

# RANCANG BANGUN PERANGKAT KERAS DAN PERANGKAT LUNAK UNTUK KOMPUTER *MULTI TOUCH* PADA BULETIN PENS

**Andri Bharata H Hutapea**

Jurusan Teknik Informatika Politeknik Elektronika Negeri Surabaya  
ITS Surabaya Indonesia 60111, email: *andrihtp@gmail.com*

## ABSTRACT

*Touch screen, touch panel or touch screen panel is a computer input device that works with the touch screen using a finger or digital pen. In this case, the user operates the computer system by touching pictures or writing on the screen it self. This is the easiest way to operate a computer and now are increasing used in various applications.*

*Multi touch is a set of tools with interaction techniques that allow computer users to control graphical applications with several fingers. The device consists of multi-touch screen (ex, computer screens, tables, walls) or touch pad, as well as software that detects some point touch screen, but unlike the familiar look of the device (example computer touch pad, ATM and others) are detecting only one touch point.*

*Today the computer world entered the era of multi- touch computing that will transform computing in the future as a slogan "Multi touch computing change the next generation of computer".*

*Applications of bulletin PENS is a computer based on multi touch technology which was built to allow users to obtain information about the PENS easier and more enjoyable. PENS Bulletin may be used by many people together at the same time by simply touching it. This interactive technology will be expected to improve the function of information bulletins for students and students can develop other creative ideas to make another interesting application for this bulletin.*

*The technology is built using the CCV, accepts input images from the camera and turn it into the coordinates and then send to another multi touch applications in UDP or TCP.*

*Keywords : Multi touch, CCV, UDP or TCP, Bulletin*

## ABSTRAK

*Layar sentuh atau dalam bahasa Inggris touch screen, touch panel atau touch screen panel adalah sebuah perangkat masukan komputer yang bekerja dengan adanya sentuhan tampilan layar menggunakan jari atau pena digital. Dalam hal ini, pengguna mengoperasikan sistem komputer dengan menyentuh gambar atau tulisan di layar itu sendiri. Hal ini merupakan cara yang paling mudah untuk mengoperasikan komputer dan kini semakin banyak digunakan dalam berbagai aplikasi.*

*Multi touch merupakan seperangkat alat dengan teknik interaksi yang memungkinkan pengguna komputer untuk mengontrol*

*aplikasi grafis dengan beberapa jari. Perangkat multi touch terdiri dari layar sentuh (misalnya, layar komputer, meja, dinding) atau touchpad, serta perangkat lunak yang mendeteksi beberapa titik yang menyentuh layar, namun berbeda dengan yang sudah umum kita lihat pada perangkat (misalnya touchpad komputer, ATM dan lain-lain) yang mendeteksi hanya satu titik sentuhan.*

*Sekarang ini dunia komputer memasuki era multi touch computing yang akan mengubah era perkomputeran di masa yang akan datang sebagaimana slogan yang pernah bertuliskan teknologi komputer Multi touch mengubah generasi selanjutnya dalam dunia perkomputeran.*

*Aplikasi buletin PENS merupakan aplikasi komputer multi touch yang dibangun untuk memudahkan pengguna memperoleh informasi tentang PENS dengan lebih mudah dan lebih menyenangkan. Buletin PENS dapat digunakan oleh banyak orang secara bersamaan dalam waktu yang bersamaan dengan hanya menyentuhnya. Teknologi interaktif ini nantinya diharapkan dapat meningkatkan fungsi buletin sebagai sarana informasi bagi mahasiswa dan mahasiswa dapat mengembangkan ide kreatif lainnya dengan memanfaatkan buletin ini.*

*Teknologi ini dibangun menggunakan CCV, menerima masukan gambar dari kamera dan mengubahnya menjadi koordinat titik sentuhan kemudian informasi dari CCV selanjutnya dapat digunakan oleh aplikasi multi touch lainnya berupa UDP ataupun TCP.*

*Kata kunci : Multi touch, CCV, UDP atau TCP, Buletin*

## I. PENDAHULUAN

Ketika berinteraksi dengan komputer desktop biasa, perangkat tidak langsung seperti *mouse* atau *keyboard* digunakan untuk mengontrol komputer. Hasil interaksi tersebut ditampilkan pada layar monitor. Sistem operasi saat ini masih selalu dibatasi ke satu perangkat tidak langsung. Dengan diperkenalkannya *multi touch*, bentuk baru interaksi manusia dengan komputer diperkenalkan.

Publikasi terbaru menunjukkan bahwa teknologi layar sentuh memiliki potensi untuk merevolusi interaksi antara manusia dan komputer. Teknologi ini memungkinkan interaksi intuitif dengan aplikasi melalui manipulasi langsung. Beberapa kelompok penelitian telah menunjukkan bahwa kinerja tugas-tugas sederhana melalui tampilan layar sentuh menunjukkan peningkatan besar dibanding metode konvensional.

Interaksi komputer modern terdiri dari monitor, *keyboard* dan *mouse*. Terbatas oleh sistem operasi, hal itu memungkinkan kita hanya dapat mengendalikan pointer tunggal di layar. *Multi touch* menggabungkan teknologi layar sentuh dengan sensor yang mampu melacak beberapa poin masukan. Idenya adalah bahwa ini akan memungkinkan pengguna untuk berinteraksi dengan komputer dengan cara alami.

Dengan *multi touch*, beberapa pointer dapat dideteksi secara bersamaan dan masing-masing pointer berdiri sendiri. Tidak seperti interaksi pada komputer desktop, *multi touch* memungkinkan beberapa pengguna untuk berinteraksi dengan perangkat yang sama pada waktu yang bersamaan.

PENS sebagai salah satu Perguruan Tinggi yang berbasis teknologi sudah seharusnya memiliki suatu karya baru dalam perkembangan teknologi. Dengan adanya Buletin Interaktif ini, proses *up date* konten dan informasi dapat dilakukan dengan cara yang lebih mudah. Teknologi ini juga sangat mendukung berbagai jenis kreatifitas mahasiswa, membantu program *green energy* yang mampu menurunkan penggunaan kertas sebagai media.

## II. DASAR TEORI

### 2.1 Multitouch

*Multi touch* merupakan seperangkat alat dengan teknik interaksi yang memungkinkan pengguna komputer untuk mengontrol aplikasi grafis dengan beberapa jari. Saat ini ada lima teknik utama yang disempurnakan oleh masyarakat, meliputi :Jeff Han perintis *Frustrated Total Internal Reflection*(FTIR), *Rear Diffused Illumination* (DI) seperti *Microsoft Surface*, Perencanaan sinar laser (*Light Laser Plan*) dirintis oleh komunitas Alex Popovich yang juga dapat kita lihat pada prototipe *Microsoft LaserTouch*, *LED-Light Plane* (LED-LP) dikembangkan oleh Nima

Motamedi dan *Diffused Surface Illumination* yang dikembangkan oleh Tim Roth.

### 2.1 Komponen Penyusun Komputer Teknologi Multitouch

#### Layar Sentuhan

Layar sentuhan berfungsi untuk menerima gambar hasil dari proyektor dan sebagai media sentuh untuk pengguna. Kualitas gambar yang diperoleh dan kualitas titik sentuhan yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh jenis layar yang digunakan.

#### 2.2 Penghasil Gambar

Ada dua jenis perangkat yang dapat digunakan sebagai media penghasil gambar

##### *Proyektor*

Penggunaan proyektor merupakan salah satu metode yang digunakan untuk menampilkan gambar pada permukaan layar sentuh. Setiap perangkat video (LCD, LED, dan lain-lain) boleh digunakan tetapi proyektor cenderung menjadi yang paling fleksibel dan populer dalam hal ukuran gambar. Ada dua jenis layar proyektor utama yaitu DLP dan LCD.

Hal utama yang perlu diperhatikan untuk sebuah proyektor saat digunakan dalam sistem *multi touch* adalah memiliki rasio yang kecil antara jarak proyeksi dan ukuran gambar. Jarak yang dekat dengan hasil gambar yang lebih besar memberikan hasil yang terbaik untuk proyek *multi touch*, karena memungkinkan diletakkan di dasar meja dan ditunjukan langsung pada permukaan layar sentuhan. Sayangnya, harga proyektor seperti ini (proyektor *short throw*) cenderung lebih mahal.

##### *LCD*

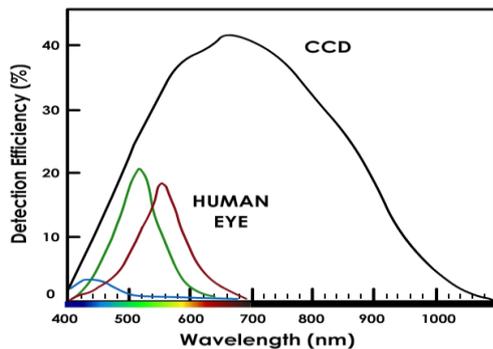
Teknologi LCD membuat bentuk perangkat *multi touch* menjadi lebih ramping, mirip dengan teknologi LED (Light Emitting Diode) ataupun plasma. Teknologi LCD tidak membutuhkan tenaga yang besar, sebagaimana tampilan pada LED atau plasma, karena prinsip kerjanya tidak berbasis pada emisi melainkan pada pengaturan cahaya (*Shuttering*).

### 2.3 Cermin

Seperti disebutkan dalam perangkat keras yang diperlukan bahwa kita membutuhkan lensa *short throw* untuk memperbesar gambar proyektor ditampilkan ke layar. Namun karena tidak tersedianya lensa *short throw*, kita dapat menggunakan cermin untuk memperbesar hasil gambar dari proyektor.

## 2.4 Kamera Inframerah

Ketika menggunakan kamera (sensitif inframerah), kamera akan menampilkan semua warna lain dari spektrum cahaya. Untuk memblokir cahaya tampak dapat menggunakan *cut-off filter* atau *band pass filter*. *Cut-off filter* berfungsi membatasi cahaya dengan panjang gelombang tertentu sedangkan *band pass filter* hanya meneruskan cahaya dari panjang gelombang tertentu.



Sensifitas sensor Sony CCD

### Fitur Perangkat keras yang disarankan :

Ketika menggunakan kamera USB disarankan untuk menggunakan:

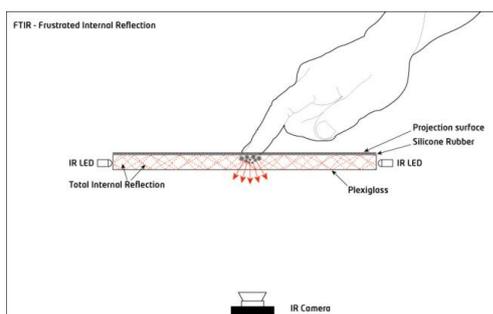
The Playstation3 kamera(640x480 >30FPS). Filter dapat dihilangkan dan frame rate yang lebih tinggi yang mungkin menggunakan resolusi yang lebih rendah.

## 2.5 Pencahayaan

Pada perangkat *multi touch*, cahaya inframerah digunakan untuk mendeteksi titik sentuhan yang kemudian akan ditangkap oleh kamera. Pencahayaan inframerah yang digunakan harus mampu menghasilkan kontras yang besar antara titik sentuhan dan hasil tampilan pada layar sentuhan.

### Jumlah Internal Reflection Frustrasi (FTIR)

Prinsip ini sangat berguna untuk menjalankan tampilan *multi touch* karena cahaya yang ditekan oleh pengguna dapat dideteksi dengan baik dan terlihat jelas oleh kamera di bawahnya.



### Kelebihan :

- Tidak membutuhkan meja yang tertutup
- Memiliki perbedaan warna titik dan layar yang kuat
- Memungkinkan untuk lebih dari satu titik sentuhan
- Dapat menggunakan ujung pena sebagai titik sentuhan

### Kekurangan :

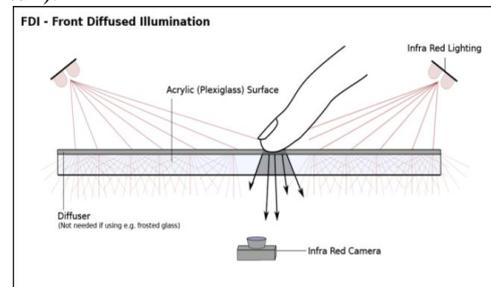
- Pengaturan untuk beberapa jenis bingkai LED
- Membutuhkan permukaan layar (silikon karet) untuk penggunaan yang tepat, tidak dapat menggunakan permukaan kaca
- Tidak dapat mengenali benda

### Penyebaran Cahaya Inframerah (DI)

Pemancaran terdifusi(DI) terdiri atas dua jenis yaitu: *Front Diffused Illumination* (Illuminasi dipancarkan dari depan permukaan layar sentuh) dan *Rear Diffused Illumination* (Illuminasi dipancarkan dari bawah permukaan layar sentuh). Kedua teknik menggunakan prinsip-prinsip dasar yang sama yaitu mendeteksi titik sentuhan berdasarkan kontras antara gambar diam dan jari yang menyentuh permukaan.

### Front Diffused Illumination

(Illuminasi dipancarkan dari depan permukaan layar sentuh).



### Kelebihan :

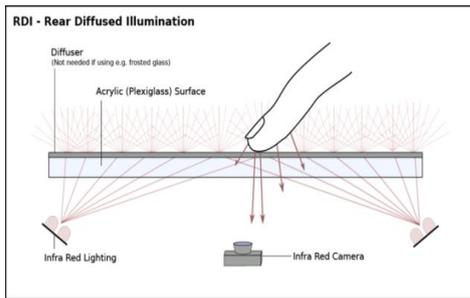
- Tidak memerlukan permukaan khusus, hanya permukaan proyeksi di atas atau bawah
- Dapat menggunakan bahan transparan seperti kaca (tidak hanya akrilik)
- Tidak memerlukan bingkai LED
- Tidak ada proses menyolder (dapat membeli IR Illuminator siap pakai)
- Dapat melacak jari yang melayang
- Tidak memerlukan meja tertutup
- Pengaturan paling sederhana

### Kekurangan :

- Tidak dapat melacak benda
- Sulit untuk mendapatkan iluminasi
- Besar kemungkinan mendeteksi titik palsu
- Sangat dipengaruhi cahaya luar

### Rear Diffused Illumination

(Illuminasi dipancarkan dari bawah permukaan layar sentuh)



#### Kelebihan :

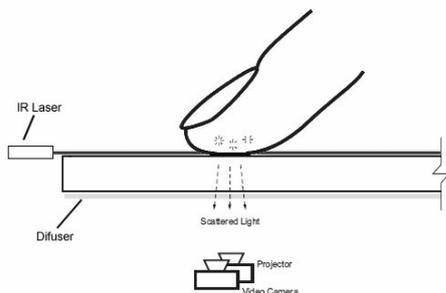
- Tidak memerlukan permukaan khusus, hanya permukaan proyeksi di atas/bawah
- Dapat menggunakan bahan transparan seperti kaca (tidak hanya akrilik)
- Tidak memerlukan LED
- Tidak ada proses menyolder (Anda dapat membeli IR Illuminators siap pakai)
- Dapat melacak objek, jari, benda yang melayang

#### Kekurangan :

- Sulit untuk mendapatkan iluminasi
- Kontras blobs kecil sehingga sulit dideteksi perangkat lunak
- Besar kemungkinan mendeteksi titik palsu akibat menangkap cahaya tampak
- Dibutuhkan meja yang tertutup rapat

### Laser Light Plane (LLP)

Cahaya dari laser inframerah bersinar tepat di atas permukaan. Cahaya inframerah biasanya memiliki tebal pancaran sekitar 1mm dan diposisikan tepat di atas permukaan sehingga saat jari menyentuh, cahaya laser akan dipantulkan ujung jari yang akan terdeteksi sebagai titik inframerah.



#### Kelebihan :

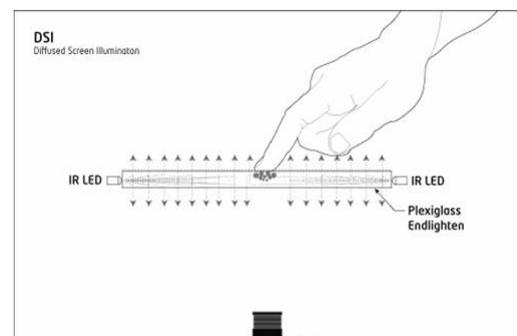
- Tidak memerlukan permukaan khusus
- Dapat menggunakan bahan transparan seperti kaca (tidak hanya akrilik)
- Tidak memerlukan bingkai LED
- Tidak memerlukan meja tertutup
- Pengaturan yang sederhana
- Lebih murah dibanding teknik lainnya

#### Kekurangan :

- Tidak dapat melacak benda
- Tidak terlalu sensitif tekanan (karena intensitas cahaya tidak dipengaruhi tekanan).
- Dapat menyebabkan oklusi jika hanya menggunakan 1 atau 2 laser di mana saat satu jari memantulkan cahaya laser sedangkan jari lainnya tidak mendapat sinar laser sama sekali

### Penyebaran Cahaya Iluminasi di Permukaan (DSI)

DSI menggunakan akrilik khusus untuk mendistribusikan cahaya inframerah merata di seluruh permukaan. Pada dasarnya menggunakan proses yang sama seperti FTIR dengan bingkai LED (permukaan layar sentuhan silikon diperlukan).



#### Kelebihan :

- Tidak memerlukan permukaan khusus
- Dapat dengan mudah diubah antara metode DI (DSI) dan FTIR
- Dapat mendeteksi objek melayang
- Sensitif terhadap tekanan
- Iluminasi jari / objek terdeteksi di seluruh permukaan

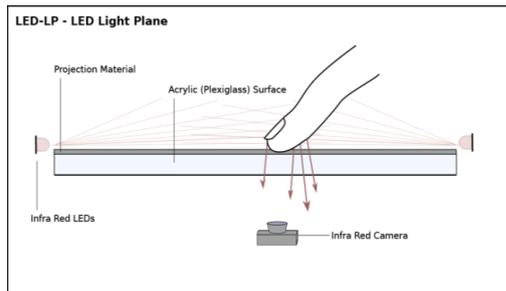
#### Kekurangan :

- biaya akrilik Endlighten lebih mahal dari akrilik biasa (tapi biaya dapat dialihkan karena tidak memerlukan iluminator inframerah)
- Titik memiliki kontras yang lebih rendah dari FTIR dan LLP sehingga sulit dideteksi oleh perangkat lunak
- Kemungkinan adanya perbedaan ukuran dengan objek yang sesungguhnya karena plexiglass (akrilik) memiliki efek softless

### Papan Inframerah LED (LED-LP)

LED-LP adalah metode pencahayaan dengan cara yang sama seperti pada metode FTIR kecuali akrilik yang digunakan untuk meneruskan cahaya inframerah pada FTIR dihilangkan sehingga cahaya inframerah dipancarkan langsung ke seluruh permukaan layar sentuhan. Metode pencahayaan ini sama seperti metode perangkat cahaya Laser (LLP) tetapi menggunakan LED, bukan laser. LED

inframerah ditempatkan di sekeliling permukaan sentuhan dengan posisi lebih tinggi dari permukaan sentuh.



#### Kelebihan :

- Tidak memerlukan permukaan khusus
- Dapat menggunakan bahan transparan seperti kaca (tidak hanya akrilik)
- Tidak memerlukan bingkai LED
- Tidak memerlukan meja tertutup
- Lebih murah dibandingkan dengan teknik lainnya

#### Kekurangan :

- Tidak dapat mendeteksi benda
- Mendeteksi jari yang melayang meski tidak menyentuh permukaan
- Penggunaan untuk permukaan layar yang luas mengakibatkan semakin melemahnya sinar inframerah yang dihasilkan oleh LED

## 2.6 Pengenalan Perangkat Lunak

Pemrograman untuk input *multi touch* telah dikembangkan untuk beberapa bahasa, seperti ActionScript3, Python, C, C++, C#, dan Java.

### Pendeteksian titik sentuhan

Perangkat lunak yang digunakan untuk pendeteksian jari adalah Community Core Vision (CCV). CCV adalah sebuah solusi open sources untuk *ComputerVision* dan teknologi *multi touch*.

CCV menerima masukan gambar dari kamera dan mengubahnya menjadi koordinat titik sentuhan (x,y) yang selanjutnya informasi yang berupa koordinat itu akan dikirimkan melalui paket data, baik itu berupa UDP ataupun TCP. Informasi dari CCV selanjutnya dapat digunakan oleh aplikasi *multi touch* lainnya.

### Metode Gestured

Tujuan utama penelitian sikap *gestured* adalah untuk menciptakan sebuah sistem yang dapat mengidentifikasi gerak tubuh manusia yang spesifik dan menggunakannya untuk menyampaikan informasi kepada perangkat *multi touch*.

Setup *multi touch* harus memberikan kemampuan lebih dari satu user untuk berinteraksi

pada layar dan harus menghasilkan titik-titik objek yang berdiri sendiri juga berkolaborasi. Titik-titik inilah yang akan disampaikan ke aplikasi dan setup sehingga bekerjasama-sama.

## III. METODE

### 3.1 Studi Literatur dan analisis desain perangkat keras

Menganalisis semua bahan dan mempelajarinya. Mendesain sketsa bentuk perangkat keras berdasarkan studi literatur agar nantinya dalam mendesain perangkat keras sudah ada gambaran yang akan dikerjakan dan perbandingan ukurannya.

### 3.2 Mendesain Perangkat keras

Tahapan dalam mendesain perangkat keras yaitu:

#### Membangun rangka meja dan perangkat di dalamnya

- Membangun rangka meja
- Menempatkan posisi kipas (saluran hawa panas keluar)
- Memasang *sound system* yang terpasang langsung di meja (*builtin*)
- Menempatkan posisi proyektor dengan tepat agar menghasilkan gambar yang posisinya tepat di area yang dikehendaki sebagai layar
- Memasang kaca cermin sebagai pemantul hasil keluaran proyektor untuk menghasilkan gambar yang lebih besar untuk memenuhi ukuran layar yang diharapkan
- Membangun rangkaian LED inframerah yang berfungsi sebagai sumber pencahayaan
- Menempatkan komputer
- Menempatkan kamera

#### Memasang layar

- Memasang layar akrilik
- Memasang kaca di atasnya

### 3.3 Mendesain Software

Mendesain *software* yang berfungsi mendeteksi jari-jari menjadi titik-titik objek dan menerjemahkannya sebagai *pointer* mandiri terhadap komputer. Dalam hal ini saya menggunakan *Openframework* dan *OpenCV*.

### 3.4 Membangun Aplikasi

Mendesain aplikasi berbasis *multi touch* yang nantinya akan digunakan untuk menguji coba hasil desain dan keakuratan posisi *pointer* terhadap jari. Aplikasi ini juga akan menunjukkan kelebihan *multi touch* dibanding komputer desktop biasa ataupun komputer *touch* dengan *single* atau *double touch*.

Aplikasi untuk buletin PENS akan didesain agar lebih interaktif. Mahasiswa ikut ambil bagian dalam pengembangannya. Mahasiswa juga didorong untuk berinteraksi dengan buletin, tidak sekadar membaca saja. Teknologi ini juga dapat digunakan banyak mahasiswa secara bersamaan.

#### IV. HASIL PENELITIAN

Berdasarkan uji coba yang dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Kamera sebagai perangkat yang mendeteksi ujung jari umumnya memiliki ukuran lensa standar, sedangkan pada perangkat *multi touch* ini dibutuhkan lensa dengan fokus yang lebih kecil agar mampu menangkap area layar yang luas. Namun demikian, kita dapat memanfaatkan cermin dengan mendeteksi pantulan layar. Pada proyek ini kami menggunakan lensa dengan ukuran fokus 3mm-8mm.
2. Filter cahaya tampak yang digunakan adalah plastik mika. Magnetik disket tidak digunakan karena setelah melakukan uji coba, magnetik disket juga memblokir sinar inframerah sehingga titik sentuhan sama sekali tidak terdeteksi. Untuk hasil yang maksimal harus menggunakan filter cahaya tampak buatan pabrikan karena telah mengalami uji coba dengan tepat.
3. Pencahayaan inframerah dengan menggunakan LED illuminator memiliki kesulitan yaitu sulit ditempatkan di posisi yang tepat untuk menghasilkan titik-titik sentuhan yang baik dan jelas dideteksi oleh kamera.
4. Menggunakan proyektor sebagai perangkat penghasil gambar memang tanpa modifikasi, tetapi proyektor dengan lensa biasa (bukan lensa short throw) akan memberi kendala dalam hal jarak. Proyektor dengan lensa biasa membutuhkan cermin untuk memantulkan gambar ketika ingin menghasilkan gambar yang lebih besar, sedangkan menentukan posisi cermin bukan hal yang mudah. Menggunakan proyektor akan menyebabkan ukuran meja menjadi lebih besar.
5. Layar yang digunakan sebagai media sentuh adalah akrilik yang di atasnya diletakkan kaca. Layar ini dipilih diantara layar lainnya karena mampu menampilkan hasil proyektor dengan baik dan mendeteksi titik sentuhan dengan jelas. Kaca diletakkan di atas akrilik berfungsi juga untuk mencegah goresan-goresan akibat benda tajam.

#### V. KESIMPULAN

Setelah melakukan perencanaan dan pembuatan sistem serta melakukan analisis terhadap hasilnya, maka kesimpulan yang dapat diambil dari sistem yang telah dibangun adalah:

1. Penggunaan media *multi touch* pada bulletin PENS menunjukkan bahwa teknologi *multi touch* memberikan perubahan besar dalam hal kenyamanan, interaktif dan menarik.
2. Buletin pens dengan teknologi *multi touch* memberi peluang ide kreatif untuk diaplikasikan di dalamnya dengan berbagai program animasi dan yang lain.

3. Pembuatan perangkat dengan menggunakan teknologi *multi touch* tidak serumit yang dibayangkan.

#### SARAN

- 1) Dalam penyempurnaan penggunaan komputer *multi touch* ini untuk berbagai keperluan, masih banyak pengembangan yang perlu dilakukan terutama untuk aplikasi. Kami menerima saran untuk membuat komputer ini dapat digunakan untuk berbagai keperluan
- 2) Pengaplikasian lapisan layar yang masih kurang rapi menimbulkan *error* titik-titik sentuhan
- 3) Penggunaan LCD lebih disarankan untuk membuat perangkat komputer *multi touch* lebih ringan dan kecil.
- 4) Untuk di masa yang akan datang penggunaan komputer *multi touch* ini dapat digunakan untuk banyak keperluan, seperti : dapat digunakan untuk tampilan pada pameran, buku menu restoran, katalog museum, katalog perpustakaan bahkan dapat digunakan sebagai pengganti papan tulis.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Brey, Mohammed Asief. 2007. *Project Report The Segmentation and Tracking of Individuals in an Indoor Video Surveillance Environment*. Department of Computer Science, University of Cape Town
2. Seikh, Yaser, Omar Jafed, Takeho Kanade. *Background Substraction for Freely Moving Cameras*. Robotic Institut, Carnegie Mellon University
3. Open Source Computer Vision Library, *Reference Manual*. 2001
4. Bradski, Gery, Adrian Kaehler. 2008. *Learning OpenCV*. OREILLY
5. Ahmed, S. M Hassan, Todd C Alexander, Georgios C Anagnostopoulos. *Real Time, Static and Dynamic Hand Gesture Recognition for Human Computer Interaction*
6. Schmidt, Dominic. 2010. *Design and Realization of An Interactif Multitouch Table*. Lancaster University
7. Young, Ian T, Jan J Gerbrands, Lucas J. van Vliet. *Fundamentals of Image Processing*
8. Sastre, Angel. 2002. *Fingertip Tracking for Non Contact Music Interface*
9. Perino, Nicolo. *Technologies and Architectures for Multitouch Interaction*. University of Lugano
10. Veen, Harry Van Der. 2007. *FTIR Multitouch Display How to Guide*
11. KA, Alikutty. 2008. *A Seminar Report Multitouch*. Cochin University of Science Technology
12. Malik, Shahzad. 2007. *An Exploration of Multi Fingers Interaction on Multitouch Surface*. University of Toronto
13. Schoning Johannes, Peter Brandl, Florian Daiber, Florian Echtler, Otmar Hilliges, Jonathan Hook, Markus Lochtefeld, Nima Motamedi, Laurence Muller, Patrick Olivier, Tim Roth, Ulrich von Zadow. *Multi-Touch Surface: A Technical Guide*
14. Muller, L Y L. 2008. *Multi-Touch Displays: Design, Applications and Performance Evaluation*
15. Janis, Sean Patrick. 2010. *Interactive Natural User Interface*. Rochester Institute of Technology
16. Radle Roman. 2010. *Squidy A Zoomable Design Environment for Natural User Interfaces*. University of Konstanz
17. Gorman Mike, Tessa Quinn, David Farnsworth, Matthew Walker, Keith Taylor. 2010. *Multi-Touch Surface Computing*
18. Group Nui. 2009. *Multi-Touch Technologies*