SIMULASI PENERAPAN MIKROKONTROLLER AT89C51 DALAM PROSES PENYORTIRAN BALOK KAYU BERDASARKAN KRITERIA PANJANG DAN KETEBALAN

Simulation of AT89C51 Application in Wood Log Sorting Process Based on Specified Length And Thickness

Arief Hendra Saptadi dan Vita Nurdinawati
Akademi Teknik Telekomunikasi Sandhy Putra Purwokerto

ABSTRACT

The main problem on sorting out the wood logs in traditional wood industry was that the process should be done manually. Hence, it required an automated system to perform sorting process with a higher precision level. The purpose of this research was to create a simulation of automated wood log sorting process based on specified length and thickness.
The sorting system consisted of AT89C51 microcontroller system, keypad (in order to enter the required value of length and thickness), LCD (in order to display the result of sorting process), conveyor belt, two pairs of light sensor (consisting of photodiode and LED, each), and three DC motors which were driven by five relay circuits.
At the beginning of sorting process, an operator was to type the selection range (i.e. the minimum and maximum value of required length and thickness) via the keypad provided. The wood log mounted on conveyor belt would be measured by light sensors to determine the value of length and thickness. Based on the values, AT89C51 microcontroller system would then compare them to the selection range. If the log being sorted out fulfilled the requirements, it would be directed to "Accepted" compartment, or else to "Rejected" one.
From the test performed, it was concluded that the length measurement was more precise for short logs. While the error rate was much higher for thin logs on thickness measurement. The process of sorting out and counting the wood logs was performed successfully.
The system could use the narrowing mechanism at the mounting part of conveyor belt and better supporting ace on thickness sensor, in order to minimize the error rate on length and thickness measurement, respectively. In addition, the system could be developed to measure the volume of an object, providing that the object being measured was having a square or full-circle cross-sectional area.

Keywords: *Wood Log Sorting System, AT89C51 Microcontroller.*

PENDAHULUAN

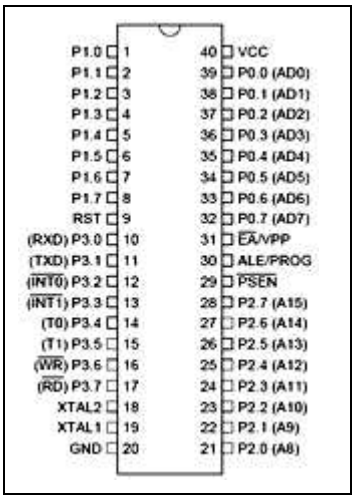
Pada industri kayu, proses penyortiran merupakan salah satu kegiatan untuk menjaga kualitas produksi. Kriteria penyortiran yang umum digunakan adalah ukuran panjang dan ketebalan balok. Apabila suatu balok tidak memenuhi batasan ukuran panjang dan ketebalan tertentu maka akan dikategorikan *Rejected* namun apabila sebaliknya maka dikategorikan *Accepted*.

Salah satu solusi yang dapat dipergunakan adalah dengan menggunakan bantuan *conveyor belt* yang dilengkapi dengan instrumen sensor pengukur panjang dan ketebalan balok kayu. Mikrokontroller AT89C51 dapat mengendalikan proses penyortiran secara keseluruhan.

Tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian ini adalah untuk mensimulasikan proses penyortiran berdasarkan parameter panjang dan ketebalan, dengan menggunakan sistem mikrokontroller AT89C51 yang dilengkapi instrumen sensor dan miniatur *conveyor belt*.

Mikrokontroler AT89C51

Mikrokontroler AT89C51 adalah sebuah IC (*Integrated Circuit*) sistem mikrokontroler 8 bit CMOS berdaya-rendah yang memiliki 4 KB *Flash Programmable and Erasable Read Only Memory* (PEROM). IC MCU (Microcontroller Unit) ini dibuat dengan teknologi memori *non-volatile* densitas tinggi dan kompatibel dengan konfigurasi pin dan satu set instruksi sesuai standard industri MCS 51.

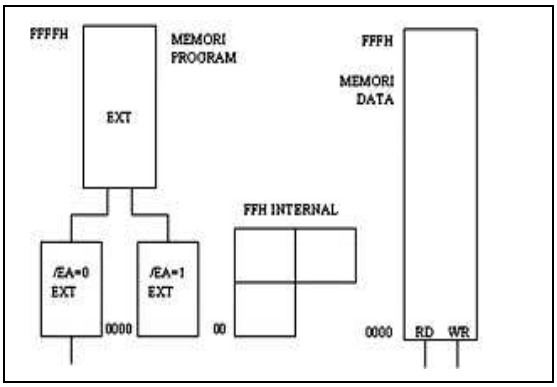


Gambar 1. Bentuk Fisik IC AT89C51

Kelebihan yang dimilikinya, antara lain 4 KB Flash Memory yang dapat diprogram ulang, RAM internal 128 byte, 32 jalur input-output, dua *timer*/*counter* 16 bit, lima sumber interupsi (dua internal dan tiga eksternal), 1 port serial dua-arah (*duplex*), rangkaian detak (*clock*) dan osilator internal.

Organisasi Memori

Semua mikrokontroler dalam keluarga MCS-51 memiliki pembagian ruang alamat (*address space*) untuk program dan data. Pemisahan memori program dan memori data mengijinkan memori data untuk diakses oleh alamat 8 bit. Kendatipun demikian, alamat data memori 16 bit dapat diperoleh melalui register DPTR (*data pointer register*).



Gambar 2. Struktur Memori AT89C51

Konfigurasi dan Fungsi pin

AT89C51 terdiri dari 32 pin I/O yang dikelompokkan dalam 4 port.

1. Port 0 merupakan port dua arah 8-bit dengan konfigurasi *open drain*. Setiap output port dapat diberi beban 8 input TTL.
2. Port 1, 2 dan 3 merupakan port I/O dua arah 8-bit dengan *pull-up internal*. Setiap *buffer output* dari ketiga port tersebut dapat diberi beban 4 input TTL. Port 3 juga menyediakan fungsi alternatif untuk setiap pinnya,

Tabel 1. Fungsi Alternatif *Pin Port* 3

Port#.Pin#	Fungsi Alternatif
P3.0	RXD (*serial input port*)
P3.1	TXD (*serial output port*)
P3.2	INT0 (*external interrupt* 0)
P3.3	INT1 (*external interrupt* 1)
P3.4	T0 (*timer 0 external input*)
P3.5	T1 (*timer 1 external input*)
P3.6	WR (*external data memory write strobe*)
P3.7	RD (*external data memroy read strobe*)

3. Pin EA/VPP harus dihubungkan ke GND supaya piranti mengambil kode dari lokasi program memori eksternal yang dimulai dari alamat 0000_H sampai $FFFF_H$. Pin ini harus dihubungkan ke VCC untuk eksekusi program internal.
4. Pin ALE/Prog (*Address Latch Enable*) akan mengeluarkan pulsa untuk menahan bit rendah sebuah alamat selama mengakses memori eksternal. Pin ini juga merupakan input pulsa bagi program (PROG) selama pemrograman IC.
5. Pin PSEN (*Program Store Enable*) merupakan sebuah penanda pembacaan data untuk memori program eksternal.

6. Pin XTAL1 dan XTAL2, merupakan masukan bagi penguat osilator rangkaian detak internal.
7. Pin VCC, GND, RST masing-masing berfungsi untuk memberikan catu daya, pentanahan (*ground*) dan *reset* pada rangkaian.

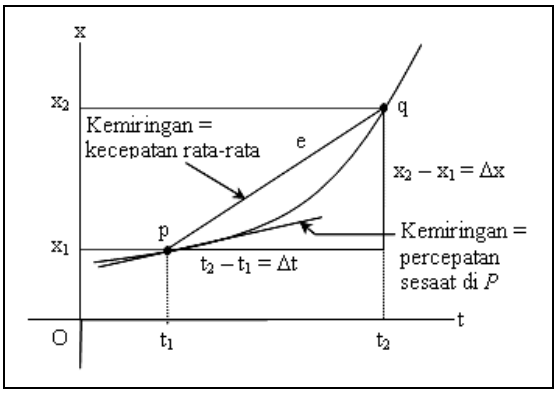
Bahasa Rakitan (*Assembly*)

Bahasa pemrograman yang dipergunakan adalah bahasa *assembler* MCS51. Bahasa pemrograman tingkat rendah ini memiliki kelebihan pada kecepatan eksekusi dan akses ke perangkat keras AT89C51. Kelemahannya terletak pada penggunaan variabel yang kompleks dan instruksinya yang cukup rumit (berupa kode *mnemonic*) bila dibandingkan dengan bahasa pemrograman tingkat tinggi.

Jarak, Waktu dan Kecepatan Rata-Rata.

Sistem penyortiran balok kayu ini menggunakan prinsip dasar pergerakan suatu objek pada suatu bidang datar dengan kecepatan yang konstan.

Jika seandainya objek tersebut bergerak dari titik P dengan koordinat x_1 menuju titik Q dengan koordinat x_2, maka hal ini dapat digambarkan dalam suatu fungsi waktu seperti berikut:



Gambar 3. Grafik Koordinat Waktu Gerak

Panjang vektor PQ yaitu $x_2 - x_1 = \Delta x$ adalah besar perpindahan atau jarak yang ditempuh objek tersebut. Kecepatan rata-rata objek didefinisikan sebagai perbandingan perpindahannya dengan selang waktu $t_2 - t_1 = \Delta t$.

Jadi besar kecepatan rata-rata adalah:

$$\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} \quad (1)$$

Persamaan (1) di atas dapat ditulis kembali menjadi:

$$x_2 - x_1 = \bar{v} \cdot (t_2 - t_1) \quad (2)$$

Jika partikel tersebut berada di titik asal ketika $t_1 = 0$, dan $x_1 = 0$ maka persamaan (2) dapat disederhanakan ke dalam bentuk umum:

$$x = \bar{v} \cdot t \quad (3)$$

Jadi bila kecepatan rata-rata objek yang bergerak di ban berjalan ($\bar{v}$) dikalikan dengan berapa lama sensor mendeteksi keberadaan objek tersebut (*t*), maka panjangnya dapat diketahui (*x*). Prinsip ini juga diterapkan untuk mengukur ketebalannya.

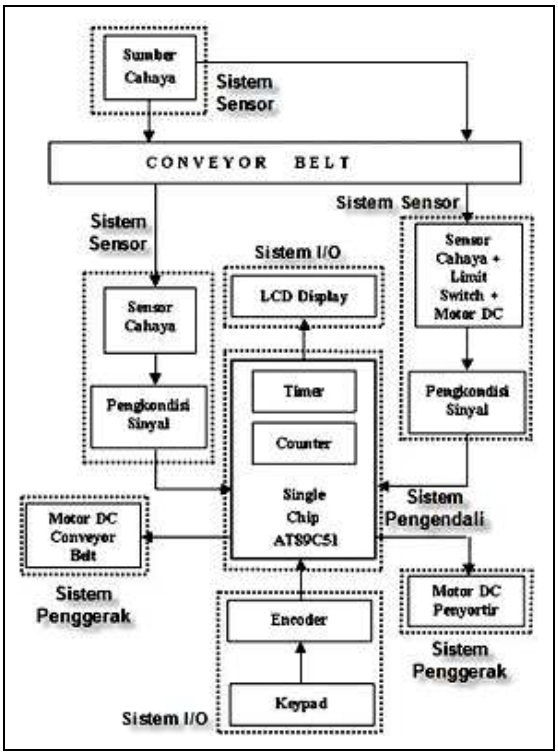
METODE PENELITIAN

Dalam pembuatan sistem penyortiran secara keseluruhan, dilakukan perakitan piranti keras inti (*hardware*) dan perancangan piranti lunak (*software*) sebagai pengendali sistem.

Untuk memberikan fokus pembahasan, maka perancangan *conveyor belt* (ban berjalan) sebagai piranti pendukung tidak dibahas.

Perancangan Piranti Keras

Piranti keras yang digunakan, terdiri dari beberapa sistem yang saling terkait seperti berikut ini:



Gambar 4. Sistem Perangkat Keras

Sistem Pengendali

AT89C51 memiliki fungsi pewaktu (*timer*) dan pencacah (*counter*) terintegrasi yang berguna untuk melakukan perhitungan panjang dan ketebalan balok.

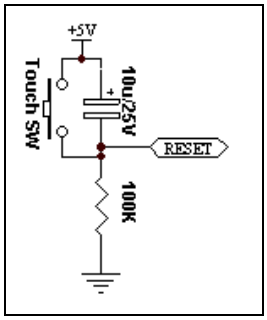
Sebagai pusat pengendali, pada dasarnya IC ini terkoneksi dengan 7 blok rangkaian lain, yaitu rangkaian RESET, osilator kristal, beberapa buah *relay*, LCD, *encoder keypad*, 2 buah LED dan seluruh sensor cahaya.

Berikut ini pembagian *port*-nya:

Tabel 2. Pembagian Port pada AT89C51.

PORT	KONEKSI
P0.0 – P.0.7	*Databus* LCD
P1.0 – P1.4	*Relay* 1, 2, 3, 4, dan 5
XTAL1, XTAL2	Rangkaian Kristal
P2.0 – P.2.1	Sensor 1 dan 2
P2.2	*Limit Switch*
P2.3 – P2.4	Indikator LED
P2.5	Pin E pada LCD
P2.6	Pin RS pada LCD
P3.0 – P3.4	*Encoder keypad* MM74C922
RESET	Rangkaian RESET
VCC	Catu daya
GND	*Ground*

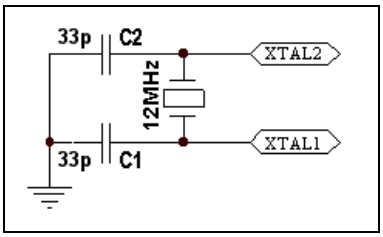
AT89C51 menggunakan sebuah rangkaian *reset* dengan rancangan seperti berikut ini:



Gambar 5. Rangkaian *Reset*

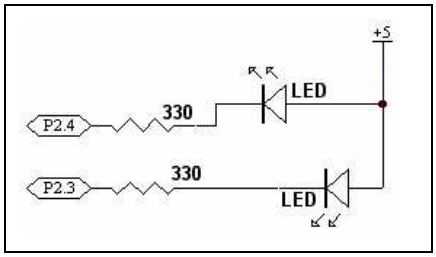
Rangkaian ini berfungsi untuk memberikan kondisi RESET yang tidak dapat dihalangi (*non-maskable interrupt*) pada AT89C51.

Sistem Pengendali menggunakan detak pulsa bersumber dari rangkaian osilator yang tersusun dari kristal berfrekuensi 12 MHz dan kapasitor C1 dan C2 sebesar 33 pF.



Gambar 6. Rangkaian Osilator

Dua buah indikator LED (*Light Emitting Diode*) dihubungkan dengan AT89C51 untuk memberikan penanda kapan balok boleh dimasukkan ke dalam *conveyor belt* (dengan LED warna hijau, terhubung pada P2.4) atau sebaliknya (dengan LED warna merah, terhubung pada P2.3).



Gambar 7. Rangkaian Indikator LED

Nilai resistor pembatas arus (330 □) diperoleh dengan rumusan:

$$R = \frac{V_S - V_{LED}}{I} \quad \text{..... (4)}$$

dimana:

R = resistansi pembatas arus (□).

V_S = tegangan sumber (Volt)

V_{LED} = tegangan jatuh di LED (± 1,5 V)

I = arus pada rangkaian (± 10 mA).

2.1.2. Sistem Penggerak

Sistem Penggerak terdiri dari 3 buah motor DC dan 5 buah *relay* SPDT (*Single Pole Dual Throw*).

Sebuah motor DC dan satu *relay* digunakan untuk menggerakkan *conveyor belt*. Sebuah motor DC dan dua *relay* digunakan untuk mengendalikan mekanik penyortir. Satu motor DC dan dua *relay* difungsikan untuk mengatur gerakan naik-turun dari sensor ketebalan.

Seluruh rangkaian *relay* menggunakan rancangan yang sama. Data-data yang diketahui antara lain:

h_{FE} = penguatan arus (110), dari *datasheet* BC549

V_{CC} = tegangan sumber (12 V)

V_{BB} = tegangan *port* MCU (5 V)

R_C = tahanan *relay* (150 □), dari pengukuran

V_{BE} =tegangan basis-emitter transistor (660 mV) dari *Datasheet* BC549

V_{CE} =tegangan kolektor-emitter transistor (5 V), dari *datasheet* BC549.

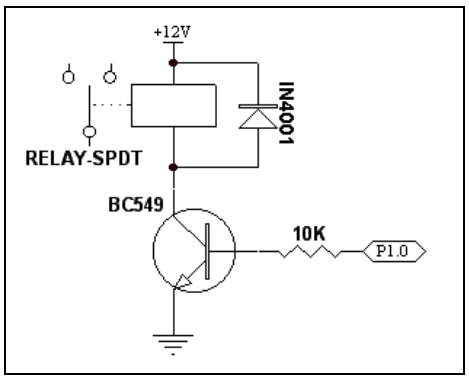
Sehingga nilai resistansi basis (R_B) dapat diketahui dengan proses perhitungan berikut ini:

$$I_C = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{R_C} \quad \text{.....(5)}$$

$$I_B = \frac{I_C}{h_{FE}} \quad \text{.....(6)}$$

$$R_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{I_B} \quad .....(7)$$

Bentuk akhir rangkaian yang diperoleh:



Gambar 8. Rangkaian *Relay*

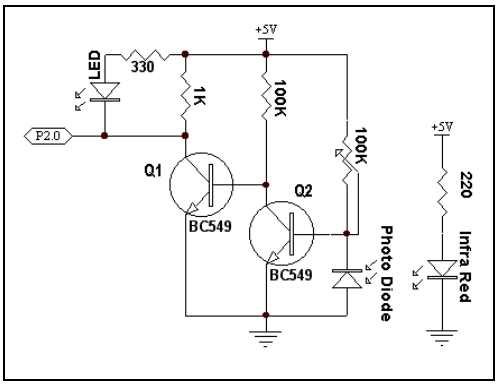
Sistem Sensor

Sistem ini tersusun dari rangkaian dioda foto (*photodiode*) dengan pengkondisi sinyal sebagai penerima (*receiver*) dan rangkaian LED sebagai pemancar cahaya (*transmitter*).

Pengkondisi sinyal itu sendiri berfungsi untuk mengolah sinyal masukan dari dioda foto menjadi logika 1 dan 0 yang diumpankan ke *port* AT89C51.

Sensor cahaya tersebut berfungsi untuk mengukur panjang dan ketebalan dari balok kayu melalui dua rangkaian terpisah yang identik satu dengan yang lainnya. Perbedaannya hanya terletak pada penggunaan *microswitch* dan motor DC di dalam rangkaian pengukur ketebalan.

Berikut ini bentuk rangkaian sensor cahaya yang digunakan:



Gambar 9. Rangkaian Sensor Cahaya

Resistansi pembatas arus (220 □) di dalam rangkaian pemancar cahaya diperoleh melalui rumusan (4).

Saat pancaran cahaya dari LED tidak terhalang oleh balok, maka dioda foto akan aktif (ON). Transistor Q_2 akan mengalami kondisi *cut-off*, demikian juga dengan Q_1, LED mati, sementara arus yang masuk pada port P2.0 adalah sebesar arus *cut-off* transistor BC549, yaitu 15 nA (max). Karena nilai ini jauh lebih kecil dari 50 □A (tegangan maksimum dari logika 0), maka arus sebesar ini dianggap MCU sebagai logika 0.

Saat pancaran cahaya dari LED terhalang oleh balok, maka dioda foto akan mati (OFF). Dengan menganggap *variable resistor* di-*set* pada nilai maksimum, 100 K□, maka arus input menuju P2.0 dapat dicari dengan perhitungan sebagai berikut ini:

$$I_{B2} = \frac{V_{CC}}{R_{B2}} \quad (8)$$

$$I_{C2} = I_{B2} \cdot h_{FE} \quad (9)$$

$$I_{B1} = I_{C2} + \frac{V_{CC}}{R_{B1}} \quad (10)$$

$$I_{C1} = I_{B1} \cdot h_{FE} \quad (11)$$

dimana:

I_{B2} = arus basis pada Q2 (μA)

V_{CC} = tegangan sumber (V)

R_{B2} = resistansi basis pada Q2 (□)

I_{C2} = arus kolektor pada Q2 (mA)

h_{FE} = penguatan arus (110)

I_{B1} = arus basis pada Q1 (μA)

R_{B1} = resistansi basis pada Q1 (□)

I_{C1} = arus kolektor pada Q1 (mA)

Sesuai hukum arus Kirchoff maka dapat diketahui bahwa arus yang mengalir menuju pin P2.0 (I_{input}) adalah penjumlahan dari arus yang mengalir melalui LED, arus yang melewati resistor 1 K□ dan I_{C1}. Jadi :

$$I_{input} = I_{LED} + \frac{V_{CC} - V_{CE}}{R_C} + I_{RE}$$

Yaitu sebesar □ 625 mA. Karena lebih besar daripada 50 □A (arus maksimum logika 0),

maka arus sebesar ini dianggap MCU sebagai logika 1.

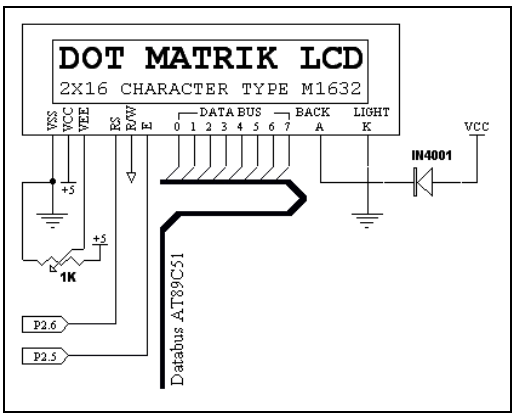
Sistem I/O

Sistem I/O (*Input*/*Output*) yang digunakan berupa rangkaian LCD dan *keypad* beserta *encoder*-nya.

Sebagai penampil keluaran visual, dipergunakan LCD Dot Matrix 2 x 16 karakter. Sinyal-sinyal input yang diperlukan adalah RS, E, dan *data bus* (D0 s/d D7).

Pin RS apabila menerima *input* 0, maka berarti masukan yang dikirimkan ke *data bus* adalah berupa instruksi, sementara apabila mendapatkan masukan 1, berarti *data bus* menerima masukan data.

Pin E adalah sebagai sinyal *start* operasi, apabila mendapatkan masukan 1, maka berarti *data bus* siap menerima masukan, entah itu berupa data maupun instruksi dari MCU. Pin R/W ditanahkan (diberi masukan 0) karena operasi yang dilakukan adalah penulisan data pada LCD (*Write*). *Data bus* LCD terdiri dari 8 bit (D0 s/d D7) yang masing-masing terhubung dengan port P0.0 s/d P0.7.



Gambar 10. Rangkaian LCD

Sebagai alat masukan data pengaturan pengukuran panjang dan ketebalan, dipergunakan rangkaian *keypad* disertai *encoder* MM74C922. *Keypad* terdiri dari saklar angka 0 hingga 9, serta karakter CAN, ENT, COR, MEM, UP dan DWN. Pada dasarnya matriks 4x4 ini berupa susunan baris, yang terdiri dari X1 hingga X4, dan kolom yang terdiri dari Y1 hingga Y4.

Tabel 3. Tabel Kebenaran MM74C92

(Pins 0 through 11)

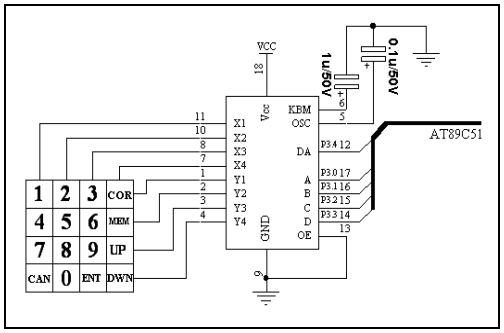
Switch Position	0 Y1,X1	1 Y1,X2	2 Y1,X3	3 Y1,X4	4 Y2,X1	5 Y2,X2	6 Y2,X3	7 Y2,X4	8 Y3,X1	9 Y3,X2	10 Y3,X3	11 Y3,X4
DATA A	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
DATA B	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1
DATA C	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0
DATA D	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
DATA E (Note 1)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(Pins 12 through 19)

Switch Position	12 Y4,X1	13 Y4,X2	14 Y4,X3	15 Y4,X4	16 Y5(Note 1), X1	17 Y5 (Note 1), X2	18 Y5 (Note 1), X3	19 Y5 (Note 1), X4
DATA A	0	1	0	1	0	1	0	1
DATA B	0	0	1	1	0	0	1	1
DATA C	1	1	1	1	0	0	0	0
DATA D	1	1	1	1	0	0	0	0
DATA E (Note 1)	0	0	0	0	1	1	1	1

Apabila salah satu tombol, misalnya angka 6 dipencet, maka akan mengaktifkan masukan X3 dan Y2. Nilai ini sesuai tabel kebenaran di atas, diubah oleh MM74C922 menjadi keluaran "0110" pada pin ABCD. Nilai tersebut dikirimkan ke MCU (menuju P3.0 s/d P3.3), setelah pin DA (*Data Available*) mengirimkan logika 1 ke P3.4.

Keypad, *encoder* dan MCU saling terhubung melalui rangkaian berikut ini:



Gambar 11. Rangkaian *Keypad* dan E*ncoder* MM74C922

Perancangan Piranti Lunak

Dalam melakukan pengendalian terhadap sistem secara keseluruhan diperlukan suatu perangkat lunak. Bahasa pemrograman yang dipergunakan adalah bahasa *assembler* MCS51. Tahap pembuatan perangkat lunak dari MCS51 adalah sebagai berikut:

1. Penulisan program dengan menggunakan editor teks dan disimpan dengan ekstensi H51.
2. Meng-*compile* program yang telah dituliskan dengan menggunakan

program Lear Com MS-DOS Cross Assembler Ver. 3.8 sehingga didapatkan file dengan ekstensi HEX.

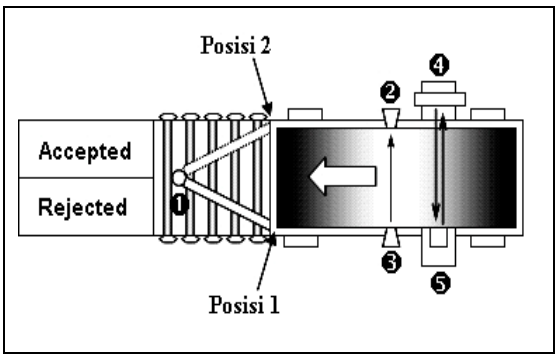
3. Mengubah *file* berekstensi HEX menjadi *file* berekstensi BIN dengan menggunakan program Sunshine HEX to Binary Converter Ver. 2.2.
4. Men-*download file* berekstensi BIN ke dalam PEROM Mikrokontrolller AT89C51.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Konstruksi

Hasil akhir perancangan piranti keras adalah berupa konstruksi sistem penyortiran yang menggunakan miniatur *conveyor belt* sebagai alat pendukung, yang berfungsi untuk menyediakan sebuah media pentransfer balok kayu, dari saat pemasukan, pengukuran hingga penyortiran.

Conveyor belt digerakkan oleh sebuah motor DC yang dikendalikan lewat sebuah *relay*.



Gambar 12. Konstruksi Sistem Penyortiran

Komponen-komponen Konstruksi:

1. **Mekanik Penyortir**

   Komponen ini dikendalikan oleh sebuah motor DC dan dua buah *relay*. Fungsinya adalah untuk mengarahkan balok yang lolos penyortiran (dengan mengendalikan "lengan" ke posisi 1) ke bak penampung berkategori **Accepted** (Diterima), atau sebaliknya dengan mengarahkannya ke bak penampung berkategori **Rejected** (Ditolak), setelah menggerakkan "lengan" ke posisi 2.

2. **Dioda Foto**

   Berfungsi sebagai penerima cahaya dari LED inframerah yang ada di depannya. Jika menerima pancaran dari LED, maka rangkaian pengkondisi sinyal akan memberikan masukan 1 ke MCU, atau sebaliknya, masukan 0, jika cahaya tertutup oleh balok.

3. **LED Inframerah**

   Berfungsi untuk memancarkan cahaya ke Dioda Foto. Baik LED maupun Dioda membentuk sistem sensor panjang balok.

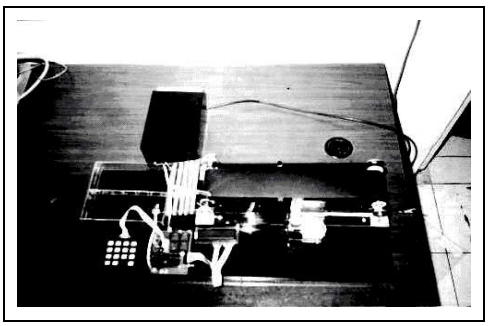
4. **Cermin Pemantul**

   Berfungsi untuk memantulkan cahaya dari LED inframerah yang merupakan bagian dari sistem sensor ketebalan.

5. **Sensor Ketebalan**

   Terdiri dari sebuah LED inframerah dan Dioda Foto yang dipasang secara bertumpuk. Saat conveyor belt berhenti, karena mendeteksi adanya balok, maka sensor ketebalan ini akan bergerak naik hingga cahaya LED inframerah terpantulkan oleh cermin di depannya dan diterima oleh dioda foto. Pergerakan naik-turun sensor ketebalan ini diatur oleh sebuah motor DC dan dua buah *relay*.

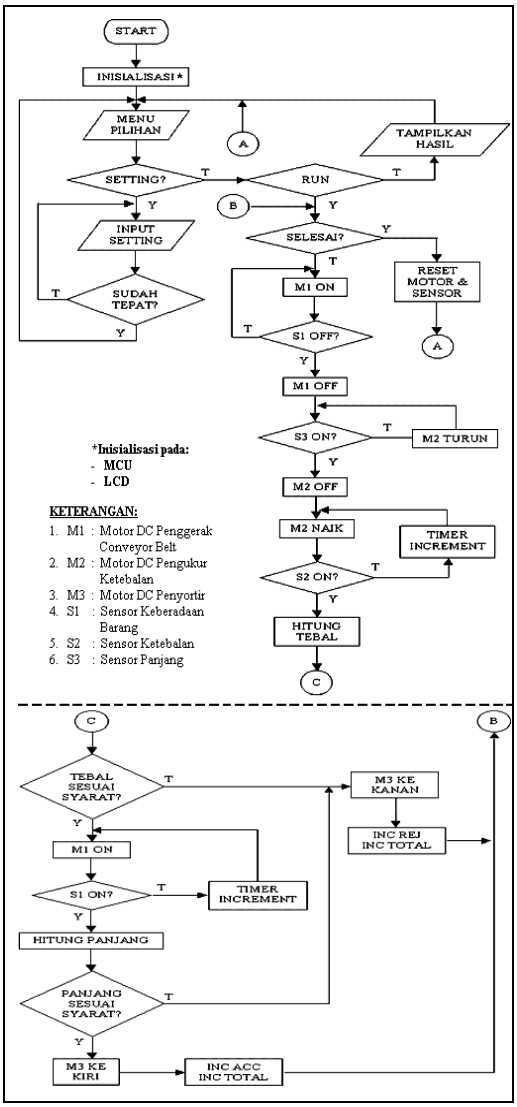
Bentuk fisik konstruksi sistem penyortiran adalah sebagaimana dalam foto berikut ini:



Gambar 13. Bentuk Fisik Sistem Penyortiran

Alur Kerja

Sistem Penyortiran memiliki alur kerja yang digambarkan sebagaimana dalam diagram alir berikut ini:



Gambar 14. Diagram Alir Sistem Penyortiran

Secara garis besar, cara kerja sistem ini dapat dijelaskan sebagaimana berikut:

1. Inisialisasi

Pada tahap ini, AT89C51 memasukkan nilai-nilai awal pada register memori dan port, termasuk me-*reset counter* untuk jumlah barang diterima (Accepted), ditolak (Rejected), dan jumlah keseluruhan (Total).

```
InitProgram:
    Mov P1,#00h
    Mov P3,#0FFh
    Mov Accepted,#00h
    Mov Rejected,#00h
    Mov Total,#00h
    Call MotorUtamaOff
    Call MotorTinggiOff        Call
MotorPisahOff
InitLoc0:
JnB sLimit,Safe
    Call MotorTinggiDn
    sJmp InitLoc0
Safe:       Call MotorTinggiOff
```

AT89C51 juga melakukan inisialisasi pada LCD lewat rutin berikut ini:

```
InitLCD:
    Mov     A,#FuncSet
    Call    SendIns
    Call    SendIns
    Mov     A,#EntrySet
    Call    SendIns
    Mov     A,#DispClear
    Call    SendIns
    Mov     A,#DispOn
    Call    SendIns
Ret
```

Sehingga memunculkan menu pilihan:

a. *Setting* Kayu

Untuk memasukkan nilai spesifikasi panjang dan tinggi minimal dan maksimal dari kayu sebagai kriteria penyortiran.

b. *Shut Down*

Untuk mematikan alat secara keseluruhan.

c. Desain

Untuk memunculkan beberapa keterangan mengenai alat penyortir ini.

d. Run

Untuk menjalankan sistem penyortiran kayu sesuai kriteria panjang dan tebal sebagaimana yang diinputkan lewat menu *Setting* Kayu

e. Hasil

Untuk memunculkan hasil penyortiran berupa jumlah yang diterima (Accepted), ditolak (Rejected) dan keseluruhan (Total).

2. Input *Setting* (*Setting* Kayu)

Pada tahap ini, operator memasukkan nilai panjang dan ketebalan, minimal dan maksimal sebagai kriteria seleksi, lewat rutin:

```
Setting:
    Mov DPTR,#stSetPanj0
    Call Write1
    Mov DPTR,#stSetPanj1
    Call Write2
    Mov A,#10001001b
    Call Send_Input
    Mov MinLength,A
    Mov A,#11001001b
    Call Send_Input
    Mov MaxLength,A
    Mov DPTR,#stSetting0
    Call Write1
    Mov DPTR,#stSetting1
    Call Write2
    Mov A,#10001001b
    Call Send_Input
    Mov MinHeight,A
    Mov A,#11001001b
    Call Send_Input
    Mov MaxHeight,A
Ret
```

3. Operasi Sistem (*Run*)

a. Pengukuran Ketebalan

Saat mendeteksi adanya balok, maka sensor ketebalan akan bergerak naik hingga pancaran LED inframerah dipantulkan oleh cermin dan diterima oleh dioda foto (atau saat ketinggian sensor melebihi ketebalan balok). Proses penghitungan tebal balok diatur lewat rutin:

```
CountHeight:
    Mov DPTR,#0000h
    Call MotorTinggiOff
HeightLoc0:
    JnB sTinggi,FinishCount
    Inc DPTR
    Call HeightDelay
    Call MotorTinggiUp
    sJmp HeightLoc0
FinishCount:
    Call MotorTinggiOff
```

b. Pengukuran Panjang

Setelah pengukuran ketebalan selesai, AT89C51 akan menggerakkan motor *conveyor belt* hingga sensor panjang tidak tertutup oleh balok. Proses penghitungan panjang dilakukan dalam rutin:

```
CountLength:
    Mov DPTR,#0000h
LengthLoc1:
    Call LengthDelay
Inc DPTR
    JB sBarang,LengthLoc1
    Mov A,DPL
    Subb A,#10d
Ret
```

c. Penyortiran

Pemeriksaan apakah balok kayu sesuai dengan kriteria atau tidak, dilakukan lewat rutin di bawah ini:

```
IsInRange:
    Cjne A,00h,CekMin
    sJmp YesInRange
CekMin:
    JC NotInRange
    Cjne A,01h,CekMax
    sJmp YesInRange
CekMax:
    JC YesInrange
NotInRange:
    Clr C
Ret
YesInRange:
    SetB C
Ret
```

Jika balok tidak memenuhi syarat maka nilai Rejected dan Total bertambah, dan motor akan menggerakkan mekanik penyortir ke kiri sesuai rutin berikut:

```
ValueFail:
    Inc Rejected
    Inc Total
    Call MotorPisahOff
    Mov A,#10d
    Call SomeDelay
    Call MotorPisahKr
    Mov A,#DelayProcess
    Call SomeDelay
    Call MotorUtamaOn
    Mov A,#DelayProcess
    Call SomeDelay
    Jmp Run
```

Jika balok sesuai persyaratan maka nilai Accepted dan Total bertambah, dan motor akan menggerakkan mekanik penyortir ke kanan sesuai rutin:

```
    JnC ValueFail
    Inc Total
    Inc Accepted
    Call MotorUtamaOff
    Call MotorPisahOff
    Call MotorPisahKn
    Mov A,#DelayProcess*2
    Call SomeDelay
    Call MotorUtamaOn
    Mov A,#DelayProcess
    Call SomeDelay
    Jmp Run
```

4. Tampilan Hasil (Hasil)

Hasil akhir dari proses pengukuran ketebalan, panjang dan penyortiran akan ditampilkan oleh LCD melalui rutin:

```
DispHasil:
    Mov DPTR,#stHasilAcc
    Call Write1
    Mov DPTR,#stHasilTot
    Call Write2
    Mov A,#10000110b Call SendIns
    Mov A,Rejected
    Call HexToLcd
    Mov A,R0
    Call WriteCh
    Mov A,#10001111b
    Call SendIns
    Mov A,Accepted
    Call HexToLcd
    Mov A,R0
```

```
        Call WriteCh
        Mov A,#11000110b
        Call SendIns
        Mov A,Total
        Call HexToLcd
        Mov A,R0
        Call WriteCh
        Call ReadKey
    Ret
```

Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan melalui proses pengukuran panjang dan ketebalan serta penyortiran terhadap tiga buah balok uji miniatur.

3.3.1. Pengukuran Panjang dan Ketebalan

Perbandingan hasil pengukuran dan pengujian panjang dan ketebalan dari ketiga balok uji adalah sebagai berikut:

Tabel 4. Hasil Pengukuran dan Pengujian Panjang dan Ketebalan

Balok	Pengukuran		Pengujian	
	Pjg (cm)	Tbl (cm)	Pjg (cm)	Tbl (cm)
A	140	10	135	8
B	110	22	105	21
C	70	23	69	23

Keterangan: Pjg = Panjang, Tbl = Tebal.

Persentase kesalahan antara hasil pengukuran dan pengujian kemudian dicari dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Persentase kesalahan} = \frac{\text{hasil pengukuran} - \text{hasil pengujian}}{\text{hasil pengujian}}$$

Adapun hasil perhitungan persentase kesalahan adalah seperti berikut ini:

Tabel 5. Hasil Perhitungan *Error*

Balok	*Error*	
	Panjang (%)	Tebal (%)
A	3,57	25
B	2,70	4,55
C	1,43	0
Rata-rata	2,56	9,85

Penyortiran

Sebagai pengujian untuk sistem penyortiran, ketiga balok dengan panjang dan tebal terukur sebagaimana di dalam Tabel 4, diseleksi dengan menggunakan kriteria penyortiran dengan hasilnya adalah seperti dalam tabel berikut ini:

Tabel 6. Hasil Pengujian Sistem Penyortiran

Balok	Nilai *Setting*				Hasil Pengujian	
	Panjang (cm)		Ketebalan (cm)			
	Min	Max	Min	Max	Acc	Rej
A	100	145	15	25		√
B					√	
C						√
			Jumlah		1	2
			Total		3	

Keterangan: Acc = *Accepted*, Rej = *Rejected*

Berdasarkan nilai *setting* yang telah ditetapkan, semestinya Balok A dan C tidak lolos seleksi, masing-masing karena tidak memenuhi persyaratan ketebalan dan panjang. Hanya Balok B saja yang memenuhi seluruh persyaratan. Jadi dari data yang telah diperoleh maka dapat disimpulkan bahwa sistem penyortiran telah bekerja dengan baik.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan perancangan alat dan data-data yang telah diperoleh dari hasil pengujian maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Pengukuran panjang balok kayu ini cukup presisi untuk balok berukuran pendek, namun untuk balok yang panjangnya mendekati 15 cm (batasan maksimal) tingkat *error*-nya semakin tinggi.
2. Pengukuran ketebalan balok kayu justru amat presisi untuk balok tebal (lebih dari 1 cm), sementara untuk balok tipis, tingkat *error*-nya cukup tinggi.
3. Sistem penghitungan balok kayu, baik untuk jumlah total, *Rejected* maupun *Accepted* telah berfungsi dengan baik..
4. Sistem penyortiran balok kayu untuk memisahkan balok yang memenuhi persyaratan maupun tidak, masing-masing ke dalam bak berkategori *Accepted* dan *Rejected* telah berhasil dengan baik.

Saran

Sebagai pertimbangan untuk perbaikan sistem ini dan kemungkinan pengembangannya di masa mendatang, maka berikut ini adalah beberapa masukan yang diusulkan:

1. Kekurangakuratan pengukuran panjang balok disebabkan karena miringnya posisi balok, sehingga yang terukur adalah panjang diagonalnya. Untuk mengatasinya, dapat dipergunakan mekanik penyempit di bagian pemasukan balok.
2. Ketidaksesuaian hasil pengukuran ketebalan lebih disebabkan karena uliran as penyangga sensor yang tidak konsisten. Oleh karena itu untuk perbaikannya dapat digunakan as penyangga dengan mekanik ulir yang lebih konsisten.
3. Sistem Penyortiran ini dapat dikembangkan lebih lanjut untuk mengetahui volume balok. Khususnya untuk balok yang berpenampang bujursangkar atau lingkaran, dengan sisi atau diameter yang diperoleh dari hasil pengukuran ketebalan.

DAFTAR PUSTAKA

Atmel. 2000. *AT89C51 : 8-bit Microcontroller with 4 K Bytes Flash*. Atmel Corporation.

Ayala, Kenneth J. 1991. *The 8051 Microcontroller. Architecture, Programming, and Applications*. West Publishing Company. Montana.

Bird, John. 2003. *Electrical Circuit Theory and Technology*. Newnes - Elsevier. Massachussettes.

Chapman, Stephen J. 1985. *Electric Machinery Fundamentals*. Mc. Graw-Hill Book Company. Singapore.

Chris Braithwaite, Fred Cowan and Hassan Parchizadeh. 2004. *8051 Microcontrollers. An Applications - Based Introduction.* Newnes - Elsevier. Massachussettes.

Fairchild Semiconductor. 2001. *1N4001 – 1N4007*. Fairchild Semiconductor Corporation.

Fairchild Semiconductor. 2002. *BC 546/547/548/549/550*. Fairchild Semiconductor Corporation.

Fairchild Semiconductor. 2001. *MM74C922 & MM74C93 : 16-Key Encoder & 20-Key Encoder*. Fairchild Semiconductor Corporation.

Fischer-Cripps, A.J. 2002. *Newnes Interfacing Companion.* Newnes - Elsevier. Massachussettes.

Intel. 1994. *MCS51 Microcontroller Family User's Manual.* Intel Corporation. Illinois.

Kuphaldt, Tony R. 2002. *Lessons In Electric Circuits. Vol. I – VI.* Open Book Project.

Predko, Myke. 2005. *Digital Electronics Demystified*. Mc. Graw Hill.

Sears, Francis Weston and Mark W. Zemansky. 1994. *Fisika untuk Universitas 1 : Mekanika, Panas dan Bunyi*. Penerbit Binacipta. Jakarta.

Seiko Instruments, 1998. *Liquid Crystal Displays – Standard Character Modules (Application Notes)*. Seiko Instruments GmBH.

Sinclair, Ian R. and John Dunton. 2007. *Practical Electronics Handbook.* Newnes - Elsevier. Massachussettes.