagai data untuk memantau perkembangan motorik pasien, misalnya data mengenai seberapa lama pasien dapat menyelesaikan tugas yang diberikan pada pelatihan. Intensitas pelatihan merupakan hal yang penting dalam rehabilitasi pasien pasca stroke. Oleh karena itu, bentuk pelatihan yang berbasis komputer ini diharapkan dapat membantu menambah motivasi pasien dalam melaksanakan rehabilitasi.

Untuk dapat menciptakan lingkungan fisioterapi buatan yang sesuai, studi literatur mengenai bagaimana rehabilitasi pasien stroke pada umumnya perlu dilakukan. Beberapa macam kegiatan yang dapat dijadikan sebagai latihan untuk penderita stroke telah dijabarkan pada tinjauan pustaka. Salah satunya adalah kegiatan membalik kartu yang nantinya akan dijadikan sebagai salah satu bentuk pelatihan dalam aplikasi yang akan dibuat ini. Selain itu, mengetahui bentuk rehabilitasi berbasis AR yang sudah pernah dikembangkan seperti pada [[1](#Alf10)] dan [[3](#JWB10)] dapat menjadi bahan analisis untuk menentukan lingkungan rehabilitasi buatan yang akan dibangun.

Gambar 3 merupakan bentuk rancangan arsitektur sistem aplikasi AR-Fisioterapi yang akan dikembangkan. Sesuai gambar tersebut, selama pasien menggunakan aplikasi AR-Fisioterapi ini, pasien akan berinteraksi dengan lingkungan 3D buatan dimana lingkungan yang dibentuk adalah lingkungan nyata yang diambil melalui *webcam* dan objek-objek 3D yang digabungkan ke dalamnya. Gambar penanda kemudian ditangkap oleh *webcam* melalui *video decoder*. Hasil *video stream* yang ditangkap oleh *webcam,* masing-masing *frame*-nya akan diolah oleh kakas bantu, kemudian hasilnya diambil oleh penanda *tracker.* Hasil yang diperoleh penanda *tracker* dapat berupa posisi dan orientasi penanda. Penanda yang telah terdeteksi ini dapat diambil matrik transformasinya sehingga dapat digunakan untuk transformasi seluruh objek yang ada dalam lingkungan AR.



Gambar 1. Arsitektur Aplikasi AR-Fisioterapi

Tujuan utama dibuatnya aplikasi ini adalah untuk membantu pasien pasca stroke untuk melakukan gerakan sebagai terapi secara teratur. Gerakan yang dilakukan difungsikan untuk membantu melatih fungsi motorik pasien. Aplikasi yang akan dibangun ini terdiri dari 2 bentuk pelatihan. Berikut ini merupakan deskripsi masing-masing pelatihan:

1. Pelatihan pertama adalah pelatihan membalik kartu. Pada pelatihan ini, pengguna diinstruksikan untuk memindahkan kartu yang kedua sisinya ditempeli penanda AR ke tujuan tertentu dan menyentuhkan objek maya yang mengalami *rendering* ke objek lain pada lokasi tujuan. Setelah itu, pengguna diminta untuk membalikkan kartu tersebut ke sisi lainya kemudian memindahkan kartu tersebut ke tujuan tertentu pula. Kemudian, waktu pengguna untuk menyelesaikan pelatihan ini dihitung dan disimpan.
2. Pelatihan kedua adalah pelatihan-pelatihan yang melibatkan kedua tangan penderita pasca stroke. Menurut sebuah artikel ilmiah, keseimbangan merupakan hal yang penting dan perlu dipertimbangkan dalam rehabilitasi stroke [[9](#Mar11)]. Hal ini disebabkan stroke dapat menyebabkan rusaknya keseimbangan kedua belah otak. Untuk itu, pengguna dalam pelatihan ini diharapkan dapat melatih keseimbangan mereka. Dalam pelatihan ini, kedua tangan pengguna akan ditempeli sebuah penanda AR pada kedua sisinya. Kemudian secara tidak langsung pengguna diminta untuk memunculkan objek 3D maya (dengan cara mengarahkan penanda tersebut agar bisa tertangkap kamera) sesuai dengan yang diminta sistem. Setelah itu, pengguna diminta menyentuhkan objek 3D maya yang mengalami *rendering* pada penanda di atas tangannya dengan objek 3D maya lain (yang bergerak secara acak) yang terletak di lokasi tertentu pada lingkungan fisioterapi buatan. Masing-masing tangan akan melakukan pelatihan ini secara bersamaan.

Di akhir latihan AR-Fisioterapi ini, pengguna akan ditunjukkan penilaian dari hasil pelatihan yang telah dilakukannya (misalnya lama waktu pengguna menyelesaikan tugas yang diminta) dalam bentuk grafik. Hasil yang ditunjukkan dapat dibandingkan dengan hasil sebelumnya apabila pasien telah melakukan latihan yang sama. Hal ini dapat digunakan untuk memotivasi pasien sekaligus mengawasi perkembangan motorik pasien.

Untuk mengimplementasikan pembuatan aplikasi ini, maka objek-objek 3D buatan apa saja yang nantinya akan digunakan sebagai komponen lingkungan pelatihan dan kakas yang akan dipakai harus ditentukan terlebih dahulu. Setelah itu, pencarian dan pembuatan penanda AR dikerjakan. Hal ini dapat dilakukan bersamaan dengan pengimplementasian aplikasi yang akan dibuat dalam bentuk kode program. Selanjutnya, pengujian terhadap aplikasi yang dibuat salah satunya bertujuan untuk menemukan kesalahan-kesalahan yang terdapat pada aplikasi tersebut.

# JADWAL KEGIATAN

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Tahapan | Bulan (Tahun 2013) | | | | | | | | | | | | | | | |
| April | | | | Mei | | | | Juni | | | | Juli | | | |
| Analisa kebutuhan dan studi literatur |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Perancangan sistem |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Implementasi |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Uji coba dan evaluasi |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Penyusunan buku |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

# DAFTAR PUSTAKA

|  |  |
| --- | --- |
| [1] | Alfi Alamri, Jongeun Cha, and Abdulmotaleb EL Saddik, "AR-REHAB: An Augmented Reality Framework for Poststroke-Patient Rehabilitation," *IEEE*, pp. 1-10, 2010. |
| [2] | Yayasan Stroke Indonesia. (2009, Juli) Rumah Sakit yang Telah Dilengkapi Sarana Pelayanan Unit Stroke. [Online]. <http://www.yastroki.or.id/read.php?id=339> |
| [3] | J.W. Burke et al., "Augmented Reality Games for Upper-Limb Stroke Rehabilitation," *IEEE*, pp. 75-78, 2010. |
| [4] | Yayasan Stroke Indonesia. (2009, Agustus) Indonesia Tempati Urutan Pertama di Dunia dalam Jumlah Terbanyak Penderita Stroke. [Online]. <http://www.yastroki.or.id/read.php?id=341> |
| [5] | National Stroke Association. Explaining Stroke. [Online]. <http://www.stroke.org/site/PageServer?pagename=explainingstroke> |
| [6] | Hand Exercises. [Online]. <http://www.stroke-rehab.com/hand-exercises.html> |
| [7] | National Stroke Association. (2010) HOPE: The Stroke Recovery Guide. [Online]. <www.stroke.org/site/DocServer/hope_full.pdf?docID=921> |
| [8] | Reza Adhitya Saputra, "Perancangan dan Implementasi Augmented Reality pada Game 'AR Defense' Menggunakan GoblinXNA dan ALVAR," *Institut Teknologi Sepuluh Nopember*, 2011. |
| [9] | Sanni Siltanen, *Theory and applications of marker-based augmented reality*. Finlandia: VTT Technical Research Centre of Finland, 2012. |
| [10] | Marc Chase. (2011, Agustus) Hand and Finger Exercises For Patients in Stroke Rehabilitation. [Online]. <http://www.livestrong.com/article/314243-hand-and-finger-exercises-for-patients-in-stroke-rehabilitation/> |

x

x