

**ALAT PENYIMPAN DATA
HASIL PENGUKURAN JANGKA SORONG DIGITAL**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



Disusun oleh :

**FARID EFENDI
0210630047**

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN ELEKTRO
MALANG
2007**

**ALAT PENYIMPAN DATA
HASIL PENGUKURAN JANGKA SORONG DIGITAL**

SKRIPSI

*Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik*

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Disusun oleh :

FARID EFENDI

0210630047



Telah diperiksa dan disetujui

Dosen pembimbing :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Ir. Nanang Sulistyanto
NIP. 132 090 389

Panca Mudjiraharjo. ST., MT
NIP. 132 288 163

ALAT PENYIMPAN DATA HASIL PENGUKURAN JANGKA SORONG DIGITAL

Disusun Oleh :

FARID EFENDI
0210630047

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus
pada tanggal 12 Juli 2007

DOSEN PENGUJI

Ir. Bambang Siswojo
NIP. 131 759 588

Tibyani, ST., MT.
NIP. 132 135 200

Ir. M. Julius St, MS.
NIP. 131 124 655

Adharul Muttaqin, ST., MT.
NIP. 132 311 886

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro

Ir. Heru Nurwarsito, M Kom.
NIP. 131 879 033

PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur kehadirat Allah S.W.T. atas rahmat, hidayah, ridho, nikmat dan karunia-Nya serta kekuatan kepada kami sehingga penyusun dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Alat Penyimpan Data Hasil Pengukuran Jangka Sorong Digital”** dengan lancar dan baik.

Penyusunan skripsi ini diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik, dan merupakan salah satu syarat yang harus ditempuh oleh setiap mahasiswa jurusan Teknik Elektro di lingkungan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang.

Dengan kesungguhan dan rasa rendah hati, penyusun mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. Heru Nurwarsito, M Kom selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang.
2. Bapak Rudy Yuwono, ST., MSc selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang.
3. Bapak Ir. Ponco Siwindarto, MS selaku KKDK Elektronika Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
4. Bapak Ir. Nanang Sulistyanto selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan ide, bimbingan, motivasi, pengarahan serta saran dalam penyusunan skripsi ini.
5. Bapak Panca Mudjiraharjo, ST., MT selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan saran dan motivasi, masukan serta pengarahan dalam penyusunan skripsi ini.
6. Bapak Ir. Chusairi Djuhar Tauhid, selaku pembimbing PKL di PT. PINDAD (Persero) Turen yang telah banyak memberkan ide, bimbingan, pengarahan serta saran dalam penyusunan skripsi ini.
7. Kedua orangtuaku, H. Drs Djupri, SPd dan Hj. Sulianah, SPd atas do'a, kasih sayang, dan motivasi baik secara spiritual maupun material yang telah engkau berikan padaku.
8. Saudara-saudaraku, Mbak Ida, Mbak Dwi, dan Mbak Tri atas semangat, motivasi, do'a, dan bantuan spiritual maupun material yang telah diberikan.
9. Kakak iparku, Mas Hasan yang selalu memberikan semangat dan dorongan.

10. Adhekku, Renny Dustira yang selalu memberikan motivasi dan dukungan, moga kita selalu dalam bimbingan dan ridho Allah SWT, serta segera dipersatukan dalam satu mahligai rumah tangga yang sakinah, mawaddah, wa rahmah.
11. Teman-teman terbaikku, Akbar, Uci, Edo, Didit, Dimas, Haris, Sagita. Terima kasih ya Allah Engkau telah mempertemukanku dengan mereka, semoga persahabatan ini langgeng dan kita semua sukses.
12. Mas Arif, Mas Ilham, Aa' Soegie, Mas Yayan, Mas Tukul, Mas Hiksa, Mas Malik, Mbak Cicit, Mbak Ambar, Mbak May, Mbak Erli, Mbak Vita, Mbak Yayah, yang telah banyak memberikan bantuan, dukungan dan motivasi. Semoga Allah memberi yang terbaik untuk mas-mas dan mbak-mbak semua.
13. Basa, Denica, Zulfi, Burhan, Sony, Dayat, Shinta, Dita, Vivi, Rachmad, Hendy, Agung, yang telah banyak membantu pikiran, tenaga dan memotivasi penyusunan skripsi.
14. Teman-teman asisten laboratorium Elektronika/Elkmania seluruh angkatan yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu, asisten laboratorium Sistem Digital, Konsentrasi Elektronika, dan teman-teman Elektro angkatan 2002, atas kerjasama, saran, kritik, bantuan, semangat dan pengalaman yang diberikan.
15. Semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu, sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan sebaik-baiknya.

Penyusun menyadari bahwa yang tersusun dalam skripsi ini masih banyak kekurangan-kekurangan dan jauh dari sempurna, hal ini tidak lain karena keterbatasan materi dan pengetahuan yang dimiliki penyusun. Karena itu kritik dan saran sangat kami harapkan demi kesempurnaan penyusunan skripsi ini.

Akhir kata, penyusun mengharapkan semoga yang terdapat dalam skripsi ini, dapat bermanfaat bagi rekan-rekan mahasiswa khususnya dan bagi seluruh pembaca pada umumnya.

Malang, Juni 2007

Penyusun

ABSTRAK

FARID EFENDI, Juni 2007. *Alat Penyimpan Data Hasil Pengukuran Jangka Sorong Digital*. Skripsi. Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Malang. Pembimbing: Ir. Nanang Sulistyanto dan Panca Mudjiraharjo ST., MT.

Pengembangan instrumentasi pengukuran berbasis analog menjadi digital memberi beberapa keuntungan, diantaranya mempermudah pembacaan nilai pengukuran dan penyimpanan data. Fungsi instrumentasi berbasis digital menjadi kurang maksimal jika proses penyimpanan data tetap dilakukan secara manual. Salah satu instrumentasi digital yang dioperasikan secara manual adalah jangka sorong digital tipe 500 produksi Mitutoyo. Dengan sistem digital, seharusnya data hasil pengukuran dapat disimpan pada media penyimpan data, data logger. Namun dalam penggunaan data logger masih terdapat beberapa hambatan, antara lain dibutuhkan perangkat tambahan untuk komunikasi dengan komputer dan harga perangkat yang mahal. Membuat data logger dengan harga terjangkau, dapat dihubungkan langsung dengan komputer, dan memiliki kemampuan lebih menjadi solusi dari permasalahan tersebut.

Dalam pembuatan data logger, digunakan mikrokontroler sebagai pengendali sistem, RTC sebagai penyedia informasi waktu, EEPROM sebagai media penyimpan data, LCD dan keypad sebagai antarmuka operator dengan alat, serta UART-USB Converter untuk komunikasi dengan komputer. Penyimpanan data diawali dengan inisialisasi benda yang akan diukur, termasuk kata kunci sebagai fasilitas pelindung, setelah itu dilakukan pembacaan data alat ukur. Data yang dibaca akan ditampilkan ke LCD. Data akan disimpan setelah tombol simpan data ditekan. Sebelum disimpan, dilakukan pembentukan paket data yang terdiri dari data pengukuran, data kode barang, data jenis pengukuran, data nomor barang, dan data waktu pengukuran. Komunikasi data dengan komputer dilakukan melalui port USB.

Dari hasil pengujian, data logger yang dibuat mampu menyimpan paket data pengukuran sejumlah 8192 data, dan paket data kata kunci sejumlah 70 data. Fasilitas pelindung data dengan kata kunci dapat berfungsi untuk melindungi data dari operator lain yang tidak berkepentingan. Proses pemindahan data ke komputer melalui port USB dengan boudrate sebesar 2 Mbps dapat berlangsung dengan baik tanpa terjadi kesalahan pembacaan data.

Kata kunci : data logger, instrumentasi pengukuran digital, penyimpanan data.

DAFTAR ISI

PENGANTAR	i
ABSTRAK.....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Ruang Lingkup	3
1.4 Tujuan	4
1.5 Sistematika Penulisan	4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Jangka Sorong Digital.....	5
2.2 Mikrokontroler ATMEGA32.....	7
2.2.1 Arsitektur AVR.....	8
2.2.2 Timer / Counter	10
2.2.3 Komunikasi Serial USART	13
2.3 EEPROM Serial.....	16
2.3.1 Protokol I ² C.....	13
2.3.2 Pengalamatan EEPROM Serial.....	17
2.3.3 Operasi Penulisan EEPROM.....	19
2.3.4 Operasi Pembacaan EEPROM.....	19
2.4 LCD (<i>Liquid Cristal Display</i>)	20
2.5 RTC (<i>Real Time Clock</i>).....	22
2.6 Keypad Matrik 4x4.....	23
2.7 UART-USB Converter	24

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Studi Literatur	25
---------------------------	----

3.2	Perancangan dan Pembuatan Alat.....	25
3.3	Pengujian Alat.....	25
3.4	Pengambilan Kesimpulan dan Saran.....	26

BAB IV PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT

4.1	Spesifikasi Alat.....	27
4.2	Perancangan Blok Rangkaian.....	27
4.3	Prinsip Kerja Alat.....	28
4.4	Perencanaan Perangkat Keras (<i>Hardware</i>).....	29
4.4.1	Sistem Mikrokontroler ATMEGA32.....	29
4.4.1.1	Rangkaian Reset Mikrokontroler.....	30
4.4.2	Rangkaian Antarmuka Modul LCD.....	32
4.4.3	Rangkaian RTC dan EEPROM.....	32
4.4.3.1	Rangkaian RTC.....	32
4.4.3.2	Rangkaian EEPROM.....	33
4.4.3.3	Konfigurasi pin SDA dan SCL pada RTC dan EEPROM.....	33
4.4.4	Antarmuka Modul UART-USB <i>Converter</i>	35
4.4.5	Antarmuka Jangka Sorong Digital.....	35
4.4.6	<i>Keypad</i> Matrik 4x4.....	37
4.5	Perancangan Perangkat Lunak (<i>Software</i>).....	38
4.5.1	Perancangan Bentuk Paket Data.....	39
4.5.1.1	Paket Data Pengukuran.....	39
4.5.1.2	Paket Data Kata Kunci.....	41
4.5.2	Perancangan Susunan Menu.....	42
4.5.2.1	Menu Utama.....	43
4.5.2.2	Menu Pengukuran.....	44
4.5.2.3	Menu Review Data.....	48
4.5.2.4	Menu Memori.....	48
4.5.2.5	Menu Hapus Data.....	50
4.5.2.6	Menu Seting Waktu.....	51
4.5.2.7	Menu Seting Keamanan.....	53
4.5.2.8	Memindahkan Data ke Komputer.....	54

BAB V PENGUJIAN ALAT

5.1	Pengujian Antarmuka Modul LCD.....	56
5.2	Pengujian Antarmuka RTC.....	57
5.3	Pengujian Antarmuka EEPROM.	59
5.4	Pengujian Modul UART-USB <i>Converter</i>	61
5.5	Pengujian Antarmuka Jangka Sorong Digital.....	63
5.5.1	Pengujian Pin <i>Clock, Data, dan Request</i>	63
5.5.2	Pengujian Pembacaan Data Jangka Sorong Digital.....	65
5.6	Pengujian <i>Keypad</i> Matrik 4x4.....	67
5.7	Pengujian Keseluruhan Sistem	68
5.7.1	Seting Awal Alat.....	68
5.7.2	Penggunaan Alat dalam Proses Pengukuran.....	70
5.7.3	Pemindahan Data ke Komputer	72
5.7.4	Penghapusan Data Pengukuran	75

BAB VI PENUTUP

6.1	Kesimpulan.....	77
6.2	Saran	77

DAFTAR PUSTAKA.....	78
----------------------------	-----------



DAFTAR GAMBAR

NO	JUDUL	HALAMAN
Gambar 2.1	Jangka Sorong Digital Tipe 500	5
Gambar 2.2	Susunan Digit Paket Data	6
Gambar 2.3	Diagram Waktu Proses Pengiriman Data	6
Gambar 2.4	Konektor Keluaran Data Pada Jangka Sorong.....	7
Gambar 2.5	Arsitektur AVR.....	8
Gambar 2.6	Peta Memori AVR Tipe ATmega32	9
Gambar 2.7	Blok Diagram <i>Clock Timer/Counter</i>	10
Gambar 2.8	Blok Diagram <i>Timer/Counter 0</i>	11
Gambar 2.9	Blok Diagram <i>Timer/Counter 1</i>	12
Gambar 2.10	Register UBRR	13
Gambar 2.11	Register UCSRB	14
Gambar 2.12	Register UCSRC	15
Gambar 2.13	<i>Timing diagram</i> protokol I ² C.....	17
Gambar 2.14	Alamat EEPROM AT24C1024	18
Gambar 2.15	Operasi penulisan pada EEPROM serial AT24C1024.	19
Gambar 2.16.a	Operasi pembacaan pada EEPROM serial AT24C1024.....	20
Gambar 2.16.b	Operasi pembacaan acak EEPROM serial AT24C1024.....	20
Gambar 2.17	Blok Diagram LCD LCD WH2004A	21
Gambar 2.18	Konfigurasi pin DS1307	22
Gambar 2.19	<i>Keypad</i> matrik 4x4.....	23
Gambar 4.1	Blok Diagram Sistem.....	28
Gambar 4.2	Sistem Mikrokontroler ATmega32.....	29
Gambar 4.3	Rangkaian Reset	30
Gambar 4.4	Rangkaian Antarmuka Modul LCD.....	32
Gambar 4.5	Rangkaian RTC dan EEPROM.....	33
Gambar 4.6	Rangkaian Internal pin <i>Data</i> dan <i>Clock</i>	36
Gambar 4.7	Rangkaian Pin <i>Request</i>	36
Gambar 4.8	Rangkaian keypad matrik 4x4	37
Gambar 4.9	Bentuk Paket Data Pengukuran	39
Gambar 4.10	Bentuk Paket Data Kata Kunci	42

Gambar 4.11	Susunan Menu.....	43
Gambar 4.12	Diagram Alir Menu Utama	44
Gambar 4.13	Diagram Alir Menu Pengukuran Baru.....	46
Gambar 4.14	Diagram alir Menu Melanjutkan Pengukuran	47
Gambar 4.15	Diagram alir Menu Review Data	49
Gambar 4.16	Diagram alir Menu Cek Kapasitas Memori.....	49
Gambar 4.17	Diagram alir Menu Format dan Cek Kondisi Memori	50
Gambar 4.18	Diagram alir Menu Hapus Satu Data.....	51
Gambar 4.19	Diagram alir Menu Hapus Kode Barang Tertentu.....	52
Gambar 4.20	Diagram alir Menu Hapus Semua Data	52
Gambar 4.21	Diagram alir Menu Seting Waktu.....	52
Gambar 4.22	Diagram alir Sub Menu Ganti Kata Kunci	53
Gambar 4.23	Diagram alir Sub Menu Mode Keamanan Data.....	54
Gambar 4.24	Diagram alir Memindahkan Data ke Komputer	55
Gambar 5.1	Blok Diagram Pengujian LCD.....	56
Gambar 5.2	Diagram Alir Pengujian Modul LCD	57
Gambar 5.3	Hasil Pengujian Modul LCD	57
Gambar 5.4	Blok Diagram Pengujian RTC.....	58
Gambar 5.5	Diagram Alir Pengujian RTC	58
Gambar 5.6	Hasil Pengujian RTC	58
Gambar 5.7	Blok Diagram Pengujian EEPROM	59
Gambar 5.8	Diagram Alir Pengujian EEPROM.....	60
Gambar 5.9	Hasil Pengujian EEPROM.....	60
Gambar 5.10	Blok Diagram Pengujian Modul UART-USB Converter.....	61
Gambar 5.11	Diagram Alir Pengujian Modul UART-USB Converter	61
Gambar 5.12	Hasil pembacaan data dari komputer oleh alat	62
Gambar 5.13	Hasil pembacaan data dari alat oleh komputer	62
Gambar 5.14	Blok Diagram Pengujian Pin <i>Data</i> , <i>Clock</i> , dan <i>Request</i>	63
Gambar 5.15	Hasil Pengujian Pin <i>Data</i>	64
Gambar 5.16	Hasil Pengujian Pin <i>Clock</i>	64
Gambar 5.17.a	Tegangan pin <i>request</i> sebelum dihubungkan dengan alat	64
Gambar 5.17.b	Tegangan pin <i>request</i> setelah dihubungkan dengan alat	64
Gambar 5.17.c	Tegangan pin <i>request</i> saat alat mengeluarkan <i>sinyal request</i>	64
Gambar 5.18	Blok diagram pengujian pembacaan data jangka sorong digital .	65



Gambar 5.19	Diagram alir pengujian pembacaan data jangka sorong digital...	66
Gambar 5.20.a	Tampilan <i>display</i> Jangka Sorong Digital.....	66
Gambar 5.20.b	Hasil pembacaan alat	66
Gambar 5.21	Blok Diagram Pengujian <i>Keypad</i>	67
Gambar 5.22	Diagram Alir Pengujian <i>Keypad</i>	67
Gambar 5.23	Hasil Pengujian <i>Keypad</i>	67
Gambar 5.24.a	Tampilan alat sebelum dilakukan proses seting waktu.....	69
Gambar 5.24.b	Tampilan alat setelah dilakukan proses seting waktu.....	69
Gambar 5.25.a	Tampilan alat sebelum memasuki menu seting keamanan.....	69
Gambar 5.25.b	Tampilan alat setelah memasuki menu seting keamanan	69
Gambar 5.26	Pengaktifan mode keamanan data berhasil.....	69
Gambar 5.27	Proses mengganti kata kunci administrator berhasil.....	70
Gambar 5.28	Jumlah alokasi memori setelah proses pengukuran baru.....	71
Gambar 5.29.a	Tampilan menu review data untuk kode barang “CAP1” data pertama	71
Gambar 5.29.b	Tampilan menu review data untuk kode barang “CAP1” data terakhir	71
Gambar 5.29.c	Hasil edit data pada kode barang “CAP1” data terakhir.....	71
Gambar 5.30	Alokasi memori setelah proses penambahan sample pengukuran	71
Gambar 5.31.a	Tampilan pada alat setelah percobaan komunikasi berhasil.....	73
Gambar 5.31.b	Kode percobaan komunikasi yang dikirim oleh alat ke komputer	74
Gambar 5.32.a	Rangkuman data pertama yang dikirim oleh alat	74
Gambar 5.32.b	Rangkuman data kedua yang dikirim oleh alat.....	74
Gambar 5.32.c	Rangkuman data terakhir yang dikirim oleh alat.....	75
Gambar 5.33	Ruang data setelah dilakukan proses menghapus satu data.....	76
Gambar 5.34	Ruang data setelah menghapus kode barang “CAP2”	76
Gambar 5.35	Jumlah ruang data setelah menghapus semua data.....	76

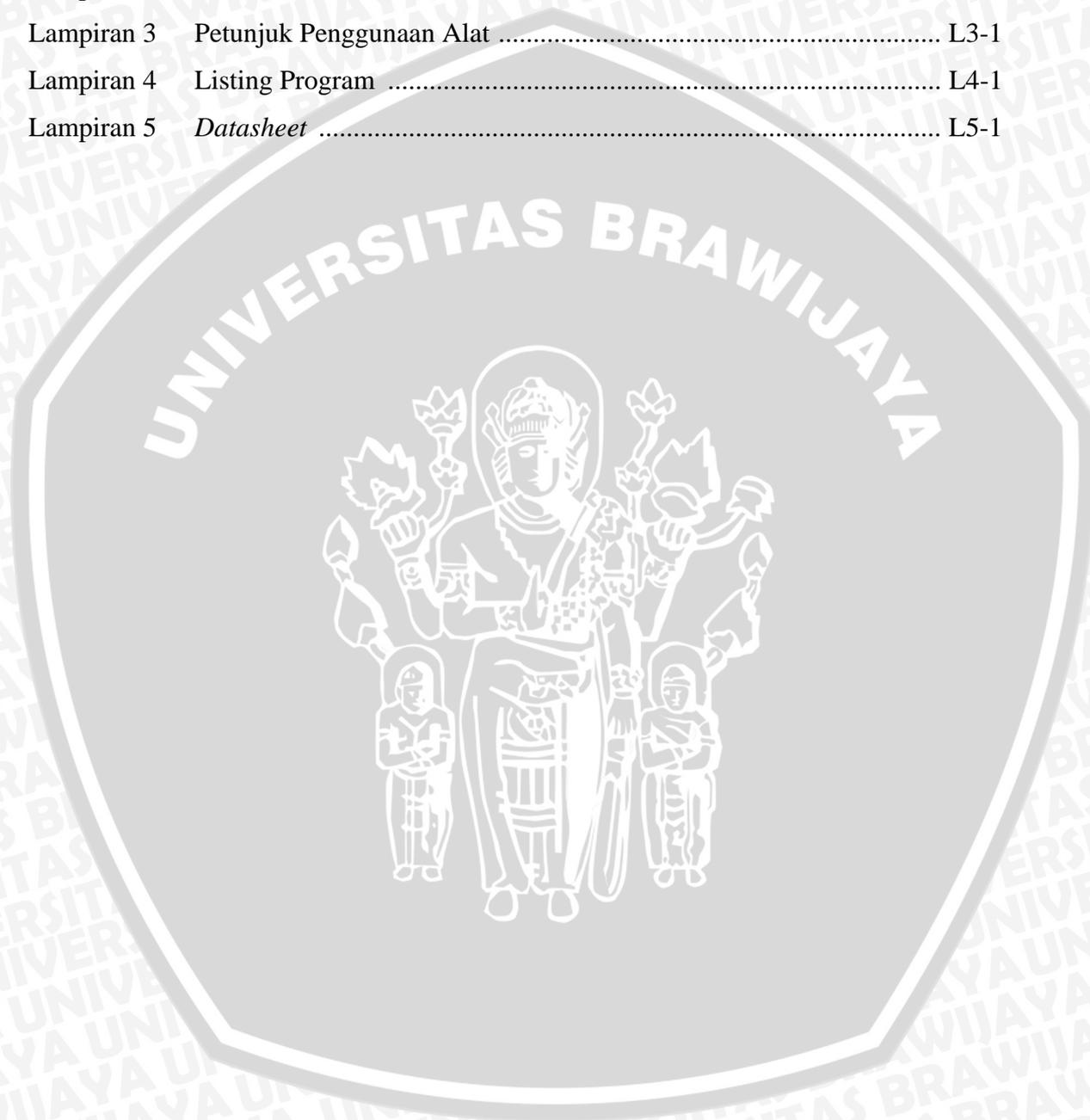


DAFTAR TABEL

NO	JUDUL	HALAMAN
Tabel 2.1	Spesifikasi Jangka Sorong Digital Tipe 500.....	5
Tabel 2.2	Keterangan Pin pada Konektor Data Keluaran.....	7
Tabel 2.3	Pemilihan <i>Clock Timer/Counter</i> pada AVR.....	11
Tabel 2.4	Mode <i>Compare</i> pada <i>Timer/Counter 1</i>	13
Tabel 2.5	Rumus Perhitungan Nilai UBRR untuk Berbagai Mode Operasi	14
Tabel 2.6	Penentuan Ukuran Karakter.....	15
Tabel 2.7	Penentuan Mode Paritas.....	15
Tabel 2.8	Tabel Terminal I/O pada LCD.....	21
Tabel 2.9	Fungsi dari masing-masing pin pada DS1307.....	22
Tabel 2.10	Alamat register RTC.....	23
Tabel 4.1	Seting nilai <i>boudrate</i> komunikasi UART.....	35
Tabel 4.2	Konfigurasi <i>Keypad</i>	37
Tabel 4.3	Kode hasil penekanan tombol <i>keypad</i>	38
Tabel 4.4	Macam-macam status data <i>header</i> pengukuran.....	39
Tabel 4.5	Proses Perubahan Format Data Waktu.....	40
Tabel 4.6	Proses perampingan data pengukuran.....	41
Tabel 4.7	Macam-macam status <i>header</i> data kata kunci.....	42
Tabel 4.8	Macam-macam kode dalam berkomunikasi dengan komputer ...	54
Tabel 5.1	Tabel Pengujian RTC.....	58
Tabel 5.2	Hasil Pengujian EEPROM.....	60
Tabel 5.3	Hasil Pengujian Modul UART-USB <i>Converter</i>	62
Tabel 5.4	Hasil pengujian pembacaan data Jangka Sorong Digital.....	66
Tabel 5.5	Inisialisasi awal pengujian menu pengukuran baru.....	71

DAFTAR LAMPIRAN

NO	JUDUL	HALAMAN
Lampiran 1	Skema Rangkaian	L1-1
Lampiran 2	Foto Alat	L2-1
Lampiran 3	Petunjuk Penggunaan Alat	L3-1
Lampiran 4	Listing Program	L4-1
Lampiran 5	<i>Datasheet</i>	L5-1



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini banyak instrumentasi pengukuran yang dikembangkan dari sistem berbasis analog menjadi digital. Kelebihan sistem berbasis digital antara lain kemudahan dalam pembacaan hasil pengukuran dan kemudahan dalam penyimpanan data. Penggunaan instrumentasi pengukuran berbasis digital akan menjadi kurang maksimal bila dalam proses pencatatan dan memasukkan data ke komputer dilakukan secara manual. Salah satu alat ukur yang sering dioperasikan secara manual adalah jangka sorong digital tipe 500 produksi Mitutoyo (Mitutoyo, 2005).

Jangka sorong digital tipe 500 tersebut merupakan mistar ukur dengan ketelitian 1/100 (dua angka desimal untuk satuan milimeter) yang dapat digunakan untuk mengukur dimensi panjang, diameter dalam, diameter luar, dan kedalaman produk. Jangka sorong tersebut memiliki *display* yang menampilkan lima digit nilai hasil pengukuran, dan memiliki sebuah konektor keluaran data. Jangka sorong jenis tersebut banyak digunakan di perusahaan-perusahaan manufaktur sebagai alat bantu untuk melakukan pengecekan hasil produksi.

Sebenarnya produsen instrumentasi pengukuran telah memproduksi alat penyimpan data hasil pengukuran, *data logger* tipe DL-1000 (Mitutoyo, 2006: 23). Alat tersebut mempunyai kemampuan menyimpan seribu data. Untuk memindahkan data ke komputer diperlukan modul antarmuka tambahan. Hal ini menjadi salah satu kelemahan dari *data logger* tersebut. Karena dibutuhkan lebih dari satu piranti yang relatif mahal (harus mengimpor dari Jepang), banyak perusahaan manufaktur enggan menggunakannya. Kelemahan lainnya adalah tidak memiliki *database* pengukuran yang lengkap. Data-data seperti kode barang yang diukur, kode jenis pengukuran, dan waktu pengukuran tidak dapat disimpan di dalam alat, padahal data-data tersebut penting untuk mempermudah proses pengolahan data di komputer. Tidak adanya sistem keamanan untuk melindungi data yang terdapat di dalam alat juga menjadi kelemahan, karena tanpa adanya sistem perlindungan terhadap data, maka data dapat dihapus ataupun di edit oleh orang-orang yang tidak berhak.

Solusi yang dapat diambil untuk menyelesaikan permasalahan tersebut di atas adalah membuat *data logger* yang dapat dihubungkan langsung dengan komputer,

memiliki kemampuan menyimpan data lebih banyak, memiliki *database* pengukuran yang lengkap, memiliki sistem keamanan untuk melindungi data, dan harga perangkat yang terjangkau. Menghubungkan *data logger* langsung dengan komputer dapat dilakukan dengan cara membangun sistem yang mampu melakukan komunikasi data dengan komputer secara langsung. Untuk meningkatkan kemampuan dalam menyimpan data dapat dilakukan dengan cara menggunakan media penyimpanan data digital dengan kapasitas yang besar. Sedangkan untuk menambahkan fasilitas *database* pengukuran yang lengkap dan fasilitas sistem keamanan data dapat dilakukan dengan cara menambahkan fasilitas-fasilitas tersebut pada pengendali utama sistem.

Jangka sorong digital mengeluarkan data secara serial sinkron dengan siklus *clock* berorde mikro detik. Untuk menangani proses pembacaan data tersebut diperlukan komponen pengendali utama dengan orde siklus intruksi yang lebih tinggi. Pertimbangan lain dalam pemilihan komponen pengendali utama adalah ukuran fisik yang kecil, kemampuan yang handal, memiliki banyak fitur, biaya operasional yang tidak besar, dan harga yang relatif murah. Penggunaan mikrokontroler sebagai pengendali utama menjadi sebuah solusi yang tepat untuk permasalahan tersebut.

Fungsi utama dari *data logger* adalah untuk menyimpan data. Supaya data tetap tersimpan di dalam alat walaupun catu daya dimatikan, digunakan EEPROM. Sebenarnya di dalam mikrokontroler sudah terdapat EEPROM, akan tetapi untuk meningkatkan kemampuan dalam menyimpan data dibutuhkan EEPROM tambahan. Macam data yang disimpan di dalam EEPROM adalah data pengukuran, data kode barang, data kode jenis pengukuran, data nomor barang, dan data waktu pengukuran. Data waktu pengukuran seperti hari, tanggal, bulan, tahun, jam, dan menit yang akan disimpan di dalam EEPROM harus sesuai dengan kenyataan. Untuk mendapatkan data waktu yang sesuai dengan kenyataan diperlukan piranti yang dapat menghitung perubahan data waktu walaupun catu daya dimatikan. Piranti yang tepat untuk digunakan adalah RTC (*Real Time Clock*). Piranti tersebut dapat tetap bekerja walaupun catu daya dimatikan karena memiliki catu daya cadangan berupa baterai.

Proses komunikasi data dengan komputer termasuk salah satu proses penting. Proses tersebut perlu dilakukan melalui *port* yang bersifat umum, banyak tersedia pada komputer, dan memiliki kemampuan transfer data dalam kecepatan tinggi (orde Mbps). Salah satu solusi yang tepat untuk proses komunikasi data dengan komputer adalah menggunakan *port* USB. Komunikasi data serial melalui port USB dapat dilakukan dengan menggunakan modul UART-USB *converter*. Modul tersebut membantu proses

komunikasi serial *asinkron* dengan komputer melalui port USB dalam kecepatan berorde Mbps.

Kemudahan pengoperasian oleh operator merupakan hal tidak boleh dilupakan. Keenganan operator untuk menggunakan suatu alat bantu dapat berawal dari pengoperasian alat yang rumit dan sulit dipahami. Untuk mengatasi hal tersebut dapat digunakan LCD dan *keypad* sebagai antarmuka antara alat dengan operator. LCD memberikan informasi dalam bentuk teks yang dapat mempermudah operator untuk memahami kerja alat. Sedangkan *keypad* mempermudah operator dalam memberikan instruksi. Penggunaan LCD dan *keypad* ini mirip dengan penggunaan monitor dan *keyboard* pada komputer. Selain penggunaan LCD dan *keypad*, pembagian fitur-fitur alat dalam menu dan sub menu juga dapat mempermudah operator dalam memahami cara pengoperasian alat.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan sebelumnya, maka rumusan masalah dalam skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang sistem antarmuka mikrokontroler dengan jangka sorong digital, *keypad*, *Liquid Crystal Display* (LCD), *Real Time Clock* (RTC), EEPROM, dan piranti USB-UART *converter*.
2. Bagaimana merancang sistem penyimpanan data yang efisien pada EEPROM.
3. Bagaimana merancang sistem komunikasi data dengan komputer.
4. Bagaimana membuat perangkat lunak pada mikrokontroler sehingga alat bisa dioperasikan dengan mudah oleh operator.

1.3 Ruang Lingkup

Mengacu pada permasalahan yang ada, pembahasan skripsi ini dibatasi pada:

1. Pengantarmukaan yang dibahas adalah pengantarmukaan mikrokontroler dengan jangka sorong digital, *keypad*, *Liquid Crystal Display* (LCD), *Real Time Clock* (RTC), EEPROM, dan piranti USB-UART *converter*.
2. Perancangan perangkat lunak yang dibahas hanya perancangan perangkat lunak pada mikrokontroler.
3. Jangka sorong digital yang digunakan adalah jenis 500 produksi Mitutoyo (Mitutoyo, 2005).

4. Alat dirancang hanya untuk menyimpan data hasil pengukuran dan informasi penting berkenaan dengan proses pengukuran, serta memindahkan data tersebut ke dalam komputer.

1.4 Tujuan

Tujuan penyusunan skripsi ini adalah merealisasikan suatu alat penyimpan data hasil pengukuran instrumentasi digital yang memiliki fitur-fitur tambahan untuk mempermudah proses pengolahan data, memiliki fitur untuk mengamankan data, dapat langsung dihubungkan dengan komputer, dan harga perangkat yang relatif murah.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika yang digunakan dalam penyusunan skripsi ini adalah sebagai berikut:

BAB I Pendahuluan

Memuat latar belakang, rumusan masalah, tujuan, ruang lingkup, dan sistematika penulisan.

BAB II Tinjauan Pustaka

Membahas teori-teori yang mendukung dalam perencanaan dan pembuatan alat penyimpan data hasil pengukuran jangka sorong digital.

BAB III Metodologi Penelitian

Membahas metode yang digunakan dalam penelitian yang terdiri dari studi literatur, perancangan alat, pembuatan alat, pengujian, dan analisis serta pengambilan kesimpulan dan saran.

BAB IV Perancangan dan Pembuatan Alat

Membahas perancangan alat disertai perhitungan yang sesuai dengan teori yang ada serta membahas pembuatan dan cara kerja alat yang dibuat.

BAB V Pengujian dan Analisis

Membahas pengujian dan analisis alat yang dibuat.

BAB VI Penutup

Memuat kesimpulan yang diperoleh dari pembuatan dan pengujian alat, serta saran-saran untuk pengembangan lebih lanjut.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Pemahaman tentang berbagai hal yang mendukung dibutuhkan dalam perencanaan dan realisasi alat penyimpan data hasil pengukuran jangka sorong digital. Pemahaman ini akan bermanfaat dalam perancangan perangkat keras dan perangkat lunak sistem. Pengetahuan yang mendukung perencanaan dan realisasi alat meliputi literatur jangka sorong digital jenis 500 produksi Mitutoyo, mikrokontroler ATmega32 (keluarga AVR), EEPROM, LCD, RTC, keypad, dan USB-UART *converter*.

2.1 Jangka Sorong Digital

Jangka sorong digital tipe 500 produksi Mitutoyo Jepang merupakan mistar ukur dengan resolusi 0.01mm yang dapat digunakan untuk mengukur dimensi panjang, diameter dalam, diameter luar, dan kedalaman. Memiliki display (LCD) yang mampu menampilkan maksimal lima digit nilai hasil pengukuran, serta satuan yang digunakan dalam pengukuran. Jangka sorong digital ini dapat dilihat dalam Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Jangka Sorong Digital Tipe 500
Sumber: Mitutoyo, 2005

Spesifikasi umum jangka sorong digital dapat dilihat dalam Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Spesifikasi Jangka Sorong Digital Tipe 500

Range	150mm
Resolusi	0.01mm
Accuracy	0.02mm
Functions	zero setting data hold data output inch/mm conversion
Response Speed	Up to approx. 1,600mm(60")/sec.

Sumber: Mitutoyo, 2005

Data yang dikeluarkan oleh jangka sorong digital sebanyak 13 digit (D1 sampai D13). Setiap digit data membawa informasi yang berbeda. Pada masing-masing digitnya

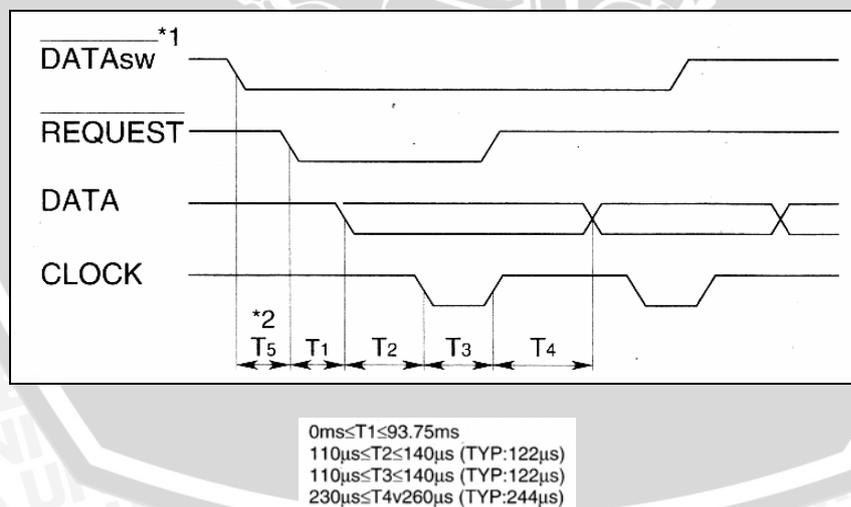
terdiri dari 4 bit, sehingga jumlah data seluruhnya adalah 52 bit. Susunan digit paket data ditunjukkan dalam Gambar 2.2. Keseluruhan data tersebut ditransmisikan secara serial sinkron. Diagram waktu proses transmisi data dapat dilihat dalam Gambar 2.3.

D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13
----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----

Gambar 2.2 Susunan digit paket data
Sumber: Mitutoyo, 2005

Keterangan:

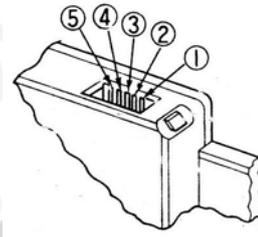
- D1, D2, D3, D4 selalu bernilai Fh (1111 dalam bentuk biner)
- D5 berisi informasi tentang tanda hasil pengukuran (untuk positif bernilai 0000 dan untuk negatif bernilai 0001)
- D6 sampai D11 berisi informasi data hasil pengukuran dalam format BCD (D6:MSB, D11:LSB).
- D12 berisi informasi mengenai letak tanda koma desimal pada data hasil pengukuran. 0100 untuk 2 angka dibelakang koma, 1100 untuk 3 angka dibelakang koma, 0010 untuk 4 angka dibelakang koma, dan 1010 untuk 5 angka dibelakang koma.
- D13 berisi informasi mengenai satuan yang digunakan dalam pengukuran, untuk satuan milimeter bernilai 0000 dan untuk satuan inchi bernilai 1000.



Gambar 2.3 Diagram waktu proses pengiriman data
Sumber: Mitutoyo, 2005

Untuk mentransmisikan data digunakan kabel khusus yang diproduksi oleh Mitutoyo Inc. Terdapat 4 pin yang digunakan pada kabel konektor tersebut, yaitu: GND, DATA, CK, dan REQ. Keterangan mengenai pin pada kabel konektor ditunjukkan

dalam Gambar 2.4 dan Tabel 2.2. Alat akan mengeluarkan data untuk ditransmisikan melalui kabel konektor jika pin *request* diberi logika 0 (low).



Gambar 2.4. Konektor Keluaran Data pada Jangka Sorong
Sumber: Mitutoyo, 2005

Tabel 2.2. Keterangan pin pada konektor data keluaran

PIN No.	Signal	I/O	Keterangan
1	GND	-	Ground
2	DATA	O	Data pengukuran (Open drain: -0.3~+7.0V, 400 μ A max)
3	CK	O	Clock transmisi data (Open drain: -0.3~+7.0V, 400 μ A max)
4	-	NC	-
5	\overline{REQ}	I	Request data (C-MOS, Pull-Up to VDD 1.55V)

Sumber: Mitutoyo, 2005

2.2 Mikrokontroler ATMEGA32

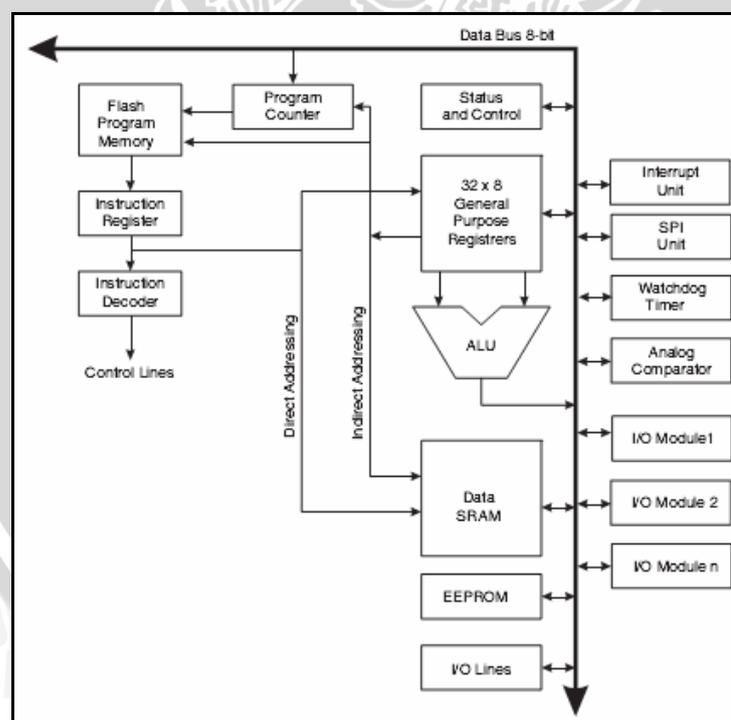
Mikrokontroler ATMEGA32 merupakan salah satu bagian dari keluarga AVR. AVR merupakan mikrokontroler produksi Atmel yang menggunakan arsitektur RISC (*Reduced Instruction Set Computing*) 8 bit. AVR pertama kali diperkenalkan pada tahun 1996. AVR mengkombinasikan arsitektur RISC, memori *flash* internal dan jumlah *register* yang besar (32 buah) untuk memperoleh ukuran kode program, kinerja, dan konsumsi daya yang optimal. Sebagian besar instruksi AVR dieksekusi dalam satu siklus *clock*. Adapun spesifikasi Mikrokontroler ATMEGA32 adalah sebagai berikut:

- 32 kB In-System Self-Programmable Flash
- Boot Code for On-chip Programming
- 1024 Byte EEPROM
- 2 kB internal SRAM
- Two 8-Bit and One 16-Bit Timer/Counter
- Real Time Counter
- 8-Channel 10-Bit ADC
- Two-wire Serial, USART, SPI Interface
- Analog Comparator

2.2.1 Arsitektur AVR

AVR menggunakan konsep arsitektur Harvard dengan memori dan bus terpisah untuk data dan program. Lebar bus program pada AVR adalah 16 bit sedangkan lebar bus data 8 bit. Memori program dieksekusi dengan *pipeline*¹ satu tingkat. Saat instruksi sedang dieksekusi, instruksi yang berikutnya dibaca dari memori program. Konsep ini memungkinkan instruksi untuk dieksekusi dalam tiap-tiap siklus *clock*.

AVR memiliki jumlah *register* yang relatif besar untuk ukuran mikrokontroler 8 bit, yaitu 32 buah *general purpose registers*. AVR tidak memiliki *accumulator* seperti yang dimiliki sebagian besar mikroprosesor/mikrokontroler. Seluruh *register* terhubung ke ALU (*Arithmetic Logic Unit*) sehingga operasi ALU dapat dilaksanakan dengan menggunakan *general purpose registers* sebagai *operand*. Dua *operand* diambil dari *register*, operasi ALU dijalankan, dan hasil operasi disimpan ke dalam *register*, semuanya dilakukan dalam satu siklus *clock*. Dalam skala operasi yang relatif besar, operasi ALU dapat dijalankan dengan lebih cepat. Semua *general purpose registers* juga dapat digunakan untuk mengakses data dari dan ke memori dengan instruksi *load* dan *store*. Arsitektur AVR ditunjukkan dalam Gambar 2.5.



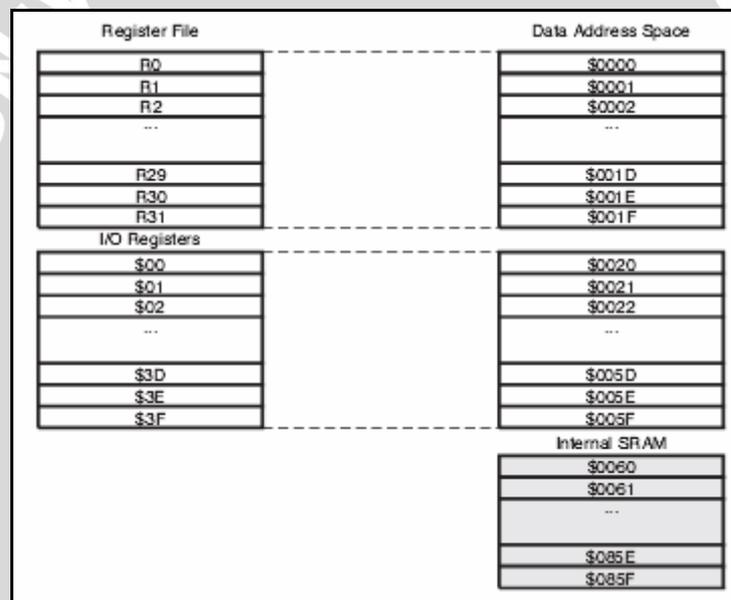
Gambar 2.5 Arsitektur AVR

Sumber: Atmel, 2006: 8

¹ Sebuah teknik yang digunakan untuk memproses instruksi dalam mikroprosesor yaitu dengan memulai eksekusi instruksi kedua sebelum instruksi pertama selesai dijalankan

Enam dari 32 *register* dapat digunakan sebagai pasangan *register* 16 bit. Pasangan *register* 16 bit dapat digunakan sebagai *register* pointer untuk pengalamatan area data sehingga memungkinkan perhitungan alamat menjadi lebih efisien. Ketiga *register* tersebut adalah *register* X (R26 dan R27), Y (R28 dan R29), dan Z (R30 dan R31). *Register* R0-R15 tidak dapat digunakan dalam instruksi yang dioperasikan dengan nilai secara langsung seperti perintah LDI, ANDI, dan yang lainnya.

Memori pada arsitektur AVR ini dipetakan seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.6. Memori data dibagi menjadi 3 bagian. Alamat paling bawah yang berjumlah 32 buah (0000 – 001F) ditempati oleh *general purpose registers*. Alamat berikutnya dengan jumlah 64 buah (0020 – 005F) ditempati oleh *register* I/O yang mengatur piranti CPU seperti *register* kontrol, *Timer/Ccounter*, dan fungsi I/O lainnya. Alamat berikutnya digunakan oleh SRAM internal.



Gambar 2.6 Peta Memori AVR Tipe Atmega32

Sumber: Atmel, 2006: 17

Semua lokasi memori SRAM dapat dialamati secara langsung (*direct addressing*) atau secara tidak langsung (*indirect addressing*). *Direct Addressing* digunakan menyimpan atau membaca data pada lokasi memori yang diketahui dengan pasti.

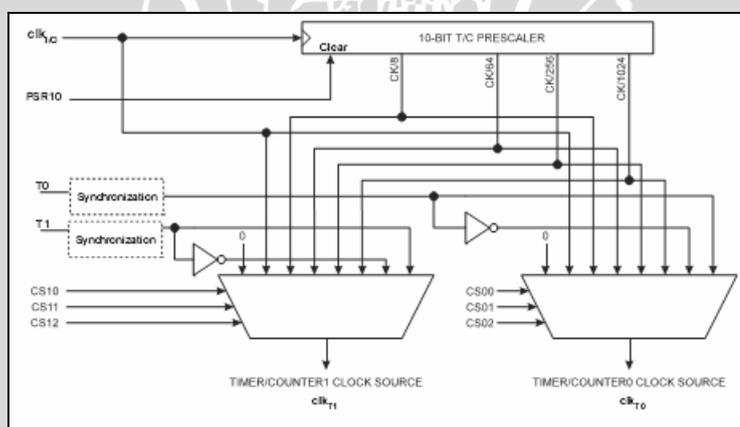
Pembacaan dan penulisan data ke memori dengan *indirect addressing* dapat dilakukan dengan menggunakan pointer. Pasangan *register* R26:R27 (disebut *register* X), R28:R29 (*register* Y), dan R30:R31 (*register* Z) dapat digunakan untuk menunjukkan alamat yang ingin dibaca atau ditulisi.

Alamat awal SRAM seperti terlihat dalam Gambar 2.6 adalah 0x60. *Register* dan I/O juga menempati lokasi pengalamatan yang sama namun lebih rendah. Keuntungan dari organisasi seperti ini adalah I/O *register* dapat diakses melalui pasangan *register* X, Y, dan Z.

Selama *interrupt* dan pemanggilan *subroutine*, alamat pada *Program Counter* (PC) disimpan pada *stack*. Pada tipe AVR yang memiliki SRAM internal atau eksternal, *stack* dialokasikan di SRAM sehingga ukuran *stack* hanya terbatas oleh total ukuran dan pemakaian SRAM. Semua program harus menginisialisasi *Stack Pointer* (SP) di dalam rutin *reset*, sebelum *subroutines* atau *interrupt* dieksekusi. Sedangkan tipe AVR yang tidak memiliki SRAM, alamat pada PC disimpan di *dedicated stack hardware* yang hanya dapat menyimpan tiga alamat.

2.2.2 Timer/Counter

AVR memiliki beberapa jenis periperhal internal, diantaranya komparator analog, *Timer/Counter*, UART, *Watchdog Timer*, dan ADC/DAC. Periperhal yang ada dalam chip AVR tergantung tipe AVR. Periperhal yang sering digunakan adalah *Timer/Counter*. Blok diagram *clock Timer/Counter* ditunjukkan dalam Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Blok Diagram *Clock Timer/Counter*
Sumber: Atmel, 2006: 85

Timer/Counter pada AVR dibagi menjadi dua, yaitu 8 bit (*Timer/Counter0*) dan 16 bit (*Timer/Counter1*). *Clock Timer/Counter* dapat berupa *clock* internal CPU atau *clock* eksternal dari pin T0/T1. *Timer/Counter* pada AVR memiliki pembagi frekuensi *clock* dari CPU (CK). Dengan menggunakan *clock* internal CPU, dapat dipilih frekuensi *clock* CK, CK/8, CK/64, CK/256, dan CK/1024 seperti ditunjukkan dalam Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Pemilihan *Clock Timer/Counter* pada AVR

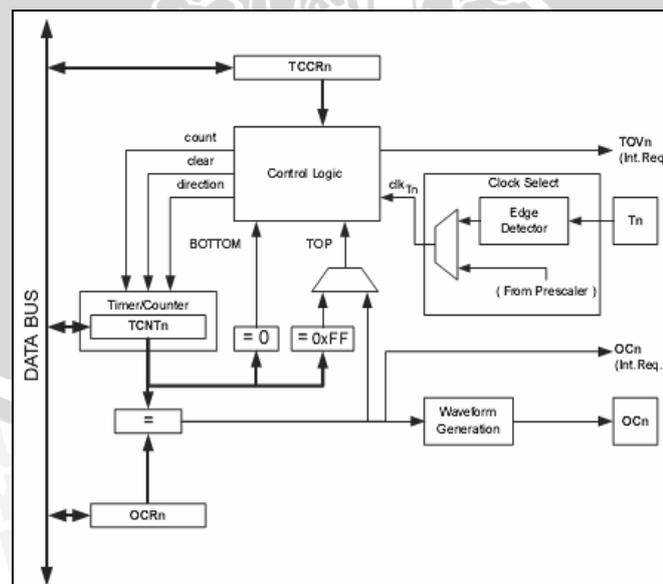
CSX2	CSX1	CSX0	KETERANGAN
0	0	0	Stop
0	0	1	CK
0	1	0	CK/8
0	1	1	CK/64
1	0	0	CK/256
1	0	1	CK/1024
1	1	0	Pin TX, sisi turun
1	1	1	Pin TX, sisi naik

Keterangan : X = 0 atau 1

Sumber: Atmel, 2006: 82

Saat *Timer/Counter* menggunakan *clock* eksternal, sinyal eksternal disinkronkan dengan frekuensi osilator CPU. Untuk mendapatkan sampling *clock* eksternal yang sesuai, waktu minimum antara dua transisi *clock* eksternal harus sedikitnya satu periode *clock* internal CPU. Sinyal *clock* eksternal disampling pada tepi naik *clock* internal CPU.

Timer/Counter0 merupakan *up counter* 8 bit (TCNT0) dengan akses baca dan tulis. Saat *Timer/Counter0* *overflow*, akan dibangkitkan sinyal TOV0 yang dapat digunakan untuk membangkitkan *interrupt* dengan men-*set* bit TOIE dalam *Timer Interrupt Mask Register* (TIMSK). Blok diagram *Timer/Counter0* ditunjukkan dalam Gambar 2.8.

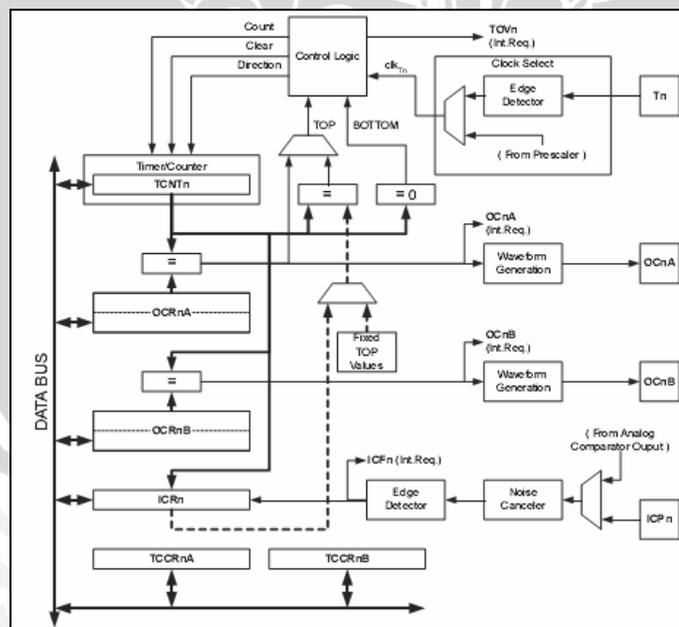
**Gambar 2.8** Blok Diagram *Timer/Counter0*

Sumber: Atmel, 2006: 69

Timer/Counter1 merupakan *up/down counter* 16 bit (*down counter* hanya bisa digunakan saat mode PWM). *Timer/Counter1* dapat dibaca atau ditulisi dengan mengakses *Timer/Counter1 High* (TCNT1H) dan *Timer/Counter1 Low* (TCNT1L). Saat CPU menulis ke TCNT1H, data disimpan ke *Register TEMP*. Saat CPU menulis ke TCNT1L, data dari CPU dikombinasikan dengan data di *Register TEMP* ditulisi ke *Timer/Counter1*, sehingga penulisan ke *Timer/Counter1* harus diawali dengan penulisan ke TCNT1H. Sedangkan saat pembacaan TCNT1L, data TCNT1L dikirimkan ke CPU dan data TCNT1H di simpan ke *Register TEMP*. Saat CPU membaca data dari TCNT1H, CPU menerima data dari *Register TEMP*, sehingga pembacaan ke *Timer/Counter1* harus diawali dengan pembacaan ke TCNT1L. Blok Diagram *Timer/Counter1* ditunjukkan dalam Gambar 2.9.

Timer/Counter1 mendukung fungsi perbandingan (*compare*) keluaran *Timer/Counter* dengan *Timer/Counter1 Output Compare Register* (OCR1). Pemilihan mode perbandingan dapat dilihat dalam Tabel 2.4. Dengan men-*set* bit *Clear Timer/Counter1 on Compare Match* (CTC1) pada *Timer/Counter1 Control Register B* (TCCR1B), *Timer/Counter1* akan di-*clear* saat nilai *counter* sama dengan OCR1.

Fungsi *Timer/Counter1* yang lain adalah *pulse width modulation* (PWM) dan *input capture*. Lebih lanjut tentang dua fungsi ini dapat dilihat dalam *datasheet*.



Gambar 2.9 Blok Diagram *Timer/Counter1*

Sumber: Atmel, 2006: 87

Tabel 2.4 Mode Compare pada Timer/Counter 1

COM1X1	COM1X0	Description
0	0	Timer/Counter1 tidak terhubung dengan OC1X
0	1	Toggle keluaran OC1X
1	0	Clear keluaran OC1X
1	1	Set keluaran OC1X

Keterangan : X = A atau B

Sumber: Atmel, 2006: 108

2.2.3. Komukasi Serial USART

Sistem USART (*The Universal Synchronous and Asynchronous Serial Receiver and Transmitter*) dari Atmega32 memiliki beberapa keuntungan dibandingkan dengan sistem UART, yaitu:

1. Operasi full duplex
2. Mode operasi asinkron dan sinkron
3. Mendukung komunikasi multiprosesor
4. Mode kecepatan trasnmisi berorde Mbps

Dalam proses inisialiasi, ada beberapa register yang perlu di tentukan nilainya, yaitu:

1. Register UBRR (*USART Baud Rate Register*).

UBRR merupakan register 16 bit yang berfungsi melakukan penentuan kecepatan trasmisi data yang akan digunakan. UBRR dibagi menjadi dua, yaitu UBRRH dan UBRL. Register-register tersebut ditunjukkan dalam Gambar 2.10.

URSEL	-	-	-	UBRR [11..8]	UBRRH
UBRR [7..0]					UBRL

Gambar 2.10. Register UBRR

Sumber : Atmel, 2006: 164

Bit penyusunnya dapat dijelaskan sebagai berikut:

- *URSEL*, merupakan bit pemilih antara akses UBRR dan UCSRC. Hal itu disebabkan keduanya menempati lokasi yang sama. Untuk akses UBRR, bit ini bernilai 0.
- *UBRR* [11..0], merupakan bit penyimpan konstanta kecepatan komunikasi serial. UBRRH menyimpan 4 bit tertinggi data setting *baud rate* dan UBRL menyimpan 8 bit sisanya. Data yang dimasukkan ke UBRRH dan UBRL dihitung menggunakan rumus sesuai Tabel 2.5 U2X merupakan bit pada register UCSRA.

Tabel 2.5. Rumus Perhitungan Nilai UBRR untuk Berbagai Mode Operasi

Mode Operasi	Rumus Nilai UBRR
Asinkron mode kecepatan normal (U2X=0)	$UBRR = \frac{f_{osc}}{16x\text{baudrate}} - 1$
Asinkron mode kecepatan ganda (U2X=1)	$UBRR = \frac{f_{osc}}{8x\text{baudrate}} - 1$
Sinkron	$UBRR = \frac{f_{osc}}{2x\text{baudrate}} - 1$

Sumber : Atmel, 2006: 143

2. UCSRB (USART Control and Status Register B).

Merupakan register 8 bit pengatur aktivasi penerima dan pengirim USART. Komposisi register tersebut ditunjukkan dalam Gambar 2.11.

RXCIE	TXCIE	UDRIE	RXEN	TXEN	UCZ2	RXB8	TXB8
-------	-------	-------	------	------	------	------	------

Gambar 2.11 Register UCSRB

Sumber : Atmel, 2006: 161

Bit penyusunnya dapat dijelaskan sebagai berikut:

- *RXCIE*, mengatur aktivasi interupsi penerimaan data serial. Bernilai awal 0 sehingga proses penerimaan data berdasar pada sistem *pooling*. Jika bernilai 1 dan kaki bit RXC pada UCSRA bernilai 1, interupsi penerimaan data serial akan dieksekusi.
- *TXCIE*, mengatur aktivasi interupsi pengiriman data serial. Bernilai awal 0. Jika berniali 1 dan bit TXC pada UCSRA bernilai 1, interupsi pengiriman data serial akan dieksekusi.
- *UDRIE*, mengatur aktivasi interupsi yang berhubungan dengan kondisi bit UDRE pada UCSRA. Bernilai awal 0. Jika bernilai 1, maka interupsi akan terjadi hanya jika bit UDRE bernilai 1.
- *RXEN*, merupakan bit aktivasi penerima serial Atmega8535. Bernilai awal 0. Jika bernilai 1, maka penerima data serial diaktifkan.
- *TXEN*, merupakan bit aktivasi pengirim serial Atmega8535. Bernilai awal 0. Jika bernilai 1, maka pengirim data serial diaktifkan.
- *UCSZ2*, bersama dengan bit *UCSZ1* dan *UCSZ0* di register *UCSRC* menentukan ukuran karakter serial yang dikirimkan. Pada saat awal, ukuran karakter diset pada 8 bit. Detail nilai bit ini dapat dilihat dalam Tabel 2.6.

Tabel 2.6. Penentuan Ukuran Karakter

UCSZ[2..0]	Ukuran Karakter (bit)
000	5
001	6
010	7
011	8
100 - 110	Tidak dipergunakan
111	9

Sumber : Atmel, 2006: 163

3. UCSRC (*USART Control and Status Register C*).

Merupakan register 8 bit yang digunakan untuk mengatur mode dan kecepatan komunikasi serial yang dilakukan. Komposisinya register tersebut ditunjukkan dalam Gambar 2.12.

URSEL	UMSEL	UPM1	UPM0	USBS	UCZ1	UCZ0	UCPOL
-------	-------	------	------	------	------	------	-------

Gambar 2.12. Register UCSRC

Sumber : Atmel, 2006: 162

Bit penyusunnya dapat dijelaskan sebagai berikut:

- *URSEL*, merupakan bit pemilih akses antara UCSRC dan UBRR. Bernilai awal 1 sehingga secara normal akan selalu mengakses register UCSRC.
- *UMSEL*, merupakan bit pemilih mode komunikasi serial antara sinkron dan asinkron. Bernilai awal 0, sehingga modusnya asinkron.
- *UPM* [1..0], merupakan bit pengatur paritas. Bernilai awal 00. Untuk lebih jelasnya bisa dilihat dalam Tabel 2.7.
- *USBS*, merupakan bit pemilih ukuran bit *stop*. Bernilai awal 0 sehingga jumlah bit *stop* yaitu 1 bit. Jika bernilai 1, maka jumlah bit *stop* 2 bit.
- *UCSZ1* dan *UCSZ0*, merupakan bit pengatur jumlah karakter serial.
- *UCPOL*, merupakan bit pengatur hubungan antara perubahan data keluaran dan data masukan serial dengan clock sinkronisasi. Hanya berlaku untuk mode sinkron.

Tabel 2.7. Penentuan Mode Paritas

UPM[1..0]	Mode Paritas
00	Tidak aktif
01	Tidak digunakan
10	Paritas genap
11	Paritas ganjil

Sumber : Atmel, 2006: 163

Proses membangun hubungan komunikasi data serial memerlukan suatu kecepatan data (*data transfer rate*) yang sesuai, baik di sisi komputer maupun di sisi mikrokontroler.

2.3 EEPROM Serial

EEPROM (*Electrically Erasable Programmable Memory*) serial dikembangkan untuk mengatasi keterbatasan jumlah I/O pada mikroprosesor/mikrokontroler. Yang membedakan antara EEPROM serial dengan EEPROM paralel adalah antar muka EEPROM serial yang diakses secara serial. Sebuah IC memori dengan kapasitas 2 kB yang dibentuk dengan teknik transfer data secara paralel paling tidak mempunyai 24 kaki, 8 kaki untuk jalur data, 11 kaki untuk jalur alamat, 3 kaki untuk jalur kontrol, 2 kaki untuk catu daya. Memori yang sama kalau dibentuk dengan teknik transfer data secara seri mempunyai 8 kaki, dan hanya 2 atau 3 kaki yang perlu dihubungkan ke mikroprosesor/mikrokontroler. Keunggulan lainnya adalah daya yang dibutuhkan lebih rendah dan ukuran fisik yang lebih kecil.

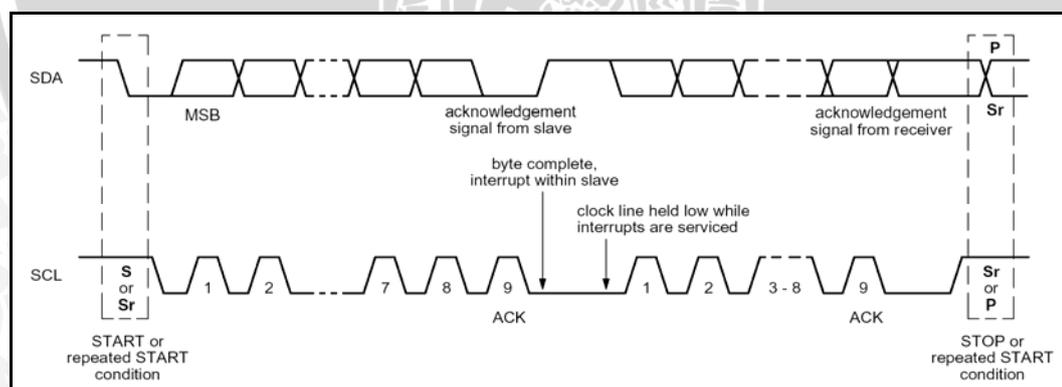
Teknik transfer data secara seri antar IC dikembangkan oleh 3 perusahaan IC, yang pertama adalah teknik I²C (*Inter Integrated Circuit*) yang dikenalkan oleh Philips, teknik SPI (*Serial Peripheral Interface*) dari Motorola dan teknik MicroWire dari National Semiconductor. Protokol I²C memakai 2 jalur untuk keperluan transfer data secara seri, sedangkan SPI dan MicroWire memakai 3 jalur. Semua protokol mempunyai 1 jalur untuk *clock*, I²C hanya punya satu jalur data 2 arah, sedangkan SPI dan MicroWire mempunyai 2 jalur data satu arah, masing-masing untuk jalur data masuk dan jalur data keluar. Protokol yang paling sering digunakan pada EEPROM serial adalah I²C.

2.3.1 Protokol I²C

I²C versi 1.0 dikenalkan oleh Philips pada tahun 1992, direvisi menjadi versi 2.0 pada tahun 1998, kemudian direvisi lagi menjadi versi 2.1 pada tahun 2000. Komunikasi data secara I²C dilakukan melalui dua saluran, masing-masing adalah saluran data secara seri (SDA) dan saluran *clock* (SCL), kedua saluran ini dikenal sebagai bus I²C yang dipakai menghubungkan banyak IC I²C untuk berbagai macam keperluan. IC-IC I²C itu dibedakan menjadi *master* dan *slave*. yang dimaksud dengan *master* adalah peralatan I²C yang memulai transfer data dan yang membangkitkan *clock* (SCK). Yang bertindak sebagai *master* umumnya adalah mikroprosesor/mikrokontroler yang bertugas mengendalikan bus I²C.

Pada kondisi normal, SDA hanya boleh berubah selama SCL *low*. Pengecualian kondisi ini adalah saat kondisi *start* dan *stop*. Kondisi *start* menandakan *master* akan memulai proses pertukaran data dengan ditandai transisi *high* ke *low* pada saluran SDA saat saluran SCL *high*. Sedangkan kondisi *stop* menandakan *master* akan menghentikan proses pertukaran data dengan ditandai transisi *low* ke *high* pada saluran SDA saat saluran SCL *high*.

Lebar data yang dikirimkan melalui SDA harus sebanyak 8 bit atau 1 *byte*. Banyaknya *byte* yang dapat dikirimkan tidak dibatasi. Masing masing *byte* harus diikuti bit *acknowledge* oleh pihak penerima data dengan menahan saluran SDA pada kondisi *low* saat pulsa *clock acknowledge* sedang dalam periode *high*. Jika pihak penerima tidak memberikan *acknowledge*, berarti pihak penerima tidak sedang dalam kondisi siap bertukar data. Data ditransfer dengan MSB terlebih dahulu. Jika *slave* tidak dapat menerima atau mengirimkan *byte* data selama melakukan beberapa fungsi lain, sebagai contoh melayani *interrupt* internal, *slave* dapat memaksa *master* ke kondisi *wait* dengan menahan saluran SCL pada kondisi *low*. Perpindahan data kemudian dilanjutkan jika *slave* siap untuk bertukar data dan melepaskan saluran SCL. Proses pengiriman data dapat dihentikan dengan memberikan kondisi *stop* walaupun proses pengiriman belum lengkap satu *byte*. Dalam kasus ini, tidak ada sinyal *acknowledge*. *Timing diagram* protokol I²C ditunjukkan dalam Gambar 2.13 .



Gambar 2.13. *Timing diagram* protokol I²C
Sumber : Philips, 2000: 10

2.3.2 Pengalamatan EEPROM Serial

Karena IC I²C hanya dikendalikan lewat kaki SDA dan SCK saja, tidak ada sarana lainnya dari *master* yang bisa dipakai untuk mengendalikan I²C, maka alamat yang dipakai untuk memilih isi IC I²C dikirimkan secara serial pula, persis seperti halnya pengiriman data.

Pengalamatan dasar IC I²C dilakukan dengan Nomor Group dan Nomor Chip. Nomor group adalah nomor yang diberikan oleh Philips sebagai pencipta I²C pada kelompok-kelompok IC I²C. Sebagai contoh nomor group untuk EEPROM serial adalah 1010 (biner). Nomor *chip* adalah nomor yang diberikan pada masing-masing chip lewat kaki A0, A1, dan A2 dari masing-masing IC. Dalam IC I²C tertentu, A0..A2 tidak dihubungkan ke kaki IC, tapi dipakai didalam IC untuk memori *register* atau memori di dalam IC bersangkutan.

Setelah *master* I²C mengirimkan sinyal *start*, *byte* pertama yang dikirim berisi nomor group, nomor *chip* dan 1 bit lagi sebagai penentu arah data (*low* = *write*, *high* = *read*), seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.13. Setelah *master* mengirimkan *byte* pertama, IC I²C yang memiliki nomor group dan *chip* yang bersesuaian menyisipkan sinyal *acknowledge* sebagai kesiapannya bertukar data. Selanjutnya *master* akan melakukan pertukaran data dengan *slave* sesuai dengan bit penentu arah data. Jika pertukaran data telah selesai, *master* mengakhiri hubungan dengan mengirimkan sinyal *stop*.

Dengan cara pengalamatan diatas *master* dapat mengendalikan 128 (7 bit) alamat. Untuk EEPROM serial, dimana dibutuhkan jumlah alamat yang lebih banyak, digunakan cara pengalamatan yang lain. EEPROM dengan kapasitas 2 kB kebawah, misal 24C16 yang memiliki kapasitas 2 kB, menggunakan 3 bit nomor *chip* dan 1 *byte* alamat yang dikirim setelah *byte* pertama sehingga dapat mengalami 11 bit alamat pada EEPROM. Sedangkan EEPROM dengan kapasitas lebih dari 2 kB, misal 24C256 yang memiliki kapasitas 32 kB, menggunakan 2 *byte* alamat yang masing-masing dikirim setelah *byte* pertama. Sedangkan untuk EEPROM yang digunakan pada perancangan (AT24C1024), membutuhkan 17bit alamat. 8 bit pertama untuk mengalami *byte* pada masing-masing halaman, dan 9 bit lagi untuk mengalami halaman dari EEPROM. MSB dari 9 bit alamat halaman EEPROM diletakkan pada *byte* alamat dari chip EEPROM dengan simbol P₀, sebagaimana bisa dilihat dalam Gambar 2.14.

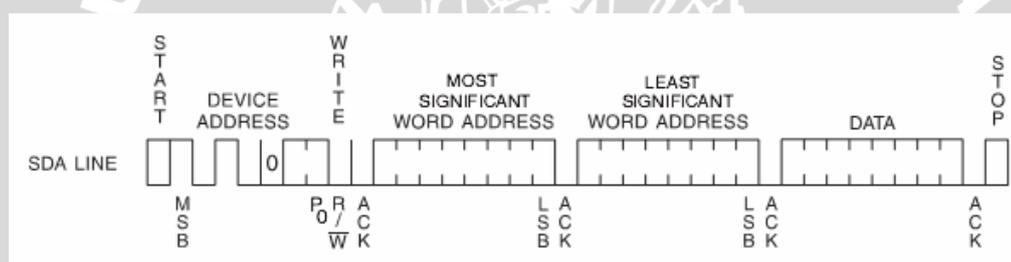


Gambar 2.14. Alamat EEPROM AT24C1024

Sumber : Atmel, 2005: 11

2.3.3 Operasi Penulisan

Operasi penulisan pada EEPROM serial dengan menggunakan penulisan per-byte dapat dilakukan sebagai berikut, 8 bit data dikirimkan setelah *master* mengirimkan kondisi *start*. 8 bit data tersebut terdiri dari: 5 bit alamat group, 1 bit alamat *chip* atau alamat EEPROM, 1 bit MSB dari alamat halaman EEPROM (P_0), dan 1bit yang diisi dengan nilai “0” untuk mode *write*, *acknowledge* dari EEPROM. Setelah itu 8 bit alamat halaman EEPROM, *acknowledge* dari EEPROM. Kemudian 8 bit alamat byte letak dimana data akan ditulis pada EEPROM dan *acknowledge* dari EEPROM. Kemudian 8 bit data yang akan dituliskan dikirim, setelah 8 bit data diterima, EEPROM akan memberikan *acknowledge* dan *master* mengakhiri operasi penulis dengan kondisi *stop*. Setelah kondisi *stop*, EEPROM memasuki siklus penulisan ke memori nonvolatile selama waktu siklus tulis. Semua masukan tidak berfungsi selama siklus penulisan dan EEPROM tidak akan menjawab panggilan sampai proses penulis selesai. Proses penulisan perbyte ditunjukkan dalam Gambar 2.15.



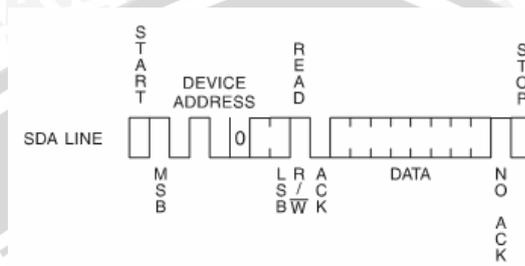
Gambar 2.15. Operasi penulisan pada EEPROM serial AT24C1024

Sumber : Atmel, 2005: 11

2.3.4 Operasi Pembacaan

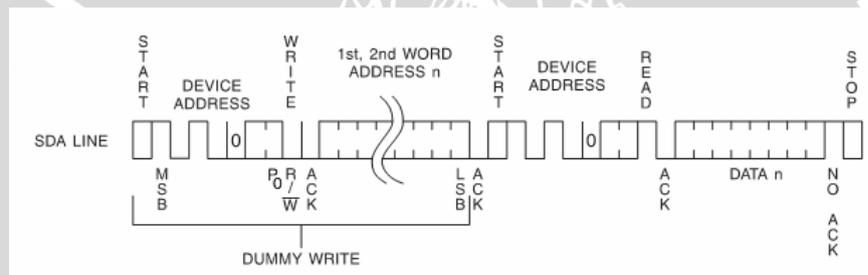
EEPROM serial memiliki *counter* alamat internal yang menyimpan satu alamat sesudah alamat terakhir yang diakses dengan operasi *write* atau *read*. Alamat pada *counter* alamat internal akan tetap valid selama EEPROM masih mendapat catu daya. Counter ini hanya berfungsi pada alamat byte saja pada satu halaman. Sedangkan untuk alamat halaman EEPROM tidak terdapat *counter* otomatis. Untuk memulai operasi pembacaan, *master* mengirimkan kondisi *start* diikuti *byte* pertama. Setelah mengirimkan *acknowledge*, EEPROM mengirimkan data ke *master*. Untuk mengakhiri hubungan, *master* tidak memberikan *acknowledge* setelah bit data terakhir dikirimkan oleh EEPROM, kemudian disusul dengan mengirimkan kondisi *stop*. Proses pembacaan EEPROM serial ditunjukkan dalam Gambar 2.16.a.

Untuk melakukan pembacaan secara acak (*random read*), dibutuhkan urutan penulisan semu untuk memuat alamat ke *counter* alamat EEPROM. *Master* memulai dengan urutan operasi penulisan. Setelah alamat EEPROM dikirim dan mendapat *acknowledge* dari EEPROM, *master* tidak mengirimkan data, tetapi mengirimkan kondisi *start* baru dan memulai proses pembacaan. Proses pembacaan secara acak ditunjukkan dalam Gambar 2.16.b.



Gambar 2.16.a. Operasi pembacaan pada EEPROM serial AT24C1024

Sumber : Atmel, 2005:11



Gambar 2.16.b. Operasi pembacaan acak (*random*) pada EEPROM serial AT24C1024

Sumber : Atmel, 2005:12

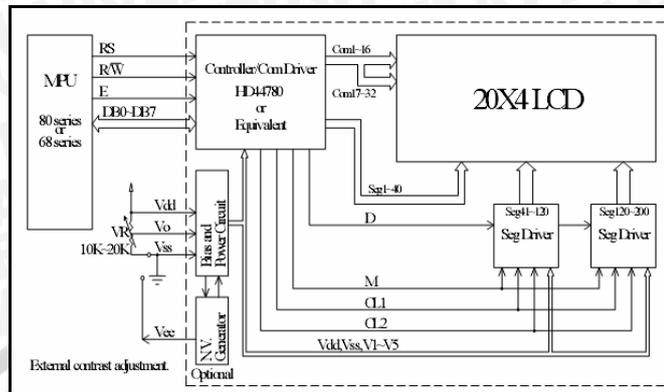
2.4 LCD (Liquid Cristal Display)

Tipe LCD yang digunakan dalam perancangan adalah LCD model WH2004A produksi Winstar Corporation, dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Menampilkan 20 karakter pada tiap baris (terdapat 4 baris)
- Pembangkit karakter ROM untuk 192 jenis karakter
- 80 x 8 bit display data RAM
- Antarmuka dengan 4 bit atau 8 bit MPU
- Tegangan catu 5 volt

Masukan yang diperlukan untuk mengendalikan modul LCD ini berupa bus data yang masih termultipleks dengan bus alamat serta 3 bit sinyal kontrol, yaitu RS, R/W dan E. Sementara pengendali dot matrix LCD dilakukan secara internal oleh kontroler yang sudah terpasang pada modul LCD. Blok diagram modul LCD

ditunjukkan dalam Gambar 2.17, dan konfigurasi terminal I/O ditunjukkan dalam Tabel 2.8.



Gambar 2.17. Blok Diagram LCD LCD WH2004A
Sumber : Winstar, 2006: 6

Tabel 2.8 Tabel Terminal I/O pada LCD

No	Symbol	Level	Fungsi	
1	Vss	-	Power Supply	0V
2	Vcc	-		5V \pm 10%
3	Vee	-		Kontras LCD
4	RS	H/L	H = data input L = instruction input	
5	R/W	H/L	H = read L = read	
6	E	H to L	Eneble signal	
7	DB0	H/L	Data bus	
8	DB1	H/L		
9	DB2	H/L		
10	DB3	H/L		
11	DB4	H/L		
12	DB5	H/L		
13	DB6	H/L		
14	DB7	H/L		
15	V+BL	-	Back light	4,2 – 4,6V
16	V-BL	-		0V (GND)

Sumber : Winstar, 2006: 5

Dari Tabel 2.8 terlihat bahwa LCD WH2004A mempunyai 8 bit data (*bidirectional bus*) dan 3 buah sinyal kontrol yaitu RS, R/W dan E. Ketiga sinyal kontrol tersebut mempunyai fungsi sebagai berikut:

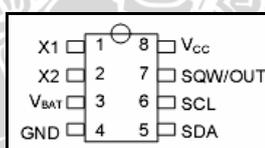
1. RS digunakan untuk memilih *Register IR (instruction Register)* atau *DR (data Register)*
2. R/W digunakan untuk memilih fungsi membaca atau menulis pada kedua *Register IR* dan *DR*.
3. E berguna untuk memberikan sinyal pada bahwa data akan ditulis atau dibaca ke *Register*.

Mode pengiriman data antara mikrokontroler dengan LCD dapat dilakukan dengan dua macam mode, yaitu :

- Mode *interface* data 4 bit. Hanya 4 buah jalur data bus (DB4 sampai DB7) yang digunakan untuk transfer data. Jalur bus data D0 sampai D3 diabaikan. Pada mode ini 4 bit data MSB dikirim terlebih dahulu, kemudian 4 bit LSB. *Busy flag* harus diperiksa setelah 4 bit data ditransfer dua kali.
- Mode tranfer data 8 bit, semua jalur bus data (D0 sampai D7) digunakan dalam proses pengiriman.

2.5. RTC (Real Time Clock)

RTC merupakan rangkaian jam dan kalender dalam sebuah IC lengkap dengan battery cadangannya. Rangkaian jam dalam IC tersebut dapat tetap bekerja walaupun catu daya dimatikan. RTC yang digunakan adalah tipe DS1307. IC ini dapat menghitung detik, menit, jam, tanggal, bulan, hari, dan tahun, memiliki 56 x 8 RAM, dan dalam transfer datanya baik proses baca atau tulis menggunakan protokol I²C. DS1307 memiliki delapan buah pin. Konfigurasi pin pada DS1307 ditunjukkan dalam Gambar 6.18. Fungsi dari masing-masing pin ditunjukkan dalam Tabel 2.9.



Gambar 2.18. Konfigurasi pin DS1307

Sumber: Maxim, 2004: 1

Tabel 2.9. Fungsi dari masing-masing pin pada DS1307

PIN	NAMA	FUNGSI
1.	X1	Koneksi untuk 32,768kHz <i>Quartz Crystal Standard</i> . Osilator internal dirancang untuk beroperasi dengan kristal yang mempunyai beban kapasitansi sebesar 12,5pF. Dapat juga digunakan osilator eksternal 32,768kHz.
2.	X2	
3.	V _{BAT}	Catu daya cadangan untuk RTC. Sehingga meskipun catu sistem (Vcc) dimatikan, RTC tetap dalam keadaan hidup.
4	GND	Ground
5	SDA	Serial Data Input/Output. Kondisi pin SDA adalah <i>open drain</i> , sehingga membutuhkan resistor <i>pullup</i> .
6	SCL	Serial Clock Input. Kondisi pin SCL adalah <i>open drain</i> , sehingga membutuhkan resistor <i>pullup</i> .
7	SQW/OUT	Pin ini mengeluarkan gelombang kotak dengan frekuensi yang bisa di atur pada register kontrol RTC. Kondisi pin ini adalah <i>open drain</i> , sehingga membutuhkan resistor <i>pullup</i> .
8	V _{CC}	Catu daya utama dari RTC

Sumber: Maxim, 2004: 6

Informasi penanggalan dan waktu diperoleh dengan pembacaan byte register yang sesuai. Tabel 2.10 menggambarkan register-register RTC. Penanggalan dan waktu di-set dengan penulisan byte register yang sesuai. Isi dari register penanggalan dan waktu adalah dalam format binary-coded desimal (BCD).

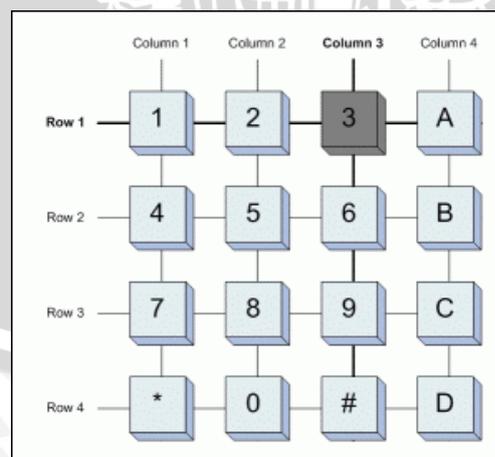
Tabel 2.10. Alamat register RTC

ADDRESS	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0	FUNCTION	RANGE
00H	CH	10 Seconds			Seconds			Seconds	00–59	
01H	0	10 Minutes			Minutes			Minutes	00–59	
02H	0	12	10 Hour	10 Hour	Hours			Hours	1–12 +AM/PM 00–23	
		24	PM/AM							
03H	0	0	0	0	0	DAY		Day	01–07	
04H	0	0	10 Date		Date			Date	01–31	
05H	0	0	0	10 Month	Month			Month	01–12	
06H	10 Year			Year			Year	00–99		
07H	OUT	0	0	SQWE	0	0	RS1	RS0	Control	—
08H–3FH									RAM 56 x 8	00H–FFH

Sumber: Maxim, 2004: 8

2.6 Keypad

Keypad atau tombol tekan merupakan suatu sarana yang digunakan untuk memasukkan data kesuatu alat. *Keypad* yang digunakan pada alat ini berupa matrik, yaitu rangkaian *keypad* yang terdiri dari baris dan kolom. *Keypad* yang digunakan berupa *keypad* matrik 4x4, yaitu *keypad* yang terdiri dari empat kolom dan empat baris. Bila salah satu tombol ditekan maka keluaran berupa kombinasi dari baris dan kolom tersebut. Susunan *keypad* matrik 4x4 ditunjukkan dalam Gambar 2.19.



Gambar 2.19. Keypad matrik 4x4

2.7 USB-UART Converter

USB-UART *converter* merupakan sebuah modul *development tools* untuk USB device tipe FT232BM. Modul ini digunakan untuk aplikasi komunikasi dua arah antara USB dengan UART TTL, UART RS-232, PWREN UART RS-422, UART RS-485, mikrokontroler, dan modem UART. Berdasarkan literatur (Innovative Electronics, 2006), spesifikasi dari USB-UART *Converter* ini adalah sebagai berikut:

1. Tegangan kerja 4,4 – 5,25 volt DC.
2. Tersedia 2 LED untuk indikator Tx dan Rx data pada komunikasi serial.
3. Mendukung format UART dengan 7 / 8 bit data, 1 / 2 Stop bit, dan Odd / Even / Mark / Space / No parity.
4. Memiliki baudrate 3Mbps (TTL), 1Mbps (RS-232), 3Mbps (RS-422 / RS-485)
5. Kompatibel dengan USB 1.1 dan USB 2.0.
6. Kompatibel dengan UHCI / OHCI / EHCI host controller.
7. Memiliki output dengan level TTL 5 volt.
8. Modul menggunakan konfigurasi daya *Self Powered*.



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut:

3.1 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan pengetahuan yang dapat mendukung penyusunan tugas akhir ini. Studi literatur meliputi jangka sorong digital jenis 500, mikrokontroler ATmega32, EEPROM, LCD, RTC, keypad, dan piranti USB-UART *converter*.

3.2 Perancangan dan Pembuatan Alat

Pada tahap perancangan alat, dibuat suatu blok diagram fungsional dari rangkaian yang direncanakan. Perancangan rangkaian dilakukan pada tiap-tiap blok untuk mempermudah perancangan serta penentuan nilai komponen yang digunakan. Perancangan perangkat lunak dilakukan dengan membuat diagram alir untuk program utama dan sub program.

Selanjutnya pada tahap pembuatan dilakukan realisasi perangkat keras yang telah dirancang sebelumnya dengan menganalisa segala kemungkinan yang dapat terjadi. Pembuatan alat meliputi pembuatan *Printed Circuit Board* (PCB) dengan menggunakan *software* Eagle 4.11, pengujian komponen, pengeboran, perakitan, penyolderan komponen pada PCB. Sedangkan pembuatan perangkat lunak meliputi penulisan kode, pengujian (*debugging*), dan kompilasi program menggunakan *software* AVR Studio 4 dan Ponyprog *downloader*.

3.3 Pengujian Alat

Pengujian alat ini bertujuan untuk mengetahui kesesuaian kinerja alat hasil perancangan dengan spesifikasi yang direncanakan. Adapun bentuk pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

a. Pengujian perangkat keras

Pengujian dilakukan tiap blok perancangan untuk memudahkan analisis. Pengujian perangkat keras meliputi pengujian antarmuka mikrokontroler dengan

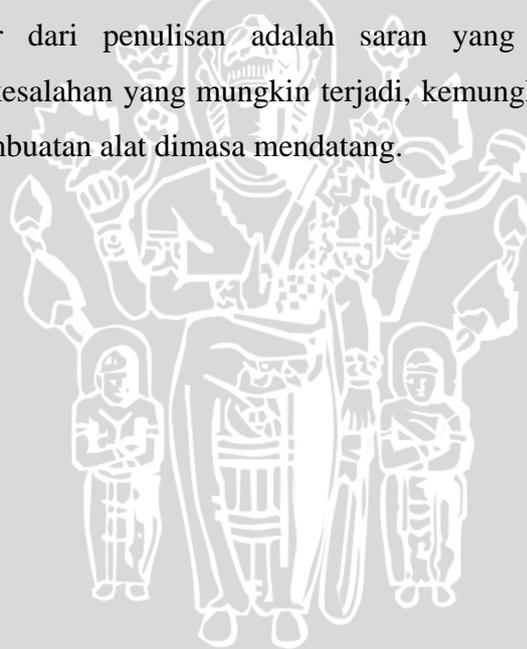
jangka sorong digital, keypad, *Liquid Crystal Display* (LCD), *Real Time Clock* (RTC), EEPROM, dan piranti USB-UART *converter*

b. Pengujian keseluruhan sistem

Pengujian keseluruhan sistem dilakukan dengan menyambungkan blok perangkat keras dan mengoperasikan alat. Pengujian perangkat lunak termasuk dalam pengujian keseluruhan sistem ini. Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui kemampuan perangkat lunak dalam menangani seluruh perangkat keras yang ada sehingga dapat berfungsi sebagai alat penyimpan data hasil pengukuran jangka sorong digital.

3.4 Pengambilan Kesimpulan dan Saran

Tahap berikutnya dari penelitian adalah pengambilan kesimpulan dari alat yang dibuat. Pengambilan kesimpulan ini didasarkan pada kesesuaian antara teori dan praktek. Tahap terakhir dari penulisan adalah saran yang dimaksudkan untuk memperbaiki kesalahan-kesalahan yang mungkin terjadi, kemungkinan pengembangan, serta penyempurnaan pembuatan alat dimasa mendatang.



BAB IV

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

Perancangan dan pembuatan alat ini terdiri dari dua bagian, yaitu perancangan dan pembuatan perangkat keras serta perancangan dan pembuatan perangkat lunak. Perancangan dan pembuatan alat dilakukan secara bertahap untuk memudahkan analisis sistem. Beberapa aspek lain yang perlu dijelaskan dalam bab ini adalah penentuan spesifikasi alat yang dirancang, blok diagram, dan prinsip kerja sistem.

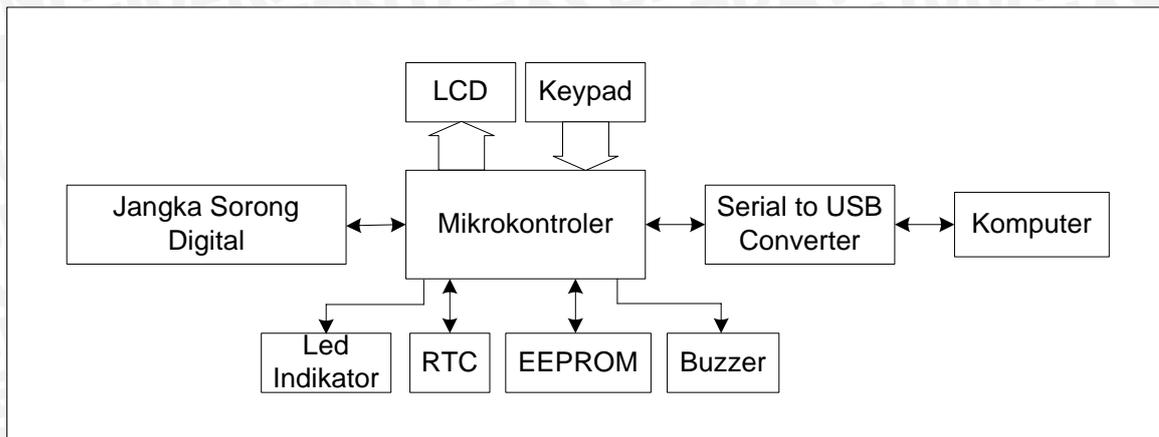
4.1 Spesifikasi Alat

Spesifikasi alat yang dirancang adalah sebagai berikut :

- a. Dirancang secara khusus untuk jangka sorong digital tipe 500 produksi Mitutoyo.
- b. Menggunakan mikrokontroler Atmega32 sebagai pengontrol, pengolah, dan penyimpan data.
- c. Menggunakan EEPROM tipe AT24C1024 dengan kapasitas 128 kB untuk menyimpan data.
- d. Menggunakan RTC DS1307 sebagai penyedia informasi data waktu.
- e. Menggunakan LCD tipe WH2004A (4 x 20 karakter) sebagai antarmuka antara operator dengan alat.
- f. Menggunakan keypad matrik 4 x 4 sebagai unit masukan.
- g. Membutuhkan catu daya 5 volt DC, dengan arus minimal 150mA.
- h. Alat dirancang untuk melakukan pengukuran maksimal seratus buah barang (dalam kode barang yang sama).
- i. Alat dirancang untuk melakukan pengukuran maksimal sembilan buah jenis pengukuran.
- j. Alat dirancang untuk mode pengukuran barang secara satu-persatu, artinya seluruh jenis pengukuran dilakukan terlebih dahulu pada satu buah barang, kemudian dilanjutkan pada barang selanjutnya.

4.2 Perancangan Blok Rangkaian

Pembuatan blok diagram keseluruhan sistem digunakan untuk menyederhanakan perancangan dan analisis alat. Blok diagram keseluruhan sistem ditunjukkan dalam Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Blok Diagram Sistem

4.3 Prinsip Kerja Alat

Data hasil pengukuran yang terdapat pada jangka sorong digital dikirim ke mikrokontroler dengan diawali pengiriman sinyal *request data* oleh mikrokontroler ke jangka sorong. Data dikirim oleh jangka sorong secara serial *sinkron*. Di dalam mikrokontroler data diolah, dan kemudian ditampilkan ke LCD. Apabila operator memberikan perintah simpan data, akan dilakukan proses pembacaan data tanggal dan waktu dari RTC, kemudian data dari RTC tersebut digabung dengan data pengukuran menjadi satu paket data untuk kemudian disimpan di dalam EEPROM.

Proses pemindahan data dari alat ke komputer diawali dengan sinyal *request data* dari komputer. Setelah itu alat mengirimkan informasi tentang macam-macam kode barang yang tersimpan. Kemudian komputer akan mengirimkan sinyal perintah ke alat untuk mengirimkan semua data atau data tertentu saja. Proses pemindahan data dari alat ke komputer diawali dengan pemindahan data dari EEPROM Eksternal ke Mikrokontroler. Kemudian data ini disesuaikan dan dikirim ke komputer dengan mode pengiriman serial *asinkron*. Untuk menjadikan alat lebih fleksibel, proses transfer data ke komputer menggunakan piranti UART-USB *Converter*, piranti ini berfungsi untuk membantu komunikasi serial antara alat dengan komputer melalui port *USB*.

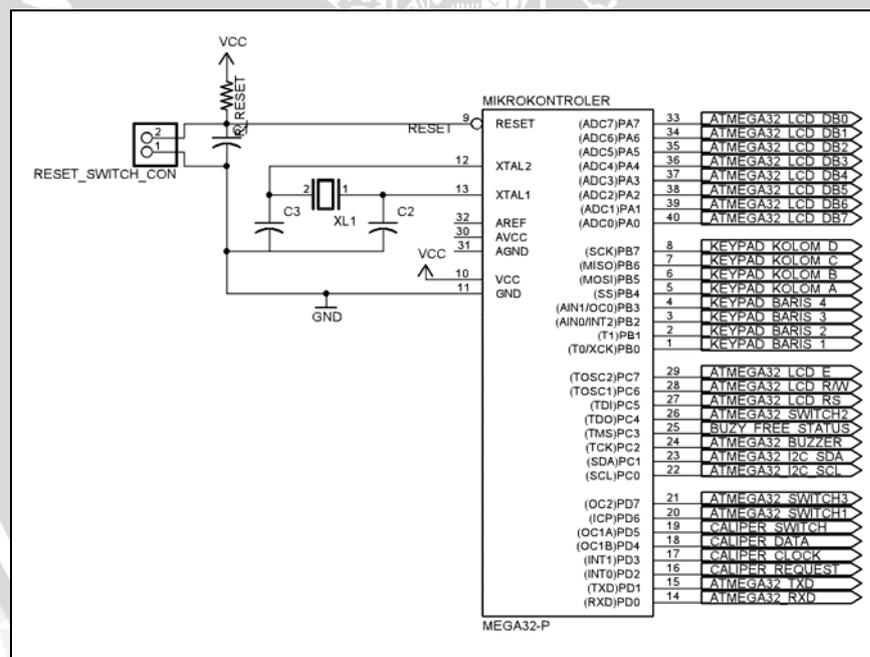
Buzzer digunakan sebagai pemberi informasi berupa sinyal-sinyal suara kepada operator, seperti proses pemindahan data telah selesai, atau terjadi error pada eksekusi suatu perintah. Sedangkan led indikator digunakan untuk memberikan keterangan kondisi alat, apakah alat dalam keadaan sibuk atau siap menerima perintah.

4.4 Perancangan Perangkat Keras

4.4.1 Sistem Mikrokontroler ATmega32

Mikrokontroler ATmega32 merupakan komponen utama pengendali sistem dalam alat penyimpan hasil pengukuran jangka sorong digital. Jenis mikrokontroler ini dipilih karena memiliki kecepatan instruksi per MHz yang tinggi, serta memiliki kapasitas memori program, memori SRAM, dan EEPROM internal yang besar, yaitu masing-masing 32 kB, 2 kB, dan 1 kB. Selain kapasitas memori yang besar, mikrokontroler ATmega32 dipilih karena memiliki 32 pin I/O yang memenuhi kebutuhan dalam perancangan alat ini.

Sebagai pusat dari pengolahan data dan pengontrolan alat, pin-pin ATmega32 dihubungkan pada rangkaian pendukung membentuk suatu sistem minimum. Sistem mikrokontroler tersebut ditunjukkan dalam Gambar 4.2.



Gambar 4.2. Sistem Mikrokontroler ATmega32

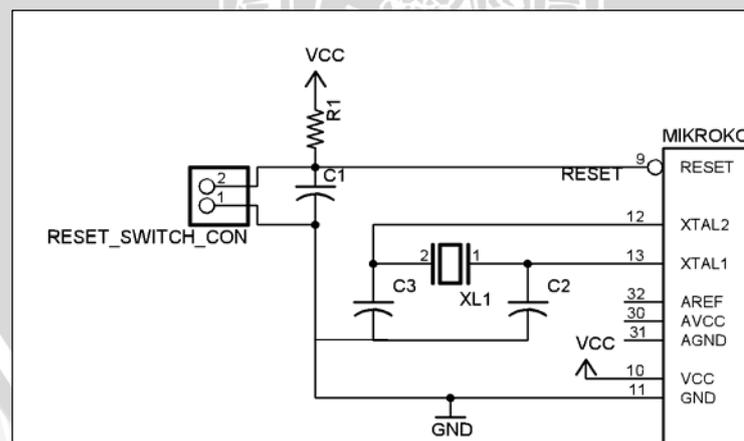
Mikrokontroler ATmega32 mempunyai 32 jalur I/O yang dapat diprogram menjadi masukan atau keluaran. 32 jalur I/O ini dikelompokkan menjadi 4 kelompok, yaitu port A, B, C, dan D. Pada perancangan ini pin-pin yang digunakan adalah:

- PA0-PA7 : digunakan sebagai port data LCD.
- PB0 – PB7 : dihubungkan dengan keypad.

- PC0 – PC1 : digunakan untuk komunikasi data serial dengan protokol I2C antara Mikrokontroler dengan RTC dan EEPROM Eksternal.
- PC2 : dihubungkan dengan *buzzer*.
- PC3 : dihubungkan ke led indikator status alat.
- PC4 : dihubungkan dengan tombol Melanjutkan Pengukuran.
- PC5-PC7 : digunakan untuk mengontrol tampilan LCD.
- PD0-PD1 : digunakan untuk komunikasi data serial *asinkron* antara mikrokontroler dengan komputer.
- PD2-PD4 : dihubungkan dengan Jangka Sorong Digital.
- PD5 : dihubungkan dengan tombol Simpan Data.
- PD6 : dihubungkan dengan tombol Pengukuran Baru.
- PD7 : dihubungkan dengan tombol Cek Kapasitas Memori.

4.4.1.1 Rangkaian Reset Mikrokontroler ATmega32

Rangkaian reset berguna untuk mereset keseluruhan kerja dari mikrokontroler yang akan mereset *program counter* sehingga perintah program yang dieksekusi dimulai pada alamat 0000h. Untuk mereset mikrokontroler, pin reset pada ATmega32 harus diberi logika rendah selama minimal 1,5 μ s (Atmel, 2006:37). Rangkaian reset ditunjukkan dalam Gambar 4.3.



Gambar 4.3. Rangkaian Reset

Berdasarkan Gambar 4.3, didapatkan persamaan untuk rangkaian reset:

$$V_{CC} = V_{R1} + V_{C1}$$

$$V_{CC}(t) = i(t)R1 + \frac{1}{C1} \int i(t)dt \quad (4-1)$$

Dengan menggunakan transformasi Laplace diperoleh persamaan:

$$\frac{V_{CC}(s)}{s} = I(s) \cdot R1 + \frac{1}{C1} \left(\frac{I(s)}{s} \right)$$

$$I(s) = \left(\frac{1}{s + \frac{1}{R1C1}} \right) \cdot \frac{V_{CC}(s)}{R1} \quad (4-2)$$

Dengan transformasi balik, didapatkan persamaan $i(t)$ sebagai berikut:

$$i(t) = \left(\frac{V_{cc}(t)}{R1} \right) \cdot e^{-\frac{t}{R1C1}} \quad (4-3)$$

Dari persamaan arus (4-3), besarnya V_o pada masukan kaki reset dapat dihitung sebagai berikut:

$$V_o = V_{CC} - V_{R1}$$

$$= V_{CC} - R1 \cdot \left(\frac{V_{cc}(t)}{R1} \right) \cdot e^{-\frac{t}{R1C1}} \quad (4-4)$$

$$= V_{CC} \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{R1C1}} \right)$$

Dengan menggunakan persamaan (4-4), maka nilai t dapat ditentukan:

$$t = R1C1 \cdot \ln \left(\frac{1}{\left(1 - \frac{V_o}{V_{cc}} \right)} \right) \quad (4-5)$$

Seperti disebutkan sebelumnya, besarnya nilai t minimal $1,5 \mu s$, dan dengan menentukan besarnya nilai kapasitor C adalah $1 \mu F$ dan tegangan output sebesar $0,3 \cdot V_{CC}$ atau $1,5$ volt, maka nilai R minimum dapat dicari dengan menggunakan Persamaan (4-5):

$$15 \cdot 10^{-7} = R1 \cdot 1 \cdot 10^{-6} \cdot \ln \left(\frac{1}{1 - \frac{1,5}{5}} \right)$$

$$R1_{\min} = \frac{15 \cdot 10^{-7}}{10^{-6} \cdot 0,357} = 4,2 \Omega$$

Nilai R ditetapkan sebesar 47 k Ω yang akan menghasilkan waktu tunda sebesar:

$$t = 47 \cdot 10^3 \cdot 10^{-6} \cdot \ln \left(\frac{1}{1 - \frac{1,5}{5}} \right)$$

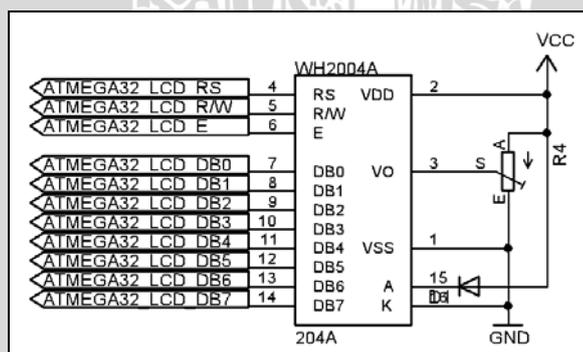
$$= 16,76 \text{ ms}$$

Waktu tunda sebesar 16,76 ms sudah dirasa cukup untuk memenuhi syarat sebagai rangkaian reset. Penetapan nilai C dan R didasarkan pada nilai komponen yang mudah didapatkan di pasaran.

4.4.2 Rangkaian antarmuka modul LCD

Modul LCD yang digunakan pada perancangan ini adalah LCD WH2004A (4 x 20 karakter) mode 8 bit. Dalam mode ini dibutuhkan sebuah *port* atau 8 pin untuk jalur data modul LCD. Sedangkan untuk sinyal-sinyal kontrol modul LCD dibutuhkan 3 buah pin masing-masing dimanfaatkan sebagai jalur kontrol *RS* (*register selection*), *E* (*enable*) kontrol R/\bar{W} .

Rangkaian antarmuka modul LCD ditunjukkan dalam Gambar 4.4. Dengan mengubah nilai V_O menggunakan potensiometer R4 akan diperoleh tingkat kecerahan yang berbeda pada tampilan LCD. Dioda D1 dipasang antara V_{CC} dan terminal Anoda (A) untuk mencatu lampu latar tampilan LCD pada tegangan 4,3 V.



Gambar 4.4 Rangkaian Antarmuka Modul LCD

4.4.3 Rangkaian RTC dan EEPROM

4.4.3.1 Rangkaian RTC

RTC pada alat yang dirancang digunakan untuk memberikan informasi tanggal maupun jam pada saat proses pengukuran berlangsung. RTC yang digunakan adalah jenis DS1307. Rangkaian RTC ditunjukkan dalam Gambar 4.5.

RTC DS1307 merupakan IC yang memiliki dua buah catu daya. V_{CC} dihubungkan ke catu 5 volt alat, dan V_{BAT} dihubungkan dengan baterai *backup*. V_{BAT} berfungsi untuk memelihara kerja dari DS1307 jika catu utama tidak mampu untuk mencatu (alat dimatikan). Sesuai dengan literatur (Maxim, 2004:7), kaki 1 dan 2 dihubungkan dengan *crystal* 32,768 kHz untuk memberikan frekuensi yang sesuai.

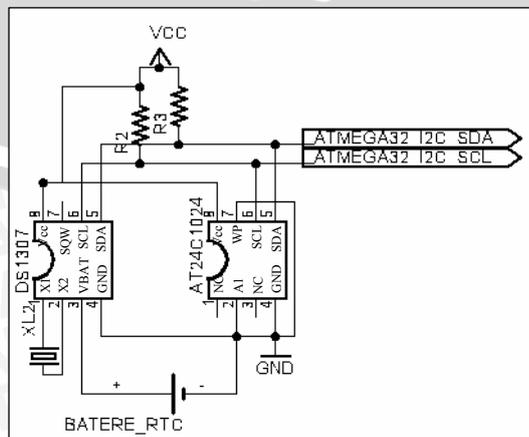
4.4.3.2 Rangkaian EEPROM

EEPROM AT24C1024 digunakan untuk menyimpan data hasil pengukuran. Pemilihan penggunaan EEPROM AT24C1024 didasarkan pada kapasitas memori yang dimilikinya, yaitu sebesar 128 kB. Dengan kapasitas tersebut diharapkan mampu menyimpan data hasil pengukuran dalam jumlah yang besar. Pembahasan mengenai jumlah data pengukuran yang mampu disimpan dalam EEPROM ini akan dibahas lebih lanjut dalam perancangan perangkat lunak.

Rangkaian antarmuka EEPROM AT24C1024 ditunjukkan dalam Gambar 4.5. Pin A1 merupakan pin yang digunakan untuk fasilitas penomoran *chip*, hal ini diperlukan apabila dalam satu rangkaian digunakan lebih dari satu IC EEPROM sejenis. Karena dalam perencanaan alat ini hanya memerlukan satu IC EEPROM, maka pin A1 dikenakan logika rendah. Pin WP (*Write Protect*) berfungsi untuk melindungi isi yang disimpan di dalam IC EEPROM. Agar dapat mengganti isi dari IC ini maka pin ini dikenakan logika rendah.

4.4.3.3 Konfigurasi pin SDA dan SCL pada RTC dan EEPROM

RTC DS1307 dan EEPROM AT24C1024 menggunakan protokol yang sama dalam berkomunikasi dengan mikrokontroler, protokol I²C. Sehingga masing-masing pin SDA dan SCL dari RTC dan EEPROM tersebut digabung menjadi satu. Rangkaian RTC dan EEPROM ditunjukkan dalam Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Rangkaian RTC dan EEPROM

Kemampuan transfer data RTC DS1307 dan EEPROM AT24C1024 berbeda. Untuk RTC DS1307 nilai maksimal frekuensi clock SCL adalah 100 kHz, sedangkan untuk EEPROM AT24C1024 nilai maksimal frekuensi clock SCL adalah 1000 kHz. Karena bus I²C digunakan bersama antara dua buah IC tersebut, maka dalam penggunaannya dipilih kecepatan frekuensi clock SCL yang terendah, yaitu 100 kHz.

Karena pin dari SDA dan SCL adalah open drain, maka diperlukan resistor *pull-up* sebagai penyedia level logika tinggi. Berdasarkan literatur (Atmel, 2006: 290), untuk mendapatkan nilai $R_{pull-up}$ minimum digunakan persamaan:

$$\begin{aligned} R_{pull-up\ min} &= \frac{V_{cc} - 0,4}{3 \cdot 10^{-3}} \\ &= \frac{5 - 0,4}{3 \cdot 10^{-3}} = 1,533k\Omega \end{aligned}$$

Dan untuk mendapatkan nilai $R_{pull-up}$ maksimum digunakan persamaan:

$$R_{pull-up\ maks} = \frac{1000ns}{C_b}$$

C_b adalah beban kapasitansi dalam tiap-tiap jalur I2C, yaitu SDA dan SCL. Untuk RTC, beban kapasitansi pada jalur SDA dan SCL sama, 10 pF (Maxim, 2004: 3). Untuk EEPROM, beban kapasitansi pada jalur SDA adalah 8 pF, dan beban kapasitansi pada jalur SCL adalah 6 pF (Atmel, 2005: 4). Sehingga beban kapasitansi pada jalur SDA dan SCL masing-masing adalah 18 pF dan 16 pF. Dengan hasil perhitungan beban kapasitansi tersebut dapat dihitung nilai $R_{pull-up}$ maksimum untuk jalur SDA adalah:

$$\begin{aligned} R_{pull-up\ maks} &= \frac{1000 \cdot 10^{-9}}{18 \cdot 10^{-12}} \\ &= 55,56k\Omega \end{aligned}$$

dan $R_{pull-up}$ maksimum untuk jalur SCL adalah:

$$\begin{aligned} R_{pull-up\ maks} &= \frac{1000 \cdot 10^{-9}}{16 \cdot 10^{-12}} \\ &= 62,5k\Omega \end{aligned}$$

Dalam perancangan ini digunakan resistor $R_{pull-up}$ pada jalur SDA dan SCL masing-masing 10 k Ω .

4.4.4 Antarmuka modul UART- USB Converter

Modul UART–USB Converter sudah memiliki level logika yang sesuai dengan level logika mikrokontroler, sehingga tidak diperlukan rangkaian penyesuaian level logika untuk pengantarmukaan modul ini dengan mikrokontroler. Untuk menghubungkan modul ini dengan mikrokontroler dilakukan dengan cara menghubungkan pin TXD dan RXD pada modul ke pin RXD dan TXD pada mikrokontroler.

Modul UART–USB Converter memiliki kemampuan *boudrate* maksimal sebesar 3Mbps untuk melakukan komunikasi data secara serial *asinkron* dengan level logika TTL. Akan tetapi berdasarkan literatur (Atmel, 2006: 26) kecepatan maksimal kristal yang dapat digunakan pada mikrokontroler ATmega32 adalah sebesar 16 MHz, sehingga dengan menggunakan Tabel 4.1 dapat ditentukan nilai *boudrate* maksimal yang bisa digunakan adalah sebesar 2 Mbps.

Tabel 4.1 Seting nilai *boudrate* komunikasi UART

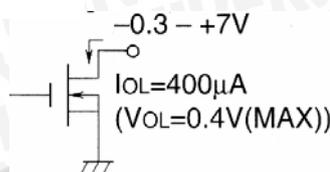
Baud Rate (bps)	$f_{osc} = 16.0000 \text{ MHz}$			
	U2X = 0		U2X = 1	
	UBRR	Error	UBRR	Error
2400	416	-0.1%	832	0.0%
4800	207	0.2%	416	-0.1%
9600	103	0.2%	207	0.2%
14.4k	68	0.6%	138	-0.1%
19.2k	51	0.2%	103	0.2%
28.8k	34	-0.8%	68	0.6%
38.4k	25	0.2%	51	0.2%
57.6k	16	2.1%	34	-0.8%
76.8k	12	0.2%	25	0.2%
115.2k	8	-3.5%	16	2.1%
230.4k	3	8.5%	8	-3.5%
250k	3	0.0%	7	0.0%
0.5M	1	0.0%	3	0.0%
1M	0	0.0%	1	0.0%
Max ⁽¹⁾	1 Mbps		2 Mbps	

Sumber: Atmel, 2006: 168

4.4.5 Antarmuka Jangka Sorong Digital

Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam perancangan antarmuka antara mikrokontroler dan jangka sorong digital, antara lain adalah rangkaian internal dari pin data dan *clock* yang memiliki karakteristik *open drain*, dengan I_{OL} maksimal 400 μA dan V_{OL} maksimal 0,4 V. V_{out} yang diizinkan dari rangkaian ini adalah -0,3 V sampai dengan 7 V. Rangkaian internal dari pin data dan *clock* ditunjukkan dalam Gambar 4.6.

Hal lainnya yang juga perlu diperhatikan adalah karakteristik dari rangkaian internal dari pin $\overline{REQUEST}$ yang di-*pullup* pada level tegangan 1,55 V dengan resistor 111 k Ω . Rangkaian internal dari pin $\overline{REQUEST}$ ditunjukkan dalam Gambar 4.7.



Gambar 4.6. Rangkaian Internal pin Data dan Clock
Sumber: Mitutoyo, 2005

Untuk menghubungkan pin data dan pin *clock* dengan mikrokontroler, diperlukan resistor *pullup* sebagai penyedia level logika tinggi. Nilai resistor *pullup* yang dipasang akan berpengaruh terhadap nilai arus I_{sink} (I_{OL}) pada jangka sorong digital. I_{OL} maksimal yang diizinkan adalah 400 μA , sehingga nilai resistor *pullup* minimal yang dipasang dapat dihitung dengan menggunakan hukum ohm berikut:

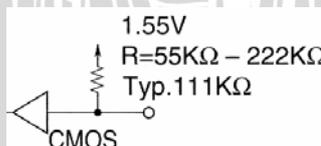
$$v = R \cdot i$$

$$R = \frac{v}{i}$$

$$R = \frac{5}{400 \cdot 10^{-6}}$$

$$R = 12,5 \text{ k}\Omega$$

Dalam perancangan, digunakan resistor *pullup* internal dari mikrokontroler ATmega32 yang bernilai 20 k Ω , sehingga pin data dan pin *clock* dari jangka sorong langsung dihubungkan dengan pin mikrokontroler ATmega32.



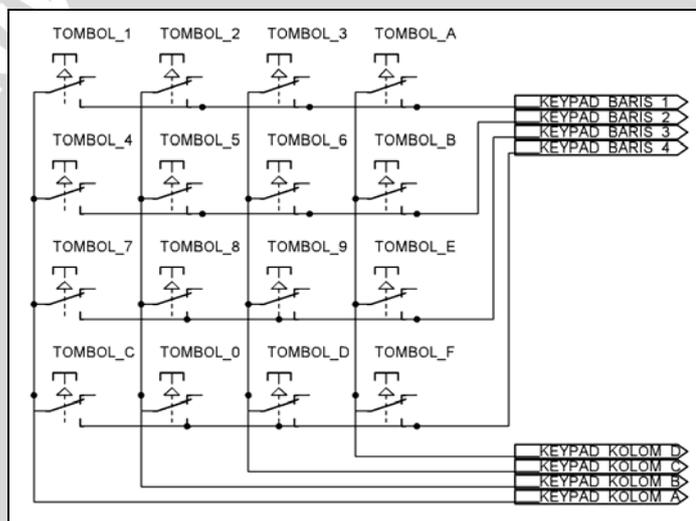
Gambar 4.7. Rangkaian Internal pin $\overline{REQUEST}$
Sumber: Mitutoyo, 2005

Untuk menghubungkan pin $\overline{REQUEST}$ dengan pin mikrokontroler diperlukan suatu kondisi khusus, yaitu pada saat logika tinggi level tegangan adalah 1,55 V (Mitutoyo, 2005). Pin $\overline{REQUEST}$ memiliki sifat aktif dengan logika rendah, ini berarti untuk meminta data ke jangka sorong digital mikrokontroler harus memberikan logika rendah pada pin. Karena pada rangkaian internal pin $\overline{REQUEST}$ sudah terdapat resistor *pullup*, maka mikrokontroler tidak perlu memberi level logika tinggi ke jangka sorong

digital, cukup dengan melepaskan kontrol pin $\overline{REQUEST}$ maka jangka sorong digital sudah mendapatkan level logika tinggi dari resistor *pullup*. Untuk melepaskan kontrol pin $\overline{REQUEST}$ dari mikrokontroler, dimanfaatkan sifat pin mikrokontroler yang bisa diseting pada kondisi impedansi tinggi. Pada kondisi ini pin seperti terlepas dari sistem mikrokontroler dan mengikuti level tegangan dari pin $\overline{REQUEST}$ (1,55 V). Pada perancangan, pin $\overline{REQUEST}$ langsung dihubungkan dengan pin mikrokontroler ATmega32.

4.4.6 Keypad matrik 4x4

Keypad matrik 4x4 dihubungkan dengan port B mikrokontroler sebagai unit masukan alat. Rangkaian *keypad* ditunjukkan dalam Gambar 4.8.



Gambar 4.8. Rangkaian keypad matrik 4x4

Keypad yang digunakan adalah *keypad* 4 baris x 4 kolom yang tersusun atas 16 buah tombol tekan yang memiliki 2 buah terminal. Masing-masing terminal dari setiap tombol tekan dihubungkan ke kelompok baris dan kelompok kolom, seperti ditunjukkan dalam Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Konfigurasi *Keypad*

Baris	Kolom	KOLOM A	KOLOM B	KOLOM C	KOLOM D
	BARIS 1		<i>Tombol_1</i>	<i>Tombol_2</i>	<i>Tombol_3</i>
BARIS 2		<i>Tombol_4</i>	<i>Tombol_5</i>	<i>Tombol_6</i>	<i>Tombol_B</i>
BARIS 3		<i>Tombol_7</i>	<i>Tombol_8</i>	<i>Tombol_9</i>	<i>Tombol_E</i>
BARIS 4		<i>Tombol_C</i>	<i>Tombol_0</i>	<i>Tombol_D</i>	<i>Tombol_F</i>

Dengan konfigurasi yang ditunjukkan dalam Tabel 4.2 masing-masing tombol *keypad* yang direncanakan akan menghasilkan kode-kode tertentu. Untuk mempermudah dalam menampilkan hasil penekanan tombol ke LCD, maka kode-kode tersebut direpresentasikan dalam format kode ASCII. Macam-macam kode hasil penekanan *keypad* ditunjukkan dalam Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Kode hasil penekanan tombol *keypad*.

Nama Tombol	Kode yang dihasilkan
<i>Tombol_1</i>	'1'
<i>Tombol_2</i>	'2'
<i>Tombol_3</i>	'3'
<i>Tombol_4</i>	'4'
<i>Tombol_5</i>	'5'
<i>Tombol_6</i>	'6'
<i>Tombol_7</i>	'7'
<i>Tombol_8</i>	'8'
<i>Tombol_9</i>	'9'
<i>Tombol_0</i>	'0'
<i>Tombol_A</i>	'A'
<i>Tombol_B</i>	'B'
<i>Tombol_C</i>	'C'
<i>Tombol_D</i>	'D'
<i>Tombol_E</i>	'E'
<i>Tombol_F</i>	'F'

4.5 Perancangan Perangkat Lunak

Dalam perancangan perangkat lunak pada mikrokontroler, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, antara lain kemudahan pengoperasian alat oleh pengguna (operator), adanya fitur-fitur sistem yang menunjang kerja operator, seperti pencatatan waktu pengukuran secara otomatis, pemberian informasi tentang jenis pengukuran yang dilakukan, pemberian informasi tentang jumlah pengukuran yang telah dilakukan, proses review dan edit data apabila terjadi kesalahan, dan pemberian informasi jumlah data yang masih bisa disimpan dalam alat. Proses pengamanan data dengan menggunakan nama operator dan kata kunci juga perlu dilakukan untuk membatasi akses terhadap data pengukuran.

Berkaitan dengan kapasitas EEPROM Internal ATmega32 dan EEPROM eksternal yang terbatas, maka perlu dilakukan proses perampingan bit-bit data sehingga jumlah data yang disimpan di EEPROM bisa maksimal.

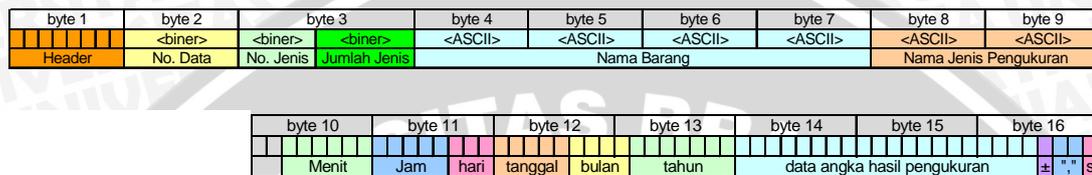
Perancangan perangkat lunak ini terdiri dua bagian, yaitu perancangan bentuk paket data dan perancangan susunan menu.

4.5.1 Perancangan Bentuk Paket Data

Paket-paket data yang disimpan di dalam EEPROM terdiri dari dua macam, yaitu paket data pengukuran yang disimpan di dalam EEPROM eksternal, dan paket data kata kunci yang disimpan di EEPROM internal ATmega32.

4.5.1.1 Paket Data Pengukuran

Bentuk paket data pengukuran yang akan disimpan di dalam EEPROM eksternal ditunjukkan dalam Gambar 4.9.



Gambar 4.9. Bentuk Paket Data Pengukuran

Byte pertama adalah data *header*. Data *header* digunakan untuk mengetahui status deretan data (*array*) yang terdapat di dalam EEPROM. Macam-macam status data yang digunakan ditunjukkan dalam Tabel 4.4. Alokasi memori yang digunakan untuk menyimpan data *header* ini adalah satu *byte*.

Tabel 4.4 Macam-macam status data *header* pengukuran

Bit No.	Keterangan Status	Status Bit
7	Array Baik	1111
6		
5	Array Rusak	0000
4		
3	(kosong)	x
		x
2	Array terproteksi kata kunci	1
	Array tidak terproteksi kata kunci	0
1	Data perdana	1
	Bukan data perdana	0
0	Array berisi data	1
	Array kosong	0

Byte ke-dua adalah nomor data. Dalam satu kode barang yang sama, maksimal jumlah barang yang diukur adalah seratus barang. Pembatasan nilai ini didasarkan pada pengamatan penulis pada suatu perusahaan manufaktur, dimana pengambilan contoh barang untuk diukur di perusahaan tersebut dilakukan tidak lebih dari 100 seratus barang untuk tiap satu kotak barang. Alokasi memori yang digunakan untuk menyimpan nomor data ini adalah satu *byte*.

Byte ke-tiga berisi informasi mengenai jenis pengukuran. *Byte* ini terdiri dari 2 (dua bagian), yaitu empat bit atas dan empat bit bawah. Empat bit atas menyimpan informasi nomor jenis pengukuran paket data dalam format biner. Dan empat bit bawah menyimpan informasi jumlah jenis pengukuran yang dilakukan pada suatu barang dalam format biner. Jumlah jenis pengukuran yang dilakukan terhadap suatu barang maksimal sembilan jenis pengukuran. Pembatasan nilai ini didasarkan pada pengamatan penulis di suatu perusahaan manufaktur, dimana jenis pengukuran yang dilakukan tidak lebih dari sembilan jenis. Alokasi memori yang digunakan untuk menyimpan nomor jenis pengukuran dan jumlah jenis pengukuran ini adalah satu *byte*.

Byte ke-empat sampai dengan ke-tujuh berisi informasi kode barang. Kode barang dapat terdiri dari huruf maupun angka. Kode barang disimpan dalam format ASCII. Untuk menghemat alokasi memori, kode barang ini dibatasi maksimal empat digit. Alokasi memori yang digunakan untuk menyimpan kode barang adalah empat *byte*.

Byte ke-delapan dan ke-sembilan berisi informasi kode jenis pengukuran. Kode jenis pengukuran bisa terdiri dari huruf maupun angka. Kode jenis pengukuran disimpan dalam format ASCII. Untuk menghemat alokasi memori, kode jenis pengukuran ini dibatasi maksimal 2 digit. Alokasi memori yang digunakan untuk menyimpan kode jenis pengukuran ini adalah dua *byte*.

Byte ke-sepuluh sampai dengan ke-tigabelas berisi informasi waktu yang terdiri dari informasi hari, tanggal, bulan, tahun (dua digit terakhir), jam, dan menit saat proses penyimpanan data dilakukan. Untuk menghemat alokasi memori, data waktu dari RTC yang awalnya dalam format BCD diubah menjadi format biner. Perubahan dari format BCD ke dalam format biner dapat menghemat alokasi memori sampai dengan 18 bit. Proses perubahan format data ini ditunjukkan dalam Tabel 4.5. Alokasi memori yang digunakan untuk menyimpan data waktu adalah tiga *byte*.

Tabel 4.5 Proses Perubahan Format Data Waktu

Jenis Data	Alokasi memori data dalam format BCD	Nilai maksimal data dalam format desimal	Nilai maksimal data dalam format biner	Alokasi memori data dalam format biner
Menit	8bit	59	111011	6bit
Jam	8bit	23	10111	5bit
Hari	8bit	7	111	3bit
Tanggal	8bit	31	11111	5bit
Bulan	8bit	12	1100	4bit
Tahun (2 digit akhir)	8bit	99	1100011	7bit

Byte ke-empatbelas sampai ke-enambelas berisi data hasil pengukuran. Data hasil pengukuran yang dikirim oleh jangka sorong digital berjumlah 52 bit. Tidak semua data ini diperlukan. Untuk menghemat alokasi memori, bit-bit data yang tidak memiliki nilai penting dihilangkan. Proses ini menghemat alokasi memori sampai dengan 28 bit. Alokasi memori yang digunakan untuk menyimpan data pengukuran adalah tiga *byte*. Proses perampingan data hasil pengukuran ditunjukkan dalam Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Proses perampingan data pengukuran

Jenis Data	Alokasi Memori		Keterangan
	Sebelum	Sesudah	
Header	16bit	-	Data header dari jangka sorong digital tidak mengandung informasi yang penting, sehingga tidak perlu untuk disimpan.
Tanda hasil pengukuran (+/-)	4bit	1bit	dari 4bit data yang mengandung informasi penting hanya 1bit.
Hasil pengukuran	24bit	20bit	Data hasil pengukuran terdiri dari 6 digit yang disimpan dalam format BCD. Digit pertama selalu bernilai 0 (nol). Sehingga nilai dari digit pertama tidak disimpan.
Letak koma	4bit	2bit	dari 4bit data yang mengandung informasi penting hanya 2bit.
Satuan (mm/inci)	4bit	1bit	dari 4bit data yang mengandung informasi penting hanya 1bit.

Panjang tiap deretan data (*array data*) adalah 16 *byte*. Jumlah data pengukuran yang bisa disimpan di dalam EEPROM eksternal ini dapat dihitung dengan cara membagi kapasitas EEPROM eksternal dengan panjang deretan data, yaitu:

$$\begin{aligned}
 &= \frac{131072}{16} \\
 &= 8192
 \end{aligned}$$

Jadi kemampuan alat yang dirancang dalam menyimpan data hasil pengukuran adalah sejumlah 8192 data. Kemampuan dalam menyimpan data ini adalah delapan kali lebih besar dari alat dengan fungsi serupa yang ada di pasaran.

4.5.1.2 Paket Data Kata Kunci

Bila mode keamanan data diaktifkan, saat inisialisasi awal pengukuran operator dipersilahkan untuk memasukkan nama dan kata kunci untuk melindungi data pengukuran. Data pengukuran yang disertai dengan kata kunci tidak bisa diedit, dihapus, dan di pindah ke komputer selain oleh operator yang bersangkutan, administrator alat, dan *programmer* alat. Data mengenai nama operator dan kata kunci

ini disimpan di EEPROM internal ATmega32. Bentuk paket data kata kunci yang akan disimpan di dalam EEPROM internal ATmega32 ditunjukkan dalam Gambar 4.10.

byte 1	byte 2	byte 3	byte 4	byte 5			
<ASCII>	<ASCII>	<ASCII>	<ASCII>	<ASCII>			
Header					Kode Barang		
byte 6	byte 7	byte 8	byte 9	byte 10	byte 11	byte 12	byte 13
<ASCII>	<ASCII>	<ASCII>	<ASCII>	<ASCII>	<ASCII>	<BCD>	<BCD>
Nama Operator						Password	

Gambar 4.10. Bentuk Paket Data Kata Kunci

Byte pertama adalah *header* data. *Header* data digunakan untuk mengetahui status deretan data (*array*) yang terdapat di dalam EEPROM. Macam-macam status data yang digunakan ditunjukkan dalam Tabel 4.7. Alokasi memori yang digunakan untuk menyimpan header data ini adalah satu *byte*.

Tabel 4.7 Macam-macam status *header* data kata kunci

No.	Kode status (hexadesimal)	Keterangan Status
1.	Kondisi array baik dan kosong	BB
2.	Kondisi array baik dan berisi data	BE
3.	Kondisi array rusak	EE

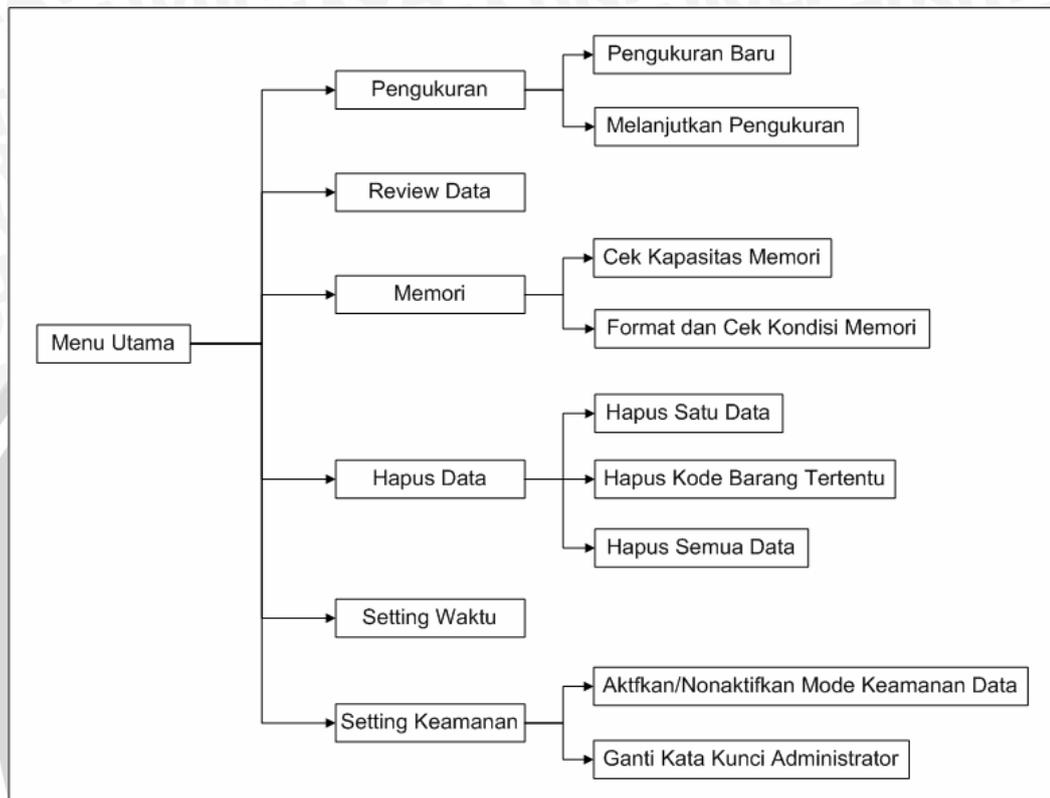
Byte ke-dua sampai dengan ke-lima berisi informasi kode barang. Kemudian *byte* ke-enam sampai dengan ke-sebelas berisi informasi nama operator. Nama operator dibatasi maksimal 6 digit huruf atau angka. Kemudian dua *byte* terakhir berisi informasi kata kunci yang terdiri dari empat digit angka dalam format BCD.

Panjang tiap deretan data adalah 13 *byte*. Sedangkan kapasitas EEPROM internal dari mikrokontroler ATmega32 adalah 1024 *byte*. Pada perancangan ini EEPROM tidak hanya digunakan untuk menyimpan data kata kunci saja, akan tetapi juga diperlukan untuk menyimpan informasi-informasi penting lainnya. Oleh karena itu, dalam perancangan data kata kunci diberi alokasi memori sekitar 90% dari kapasitas EEPROM internal. Jadi kemampuan alat yang dirancang dalam menyimpan data kata kunci adalah sejumlah 70 data. Alamat EEPROM internal yang digunakan untuk menyimpan data kata kunci ini dimulai dari alamat 224 sampai dengan 1023.

4.5.2 Perancangan Susunan Menu

Untuk mempermudah operator dalam mengoperasikan alat, fitur-fitur yang disediakan di dalam alat ini disusun dalam beberapa menu dan sub menu. Susunan menu dari alat penyimpan data hasil pengukuran jangka sorong digital ditunjukkan dalam Gambar 4.11. Untuk masuk pada pilihan menu, operator bisa menekan tombol menu pada *keypad*, kemudian untuk menentukan menu atau sub menu mana yang ingin

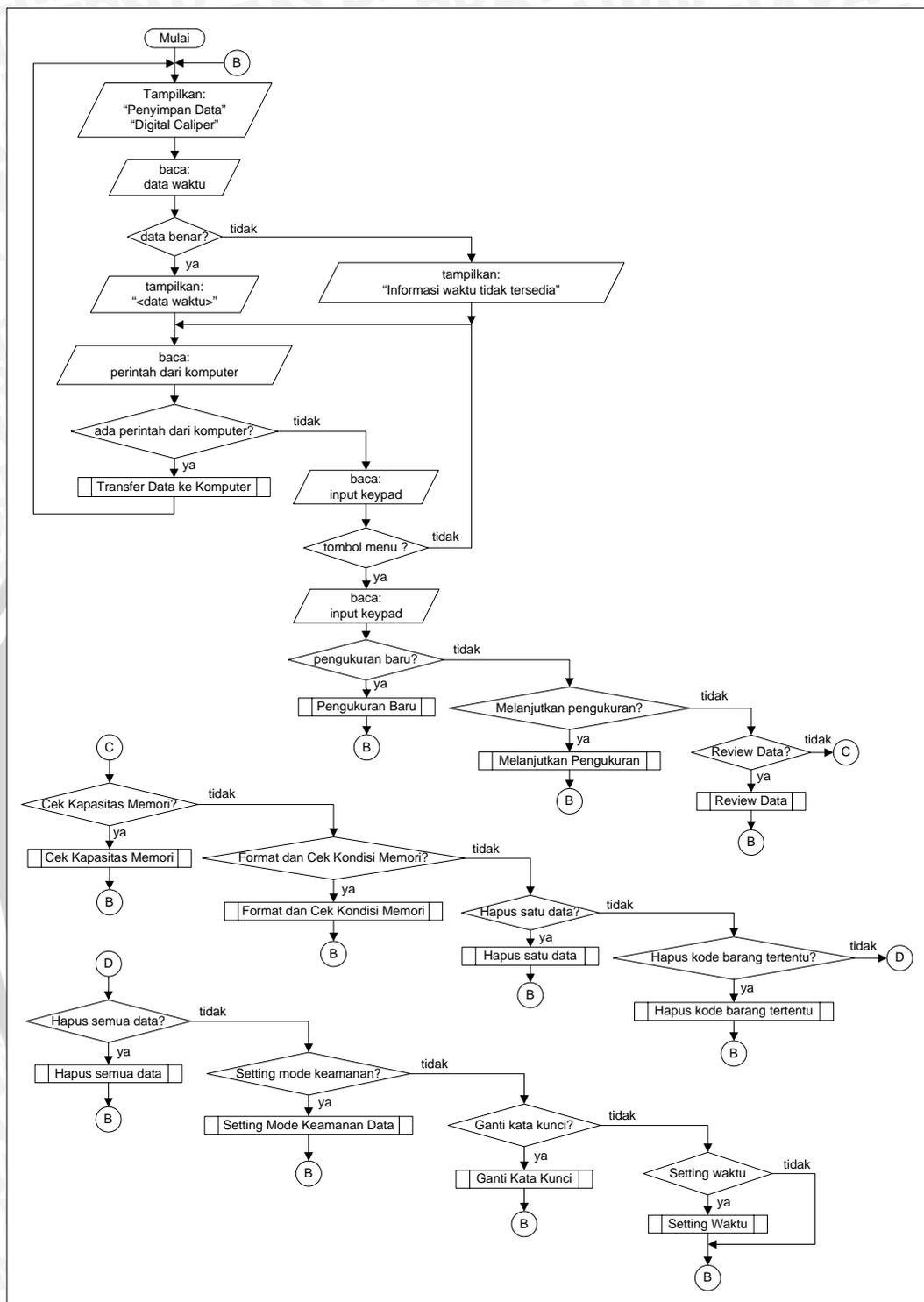
dijalankan digunakan tombol anak panah. Selain itu disediakan tiga tombol khusus untuk mempermudah operator dalam menjalankan fungsi-fungsi tertentu yang sering dipakai, seperti fungsi pengukuran baru, melanjutkan pengukuran, dan cek kapasitas memori. Dengan adanya tombol-tombol khusus ini operator tidak perlu masuk menu pilihan lagi.



Gambar 4.11. Susunan Menu

4.5.2.1 Menu Utama

Pada alat penyimpan data hasil pengukuran jangka sorong digital, menu utama menampilkan nama alat dan informasi waktu dari RTC. Tampilan ini akan berubah menjadi pilihan sub menu setelah adanya penekanan tombol menu pada *keypad*. Tampilan utama juga akan berubah jika ada interupsi dari komputer untuk membaca data dari alat. Diagram alir menu utama ditunjukkan dalam Gambar 4.12.



Gambar 4.12. Diagram alir menu utama

4.5.2.2 Menu Pengukuran

Menu pengukuran terdiri dari dua sub menu, yaitu menu pengukuran baru dan menu melanjutkan pengukuran. Menu pengukuran baru dipilih jika operator ingin

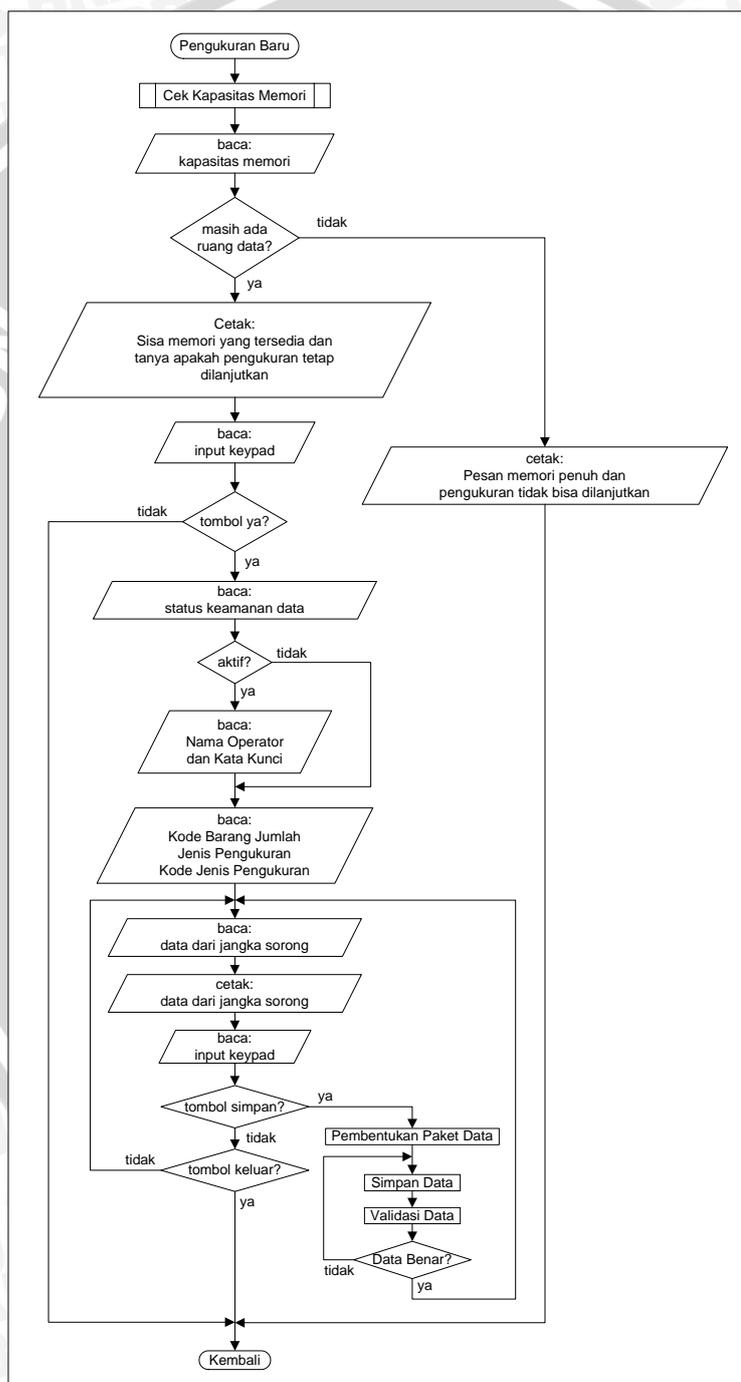
melakukan proses pengukuran dan penyimpanan data baru. Prinsip kerja dari alat pada saat menjalankan menu ini adalah sebagai berikut:

1. Dilakukan proses pengecekan kapasitas memori. Apabila memori tidak mencukupi, maka proses pengukuran baru tidak bisa dilanjutkan.
2. Operator melakukan proses inisialisasi pengukuran. Tujuan dari proses ini adalah memberikan inisial kepada data hasil pengukuran yang akan disimpan. Dalam proses ini, operator diminta untuk memasukkan kode barang, jumlah jenis pengukuran yang akan dilakukan, serta pemberian nama tiap-tiap jenis pengukuran yang akan dilakukan. Apabila seting mode keamanan data telah diaktifkan, dalam proses ini operator diberi pilihan untuk memproteksi data dengan kata kunci atau tidak. Apabila operator menggunakan sistem proteksi data, operator diminta untuk memasukkan nama dan kata kunci.
3. Proses selanjutnya adalah proses pengukuran barang. Pada saat pengukuran dilakukan, mikrokontroler secara kontinyu meminta data ke jangka sorong digital dengan memberikan sinyal *request*.
4. Setelah jangka sorong digital menerima sinyal *request* dari mikrokontroler, jangka sorong akan mengirimkan data pengukuran ke mikrokontroler secara serial *sinkron*.
5. Pada saat pembacaan data oleh mikrokontroler, dilakukan proses pengecekan paket data yang diterima, apabila paket data benar mikrokontroler akan memilah-milah data sesuai dengan jenisnya (data pengukuran, tanda hasil pengukuran, tempat koma desimal, serta satuan yang digunakan), sedangkan apabila paket data salah, mikrokontroler akan mengirim sinyal *request* data ke jangka sorong untuk meminta pengulangan proses pengiriman data.
6. Data yang telah diterima kemudian ditampilkan ke LCD.
7. Proses nomor dua sampai dengan nomor lima diulang terus-menerus, sehingga perubahan nilai hasil pengukuran yang terdapat pada display jangka sorong digital juga dapat dilihat pada LCD. Proses tersebut diakhiri dengan penekanan tombol simpan data.
8. Setelah tombol simpan data ditekan, dilakukan proses pembacaan data waktu dari RTC. Setelah itu dilakukan proses pembentukan paket data hasil pengukuran. Paket data ini adalah data yang akan disimpan di EEPROM eksternal. Paket data pengukuran ini terdiri dari data pengukuran, data waktu dan

tanggal saat pengukuran dilakukan, kode barang yang diukur, jenis pengukuran, nomor jenis pengukuran, dan nomor barang yang diukur.

9. Proses pengukuran dan penyimpanan akan berulang sampai terpenuhinya 3 hal, yaitu ditekannya tombol keluar oleh operator, tercapainya jumlah barang maksimal yang diizinkan dalam satu jenis kode barang, dan tidak terdapat lagi ruang data di EEPROM eksternal.

Diagram alir dari menu pengukuran baru ditunjukkan dalam Gambar 4.13.

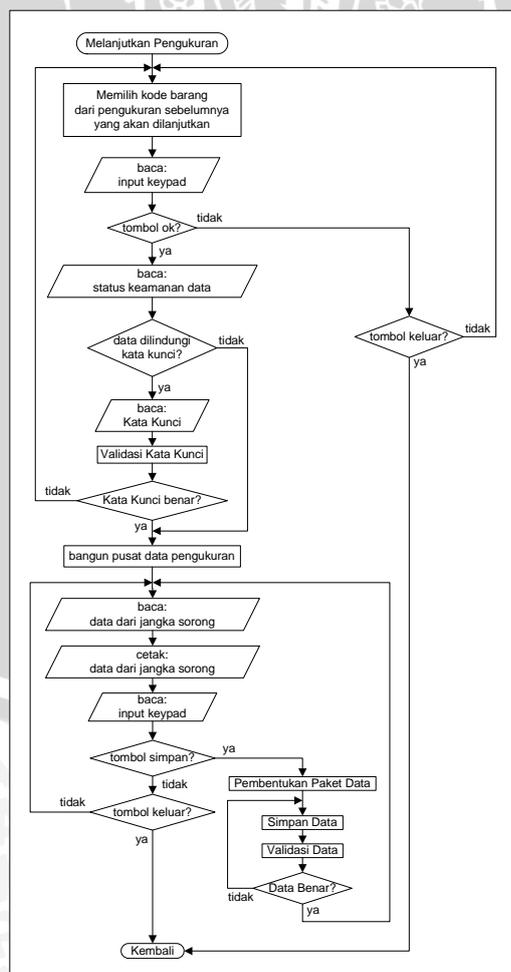


Gambar 4.13. Diagram alir menu pengukuran baru

Untuk menu melanjutkan pengukuran sebelumnya dipilih jika operator ingin meneruskan proses pengukuran dan penyimpanan. Prinsip kerja dari alat pada saat menjalankan menu ini adalah sebagai berikut:

1. Ditampilkan pada LCD macam-macam kode barang yang tersimpan di dalam alat.
2. Operator diminta untuk memilih kode barang yang ingin dilanjutkan proses pengukurannya.
3. Dilakukan proses pengecekan status keamanan data. Apabila data diproteksi dengan kata kunci, maka operator diminta untuk memasukkan kata kunci. Apabila kata kunci tidak sesuai, operator tidak diizinkan untuk melakukan proses ini.
4. Proses penambahan data dilakukan. Pada proses ini, prinsip kerja dari sistem sama dengan prinsip kerja pada menu pengukuran baru, hanya tidak terdapat proses inisialisasi pengukuran.

Diagram alir dari menu melanjutkan pengukuran ditunjukkan dalam Gambar 4.14.



Gambar 4.14. Diagram alir menu melanjutkan pengukuran

4.5.2.3 Menu Review Data

Menu Review Data. Menu ini dipilih jika operator ingin melihat dan mengedit data yang telah tersimpan. Prinsip kerja dari alat pada saat menjalankan menu ini adalah sebagai berikut:

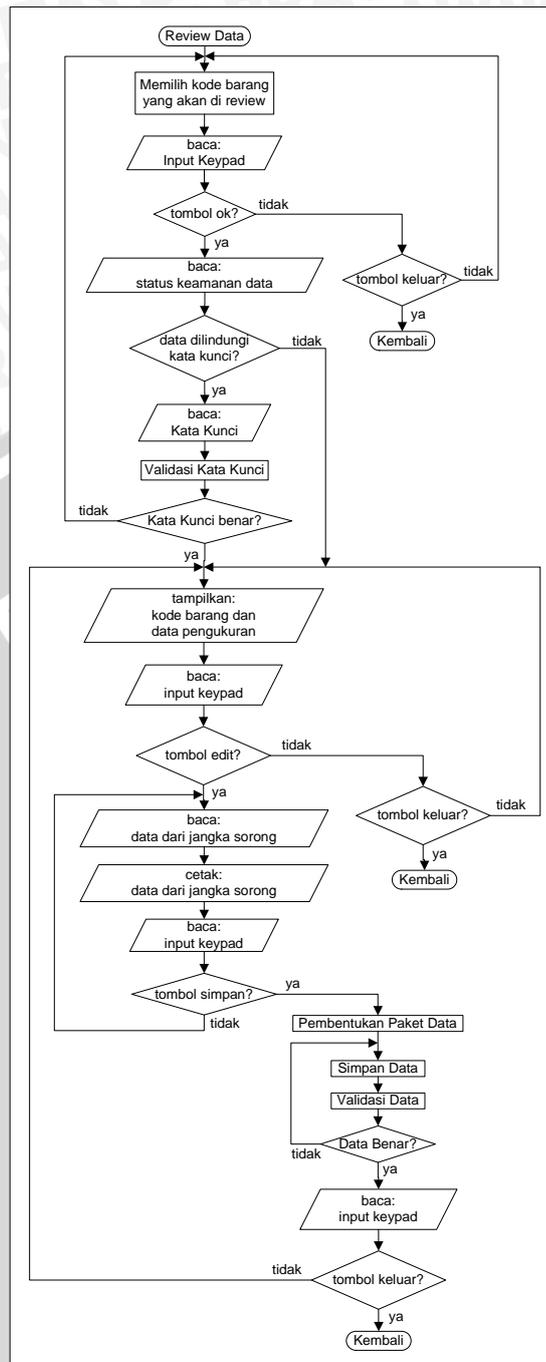
1. Ditampilkan pada LCD macam-macam kode barang yang tersimpan di dalam alat.
2. Operator diminta untuk memilih kode barang yang ingin dilihat.
3. Dilakukan proses pengecekan status keamanan data. Apabila data diproteksi dengan kata kunci, maka operator diminta untuk memasukkan kata kunci. Apabila kata kunci tidak sesuai, operator tidak diizinkan untuk melakukan proses ini.
4. Data ditampilkan pada LCD satu-persatu dari nomor barang pertama. Untuk melihat data selanjutnya digunakan tombol panah kekanan, dan untuk melihat data sebelumnya digunakan tombol panah ke kiri. Pada menu ini operator bisa melakukan proses edit data, yaitu mengganti data yang telah tersimpan dengan data baru. Diagram alir dari menu review data ditunjukkan dalam Gambar 4.15.

4.5.2.4 Menu Memori

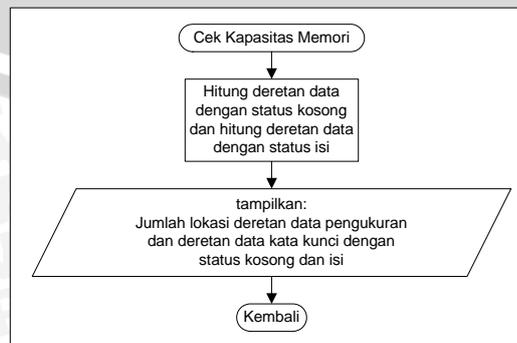
Dalam menu memori ini terdapat dua pilihan, yaitu menu cek kapasitas memori dan menu format dan cek kondisi memori. Memori yang dimaksud disini adalah memori EEPROM internal dan memori EEPROM eksternal.

Menu cek kapasitas memori dipilih jika operator ingin melihat kapasitas memori yang tersedia. Dalam proses cek kapasitas memori yang dilakukan adalah membaca data header dari tiap deretan data yang tersimpan dalam EEPROM dan kemudian menghitungnya deretan data dengan berstatus kosong dan deretan data dengan berstatus isi. Diagram alir dari menu cek kapasitas memori ditunjukkan dalam Gambar 4.16.

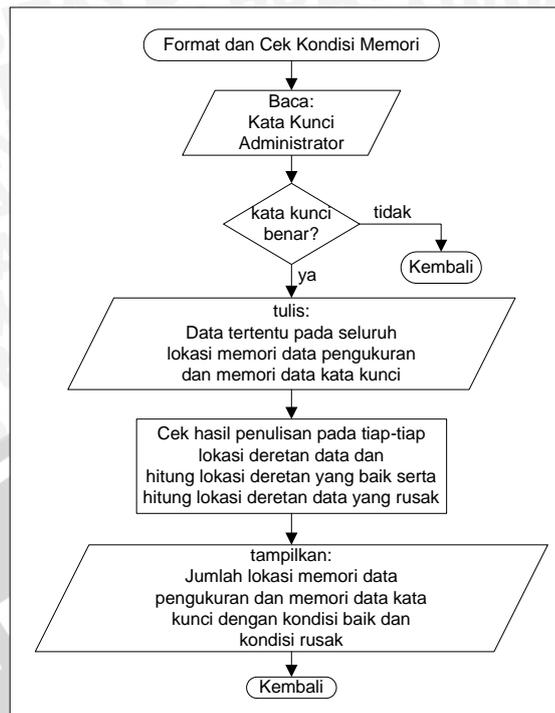
Pada menu format dan cek kondisi memori, seluruh data pengukuran dan data kata kunci akan diganti dengan suatu nilai tertentu. Proses cek memori dilakukan dengan cara membaca nilai tertentu yang telah dituliskan ke EEPROM, kemudian membandingkan nilai tersebut dengan nilai awal sebelum dituliskan ke EEPROM, jika sama, maka EEPROM dinyatakan dalam keadaan baik, jika tidak maka akan dituliskan status deretan data rusak. Dalam menu ini akan ditampilkan jumlah deretan data dengan status baik dan jumlah deretan data dengan status rusak. Diagram alir dari menu format dan cek kondisi memori ini ditunjukkan dalam Gambar 4.17.



Gambar 4.15. Diagram alir menu review data



Gambar 4.16. Diagram alir menu cek kapasitas memori



Gambar 4.17. Diagram alir menu format dan cek kondisi memori

4.5.2.5 Menu Hapus Data

Menu hapus data terdiri dari tiga sub menu, yaitu hapus satu data, hapus kode barang tertentu, dan hapus semua data. Prinsip kerja dari alat pada saat menjalankan menu ini adalah sebagai berikut:

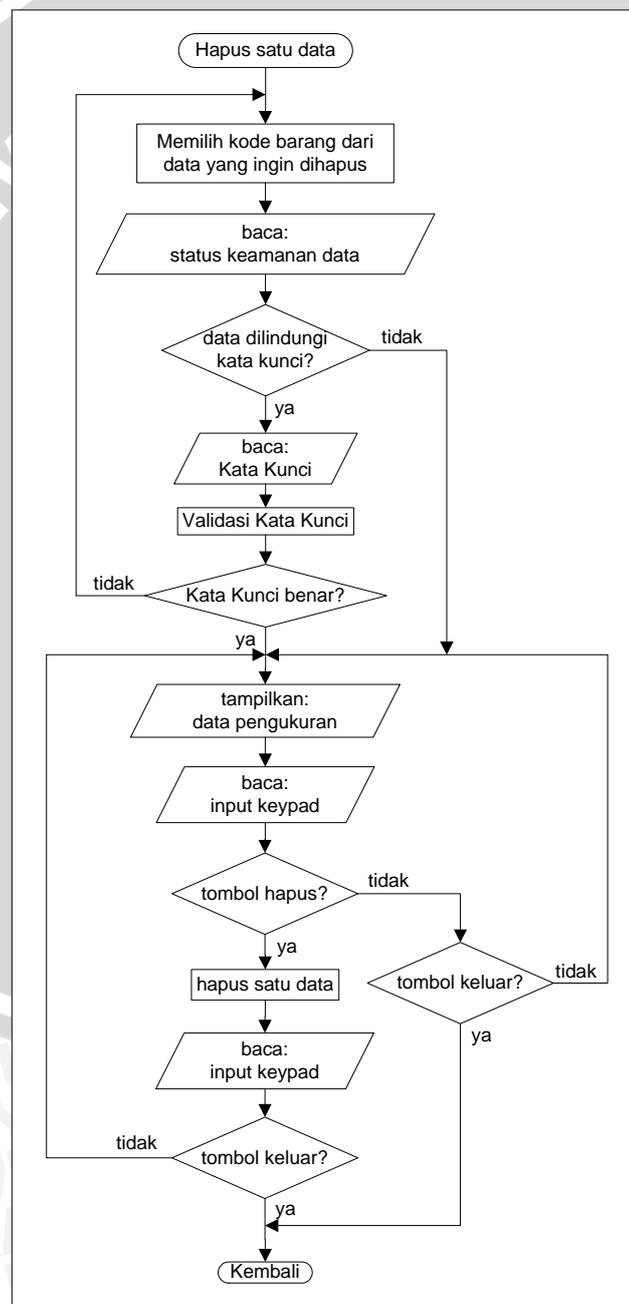
1. Operator diberi pilihan untuk melakukan penghapusan data satu-persatu, satu kode barang tertentu, atau penghapusan seluruh data.
2. Proses penghapusan seluruh data hanya bisa dilakukan oleh administrator alat (diproteksi dengan kata kunci).
3. Untuk proses penghapusan data satu-persatu atau kode barang tertentu, maka akan ditampilkan pada LCD macam-macam kode barang yang tersimpan di dalam alat.
4. Operator diminta untuk memilih kode barang yang ingin dihapus.
5. Dilakukan proses pengecekan status keamanan data. Apabila data diproteksi dengan kata kunci, maka operator diminta untuk memasukkan kata kunci. Apabila kata kunci tidak sesuai, operator tidak diizinkan untuk melakukan proses ini.
6. Apabila diawal operator memilih menghapus satu jenis kode barang tertentu, maka proses penghapusan data akan dilakukan. Sedangkan apabila operator

memilih menghapus data satu-persatu, maka data akan ditampilkan satu-persatu mulai dari data pertama, operator bisa memilih data yang ingin dihapus.

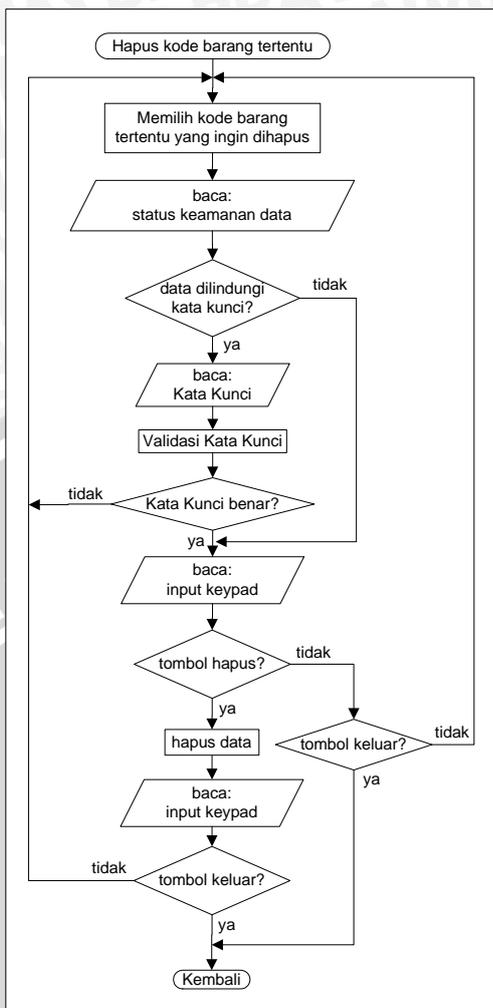
Diagram alir dari sub menu hapus satu data ditunjukkan dalam Gambar 4.18, diagram alir dari sub menu hapus kode barang barang ditunjukkan dalam Gambar 4.19, dan diagram alir dari sub menu hapus semua data ditunjukkan dalam Gambar 4.20.

4.5.2.6 Menu Seting Waktu

Menu ini digunakan untuk melakukan seting waktu pada RTC. Diagram alir dari menu seting waktu ditunjukkan dalam Gambar 4.21.



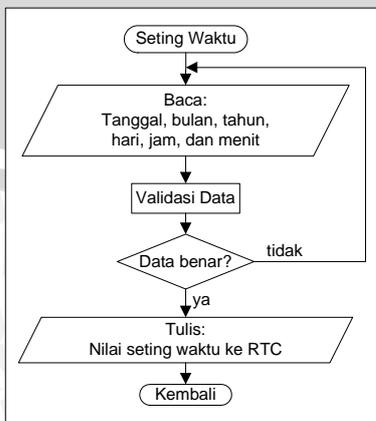
Gambar 4.18. Diagram alir menu hapus satu data



Gambar 4.19. Diagram alir menu hapus kode barang tertentu



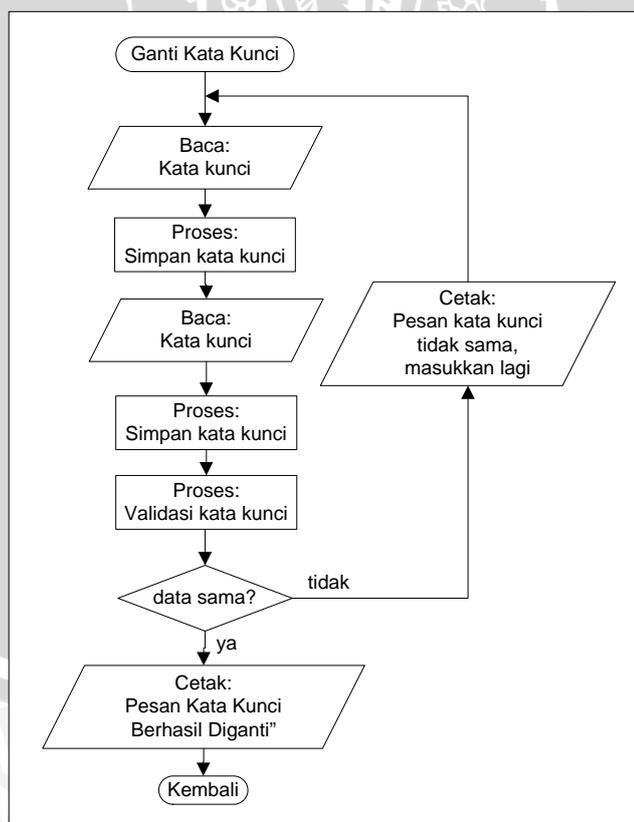
Gambar 4.20. Diagram alir menu hapus semua data



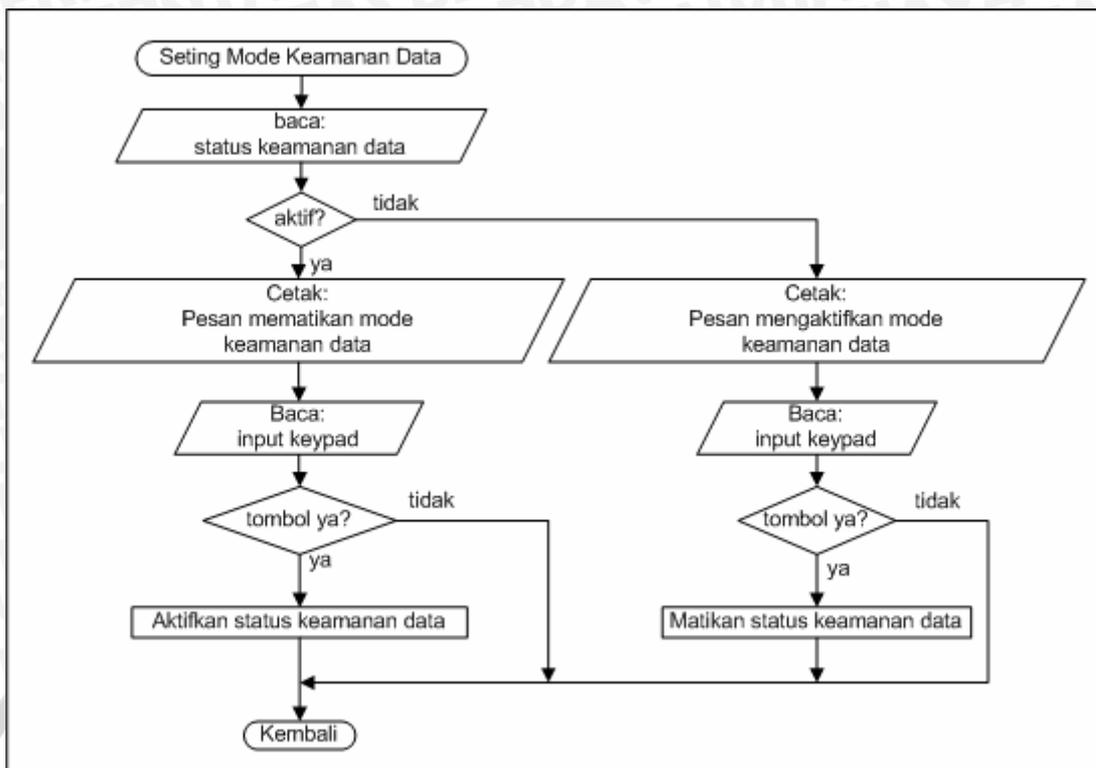
Gambar 4.21. Diagram alir menu seting waktu

4.5.2.7 Menu Seting Keamanan

Menu ini hanya bisa diakses oleh administrator alat dan *programmer* alat (diproteksi dengan kata kunci). Dalam menu ini tersedia dua buah sub menu. Yaitu sub menu mengganti kata kunci administrator alat, dan mengaktifkan atau mematikan mode keamanan data. Pada sub menu mengganti kata kunci, operator diminta untuk memasukkan kata kunci yang sama sebanyak dua kali, dan kemudian hasilnya akan dibandingkan, bila sama maka penggantian kata kunci berhasil, bila berbeda maka operator diminta untuk mengulang proses penggantian kata kunci. Sedangkan untuk sub menu mengaktifkan dan menonaktifkan mode proteksi data, sistem akan membaca status mode proteksi data terlebih dahulu, bila statusnya adalah aktif, maka akan dimunculkan pilihan untuk menonaktifkan mode proteksi data, dan sebaliknya, bila statusnya adalah nonaktif, maka akan dimunculkan pilihan untuk mengaktifkannya. Diagram alir dari sub menu ganti kata kunci dan sub menu mode keamanan data masing-masing ditunjukkan dalam Gambar 4.22 dan 4.23.



Gambar 4.22. Diagram alir sub menu ganti kata kunci



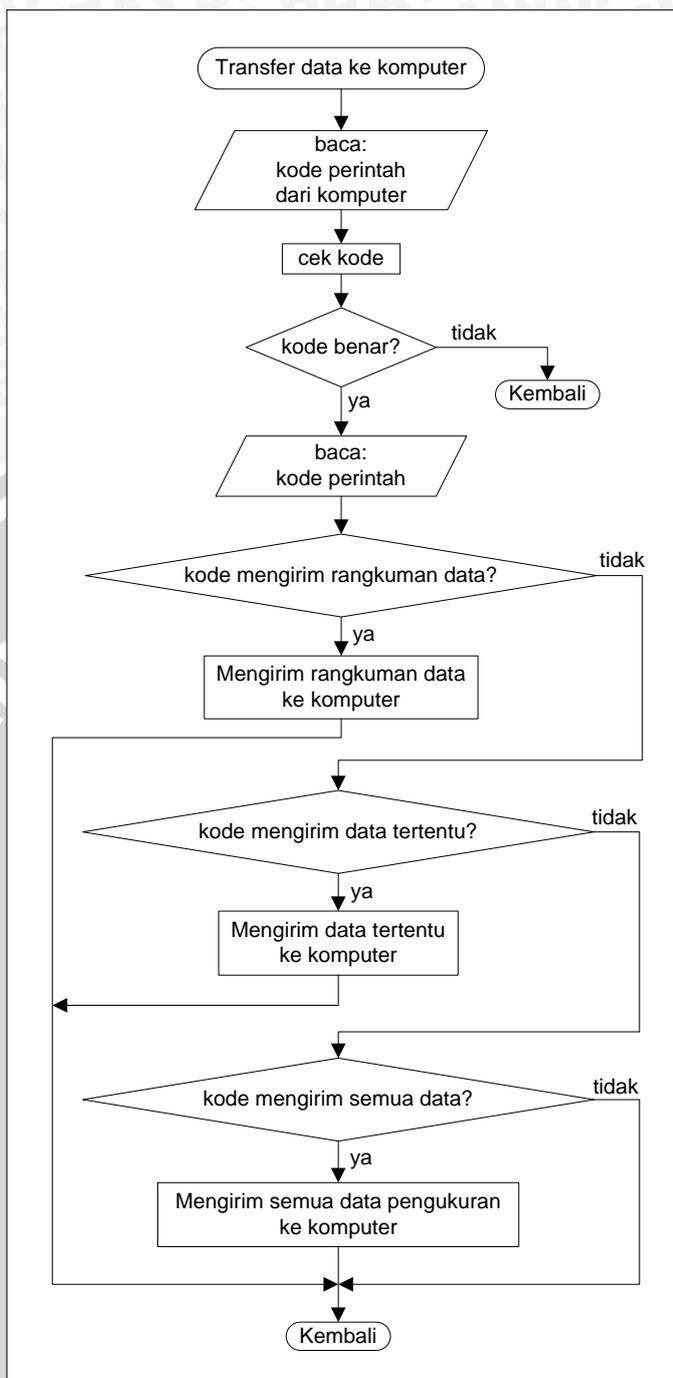
Gambar 4.23. Diagram alir sub menu mode keamanan data

4.5.2.8 Memindahkan data ke komputer

Proses memindahkan data ke komputer tidak dilakukan dengan memilih suatu menu tertentu, akan tetapi dilakukan dengan memberikan kode-kode khusus dari komputer ke alat atau dari alat ke komputer pada saat alat sedang menjalankan program menu utama. Macam-macam kode yang kirim oleh komputer ke alat ditunjukkan dalam Tabel 4.8, dan diagram alir dari proses memindahkan data ke komputer ini ditunjukkan dalam Gambar 4.24.

Tabel 4.8 Macam-macam kode dalam berkomunikasi dengan komputer

No.	Kode	Keterangan
1.	0xAA	Header data
2.	0xAB	Sinyal percobaan komunikasi
3.	0xAE	Akhir paket data, masih ada data setelahnya
4.	0xAF	Akhir paket data, tidak ada data setelahnya
5.	0xFA	Data telah diterima dan kondisi data baik
6.	0xFF	Data telah diterima dan kondisi data rusak
7.	0xBA	Meminta rangkuman data
8.	0xBB	Meminta semua data pengukuran (administator)
9.	0xBC	Meminta semua data pengukuran (umum)
10.	0xBD	Meminta data satu kode barang tertentu



Gambar 4.24. Diagram alir memindahkan data ke komputer

BAB V

PENGUJIAN DAN ANALISIS

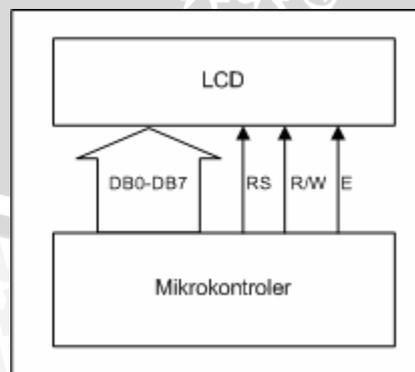
Pengujian dan analisis dilakukan untuk mengetahui tingkat kesesuaian hasil perancangan dan pembuatan alat dengan yang diharapkan. Pengujian dilakukan tiap blok perancangan untuk memudahkan analisis data. Adapun pengujian tiap blok yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- Pengujian rangkaian antarmuka modul LCD
- Pengujian rangkaian antarmuka modul RTC
- Pengujian rangkaian antarmuka modul EEPROM
- Pengujian modul UART-USB *Converter*
- Pengujian antarmuka jangka sorong digital
- Pengujian rangkaian *keypad* matrik 4 x 4

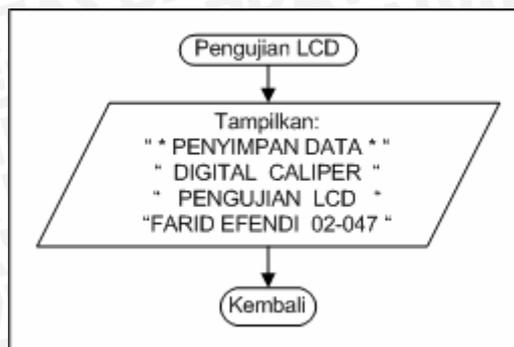
Setelah seluruh blok perancangan diuji, maka dilakukan pengujian sistem secara keseluruhan. Pengujian perangkat lunak dilakukan bersama-sama dengan pengujian keseluruhan sistem tersebut.

5.1 Pengujian Antarmuka Modul LCD

Pengujian modul LCD dilakukan untuk mengetahui kesesuaian tampilan pada modul LCD dengan program yang dijalankan. Prosedur pengujian yang dilakukan adalah menghubungkan modul LCD dengan mikrokontroler ATmega32 sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 5.1, kemudian membuat program pada mikrokontroler untuk menampilkan kalimat pada tiap baris LCD. Diagram alir pengujian ditunjukkan dalam Gambar 5.2.



Gambar 5.1 Blok diagram pengujian LCD



Gambar 5.2 Diagram alir penguian modul LCD

Hasil penguian yang diperoleh adalah layar LCD dapat menampilkan kalimat pada tiap baris tanpa ada kesalahan. Hasil penguian LCD ditunjukkan dalam Gambar 5.3. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa pengantarmukaan modul LCD dengan mikrokontroler telah dilakukan dengan benar dan modul LCD dapat berfungsi dengan baik.

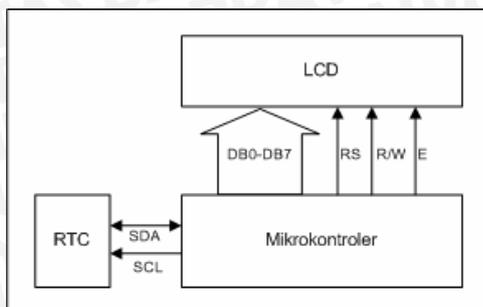


Gambar 5.3 Hasil penguian modul LCD

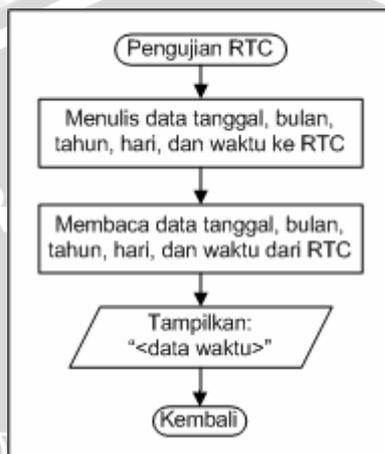
5.2 Penguian antarmuka RTC

Tujuan dari penguian ini adalah untuk mengetahui apakah *Real Time Clock* DS1307 mampu memberikan informasi waktu yang diinginkan berupa informasi detik, menit, jam, hari, tanggal, bulan, maupun tahun. Dalam penguian ini dibutuhkan *stopwatch* untuk melihat kesesuaian perubahan detik pada RTC dengan perubahan detik pada *stopwatch*.

Dalam penguian RTC, data waktu akan dibaca oleh mikrokontroler dan ditampilkan pada LCD. Mikrokontroler, LCD, dan RTC dirangkai sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 5.4. Kemudian dibuat program pada mikrokontroler ATmega32 untuk melakukan seting awal RTC. Setelah proses seting awal selesai, mikrokontroler diprogram untuk membaca data dari RTC dan menampilkannya pada LCD setiap 1 detik sekali. Diagram alir penguian modul RTC ditunjukkan dalam Gambar 5.5.



Gambar 5.4 Blok diagram pengujian RTC



Gambar 5.5 Diagram alir pengujian RTC

Salah satu hasil pengujian RTC ditunjukkan dalam Gambar 5.6. Hasil pembacaan RTC tersebut ditampilkan pada baris ketiga dan keempat LCD. Untuk hasil seluruh pengujian RTC ditunjukkan dalam Tabel 5.1.



Gambar 5.6 Hasil pengujian RTC

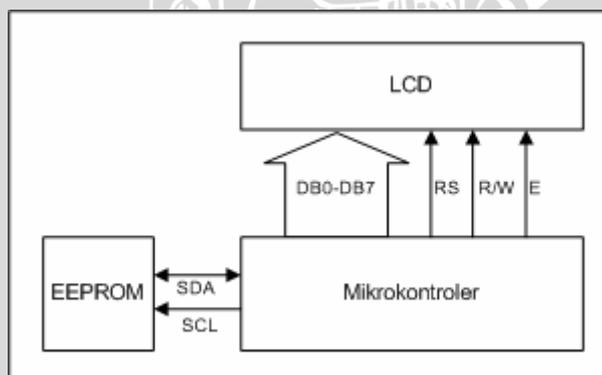
Tabel 5.1 Tabel Pengujian RTC

No.	Seting Awal RTC	Hasil Pembacaan RTC	
		sesaat setelah diseting	5 menit setelah di seting
1.	Kamis, 19-04-2007 11:00:00 WIB	Kamis, 19-04-2007 11:00:01 WIB	Kamis, 19-04-2007 11:05:00 WIB
2.	Kamis, 19-04-2007 11:57:00 WIB	Kamis, 19-04-2007 11:57:01 WIB	Kamis, 19-04-2007 12:02:00 WIB
3.	Minggu, 22-04-2007 23:56:00 WIB	Minggu, 22-04-2007 23:56:01 WIB	Senin, 23-04-2007 00:01:00 WIB
4.	Senin, 30-04-2007 23:58:00 WIB	Senin, 30-04-2007 23:58:01 WIB	Selasa, 01-05-2007 00:03:00 WIB
5.	Senin, 31-12-2007 23:59:00 WIB	Senin, 31-12-2007 23:59:01 WIB	Selasa, 01-01-2008 00:04:00 WIB

Dari hasil pengujian, data detik, menit, jam, hari, tanggal, bulan dan tahun dapat ditampilkan pada LCD sesuai dengan seting awal. RTC juga mampu menghitung perubahan detik, menit, jam, hari, tanggal, bulan, dan tahun dengan benar. Perubahan detik pada RTC sesuai berubah detik pada *stopwatch*. Dari pengujian ini dapat disimpulkan bahwa rangkaian RTC DS1307 telah dibuat dengan benar dan RTC dapat berfungsi dengan baik.

5.3 Pengujian antarmuka EEPROM

Pengujian EEPROM AT24C1024 dilakukan untuk mengetahui apakah EEPROM tersebut dapat ditulis dan dapat menyimpan data dengan benar. Pada pengujian EEPROM, data hasil pengujian akan ditampilkan di LCD. Mikrokontroler, LCD, dan EEPROM dirangkai sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 5.7. Pengujian ini dilakukan dengan cara menuliskan data tertentu pada tiap deretan data di memori. Satu deretan data terdiri dari 16 buah lokasi memori (16 *byte*). Sehingga total deretan data yang ada di dalam EEPROM sejumlah 8192 buah. Setelah proses penulisan selesai, dilakukan proses pembacaan data yang telah disimpan dan pengecekan nilai data. Diakhir proses akan ditampilkan jumlah dari deretan data dengan hasil pengecekan yang bernilai benar, dan deretan data dengan hasil pengecekan yang bernilai salah. Diagram alir pengujian EEPROM ini ditunjukkan dalam Gambar 5.8.



Gambar 5.7 Blok diagram pengujian EEPROM



Gambar 5.8 Diagram alir pengujian EEPROM

Pengujian EEPROM dilakukan sebanyak 5 lima kali dengan metode yang sama. Sebelum melakukan pengujian berikutnya, kondisi EEPROM direset dengan menuliskan nilai nol pada seluruh lokasi memori. Hasil pengujian yang pertama ditunjukkan dalam Gambar 5.9. Untuk keseluruhan hasil pengujian ditunjukkan dalam Tabel 5.2.



Gambar 5.9 Hasil pengujian EEPROM

Tabel 5.2 Hasil Pengujian EEPROM

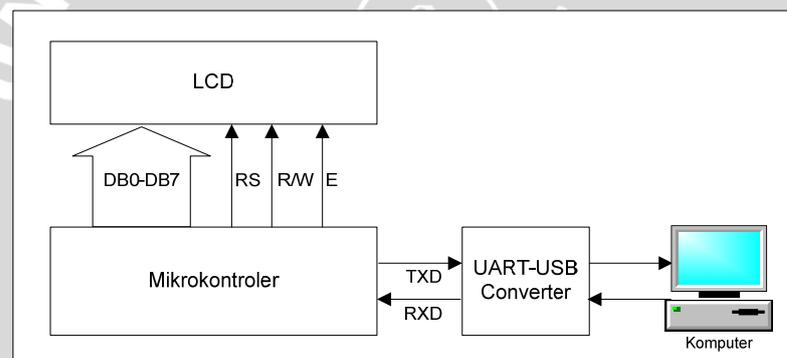
No.	Jumlah Deretan Data	
	Baik	Rusak
1.	8192	0
2.	8192	0
3.	8192	0
4.	8192	0
5.	8192	0

Tidak ditemukan kesalahan dari percobaan penulisan dan pengecekan data ke seluruh lokasi EEPROM. Dari hasil pengujian ini dapat disimpulkan bahwa pengantarmukaan EEPROM dengan mikrokontroler telah dilakukan dengan benar sesuai dengan perancangan dan EEPROM dapat digunakan sebagai piranti penyimpan paket data pengukuran.

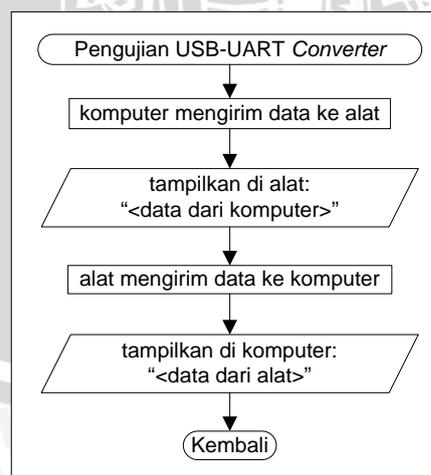
5.4 Pengujian modul UART-USB Converter

Tujuan dari pengujian modul ini adalah untuk mengetahui kesesuaian antara data yang dikirim dengan data yang diterima, baik oleh alat maupun oleh komputer. Dalam pengujian ini dibutuhkan seperangkat komputer dan perangkat lunak sederhana pada komputer untuk melakukan proses pengujian komunikasi serial. Komunikasi serial *asinkron* antara alat dengan komputer dilakukan dengan *boudrate* sebesar 2 Mbps sesuai dengan perancangan.

Pengujian dilakukan dengan merangkai mikrokontroler, LCD, UART-USB converter, dan komputer sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 5.10. Komputer akan mengirimkan data ke mikrokontroler dengan menggunakan perangkat lunak sederhana untuk pengujian komunikasi serial. Data yang diterima oleh mikrokontroler akan di tampilkan di LCD. Kemudian data tersebut dikirim kembali ke komputer. Diagram alir dari pengujian ini ditunjukkan dalam Gambar 5.11.



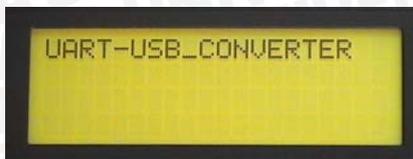
Gambar 5.10 Blok diagram pengujian modul UART-USB converter



Gambar 5.11 Diagram alir pengujian modul UART-USB Converter

Hasil pembacaan dari salah satu data yang dikirim oleh komputer ke mikrokontroler ditunjukkan dalam Gambar 5.12, dan hasil pengiriman kembali data oleh mikrokontroler ke komputer ditunjukkan dalam Gambar 5.13. Hasil dari seluruh

pengujian yang dilakukan ditunjukkan dalam Tabel 5.3. Hasil pengiriman data dari komputer ke mikrokontroler ditampilkan pada baris pertama LCD, dan hasil pengiriman data dari mikrokontroler ke komputer ditampilkan pada kolom “Data Yang Dibaca” pada perangkat lunak pengujian.



Gambar 5.12 Hasil pembacaan data dari komputer oleh alat



Gambar 5.13 Hasil pembacaan data dari alat oleh komputer

Tabel 5.3 Hasil pengujian modul UART-USB Converter

No	Data Pengujian	Hasil tampilan di LCD	Hasil tampilan di komputer
1.	UART-USB_CONVERTER	UART-USB_CONVERTER	UART-USB_CONVERTER
2.	PERCOBAAN_123	PERCOBAAN_123	PERCOBAAN_123
3.	FARID_EFENDI_02_047	FARID_EFENDI_02_047	FARID_EFENDI_02_047
4.	JANGKA_SORONG	JANGKA_SORONG	JANGKA_SORONG
5.	TEKNIK_ELEKTRO_UB	TEKNIK_ELEKTRO_UB	TEKNIK_ELEKTRO_UB

Hasil pengujian menunjukkan bahwa data yang dikirim oleh komputer dapat dibaca dengan benar oleh mikrokontroler, dan data yang dikirim oleh mikrokontroler dapat dibaca dengan benar oleh komputer. Dari hasil pengujian ini dapat disimpulkan bahwa modul UART-USB converter dapat bekerja dengan baik sesuai dengan perancangan.

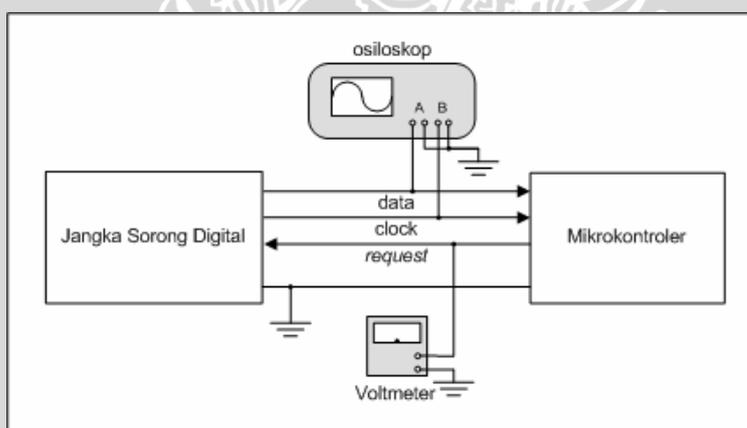
5.5 Pengujian antarmuka Jangka Sorong Digital

Pengujian antarmuka jangka sorong digital ini terdiri dari dua bagian, yaitu pengujian pin *clock*, data, dan *request* serta pengujian pembacaan data dari jangka sorong digital.

5.5.1 Pengujian pin *clock*, data, dan *request* pada Jangka Sorong Digital

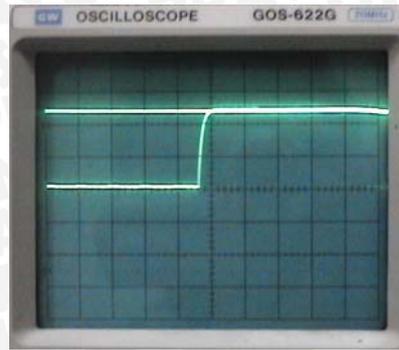
Tujuan dari pengujian pin *clock*, data, dan *request* ini adalah untuk memastikan bahwa level logika pada pin-pin tersebut berada dalam batas yang diperbolehkan. Peralatan yang dibutuhkan dalam pengujian ini adalah jangka sorong digital, osiloskop, dan voltmeter.

Pada pengujian pin data dan pin *clock* digunakan osiloskop untuk melihat level tegangan dari logika tinggi dan rendah saat terjadinya proses pemindahan data dari jangka sorong ke mikrokontroler. Sedangkan pada pengujian pin *request* digunakan multimeter untuk mengetahui level tegangan logika tinggi dan rendah sebelum dan sesudah perintah *request* data dilakukan oleh mikrokontroler. Pemasangan osiloskop, voltmeter, jangka sorong digital, dan mikrokontroler dilakukan sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 5.14.

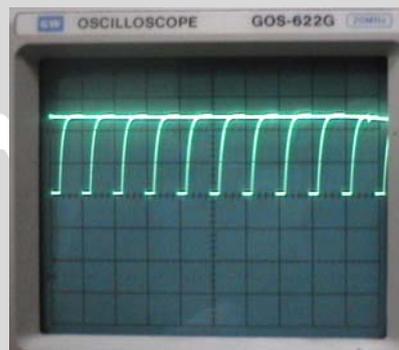


Gambar 5.14 Blok Diagram Pengujian pin data, *clock*, dan *request*

Hasil pengujian pin data ditunjukkan dalam Gambar 5.15, hasil pengujian pin *clock* ditunjukkan dalam Gambar 5.16, dan hasil pengujian pin *request* ditunjukkan dalam Gambar 5.17. Pada pengujian pin data dan pin *clock*, skala tegangan input osiloskop diatur pada nilai 2 volt/div, dan skala periode waktu diatur pada nilai 0,5 ms/div.



Gambar 5.15 Hasil pengujian pin data



Gambar 5.16 Hasil pengujian pin clock



Gambar 5.17. (a). Tegangan pin *request* sebelum dihubungkan dengan alat. (b). Tegangan pin *request* setelah dihubungkan dengan alat (c). Tegangan pin *request* saat alat mengeluarkan sinyal *request*

Dari Gambar 5.15 dan Gambar 5.16, level tegangan pin data dan *clock* untuk logika rendah adalah 0 volt, dan level tegangan untuk logika tinggi adalah 4,8 volt. Berdasarkan literatur (Mitutoyo, 2005) level tegangan input untuk pin data dan *clock* yang diperbolehkan berada dalam *range* -0,3 volt sampai dengan 7 volt. Dari hasil pengujian tersebut dapat disimpulkan bahwa level tegangan pin data dan pin *clock* telah berada dalam *range* yang diperbolehkan.

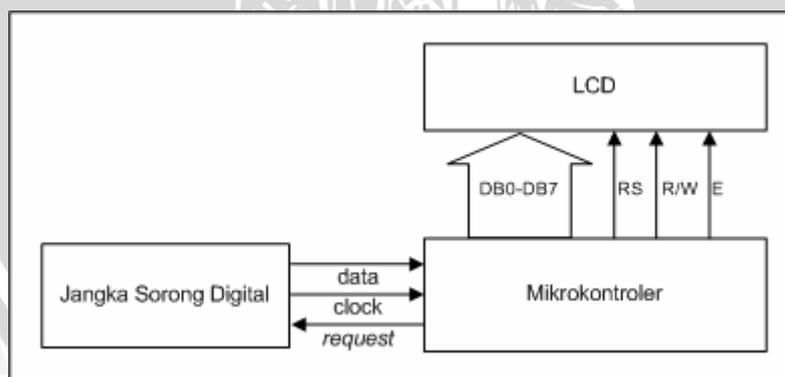
Berdasarkan literatur (Mitutoyo, 2005), pin *request* memiliki level tegangan untuk logika tinggi sebesar 1,55 volt, sedangkan dari pengukuran langsung ke pin *request* pada jangka sorong digital, sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 5.17.a, level tegangan pin *request* adalah 1,6 volt, nilai ini dirasa masih memenuhi nilai logika tinggi yang diperbolehkan. Untuk memberikan sinyal *request* pada jangka sorong digital, mikrokontroler harus memberikan logika rendah pada pin *request* dan

menahannya untuk beberapa saat. Dari Gambar 5.17.c, level tegangan pin *request* saat mikrokontroler mengirim sinyal *request* ke jangkang sorong digital berkisar 0 volt, nilai ini sesuai dengan nilai untuk level logika rendah. Dari Gambar 5.17.a dan Gambar 5.17.b, level tegangan untuk logika tinggi sebelum dan sesudah jangkang sorong digital dihubungkan dengan alat adalah sama, jadi tidak terjadi efek pembebanan dari level logika tinggi pada jangkang sorong saat dihubungkan dengan alat. Dari hasil pengujian pin *request* tersebut dapat disimpulkan bahwa pin *request* telah terhubung pada alat sesuai dengan perancangan.

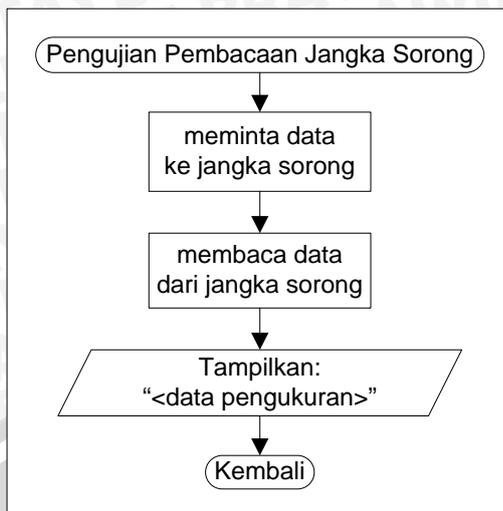
5.5.2 Pengujian pembacaan data Jangkang Sorong Digital

Tujuan dari pengujian pembacaan data ini adalah memastikan bahwa data yang dibaca oleh mikrokontroler ATmega32 sama dengan data yang dikirim oleh jangkang sorong. Peralatan yang dibutuhkan dalam pengujian ini adalah jangkang sorong digital.

Pengujian dilakukan dengan membuat program pada mikrokontroler untuk melakukan *request* (meminta data) ke jangkang sorong digital, kemudian menampilkan data tersebut ke LCD. Mikrokontroler, LCD, dan jangkang sorong digital dirangkai sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 5.18. Diagram alir pengujian pembacaan data ditunjukkan dalam Gambar 5.19. Kesimpulan akan diambil dengan cara membandingkan data yang ditampilkan mikrokontroler pada LCD dengan data yang ditampilkan jangkang sorong digital pada *display* jangkang sorong tersebut.



Gambar 5.18 Blok diagram pengujian pembacaan data jangkang sorong digital



Gambar 5.19 Diagram alir pengujian pembacaan data jangka sorong digital

Hasil pengujian dari salah satu data ditunjukkan dalam Gambar 5.20.a dan Gambar 5.20.b, sedangkan hasil dari seluruh pengujian yang dilakukan ditunjukkan dalam Tabel 5.4.



Gambar 5.20. (a). Tampilan *display* Jangka Sorong Digital (b). Hasil pembacaan alat

Tabel 5.4 Hasil pengujian pembacaan data Jangka Sorong Digital

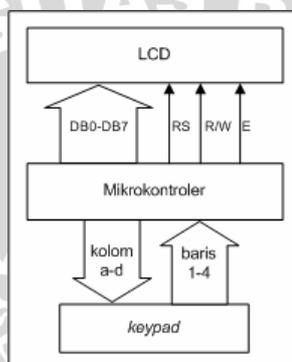
No.	Tampilan <i>display</i> Jangka Sorong	Tampilan modul LCD
1.	1,25 mm	1,25 mm
2.	116,19 mm	116,19 mm
3.	0,00 mm	0,00 mm
4.	-29,01 mm	-29,01 mm
5.	-116,20 mm	-116,20 mm
6.	0,0045 inci	0,0045 inci
7.	1,1240 inci	1,1240 inci
8.	0,0000 inci	0,0000 inci
9.	-0,6305 inci	-0,6305 inci
10.	-4,5750 inci	-4,5750 inci

Hasil pengujian dalam Tabel 5.4 menunjukkan data yang dikirim jangka sorong digital dapat dibaca dengan benar oleh mikrokontroler. Dari hasil pengujian tersebut

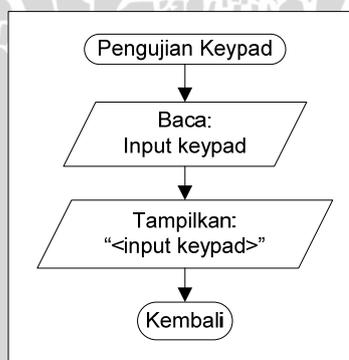
dapat disimpulkan bahwa mikrokontroler dapat membaca data dari jangka sorong digital dengan benar sesuai dengan perancangan.

5.6 Pengujian *keypad* matrik 4 x 4

Tujuan pengujian rangkaian *keypad* adalah untuk menunjukkan bahwa setiap penekanan tombol *keypad* menghasilkan karakter tertentu sesuai dengan perancangan. Dalam pengujian rangkaian *keypad* ini, mikrokontroler, LCD, dan *keypad* dirangkai sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 5.21. Kemudian dibuat program pada mikrokontroler ATmega32 untuk menampilkan karakter ke modul LCD sesuai dengan tombol yang ditekan. Diagram alir pengujian ditunjukkan dalam Gambar 5.22.



Gambar 5.21 Blok diagram pengujian *keypad*



Gambar 5.22 Diagram alir pengujian *keypad*

Hasil pengujian rangkaian *keypad* matrik 4 x 4 ditunjukkan dalam Gambar 5.23. Setiap karakter yang ditampilkan pada baris kedua LCD mewakili tombol yang ditekan. Karakter-karakter yang ditampilkan harus sesuai dengan Tabel 4.3.



Gambar 5.23 Hasil pengujian *keypad*

Dari Gambar 5.23 dapat diketahui bahwa setiap penekanan tombol dapat menghasilkan tampilan karakter pada LCD sesuai dengan perancangan. Dari hasil yang diperoleh dalam pengujian ini dapat disimpulkan bahwa rangkaian *keypad* telah dibuat dengan benar dan dapat digunakan sebagai unit masukan alat.

5.7 Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian keseluruhan sistem dilakukan secara bertahap sesuai dengan urutan penggunaan alat oleh operator pengukuran. Hal ini dilakukan agar pengujian sistem dapat menggambarkan proses penggunaan alat yang sebenarnya.

5.7.1 Seting Awal Alat

Pada awal penggunaan alat, operator dianjurkan melakukan seting waktu. Hal ini perlu dilakukan agar informasi mengenai waktu pengukuran dapat disimpan dengan benar di dalam alat. Setelah melakukan seting waktu, operator juga dianjurkan untuk mengganti kata kunci administrator alat supaya tidak semua orang bisa mengakses data-data yang dilindungi dengan kata kunci dan melakukan proses-proses fatal berbahaya seperti menghapus semua data, melakukan format memori, dan melakukan perubahan seting keamanan. Pada proses seting awal alat, operator juga bisa mengaktifkan mode keamanan data. Bila mode ini diaktifkan, dalam proses pengukuran operator dapat menggunakan fasilitas melindungi data dengan kata kunci.

Tujuan dari pengujian proses seting awal alat ini adalah melakukan pengujian pada menu seting waktu, menu seting keamanan, sub menu mode keamanan data, dan sub menu ganti kata kunci. Sebelum melakukan proses pengujian ini, seluruh data pada alat di reset untuk mengkondisikan alat pada keadaan baru dan belum terpakai. Setelah itu dilakukan proses pengujian seting waktu dan seting keamanan yang meliputi ganti kata kunci administrator dan mengaktifkan mode keamanan data.

Pengujian menu seting waktu dilakukan dengan cara mengisi data tanggal, bulan, tahun, hari, jam, dan menit melalui menu seting waktu, kemudian melihat hasil dari seting yang telah dilakukan pada tampilan menu utama alat. Untuk pengujian menu seting keamanan dilakukan dengan cara memilih dan menjalankan menu seting keamanan. Setelah menu ini dipilih, operator akan diminta untuk memasukkan kata kunci administrator alat. Kata kunci perdana adalah "1234". Apabila berhasil akan muncul sub menu mode keamanan data. Sedangkan untuk pengujian sub menu mode keamanan data dilakukan dengan cara mengaktifkan mode keamanan data. Bila proses

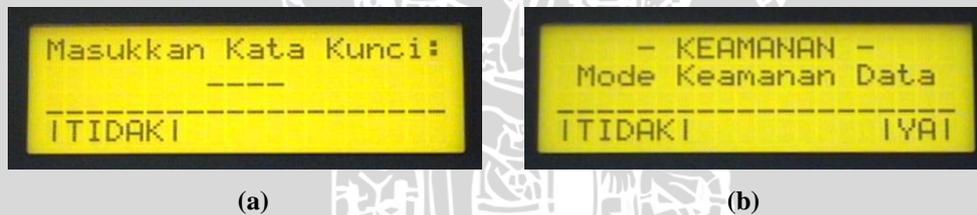
ini berhasil akan muncul tampilan “Mode Keamanan Data Telah Diaktifkan”. Dan pengujian sub menu ganti kata kunci dilakukan dengan cara memasukkan kata kunci baru sebanyak dua kali, bila berhasil akan muncul tampilan “Kata Kunci Berhasil Diganti”.

Tampilan alat sebelum proses seting waktu dilakukan ditunjukkan dalam Gambar 5.24.a, dan tampilan alat setelah proses seting waktu dilakukan ditunjukkan dalam Gambar 5.24.b.



Gambar 5.24. Tampilan alat : (a). sebelum dilakukan proses seting waktu
(b). setelah dilakukan proses seting waktu

Tampilan alat sebelum memasuki menu seting keamanan ditunjukkan dalam Gambar 5.25.a, dan tampilan alat setelah memasuki menu seting keamanan ditunjukkan dalam Gambar 5.25.b.



Gambar 5.25 Tampilan alat: (a). sebelum memasuki menu seting keamanan
(b). setelah memasuki menu seting keamanan

Tampilan alat setelah proses pengaktifan mode keamanan data ditunjukkan dalam Gambar 5.26.



Gambar 5.26 Pengaktifan mode keamanan data berhasil

Tampilan alat setelah proses ganti kata kunci administrator berhasil ditunjukkan dalam Gambar 5.27.



Kata Kunci
Berhasil Diganti

Gambar 5.27 Proses mengganti kata kunci administrator berhasil

Dari hasil pengujian menu seting waktu, seting keamanan, sub menu mode keamanan data, dan sub menu ganti kata kunci, dapat disimpulkan bahwa menu-menu tersebut telah bekerja sesuai dengan perancangan.

5.7.2 Penggunaan Alat Dalam Proses Pengukuran

Dalam proses pengukuran, fungsi utama alat adalah menyimpan data beserta informasi kode barang, nomor barang yang diukur, nomor jenis pengukuran, kode jenis pengukuran yang dilakukan, dan waktu pengukuran. Untuk mempermudah operator dalam proses pengukuran, alat dirancang dapat menampilkan indeks pengukuran yang meliputi kode barang, nomor barang, dan kode jenis pengukuran. Tidak semua proses pengukuran dapat diselesaikan dalam satu waktu, terkadang operator menghentikan proses pengukuran dan melanjutkannya kembali di lain waktu. Untuk memenuhi kebutuhan operator tersebut, pada menu pengukuran terdapat pilihan untuk melanjutkan pengukuran sebelumnya.

Tujuan dari pengujian penggunaan alat dalam proses pengukuran ini adalah melakukan pengujian pada sub menu pengukuran baru, sub menu melanjutkan pengukuran, sub menu cek kapasitas memori, dan menu review data. Dalam proses pengujian ini dibutuhkan jangka sorong digital dan barang-barang uji untuk diukur.

Untuk menguji sub menu pengukuran baru, dilakukan proses pengukuran terhadap tiga jenis barang yang berbeda dengan inisialisasi awal sesuai dengan Tabel 5.5. Proses selanjutnya adalah menjalankan sub menu cek kapasitas memori untuk mengetahui ruang data pengukuran dan ruang data kata kunci yang telah terpakai. Setelah itu dijalankan menu review data untuk memastikan data telah tersimpan di dalam alat. Dalam menu review data dilakukan proses edit data pada salah satu data pengukuran dengan cara mengganti nilai hasil pengukuran yang telah tersimpan dengan nilai pengukuran baru. Untuk melakukan pengujian pada sub menu melanjutkan pengukuran, dilakukan penambahan jumlah sample yang diukur pada kode barang "BTL1" sebanyak 5 barang. Setelah itu dilakukan pengecekan jumlah ruang data yang telah terpakai.

Tabel 5.5 Inisialisasi awal pengujian menu pengukuran baru

No	Kode Barang	Jumlah Jenis Pengukuran	Pemberian Nama Jenis Pengukuran	Data dilindungi kata kunci?	Jumlah sample yang diukur
1.	BTL1	4	Otomatis	Tidak	5
2.	CAP1	3	Manual (R1,R2,L)	Tidak	10
3.	CAP2	3	Otomatis	Ya	10

Jumlah alokasi memori setelah dilakukan proses pengukuran baru ditunjukkan dalam Gambar 5.28.

```
MEMORI DATA:
Kosong=8112 Isi=0080
MEMORI KATA KUNCI:
Kosong=69 Isi=01
```

Gambar 5.28 Jumlah alokasi memori setelah proses pengukuran baru

Hasil review data untuk kode barang “CAP1” ditunjukkan dalam Gambar 5.29.a dan Gambar 5.29.b, sedangkan hasil edit data terakhir dari kode barang “CAP1” pada menu review data ini ditunjukkan dalam Gambar 5.29.c.

```
Kode : CAP1/001/R1
      10,15 mm
TKELUARI ----- TEDITI
```

(a)

```
Kode : CAP1/010/L
      14,90 mm
TKELUARI ----- TEDITI
```

(b)

```
Kode : CAP1/010/L
      15,00 mm
TKELUARI ----- TEDITI
```

(c)

Gambar 5.29. (a). Tampilan menu review data untuk kode barang “CAP1” data pertama. (b). Tampilan menu review data untuk kode barang “CAP1” data terakhir. (c). Hasil edit data pada kode barang “CAP1” data terakhir

Jumlah alokasi memori setelah dilakukan proses melanjutkan pengukuran ditunjukkan dalam Gambar 5.30.

```
MEMORI DATA:
Kosong=8092 Isi=0100
MEMORI KATA KUNCI:
Kosong=69 Isi=01
```

Gambar 5.30 Alokasi memori setelah proses penambahan sample pengukuran

Jumlah alokasi memori data yang digunakan untuk pengujian menu pengukuran baru adalah sebanyak 80 ruang data, dan jumlah alokasi memori kata kunci yang digunakan adalah 1 ruang data. Jumlah yang sama ditunjukkan pada hasil pengujian yang terdapat dalam Gambar 5.28. Dari hasil pengujian ini dapat disimpulkan bahwa sub menu pengukuran baru dan menu cek kapasitas memori telah bekerja sesuai dengan perancangan.

Data pengukuran pertama kode barang “CAP1” memiliki inisial nomor barang adalah 1, kode jenis pengukuran adalah “R1”, serta data pengukuran adalah 10,15 mm. Sedangkan data pengukuran terakhir dari kode barang “CAP1” memiliki inisial nomor barang adalah 10, kode jenis pengukuran adalah “L”, dan data pengukuran adalah 14,90 mm. Hal ini sesuai dengan hasil pengujian sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 5.29.a dan Gambar 5.29.b. Hasil pengujian edit data dari data terakhir kode barang “CAP1” juga sesuai dengan data baru yang dimasukkan, yaitu data pengukuran sebelumnya yang bernilai 14,90 mm diganti dengan nilai 15,00 mm. Dari hasil pengujian ini dapat disimpulkan bahwa menu review data telah bekerja sesuai dengan perancangan.

Dengan menambahkan sample pada kode barang “BTL1” sejumlah 5 buah, alokasi memori yang terpakai akan bertambah sebanyak 20 ruang data. Bila jumlah alokasi memori tersebut dijumlahkan dengan alokasi memori yang telah digunakan sebelumnya, maka alokasi memori data yang telah terpakai adalah sejumlah 100 ruang data. Jumlah yang sama ditunjukkan pada hasil pengujian yang terdapat dalam Gambar 5.30. Dari hasil pengujian ini dapat disimpulkan bahwa sub menu melanjutkan pengukuran telah bekerja sesuai dengan perancangan.

5.7.3 Pemindahan Data ke Komputer

Proses pemindahan data ke komputer adalah proses yang penting setelah proses penyimpanan data. Dengan adanya fitur ini, operator tidak perlu lagi untuk melakukan proses memasukkan data ke dalam komputer secara manual. Dalam proses pemindahan data ke dalam komputer, alat berperan sebagai *slave* dan komputer sebagai *master*, oleh karena itu dibutuhkan perangkat lunak khusus pada komputer yang mampu mengatur proses pemindahan data tersebut. Akan tetapi sesuai dengan cakupan masalah yang dibahas, perancangan perangkat lunak pada komputer tidak dibahas dalam tugas akhir ini, melainkan dibahas pada judul tugas akhir lainnya, sehingga dalam melakukan

pengujian pemindahan data ke komputer, digunakan perangkat lunak sederhana untuk menguji kemampuan alat dalam melaksanakan dan memenuhi permintaan komputer.

Tujuan pengujian ini adalah memastikan bahwa komunikasi data antara alat dengan komputer dapat berjalan sesuai dengan perancangan. Dalam pengujian ini dibutuhkan seperangkat komputer dan perangkat lunak untuk pengujian komunikasi serial.

Pengujian diawali dengan mengirimkan sinyal percobaan komunikasi ke alat oleh komputer. Pengiriman sinyal dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak pengujian komunikasi serial. Bila berhasil tampilan alat akan berubah menjadi “Proses Pemindahan Data ke PC”, dan alat akan memberikan sinyal jawaban pada komputer berupa kode: AAAAAB (hexadesimal). Untuk pengujian pemindahan data ke komputer dilakukan dengan cara mengirimkan sinyal *request* rangkuman data ke alat oleh komputer. Bila benar, sinyal ini akan dibalas oleh alat dengan mengirimkan rangkuman data pengukuran yang terdiri dari kode barang, waktu pengukuran, dan nama operator pengukuran (bila menggunakan mode proteksi data) secara bertahap oleh alat. Alat mengirimkan rangkuman data tiap satu kode barang, dan akan mengirimkan kode barang selanjutnya setelah mendapat konfirmasi dari komputer bahwa data telah dibaca dengan benar. Arti dari kode-kode komunikasi ini telah ditunjukkan dalam Tabel 4.8. Setelah mendapatkan satu paket data dari alat dan melakukan cek kebenaran data, untuk mendapatnya data berikutnya dikirim sinyal konfirmasi dari komputer dengan menggunakan program pengujian secara manual.

Hasil pengujian percobaan komunikasi ditunjukkan dalam Gambar 5.31.a dan Gambar 5.31.b.



Gambar 5.31.a Tampilan pada alat setelah percobaan komunikasi berhasil



Gambar 5.31.b Kode percobaan komunikasi yang dikirim oleh alat ke komputer

Hasil penguujian pemindahan data ke komputer ditunjukkan dalam Gambar 5.32.a, Gambar 5.32.b, dan Gambar 5.32.c.



Gambar 5.32.a Rangkuman data pertama yang dikirim oleh alat



Gambar 5.32.b Rangkuman data kedua yang dikirim oleh alat



Gambar 5.32.c Rangkuman data terakhir yang dikirim oleh alat

Pada pengujian komunikasi antara alat dengan komputer, alat dapat merespon sinyal percobaan komunikasi dari komputer dengan benar. Dan pada percobaan pengiriman rangkuman data, alat dapat mengirimkan rangkuman data dari semua kode barang yang terdapat di dalam alat dengan benar. Dari hasil pengujian ini dapat disimpulkan bahwa komunikasi antara komputer dengan alat telah bekerja sesuai dengan perancangan.

5.7.4 Penghapusan Data Pengukuran

Setelah data dipindahkan ke dalam komputer, data yang terdapat di dalam alat tidak lagi diperlukan. Untuk melakukan penghapusan data di dalam alat terdapat tiga pilihan, yaitu menghapus data satu-persatu, menghapus data dengan kode barang tertentu, dan menghapus seluruh data.

Tujuan dari pengujian penghapusan data pengukuran ini adalah melakukan pengujian terhadap sub menu hapus satu data, sub menu hapus kode barang tertentu, dan sub menu hapus semua data.

Pengujian sub menu hapus satu data dilakukan dengan cara menghapus data terakhir pada kode barang “CAP2”, sedangkan pengujian sub menu hapus kode barang tertentu dilakukan dengan cara menghapus kode barang “CAP2”, dan pengujian yang terakhir dilakukan adalah pengujian sub menu menghapus seluruh data.

Hasil pengujian sub menu hapus satu data ditunjukkan dalam Gambar 5.33, hasil pengujian sub menu hapus kode barang tertentu ditunjukkan dalam Gambar 5.34, dan hasil pengujian sub menu hapus seluruh data ditunjukkan dalam Gambar 5.35.



```

MEMORI DATA:
Kosong=8093 Isi=0099
MEMORI KATA KUNCI:
Kosong=69 Isi=01

```

Gambar 5.33. Ruang data setelah dilakukan proses menghapus satu data



```

MEMORI DATA:
Kosong=8122 Isi=0070
MEMORI KATA KUNCI:
Kosong=70 Isi=00

```

Gambar 5.34. Ruang data setelah menghapus kode barang “CAP2”



```

MEMORI DATA:
Baik=8192 Rusak=0000
MEMORI KATA KUNCI:
Baik=70 Rusak=00

```

Gambar 5.35. Jumlah ruang data setelah menghapus semua data

Dari Gambar 5.30, jumlah ruang data yang terpakai sebelum dilakukan proses penghapusan satu data sejumlah 100 ruang data. Setelah dilakukan proses penghapusan satu data, jumlah ruang data yang terpakai menjadi 99 ruang data sebagaimana terdapat dalam Gambar 5.33. Dari hasil pengujian ini dapat disimpulkan bahwa sub menu hapus satu data telah bekerja sesuai dengan perancangan.

Setelah dilakukan penghapusan satu buah data dari kode barang “CAP2”, jumlah alokasi ruang data yang digunakan oleh kode barang tersebut menjadi 29 ruang data. Apabila dilakukan proses penghapus data dengan kode barang “CAP2”, maka alokasi ruang data pengukuran yang terpakai akan berkurang 29 buah. Karena kode barang “CAP2” menggunakan fasilitas kata kunci, penghapus kode barang ini akan mengurangi satu buah ruang data pada memori kata kunci, hal ini sesuai dengan hasil pengujian yang terdapat dalam Gambar 5.34. Dari hasil pengujian ini dapat disimpulkan bahwa sub menu hapus kode barang tertentu data telah bekerja sesuai dengan perancangan.

Proses menghapus seluruh data sebenarnya sama dengan proses format dan cek memori. Dalam proses ini selain menghapus seluruh data juga dilakukan proses cek kondisi memori data. Total ruang data yang tersedia pada memori data adalah sejumlah 8192 buah, dan ruang data yang tersedia pada memori kata kunci adalah sejumlah 70 buah, hal ini sesuai dengan hasil pengujian yang terdapat dalam Gambar 5.35. Dari hasil pengujian ini dapat disimpulkan bahwa sub menu hapus seluruh data telah bekerja sesuai dengan perancangan.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari hasil perancangan dan pengujian alat penyimpan data hasil pengukuran jangka sorong digital, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Level tegangan logika tinggi sebesar 1,55 V pada pin *request* data jangka sorong digital tidak mengganggu dengan level tegangan logika tinggi pada mikrokontroler (5 V) dengan cara melakukan pengaturan DDR (*Data Direction Register*) pada pin mikrokontroler yang terhubung dengan pin *request* data.
2. Dengan melakukan konversi format data dari bentuk BCD ke bentuk biner dan perampingan bit-bit data dapat menghemat kapasitas EEPROM eksternal sebesar 37,5% dari kapasitas yang digunakan untuk menyimpan data tanpa proses konversi dan perampingan bit-bit data.
3. Dengan menggunakan EEPROM eksternal yang memiliki kapasitas 128 kB, alat mampu menyimpan data hasil pengukuran, data waktu pengukuran, data kode barang, data nomor barang, dan data kode jenis pengukuran sebanyak 8192 data.
4. Dengan menggunakan 90% kapasitas EEPROM internal mikrokontroler ATmega32, alat mampu menyimpan data nama operator dan kata kunci sebanyak 70 data.

6.2 Saran

Saran-saran untuk pengembangan alat ini lebih lanjut antara lain:

1. Proses menghapus data, memformat memori, mengedit data, mengganti kata kunci, dan setting waktu pada alat bisa dikembangkan untuk dapat dilakukan melalui komputer.
2. Alat penyimpan data dapat dikembangkan untuk menyimpan data hasil pengukuran dari instrumentasi pengukuran selain jangka sorong digital.

DAFTAR PUSTAKA

- Atmel. 2006. *ATMega32 – 8-bit AVR Microcontroller with 32K Bytes In-System Programmable Flash*. Atmel. http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/2503S.pdf. Tanggal akses: 23 April 2007.
- Atmel. 2005. *AT24C1024 – Two-wire Serial EEPROM*. Atmel. <http://www.digi-ware.com/img/d/at24c1024.pdf>. Tanggal akses: 23 April 2007.
- Brink, O.G, R.J. Flink, Sobandi Sachri. 1984. *Dasar-dasar Ilmu Instrumen*. Bandung: Binacipta.
- Cooper, William David. 1985. *Instrumentasi Elektronik dan Teknik Pengukuran*. Jakarta: Erlangga.
- Innovative Electronics. 2006. *PC-Link USBer Manual*. Innovative Electronics. http://www.innovativeelectronics.com/innovative_electronics/pro_pclink_usber.htm. Tanggal akses: 27 April 2007.
- Maxim. 2004. *DS1307 – 64 x 8, Serial, I²C Real Time Clock*. Maxim. <http://www.digi-ware.com/img/d/DS1307.pdf>. Tanggal akses: 23 April 2007.
- Minor, Ralph S. 1959. *Selected Experiments in Physical Measurements*. California: Gillick Printing.
- Mitutoyo. 2005. *Absolute Digimatic Caliper*. Mitutoyo.
- Mitutoyo. 2006. *Small Tool Instruments and Data Management*. Mitutoyo. http://www.mitutoyo.de/uploads/media/02_Data_Management.pdf. Tanggal akses: 1 Mei 2007.
- Philips. 2000. *The I²C-Bus Specification*. Philips Semiconductors.
- Winstar. 2006. *WH2004A - LCD Module Manual*. Winstar. <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/ETC/WH2004A.html>. Tanggal akses: 27 April 2007.