

USB GRAPHICS TABLET MENGGUNAKAN SENSOR HALL EFFECT

Billy Lukmaryo¹⁾, Hartono Pranjoto²⁾
E-mail: tkhnoman@gmail.com

ABSTRAK

Graphics tablet adalah salah satu jenis pointing device yang berbentuk seperti pena sebagai pointer dan sebuah pad. Graphics tablet banyak digunakan oleh digital artist sebagai pengganti mouse karena lebih ergonomis, menyerupai sebuah pena, dan dapat menambah kecepatan dalam menggambar.

Hal penting yang perlu diperhatikan adalah cara penentuan koordinat pada pad karena koordinat tersebut adalah data yang dipahami oleh komputer untuk menentukan letak kursor di layar komputer. Salah satu cara untuk menentukan posisi pena adalah dengan menggunakan sebuah magnet yang dibentuk seperti pena dan sensor hall effect pada pad yang berfungsi untuk menentukan posisi pena. Sensor hall effect adalah sebuah perangkat untuk mendeteksi besarnya perubahan medan magnet.

Koneksi antara komputer dengan device eksternal lain pada saat ini kebanyakan menggunakan koneksi USB dan sering kali koneksi ini adalah satu-satunya koneksi yang terdapat pada komputer. Oleh karena itu, maka peralatan yang dirancang menggunakan koneksi USB dalam melakukan pengiriman data ke komputer. Alat USB graphics tablet yang dirancang memiliki fungsi yang sama dengan graphics tablet pada umumnya, namun menggunakan sebuah magnet dan sensor hall effect.

Alat yang dirancang terdiri dari pad yang memiliki sensor hall effect dan pena. Mikrokontroler yang ada digunakan untuk menentukan koordinat, dan kemudian mengirimkan data dengan koneksi USB ke komputer.

Kata kunci: *hall effect, pointing device, graphics tablet, USB, mikrokontroler, digital artist*

PENDAHULUAN

Digital art adalah salah satu media untuk membentuk sebuah gambar dengan bantuan komputer. Dalam pembuatan gambar menggunakan digital art, tiap ilustrator bekerja baik dengan menggunakan mouse maupun graphics tablet. Di tahun 1989, telah dibuktikan bahwa penggunaan mouse dapat menyebabkan cedera pada tangan jika digunakan terus menerus dalam waktu yang lama^[1]. Penggunaan graphics tablet memiliki keuntungan karena dapat langsung menggerakkan mouse pada koordinat tertentu yang diinginkan. Selain itu, graphics tablet juga memiliki tingkat tekanan layaknya menggambar dengan media tradisional, sehingga seorang ilustrator dapat memproses gambarnya lebih cepat daripada menggunakan mouse. Kendala yang muncul adalah bagaimana menentukan koordinat dengan sebuah pointer yang khusus. Oleh karena itu dengan perancangan “USB Graphics Tablet Menggunakan Sensor Hall Effect” ini diharapkan dapat memanfaatkan sensor hall effect sebagai penentu koordinat dengan tepat.

Masalah-masalah yang muncul dalam pengerjaan alat adalah sebagai berikut:

1. Menentukan koordinat kursor dengan menggunakan sensor hall effect pada graphics tablet;
2. Membentuk sebuah alat yang dapat terdeteksi secara langsung sebagai Human Interface Device USB pada komputer.

Agar program ini lebih spesifik dan terarah, maka pembahasan masalah dalam program ini memiliki batasan-batasan sebagai berikut:

1. Menggunakan catu daya dari USB port di computer;
2. Vendor ID (VID) dan Product ID yang digunakan dalam Human Interface Device adalah John Hyde's VID^[2], yaitu VID yang digunakan sebagai tujuan penelitian bagi mahasiswa;
3. Sistem operasi pada komputer yang digunakan untuk mendeteksi HID-USB adalah Microsoft Windows XP atau tingkat di atasnya.

Tujuan dari program ini adalah:

1. Memahami cara kerja sensor hall effect dan mengimplementasikan sensor tersebut dalam penentuan koordinat;
2. Memahami dan merancang sebuah Human Interface Device-USB sebagai pengganti mouse, yaitu alat berupa graphics tablet yang menggunakan hall effect sensor sebagai penentu koordinat.

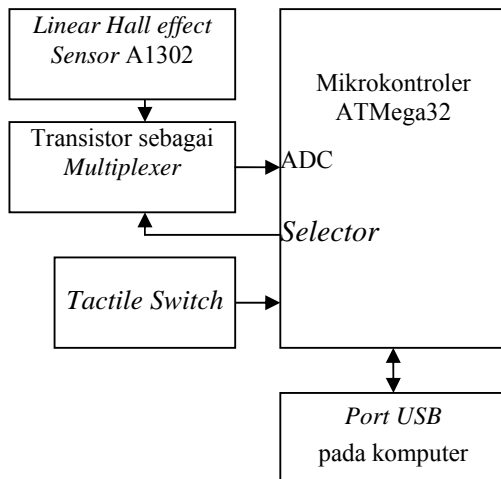
TINJAUAN PUSTAKA

Sistem yang dibentuk sebisa mungkin didesain agar menyerupai graphics tablet pada umumnya, namun sistem akan memanfaatkan peristiwa hall effect untuk menentukan koordinat magnet sebagai pointer. Salah satu alternatif untuk mendeteksi peristiwa hall effect adalah dengan menggunakan sensor hall effect

¹⁾ Mahasiswa di Fakultas Teknik Jurusan Teknik Elektro Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

²⁾ Staf Pengajar di Fakultas Teknik Jurusan Teknik Elektro Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

linier A1302. Sinyal berupa tegangan *analog* dari sensor *hall effect* linier A1302 kemudian dilewatkan pada sebuah transistor sebagai *multiplexer* sebelum dibaca oleh ADC internal pada mikrokontroler *ATMega32*. Transistor tersebut berperan sebagai *switch* yang hubungannya diatur oleh *ATMega32*. *ATMega32* kemudian akan menentukan koordinat dari hasil sinyal pada sensor *hall effect* linier A1302, dan mengirimkannya kepada *port Universal Serial Bus (USB)* pada komputer sebagai data dengan *Human Interface Device (HID) Class*. Koneksi untuk *USB HID* antara mikrokontroler *ATmega32* dengan komputer menggunakan *V-USB* sebagai *driver*. Selain itu, diberikan tambahan *tactile switch* yang digunakan sebagai tombol *keyboard shortcut* pada *graphics tablet*. Pada Gambar 1 disajikan diagram blok secara sederhana untuk *USB Graphics tablet* menggunakan sensor *Hall effect Sensor*.



Gambar 1. Diagram Blok *USB Graphics Tablet*

Graphics tablet adalah sebuah peralatan *input* ke komputer yang fungsinya adalah sebagai *pointing device* yaitu menggerakkan kursor layaknya *mouse*. Perbedaan utama antara *mouse* dan *graphics tablet* adalah *mouse* memberikan perubahan kursor secara relatif, sedangkan *graphics tablet* memberikan perubahan kursor secara absolut, atau langsung kepada titik koordinat yang dituju.

Graphics tablet terdiri dari pena sebagai *pointer*, dan *pad* yang berfungsi untuk menangkap letak dari *pointer*. Hal yang membuat *graphics tablet* berbeda dari *touch-screen* atau *touch-pad* adalah bahwa *graphics tablet* dapat menentukan letak posisi pena meskipun pena tidak menyentuh *pad*. Fungsi tambahan lain yang memberikan keunggulan adalah karena pena pada *graphics tablet* akan

berperan seperti pena yang menghasilkan ketebalan coretan yang berbeda saat diberi tekanan yang berbeda. Beberapa *graphics tablet* juga mampu untuk mendeteksi tingkat kemiringan dari pena.

Beberapa contoh dari *graphics tablet* adalah sebagai berikut:

- *Passive tablet*, menggunakan kabel-kabel yang tersusun bertumpuk secara horizontal dan vertikal, namun tidak bersentuhan. Kabel-kabel tersebut berfungsi sebagai pengirim dan penerima. Untuk menentukan koordinat pena, kabel-kabel pada *pad* akan mengirimkan sinyal elektromagnetik yang kemudian akan diterima oleh rangkaian *LC* pada pena. Kabel-kabel kemudian berganti peran menjadi penerima, dan menerima sinyal yang dikirimkan kembali oleh rangkaian *LC*;
- *Active tablet*, hampir sama dengan *passive tablet*, yaitu menggunakan kabel-kabel pada *pad* dan sinyal elektromagnetik untuk menentukan koordinat. Perbedaannya adalah pada pena akan terdapat sumber tegangan, karena itu *pad* hanya akan menjadi penerima saja, dan keuntungan dari hal ini adalah mengurangi adanya *jitter* pada penentuan koordinat;
- *Optical tablet*, menggunakan kamera kecil yang akan mendeteksi pola pada gambar di atas kertas. Pola tersebut harus tidak sama untuk masing-masing titik koordinat;
- *Acoustic tablet*, menggunakan sebuah pembangkit suara pada pena dan beberapa *microphone* pada *pad*. Penentuan koordinat dilakukan dengan perbedaan waktu sampainya suara pada *microphone*. Kelemahan utama dari *acoustic tablet* adalah adanya suara dari luar yang dapat mengganggu pengambilan data oleh *microphone* karena dianggap sebagai *noise*.

Sampai saat ini masih belum terlihat adanya produk komersial *graphics tablet* yang menggunakan sensor *hall effect* sebagai penentu koordinat. Proyek lain yang mirip dan pernah dibuat adalah *USB magnetic mouse* yang dirancang oleh Abby Drawing dan Yiyin Scratching, mahasiswa dari Universitas Cornell.

Mikrokontroler *ATMega32*

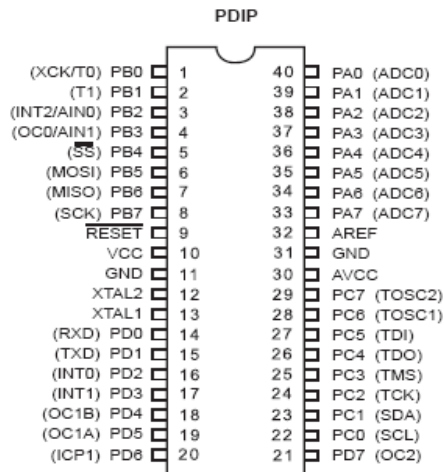
ATMega32 adalah salah satu varian dari mikrokontroler produksi Atmel yang merupakan 8-bit *AVR RISC*. *ATMega32* memiliki 32K *Byte In-System Self-programmable flash program memory*, 2K *Byte Internal SRAM*, dan 1024 *Bytes EEPROM*.

ATMega32 mampu beroperasi hingga kecepatan frekuensi 16 MHz. Untuk beroperasi, ATMega32 membutuhkan tegangan suplai sebesar +5 V. ATMega32 dilengkapi 32 pin I/O yang terbagi dalam 4 port, yaitu Port A, B, C, dan D.

Feature lain yang terdapat pada ATMega32 adalah sebagai berikut:

- 2 buah timer/counter 8-bit, 1 buah timer/counter 16-bit;
- Real Time Counter dengan osilator terpisah
- 4 channel PWM;
- 8 channel 10-bit ADC;
- Two-Wire Serial Interface (TWI);
- Universal Synchronous and Asynchronous serial Receiver and Transmitter (USART);
- Serial Peripheral Interface (SPI);
- Watchdog timer;
- Komparator analog.

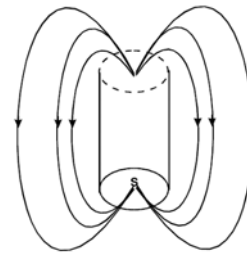
Gambar konstruksi pin untuk ATMega32 disajikan pada Gambar 2 sebagai berikut.



Gambar 2. Konstruksi Pin ATMega32^[3]

Magnet

Daerah di sekitar magnet memiliki sebuah medan yang dinamakan medan magnet. Medan magnet tidak dapat dibaca oleh kelima indra manusia, namun memiliki gaya misalnya: untuk menarik benda yang bersifat ferromagnetic, dan juga mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Gaya fisik yang dikeluarkan oleh magnet ini dapat digambarkan sebagai garis-garis fluks yang berasal dari kutub utara dan berakhir pada kutub selatan, sebagaimana disajikan pada Gambar 3. Kepadatan dari fluks tersebut digunakan untuk mengukur medan magnet yang ada pada daerah tersebut. Satuan dari medan magnet adalah weber/meter² dan tesla dalam SI, atau gauss dalam CGS.

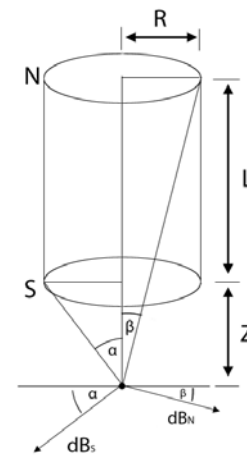


Gambar 3. Garis-garis Fluks Magnet^[4]

Medan magnet yang dihasilkan oleh sebuah magnet tergantung pada besar magnet, bentuk, letak kutub utara dan kutub selatan, material, dan juga berbagai macam hal lain yang terdapat pada area medan magnet tersebut.

Persamaan (1) adalah persamaan untuk menghitung medan magnet pada magnet berbentuk silinder dengan suatu jarak tertentu, dan gambar untuk memperjelas persamaan ini disajikan pada Gambar 4.

$$B = \frac{Br}{2} \left(\frac{Z+L}{\sqrt{(Z+L)^2 + R^2}} - \frac{Z}{\sqrt{Z^2 + R^2}} \right) \quad (1)$$



Gambar 4. Faktor Kekuatan Medan Magnet Silinder

Dalam persamaan (1) B adalah medan magnet (gauss), Br adalah residual flux density yang tergantung pada material magnet yang digunakan, Z adalah jarak magnet dengan sensor (cm), L adalah panjang magnet (cm), dan R adalah jari-jari magnet (cm). Perlu juga diperhatikan bahwa persamaan ini tidak berlaku untuk magnet dengan bahan Alnico (Aluminium Nickel Cobalt).

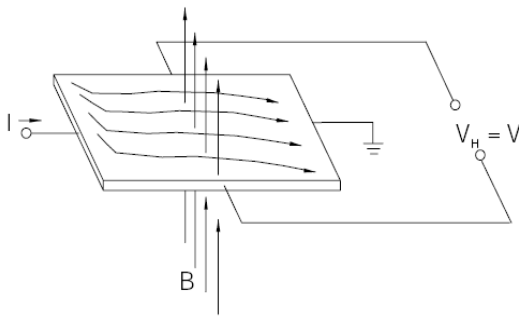
Material dari magnet akan berpengaruh kepada kekuatan dari medan magnet. Selain itu, cara pembentukan dari magnet dan tingkat kemurnian (grade) magnet tersebut juga akan mempengaruhi kekuatan medan magnet. Perbandingan nilai Br dari beberapa material disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan Nilai *Br* Dari Beberapa Jenis Material Magnet^[5]

Material	Residual Flux Density(<i>Br</i>)	<i>Br/Tc</i>
Cast Alnico	5500 – 13500	0,02%/°C
Sintered Alnico	6000 – 10800	0,02%/°C
Ceramic	3450 – 4100	0,2%/°C
Samarium Cobalt	8800 – 11000	0,035%/°C
Iron-Chrome Cobalt	9000 – 13500	0,02%/°C
Neodymium Iron Boron	10500 – 14000	0,13%/°C

Hall Effect dan Sensor Hall Effect Linier A1302

Saat elektron-elektron bergerak pada sebuah konduktor/semikonduktor dan terkena medan magnet yang arahnya tegak lurus dengan arah elektron, maka timbul beda tegangan yang letaknya tegak lurus dengan arah elektron dan arah medan magnet. Peristiwa ini ditemukan oleh Edwin Helbert Hall pada tahun 1879^[6]. Gambar untuk menjelaskan peristiwa *hall effect* ini disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Peristiwa *Hall Effect*^[4]

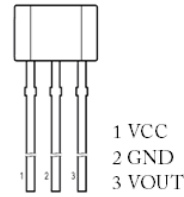
Besar dari tegangan juga tergantung pada kekuatan konduktor/semikonduktor untuk menyalurkan muatan. Perhitungan untuk *hall effect* disajikan pada persamaan 2.

$$n_s = IB/q|V_H| \tag{2}$$

dengan n_s adalah kekuatan konduktor/semikonduktor untuk menyalurkan muatan, I adalah besar arus (A), B adalah medan magnet (Gauss), q adalah muatan dasar ($1,602 \times 10^{-19}$ C), dan V_H adalah tegangan *hall effect* (V).

Sensor *hall effect* linier A1302 adalah sensor yang memberikan tegangan *output* sesuai dengan medan magnet mengenai sensor. Konstruksi pin untuk A1302 disajikan pada Gambar 6.

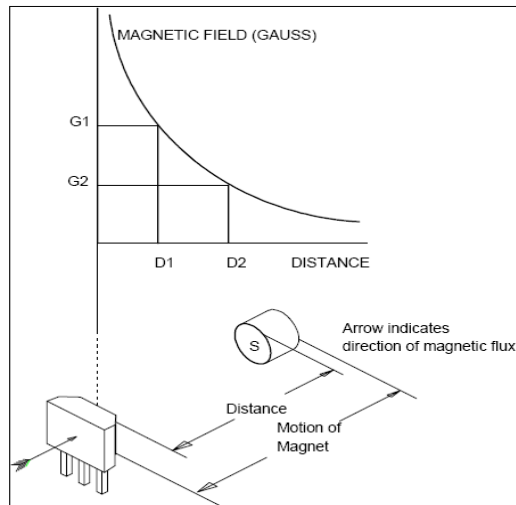
Sensor ini memiliki keluaran tegangan sebesar 50% dari sumber tegangan saat tidak ada medan magnet yang diterima ($B=0$). Jika sumber tegangan untuk sensor ini adalah



Gambar 6. Konstruksi Pin Sensor *Hall Effect* Sensor A1302^[7]

sebesar 5 V, maka besar keluaran saat tidak ada medan magnet adalah 2,5 V. Tingkat resolusi dari sensor *hall effect* A1302 adalah sebesar 1,3 mV/Gauss saat beroperasi pada suhu 25°C. Pada saat ada pertambahan tegangan berarti medan magnet yang terdeteksi oleh sensor adalah medan magnet dengan kutub selatan, sedangkan pada saat ada pengurangan tegangan berarti medan magnet yang terdeteksi oleh sensor adalah medan magnet dengan kutub utara.

Perlu juga diperhatikan bahwa kelinieran sensor adalah terhadap gauss pada magnet, bukan terhadap jarak dengan magnet, oleh karena itu hasil dari pengukuran dengan jarak tidak akan menjadi linier. Pada Gambar 7 disajikan grafik perbandingan jarak magnet yang digeser secara vertikal terhadap sensor *hall effect* dengan gauss yang diterima.



Gambar 7. Grafik Perbandingan Jarak Magnet yang Digeser Secara Vertikal Terhadap Sensor *Hall Effect* Dengan Gauss yang Diterima

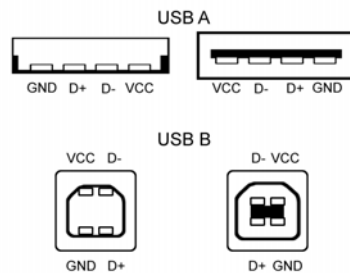
Low-speed USB

Universal Serial Bus (USB) adalah sebuah arsitektur komunikasi yang memperbolehkan sebuah komputer untuk berinterkoneksi dengan berbagai macam peralatan hanya dengan menggunakan sebuah kabel *fourwire*. Spesifikasi *low-speed USB*

diperkenalkan pertama kali pada bulan September 1998, dan memiliki kecepatan sebesar 1,5 Mbit/s (~183 KB/s). *Low-speed USB* dan sering kali digunakan untuk hubungan dengan *Human Interface Device (HID)* seperti *keyboard*, *mouse*, dan *joystick*.

Koneksi maksimum yang bisa digunakan oleh *USB* secara teori adalah sebanyak 127 buah, dengan koneksi *pipe* aktif sebanyak 32 buah, yaitu *in pipe* sebanyak 16 buah dan *out pipe* sebanyak 16 buah. Isi data yang dikirimkan pada D+ dan D- bernilai sama, hanya berbeda pada polaritasnya saja. Penambahan pin D- difungsikan untuk menghilangkan emisi elektromagnetik dari data yang ditransfer terhadap hubungan catu daya atau *device* lain yang mungkin berada di sekitar kabel *USB*, dan menambah ketelitian dalam pengiriman data.

Dua macam konfigurasi pin yang sering digunakan adalah *USB standard-A* dan *USB standard-B*. *USB standard-A* biasa digunakan pada *host*, sedangkan *USB standard-B* biasa digunakan pada peralatan yang berfungsi sebagai klien. Gambar konfigurasi pin untuk *USB* disajikan pada Gambar 8.



Gambar 8. Konfigurasi Pin *USB*

Tegangan normal untuk VCC adalah sebesar +5 V, sedangkan tegangan normal logika 1 untuk D+ dan D- adalah +3,3 V. Toleransi untuk tegangan D+ dan D- adalah antara 2,6 sampai 3,6 V. Perlu juga ditambahkan *current limiter*, atau resistor yang dipasang seri pada D+ dan D-. Resistor *pull-up* sebesar 1,5 K Ω perlu ditambahkan pada jalur D- untuk menunjukkan bahwa peralatan yang terpasang menggunakan koneksi *Low-speed USB*.

Human Interface Device (HID) Class

Human Interface Device (HID) class adalah sebuah kelas pada peralatan *USB* yang terdiri dari peralatan yang digunakan oleh manusia untuk mengontrol operasi pada komputer. Contoh-contoh dari *HID class* adalah sebagai berikut:

- *Keyboard* dan *pointing device*, misalnya: *mouse* standar, *trackball*, dan *joystick*;
- *Front-panel control*, misalnya adalah: *knob*, *switch*, *button*, dan *slider*;
- Kontrol-kontrol lain yang mungkin ditemukan pada peralatan lain seperti telepon, *remote* kontrol *VCR*, *game*, dan *simulation device*, misalnya adalah: *data glove*, *throttle*, *steering wheel*, dan *rudder pedal*;
- Peralatan yang tidak membutuhkan hubungan langsung dengan manusia, tetapi memiliki format pengiriman data sesuai dengan *HID class*, misalnya adalah: *bar-code reader*, termometer, dan voltmeter.

Komunikasi yang digunakan antara *HID class driver* dengan *HID class device* menggunakan *control pipe* dan *interrupt pipe*.

Control pipe tersebut digunakan untuk:

- Menerima dan merespon *request* untuk *USB control* dan data mengenai *HID class*;
- Mengirimkan data saat dilakukan *poll* oleh *HID class driver*;
- Menerima data dari *host*.

Interrupt pipe digunakan untuk:

- Menerima data *asynchronous* dari *HID class device*;
- Mengirimkan *low latency data* ke *HID class device*.

Penggunaan *interrupt out pipe* dapat dipilih untuk digunakan atau tidak. Jika sebuah *HID class device* mendeklarasikan *endpoint*, maka *output report* akan dikirimkan oleh *host* pada peralatan menggunakan *interrupt out pipe*.

Informasi mengenai sebuah peralatan *USB* tersimpan pada bagian dari *ROM (read-only memory)*, bagian ini biasanya disebut sebagai *descriptor*. *Descriptor* sendiri biasanya berisi data mengenai panjang dari *descriptor*, jenis *HID*, tipe kelas, bahasa yang digunakan, dan juga panjang dari *report descriptor*.

Saat sebuah *HID class device* pertama kali terpasang pada komputer, maka komputer sebagai *host* akan meminta *VID* dan *PID* dari peralatan tersebut. Jika *VID* dan *PID* tidak terdaftar pada komputer tersebut, maka komputer akan meminta *HID report descriptor* untuk dikirimkan dan komputer akan menyesuaikan *HID class device* tersebut dengan *HID class driver* yang cocok. Jika *VID* dan *PID* sudah terdaftar, maka instalasi *driver* tidak perlu dilakukan, dan *device* yang terpasang dapat langsung dipakai.

V-USB

V-USB adalah implementasi secara *software* untuk mikrokontroler Atmel AVR®

agar dapat membentuk hubungan *USB* tanpa membutuhkan adanya tambahan *chip* lain. Lisensi untuk *V-USB* adalah *GNU General Public License*, atau dapat juga dilisensi secara komersial sebagai alternatif lain. *Feature* dari *V-USB* antara lain adalah sebagai berikut:

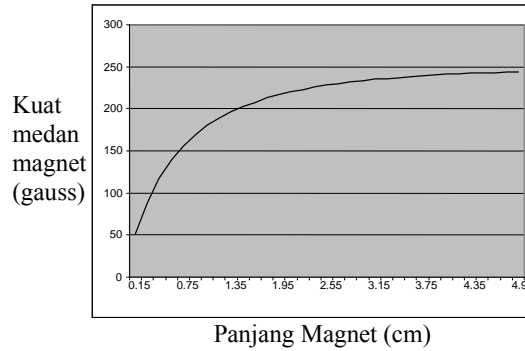
- Secara keseluruhan menyerupai *USB 1.1 low speed device*, tetapi tidak untuk penanganan *error* pada komunikasi dan spesifikasi secara elektrikal;
- Mendukung *multiple endpoints: one control endpoint, two interrupt/bulk-in endpoints*, dan dapat sampai menerima 7 *interrupt/bulk-out endpoint*. (*Bulk endpoints* dilarang untuk *low speed devices* oleh standar *USB*);
- Ukuran transfer dapat mencapai 254 bit secara *default*;
- Terdapat *USB identifiers (Vendor-ID dan Product-ID)* yang dapat digunakan secara bebas (dengan tujuan penelitian);
- Dapat bekerja pada mikrokontroler *AVR* apapun dengan setidaknya memori program (*flash*) sebesar 2 KB (menggunakan hanya 1150 sampai 1400 bit saja), memori data (*RAM*) sebesar 128 bit, dan *clock rate* minimal 12 MHz;
- Hanya membutuhkan sebuah pin untuk *interrupt* saja. Tidak diperlukan fungsi lain seperti: *UART, timer, input capture unit*, atau fungsi khusus pada *hardware* lainnya;
- Dapat diberi *clock* dengan *crystal* sebesar 12, 15, 16, atau 20 MHz. Dapat juga menggunakan 12,8 atau 16,5 MHz dari *internal RC oscillator*;
- Program ditulis dalam bahasa C, dan terdapat keterangan-keterangan yang jelas.

METODE PENELITIAN

Pemilihan Magnet

Oleh karena dibutuhkan magnet dengan *residual flux density* yang tinggi, maka magnet yang dipilih adalah magnet Neodymium-Iron-Boron dengan *residual flux density (Br)* diketahui sebesar 12500, berbentuk silinder dengan ukuran jari-jari (*R*) 0,635 cm dan panjang (*L₀*) 0,15 cm.

Dari persamaan 1, diketahui bahwa panjang magnet (*L*) akan berpengaruh terhadap kekuatan medan magnet, oleh karena itu penambahan panjang dengan cara penumpukan magnet bisa dilakukan. Apabila jarak magnet terhadap sensor *hall effect (Z)* ditetapkan yaitu pada jarak 1 cm, maka perbandingan antara gauss (*B*) dan panjang magnet (*L*) dapat disajikan pada Gambar 9.

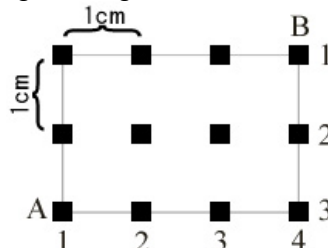


Gambar 9. Hubungan Panjang Magnet Terhadap Kuat Medan Magnet

Dari Gambar 9, dapat diketahui bahwa perubahan panjang tidak akan berpengaruh besar di atas panjang tertentu. Dengan pertimbangan yang didasarkan pada Gambar 9 dan pertimbangan desain fisik untuk pena, maka dipilih magnet dengan panjang (*L*) 2,55 cm, yaitu dengan 17 buah magnet yang ditumpuk.

Penyusunan Sensor Hall Effect

Sensor hall effect yang akan digunakan berjumlah 12 buah yang disusun dalam baris dan kolom berukuran 4 × 3 dengan jarak antara sensor secara horizontal dan vertikal adalah 1 cm, dengan demikian ukuran dari *pad* yang akan terbentuk adalah 3 cm × 2 cm. Ukuran ini diambil untuk menyesuaikan ukuran layar *widescreen* pada *monitor*, yaitu layar dengan perbandingan 16:10. Pada Gambar 10 disajikan cara penyusunan untuk 12 buah sensor *hall effect* yang akan digunakan.

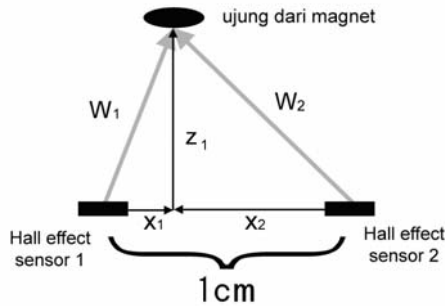


Gambar 10. Penyusunan Sensor Hall Effect

Penentuan Koordinat

Dalam menentukan koordinat, yang perlu dilakukan pertama kali adalah mengambil nilai *ADC* dari seluruh sensor *hall effect* dan mengkonversi nilai tersebut dengan menggunakan *look-up table* menjadi jarak antar magnet ke sensor *hall effect (W)*. Hal yang kemudian dilakukan adalah mengambil lokasi sensor *hall effect* yang memiliki jarak magnet dan sensor *hall effect (W)* terkecil, jika dibandingkan dengan jarak magnet dengan sensor *hall effect (W)* lainnya. Setelah

didapatkan lokasi di mana magnet paling dekat dengan sensor *hall effect*, maka kejadian ini dapat digambarkan sebagaimana disajikan pada Gambar 11.



Gambar 11. Penentuan Koordinat Antara Dua Titik

Dari Gambar 11, data yang perlu dicari adalah X_1 , sedangkan data yang diketahui dari ADC adalah W_1 dan W_2 . Diketahui juga bahwa $X_1 + X_2 = 1$. Dengan menggunakan dalil Pythagoras, maka penyelesaian untuk perhitungan ini disajikan pada persamaan 3.

$$\begin{aligned} W_1^2 &= X_1^2 + Z_1^2 & W_2^2 &= X_2^2 + Z_1^2 \\ Z_1^2 &= W_1^2 - X_1^2 & X_2^2 &= W_2^2 - Z_1^2 \\ X_2^2 &= W_2^2 - (W_1^2 - X_1^2) \\ X_2^2 - X_1^2 &= W_2^2 - W_1^2 \\ (X_2 + X_1)(X_2 - X_1) &= W_2^2 - W_1^2 \\ 1 \cdot ((1 - X_1) - X_1) &= W_2^2 - W_1^2 \\ 1 - 2X_1 &= W_2^2 - W_1^2 \end{aligned}$$

$$X_1 = \frac{1 - (W_2^2 - W_1^2)}{2}$$

$$X_1 = \frac{1 - (W_2 + W_1)(W_2 - W_1)}{2} \quad (3)$$

Untuk perhitungan $(W_2^2 - W_1^2)$ dijabarkan karena perhitungan akan digunakan dalam mikrokontroler, di mana proses perkalian akan membutuhkan waktu lebih lama daripada penjumlahan dan pengurangan.

Setelah didapatkan nilai X_1 , maka yang dilakukan kemudian adalah menghitung koordinat X keseluruhan dengan menambahkan nilai X_1 kepada nilai lokasi sensor *hall effect* 1. Dengan melihat Gambar 11, maka koordinat X dapat dihitung menggunakan persamaan 4.

$$X_{COORD} = (A-1) + X_1 \quad (4)$$

Jika X_2 lebih kecil daripada X_1 , maka nilai X_2 dapat diambil dengan menukar posisi W_1 dan W_2 pada persamaan 3, dan hasil koordinat keseluruhan adalah pengurangan nilai lokasi sensor *hall effect* 2 dengan nilai X_2 . Persamaan 3 dan 4 dapat juga digunakan untuk menentukan koordinat Y.

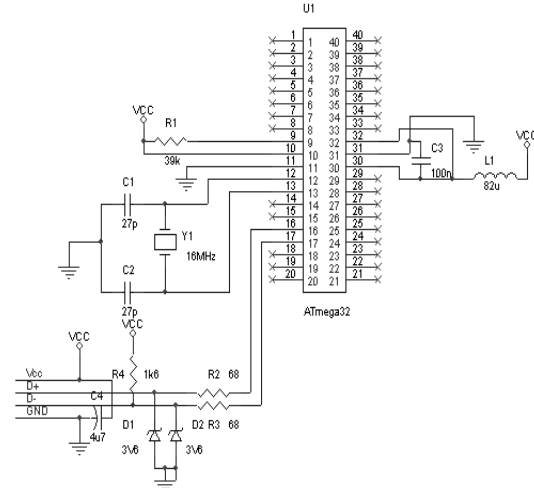
Perancangan Hardware

Untuk menggunakan koneksi USB, dibutuhkan nilai tegangan sebesar 3,3 V, karena

itu ditambahkan dioda zener sebesar 3V6 pada pin D+ dan D- untuk menurunkan tegangan. Dioda zener 3V6 dipilih sebagai pengganti dioda zener 3V3 mengingat tegangan maksimum untuk data USB adalah sebesar 3,6 V dan juga sebagai antisipasi apabila terjadi *drop* pada tegangan. Selain itu, perlu ditambahkan resistor *pull-up* sebesar 1,5 K Ω pada D- untuk menunjukkan bahwa peralatan tersebut menggunakan spesifikasi *low-speed* USB. Resistor sebesar 68 Ω juga perlu ditambahkan untuk membatasi arus pada D+ dan D-, sesuai dengan spesifikasi *low-speed* USB.

Mikrokontroler yang digunakan adalah *ATMega32* dengan osilator kristal sebesar 16 MHZ, maka rangkaian untuk koneksi USB tersebut dapat disajikan pada Gambar 12.

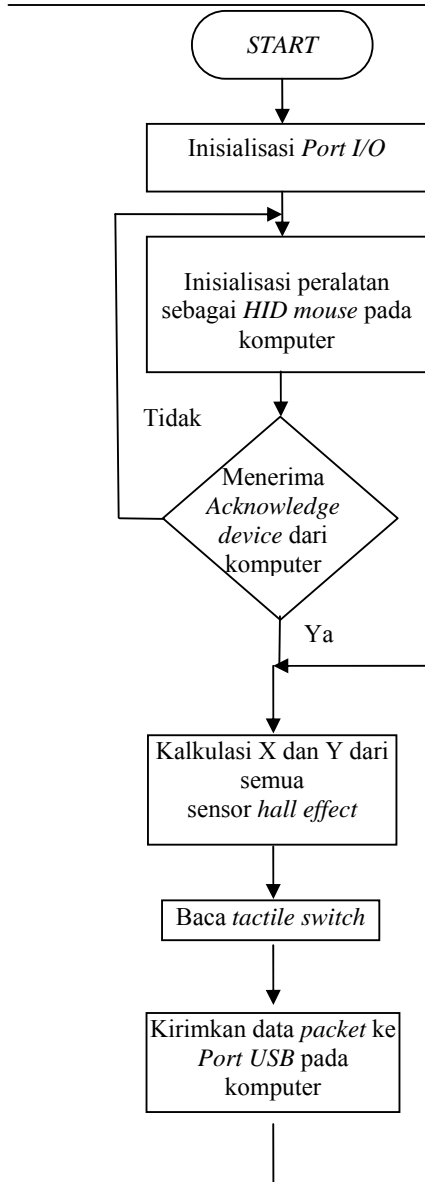
Gambar 12 juga sesuai dengan ketentuan yang diberikan pada *driver V-USB*^[8], yaitu gambar koneksi rangkaian mikrokontroler Atmel ke komputer menggunakan bantuan dioda zener sebagai penurun tegangan. Rangkaian ini dipilih karena memiliki keuntungan yaitu sumber tegangan untuk mikrokontroler dapat diambil dari *port* USB, atau dengan kata lain tanpa sumber tegangan lainnya.



Gambar 12. Rangkaian Koneksi *Low-Speed* USB

Perancangan Software

Bahasa pemrograman yang digunakan adalah bahasa C, dengan *WinAVR* sebagai *compiler*. Pembagian penyusunan program dibagi berdasarkan fungsi masing-masing yaitu penentuan koordinat, dan pengiriman data ke *port* USB sebagai *HID*. Diagram alir prinsip kerja *USB graphics tablet* menggunakan sensor *hall effect* disajikan pada Gambar 13.



Gambar 13. Diagram Alir Prinsip Kerja Graphics Tablet Menggunakan Sensor Hall Effect

Pada Gambar 13 ditunjukkan bahwa program diawali dengan inisialisasi port I/O, dan juga inisialisasi peralatan sebagai *HID mouse*. Jika alat tidak menerima *acknowledge device* dari komputer, maka alat akan mengirim inisialisasi peralatan sebagai *HID mouse* terus-menerus. Setelah alat diterima sebagai *HID mouse*, maka perhitungan koordinat akan dilakukan, kemudian pembacaan *tactile switch* dan diikuti dengan pengiriman data *packet* ke port USB pada komputer. Program kemudian kembali kepada penentuan/perhitungan koordinat.

Perancangan Software Untuk Penentuan Koordinat

Perancangan *software* untuk menentukan koordinat X menggunakan persamaan 2 yang telah dihitung sebelumnya. Jika diubah menjadi *software*, maka perhitungan tersebut dapat dituliskan seperti berikut:

```
temp = (((unsigned long)cres[y][x-1]+(unsigned long)cres[y][x]) * ((unsigned long)cres[y][x-1]- (unsigned long)cres[y][x]))/100;
```

Pembagian dengan 100 dilakukan karena hasil perhitungan tersebut adalah 10 000 kali dari hasil asli, dengan demikian, hasil dari perhitungan tersebut adalah 100 kali dari letak koordinat X dengan satuan centimeter. Perhitungan yang sama dapat digunakan untuk menghitung koordinat Y dengan melakukan sedikit perubahan. Cara perhitungan untuk koordinat Y adalah sebagai berikut:

```
temp = (((unsigned long)cres[y-1][x]+(unsigned long)cres[y][x]) * ((unsigned long)cres[y-1][x]- (unsigned long)cres[y][x]))/100;
```

Selain itu, karena perhitungan tidak antara dua sensor saja, maka dapat ditambahkan proses perbandingan antara satu sensor dengan sensor yang lain untuk mendapatkan letak sensor mana yang paling besar. Setelah mendapatkan letak tersebut, perhitungan baru dilakukan, yaitu dengan sensor lain di sekitar sensor tersebut yang memiliki nilai lebih besar daripada sensor lainnya di sekitar sensor tersebut.

Proses penghalusan atau *smoothing* juga dilakukan untuk memperlus gerakan kursor. Penghalusan dilakukan dengan cara menyimpan ke-3 data sebelumnya, kemudian mengambil rata-rata dari data-data tersebut dan juga data yang baru diambil. Jika diubah menjadi *software*, maka perhitungan tersebut dapat dituliskan seperti berikut:

```
temp[0][3] = temp[0][2];
temp[1][3] = temp[1][2];
temp[0][2] = temp[0][1];
temp[1][2] = temp[1][1];
temp[0][1] = temp[0][0];
temp[1][1] = temp[1][0];
temp[0][0] = xcord;
temp[1][0] = ycord;
temp[0][0] = (temp[0][0]+temp[0][1]+
```



```
temp[0][2]+temp[0][3])/4;
temp[1][0] = (temp[1][0]+temp[1][1]+
temp[1][2]+temp[1][3])/4;
```

Perancangan Software Untuk Pengiriman Data ke Port USB Sebagai HID

Untuk *driver* hubungan *USB HID* ke komputer, digunakan *driver V-USB*^[8]. *Driver* ini menggunakan lisensi *GNU GPL (General Public License)* versi 2 dan dapat digunakan langsung dengan *WINAVR* tanpa melakukan penggantian *software*.

Pengiriman data menggunakan *usbSetInterrupt* baik untuk *HID mouse*, maupun *HID Keyboard*. Terdapat juga penggunaan *Watch Dog timer* untuk memastikan bahwa alat tetap terpasang. *Watch dog timer* di-set pada 1 detik, dan akan di-*reset* tiap alat selesai mengirimkan satu *data packet* ke komputer. Perintah *usbPoll* akan terus dilakukan juga tiap kali alat selesai dalam pengiriman data, sehingga alat dapat mengetahui jika *interrupt* sudah dapat dilakukan atau tidak. Seluruh proses perhitungan kalkulasi koordinat terjadi setelah perintah *usbPoll* tersebut.

Hal yang perlu diperhatikan pada pengiriman *HID* adalah penyusunan *USB HID Report Descriptor*. Berikut adalah penyusunan *USB HID Report Descriptor* yang mengimplementasikan *mouse* data absolut dengan maksimum data adalah 0x7FFF, atau sebesar 32 767 pada desimal adalah sebagai berikut:

```
//Mouse (54 Descriptor)
0x05, 0x01, // USAGE_PAGE (Gen Desk)
0x09, 0x02, // USAGE (Mouse)
0xA1, 0x01, // COLLECTION (Application)
0x85, 0x01, // ReportID MOUSE (1)
0x09, 0x01, // USAGE (Pointer)
0xA1, 0x00, // COLLECTION (Physical)
0x05, 0x09, // USAGE_PAGE (Button)
0x19, 0x01, // USAGE_MINIMUM
0x29, 0x03, // USAGE_MAXIMUM
0x15, 0x00, // LOGICAL_MINIMUM (0)
0x25, 0x01, // LOGICAL_MAXIMUM (1)
0x95, 0x02, // REPORT_COUNT (2)
0x75, 0x01, // REPORT_SIZE (1)
0x81, 0x02, // INPUT (Data,Var,Abs)
0x95, 0x01, // REPORT_COUNT (1)
0x75, 0x06, // REPORT_SIZE (6)
0x81, 0x03, // INPUT (Const,V,Abs)
0x05, 0x01, // USAGE_PAGE (G Desk)
0x09, 0x30, // USAGE (X)
0x09, 0x31, // USAGE (Y)
0x16, 0x00, 0x00, // LOGICAL_MIN(0)
0x26, 0xFF, 0x7F, // LOGICAL_MAX(32767)
```

```
0x75, 0x10, // REPORT_SIZE (8)
0x95, 0x02, // REPORT_COUNT (2)
0x81, 0x02, // INPUT (Data,Var,Abs)
0xC0, // END_COLLECTION
0xC0, // END_COLLECTION
```

Data absolut dengan besar 32 767 tersebut akan otomatis dikonversi menjadi resolusi layar jika diterima oleh komputer, sehingga tidak diperlukan adanya perhitungan tambahan meskipun resolusi layar yang digunakan pada komputer berbeda-beda.

Dengan *HID Report Descriptor* tersebut, maka data yang akan dikirim pada *USBInterrupt* untuk *HID mouse* tersusun sebagai struktur berikut:

```
typedef struct{
unsigned char reportid;
unsigned char buttonMask;
unsigned int dx;
unsigned int dy;
}report_mouse;
```

USB HID Report Descriptor untuk *keyboard* menggunakan 1 bit untuk *modifier* dan 1 bit untuk tombol. Berikut adalah penyusunan *USB HID Report Descriptor* untuk *keyboard*:

```
0x05, 0x01, //USAGE_PAGE (Gen Desk)
0x09, 0x06, //USAGE (Keyboard)
0xA1, 0x01, //COLLECTION(Application)
0x85, 0x02, // Report Id (2)
0x05, 0x07, // USAGE_PAGE (Keyboard)
0x19, 0xE0, // USAGE_MINIMUM (0xE0)
0x29, 0xE7, // USAGE_MAXIMUM (0xE7)
0x15, 0x00, // LOGICAL_MINIMUM (0)
0x25, 0x01, // LOGICAL_MAXIMUM (1)
0x75, 0x01, // REPORT_SIZE (1)
0x95, 0x08, // REPORT_COUNT (8)
0x81, 0x02, // INPUT (Data,Var,Abs)
0x95, 0x01, // REPORT_COUNT (1)
0x75, 0x08, // REPORT_SIZE (8)
0x15, 0x00, // LOGICAL_MINIMUM (0)
0x25, 0x65, // LOGICAL_MAXIMUM (101)
0x05, 0x07, // USAGE_PAGE (Keyboard)
0x19, 0x00, // USAGE_MIN (Null)
0x29, 0x65, // USAGE_MAX (Keyboard)
0x81, 0x00, // INPUT (Data,Ary,Abs)
0xC0, //END_COLLECTION
```

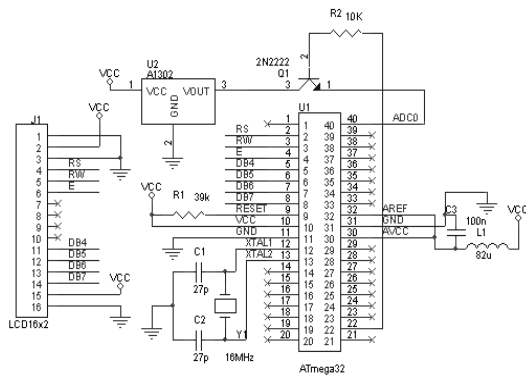
Dengan *HID Report Descriptor* untuk *keyboard* tersebut, maka data yang akan dikirim pada *USBInterrupt* untuk *HID keyboard* tersusun sebagai struktur berikut:

```
typedef struct{
    unsigned char reportid;
    unsigned char modifier;
    unsigned char keypress;
}report_keyboard;
```

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pengujian Sensor Hall Effect A1302

Pengujian untuk sensor *hall effect* linier A1302 dilakukan dengan menggunakan sebuah jangka sorong digital untuk menghitung jarak sensor dengan magnet, dan juga sebuah LCD untuk menampilkan nilai ADC pada ATmega32 yang telah dikurangi dengan 512. Selain itu, LCD juga digunakan untuk menampilkan hasil konversi nilai ADC dengan *look-up table*. Rangkaian untuk pengujian sensor *hall effect* linier A1302 disajikan pada Gambar 14.



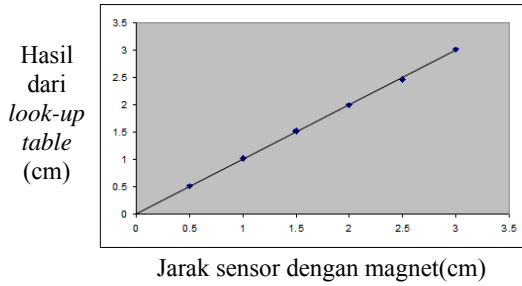
Gambar 14. Rangkaian Pengujian Sensor Hall Effect Linier A1302

Jika nilai logika yang diberikan kepada basis transistor adalah 1, maka data pengujian disajikan pada Tabel 2. Pengujian dilakukan dengan sumber tegangan (VCC) bernilai 4,50 V.

Tabel 2. Pengujian Penggabungan Sensor Hall Effect Linier A1302

Jarak sensor dengan Magnet (cm)	(Nilai ADC – 512)	Hasil dari look-up table (cm)
3	24	3,01
2,5	38	2,47
2	61	1,99
1,5	105	1,53
1	222	1,02
0,5	569	0,52

Gambar 15 adalah plot dari Tabel 2, dengan sumbu X merupakan jarak asli sensor dengan magnet dan sumbu Y merupakan hasil perhitungan dari *look-up table*.



Gambar 15. Grafik Hasil Pengujian Sensor Hall Effect Linier A1302

Dari hasil pengujian, perbedaan antara jarak asli dan perhitungan hasil dari *look-up table* pada area perhitungan koordinat cukup kecil, dan dapat digunakan untuk perhitungan koordinat. Untuk persentase kesalahan terbesar di area normal terdapat pada 0,5 cm yaitu sebesar:

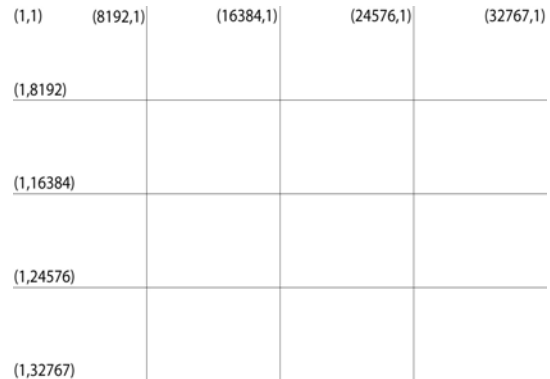
$$\%toleransi = \left[\frac{0,52 - 0,5}{0,5} \times 100\% \right] = 4\%$$

Jika nilai logika yang diberikan pada basis transistor adalah 0, maka keseluruhan hasil dari data pengujian adalah 0 cm, atau dengan kata lain ADC tidak menerima data. Hal ini juga membuktikan bahwa transistor sebagai *multiplexer* telah berfungsi dengan benar.

Pengujian HID

Pengujian untuk *HID* membutuhkan koneksi sesuai dengan Gambar 12. Selain itu juga ditambahkan *tactile switch* pada PORTB0..7 untuk melakukan pengujian. Pengujian ini dilakukan pada komputer dengan sistem operasi Windows XP.

Pengujian yang dilakukan untuk *HID mouse* menggunakan Gambar 16 di bawah ini sebagai pengecekan apakah posisi *mouse* sesuai dengan yang ditunjukkan pada gambar. Gambar 16 ini memiliki resolusi perbandingan 16:10.



Gambar 16. Gambar Pada Komputer Dengan Resolusi 16:10 Pixel Untuk Pengujian HID Mouse

Dari pengujian yang dilakukan, didapatkan hasil pengujian sebagaimana disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian *HID Mouse*

Data X	Data Y	Posisi sesuai ?
1	1	Ya
8 192	8 192	Ya
16 384	16 384	Ya
24 576	24 576	Ya
32 767	32 767	Ya
1	8 192	Ya
24 576	16 384	Ya
32 767	1	Ya

Dari hasil pengujian sebagaimana terlihat pada Tabel 3, dapat disimpulkan bahwa pengiriman data untuk *HID mouse* dapat berfungsi dengan baik

Pengujian *HID* untuk *keyboard* cukup menggunakan *notepad* sebagai media pengecekannya, dan hasil pengujian dapat disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian *HID Keyboard*

Keypress	Modifier	Hasil sesuai?
4 (a)	0	Ya (a)
8 (e)	0x02 (L Shift)	Ya (E)
22 (s)	0x10 (R Ctrl)	Ya (Ctrl+S)
9 (f)	0x04(L Alt)	Ya (Alt+F)
40 (Enter)	0	Ya (Enter)
21 (r)	0x80 (R GUI)	Ya (Run)
57(Caps Lock)	0	Ya (Caps Lock Toggle)
80(Left Arrow)	0	Ya (Left Arrow)

Dari hasil pengujian sebagaimana terlihat pada Tabel 4, maka dapat disimpulkan bahwa pengiriman data untuk *HID keyboard* dapat berfungsi dengan baik.

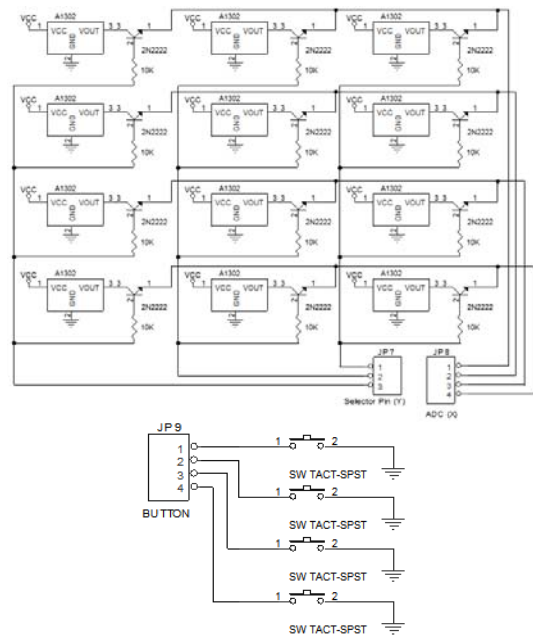
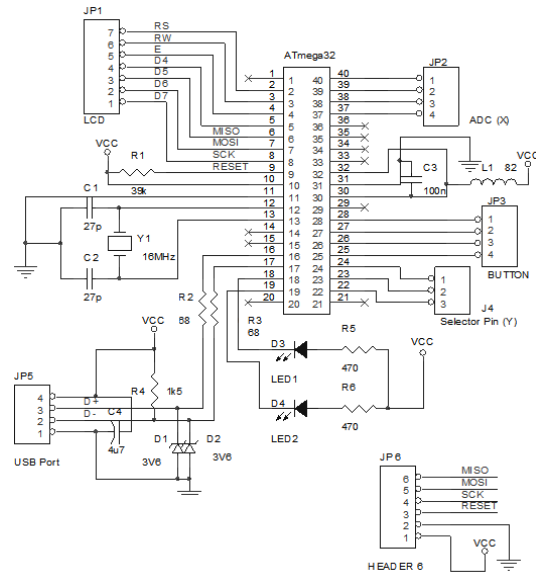
Pengujian Alat Secara Keseluruhan

Pengujian alat secara keseluruhan dilakukan dengan mengecek apakah letak *pointer* sesuai dengan posisi pena terhadap *pad*. Gambar untuk rangkaian secara keseluruhan disajikan pada Gambar 17, dan hasil pengujiannya disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Pengujian Letak Pena Terhadap Pad

Letak Pena	Apakah posisi sesuai ?
Kiri atas (0,0)	Mendekati (4,3)
Tengah (640,400)	Ya (640,400)
Kiri bawah (0,800)	Mendekati (4,800)
Kanan tengah (1280,400)	Ya (1280,400)

Dari penelitian yang dilakukan, didapatkan bahwa posisi *pointer* sesuai dengan posisi koordinat pena terhadap *pad*.



Gambar 17. Skematik Untuk Sistem Mikrokontroler

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Peralatan dapat difungsikan dengan menggunakan sumber tegangan dari *port USB* pada komputer yang memiliki tegangan terukur berkisar antara 4,5 sampai 4,9 V;
2. Pengujian sensor *hall effect* dengan menggunakan *look-up table* menghasilkan nilai pengukuran yang terbaik saat magnet silinder dengan *residual flux density* sebesar 12 500 dan ukuran diameter 1,27 cm dan

- panjang 2,55 cm berada pada jarak antara 0,5 sampai 3 cm;
3. Alat dapat terdeteksi sebagai *HID compliant-mouse* dan *HID-compliant keyboard* saat dilihat di *device manager* pada komputer ketika pengujian *HID* dilakukan, selain itu data yang diberikan melalui *port USB* juga telah direspon oleh komputer dengan memberikan keluaran letak kursor yang sesuai untuk *mouse*, dan tombol yang sesuai untuk *keyboard*, karena itu dapat disimpulkan bahwa *HID* telah berfungsi dengan baik untuk alat yang diuji;
 4. Nilai perhitungan koordinat yang ditampilkan pada *LCD* saat pengujian alat secara keseluruhan memiliki nilai yang sesuai dengan hasil keluaran pada komputer;
 5. Interkoneksi antara dua bagian, yaitu koneksi alat ke komputer sebagai *HID class*, dan perhitungan koordinat pada *hall effect sensor* telah teruji dalam pengujian alat secara keseluruhan, dan hasil keluaran juga menunjukkan hasil yang sesuai, sehingga dapat disimpulkan bahwa alat telah berfungsi sebagai *Human Interface Device-USB* untuk menggantikan *mouse*. Alat yang dirancang telah berfungsi sebagai

graphics tablet yang menggunakan sensor *hall effect* sebagai penentu koordinat

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Global Ergonomic Technologies United State, *Comparison of Postures from Pen and Mouse Use*, <ftp://ftp.wacom-europe.com>, Diakses 1 April 2010
- [2] Hyde, J., *USB Design by Example*, Edisi Kedua, John Wiley/Intel University Press, New York
- [3] Atmel, *ATMega32*, Atmel Corporation, United State, 2008
- [4] Group Arnold, *Hall Effect Sensing and Application*, The Arnold Engineering Company, Marengo, Illinois, 2000
- [5] Group Arnold, *Soft Magnetics Application Guide*, The Arnold Engineering Company, Marengo, Illinois, 2000
- [6] Hall, E. H., "On a New Action of the Magnet on Electric Currents", *American Journal of Mathematics*, Vol. 2, Hlm. 287-292, 1879
- [7] Allegro, *A1301 and A1302*, Allegro MicroSystems, Inc., New York, 2009
- [8] Obdev, *V-USB*, <http://www.obdev.at/products/vusb/index.html>., Diakses 10 April 2010