

# Kompas Magnetik Digital dengan Output Suara

Thiang<sup>1</sup>, Indar Sugiarto<sup>2</sup>, David Wijaya<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Elektro Universitas Kristen Petra Surabaya,  
Jl. Siwalankerto 121-131 Surabaya, 60236, Indonesia,  
E-mail : <sup>1</sup>[thiang@petra.ac.id](mailto:thiang@petra.ac.id), <sup>2</sup>[indi@petra.ac.id](mailto:indi@petra.ac.id)

## Abstract

*Dewasa ini dibutuhkan peralatan-peralatan elektronik yang dapat memudahkan manusia untuk melakukan sesuatu khususnya bagi mereka yang cacat fisik seperti buta. Orang buta akan kesulitan bila menggunakan peralatan yang umum karena mereka tidak dapat melihat dan lebih banyak mengandalkan pendengaran. Karena itu, dalam tulisan ini dijelaskan perancangan kompas digital dengan fasilitas output suara sehingga orang buta pun dapat menggunakannya.*

*Perancangan kompas digital ini menggunakan sensor magnet tipe HMC 1002. Output sensor ini berupa tegangan analog yang kemudian diubah menjadi digital dengan ADC 0809. Sebuah mikrokontroler MCS-51 digunakan untuk mengontrol semua interface dan melakukan pembacaan sensor. Sebagai display digunakan komponen LCD dan untuk output suara digunakan IC ISD 2590. Dalam IC ini direkam suara-suara yang akan di-playback untuk keperluan display. IC ini mempunyai kemampuan maksimum perekaman 90 detik. Output suara dari kompas magnetik digital ini dibagi dalam 16 arah mulai dari arah utara, utara timur laut, timur laut dan seterusnya.*

*Pengujian sistem dilakukan mulai dari pengujian sensor magnetik, pengujian interface dan pengujian kompas magnetik keseluruhan. Dari hasil pengujian didapatkan error rata-rata sebesar 1,407° pada sumbu A (utara) dan 1,391° pada sumbu B (barat).*

**KEYWORDS:** Kompas Digital, IC suara, ISD 2590, HMC 1002

## 1. Pendahuluan

Kompas merupakan salah satu divais yang penting dalam navigasi untuk menentukan arah berdasarkan posisi kutub bumi. Kompas sangat dibutuhkan bagi mereka yang suka melakukan perjalanan. Demikian juga bagi para tuna netra, sebuah kompas akan sangat membantu mereka untuk mengetahui posisi dan tempat yang hendak dituju. Karena itulah didisain sebuah kompas digital yang memiliki output berupa suara untuk menunjukkan arah yang dapat digunakan oleh para penyandang tuna netra.

Pembuatan kompas digital ini memerlukan suatu sensor medan magnet yang presisi untuk mendeteksi kuat medan magnet bumi, ini dikarenakan kuat medan magnet bumi cukup kecil yaitu sekitar 0,6 gauss. Sensor yang digunakan adalah HMC 1002. Permasalahan lain yang timbul adalah peletakan peralatan lainnya pada Kompas seperti microcontroller, Instrumentation Amplifier, ADC, IC untuk suara, LCD dan speaker yang bisa mempengaruhi kinerja dari HMC 1002. Penempatan peralatan-peralatan ini harus efektif untuk mengurangi interferensi medan magnet yang dibangkitkan oleh komponen-komponen tersebut. Adapun kompas yang dibuat mempunyai sensitifitas paling sedikit sebesar 5°.

Makalah ini disusun dengan susunan sebagai berikut: pendahuluan, teori tentang teknik sensing medan magnet, sistem kontrol kompas digital, algoritma (rancangan perangkat lunak), pengujian dan diakhiri dengan penutup (kesimpulan).

## 2. Teknik Sensing Medan Magnet

### 2.1 Medan Magnet Bumi

Hubungan antara listrik dan kemagnetan dapat dilihat pada fenomena Oersted dimana sebuah magnet yang dapat berputar (jarum kompas) akan mendefleksi (menyimpang) apabila berada dekat dengan kawat yang dialiri listrik. Bumi adalah magnet besar dengan kutub-kutub magnet dan sebuah khatulistiwa magnet (*magnetic equator*). Sumbu magnet bumi dan sumbu rotasi bumi tidak berimpit melainkan dipisahkan oleh sudut 15°.

Bumi memiliki medan magnet sebesar 0,5 gauss dengan referensi arah medan magnet yaitu pada kutub selatan (Antartika) sebagai kutub utara magnet bumi. Pada kompas konvensional, jarum kompas akan selalu mengarah pada posisi referensi kutub utara bumi (kutub selatan magnet bumi) ini, dengan syarat atau kondisi tidak terinduksi atau terpengaruh oleh medan magnet dari magnet lain. Arah medan magnet selalu mengikuti garis-garis gaya magnet, dimana garis-garis ini mengarah

keluar dari kutub Utara magnet bumi menuju ke kutub Selatan magnet bumi. Untuk kompas konvensional, jarum kompas akan berfungsi sebagai “sensor” medan magnet bumi.

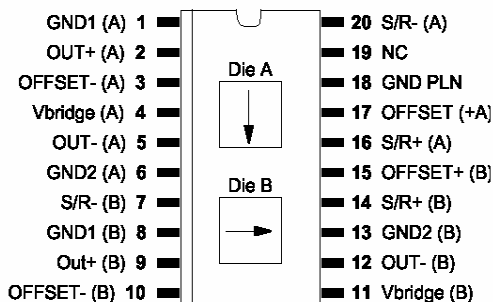
## 2.2 Sensor Medan Magnet HMC 1002

Sensor HMC 1002 memiliki range sebesar  $-2$  gauss sampai  $+2$  gauss dan sensitifitas sebesar  $3,1$  mV/V/G sehingga memiliki kemampuan mendeteksi medan magnet yang cukup luas. Berikut ini adalah gambar sensor magnet HMC 1002.



Gambar 1. Sensor magnet HMC 1002

Sensor HMC 1002 memiliki dua buah sumbu sensitif yang cukup untuk menentukan arah kompas seperti kompas konvensional pada umumnya. Dua buah sumbu sensitifnya ditunjukkan pada gambar berikut.

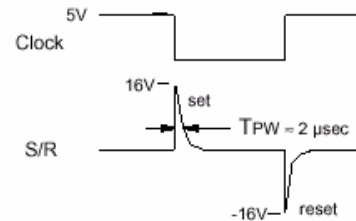


Gambar 2. Dua buah sumbu dalam satu sensor magnet HMC 1002

Sensor magnet HMC 1002 terbuat dari sebuah lapisan tipis (*thin film*) dengan bahan Besi-Nikel (*Nickel-Iron*) yang disebut juga *Permalloy*. Sensor magnet ini bekerja berdasarkan teori elektromagnet, sehingga yang berfungsi sebagai penginduksinya adalah arus listrik. Untuk itu diperlukan arus listrik yang cukup besar untuk menyearahkan dipol magnet elementer (*permalloy*) dari sensor tersebut. Dengan adanya arus yang cukup, didapat pengukuran dan sensitivitas sensor yang lebih baik.

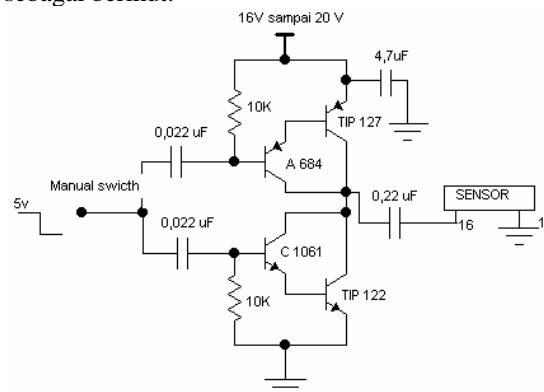
Untuk mengembalikan atau menjaga sensitifitas sensor HMC 1002 yang kurang akurat akibat adanya medan magnet dari luar maka dilakukan dengan cara memberikan pulsa sebuah arus yang besar melewati S/R strap. Sensitifitas dari HMC 1002 dapat tercapai sebesar  $3,2$  mV/V/gauss jika diberikan arus 3 Amp yang

melewati SR+ menuju SR- selama  $2\mu s$  secara sesaat saja seperti terlihat pada gambar 3.



Gambar 3. Single Clock Set/Reset Timing

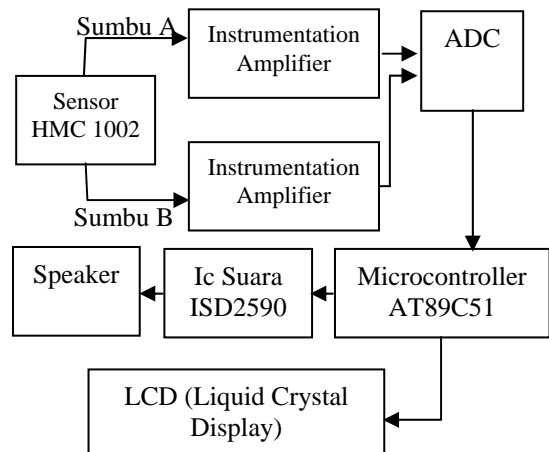
Untuk menghasilkan arus sebesar 3 Amp digunakan rangkaian Darlington agar arus yang dihasilkan dapat maksimal. Rangkaiannya adalah sebagai berikut.



Gambar 4. Rangkaian Darlington

## 3. Sistem Kontrol Kompas Digital

Secara keseluruhan, diagram blok dari sistem kompas digital dengan output suara yang dibuat adalah sebagai berikut.

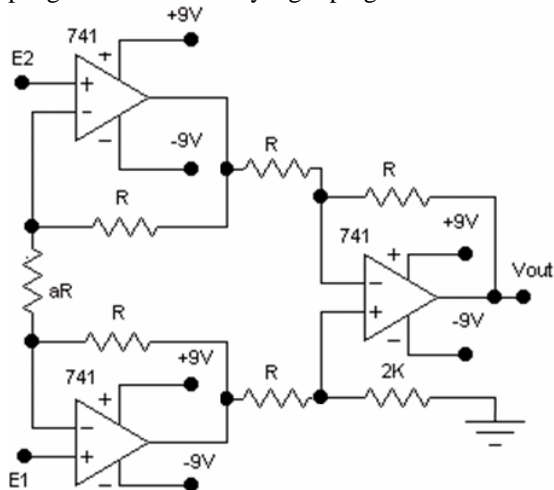


Gambar 5. Diagram blok kompas digital

Cara kerja dari sistem dapat dijelaskan sebagai berikut. Untuk memastikan arah kompas dari sensor magnet digunakan arah Utara magnet bumi sebagai arah referensi, kemudian diatur posisi IC HMC 1002 dimana sumbu A sejajar dan searah

dengan arah Utara dan sumbu B sejajar dan searah dengan arah Barat. Keluaran dari sensor HMC 1002 dimasukkan ke penguat instrumentasi (*instrumentation amplifier*).

Rangkaian penguat instrumentasi berfungsi untuk memperbesar rentang tegangan yang telah dihasilkan oleh HMC 1002. Dalam rangkaian ini, penguatan dan rentang tegangan dapat diatur sesuai yang diinginkan. Rangkaian berikut adalah penguat instrumentasi yang dipergunakan.



Gambar 6. Instrumentation amplifier

Besarnya *gain* yang dihasilkan adalah sebesar:

$$\frac{V_o}{E_1 - E_2} = 1 + \frac{2}{a}$$

Saat implementasi, resistor variabel *aR* dibuat  $100\Omega$  dan resistor variabel *R* bernilai  $100K\Omega$ .

Keluaran analog dari penguat instrumentasi diubah menjadi data digital menggunakan ADC (*Analog to Digital Converter*) dan yang digunakan adalah ADC0809 yang memiliki waktu konversi sebesar  $100\mu s$ . ADC0809 adalah ADC 8 bit yang memberikan level kuantisasi sebesar 256 tingkat dan ini lebih dari cukup untuk digunakan pada sensor HMC 1002.

Semua kontrol dari ADC ini dilakukan oleh *microcontroller* (MCS-51) yaitu ALE (untuk memulai pembacaan input address), START (untuk memulai proses konversi) dan CLOCK (untuk memberikan pulsa sehingga proses konversi dapat berlangsung). CLOCK ADC 0809 harus dibangkitkan dari luar, karena ADC 0809 tidak mempunyai CLOCK generator internal. Untuk mengatur CLOCK dibuat secara software dengan memanfaatkan fasilitas interrupt timer/counter yang ada pada MCS-51 melalui port 1.4 dimana besarnya CLOCK adalah 100 KHz.

Data hasil konversi ADC yang berupa data digital 8 bit di atas akan diproses di dalam mikrokontroler. Mikrokontroler yang digunakan

sebagai pusat kontrol utama adalah AT89C51 (keluarga MCS-51).

Output akhir dari perancangan sistem ini adalah suara. Suara yang akan dikeluarkan dikontrol oleh mikrokontroler. IC suara yang digunakan adalah ISD2590. IC ini berdurasi 90 detik. Berikut ini adalah daftar tabel alamat suara yang direkam ke dalam IC Suara (proses perekaman dilakukan secara manual pada saat percobaan berlangsung).

	BARAT LAUT
E0H	BARAT
C0H	BARAT DAYA
A0H	SELATAN
80H	TENGGARA
60H	TIMUR
40H	TIMUR LAUT
20H	UTARA
00H	

Gambar 7. Memory Mapping IC Suara ISD2590

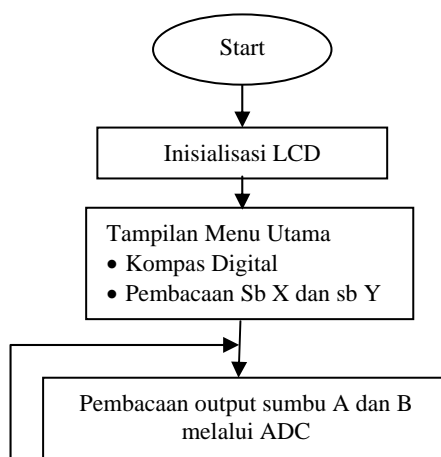
Selain dikeluarkan dalam bentuk suara, hasil pengolahan oleh mikrokontroler juga dikeluarkan melalui LCD untuk keperluan validasi.

#### 4. Rancangan Perangkat Lunak

Secara garis besar, perangkat lunak yang dirancang dibagi menjadi:

- ✓ Pembuatan prosedur untuk pembacaan output sumbu-sumbu sensor magnet satu persatu.
- ✓ Pembuatan prosedur untuk mengaktifkan ADC dan scanning arah kompas hasil output sensor magnet yang sudah dikonversikan ke data digital untuk kemudian dibandingkan dengan tabel percobaan yang didapat, agar diperoleh ukuran besar (*magnitude*) atau arah (*orientasi*) dari kuat medan magnet yang diukur.
- ✓ Pembuatan urutan prosedur menampilkan display pada LCD dan pembuatan prosedur untuk mengaktifkan IC suara dan mengeluarkan suara sesuai hasil pengolahan data sensor.

Flowchart keseluruhan dari perangkat lunak yang dibuat adalah sebagai berikut.



percobaan sampai didapatkan range yang tepat, kemudian mengambil data sumbu B untuk dibandingkan dengan data percobaan. Setelah itu baru menghasilkan output arah yang diharapkan. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada tabel 2 yang menunjukkan pembagian 16 arah pada kompas.

Tabel 2. Pembagian arah kompas

Sumbu A	Sumbu B	Arah
$A < 16$	$111 < B < 143$	Utara
$16 < A < 47$	$79 < B < 111$	Utara Timur Laut
$47 < A < 79$	$47 < B < 79$	Timur laut
$79 < A < 111$	$16 < B < 47$	Timur Timur Laut
$111 < A < 143$	$B < 16$	Timur
$143 < A < 175$	$16 < B < 47$	Timur Tenggara
$175 < A < 207$	$47 < B < 79$	Tenggara
$207 < A < 239$	$79 < B < 111$	Selatan Tenggara
$A > 239$	$111 < B < 143$	Selatan
$207 < A < 239$	$143 < B < 175$	Selatan Barat Daya
$175 < A < 207$	$175 < B < 207$	Barat Daya
$143 < A < 175$	$207 < B < 239$	Barat Barat Daya
$111 < A < 143$	$B > 239$	Barat
$79 < A < 111$	$207 < B < 239$	Barat Barat Laut
$47 < A < 79$	$175 < B < 207$	Barat Laut
$16 < A < 47$	$143 < B < 175$	Utara Barat Laut

Gambar 8. Flowchart perangkat lunak kompas.

#### 4.1. Prosedur scanning arah kompas hasil output sensor magnet

Keluaran dari HMC 1002 pada sumbu A dan sumbu B akan dimasukkan ke dalam ADC untuk dikonversi menjadi data digital. Tabel 1 menunjukkan hasil pengukuran menggunakan HMC 1002 untuk beberapa sudut yang berbeda. Data ini digunakan untuk proses *scanning* arah kompas.

Tabel 1. Hasil pengukuran Sensor

Sudut	Sensor A (mV)	Sensor B (mV)
0	-22,2	-12
45	-21	-11,5
90	-19,8	-10,3
135	-20	-9,4
180	-18,7	-8,2
225	-19,1	-9,2
270	-21	-10,3
315	-22	-11,7
360	-22,2	-12

Data yang dihasilkan oleh ADC di-*scanning* dan dibandingkan dengan database yang tersimpan di memori. Database tersebut berisi informasi seperti tabel 1 di atas.

Proses *scanning* dilakukan dengan mengambil data dari sumbu A terlebih dahulu lalu dibandingkan dengan data yang ada pada tabel

Dengan menggunakan informasi tabel di atas disusun program yang berisi perbandingan-perbandingan untuk masing-masing keluaran ADC dengan database di dalam mikrokontroler.

#### 4.2. Pembuatan prosedur untuk mengeluarkan suara

Untuk menampilkan suara, terlebih dahulu dilakukan proses validasi dengan mengecek output yang dihasilkan oleh ADC untuk ditampilkan ke LCD. Setelah data yang keluar dari ADC dibandingkan dan betul sesuai dengan tabel percobaan maka program akan menuju kepada label yang telah berisi program untuk mengaktifkan suara mana yang akan dikeluarkan.

Untuk menentukan suara mana yang akan dikeluarkan, terlebih dahulu harus menentukan alamat dimana suara itu berada. Suara akan keluar jika output-nya sudah benar dan terjadi penekanan tombol. Pada sistem ini dipakai hanya 3 bit alamat (A5-A7) dari ISD 2590, maka pemetaan alamat memorinya seperti ditunjukkan pada gambar 7.

#### 5. Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan secara bertahap, mulai dari pengujian per bagian yang meliputi: pengukuran level keluaran sensor (Tabel 1), pengukuran penguatan penguat instrumentasi, pengujian sensitivitas ADC, hingga pengujian langsung untuk menentukan arah yang ditunjukkan kompas digital. Data hasil pengujian

tidak secara lengkap diberikan disini tetapi hanya sebagian saja.

Tabel 3. Pengujian penguat instrumentasi (tegangan dalam mV)

Input Sumbu A (mV)	Keluaran Penguat Instrumentasi	Input Sumbu B (mV)	Keluaran Penguat Instrumentasi
18	245	8,2	145
18,5	580	8,4	426
18,7	960	8,6	654
19	1340	8,8	1482
19,3	1580	9	1657
19,7	2360	9,8	2236
20	2600	10,1	2456
20,2	2970	10,4	2963

Tabel 4. Pengukuran keluaran kompas digital

Kompas konvensional (derajat)	0	45	90	270	360
Output sumbu A - Teoritik (desimal)	0	56	126	126	0
Output sumbu A - Percobaan (desimal)	0	54	127	125	0
Output sumbu B - Teoritik (desimal)	126	70	0	252	126
Output sumbu B - Percobaan (desimal)	128	67	2	252	127

Tabel 5. Keluaran IC Suara

Sudut	Suara (speaker)
0	Utara
5	Utara
25	Utara Timur Laut
30	Utara Timur Laut
35	Timur Laut
40	Timur Laut
75	Timur Timur Laut
80	Timur
85	Timur
115	Timur Tenggara
120	Timur Tenggara
125	Tenggara
130	Tenggara
150	Selatan Tenggara
175	Selatan
180	Selatan

Dari tabel 4 di atas dapat dilihat adanya error saat dibandingkan dengan kompas konvensional. Error ini disebabkan oleh karena adanya gangguan (*noise*) medan magnetik dari luar pada tempat pengujian ataupun dari rangkaian internal. Dari error yang terjadi pada tabel 4 dapat dihitung error rata-rata sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Error rata-rata pada sumbu A} &= \text{Jumlah error yang terjadi} / \text{Jumlah data yang dihitung} \\ &= 1 \times 12 + 2 \times 19 + 3 \times 23 + 4 \times 13 / 81 \\ &= 12 + 38 + 69 + 52 / 81 = 2,111 \end{aligned}$$

$$\sim 1,407^\circ$$

$$\begin{aligned} \text{Error rata-rata pada sumbu B} &= \text{Jumlah error yang terjadi} / \text{Jumlah data yang dihitung} \\ &= 1 \times 13 + 2 \times 22 + 3 \times 28 + 4 \times 7 / 81 \\ &= 13 + 44 + 84 + 28 / 81 = 2,086 \\ &\sim 1,391^\circ \end{aligned}$$

## 6. Kesimpulan

- ✓ Kompas digital yang dibuat memanfaatkan 2 (dua) sumbu sensitif dari sensor magnet yaitu sumbu A dan sumbu B, dengan perbandingan kedua hasil output pada sensor magnet maka diperoleh range output yang berbeda untuk arah kompas dari sudut  $0^\circ$  sampai  $360^\circ$ .
- ✓ Kompas digital yang dibuat ini dapat menunjukkan 16 arah mata angin dan memiliki error sebesar  $1,407^\circ$  pada sumbu A (Utara) dan  $1,391^\circ$  pada sumbu B (Barat) jika dibandingkan dengan kompas konvensional pada umumnya.

## 7. Referensi

- [1] Atmel Corporation, "Atmel AT89C51 Microcontroller Databook", San Jose - California, 1995.
- [2] National Semiconductor Co. "National Data Acquisition Databook", Crawfordsville, 1995.
- [3] Honeywell, "1- and 2-Axis Magnetic Sensors Datasheet", Plymouth.
- [4] ISD, "ISD2500 Series", *Voice Recording & Playback IC Databook*, Information Storage Devices, San Jose- California, 1996.