

MENENTUKAN ARAH KIBLAT MUSHALA FAKULTAS SAINTEK UIN BANDUNG MENGUNAKAN KOMPAS KIBLAT DIGITAL

Winandar Ganis Kresnadjaja, Imamal Muttaqien

Jurusan Fisika

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung

E-mail: w1n_gk@yahoo.co.id

Halaman 32-43

Diterima: 10 November 2014, Direview: 30 November 2014, Dipublikasi: 19 Desember 2014

ABSTRAK

Arah kiblat yang terukur melalui kompas ternyata berbeda-beda antara masjid satu dengan lainnya. Permasalahan yang akan dibahas dalam proyek akhir ini adalah penentuan arah kiblat pengguna melalui hasil perhitungan matematika oleh mikrokontroler berdasarkan nilai bujur dan lintang dari GPS yang kemudian hasilnya akan divisualisasikan pada LCD grafik, Rangkaian minimum sistem yang digunakan adalah rangkaian ATmega32. Rangkaian ini akan mengolah data yang dihasilkan oleh kompas elektronik tipe CMPS10 yang telah dikalibrasi dengan arah angin yang tepat yaitu berdasarkan gerak matahari kemudian dikolaborasikan dengan data PMB688-GPS mengenai letak lintang dan bujur. Dari data tersebut dapat diperoleh bahwa deviasi simpangan sebesar 19.2569° terjadi pada Mushala Fakultas Sains dan Teknologi UIN Bandung.

Kata Kunci: Trigonometri, Arah Kiblat, Kompas Digital, PMB-688 GPS, CMPS10, Magnet

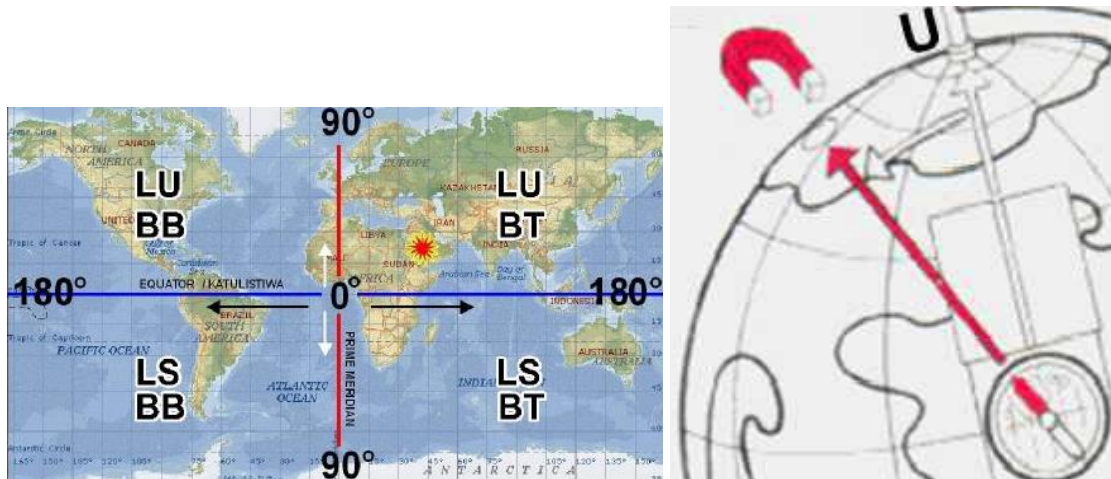
PENDAHULUAN

Shalat merupakan ketentuan ibadah yang mengharuskan atau mensyaratkan kita menghadap arah kiblat (ka'bah) dan itu bersifat wajib. Arah kiblat yang terukur melalui kompas ternyata berbeda-beda antara masjid satu dengan lainnya[1]. Mungkin kebanyakan masjid yang didirikan di Indonesia mengukur arah kiblat berdasarkan arah yang ditunjukkan kompas. Padahal arah utara kompas, sudutnya selalu berubah-ubah sepanjang tahun dari arah utara sebenarnya akibat berubahnya posisi magnet bumi[2]. Menghadap kiblat merupakan salah satu syarat sahnya shalat¹. "*Bila kamu hendak mengerjakan shalat, hendaklah menyempurnakan wudhu kemudian menghadap kiblat lalu takbir*"²

¹ Q.S Al-Baqarah ayat 144, 149-150

² sabda Muhammad SAW, (Diriwayatkan oleh Imam Bukhari dan Muslim).

Persoalan kiblat adalah persoalan azimuth yaitu jarak dari titik utara ke lingkaran vertikal melalui benda langit atau melalui suatu tempat yang diukur sepanjang lingkaran horizon menurut arah perputaran jarum jam[3]. Penyimpangan arah Kiblat akan mengalami variasi jika Kiblat masjid mengarah ke arah barat secara persis sehingga konstruksi bangunan masjid terletak tegak lurus pada arah timur-barat dengan nilai azimuth 270°. [1], [4]



Gambar 1. Peta perhitungan Azimuth(kiri) dan sudut deklansi³(kanan)

Permasalahan yang akan dibahas dalam proyek akhir ini adalah penentuan arah kiblat pengguna berdasarkan hasil perhitungan matematika oleh mikrokontroler berdasarkan nilai bujur dan lintang dari GPS yang kemudian hasilnya akan divisualisasikan pada LCD grafik[5]. Untuk wilayah Indonesia yang merentang dari 6° LU – 11° LS dan 95° BT – 141° BT, batas arah kiblat paling utara adalah di koordinat 21° 31' 24" LU dan 39° 55' 29" BT[3]. Sementara batas arah kiblat paling selatan berada di koordinat 21° 17' 4" LU dan 39° 48' 10" BT.[1]

TEORI

Dalam trigonometri⁴ bola, terdapat rumus-rumus standar sebagai berikut:[6], [7]

$$\cos(b) = \cos(a) \cdot \cos(c) + \sin(a) \cdot \sin(c) \cdot \cos(B) \quad (1)$$

$$\cos(c) = \cos(a) \cos(b) + \sin(a) \cdot \sin(b) \cdot \cos(C) \quad (2)$$

$$\frac{\sin(a)}{\sin(A)} = \frac{\sin(b)}{\sin(B)} = \frac{\sin(c)}{\sin(C)} \quad (3)$$

Dengan menggabungkan ketiga rumus dari Persamaan 1 Persamaan 2 dan Persamaan 3, akan diperoleh rumus baru sebagai berikut:

$$\tan(B) = \frac{\sin(C)}{\cot(b) \cdot \sin(a) - \cos(a) \cdot \cos(C)} \quad (4)$$

Jika dikaji secara fisika dan matematika turunan rumus dari persamaan 1, 2, dan 3 ke persamaan 4 korelasi turunan persamaannya terlalu ringkas. Persamaan tersebut bermula

³ Sudut deklinasi adalah sudut yang dibentuk antara arah utara-selatan geografi dengan arah utara-selatan kompas.

⁴ dari bahasa Yunani (Trigonon=tiga sudut dan metros=mengukur) adalah sebuah cabang matematika yang berhadapan dengan sudut segitiga dan fungsi trigonometric seperti sinus, cosinus, tangen.

$$\tan(B) = \frac{\sin(B)}{\cos(B)} \quad (5)$$

Persamaan 5 merupakan awal yang dicari. Patokan yang menjadi acuan adalah $\tan(B)$. Sebenarnya, $\cot(B)$ pun bisa menjadi acuan utama namun kali ini kita akan membuktikan Persamaan 4 dimana yang menjadi acuannya adalah $\tan(B)$.

Dari Persamaan 5 kita akan mengetahui Persamaan 6 dan Persamaan 7:

$$\sin(B) = \frac{\sin(C).\sin(b)}{\sin(c)} \quad (6)$$

$$\cos(B) = \frac{\cos(b)-\cos(a).\cos(c)}{\sin(a).\sin(c)} \quad (7)$$

Persamaan 6 dan Persamaan 7 di masukan ke Persamaan 5, menjadi:

$$\tan(B) = \frac{\frac{\sin(C).\sin(b)}{\sin(c)}}{\frac{\cos(b)-\cos(a).\cos(c)}{\sin(a).\sin(c)}} \quad (8)$$

Agar lebih mudah dioperasikan , maka Persamaan 8 diubah menjadi Perkalian menjadi:

$$\tan(B) = \frac{\sin(C).\sin(b).\sin(a).\sin(c)}{\sin(c).\cos(b)-\cos(a).\cos(c)} \quad (9)$$

$$\tan(B) = \frac{\sin(C).\sin(b).\sin(a)}{\cos(b)-\cos(a).\cos(c)} \cdot \frac{\frac{1}{\sin(b).\sin(a)}}{\frac{1}{\sin(b).\sin(a)}} \quad (10)$$

$$\tan(B) = \frac{\sin(C)}{\frac{\cos(b)}{\sin(b).\sin(a)} - \frac{\cos(a).\cos(c)}{\sin(b).\sin(a)}} \quad (11)$$

$$\tan(B) = \frac{\sin(C)}{\frac{\cos(b)}{\sin(b).\sin(a)} - \cos(a).\cos(c) - \frac{\cos(a).\cos(a).\cos(b)}{\sin(a).\sin(b)}} \quad (12)$$

$$\tan(B) = \frac{\sin(C)}{\frac{\cos(b)}{\sin(b).\sin(a)} - \frac{\cos(a).\cos(a).\cos(b)}{\sin(a).\sin(b)} - \cos(a).\cos(C)} \quad (13)$$

$$\tan(B) = \frac{\sin(C)}{\frac{\cos(b)-\cos(a).\cos(a).\cos(b)}{\sin(a).\sin(b)} - \cos(a).\cos(C)} \quad (14)$$

$$\tan(B) = \frac{\sin(C)}{\frac{\cot(b)-\cos(a).\cos(a).\cot(b)}{\sin(a)} - \cos(a).\cos(C)} \quad (15)$$

$$\tan(B) = \frac{\sin(C)}{\cot(b)\left(\frac{1-\cos^2(a)}{\sin(a)}\right) - \cos(a).\cos(C)} \quad (16)$$

$$\tan(B) = \frac{\sin(C)}{\cot(b).\frac{\sin^2(a)}{\sin(a)} - \cos(a).\cos(C)} \quad (17)$$

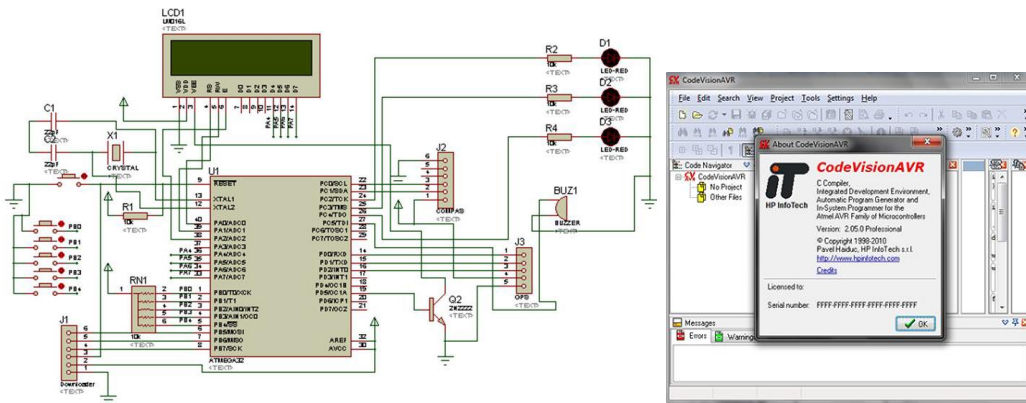
$$\tan(B) = \frac{\sin(C)}{\cot(b).\sin(a) - \cos(a).\cos(C)} \quad (18)$$

Maka persamaan 18 dimasukkan deskripsi sehingga terbukti persamaan 19:[6]

$$\tan K = \frac{\sin(\lambda t - \lambda K)}{\cos(\phi t).\tan(\phi K) - \sin(\phi t).\cos(\lambda t - \lambda K)} \quad (19)$$

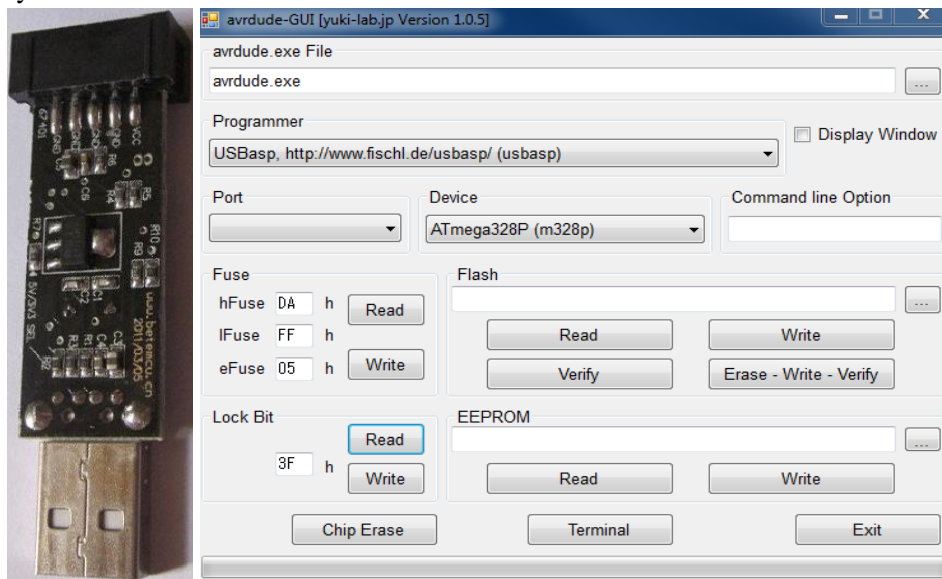
- K = sudut Arah Kiblat dari Utara ke Barat
- ϕK = lintang Ka'bah ($21^{\circ}25'LU$)
- λK = bujur Ka'bah ($39^{\circ}50'BT$)
- ϕt = lintang tempat asal
- λt = bujur tempat asal

Sistem Minimum⁵ yang dipakai adalah ATmega32⁶. Bahasa pemrograman untuk mengisi data mikrokontroler ini menggunakan CodeVision AVR⁷ versi 2.05.0. dan pemindahan data dari komputer ke mikrokontroler menggunakan *downloader*⁸ USB ASP.[3], [8], [9]



Gambar 2. Rangkaian Sistem Minimum Mikrokontroler ATmega32(kiri) dan tampilan CodeVision AVR versi 2.05.0(kanan)

Program dibuat dalam bahasa C. kemudian di compiler menjadi bentuk *file.hex*, file tersebut yang nantinya harus di *upload* ke mikrokontroler dengan menggunakan *downloader*. Ada dua jenis *downloader* yaitu *downloader* USB ASP dan *downloader* USB ISP. Untuk penelitian kali ini yang dipakai hanya *downloader* USB ASP.



Gambar 3. Downloader usb asp (kiri) dan software avrdude⁹-GUI 1.0.5(kanan)

⁵ merupakan sebuah rangkaian minimal yang diperlukan oleh mikrokontroler untuk menyimpan dan mengolah data dari program

⁶ Mikro yang dibuat diproduksi oleh Atmel, memiliki flash 32 kilobyte dan 32 port input/output yang dapat berinteraksi dengan perangkat lainnya

⁷ Software yang menggunakan bahasa pemrograman C diperlukan untuk memprogram mikrokontroler

⁸ Rangkaian elektronik yang berfungsi untuk mengirim, menulis, mendownload program dari computer ke mikrokontroler

⁹ Aplikasi yang pertama kali dikembangkan oleh Brian S. Dean, berguna untuk penggunaan downloader

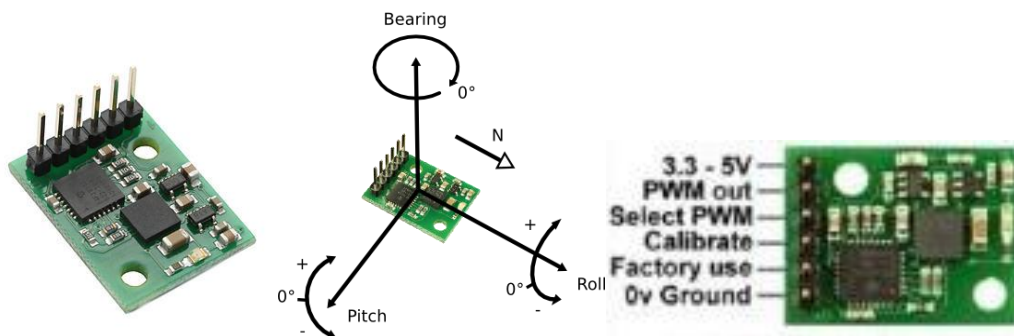
GPS¹⁰ yang dipakai adalah tipe PMB-688¹¹. Sistem ini terdiri dari 24 satelit yang terus-menerus mengudara mengelilingi bumi sehingga dapat mengcover seluruh permukaan bumi. GPS receiver di bumi dapat menerima lima sampai 12 sinyal satelit[3], [10]–[12].



Gambar 4. Modul PMB-688 GPS(kiri) dan dataset PMB-688 GPS (kanan)

Untuk data lintang(*longitude*) dan bujur (*longitude*) didapat dari data signal GPS. Pengambilan data melalui GPS secara langsung akan mengakibatkan nilai data kurang akurat karena sinyal data *GPS* yang tidak stabil. Maka dari itu pengambilan data dilakukan berulang. Waktu yang diperlukan untuk mengirim dan menerima data GPS pun cukup lama.

Kompas Digital¹² yang dipakai adalah tipe CMPS10 dengan mode PWM¹³. hal ini diperlukan agar data yang terdapat pada kompas digital tidak menyimpang. Dengan mengkonversi nilai ADC(*Analog Digital Converter*) pada kompas digital. 0-255 pada ADC dikonversi *ara* menjadi 0-365. [12], [13]



Gambar 5. Modul CMPS10(kiri), keterangan arah pada CMPS10(tengah), dataset CMPS10 pada mode PWM(kanan)

¹⁰ (*Global Positioning System*) merupakan sebuah perkembangan dalam navigasi dan berisi mengenai posisi tempat secara astronomis maupun secara geografis

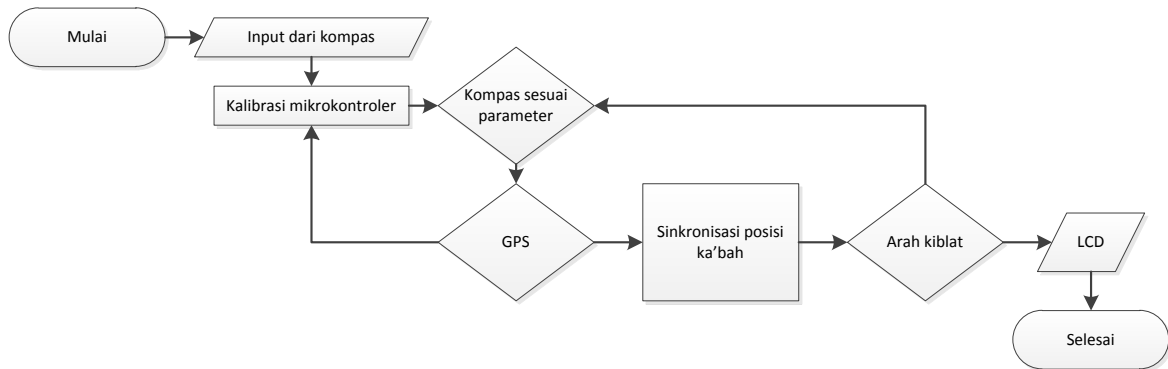
¹¹ dari Parallax dengan Format data NMEA0183 V 2.2, Datum : WGS84

¹² merupakan penentu arah yang menghasilkan bilangan tertentu dan akan mewakili kemana kita sedang menghadap. Bilangan arah pada kompas ini bisa dikalibrasi menurut parameter yang ditentukan.

¹³ sebuah cara memanipulasi lebar sinyal yang dinyatakan dengan pulsa dalam suatu perioda, untuk mendapatkan tegangan rata-rata yang berbeda.

Pada modul kompas digital tipe CMPS10 ini, data analog biasanya sudah terkonversi otomatis sehingga kita hanya perlu menggunakan fungsi *arah*¹⁴ pada pemrogramannya saja. [13]. Kompas memiliki *bearing*¹⁵ sebagai sensor arah¹⁶, kemudian *pitch*¹⁷ dan *roll*¹⁸ sebagai sensor kemiringan¹⁹.

METODE



Gambar 6. Diagram Alir pengujian Sistem

Pertama-tama adalah mengatur inputan dari kompas. Dari Gambar 1 telah diketahui sudut deklansi, untuk itu perlu diaturnya kalibrasi sistem. Kemudian apabila kompas sudah sesuai parameter dibuatlah pengiriman data koordinat dengan menyinkronkan posisi ka'bah hingga dihasilkanlah data arah kiblat pada LCD grafik.

PROGRAM DAN SIMULASI

<pre> if ((nilai >= 338) (nilai <= 22)) ara = 0; else if ((nilai >= 23) && (nilai <= 67)) ara = 1; else if ((nilai >= 68) && (nilai <= 112)) ara = 2; else if ((nilai >= 113) && (nilai <= 157)) ara = 3; else if ((nilai >= 158) && (nilai <= 202)) ara = 4; else if ((nilai >= 203) && (nilai <= 247)) ara = 5; else if ((nilai >= 248) && (nilai <= 292)) ara = 6; else if ((nilai >= 293) && (nilai <= 337)) ara = 7; </pre>	<pre> if(i>7){ i=0; lcd_clear(); lcd_gotoxy(0,1); lcd_putsf(" ENTER?"); lcd_gotoxy(1,0); lcd_putsf(">"); buzz = 1; delay_ms(1); buzz = 0; } </pre>	<pre> i2c_start(); i2c_write(0xC0); i2c_write(3); i2c_start(); i2c_write(0xC1); nil3=i2c_read(0); i2c_stop(); //nilai = nil2*1.41176470588235; nilai = ((nil2<<8) nil3) /10; sprintf(tem,"%d",nilai); </pre>
---	--	--

Gambar 7. program *ara*(kiri), program *buzzer*(tengah), penggunaan sistem *i2c* pada CMPS10(kanan)

Namun sebelum program dibuat ada beberapa library yang harus dimasukkan terlebih dahulu ke dalam program seperti *mega32.h* karena mikro memakai ATMega32, *delay.h* agar dapat menggunakan fungsi *delay*, *stdio.h*, *define.h*, dan *math.h*(untuk mengolah fungsi *sinus*, *cosinus* dan *tangen*)

¹⁴ Memungkinkan data terbagi/dikelompokan

¹⁵ Arah kelurusan adalah jurus dari bidang vertikal yang melalui garis tetapi tidak menunjukkan arah penunjukan garis tersebut (menunjukkan arah – arah dimana, salah satu arahnya merupakan sudut pelurusnya).

¹⁶ Sensor yang memanfaatkan medan magnet bumi sebagai penentu arahnya.

¹⁷ Data keluaran sensor accelerometer digunakan dalam perhitungan gerak

¹⁸ gerakan pada sumbu longitudinal

¹⁹ Sensor memantau posisi kemiringan

```
18 //definisi variabel
19 uc ite,tem[8],ara;
20 uc *menu_kom[]={ "Kompas", "Posisi", "Kiblat", "Lampu", "Tulisan", "Enter?"};
21 uc *arah[]={ "Utara", "Timur L", "Timur", "Tenggara", "Selatan", "Barat D", "Barat", "Barat L"};
```

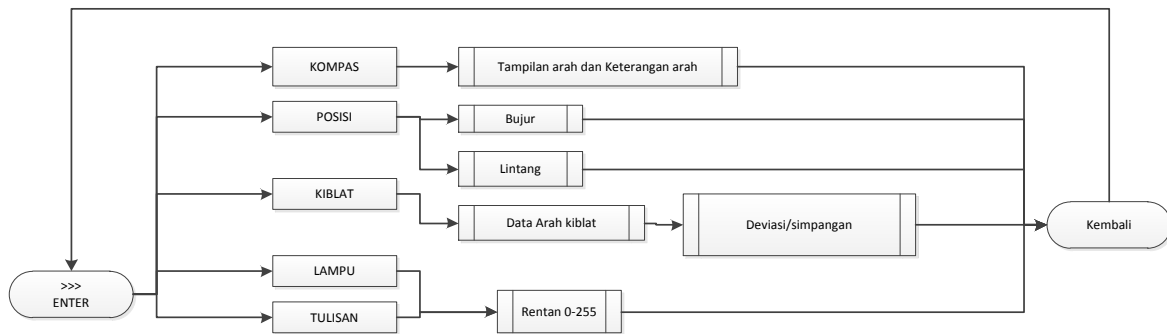
Gambar 8. Fungsi *ara* memungkinkan data program yang dapat dapat dibuat rentan dalam beberapa variasi hasil

Sedangkan untuk data arah kiblat didapatkan dengan menggunakan kompas digital. Kemudian masukan **persamaan (19)** kedalam pemrograman sehingga kita dapat menentukan arah kiblat secara otomatis dengan output LCD(Liquid Crystal Display) dan Buzzer(buzzer akan menyala apabila kompas berada pada posisi mengarah ke mekah Lihat **Gambar 7.** Bagian tengah).

$$50 \tan(K) = \sin(Bt - 39.5) / \cos(Lt) * \tan(21.25) - \sin(Lt) * \cos(Bt - 39.5)$$

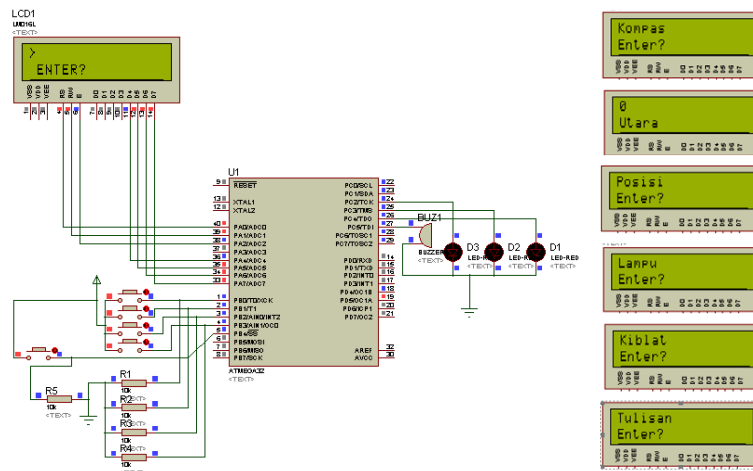
Gambar 9. Rumus yang pakai dalam pemrograman dengan mengacu pada **persamaan (19)**

Bt dan *Lt* merupakan input masukan dari data GPS yakni lintang dan bujur posisi yang akan ditentukan arah kiblatnya.



Gambar 10. Sistem diagram menu pada mikrokontroler

Dengan membentuk program menu memungkinkan untuk menampilkan banyak data dan pilihan program pada mikrokontroler. Menu *kompas* untuk menampilkan arah dan keterangan arah kompas sesuai dengan **Gambar 8**, menu *posisi* untuk menampilkan data koordinat tempat kita berasal, menu *kiblat* untuk menampilkan arah kiblat sesuai intutan dari GPS dengan pengolahan program arah kiblat seperti yang ditujukan pada **Gambar 9**, dan tambahan menu *lampu* dan *tulisan* untuk mengatur kecerahan pada layar LCD.



Gambar 11. Hasil *output* simulasi menu pada *software* Proteus ISIS 7 Profesional

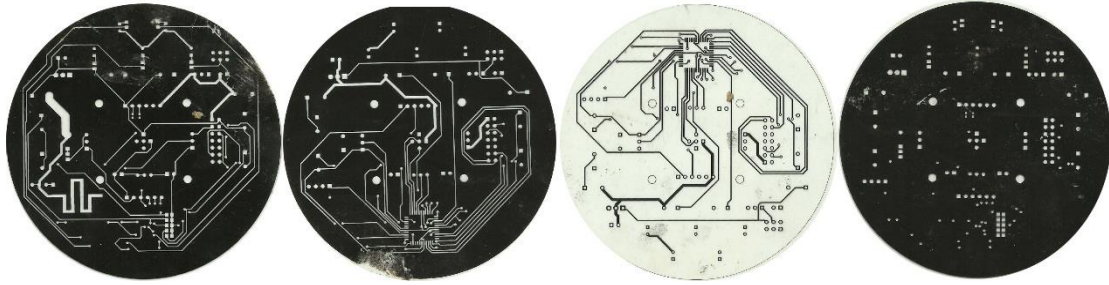
RANCANG BANGUN ALAT

Peralatan yang digunakan dalam pembuatan *software* yaitu seperangkat komputer beserta *downloader interface* untuk mengisi mikrokontroler. Beberapa peralatan yang digunakan dalam kegiatan ini adalah Solder, *Cutter*, multimeter, Bor PCB, Gunting, Tang potong, Penyedot timah, lcd, led, *push button*, kabel, *header*, *crystal*, kapasitor, resistor, baterai, dan ATmega32 SMD



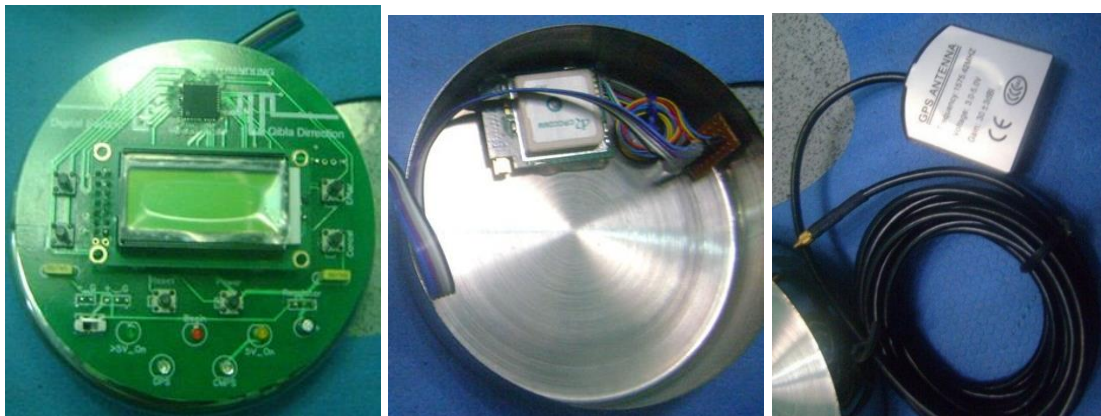
Gambar 12. Beberapa peralatan dalam pembuatan *hardware*(kiri) dan papan PCB yang telah dicetak berbentuk bulat(kanan)

PCB bulat dibuat jalur dengan cara dicetak, sebelumnya jalur cetakan harus dibuat terlebih dahulu dengan menggunakan *software* Diptrace PCB. Hal ini diperlukan untuk meminimalisir kesalahan dalam menyolder jalur komponen. Lalu jalur tersebut diprint kedalam bentuk *negative film* kemudian di cetak diatas PCB.



Gambar 13. Negative film diperuntukan untuk pembuatan PCB cetak

Setelah PCB selesai dicetak kemudian dipasanglah komponen-komponen pendukung seperti lcd, led, push button, kabel, header, crystal, kapasitor, resistor, baterai, dan ATmega32 SMD.



Gambar 14. Hasil rancang bangun alat kompas kiblat digital(kiri), modul GPS yang diletakan dibagian bawah PCB(tengah), dan antenna GPS yang berfungsi sebagai penguat *receiver*(kanan)

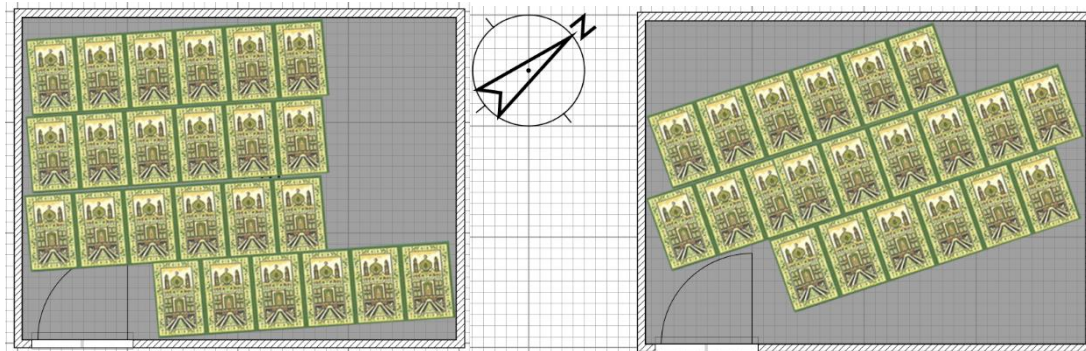
EKSPERIMEN

Lokasi yang akan ditentukan arah kiblatnya adalah mushala fakultas sains dan teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung yang terletak pada koordinat 6.9 LS(Lintang Selatan) dan 107.7 BT(Bujur Timur)



Gambar 13. Lokasi tempat yang akan ditentukan arah kiblatnya

Semula arah kiblat yang dipakai untuk shalat adalah lurus(tepat menghadap tembok), untuk itu arah kiblat kembali ditentukan kembali meningkatkan akurasi arah kiblat untuk keperluan shalat.



Gambar 13. Ilustrasi perbandingan arah kiblat mushala fakultas sebelum dikoreksi(kiri) dan arah kiblat mushala fakultas setelah dikoreksi(kanan)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang diperoleh adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Pengambilan Data dengan menggunakan Kompas Digital

Pengulangan	Latitude	Longitude	Arah Kiblat (sebelumnya) Terhadap utara	Arah Kiblat (sesudah dikoreksi) Terhadap utara	Deviasi simpangan
1	6.93167	107.7174	275.9°	295.1569°	19.2569
2	6.93168	107.7175	275.9°	295.1569°	19.2569
3	6.93167	107.7176	275.9°	295.1569°	19.2569
4	6.93167	107.7175	275.9°	295.1569°	19.2569
5	6.93168	107.7175	275.9°	295.1569°	19.2569
6	6.93167	107.7174	275.9°	295.1569°	19.2569
7	6.93168	107.7175	275.9°	295.1569°	19.2569
8	6.93168	107.7175	275.9°	295.1569°	19.2569

Dari data tersebut dapat diperoleh bahwa deviasi simpangan sebesar 19°. Ini merupakan perbedaan yang sangat besar karena pada Masjid Iqomah sendiri data arah kiblat tidak menyimpang sebesar itu.

Deviasi simpangan dihitung dari arah kiblat mushala dengan arah kiblat dengan yang didapatkan oleh kompas digital.

Sebagai perbandingan peneliti mereferensikan data Masjid UIN yang letaknya kurang lebih 500 meter dari Mushala Fakultas Saintek.

Tabel 2. Data arah kiblat Masjid Universitas Islam Negeri Bandung

Masjid	Lintang	Bujur	Arah Masjid	Qiblat	Google Earth
Ikomah, UIN SGD	06° 55' 53,42"	107° 43' 02,71"	295,15°	295,1°	295,15°

KESIMPULAN

Dari hasil yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa sistem pengukur arah kiblat digital dapat dibuat dengan cukup baik dengan menggunakan pengaturan kalibrasi ukur pada kompas mode PWM. Penggunaan PWM mutlak digunakan mengingat arah utara bumi dengan arah utara kompas nilainya tidak sama yaitu agar nilai 0^0 pada modul CMPS10 sesuai dengan nilai 0^0 pada kompas digital. Dalam penelitian ini, data GPS didapat secara real-time dengan akurasi ketepatan lima angka dibelakang koma. Dalam penelitian, sistem ini menunjukkan bahwa mushola Fakultas Saintek UIN Sunan Gunung Djati memiliki arah kiblat 295.1569° sehingga harus dikoreksi sebesar 19.2569° dari arah sebelumnya. Sistem penentu arah kiblat telah berhasil diaplikasikan dengan selisih maksimum 2° . Namun, alat ini masih terbatas pada daerah Tenggara terhadap titik koordinat Ka'bah.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Aslamiyah, "Akurasi Arah Kiblat Masjid-masjid di Desa Sruni, Kec. Jenggawah, Kab. Jember Jawa Timur," IAIN Walisongo Semarang, 2011.
- [2] N. F. Mubarak, "Rancang Bangun Kompas Elektronik sebagai Petunjuk Arah Kiblat (Studi Kasus Kota Malang dan Kota Batu)," UIN Maulana Malik Ibrahim Malang, 2012.
- [3] H. Singgih, "Rancang Bangun Alat Penunjuk Arah Kiblat Berbasis GPS," *J. ELTEK*, vol. 11, no. 2, pp. 79–92, 2013.
- [4] A. Izzuddin, "Metode Penentuan Arah Kiblat dan Akurasinya," in *(Annual International Conference on Islamic Studies)AISIS XII*, 2010, no. 3, pp. 759–811.
- [5] Hidayat and F. M. Suandi, "Perancangan dan Implementasi Alat Penentu Arah Kiblat Portable," *J. Sist. Komput. Unikom*, vol. 1, no. 2, pp. 37–44, 2012.
- [6] W. G. Kresnadjaja and M. Sanjaya WS, "Turunan Rumus Trigonometri Segitiga Bola," *ebook-saya*, 2013. [Online]. Available: <http://www.ebook-saya.com/>. [Accessed: 02-Nov-2019].
- [7] L. Hakim, R. B. Raharjo, and D. D. Waluyo, "Prototype Robot untuk Menentukan Arah Kiblat dengan Tanda Shaf Sholat," Surabaya, 1, 2013.
- [8] A. Nurochman, O. H. Syah, M. Fanani, I. Lazuardi, and D. S. Rahardjo, "Perancangan dan Pembuatan Alat Penentu Arah Kiblat elektronik Berbasis Mikrokontroler," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2007.
- [9] M. I. Anshori, I. Setiawan, and Wahyudi, "Desain Kontrol Autopilot Pada UGV (Unmanned Ground Vehicle) Berbasis GPS (Global Positioning System)," Semarang, L2F 007 053, 2014.
- [10] M. Amiral, "Aplikasi Pengingat Shalat dan Arah Kiblat Menggunakan Global Positioning System (GPS) Berbasis Android 1.6," Institut Teknologi Indonesia, 2010.
- [11] C. J. Hegarty, *Understanding GPS Principles and Applications*, 2nd ed. Boston, London: ARTECH HOUSE, INC., 2006, pp. 1–723.
- [12] M. Z. Ibrahim and M. Z. Norashikin, "Universal Qibla and Prayer Time Finder," *World Acad. Sci. Eng. Technol.* 58, pp. 447–452, 2009.

- [13] N. F. Mubarak, "Rancang Bangun Kompas Elektronik sebagai Petunjuk Arah Kiblat (Studi Kasus Kota Malang dan Kota Batu)," UIN Maulana Malik Ibrahim Malang, 2012.