

Makalah Seminar Tugas Akhir
**Prototipe Mesin Penyeleksi dan Penghitung Uang Logam
Berbasis Mikrokontroler ATMEL AVR AT90S8515**

Sari Karyanto

e-mail: carry_and_toe@yahoo.com

L2F 099 635

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

Abstrak

Perkembangan teknologi elektronika memicu berkembangnya dunia mekatronika yang pada mulanya menggunakan cara konvensional berubah menggunakan cara modern dengan memanfaatkan kemajuan teknologi. Bukan hanya di sektor industri, sektor perbankanpun tidak luput dari penggunaan kemajuan teknologi, satu benda yang menjadi sorotan adalah mesin penghitung uang kertas, peralatan ini sangat praktis dan efisien. Model peralatan ini tidak lain tersusun atas kesatuan sistem mekanik yang terpadu yang digerakkan oleh sebuah pengendali. Konsep mekatronika penghitung uang kertas tersebut bisa dikembangkan, akan tetapi diterapkan pada uang logam dengan hasil tampilan adalah jumlah dalam satuan rupiah oleh LCD dan bukan angka jumlah satuan oleh seven segment.

Tujuan yang hendak dicapai pada tugas akhir ini adalah pembuatan perangkat keras dan lunak dari prototipe mesin penyeleksi dan penghitung uang logam berbasis mikrokontroler Atmel AVR AT90S8515. Metode yang digunakan dalam tugas akhir ini meliputi tahap-tahap studi literatur perangkat keras dan lunak; perancangan sistem alat; pembuatan perangkat keras, perangkat lunak dan mekanik; pengujian sistem berdasar pada teori yang ada sampai dengan penyelesaian akhir; dan pembuatan laporan.

Hasil yang telah diperoleh melalui serangkaian metode tersebut adalah sebuah prototipe mesin yang mampu membedakan dan menghitung empat jenis uang logam tertentu dalam satuan rupiah. Akan tetapi masih memiliki keterbatasan-keterbatasan, antara lain keterbatasan dalam kecepatan penghitungan, dan jumlah total 4 jenis uang logam yang dihitung.

Kata kunci: AVR AT90S8515, uang logam, sensor dimensi.

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah.

Perkembangan teknologi yang sangat cepat ini memicu berkembangnya dunia mekatronika yang pada mulanya menggunakan cara konvensional berubah menggunakan cara modern dengan memanfaatkan kemajuan teknologi.

Bukan hanya di sektor industri, sektor perbankan pun tidak luput dari penggunaan kemajuan teknologi, seperti misalnya program jaringan sebagai media komunikator antar bank termasuk semua mesin-mesin ATM yang disebar di berbagai wilayah. Semua sudah menggunakan teknologi digital yang maju berbasis komputer. Selain teknologi jaringan dan peralatan mekatronika mesin ATM, terdapat peralatan mekatronika lain yang sering dijumpai di bank-bank, yaitu mesin penghitung uang kertas. Peralatan ini sangat praktis dan otomatis.

Konsep mekatronika penghitung uang kertas tersebut bisa dikembangkan, akan tetapi diterapkan pada uang logam dengan hasil tampilan adalah jumlah dalam satuan rupiah oleh LCD dan bukan angka jumlah satuan oleh *seven segment*. Selain itu uang logam yang akan dihitung sifatnya adalah acak, yaitu semua jenis uang logam diletakkan di satu tempat penampungan, lalu mesin akan menyeleksi dan menghitungnya secara otomatis. Perbedaan sistem mekatronika antara penghitung uang kertas dengan uang logam ini adalah penyeleksian dan terdapatnya kotak tampung untuk masing-masing jenis uang yang indikatornya akan menyala bila sudah penuh.

1.2 Tujuan

Tujuan yang hendak dicapai pada Tugas Akhir ini, yaitu pembuatan perangkat keras dan lunak dari mesin

penyeleksi dan penghitung uang logam berbasis mikrokontroler Atmel AVR AT90S8515.

1.3 Pembatasan Masalah

Dalam Tugas Akhir ini, sistem yang akan dibuat dibatasi pada hal-hal sebagai berikut :

- a. Perangkat keras yang digunakan berbasis mikrokontroler Atmel AVR AT90S8515.
- b. Mesin ini hanya dapat digunakan untuk menghitung 4 macam besaran uang logam yaitu 1000,500,100 dan 50.
- c. Jenis uang logam yang dapat dihitung adalah uang logam yang terbuat dari bahan kuningan.
- d. Proses penghitungan uang logam dilakukan satu-persatu.
- e. Perangkat lunak untuk mikrokontroler menggunakan bahasa *assembly*.
- f. Karena keterbatasan memori program dari mikrokontroler, maka mesin tidak mampu menghitung uang logam dalam jumlah yang sangat banyak.
- g. Tidak membahas masalah mekanis pengayak uang logam sebelum dicuplik.

II. DASAR TEORI

2.1 Konsep Penyeleksian Uang Logam

Setiap lapisan masyarakat di seluruh penjuru dunia lazim menggunakan uang sebagai alat pembayaran yang sah dalam bidang perekonomian. Pada umumnya, di setiap negara terdapat dua jenis uang kartal, salah satunya adalah uang logam. Adapun uang logam yang dibuat, tidak hanya terpaku pada

satu jenis nilai nominal saja, melainkan terdiri dari banyak jenis nilai nominal, seperti di negara kita, uang logam dibuat dengan jenis pecahan nominal 50-an, 100-an 500-an dan 1000-an.

Tiap-tiap jenis pecahan nominal dari uang logam tersebut dibuat dengan dimensi yang berbeda-beda pula sesuai nilai nominalnya, perbedaan itu antara lain adalah ketebalan dan diameter dari masing-masing pecahan untuk jenis bahan yang sama. Adapun untuk pecahan nominal 50-an memiliki dimensi yang terkecil, berturut-turut sampai yang berdimensi terbesar, yaitu pecahan nominal 1000-an.

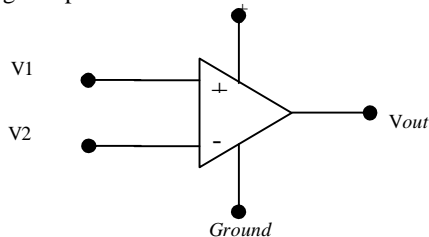
Perbedaan dimensi dari tiap-tiap jenis pecahan nilai nominal ini bisa diidentifikasi secara elektronik, terutama diameternya. Apabila uang logam digelindingkan pada satu jalur gelinding rata yang sama, maka tiap-tiap jenis pecahan akan tampak secara jelas perbedaan ketinggiannya di atas jalur gelinding, mulai dari yang terpendek untuk jenis 50-an sampai dengan yang tertinggi untuk jenis 1000-an.

2.2 Photodioda

Sambungan *pn* dari suatu dioda sangat sensitif terhadap radiasi EM (Elektromagnetik) yang mungkin merusak sambungan. Sensitivitasnya biasanya berupa suatu perubahan karakteristik $I - V$ dari sambungan sebagai akibat dari perubahan dalam arus. Dioda khusus yang dipergunakan sebagai photodetektor memiliki sambungan yang dapat menerima gelombang radiasi EM yang datang. Keuntungan yang paling utama dari detektor tersebut adalah respon waktunya yang sangat cepat. Piranti tersebut bisa dipergunakan dalam aplikasi penyensoran dan pengukuran dengan kecepatan tinggi atau pada komunikasi.

2.3 Op-Amp Sebagai Komparator

Rangkaian komparator dengan menggunakan penguat operasional (*Op - Amp*) seperti terlihat pada Gambar 2.1 merupakan rangkaian yang bekerja dengan membandingkan tegangan masukan pada kedua masukan penguat operasional.



Gambar 2.1 Penguat Operasional sebagai Komparator

Prinsip kerja dari komparator seperti Gambar 2.1 di atas adalah bila tegangan masukan pada masukan tak membalik (V_1) lebih besar dari tegangan masukan pada masukan membalik (V_2), maka tegangan keluaran akan tinggi mendekati $+V_{cc}$. Sebaliknya bila tegangan masukan pada masukan membalik (V_2) lebih besar dari tegangan masukan pada masukan tak membalik (V_1), maka tegangan keluaran akan rendah mendekati 0 Volt. Bila tegangan di kedua masukan sama maka tegangan keluaran juga rendah mendekati 0 Volt.

2.4 Multiplexer

Multiplexer adalah suatu rangkaian logika yang mampu memilih sebuah bit masukan dari sejumlah sumber

yang berlainan dan mengarahkan bit yang terpilih ini ke suatu keluaran. Bit yang terpilih ditentukan oleh saluran-saluran alamat masukan yang sesuai.

Multiplexer yang memiliki empat saluran alamat masukan ($S_0 S_1 S_2 S_4$) mampu memilih satu diantara enam-belas kemungkinan bit masukan, *multiplexer* yang memiliki tiga saluran alamat masukan ($S_0 S_1 S_2$) mampu memilih satu di antara delapan kemungkinan bit masukan *multiplexer* yang memiliki dua saluran alamat masukan ($S_0 S_1$) mampu memilih satu di antara empat kemungkinan bit masukan, *multiplexer* yang memiliki satu saluran alamat masukan (S_0) mampu memilih satu di antara dua kemungkinan bit masukan.

2.5 Mikrokontroler AT90S8515

Keistimewaan AT90S8515 adalah sebagai berikut:

- Arsitektur RISC
- 118 instruksi sebagian besar satu siklus instruksi.
- 32x8 register kerja serbaguna
- 8 MIPS (*Mega Instructions per Second*) pada 8 MHZ.
- 8 Kbytes *In-System Programmable Flash* (1000 siklus hapus/tulis)
- 512 bytes RAM
- 512 bytes *In-System Programmable EEPROM* (100.000 siklus hapus/tulis)
- Pewaktu *Watchdog* terprogram dengan Osilator dalam chip.
- Sumber interupsi internal dan eksternal.
- 32 jalur I/O terprogram.

Program ditempatkan di ISP (*In-System Programmable*/terprogram dalam sistem) *Flash Memory*. Memori data terdiri dari 32 x8 bit register serbaguna, 64x8 bit register I/O, 512x8 bit internal RAM, dan 64 Kx8 bit RAM eksternal.

AT90S8515 mempunyai kapasitas memori program sebesar 8 Kbytes. Karena semua format instruksi berupa kata (*word*) 16-32 bit maka format memori program ini adalah 4Kx16 bit. Memori *Flash* ini dirancang untuk dapat di hapus dan tulis sebanyak seribu kali. Program *Counter* (PC)-nya sepanjang 12 bit sehingga mampu mengakses hingga 4096 lokasi memori.

2.6 Transistor

Transistor dapat difungsikan sebagai sakelar elektronik, yaitu dengan memberikan bias agar transistor bekerja pada daerah jenuh dan daerah mati (*cut off*). Pada daerah jenuh transistor seakan – akan berfungsi sebagai sakelar tertutup, dan saat berada pada daerah mati transistor berfungsi sebagai sakelar yang terbuka.

2.7 Motor DC

Motor listrik adalah sebuah alat yang dapat mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Prinsip dasarnya adalah jika sebuah penghantar yang dialiri listrik diletakkan dalam medan magnet, maka pada kawat tersebut akan bekerja suatu gaya yang mempunyai arah seperti ditunjukkan oleh kaidah tangan kiri *Fleming*.

2.8 LCD (*Liquid Crystal Display*) M1641

Modul LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah salah satu alat yang digunakan sebagai tampilan. Modul LCD sangat banyak macamnya baik ditinjau dari dari perusahaan pembuatnya maupun dari ukurannya. Pada umumnya LCD dibuat sudah menjadi satu dengan penghasil karakter (*character generator*) dan sistem pengaturnya (*system controller*). Walaupun berbeda-beda perusahaan pembuatnya maupun ukurannya tetapi pada dasarnya sistem pengaturannya memiliki standard yang sama. Pengaturan LCD dapat dilakukan dengan menggunakan 4 atau 8 jalur data, keuntungan menggunakan 4 bit data adalah menghemat jalur data tetapi akan memakan 2 kali memori program.

Salah satu dari modul LCD yang ada dipasaran yang dipakai pada tugas akhir ini adalah modul LCD yang memiliki type M1641 buatan dari *Seiko Instrument*, memiliki karakteristik sebagai berikut:

- Terdapat 16 x 1 baris karakter huruf yang bisa ditampilkan
- Setiap huruf terdiri dari 5x7 *dot matrix + cursor*
- Terdapat 192 macam karakter pada *Character Generator ROM*
- Terdapat 80x8 bit *display RAM* (maksimum 80 karakter)
- Memiliki kemampuan penulisan dengan 8 bit maupun dengan 4 bit
- *Reset* otomatis saat tegangan dihidupkan

2.8 Sandi BCD (*Binary Coded Decimal*)

Sandi BCD adalah sandi yang menggabungkan sifat-sifat bilangan desimal dan biner. Sandi 8421 adalah salah satu diantara sekian banyak sandi yang dinamakan desimal-bersandi-biner (BCD). Terdapat sejumlah besar sandi semacam itu. Pada umumnya, sandi BCD adalah suatu sandi dengan masing-masing angka pada bilangan desimal dikodekan satu-demi-satu ke dalam kelompok-kelompok angka biner. Untuk pengkodean ini dapat digunakan kelompok 4-bit, 5-bit dan seterusnya.

Karena sandi BCD 8421 merupakan jenis sandi BCD yang paling mendasar, maka sering disebut sebagai BCD saja tanpa penjelasan lain. Sandi 8421 menyatakan masing-masing angka desimal dengan ekivalen biner 4-bitnya. Sebagai contoh, bilangan desimal 429 diubah ke dalam ekivalen binernya sebagai berikut:

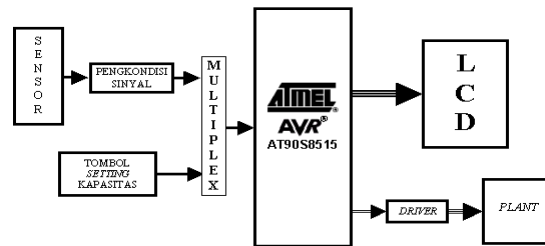
4	2	9
↓	↓	↓
0100	0010	1001

Oleh karenanya, dalam sandi 8421, 0100 0010 1001 menyatakan bilangan desimal 429.

Sandi 8421 identik dengan biner sampai bilangan desimal 9, 1001 adalah kelompok 4-bit terbesar dalam sandi 8421. Oleh karenanya, sandi ini disebut 8421; bobot-bobot dalam suatu kelompok adalah 8, 4, 2, 1 dibaca dari kiri ke kanan sama seperti untuk bilangan biner. Di atas 9, sandi 8421 berbeda dari sandi bilangan biner. Sebagai contoh, bilangan biner bagi 12 adalah 1100, namun bilangan 8421 bagi 12 adalah 0001 0010. Dengan demikian, di atas 9, setiap bilangan biner berbeda dari bilangan 8421 yang bersangkutan.

III. PERANCANGAN ALAT

Blok diagram perancangan sistem ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Blok diagram perancangan sistem

Berdasarkan Gambar 3.1 penjelasan masing-masing dari blok diagram adalah sebagai berikut :

1. Sensor ; sensor yang digunakan di sini adalah sensor infra merah.
2. Pengkondisi sinyal ; rangkaian pengkondisi sinyal dimaksudkan agar kondisi-kondisi yang diakibatkan oleh proses *sensing* dari infra merah mampu dibaca dengan jelas oleh mikrokontroler sebagai masukan yang berupa 0 atau 1.
3. Tombol *setting* kapasitas; tombol yang digunakan adalah *micro switch*.
4. *Multiplexer*; rangkaian pemilih satu *input* logika dari banyak jumlah *input* logika sesuai keinginan.
5. ATMEL AVR AT90S8515 ; yaitu sebuah pengendali/pemroses utama dari keseluruhan masukan dari pengkondisi sinyal.
6. LCD (*Liquid Crystal Display*); yaitu tampilan untuk hasil penghitungan uang logam.
7. *Driver* ; rangkaian *driver* digunakan untuk menguatkan arus yang akan menggerakkan motor DC sebagai *plant*.

Model ini akan dirancang dari sistem mekanik yang terdiri dari sebuah tempat penampungan uang logam yang akan dihitung dilengkapi perangkat pencuplik agar uang logam bisa keluar satu per satu; sebuah *sensing area* yaitu tempat dimana uang logam dideteksi dimensinya dan kemudian uang logam itu dipisahkan menurut besar satuannya oleh sebuah perangkat mekanik pemisah; dan terakhir uang logam akan tertampung dalam kotak tampung menurut besar satuannya. Model ini juga dilengkapi dengan sebuah tampilan LCD yang akan menampilkan jumlah keseluruhan uang logam yang telah dihitung dalam satuan rupiah.

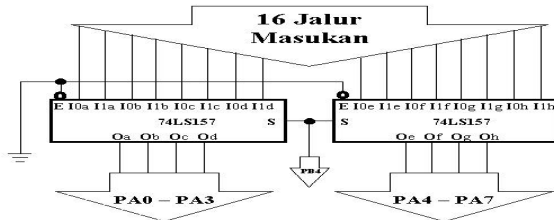
3.1 Sensor Infra Merah

Pemancar dan penerima infra merah digunakan sebagai indera untuk mendeteksi keadaan tertentu, seperti sebagai sensor dimensi dan sebagainya.

3.2 Multiplexer Masukan

Setiap *port* mikrokontroler hanya memiliki kapasitas data 8 bit, akan tetapi dapat dibuat agar mampu mengakomodasi data lebih dari 8 bit, sebagai

misal 16 bit, 32 bit dan seterusnya, hal ini dapat dilakukan dengan cara mengambil data 8 bit secara bergantian per 8 bit. Agar pengakomodasian ini dapat dilakukan oleh mikrokontroler, maka diperlukan rangkaian tambahan sebelum masuk ke pin mikrokontroler, rangkaian ini dibangun oleh IC *multiplexer*. Gambar 3.2 menunjukkan diagram hubungan pin IC SN74LS157 dengan mikrokontroler.



Gambar 3.2 Diagram hubungan pin SN74LS157 dengan pin AVR

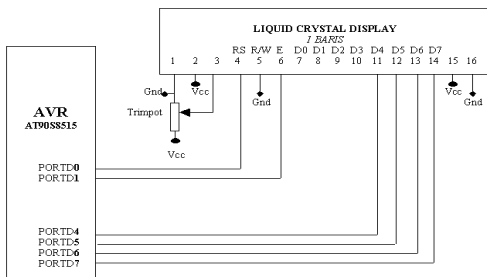
Dari Gambar 3.2, sebuah IC memiliki 4 keluaran (O) dari 8 masukan (I), dimana setiap keluaran berasal dari dua masukan (indek 0 dan 1) yang dapat dipilih melalui pin pemilih S. Delapan keluaran dan masukan dibedakan dengan indek a, b, c, d, e, f, g dan h. Agar IC dapat bekerja dalam *multiplexing*, maka pin E harus diberi logika *low*, sedangkan apabila pin ini diberi logika *high*, maka, apapun kondisi logika masukan, semua O akan berlogika *low*. Adapun pin S digunakan untuk menentukan apakah I_0 atau I_1 yang akan diteruskan ke O. Apabila pin S diberi logika *low*, maka O akan berlogika sama dengan I_0 , hal ini karena I_0 diteruskan ke O, sebaliknya jika pin S diberi logika *high*, maka O akan berlogika sama dengan I_1 , hal ini karena I_1 diteruskan ke O.

3.3 Sistem Minimum AVR

Semua mikrokontroler memiliki sebuah sistem minimum sebagai pendukung kinerjanya, sistem ini berbeda pula untuk sebuah keluarga mikrokontroler yang berbeda. Mikrokontroler AT90S8515 dirancang sebagai *single chip*, sehingga dalam perancangannya cukup dibutuhkan rangkaian pembangkit *clock* yang terdiri dari crystal tala dan kapasitor (crystal yang digunakan dapat berukuran dari 0 Mhz sampai 8 Mhz).

3.4 Interface LCD dengan AVR

LCD dapat dioperasikan dengan 2 mode yaitu 4 bit dan 8 bit, sebelum menampilkan karakter, mode ini di-*setting* terlebih dahulu dalam proses inisialisasi melalui IR (*Instruction Register*). Sedangkan data tampilan 8 bit di kirim melalui DR (*Data Register*). Dua register ini dapat dipilih melalui kaki RS oleh mikrokontroler. LCD memerlukan catu daya sebesar 5V DC. Adapun cara menghubungkan LCD dengan AVR diperlihatkan pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Interface antara LCD dengan AT90S8515

Berdasarkan Gambar 3.4, tampak bahwa LCD terkonfigurasi pada mode 4 bit, ini diperlihatkan tidak dipakainya kaki D0 – D3 pada LCD. Pada LCD, kaki 1 dan 16 terhubung ke *ground*, sedangkan kaki 2 dan 16 terhubung ke Vcc. Kaki 1 dan 3 bersama-sama terhubung dengan trimpot 1KΩ untuk mengatur terang redup LCD.

IV. PENGUJIAN ALAT

4.1 Pengujian Sistem Minimum AT90S8515

Pengujian sistem minimum dapat dilakukan dengan cara memberikan suatu program *input* atau *output* sederhana yaitu dengan jalan mengisikan program pada memori *flash* mikrokontroler AT90S8515 yang berkaitan langsung dengan seluruh pinnya. Seluruh pin *input* dihubungkan dengan *push button* dari tegangan 5V, sedangkan untuk mengetahui kondisi logika seluruh pin *output*, maka setiap pin perlu dihubungkan dengan sebuah rangkaian LED. Di sini, *port A* sebagai *input* sedangkan *port B*, C dan D sebagai *output*. Pada saat mikrokontroler dijalankan, seluruh pin *output* (PB, PC dan PD) akan berlogika *low*, hal ini karena LED tidak menyala. Namun apabila pin 0 *input* (PA0) diberi logika *high*, maka seluruh pin 0 *output* (PB0, PC0 dan PD0) akan berlogika *high*, hal ini karena LED menyala, sedangkan pin *output* yang lainnya tetap berlogika *low* karena LED tidak menyala. Hasil selengkapnya ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data hasil uji pin

INPUT		OUTPUT	
PORTA	PORTB	PORTC	PORTD
0000001	0000001	0000001	0000001
0000010	0000010	0000010	0000010
00000100	00000100	00000100	00000100
00001000	00001000	00001000	00001000
00010000	00010000	00010000	00010000
00100000	00100000	00100000	00100000
01000000	01000000	01000000	01000000
10000000	10000000	10000000	10000000

Sebenarnya, pengujian pin-pin ini melewati lokasi RAM dalam proses pemindahan data-data, sehingga secara tidak langsung telah dilakukan pengujian terhadap lokasi-lokasi RAM.

4.2 Pengujian Rangkaian Sensor Infra Merah

Tabel 4.2 menunjukkan data-data hasil pengambilan sebanyak 5 kali.

Tabel 4.2 Data pengujian sensor infra merah

Halangan	Tegangan <i>output</i> Op-Amp (Volt)						Logika
	Data 1	Data 2	Data 3	Data 4	Data 5	Rata-rata	
Ada	3.68	3.69	3.78	3.72	3.73	3.72	High
Tidak ada	0,02	0,03	0,05	0,03	0,03	0,03	Low

Kedua kondisi *output* Op-Amp pada Tabel 4.2 di atas selanjutnya mampu dikenali sebagai logika *high* untuk tegangan 3.72 Volt dan logika *low* untuk tegangan 0,03 Volt.

4.3 Pengujian Multiplexer

Pada pengujian, tegangan *input high* sebesar 3 Volt dan *input low* terhubung *ground* dengan Vcc IC sebesar 4,92 Volt. Pada *selector*, tegangan 3 Volt untuk *high* dan *ground* untuk *low*. Digunakan tegangan 3 Volt karena keluaran sensor infra merah untuk logika *high* adalah kurang lebih 3,9 Volt. Tabel 4.3 memperlihatkan data-data hasil pengujian *multiplexer*.

Tabel 4.3 Data hasil pengujian *multiplexer*

SELECTOR (Volt)	INPUT 1 (Volt)	INPUT 0 (Volt)	OUTPUT (Volt)
3,00	3,00	0,00	3,80
3,00	0,00	0,00	0,09
3,00	3,00	3,00	3,75
3,00	0,00	3,00	0,08
0,00	0,00	3,00	3,53
0,00	0,00	0,00	0,08
0,00	3,00	3,00	3,92
0,00	3,00	0,00	0,10

Dari Tabel 4.3, tampak bahwa pada saat *selector* diberi logika tegangan 3 Volt (logika *high*), tegangan *output* yang terukur ternyata selalu mendekati tegangan *input 1*, meskipun tegangan *input 0* diubah-ubah, namun hal ini tidak berpengaruh apa-apa terhadap *output*, dengan demikian, *input 1* diteruskan ke *output* sementara *input 0* ditahan. Keadaan sebaliknya jika *selector* dihubungkan ke *ground* (logika *low*) tegangan *output* yang terukur ternyata selalu mendekati tegangan *input 0*, meskipun tegangan *input 1* diubah-ubah, namun hal ini tidak berpengaruh apa-apa terhadap *output*, dengan demikian, *input 0* diteruskan ke *output* sementara *input 1* ditahan.

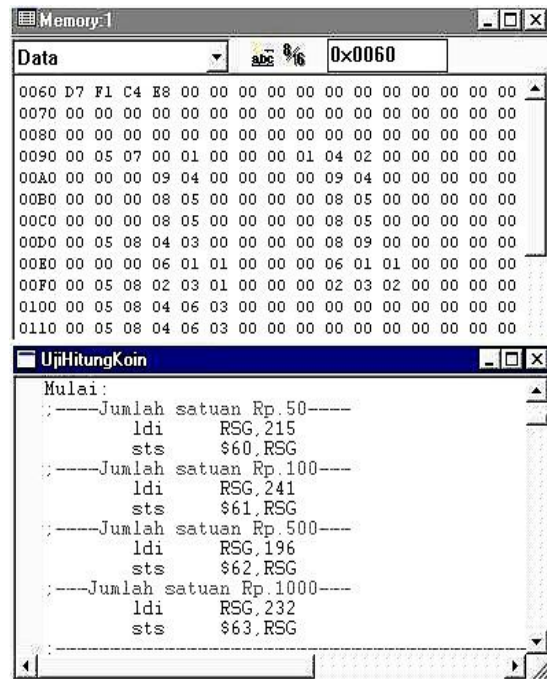
4.4 Pengujian Penghitungan Uang Logam

Program untuk menghitung uang logam yang akan diuji sebenarnya tersusun atas program-program perkalian, pembagian, pengubah biner ke sandi BCD dan juga penjumlah bilangan BCD.

Adapun susunan urutan penghitungan adalah sebagai berikut; pertama-tama, jumlah hitungan satuan untuk masing-masing uang logam disimpan ke dalam sebuah memori data masing-masing. Setelah penghitungan satuan selesai, baru kemudian isi terakhir dari masing-masing memori data diambil untuk dikalikan dengan jenis uang logam yang bersangkutan, sebagai contoh telah diperoleh 46 buah uang logam jenis 50, sehingga totalnya adalah 46 x Rp.50 (Rp.2300). Setelah diperoleh hasil terakhir dalam rupiah, baru kemudian karakter BCD hasil perhitungan ini ditampilkan ke LCD, dengan demikian bisa menghemat pembuatan *lookup table* untuk tampilan ke LCD.

Pengujian program ini dilakukan dengan cara mengisikan register-register tempat menyimpan jumlah satuan uang logam yang bersangkutan dengan jumlah satuan dari uang logam masing-masing yang dihitung. Register-register ini sebenarnya berasal dari rutin program penyeleksi dimensi uang logam yang telah dijalankan sebelumnya.

Pada saat diuji untuk menghitung 215 buah uang logam Rp.50, 241 buah uang logam Rp.100, 196 buah uang logam Rp.500 dan 232 buah uang logam Rp.1000, maka diperoleh hasil;



Apabila bilangan satuan 215 dikalikan dengan jenis Rp.50, maka akan diperoleh hasil sebesar Rp.10750. Hal ini diperlihatkan pada lokasi RAM \$60 dengan data D7h (215). Ini menyebabkan lokasi RAM untuk digit BCD jumlah rupiah Rp.50 dari kanan ke kiri masing-masing berisi karakter 010750, ini sebagai hasil 1.

Apabila bilangan satuan 241 dikalikan dengan jenis Rp.100, maka akan diperoleh hasil sebesar Rp.24100. Hal ini diperlihatkan pada lokasi RAM \$61 dengan data F1h (241). Ini menyebabkan lokasi RAM untuk digit BCD jumlah rupiah Rp.100 dari kanan ke kiri masing-masing berisi karakter 024100, ini sebagai hasil 2.

Apabila bilangan satuan 196 dikalikan dengan jenis Rp.500, maka akan diperoleh hasil sebesar Rp.98000. Hal ini diperlihatkan pada lokasi RAM \$62 dengan data C4h (196). Untuk jenis Rp.500, jumlah satuan harus dibagi dengan 2 terlebih dahulu agar hasil bagi dan sisanya tidak melebihi batas 16 bit jika dibinerkan. Ini menyebabkan dua lokasi RAM untuk digit BCD jumlah rupiah Rp.500 dari kanan ke kiri masing-masing berisi karakter 049000, sebagai hasil kali 98 (196/2) dengan Rp.500, dan RAM untuk digit BCD sisa pembagian dari kanan ke kiri berisi 000000, hal ini karena apabila 196 dibagi 2, tidak menghasilkan sisa, ini sebagai hasil 3. Dengan demikian, lokasi RAM untuk digit BCD jumlah rupiah Rp.500 dari kanan ke kiri masing-masing berisi karakter 098000, ini sebagai hasil 4.

Terakhir, apabila bilangan satuan 232 dikalikan dengan jenis Rp.1000, maka akan diperoleh hasil sebesar Rp.232000. Hal ini diperlihatkan pada lokasi RAM \$63 dengan data E8h (232). Untuk jenis Rp.1000, jumlah satuan harus dibagi dengan 4 terlebih dahulu agar hasil bagi dan sisanya tidak melebihi batas 16 bit jika dibinerkan. Ini menyebabkan empat lokasi RAM untuk digit BCD jumlah rupiah Rp.1000 dari kanan ke kiri masing-masing berisi karakter 058000, sebagai hasil kali 58 (232/4) dengan Rp.1000, dan RAM untuk digit BCD sisa pembagian dari kanan ke kiri berisi 000000, hal ini karena apabila 232 dibagi

4, tidak menghasilkan sisa, ini sebagai hasil 5. Dengan demikian, lokasi RAM untuk digit BCD jumlah rupiah Rp.1000 dari kanan ke kiri masing-masing berisi karakter 232000, ini sebagai hasil 6.

Adapun hasil 7 adalah lokasi RAM yang memuat digit BCD hasil penjumlahan semua sisa yang dihitung, dan karena pada uji hitung kali ini tidak dihasilkan sisa sama sekali, maka hasil 7 berisi 000000.

Dengan demikian, hasil total akhir adalah penjumlahan dari 7 hasil yang diperoleh dalam bentuk BCD secara BCD pula. Dari uji hitung kali ini, lokasi RAM untuk digit BCD hasil akhir dari kanan ke kiri berisi karakter 364850, sedangkan apabila dijumlahkan secara teori, diperoleh hasil $(215 \times \text{Rp.}50) + (241 \times \text{Rp.}100) + (196 \times \text{Rp.}500) + (232 \times \text{Rp.}1000)$, yaitu Rp.364850.

4.4 Kesalahan Pada Saat Pengujian

Pada saat pengujian, terdapat kesalahan-kesalahan yang terkadang muncul, kesalahan ini terutama pada proses mekanis antara lain;

1. Proses Pencuplikan

Pada saat dilakukan pengujian pencuplikan, terjadi kesalahan dimana uang logam tidak mampu sampai ke jalur gelinding, hasil ujinya antara lain; dalam 65 kali pengujian pencuplikan uang logam, telah terjadi sebanyak 2 kesalahan, kesalahan ini terjadi pada jenis uang logam 50 dan 100, maka prosentase kesalahannya adalah:

$$\% \text{kesalahan} = \frac{2}{65} \times 100\% = 3,07\%$$

2. Proses Pelepasan ke Kotak Penampung

Pada saat dilakukan pengujian, terjadi kesalahan dimana uang logam tidak mampu sampai ke kotak penampung, hasil ujinya antara lain; dalam 67 kali pengujian, telah terjadi sebanyak 1 kesalahan, kesalahan ini terjadi pada jenis uang logam 50, maka prosentase kesalahannya adalah:

$$\% \text{kesalahan} = \frac{1}{67} \times 100\% = 1,47\%$$

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan perancangan dan pengujian perangkat keras dan perangkat lunak dari mesin penghitung uang logam berbasis mikrokontroler ATMEL AVR AT90S8515, maka penulis dapat menarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Mesin hanya mampu menghitung jumlah uang logam sampai dengan Rp.420750 saja.
2. Mesin tidak memiliki keandalan dalam efisiensi waktu karena sistem penghitungan adalah sekuensial per koin, selain itu motor-motor penggerak memiliki susunan *gearbox* agar torsi yang dihasilkan menjadi kuat namun mengakibatkan perputarannya menjadi lambat.
3. Karena mesin dimaksudkan hanya sebagai prototipe, maka tidak dilengkapi dengan perata koin yang akan dicuplik dan perangkat pengganti kotak bila penuh, dan kerja ini dilakukan secara manual, dengan demikian, koin yang akan dihitung sudah harus tertata rapi sesaat sebelum dicuplik.

4. Mesin tidak dapat bekerja dengan baik pada berbagai posisi kemiringan yang disebabkan oleh tempat dimana mesin diletakkan.
5. Mesin melakukan kesalahan pencuplikan rata-rata sekitar 3% dan kesalahan pada jalur jatuh untuk jenis uang logam 50 rata-rata sekitar 1,5% untuk proses penghitungan acak dan sekitar 5% untuk proses penghitungan hanya jenis uang logam 50.

5.2 Saran

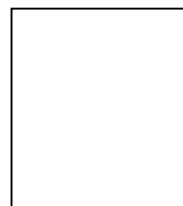
Agar sistem yang dibahas oleh penulis lebih bermanfaat, penulis menyampaikan saran-saran sebagai berikut:

1. Apabila mesin diharapkan mampu menghitung sampai jumlah yang lebih banyak, maka diperlukan mikrokontroler yang memiliki *flash memory* dan register yang lebih besar.
2. Sebaiknya mesin dioperasikan pada tempat yang datar.
3. Agar mesin bekerja lebih cepat, maka motor-motor penggerak dibuat berputar lebih cepat dan kuat.
4. Agar mesin mampu bekerja lebih sempurna, maka konstruksi dapat dirancang lebih kompleks.

DAFTAR PUSTAKA

1. Adel S Sedra, *Rangkaian Mikroelektronik Jilid 1*, Erlangga, Jakarta, 1990
2. Agfianto Eko Putra, *Belajar Mikrokontroler AT89C51/52/55 (teori dan aplikasi)*, Gava Media, 2002
3. Albert Paul Malvino PhD, *Prinsip-prinsip Elektronika Jilid 1*, Erlangga Jakarta, 1987
4. Moh.Ibnu Malik, Anistardi, *Bereksperimen dengan Mikrokontroler 8031*, Elek Media Komputindo, Jakarta, 1997
5. WilliamHayt H Jr, Kemmerley Jack, *Rangkaian listrik 1*, Alih Bahasa Silaban, Erlangga, Jakarta, 1985
6. www.atmel.com/

LAMPIRAN DIAGRAM ALIR UTAMA



Sari Karyanto, lahir di Pati, pada saat ini sedang menyelesaikan pendidikan S-1 di Jurusan Teknik Elektro Universitas Diponegoro dengan konsentrasi Kontrol.

Menyetujui/Mengesahkan,

Pembimbing I

Pembimbing II

Sumardi, ST, MT
NIP. 132 125 670

Iwan Setiawan, ST, MT
NIP. 132 283 183