

**PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT DIAGNOSIS
DIABETES MELLITUS MELALUI SENSOR URIN *TEST*
*STRIP***

**SKRIPSI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh:

**PUTRI ISNAINI H.
NIM. 0810632006-63**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2010**



LEMBAR PERSETUJUAN

**PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT DIAGNOSIS
DIABETES MELLITUS MELALUI SENSOR URIN *TEST*
*STRIP***

**SKRIPSI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh:

**PUTRI ISNAINI H.
NIM. 0810632006-63**

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Ir. M. Julius St, MS.
NIP. 19540720 198203 1 002

Ir. Ponco Siwindarto, M.Eng. Sc.
NIP. 19590304 198903 1 001



LEMBAR PENGESAHAN

**PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT DIAGNOSIS
DIABETES MELLITUS MELALUI SENSOR URIN *TEST*
*STRIP***

**SKRIPSI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik

Disusun oleh:

**PUTRI ISNAINI H.
NIM. 0810632006-63**

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
tanggal 11 November 2010
DOSEN PENGUJI

Panca Mudjirahardjo, ST., MT.
NIP. 19700329 200012 1 001

Ir. Nurussa'adah, MT.
NIP. 19680706 199203 2 001

Mochammad Rif'an, ST., MT.
NIP. 19710301 200012 1 001

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Elektro

Rudy Yuwono ST., M.Sc.
NIP. 19710615 199802 1 003

PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan berkat dan rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik dari jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan, bimbingan serta dorongan dari semua pihak, penyelesaian skripsi ini tidak mungkin bisa terwujud. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Rudy Yuwono, ST, M.Sc selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya dan Bapak M. Aziz Muslim, ST., MT., Ph.D selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro
2. Bapak Ir. M. Julius St., MS selaku KKDK Elektronika Jurusan Teknik Elektro
3. Bapak Ir. M. Julius St, MS. dan Bapak Ir. Ponco Siwindarto, M. Eng, Sc. selaku dosen pembimbing skripsi yang telah banyak memberikan pengarahan dan bimbingan dalam penyelesaian skripsi ini serta atas segala bentuk bantuan dan saran yang membangun
4. Ayah Samsul Hadi, Ibu Siti Halimah serta semua saudara-saudaraku untuk kasih sayang, dukungan dan doa selama studi hingga terselesaikannya skripsi ini
5. Ashbir, Nabil, Iffa Fauziah dan semua Sahabatku untuk bantuan dan dukungannya selama ini
8. Agung dan seluruh teman-teman TEUB terimakasih atas bantuan dan saran yang diberikan.
9. Semua pihak yang telah memberikan bantuan serta dukungan baik secara langsung maupun tidak langsung atas penyusunan skripsi ini.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa skripsi ini belumlah sempurna, karena keterbatasan ilmu dan kendala-kendala lain yang terjadi selama pengerjaan skripsi ini. Semoga tulisan ini dapat bermanfaat dan dapat digunakan untuk pengembangan lebih lanjut.

Malang, 20 Oktober 2010

Penulis

Abstrak

Putri Isnaini H, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, 2010, *Perancangan dan Pembuatan ALat Diagnosis Diabetes Mellitus Melalui Sensor Urin Test Strip*, Dosen PEmbimbing: Ir. M. Julius St, MS. dan Ir. Ponco Siwindarto, M. Eng, Sc.

Penyakit diabetes mellitus atau kencing manis ditandai dengan peningkatan kadar gula darah. Dan apabila peningkatan gula darah > 600 mg/dl, tidak jarang akan terjadi diabetes ketoasidosis. Oleh karena itu perlu mengetahui hasil diagnosis apakah seseorang menderita penyakit diabetes mellitus, diabetes mellitus ketoasidosis atau tidak dengan pengukuran kadar glukosa darah dan keton melalui urin. Selain itu juga, dapat memberikan acuan bagi pasien yang telah menderita diabetes agar dapat mengetahui perkembangan dan tindakan selanjutnya terhadap penyakitnya tersebut. Pengukuran dan diagnosis terhadap penyakit diabetes yang dilakukan di laboratorium klinik puskesmas ataupun rumah sakit membutuhkan biaya yang cukup mahal. Dengan adanya alat ini seseorang dapat mengetahui kadar glukosa dan keton melalui urin, serta hasil diagnosis diabetes secara mandiri. Dan alat ini mudah untuk dibawa kemana-mana. Alat ini menggunakan sensor urin test strip yang dicelupkan ke dalam sampel urin. Urin akan bereaksi dengan reagen yang terdapat pada sensor urin test strip. Dan strip reagen tersebut akan berubah warna sesuai dengan banyaknya kadar glukosa dan keton. Setelah itu warna strip reagen di deteksi oleh sensor warna TCS230 yang keluarannya berupa frekuensi dan data frekuensi tersebut di proses dalam mikrokontroller. Hasil pemrosesan data ditampilkan di LCD sebagai hasil pengukuran dengan satuan mg/dl dan hasil diagnosis penyakit diabetes. Berdasarkan pengujian diperoleh hasil bahwa semakin gelap warna pada strip reagen yang di deteksi maka semakin kecil frekuensi keluaran dan kadar glukosa dan keton semakin besar. Range pengukuran kadar glukosa ≥ 100 mg/dl sampai ≤ 2000 mg/dl. Dan range pengukuran kadar keton ≥ 5 mg/dl sampai ≤ 160 mg/dl. Alat ini dapat digunakan untuk mengukur kadar glukosa dengan kesalahan 0,56% dan keton dengan kesalahan 0,19 % . Persentase akurasi alat untuk pengukuran keton yaitu sebesar 99,81 % dan glukosa yaitu sebesar 99,44%.

Kata kunci: *Diabetes mellitus, Sensor urin test strip, sensor wana TCS230, mikrokontroler ATmega8*

DAFTAR ISI

| | |
|--|------------|
| PENGANTAR | i |
| ABSTRAK | ii |
| DAFTAR ISI..... | iii |
| DAFTAR TABEL..... | vi |
| DAFTAR GAMBAR | vii |
| | |
| I. PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah..... | 2 |
| 1.3 Batasan Masalah | 3 |
| 1.4 Tujuan..... | 3 |
| 1.5 Sistematika Penulisan..... | 3 |
| | |
| II. TINJAUAN PUSTAKA..... | 4 |
| 2.1 Analisis Glukosa Darah dan Keton dalam Urin | 5 |
| 2.1.1 Analisis Glukosa Darah dalam Urin..... | 5 |
| 2.1.2 Analisis Keton dalam Urin..... | 6 |
| 2.2 Diagnosis Diabetes Mellitus..... | 7 |
| 2.3 Metode Spektrofotometri | 7 |
| 2.3.1 Instrumen Spektrofotometri | 8 |
| 2.4 Komponen Elektronika | 9 |
| 2.4.1 Sensor Warna | 9 |
| 2.4.2 <i>Microcontroller</i> ATmega8..... | 11 |
| 2.4.2.1 Fungsi Pin <i>Microcontroller</i> ATmega8..... | 13 |
| 2.4.2.2 Memori Program | 15 |
| 2.4.2.3 Memori Data..... | 16 |
| 2.4.2.4 Rangkaian Osilator..... | 17 |
| 2.4.3 Tombol/Sakelar Tekan..... | 17 |
| 2.4.4 LCD | 18 |

| | |
|---|-----------|
| III. METODOLOGI..... | 21 |
| 3.1 Penentuan Spesifikasi Alat..... | 21 |
| 3.2 Perancangan Alat..... | 21 |
| 3.2.1 Perancangan Perangkat Keras..... | 22 |
| 3.2.2 Perancangan dan Penyusunan Perangkat Lunak..... | 22 |
| 3.3 Pembuatan Alat..... | 22 |
| 3.4 Pengujian Alat..... | 22 |
| 3.4.1 Pengujian Perangkat Keras..... | 22 |
| 3.4.2 Pengujian Perangkat Lunak..... | 23 |
| 3.4.3 Pengujian Alat Keseluruhan..... | 23 |
| IV. PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT..... | 24 |
| 4.1 Penentuan Spesifikasi Alat..... | 24 |
| 4.2 Diagram Blok Sistem..... | 24 |
| 4.3 Perancangan Perangkat Keras (<i>Hardware</i>)..... | 26 |
| 4.3.1 Rangkaian <i>Microcontroller</i> ATmega8..... | 26 |
| 4.3.2 Perancangan Sensor Warna..... | 26 |
| 4.3.3 Rangkaian LCD..... | 28 |
| 4.3.4 Tombol/Sakelar Tekan..... | 29 |
| 4.4 Perancangan Perangkat Lunak..... | 29 |
| V. PENGUJIAN DAN ANALISIS..... | 31 |
| 5.1 Pengujian Tampilan LCD..... | 31 |
| 5.2 Pengujian Sensor Warna..... | 32 |
| 5.2.1 Pengujian Sensor Warna dengan Strip Reagen Keton..... | 32 |
| 5.2.2 Pengujian Sensor Warna dengan Strip Reagen Glukosa..... | 36 |
| 5.3 Pengujian Tombol dengan <i>Microcontroller</i> | 39 |
| 5.4 Pengujian Sistem Secara Keseluruhan..... | 40 |
| VI. KESIMPULAN DAN SARAN..... | 43 |
| 6.1 Kesimpulan..... | 43 |
| 6.2 Saran..... | 44 |

DAFTAR PUSTAKA.45

LAMPIRAN

| | |
|--------------|--------------------------|
| Lampiran I | Surat Keterangan |
| Lampiran II | Foto Alat |
| Lampiran III | Gambar Rangkaian |
| Lampiran IV | Diagram Alir Sub Program |
| Lampiran V | Program |
| Lampiran VI | Datasheet |
| Lampiran VII | Daftar Istilah |



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kombinasi Fungsi dari S2 dan S3 10

Tabel 2.2 Penskalaan Output 11

Tabel 2.3 Fungsi khusus Port B ATMEGA8..... 14

Tabel 2.4 Fungsi khusus Port D ATMEGA8..... 14

Tabel 2.3 Pin-Pin LCD dan Fungsinya 19

Tabel 4.1 Kombinasi Fungsi dari S2 dan S3 27

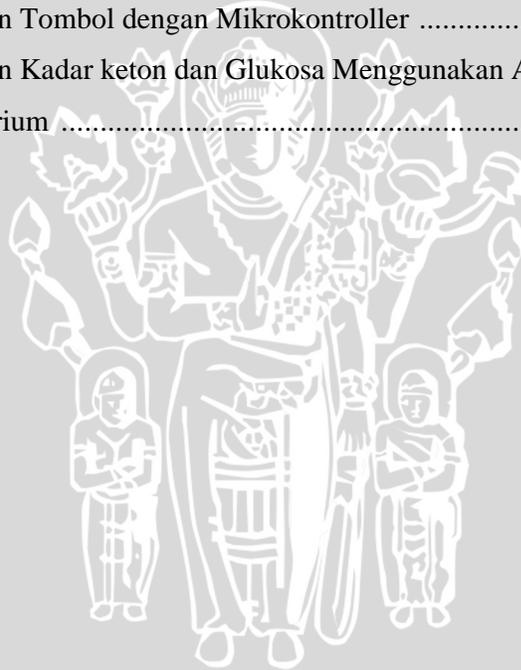
Tabel 4.2 Penskalaan Output 27

Tabel 5.1 Hasil Pengujian Frekuensi Keluaran Sensor Warna untuk *Strip Reagen* Keton 33

Tabel 5.2 Hasil Pengujian Frekuensi keluaran Sensor Warna untuk *Strip Reagen*
 Glukosa 36

Tabel 5.3 Hasil Pengujian Tombol dengan Mikrokontroler 40

Tabel 5.4 Hasil Pengujian Kadar keton dan Glukosa Menggunakan Alat Yang Diuji dan
 Alat Laboratorium 41



DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 2.1 Komposisi Urin | 5 |
| Gambar 2.2 Contoh Warna Urin yang Mengandung Glukosa Darah | 6 |
| Gambar 2.3 Contoh Warna Urin yang Mengandung Keton | 7 |
| Gambar 2.4 Pembagian Daerah Spektrum Elektromagnetik | 8 |
| Gambar 2.5 Konfigurasi Instrumen Spektrofotometri | 8 |
| Gambar 2.6 IC TCS230 | 9 |
| Gambar 2.7 Diagram Blok IC TCS230 | 10 |
| Gambar 2.8 Sampel warna dan komposisi RGB-nya | 10 |
| Gambar 2.9 Ilustrasi Perhitungan Frekuensi | 11 |
| Gambar 2.10 Diagram blok <i>Microcontroller</i> | 12 |
| Gambar 2.11 Konfigurasi Pin ATMEGA 8 | 13 |
| Gambar 2.12 Memori Program AVR <i>ATmega 8</i> | 15 |
| Gambar 2.13 Register Sederhana | 16 |
| Gambar 2.14 I/O Register | 16 |
| Gambar 2.15 Internal SRAM | 17 |
| Gambar 2.16 Rangkaian Osilator | 17 |
| Gambar 2.17 Tombol / Sakelar Tekan | 17 |
| Gambar 2.18 Diagram Blok LCD | 18 |
| Gambar 4.1 Diagram Blok Sistem | 24 |
| Gambar 4.2 Skema Rangkaian Mikrokontroler Atmega8 | 26 |
| Gambar 4.3 Skema Rangkaian Sensor Warna | 28 |
| Gambar 4.4 Skema Rangkaian LCD | 28 |
| Gambar 4.5 Rangkaian Tombol | 29 |
| Gambar 4.6 Diagram Alir Program | 30 |
| Gambar 5.1 Diagram Blok Rangkaian Pengujian LCD | 31 |
| Gambar 5.2 Tampilan Hasil Pengujian LCD | 32 |
| Gambar 5.3 Diagram Blok Pengujian Sensor Warna dengan Strip Reagen Keton | 33 |
| Gambar 5.4 Beberapa Warna Strip Regen Keton untuk Urin yang Mengandung Keton | 33 |
| Gambar 5.5 Grafik Hubungan Antara Rata-Rata Frekuensi Keluaran dengan Kadar Keton | 34 |
| Gambar 5.6 Diagram Blok Pengujian Sensor Warna dengan Strip Reagen Glukosa | 36 |

Gambar 5.7 Grafik Hubungan Antara Rata-Rata Frekuensi Keluaran dengan Kadar Glukosa.....38

Gambar 5.8 Diagram Blok Pengujian Tombol dengan Mikrokontroler39

Gambar 5.9 Diagram Blok Pengujian sistem Keseluruhan41



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Diabetes mellitus (DM) yang umumnya dikenal sebagai kencing manis adalah penyakit yang ditandai dengan peningkatan kadar gula darah (*hiperglisemia*) yang disebabkan oleh ketidakseimbangan antara suplai insulin dengan kebutuhan tubuh (Polaski,1996). Banyak orang yang masih menganggap penyakit diabetes merupakan penyakit orang tua atau penyakit yang hanya timbul karena faktor keturunan. Padahal, setiap orang dalam segala lapisan sosial ekonomi dapat mengidap diabetes, baik tua maupun muda. Menurut data WHO tahun 2000, penderita diabetes di Indonesia menempati urutan ke empat se-Asia yaitu sebanyak 8,4 juta jiwa. Penyakit ini menyebabkan dehidrasi dan ketoasidosis, komplikasi jangka lama termasuk penyakit kardiovaskular (risiko ganda), kegagalan kronis ginjal, kerusakan retina yang dapat menyebabkan kebutaan, serta kerusakan saraf yang dapat menyebabkan impotensi dan gangren dengan resiko amputasi.

Diagnosis diabetes berdasarkan gejala-gejalanya, yaitu diawali dengan defisiensi insulin sehingga fungsi untuk menghantarkan gula darah dari ekstra sel ke intra sel menjadi tidak kuat. Hal ini menyebabkan sel kelaparan dan menimbulkan rasa lapar yang berlebihan atau yang disebut dengan *polipagi*. Untuk memenuhi kebutuhan energi dalam tubuh maka hati/hepar akan membakar lemak (*lipolisis*) dan protein yang nantinya menghasilkan benda keton (*ketogenesis*) didalam darah (*ketonemia*), bila tidak diatasi akan mengakibatkan *ketosis* yang pada akhirnya menimbulkan *asidosis metabolik*. Defisiensi insulin juga menimbulkan peningkatan glukosa darah didalam darah (*hioperglikemi*), hal ini menimbulkan kekakuan pada pembuluh darah sehingga menghambat difusi nutrisi dan oksigen ke sel. Selain itu *hiperglikemia* juga dapat menimbulkan *glukosuria* atau terdapatnya glukosa darah didalam urin yang dikarenakan ketidakmampuan daya tampung ginjal sehingga cairan dan elektrolit didalam sel akan berpindah ke ekstra sel yang pada akhirnya sel mengalami dehidrasi dan ketidakseimbangan cairan dan elektrolit. Pada tahap dehidrasi terjadi *hiperosmolaritas* yang akhirnya tubuh memberi respon rasa haus (*polidipsi*).

Hasil pemeriksaan diabetes menunjukkan kadar gula darah yang tinggi dan adanya kandungan keton yang berlebih dalam urin. Kadar gula darah yang normal pada pagi hari setelah malam sebelumnya berpuasa adalah 70-110 mg/dl darah. Kadar gula

darah biasanya kurang dari 120-140 mg/dl pada 2 jam setelah makan atau minum cairan yang mengandung gula maupun karbohidrat lainnya. Kadar gula darah yang normal cenderung meningkat secara ringan tetapi progresif setelah usia 50 tahun, terutama pada orang-orang yang tidak aktif. Untuk mengukur kadar gula darah, glukosa darah pada urin biasanya diambil setelah penderita berpuasa selama 8 jam atau bisa juga diambil setelah makan. Kemudian dilakukan pengukuran keton pada urin. Pengukuran kadar glukosa darah dan keton pada urin dilakukan dengan mencelupkan *strip* reagen ke dalam sampel urin, warna *strip* reagen akan berubah sesuai dengan kadar glukosa darah dan keton pada urin (Sjahbuddin,1998:12).

Pengukuran kadar glukosa darah dan keton ini bertujuan mengetahui apakah seseorang menderita penyakit diabetes atau tidak. Dan berfungsi untuk *treatment monitoring* yaitu seseorang dapat mengetahui kadar glukosa dan keton setelah terapi atau pada masa pengobatan. Biasanya pengukuran kadar glukosa dilakukan di rumah sakit. Oleh karena itu, dibutuhkan alat yang pengukurannya bisa dilakukan sendiri (*self monitoring by patient*) dengan cepat dan akurat.

Mengacu pada pengukuran kadar glukosa darah dan keton dalam urin, maka dapat dirancang alat diagnosis diabetes mellitus melalui sensor urin *test strip*. Perancangan ini sebagai pengembangan dari alat sebelumnya oleh Agung Tri K.,dkk. (2007) dan Lily M. Sikome, dkk. (2007). Alat sebelumnya hanya untuk pengukuran kadar glukosa saja, sedangkan alat ini untuk mempermudah pembacaan warna setiap *strip* reagen keton dan glukosa pada urin *test strip*, serta diagnosis penyakit diabetes mellitus yang dikendalikan oleh *microcontroller* ATmega8.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah, dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

- 1) Bagaimana memanfaatkan sensor urin *test strip* sebagai pengukur glukosa darah dan keton
- 2) Bagaimana memanfaatkan sensor TCS230 sebagai pembaca sensor urin *test strip* untuk mengukur kadar glukosa darah dan keton
- 3) Bagaimana konversi frekuensi ke kadar glukosa dan keton dengan satuan mg/dl
- 4) Bagaimana rancangan keseluruhan sistem

1.3 Batasan Masalah

Agar pembuatan alat ini tidak menyimpang dari tujuan yang diharapkan, maka dibuat batasan-batasan masalah antara lain:

- 1) Parameter keberhasilan alat adalah sesuai dengan spesifikasi alat yang diinginkan
- 2) Alat yang dibuat hanya untuk diagnosis diabetes mellitus yang mengacu pada hasil pengukuran kadar antara glukosa darah dan keton dalam urin
- 3) Sensor urin *test strip* hanya digunakan untuk satu kali pemakaian

1.4 Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah untuk merancang dan membuat suatu alat yang dapat digunakan untuk diagnosis diabetes mellitus melalui pengukuran kadar glukosa darah dan kadar keton melalui urin sehingga dapat digunakan untuk mengetahui apakah seseorang menderita penyakit diabetes atau tidak dengan memanfaatkan komponen elektronika yang ada di pasaran agar menjadi alat diagnosis diabetes mellitus yang cepat, dan akurat.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam skripsi ini sebagai berikut:

BAB I Pendahuluan

Memuat latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, dan sistematika penulisan.

BAB II Tinjauan Pustaka

Membahas teori-teori yang mendukung dalam perencanaan dan pembuatan alat.

BAB III Metodologi

Berisi tentang metode penelitian dan perencanaan alat serta pengujian.

BAB IV Perancangan

Perancangan dan perealisasiian alat yang meliputi spesifikasi, perencanaan blok diagram, prinsip kerja dan realisasi alat.

BAB V Pengujian dan Analisis

Memuat hasil pengujian terhadap alat yang telah direalisasikan.

BAB VI Kesimpulan dan Saran

Memuat kesimpulan dan saran-saran.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Diabetes mellitus merupakan penyakit yang dapat menyerang manusia pada segala lapisan usia maupun sosial ekonomi. Faktor utama penyebab diabetes mellitus karena terdapat glukosa yang berlebih di dalam darah sehingga ginjal menjadi jenuh dan glukosa tidak dapat tersaring kembali oleh darah tetapi dikeluarkan oleh tubuh bersama urin (Ringsrud, 1995). Tanda-tanda diabetes mellitus tidak hanya glukosa tetapi terkadang juga terdapat keton dalam urin (Carl Friedrich, 1797).

Pengukuran glukosa darah dan keton melalui urin menggunakan sensor urin *test strip*. Sensor urin *test strip* terbuat dari *strip* plastik yang ditempel dengan bantalan reagen kimia tertentu. Bantalan tersebut bereaksi dengan sampel urin dan menghasilkan perubahan warna tertentu pada setiap bantalan reagen kimia (Ringsrud, 1995:46). Ada tiga macam test strip yaitu URS-K (parameter *ketones*) dengan 1 bantalan reagen kimia, URS-3 (parameter: *glucose, protein, pH*) dengan 3 bantalan reagen kimia, dan URS-10 (parameter: *Glucose, Protein pH, Leukocytes, Nitrites, Ketones, Bilirubin, Blood, Urobilinogen, and Specific Gravity*) dengan 10 bantalan reagen kimia.

Penelitian yang dilakukan oleh Lily M. Sikome, dkk. (2007) untuk pemeriksaan kadar glukosa darah melalui urin, dengan menggunakan sensor 1 parameter *strip reagen* untuk glukosa darah, sensor warna TCS230, modul AT89S51, dan LCD. Prinsip kerja alat ini sebagai berikut. *Strip reagen* yang telah dicelupkan ke dalam sampel urin diletakkan dalam tempat sampel, setelah catu daya diberikan LED putih yang terdapat pada modul sensor akan menyala, menyinari *strip reagen*, sensor akan menyerap cahaya yang dipantulkan *strip* dan menghasilkan keluaran berupa gelombang persegi dengan frekuensi sesuai warna cahaya yang diterima. Data hasil pengukuran berupa frekuensi yang diolah dalam *look up table* dengan satuan mg/dl. *Range* pengukuran antara 250 mg/dl sampai 400 mg/dl.

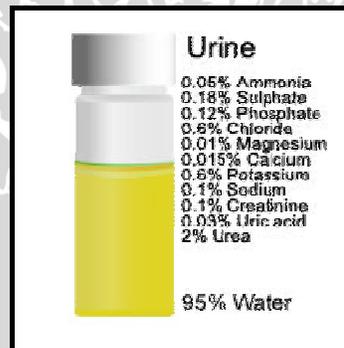
Dalam rangka mengembangkan penelitian sebelumnya, maka dibuat alat yang dapat mengukur kadar glukosa dalam urin dengan *range* pengukuran ≥ 100 mg/dl sampai ≤ 2000 mg/dl dan keton dalam urin dengan *range* pengukuran ≥ 5 mg/dl sampai ≤ 160 mg/dl, serta mendiagnosis penyakit diabetes mellitus. Untuk merencanakan dan merealisasikan alat ini, maka dibutuhkan teori-teori tentang berbagai hal yang mendukung. Teori-teori ini sangat bermanfaat untuk merancang perangkat keras dan lunak pada alat yang akan dirancang.

Teori-teori penunjang yang dijelaskan dalam bab ini terdapat 4 bagian yaitu:

1. Analisis glukosa darah dan keton dalam urin
2. Diagnosis Diabetes Mellitus
3. Metode spektrofotometri
4. Komponen elektronika

2.1 Analisis Glukosa Darah dan Keton dalam Urin

Analisis melalui urin merupakan salah satu cara yang banyak dipakai pada bidang kedokteran sebagai deteksi awal dan kontrol dari berbagai jenis penyakit, karena urin merupakan suatu cairan hasil metabolisme tubuh yang tidak terpakai lagi. Komposisi urin seseorang tergantung pada banyak faktor seperti nutrisi, tingkat metabolisme, kesehatan tubuh, dan keadaan ginjal serta kemampuannya untuk berfungsi secara normal (Linne,1995:27). Komposisi urin terdiri dari 95% air dan 5% zat lainnya yang umumnya berasal dari makanan yang dimakan dan sisa metabolisme tubuh. Komposisi urin ditunjukkan dalam Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Komposisi Urin

Sumber: Paulin Wijaya 2006:1

Melalui urin, dapat memantau penyakit diabetes mellitus pada perubahan warna *strip* reagen sensor urin *test strip* yang menunjukkan adanya kandungan glukosa darah dan keton dalam urin.

2.1.1 Analisis Glukosa Darah dalam Urin

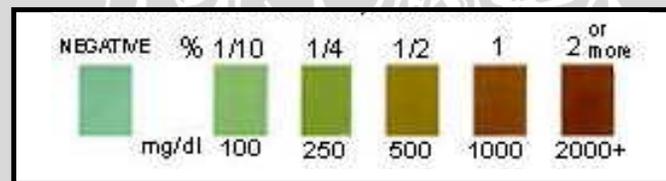
Kadar glukosa darah yang normal pada pagi hari setelah malam sebelumnya berpuasa adalah 70-110 mg/dl darah dan akan meningkat menjadi 120-140 mg/dl pada 2 jam setelah makan atau minum cairan yang mengandung gula maupun karbohidrat lainnya. Dalam keadaan normal glukosa darah disaring melalui *glomerulus* dan diserap

kembali ke aliran darah. Jika konsentrasi dalam darah >100 mg/dl, ginjal menjadi jenuh menyebabkan glukosa darah tidak dapat tersaring dan langsung dikeluarkan oleh tubuh bersama dengan urin (Linne, 1995:59).

Strip reagen untuk glukosa terdapat dua persamaan reaksi. Hasil dari persamaan reaksi yang ke-2 dipandang sebagai perubahan warna. Reaksi pertama ditunjukkan pada Persamaan 1.1 dan reaksi kedua ditunjukkan pada persamaan 1.2.



Kadar glukosa darah dapat dianalisis dengan mengamati perubahan warna reagen setelah dicelupkan ke urin. Reaksi glukosa darah dalam urin pada *strip* reagen ditunjukkan dalam Persamaan 1.1 dan 1.2 (Linne,1995:60). Contoh warna urin yang mengandung glukosa darah pada *strip* reagen ditunjukkan dalam Gambar 2.2.



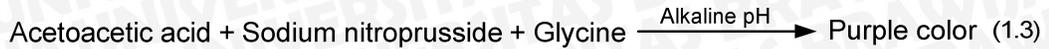
Gambar 2.2 Contoh warna urin yang mengandung glukosa darah

Sumber: Frankel 1970:1864

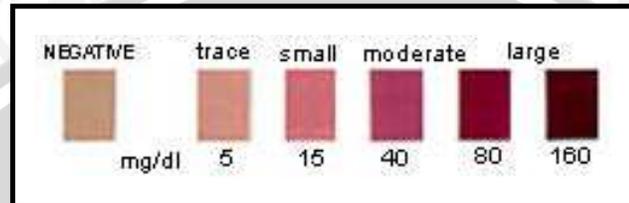
2.1.2 Analisis Keton dalam Urin

Urin tidak normal jika ditemukan keton di dalamnya, karena terjadi produksi metabolisme yang berlebihan di dalam tubuh. Keton terbentuk, jika seseorang tidak mempunyai karbohidrat yang cukup (diet) atau ketika badan seseorang tidak dapat menggunakan karbohidrat sepatutnya. Ketika karbohidrat tidak tersedia, metabolisme tubuh berlebih untuk mendapatkan energi yang dibutuhkan.

Keton di dalam urin mengindikasikan bahwa insulin dalam tubuh berkurang, hal itu menunjukkan bahwa urin seseorang yang mengandung keton mengidap penyakit diabetes mellitus. Karena peran insulin sendiri adalah memetabolisme karbohidrat (di hepar dan otot), Lemak (di hepar dan jaringan lemak), dan Protein (di hepar dan otot).



Keton terdiri dari *acetoacetic acid*, *b-hydroxybutyric acid*, and *acetone*. Reagen untuk keton menggunakan reaksi kimia *sodium nitroferricyanide* untuk mendeteksi kandungan keton. Reaksi kimia keton di tunjukkan dalam Persamaan 1.3. Contoh warna urin yang mengandung keton pada *strip* reagen ditunjukkan dalam Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Contoh warna urin yang mengandung keton

Sumber: Frankel 1970:1864

Dengan analisis glukosa darah dan keton dalam urin, maka seseorang dapat mengetahui hasil diagnosis diabetes mellitus (menderita DM atau tidak).

2.2 Diagnosis Diabetes mellitus

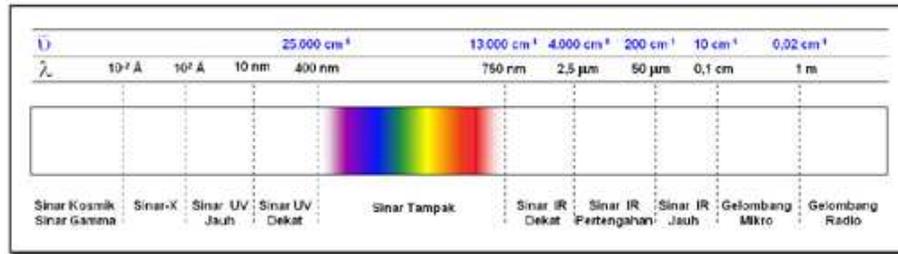
Diabetes mellitus (DM) yang umumnya dikenal sebagai kencing manis adalah penyakit yang ditandai dengan peningkatan kadar gula darah (*hiperglisemia*) yang disebabkan oleh ketidakseimbangan antara suplai insulin dengan kebutuhan tubuh (Polaski,1996).

Diagnosis diabetes mellitus melalui urin dapat dilihat dari hasil pengukuran kadar glukosa dalam darah dan keton dalam urin. Dari pengukuran glukosa darah dalam urin, seseorang dapat dikatakan menderita DM apabila kadar glukosa darah pada waktu puasa (GDP) >120 mg/dl, dua jam setelah makan >200 mg/dl, dan tanpa melakukan persiapan baik puasa atau pada waktu 2 jam setelah makan (GDS) \geq 200 mg/dl (Askandar, 1989:9). Dan dari pengukuran keton dalam urin, seseorang mengalami ketoasidosis yaitu salah satu komplikasi akut Diabetes Melitus yang terjadi disebabkan karena kadar glukosa pada darah > 600 mg/dl.

2.3 Metode Spektrofotometri

Untuk melakukan pengukuran glukosa darah dan keton dalam urin digunakan metode spektrofotometri. Spektrofotometri merupakan suatu metoda analisis yang didasarkan pada pengukuran serapan sinar monokromatis oleh suatu lajur larutan

berwarna pada panjang gelombang spesifik dengan menggunakan monokromator prisma atau kisi difraksi dengan detektor *fototube*. Teknik analisis spektrofotometri termasuk salah satu teknik analisis instrumental di samping teknik kromatografi dan elektroanalisis kimia. Berdasarkan fakta bahwa substansi kimia secara selektif menghamburkan (*scatter*), menyerap (*absorp*), atau memancarkan (*emit*) energi elektromagnetik pada panjang gelombang yang berbeda. Pembagian daerah spektrum elektromagnetik ditunjukkan dalam Gambar 2.4.



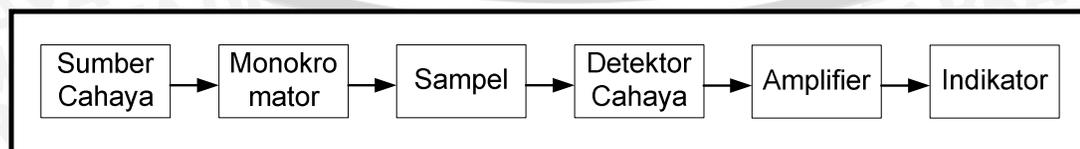
Gambar 2.4 Pembagian Daerah Spektrum Elektromagnetik

Sumber: EG Giwangkara S. 2007:2

Teknik spektrofotometri memanfaatkan fenomena interaksi materi (zat kimia) dengan gelombang elektromagnetik seperti sinar-x, ultraviolet, cahaya tampak dan inframerah. Fenomena interaksi bersifat spesifik baik penyerapan maupun pemancaran. Interaksi spektrofotometri menghasilkan sinyal-sinyal yang disadap sebagai alat analisis penyerapan yang bersifat unik/spesifik untuk setiap zat kimia atau golongan zat kimia (analisis kualitatif). Disamping perbandingan antara banyaknya penyerapan yang berbanding lurus dengan banyaknya zat kimia (analisis kuantitatif)

2.3.1 Instrumen Spektrofotometri

Instrumen spektrofotometri adalah instrumen untuk mengukur penerusan (*transmit*), penyerapan (*absorp*), pemantulan (refleksi), ataupun pemancaran (emisi) suatu sampel sebagai fungsi panjang gelombang. Kuantitas tersebut memberikan gambaran terhadap sifat-sifat zat yang diukur. Secara garis besar konfigurasi spektrofotometri ditunjukkan dalam Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Konfigurasi Instrumen Spektrofotometri

Sumber : Yoky Edi S. 2009:1

Keterangan dari Gambar 5 konfigurasi instrument spektrofotometri yaitu:

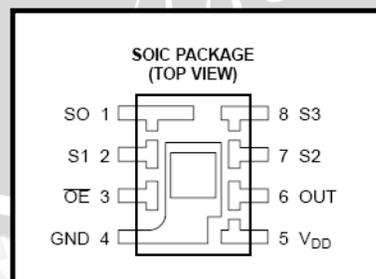
- Sumber cahaya: Sesuai dengan daerah jangkauan spektrumnya maka spektrofotometer menggunakan sumber sinar yang berbeda pada masing-masing daerah (sinar tampak, UV, IR). Sedangkan sumber sinar filter fotometer hanya untuk daerah tampak
- Monokromator : Filter fotometer menggunakan filter sebagai monokromator, tetapi pada spektro digunakan kisi atau prisma yang daya resolusinya lebih baik
- Sampel : Sampel yang akan dianalisis diletakkan di *kuvet* transparan dengan ukuran tertentu
- Detektor cahaya: Fungsinya untuk merubah sinar menjadi energi listrik yang sebanding dengan besaran yang dapat diukur. Spektrofotometer menggunakan sensor fotodiode atau fototransistor.

2.4 Komponen Elektronika

Untuk merancang instrumen diagnosis diabetes mellitus diperlukan rangkaian elektronika dengan mengintegrasikan komponen-komponen elektronika. Komponen elektronika yang digunakan diuraikan dalam sub bab berikut.

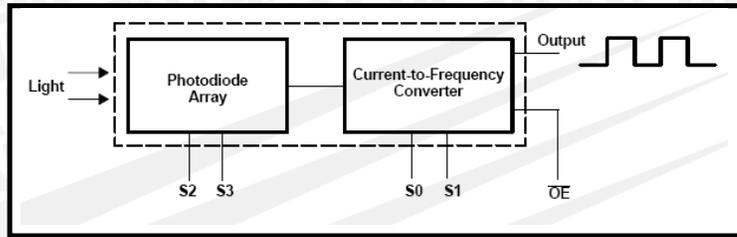
2.4.1 Sensor Warna

Sensor warna berfungsi untuk membaca warna tiap *strip* reagen pada urin *test strip*. Sensor warna yang digunakan pada alat ini adalah TCS230 ditunjukkan dalam Gambar 2.6. IC TCS230 adalah IC pengkonversi warna cahaya ke frekuensi. Ada dua komponen utama pembentuk IC ini, yaitu fotodiode dan pengkonversi arus ke frekuensi yang ditunjukkan dalam Gambar 2.7.



Gambar 2.6 IC TCS230

Sumber: TAOS 2003:1



Gambar 2.7 Diagram Blok IC TCS230

Sumber: TAOS 2003:1

Setiap warna disusun dari warna dasar. Untuk cahaya, warna dasar penyusunnya adalah warna Merah, Hijau dan Biru, atau lebih dikenal dengan istilah RGB (*Red-Green-Blue*). Beberapa sampel warna dan komposisi RGB-nya terskala 8 bit ditunjukkan dalam Gambar 2.8.

| | |
|--|------------------------------------|
| | Hitam (R = 0, G = 0, B = 0) |
| | Merah (R = 255, G = 0, B = 0) |
| | Biru (R = 0, G = 0, B = 255) |
| | Hijau (R = 0, G = 255, B = 0) |
| | Hijau (R = 255, G = 255, B = 0) |
| | Orange (R = 255, G = 160, B = 0) |

Gambar 2.8 Sampel warna dan komposisi RGB-nya

Sumber: Delta Electronic

Fotodiode pada IC TCS230 disusun secara array 8x8 dengan konfigurasi: 16 *photodiode* untuk memfilter warna merah, 16 *photodiode* untuk memfilter warna hijau, 16 *photodiode* untuk memfilter warna biru, dan 16 *photodiode* tanpa filter. Kelompok *photodiode* mana yang akan dipakai bisa diatur melalui kaki selektor S2 dan S3. Kombinasi fungsi dari S2 dan S3 ditunjukkan dalam Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Kombinasi Fungsi dari S2 dan S3

Sumber: TAOS TCS230 Datasheet

| S2 | S3 | PHOTODIODE TYPE |
|----|----|-------------------|
| L | L | Red |
| L | H | Blue |
| H | L | Clear (no filter) |
| H | H | Green |

Photodiode akan mengeluarkan arus yang besarnya sebanding dengan kadar warna dasar cahaya yang menyimpannya. Arus ini kemudian dikonversikan menjadi sinyal

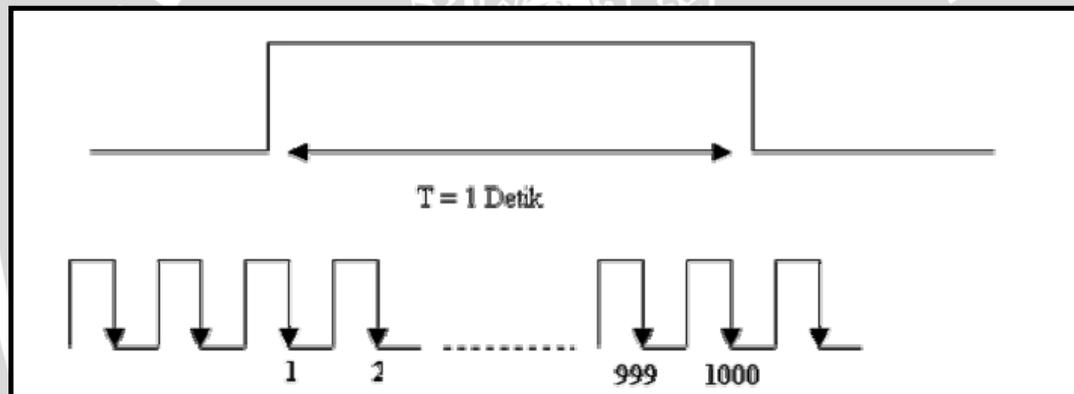
kotak dengan frekuensi sebanding dengan besarnya arus. Frekuensi Output ini bisa diskala dengan mengatur kaki selektor S0 dan S1. Penskalaan Output ditunjukkan dalam Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Penskalaan Output

Sumber: TAOS TCS230 Datasheet

| S0 | S1 | OUTPUT FREQUENCY SCALING (f _o) |
|----|----|--|
| L | L | Power down |
| L | H | 2% |
| H | L | 20% |
| H | H | 100% |

Dengan demikian, program yang di perlukan untuk mendapatkan komposisi RGB adalah program penghitung frekuensi. Caranya adalah buat sebuah timer berperiode 1 detik, dan selama periode itu di hitung berapa kali terjadi gelombang kotak. Misalnya dalam periode 1 detik terdapat 1000 kali gelombang kotak, berarti frekuensinya adalah 1000 Hz. Ilustrasinya ditunjukkan dalam Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Ilustrasi Perhitungan Frekuensi

Sumber: Delta Electronic

Program penghitung frekuensi tersebut dimasukkan ke dalam mikrokontroler ATmega8.

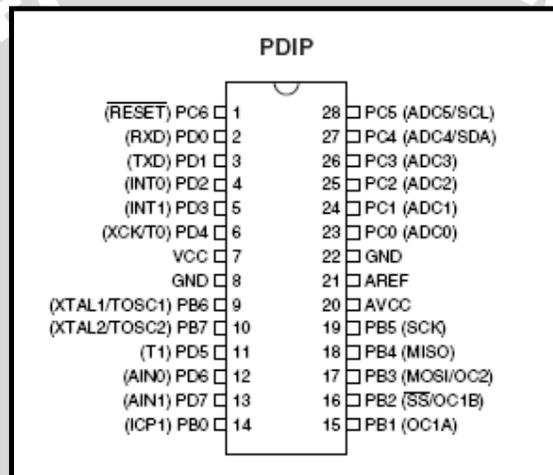
2.4.2 Microcontroller ATmega 8

Microcontroller adalah pusat kerja dari suatu sistem elektronika seperti halnya mikroprosesor sebagai otak komputer. *Microcontroller AVR* sudah menggunakan konsep arsitektur Harvard yang memisahkan memori dan bus untuk data dan program, serta sudah menerapkan single level pipelining. Selain itu *microcontroller AVR* juga mengimplementasikan RISC (*Reduced Instruction Set Computing*) sehingga eksekusi instruksi dapat berlangsung sangat cepat dan efisien. Blok sistem *microcontroller AVR* ditunjukkan dalam Gambar 2.10.

- ADC 6-channel (eight channels in TQFP and QFN/MLF packages) with 10-bit accuracy
- Komunikasi serial melalui SPI dan USART
- Analog komparator
- Fasilitas *In System Programming* (ISP)

2.4.2.1 Fungsi Pin Microcontroller ATmega 8

IC *microcontroller* dikemas (*package*) dalam bentuk yang berbeda. Namun pada dasarnya fungsi kaki yang ada pada IC memiliki persamaan. Gambar salah satu bentuk IC seri *microcontroller* AVR ATmega 8 ditunjukkan dalam Gambar 2.11.



Gambar 2.11 Konfigurasi Pin ATMEGA 8

Sumber: www.electronics-lab.com

Berikut adalah penjelasan fungsi tiap kaki:

- Vcc
Power supply
- GND
Ground
- Port B

Merupakan 8-bit *directional* port I/O. Setiap pinnya dapat menyediakan *internal pull-up* resistor (dapat diatur per bit). Pin-pin port B juga memiliki untuk fungsi-fungsi alternatif khusus seperti ditunjukkan dalam Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Fungsi khusus Port B ATmega8

| Port Pin | Fungsi Khusus |
|----------|--|
| PB0 | ICP (<i>Timer/Counter1 input capture pin</i>) |
| PB1 | OC1A (<i>Timer/Counter1 output compare A match output</i>) |
| PB2 | SS = SPI slave select input/ OC1B (<i>Timer/Counter1 output compare B match output</i>) |
| PB3 | MOSI = SPI bus master output / slave input |
| PB4 | MISO = SPI bus master input / slave output |
| PB5 | SCK = SPI bus serial clock |
| PB6 | XTAL1 = masukan ke <i>inverting oscillator amplifier</i> dan <i>input ke internal clock operating circuit.</i> |
| PB7 | XTAL2 = <i>output dari inverting oscillator amplifier</i> |

- Port C
Merupakan 7-bit *directional* port I/O. Setiap pinnya dapat menyediakan *internal pull-up* resistor (dapat diatur per bit). Port C0-C5 sebagai input analog untuk ADC dan port C6 sebagai Reset.
- Port D
Merupakan 8-bit *directional* port I/O. Setiap pinnya dapat menyediakan *internal pull-up* resistor (dapat diatur per bit). Selain itu, pin-pin port D juga memiliki untuk fungsi-fungsi alternatif khusus seperti ditunjukkan dalam Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Fungsi khusus Port D ATMEGA8

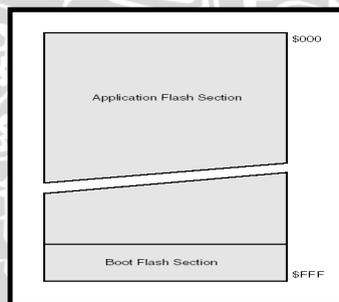
| Port Pin | Fungsi Khusus |
|----------|--|
| PD0 | RDX (<i>UART input line</i>) |
| PD1 | TDX (<i>UART output line</i>) |
| PD2 | INT0 (<i>external interrupt 0 input</i>) |
| PD3 | INT1 (<i>external interrupt 1 input</i>) |
| PD4 | T0 = <i>timer/counter 0 external counter input</i> |
| PD5 | T1 = <i>timer/counter 0 external counter input</i> |
| PD6 | AIN0 = <i>analog comparator positive input</i> |
| PD7 | AIN1 = <i>analog comparator negative input</i> |

- AVcc
Avcc adalah kaki masukan tegangan bagi A/D Converter. Kaki ini harus secara *eksternal* terhubung ke Vcc melalui *lowpass filter*.
- AREF
AREF adalah kaki masukan referensi bagi A/D Converter. Untuk operasionalisasi ADC, suatu level tegangan antara GND dan Avcc harus diberikan ke kaki ini.

2.4.2.2 Memori Program

AVR ATmega8 memiliki ruang pengalamatan memori data program yang terpisah. Memori data terbagi menjadi 3 bagian, yaitu 32 buah register umum, 64 buah register I/O, dan 1024 byte SRAM *internal*.

Register umum menempati *space* data pada alamat terbawah, yaitu \$00 sampai \$1F. Sementara itu register khusus untuk menangani I/O dan kontrol terhadap *microcontroller* menempati 64 alamat berikutnya, yaitu mulai dari \$20 hingga \$5F. Register tersebut merupakan register yang khusus digunakan untuk mengatur fungsi terhadap berbagai peripheral *microcontroller*, seperti kontrol register, *timer/counter*, fungsi-fungsi I/O dan sebagainya. Alamat memori berikutnya digunakan untuk SRAM 1024 byte, yaitu pada lokasi \$60 sampai dengan \$45f. Memori program AVR ATmega 8 ditunjukkan dalam Gambar 2.12.



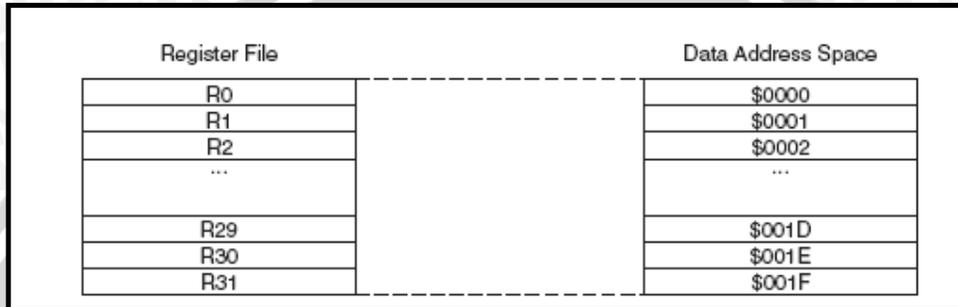
Gambar 2.12 Memori Program AVR ATmega 8

Sumber: www.electronics-lab.com

Memori program yang terletak dalam *flash* EPROM tersusun dalam *word* atau 2 *byte* karena setiap instruksi memiliki lebar 16-bit atau 32-bit. AVR ATmega 8 memiliki 4Kbyte x 16-bit *flash* EPROM dengan alamat mulai \$000 sampai \$FFF. AVR tersebut memiliki 12-bit *Program Counter* (PC) sehingga mampu mengamati isi *flash*. Selain itu, AVR ATmega8 juga memiliki memori data berupa EEPROM 8-bit sebanyak 512 *byte*. Alamat EEPROM dimulai dari \$000 sampai \$FFF.

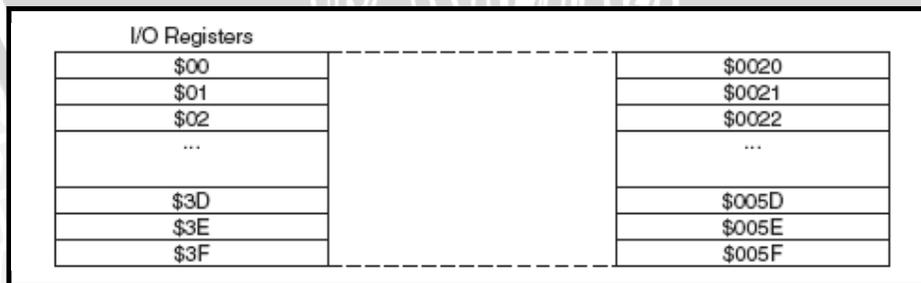
2.4.2.3 Memori Data

AVR ATmega8 mempunyai 32 register serbaguna yang masing-masing berkapasitas 8 bit, menempati memori-data dengan nomor \$0000 sampai \$001F yang disebut sebagai R0 sampai R31. Semua register serba guna memiliki kemampuan yang hampir simitris, semuanya bisa berfungsi sebagai akumulator sehingga bisa melakukan proses menunjang kerja ALU dengan sangat baik dan menghasilkan kecepatan kerja yang sangat tinggi. Register serba guna ditunjukkan dalam Gambar 2.13.



Gambar 2.13 Register Sederhana
 Sumber: Atmel Datasheet ATMEGA8

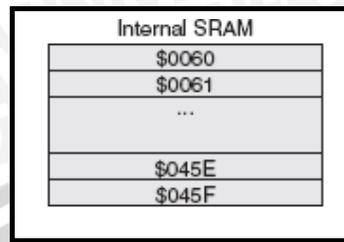
AVR ATmega8 mempunyai 64 register I/O yang masing-masing berkapasitas 8 bit, menempati memori-data dengan nomor \$0020 sampai \$005F. Selain bisa dikenali dengan nomor memori-data tersebut ke-64 register ini bisa dikenali pula dengan nomor register I/O dari nomor \$00 sampai \$3F. Dalam praktek register I/O ini lebih dikenal sebagai I/O dengan instruksi *IN* atau *OUT* dari pada sebagai memori data biasa. Register untuk timer 8 bit ditempatkan di memori data nomor \$0052 dan \$0053, dan untuk *watchdog timer* ditempatkan di \$0041. I/O register ditunjukkan dalam Gambar 2.14.



Gambar 2.14 I/O Register
 Sumber: Atmel Datasheet ATMEGA8

Seluruh data untuk memori data terdiri dari 8 jalur, menghubungkan register serbaguna, register I/O dan memori data internal maupun *eksternal* menjadi satu yang

membentuk sistem memori 8 bit. Sistem memori-data ini dibentuk dengan SRAM (*Static Random Access Memory*), ditunjukkan dalam Gambar 2.15.

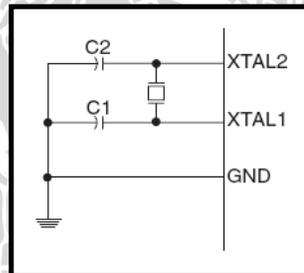


Gambar 2.15 Internal SRAM

Sumber: Atmel Datasheet ATMEGA8

2.4.2.4 Rangkaian Osilator

Jantung *microcontroller* ATmega8 terletak pada rangkaian yang membangkitkan pulsa *clock*. Pin B6 (XTAL1) dan B7 (XTAL2) disediakan untuk disambungkan dengan jaringan resonan untuk membentuk sebuah *osilator*. ATmega8 dirancang untuk *running* pada frekuensi 0 MHz sampai 16 MHz. Rangkaian osilator ditunjukkan dalam Gambar 2.16.



Gambar 2.16 Rangkaian Osilator

Sumber: Sutrisno, 1998, Dasar-Dasar Elektronika, Elek Media Komputindo, Jakarta

2.4.3 Tombol/Sakelar Tekan

Sakelar adalah sebuah perangkat yang digunakan untuk memutuskan jaringan listrik, atau untuk menghubungkannya. Jadi saklar pada dasarnya adalah alat penyambung atau pemutus aliran listrik. Sakelar ditunjukkan dalam Gambar 2.17.

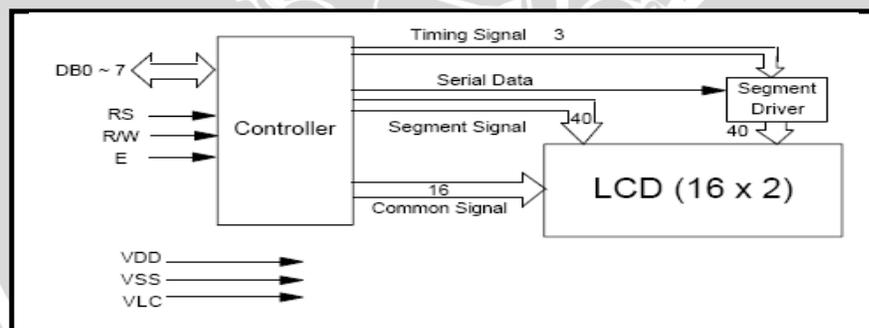


Gambar 2.17 Tombol / Sakelar Tekan

Secara sederhana, saklar terdiri dari dua bilah logam yang menempel pada suatu rangkaian, dan bisa terhubung atau terpisah sesuai dengan keadaan sambung (*on*) atau putus (*off*) dalam rangkaian itu. Material kontak sambungan umumnya dipilih agar supaya tahan terhadap korosi. Kalau logam yang dipakai terbuat dari bahan oksida biasa, maka saklar akan sering tidak bekerja. Untuk mengurangi efek korosi ini, paling tidak logam kontaknya harus disepuh dengan logam anti korosi dan anti karat. Pada dasarnya saklar tombol bisa diaplikasikan untuk sensor mekanik, karena alat ini bisa dipakai pada mikrokontroler untuk pengaturan rangkaian pengontrolan.

2.4.4 LCD

LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah komponen *display* yang tidak memancar (*nonemissive*), sehingga tidak menghasilkan sumber cahaya seperti CRT (*Cathode Ray Tube*), dan berdaya sangat rendah (lebih rendah dari LED) yaitu dalam hitungan mikrowatt (LED dalam hitungan miliwatt). LCD menahan atau membiarkan cahaya yang dipantulkan dari sumber cahaya luar dan cahaya yang berasal dari belakang atau samping yang melewatinya. LCD dikontrol oleh ROM/RAM generator karakter dan RAM data display. Semua fungsi display dikontrol dengan instruksi dan LCD dapat dengan mudah diinterfacekan dengan MPU (Mikroprocessor Unit). Diagram blok dari LCD ditunjukkan dalam Gambar 2.18.



Gambar 2.18 Diagram blok LCD

Sumber: Seiko 1998:3

Karakteristik dari LCD dot-matriks adalah sebagai berikut:

- Karakter dengan 5X7 dot matriks + kursor 16X2
- ROM generator karakter dengan 8 tipe karakter (untuk program write)
- bit RAM data display 80X8
- Dapat diinterfacekan dengan 4 atau 8 bit MPU
- RAM data dan RAM generator karakter dapat dibaca dari MPU
- Single power supply +5V*

- g. *Power-on reset*
- h. *Range temperature operasi 0-60°C*
- i. Beberapa fungsi instruksi:

Display clear, Cursor home, Display ON/OFF, Cursor ON/OFF, Display character blink, Cursor Shift dan Display shift.

LCD menampilkan karakter yang ada pada ROM generator karakter, yang sudah berisi 192 jenis karakter, dengan cara memberikan kode karakter untuk tiap-tiap karakter yang diinginkan pada bus data dengan menggunakan sinyal kontrol. LCD 1632 yang digunakan adalah LCD produksi Seiko *Instrument* (M1632), kelebihan dari LCD M1632 ini antara lain adalah mampu dioperasikan dalam mode 4 bit, dalam arti pengolahan data dari dan ke LCD dapat dilewatkan lewat data dengan lebar 4 bit saja. Ini cukup membantu menghemat port *microcontroller* yang dipakai.

Penjelasan pin-out pada LCD M1632 adalah sebagai berikut :

- a. VSS (pin 1) dan VCC (pin 2) adalah pin untuk *power supply*.
- b. VEE (pin 3), adalah pin untuk *drive* LCD, yaitu untuk mengatur intensitas tampilan pada LCD.
- c. RS (pin 4), adalah pin untuk pemilihan *mode input data*. Apabila RS diberi *logic 0*, maka data berupa data *control* dan bila RS diberi *logic 1*, maka data adalah data untuk ditampilkan di LCD.
- d. R/W (pin 5), pin ini merupakan pin untuk pemilihan proses pada LCD. Bila pin R/W berlogika 1, maka proses *read* (baca) data, kebalikannya bila pin R/W berlogika 0, proses *write* (tuliskan) data.
- e. E (pin 6), adalah pin *enable* untuk LCD. LCD akan *enable* bila pin ini berlogika *high*, kebalikannya bila pin ini berlogika 0, LCD akan *disable*.
- f. DB0-DB7 (pin 7 – pin 14), adalah pin untuk *input/output* data.
- g. V+ BL (pin15) dan V-BL (pin 16) adalah pin untuk *supply* lampu *back light*.

Fungsi masing-masing pin dari LCD *Dot Matriks* ini ditunjukkan dalam Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Pin-Pin LCD dan Fungsinya *)

| Nama sinyal | Jumlah terminal | I/O | Tujuan | Fungsi |
|-------------|-----------------|-----|--------|---|
| DB0-DB7 | 8 | I/O | MPU | Data bus <i>lower tristate</i> 4 bit dua arah, dapat dibaca atau ditulisi terhadap MPU melalui data |

| | | | | |
|------|---|--------------|---------------------|---|
| | | | | tersebut. DB7 juga sebagai <i>busy flag</i> . |
| E | 1 | <i>INPUT</i> | MPU | Sinyal penanda operasi <i>read/write</i> |
| R/W | 1 | <i>INPUT</i> | MPU | 0: <i>Write</i> 1: <i>Read</i> |
| RS | 1 | <i>INPUT</i> | MPU | Sinyal seleksi register 0: Register instruksi (<i>write</i>) <i>Busy flag</i> dan <i>address Counter</i> (<i>read</i>) 1: Data register (<i>write dan read</i>) |
| VLC | 1 | - | <i>Power Supply</i> | <i>Power supply</i> untuk mendrive LCD guna pengaturan <i>contrast</i> |
| VDD | 1 | - | <i>Power Supply</i> | +5V |
| VSS | 1 | - | <i>Power Supply</i> | <i>Ground</i> |
| V+BL | 1 | - | <i>Power Supply</i> | 4-4,2 V 50-200mA |
| V-BL | 1 | - | <i>Power Suply</i> | 0V (<i>GND</i>) |

*) Seiko, 1998: 7

BAB III METODOLOGI

Penyusunan skripsi ini didasarkan pada masalah yang bersifat aplikatif, yaitu perencanaan dan perealisasiian alat agar dapat menampilkan kinerja sistem yang sesuai dengan yang direncanakan dengan mengacu pada rumusan masalah. Data dan spesifikasi komponen yang digunakan dalam perencanaan merupakan data sekunder yang diambil dari buku data komponen elektronika. Pemilihan komponen berdasarkan perencanaan dan disesuaikan dengan komponen yang ada di pasaran.

Langkah-langkah yang perlu dilakukan untuk merealisasikan alat yang akan dibuat adalah sebagai berikut:

- 1) Penentuan spesifikasi Alat
- 2) Perancangan Alat.
- 3) Pembuatan Alat.
- 4) Pengujian Alat

3.1 Penentuan Spesifikasi Alat

Spesifikasi alat ditetapkan terlebih dahulu sebagai acuan dalam perancangan selanjutnya. Spesifikasi alat yang direncanakan antara lain:

- 1) *Microcontroller* ATmega8 yang berfungsi sebagai pengendali utama
- 2) IC TCS230 yang berfungsi untuk mendeteksi warna *strip* reagen pada urin *test strip*
- 3) LCD yang berfungsi untuk tampilan
- 4) *Range* pengukuran glukosa ≥ 100 mg/dl sampai ≤ 2000 mg/dl
- 5) *Range* pengukuran keton ≥ 5 mg/dl sampai ≤ 160 mg/dl
- 6) Kemampuan sensor warna TCS230 dalam melihat area dengan sisi 4 mm pada jarak 25 mm

3.2 Perancangan Alat

Perancangan alat terdiri dari perancangan perangkat keras dan perancangan perangkat lunak.

3.2.1 Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras meliputi:

- 1) Pembuatan blok diagram lengkap sistem
- 2) Penentuan dan perhitungan komponen yang akan digunakan
- 3) Merakit perangkat keras masing-masing blok

3.2.2 Perancangan dan Penyusunan Perangkat Lunak

Setelah perangkat keras dirancang, maka langkah selanjutnya adalah perancangan perangkat lunak. Perangkat lunak ini berfungsi untuk mengatur kinerja keseluruhan dari sistem yang terdiri dari beberapa perangkat keras sehingga sistem ini dapat bekerja dengan baik. Maka perancangan ini dimulai dengan membuat diagram alir program utama sistem beserta subrutin-subrutinnya, kemudian merancang kontroler yang akan digunakan yaitu mikrokontroler ATmega8 dengan bahasa BASCOM.

3.3 Pembuatan Alat

Pembuatan sistem diagnosis diabetes mellitus melalui urin, pembuatan PCB (pembuatan *lay out*), dan perakitan komponen (penyolderan) pada PCB.

3.4 Pengujian Alat

Untuk mengetahui kinerja alat apakah sesuai dengan yang direncanakan maka dilakukan pengujian rangkaian. Pengujian dilakukan pada pengujian perangkat keras, perangkat lunak dan kemudian secara keseluruhan sistem.

3.4.1 Pengujian Perangkat Keras

Pengujian perangkat keras dilakukan dengan tujuan untuk memastikan bahwa sistem ini berjalan dengan baik maka dilakukan pengujian per blok maupun keseluruhan sistem. Pengujian tersebut adalah :

- 1) Pengujian LCD
- 2) Pengujian sensor warna TCS230
- 3) Pengujian tombol sebagai tanda bahwa sensor warna melakukan pembacaan *strip* reagen

3.4.2. Pengujian Perangkat Lunak

Pengujian perangkat lunak untuk menguji apakah perangkat lunak bisa berfungsi sesuai perangkat keras yang diinginkan dengan baik. Pembuatan perangkat lunak dengan mengimplementasikan program yang telah direncanakan ke dalam bahasa BASCOM.

3.4.3. Pengujian Alat Secara Keseluruhan

Pengujian alat secara keseluruhan untuk menguji apakah alat bisa berfungsi dengan baik sesuai dengan yang diharapkan pada perancangan. Dan untuk mengetahui penyimpangan yang terjadi dibandingkan dengan alat yang digunakan di laboratorium klinik.



BAB IV

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

Bab ini membahas perancangan dan pembuatan alat diagnosis diabetes mellitus melalui sensor urin *test strip*. Perancangan alat ini meliputi perancangan perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*). Perancangan perangkat keras terdiri dari rangkaian mikrokontroller, antarmuka mikrokontroller dengan LCD, Antarmuka mikrokontroller dengan sensor warna, antarmuka mikrokontroller dengan tombol.

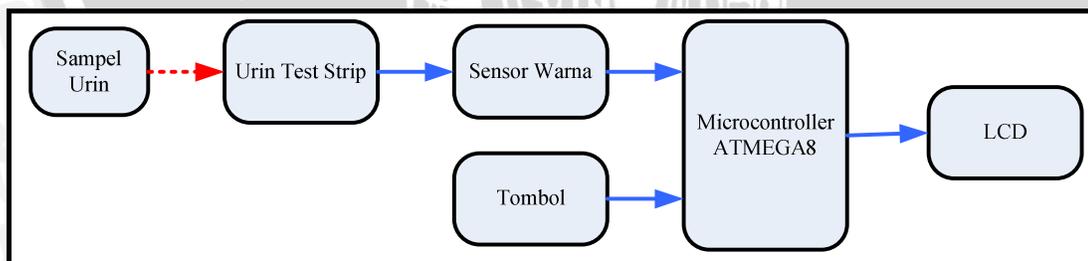
4.1 Penentuan Spesifikasi Alat

Spesifikasi alat ditetapkan terlebih dahulu sebagai acuan dalam perancangan selanjutnya. Spesifikasi alat yang direncanakan antara lain:

- 1) *Microcontroller* ATmega8 yang berfungsi sebagai pengendali utama
- 2) IC TCS230 yang berfungsi untuk membaca warna pada *strip* reagen
- 3) LCD yang berfungsi untuk tampilan
- 4) *Range* pengukuran glukosa ≥ 100 mg/dl sampai ≤ 2000 mg/dl
- 5) *Range* pengukuran keton ≥ 5 mg/dl sampai ≤ 160 mg/dl
- 6) Kemampuan sensor melihat area dengan sisi 4 mm dalam jarak 25 mm
- 7) Sistem menggunakan catu daya yang berupa adaptor sebesar 12 volt

4.2 Diagram Blok Sistem

Secara garis besar diagram blok perancangan *hardware* sistem secara keseluruhan ditunjukkan dalam Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Diagram Blok Sistem

Fungsi masing-masing diagram blok sistem adalah sebagai berikut:

- 1) Sampel urin diambil secukupnya berfungsi sebagai media utama untuk diagnosis DM

- 2) Sensor urin *test strip* dicelupkan ke dalam sampel urin. Kemudian urin akan bereaksi dengan *strip* reagen pada urin *test strip* yang menghasilkan perubahan warna
- 3) Sensor warna yang digunakan sensor TCS230 untuk membaca warna keton dan glukosa *strip* reagen pada sensor urin *test strip*
- 4) Tombol/Sakelar tekan digunakan untuk pembacaan urin *test strip*. Apabila sensor urin *test strip* sudah dimasukkan dan siap untuk pembacaan, maka tombol tersebut ditekan. Baik untuk pembacaan kadar keton maupun kadar glukosa.
- 5) Mikrokontroler ATmega8 digunakan sebagai pengendali utama sistem yang berfungsi untuk mengolah data frekuensi output sensor warna TCS230, kemudian mengkonversinya menjadi satuan mg/dl dan mendiagnosis hasil tersebut dan menampilkan hasil pengukuran dan diagnosa ke LCD
- 6) LCD berfungsi sebagai tampilan dari kadar pengukuran dan diagnosis.

Prinsip kerja sistem ini adalah pengguna dapat mengetahui kadar pengukuran keton dan glukosa dalam satuan mg/dl. Dan sekaligus dapat mengetahui hasil diagnosis diabetes mellitus. Dengan cara mencelupkan urin *test strip* ke dalam sampel urin. Pertama yang dideteksi pada alat adalah *strip* reagen keton, maka harus menutup pembatas pada alat sampai batas maksimum terlebih dahulu dan memasukkan urin *test strip* ke dalam alat. Selanjutnya menekan tombol sebagai tanda bahwa telah siap untuk proses pembacaan *strip* reagen keton oleh sensor warna. Setelah itu sensor warna TCS230 membaca warna pada *strip* reagen keton.

Kemudian alat tersebut mendeteksi *strip reagen* glukosa dengan cara menarik pembatasnya sampai batas maksimum dan memasukkan urin *test strip* lebih dalam lagi. Selanjutnya menekan tombol sebagai tanda bahwa telah siap untuk proses pembacaan *strip* reagen glukosa oleh sensor warna. Setelah itu sensor warna TCS230 membaca warna pada *strip* reagen glukosa.

Sensor warna mengeluarkan data berupa frekuensi R-G-B yang dimasukkan ke dalam mikrokontroler. Mikrokontroler mengolah data tersebut, mengkonversi dari frekuensi R-G-B menjadi kadar ukur dengan satuan mg/dl. Kemudian diagnosis DM dari hasil kadar glukosa dan keton. Hasil pengukuran dan diagnosis tersebut ditampilkan ke LCD.

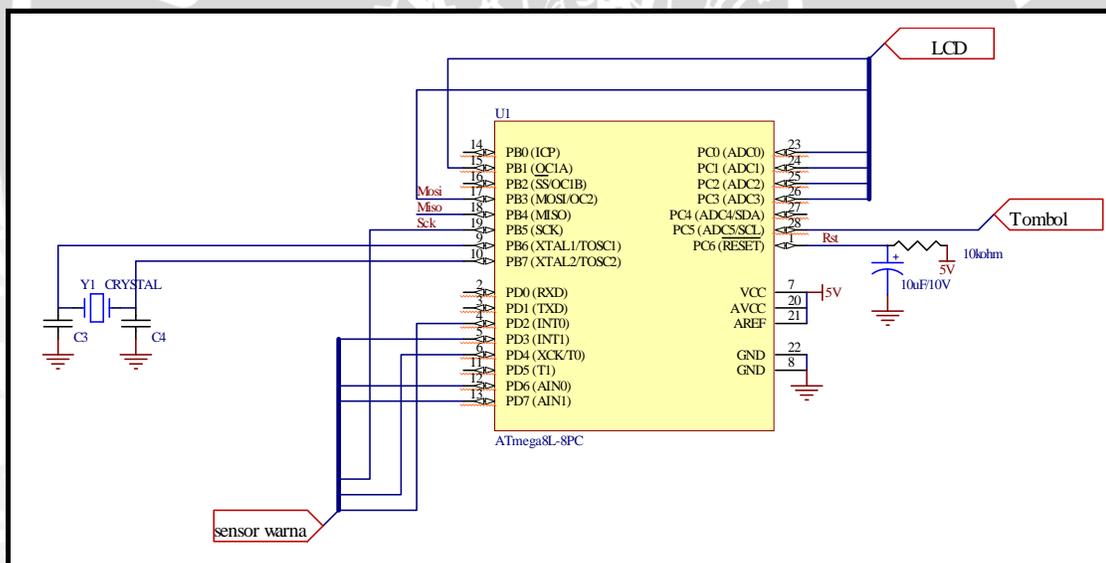
4.3 Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)

Perancangan perangkat keras sesuai dengan blok diagram sistem yang disusun. Perancangan perangkat keras yang dilakukan yaitu:

- 1) Rangkaian mikrokontroler ATmega8
- 2) Perancangan sensor warna
- 3) Rangkaian LCD
- 4) Rangkaian tombol/sakelar tekan

4.3.1 Rangkaian Mikrokontroler ATmega8

Mikrokontroler ATmega8 digunakan sebagai pengendali utama alat diagnosis diabetes mellitus melalui sensor urin *test strip*. Proses yang dikendalikan meliputi pembacaan warna pada sensor urin *test strip*, penulisan di LCD, Penekanan tombol sebagai tanda telah siap untuk proses pembacaan sensor urin *test strip* oleh sensor warna. Skema rangkaian mikrokontroler ATmega8 ditunjukkan dalam Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Skema Rangkaian Mikrokontroler ATmega8

4.3.2 Perancangan Sensor Warna

Sensor warna berfungsi untuk membaca warna tiap *strip* reagen pada urin *test strip*. Sensor warna yang digunakan pada alat ini adalah TCS230. IC TCS230 adalah IC pengkonversi warna cahaya ke frekuensi. Setiap warna bisa disusun dari warna dasar. Untuk cahaya, warna dasar penyusunnya adalah warna Merah, Hijau dan Biru, atau lebih dikenal dengan istilah RGB (*Red-Green-Blue*).

Ada dua komponen utama pembentuk IC ini, yaitu fotodiode dan pengkonversi arus ke frekuensi. *Photodiode* pada IC TCS230 disusun secara array 8x8 dengan konfigurasi: 16 *photodiode* untuk memfilter warna merah, 16 *photodiode* untuk memfilter warna hijau, 16 *photodiode* untuk memfilter warna biru, dan 16 *photodiode* tanpa filter. Kelompok *photodiode* mana yang akan dipakai bisa diatur melalui kaki selektor S2 dan S3. Kombinasi fungsi dari S2 dan S3 ditunjukkan dalam Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Kombinasi Fungsi dari S2 dan S3

Sumber: TAOS TCS230 Datasheet

| S2 | S3 | PHOTODIODE TYPE |
|----|----|-------------------|
| L | L | Red |
| L | H | Blue |
| H | L | Clear (no filter) |
| H | H | Green |

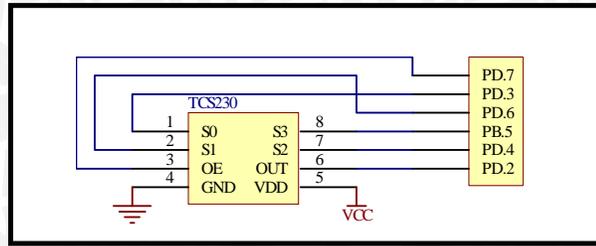
Photodiode akan mengeluarkan arus yang besarnya sebanding dengan kadar warna dasar cahaya yang menyimpannya. Arus ini kemudian dikonversikan menjadi sinyal kotak dengan frekuensi sebanding dengan besarnya arus. Frekuensi Output ini bisa diskala dengan mengatur kaki selektor S0 dan S1. Penskalaan Output ditunjukkan dalam Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Penskalaan Output

Sumber: TAOS TCS230 Datasheet

| S0 | S1 | OUTPUT FREQUENCY SCALING (f_o) |
|----|----|------------------------------------|
| L | L | Power down |
| L | H | 2% |
| H | L | 20% |
| H | H | 100% |

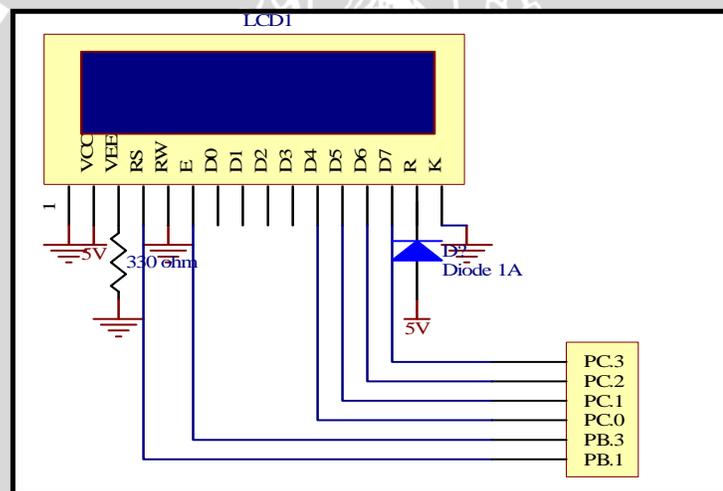
Dalam perancangan ini skala sensor yang akan digunakan adalah skala frekuensi keluaran 100% dengan mengatur S0 dan S1 sama dengan 1:1. Fotodiode yang akan digunakan adalah fotodiode *red*, *green*, dan *blue*. Ketiga fotodiode ini digunakan secara bergantian sesuai dengan pengaturan S2 dan S3 yang dikendalikan oleh perangkat lunak pada rangkaian mikrokontroler ATmega8. Dari hasil pengujian sensor warna yang ditunjukkan dalam Tabel 5.4 pada Bab pengujian dan Analisa diketahui bahwa pada pengukuran sampel urin dengan kadar glukosa 0 mg/dl sampai 2000 mg/dl dan keton 0 mg/dl sampai 160 mg/dl diperoleh rata-rata frekuensi keluaran 22,6 kHz sampai 10,7 kHz untuk glukosa dan 20,8 kHz sampai 9,3 kHz untuk keton. Skema rangkaian sensor warna ditunjukkan dalam Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Skema Rangkaian Sensor Warna

4.3.3 Rangkaian LCD

Lcd (*Liquid Crystal Display*) digunakan sebagai tampilan kadar glukosa dan keton dalam satuan mg/dl dan diagnosis DM. Skema rangkaian LCD ditunjukkan dalam Gambar 4.4.

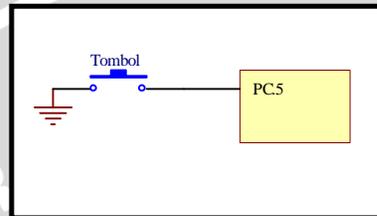


Gambar 4.4 Skema Rangkaian LCD

Pada perancangan ini rangkaian LCD jalur Db4 sampai Db7 dihubungkan ke mikrokontroler ATmega8 pada port C.0 sampai C.3. Kaki RS pada LCD yang berfungsi untuk *register selection* dihubungkan ke port B.1 mikrokontroler ATmega8. Jika RS = 0 maka yang diakses adalah register instruksi dan jika RS = 1 yang diakses adalah register data. Kaki E (*Enable*) pada LCD yang berfungsi untuk mengaktifkan LCD baik untuk operasi pembacaan maupun penulisan dihubungkan ke port B.3 mikrokontroler ATmega8.

4.3.4 Tombol/Sakelar Tekan

Tombol/sakelar tekan adalah sebuah perangkat yang digunakan untuk memutuskan jaringan listrik, atau untuk menghubungkannya. Tombol pada perancangan ini digunakan sebagai tanda bahwa telah siap untuk proses pembacaan *strip* reagen keton dan glukosa oleh sensor warna TCS230. Skema rangkaian tombol ditunjukkan dalam Gambar 4.5.



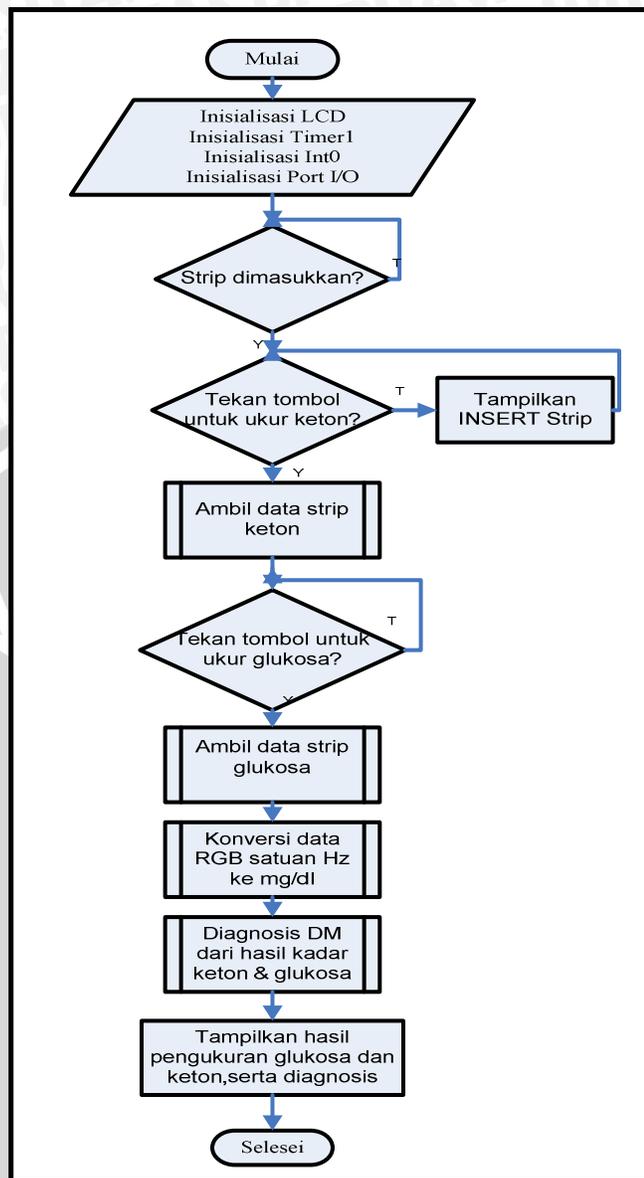
Gambar 4.5 Rangkaian Tombol

Kaki tombol dihubungkan dengan port C.5 pada mikrokontroler ATMEGA8 dan kaki sakelar satunya dihubungkan dengan *ground*. Pada program PC.5 mikrokontroler di beri logika *high* atau 1, dan apabila sakelar ditekan maka akan terhubung dengan *ground* dan port berlogika *low* atau 0. Sehingga mikrokontroler akan memerintah TCS230 untuk mengambil data *strip* reagen.

4.4 Perancangan Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang akan dirancang diharapkan dapat mengoperasikan sistem secara optimal, dengan program yang dibuat dengan beberapa subrutin. Perangkat lunak dibuat menggunakan AVR BASCOM 1.11.9.0 yang dibuat oleh MCS *Electronics*. Dan bahasa pemrograman yang digunakan adalah BASCOM.

Perangkat lunak yang digunakan untuk mengendalikan keseluruhan sistem ini terdiri dari proses pembacaan warna pada urin *test strip* oleh sensor warna, pengolahan data keluaran sensor warna yang dirubah menjadi hasil pengukuran glukosa dan keton. Serta pengolahan data dari hasil pengukuran menjadi diagnosis DM. Berdasarkan perancangan mekanisme komunikasi data yang diinginkan, maka dibuat diagram alir perangkat lunak yang ditunjukkan dalam Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Diagram Alir Program

Mikrokontroler akan melakukan inisialisasi LCD dan port. Sensor urin *test strip* dicelupkan ke dalam sampel urin. Kemudian sistem akan bekerja jika terjadi penekanan tombol setelah urin *test strip* dimasukkan ke dalam alat.

Setelah tombol ditekan, maka mikrokontroler akan memerintahkan sensor warna untuk melakukan pembacaan *strip* reagen. Kemudian mikrokontroler akan mengolah data dan menampilkan hasil pengukuran kadar keton dan glukosa dalam satuan mg/dl, serta hasil diagnosis DM.

BAB V

PENGUJIAN DAN ANALISIS

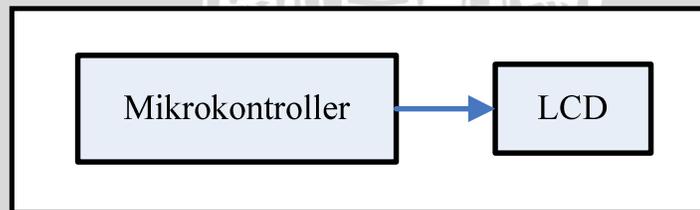
Pengujian dan analisis dalam bab ini bertujuan untuk mengetahui apakah sistem dapat bekerja dengan baik sesuai dengan perencanaan. Pengujian dilakukan dengan memberikan perubahan pada masukan blok rangkaian dan mengamati keluaran dari blok rangkaian yang diuji tersebut. Data pengujian dianalisis untuk dijadikan acuan dalam mengambil kesimpulan.

Pengujian dilakukan menjadi beberapa tahapan yaitu:

- 1) Pengujian tampilan LCD
- 2) Pengujian sensor warna
- 3) Pengujian tombol dengan mikrokontroller
- 4) Pengujian sistem secara keseluruhan

5.1 Pengujian Tampilan LCD

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah unit penampil LCD 16x2 ini dapat menampilkan data sesuai yang tercantum pada program/perangkat lunak dalam mikrokontroller ATmega8. Diagram blok rangkaian pengujian LCD ditunjukkan dalam Gambar 5.1.



Gambar 5.1 Diagram Blok Rangkaian Pengujian LCD

Prosedur pengujian yang dilakukan adalah dengan memasukkan program secara serial dari PC ke ATmega8. *Listing* program untuk menampilkan data/tulisan di LCD yaitu:

```
$regfile = "m8def.dat"  
$crystal = 8000000  
$large
```

```
$baud = 9600
```

```
Config Lcdpin = Pin , Db4 = Pinc.0 , Db5 = Pinc.1 , Db6 = Pinc.2 , Db7 = Pinc.3 , E =
```

```
Pinb.3 , Rs = Pinb.1
```

```
Config Lcdbus = 4
```

```
Config Lcd = 16 * 2
```

```
Cls
```

```
Locate 1 , 1: Lcd "Insert Strip"
```

Kemudian program tersebut ditampilkan ke LCD. Tampilan yang dihasilkan ditunjukkan dalam Gambar 5.2. Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa rangkaian LCD dan perangkat lunak yang telah dibuat dapat bekerja dengan baik.



Gambar 5.2 Tampilan Hasil Pengujian LCD

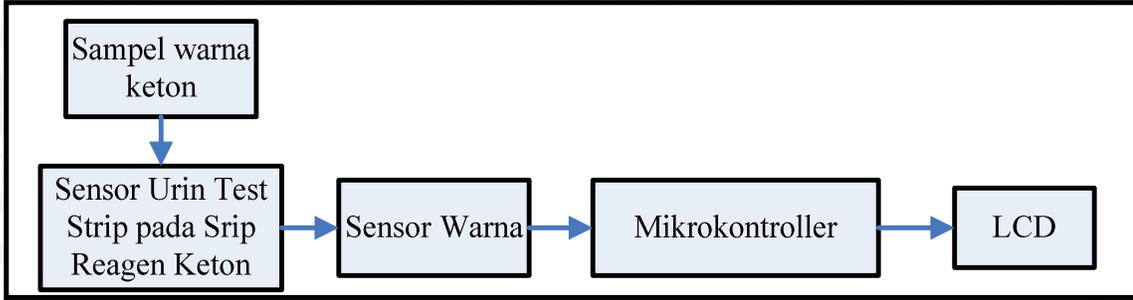
5.2 Pengujian Sensor Warna

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui frekuensi keluaran sensor warna untuk beberapa urin *test strip* yang dicelupkan ke dalam sampel urin. Terdapat dua pengujian sensor warna yaitu:

- 1) Pengujian sensor warna dengan *strip* reagen keton
- 2) Pengujian sensor warna dengan *strip* reagen glukosa

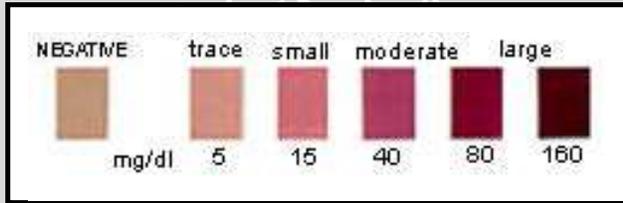
5.2.1 Pengujian Sensor Warna dengan Strip Reagen Keton

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui frekuensi keluaran sensor warna untuk beberapa *strip* reagen keton pada urin *test strip* yang sudah terdapat warna sesuai dengan perubahan kadar keton. Diagram blok pengujian sensor warna dengan *strip* reagen keton ditunjukkan dalam Gambar 5.3.



Gambar 5.3 . Diagram Blok Pengujian Sensor Warna Dengan Strip Reagen Keton

Prosedur pengujian yang dilakukan adalah dengan melakukan pembacaan beberapa *strip* reagen keton yang sudah terdapat warna yang mewakili beberapa nilai/besarnya kandungan keton tersebut oleh sensor warna. Warna keton tersebut ditunjukkan dalam Gambar 5.4.



5.4 Beberapa Warna Strip Regen Keton Untuk Urin Yang Mengandung Keton

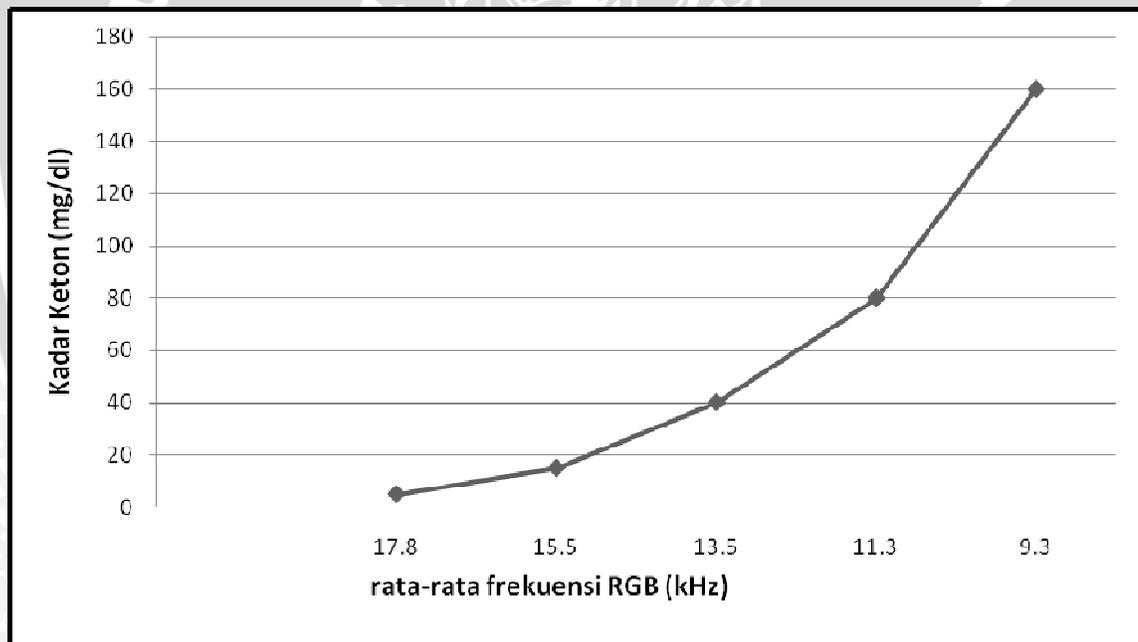
Perubahan warna pada *strip* reagen keton akan mempengaruhi perubahan frekuensi keluaran sensor warna yang ditampilkan di LCD. Dan hasilnya dikalibrasi dengan pengujian menggunakan alat Mission U120 sebagai alat acuan yang dilakukan di Laboratorium Puskesmas Pesanggerahan Kota Batu. Hasil pengujian frekuensi keluaran sensor warna dari beberapa warna *strip* reagen keton ditunjukkan dalam Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Hasil Pengujian Frekuensi Keluaran Sensor Warna untuk *Strip* Reagen Keton

| Warna Strip Reagen Keton | Kadar keton (mg/dl) | Frekuensi keluaran Sensor Warna | | | Frekuensi Rata-rata (kHz) |
|---|---------------------|---------------------------------|--------------------|-------------------|---------------------------|
| | | <i>Red</i> (kHz) | <i>Green</i> (kHz) | <i>Blue</i> (kHz) | |
|  | 0 | 18,4 | 20,7 | 23,3 | 20,8 |
|  | 5 | 16,2 | 18,7 | 18,7 | 17,8 |

| | | | | | |
|---|-----|------|------|------|------|
|  | 15 | 15,7 | 16,1 | 14,6 | 15,5 |
|  | 40 | 13,3 | 14 | 13,4 | 13,5 |
|  | 80 | 11 | 11,5 | 11,5 | 11,3 |
|  | 160 | 7,9 | 10,3 | 9,7 | 9,3 |

Dari ketiga frekuensi keluaran pada tiap pengujian dibuat rata-ratanya karena hanya menggunakan satu jenis warna dengan tingkat kecerahan warna yang berbeda-beda, maka setiap rata-rata dapat mewakili kombinasi frekuensi keluaran untuk fotodiode *red*, *green*, dan *blue*. Grafik hubungan antara rata-rata frekuensi keluaran dan kadar keton ditunjukkan dalam Gambar 5.5.



Gambar 5.5 Grafik Hubungan Antara Rata-Rata Frekuensi Keluaran dengan Kadar Keton

Perhitungan konversi antara frekuensi rata-rata RGB dalam satuan kHz ke kadar keton dalam satuan mg/dl menggunakan persamaan garis lurus karena grafik hubungan kadar keton dengan rata-rata frekuensi keluaran linier. Perhitungan konversi

yang terbagi menjadi 4 persamaan ditunjukkan dalam persamaan 5.1. Persamaan pertama dengan kadar keton antara 5-15 mg/dl yang ditunjukkan dalam persamaan 5.2. Persamaan kedua dengan kadar keton antara 15-40 mg/dl yang ditunjukkan dalam persamaan 5.3. Persamaan ketiga dengan kadar keton antara 40-80 mg/dl yang ditunjukkan dalam persamaan 5.4. Persamaan keempat antara dengan kadar keton 80-160 mg/dl yang ditunjukkan dalam persamaan 5.5.

$$\frac{X-X_1}{X_2-X_1} = \frac{Y-Y_1}{Y_2-Y_1} \quad (5.1)$$

Keterangan persamaan 5.1:

- 1) X = Kadar keton (mg/dl)
- 2) X₁ = Kadar keton minimal (mg/dl)
- 3) X₂ = Kadar keton maksimal (mg/dl)
- 4) Y = Frekuensi rata-rata (kHz)
- 5) Y₁ = Frekuensi rata-rata minimal (kHz)
- 6) Y₂ = Frekuensi rata-rata maksimal (kHz)

$$\frac{X-5}{15-5} = \frac{Y-17,8}{15,5-17,8}$$

$$X = (-4,3 \times Y) + 82,4 \quad (5.2)$$

$$\frac{X-15}{15-40} = \frac{Y-15,5}{13,5-15,5}$$

$$X = (-12,5 \times Y) + 206,7 \quad (5.3)$$

$$\frac{X-40}{80-40} = \frac{Y-13,5}{11,3-13,5}$$

$$X = (-18,2 \times Y) + 285,5 \quad (5.4)$$

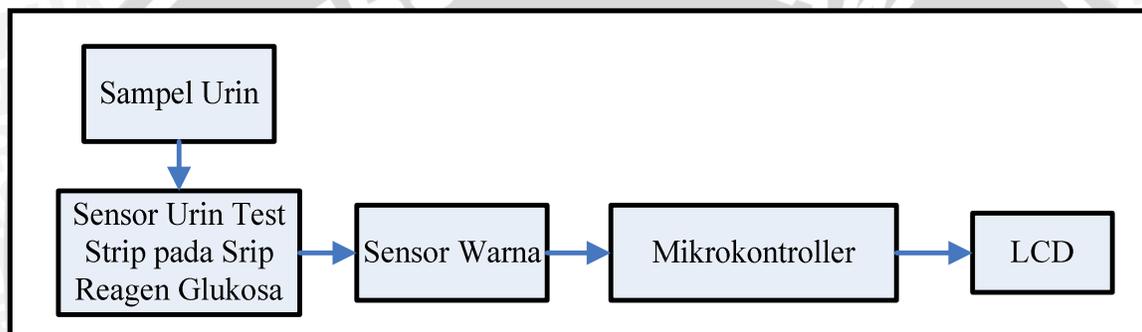
$$\frac{X-80}{160-80} = \frac{Y-11,3}{9,3-11,3}$$

$$X = (-40 \times Y) + 532 \quad (5.5)$$

Melalui grafik dalam Gambar 5.5, dapat dilihat bahwa dalam rentang 5 mg/dl sampai 160 mg/dl hubungan antara kadar keton dengan rata-rata frekuensi keluaran *red*, *green*, dan *blue* adalah semakin kecil rata-rata frekuensi keluaran maka kadar keton semakin besar.

5.2.2 Pengujian Sensor Warna dengan Strip Reagen Glukosa

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui frekuensi keluaran sensor warna untuk beberapa *strip* reagen glukosa pada urin *test strip* yang dicelupkan ke dalam sampel urin. Diagram blok pengujian sensor warna dengan *strip* reagen glukosa ditunjukkan dalam Gambar 5.6.



Gambar 5.6 . Diagram Blok Pengujian Sensor Warna Dengan Strip Reagen Glukosa

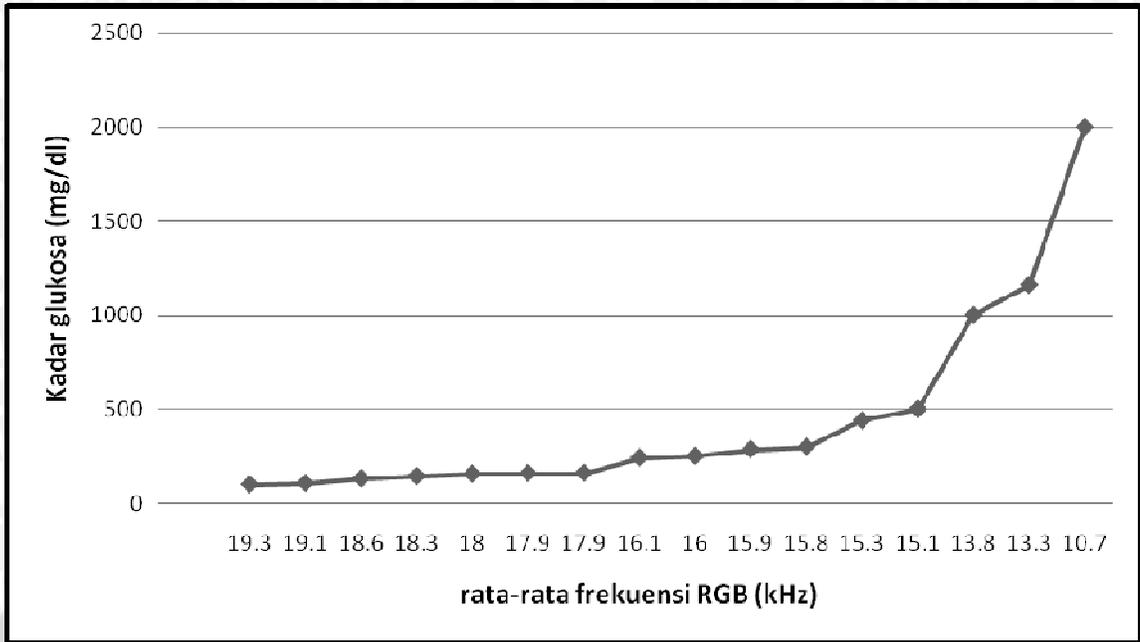
Prosedur pengujian yang dilakukan adalah dengan mencelupkan beberapa sensor urin *test strip* kedalam beberapa sampel urin. Kemudian perubahan warna pada *strip* reagen keton akan mempengaruhi perubahan frekuensi keluaran sensor warna yang ditampilkan di LCD. Dan hasilnya dikalibrasi dengan pengujian menggunakan alat Mission U120 sebagai alat acuan yang dilakukan di Laboratorium Puskesmas Pesanggerahan Kota Batu. Hasil pengujian frekuensi keluaran sensor warna dari beberapa warna *strip* reagen keton ditunjukkan dalam Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Hasil Pengujian Frekuensi keluaran Sensor Warna untuk *Strip* Reagen Glukosa

| Sampel Urin | Kadar Glukosa (mg/dl) | Frekuensi Keluaran Sensor Warna | | | Rata-rata Frekuensi Keluaran (kHz) |
|-------------|-----------------------|---------------------------------|--------------------|-------------------|------------------------------------|
| | | <i>Red</i> (kHz) | <i>Green</i> (kHz) | <i>Blue</i> (kHz) | |
| Sampel I | 0 | 18,5 | 25,3 | 24 | 22,6 |
| Sampel II | 100 | 15,3 | 24,4 | 18,4 | 19,3 |

| | | | | | |
|-------------|------|------|------|------|------|
| Sampel III | 106 | 14,8 | 24,4 | 18,1 | 19,1 |
| Sampel IV | 131 | 14,5 | 23,9 | 17,4 | 18,6 |
| Sampel V | 143 | 13,7 | 23,9 | 17,3 | 18,3 |
| Sampel VI | 155 | 13,7 | 23,6 | 16,7 | 18 |
| Sampel VII | 159 | 13,6 | 23,5 | 16,6 | 17,9 |
| Sampel VIII | 160 | 13,6 | 23,5 | 16,6 | 17,9 |
| Sampel IX | 242 | 12,6 | 20,8 | 14,9 | 16,1 |
| Sampel X | 250 | 12,7 | 19,6 | 15,6 | 16 |
| Sampel XI | 286 | 12,5 | 19,5 | 15,7 | 15,9 |
| Sampel XII | 299 | 12,5 | 19,6 | 15,3 | 15,8 |
| Sampel XIII | 440 | 13 | 18,8 | 14,1 | 15,3 |
| Sampel XIV | 500 | 13,3 | 17,1 | 14,9 | 15,1 |
| Sampel XV | 1000 | 12,9 | 14,7 | 13,6 | 13,8 |
| Sampel XVI | 1161 | 12,3 | 13,2 | 14,6 | 13,3 |
| Sampel XVII | 2000 | 10,6 | 11,2 | 10,3 | 10,7 |

Dari ketiga frekuensi keluaran pada tiap pengujian dibuat rata-ratanya karena hanya menggunakan satu jenis warna dengan tingkat kecerahan warna yang berbeda-beda, maka setiap rata-rata dapat mewakili kombinasi frekuensi keluaran untuk fotodiode red, green, dan blue. Grafik hubungan antara rata-rata frekuensi keluaran dengan kadar glukosa ditunjukkan dalam Gambar 5.7.



Gambar 5.7 Grafik Hubungan Antara Rata-Rata Frekuensi Keluaran dengan Kadar Glukosa

Perhitungan konversi antara frekuensi rata-rata RGB dalam satuan kHz ke kadar glukosa dalam satuan mg/dl menggunakan persamaan garis lurus karena grafik hubungan kadar glukosa dengan rata-rata frekuensi keluaran linier. Perhitungan konversi yang terbagi menjadi 4 persamaan ditunjukkan dalam persamaan 5.6. Persamaan pertama dengan kadar glukosa antara 100-250 mg/dl yang ditunjukkan dalam persamaan 5.7. Persamaan kedua dengan kadar glukosa antara 250-500 mg/dl yang ditunjukkan dalam persamaan 5.8. Persamaan ketiga dengan kadar glukosa antara 500-1000 mg/dl yang ditunjukkan dalam persamaan 5.9. Persamaan keempat antara dengan kadar glukosa 1000-2000 mg/dl yang ditunjukkan dalam persamaan 5.10.

$$\frac{X-X_1}{X_2-X_1} = \frac{Y-Y_1}{Y_2-Y_1} \tag{5.6}$$

Keterangan persamaan 5.1:

- 1) X = Kadar glukosa (mg/dl)
- 2) X₁ = Kadar glukosa minimal (mg/dl)
- 3) X₂ = Kadar glukosa maksimal (mg/dl)
- 4) Y = Frekuensi rata-rata (kHz)
- 5) Y₁ = Frekuensi rata-rata minimal (kHz)
- 6) Y₂ = Frekuensi rata-rata maksimal (kHz)

$$\frac{X - 100}{250 - 100} = \frac{Y - 19,3}{16 - 19,3}$$

$$X = (-45,5 \times Y) + 977,3 \quad (5.7)$$

$$\frac{X - 250}{500 - 250} = \frac{Y - 16}{15,1 - 16}$$

$$X = (-277,8 \times Y) + 4694,4 \quad (5.8)$$

$$\frac{X - 500}{1000 - 500} = \frac{Y - 15,1}{13,8 - 15,1}$$

$$X = (-384,6 \times Y) + 6307,7 \quad (5.9)$$

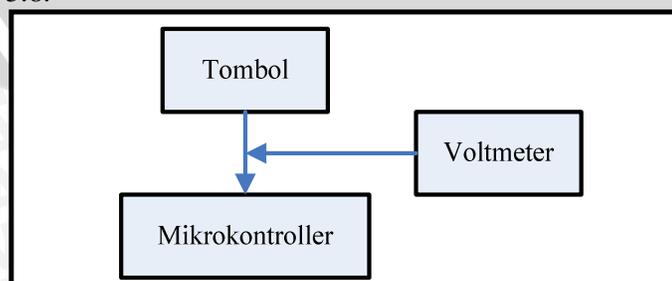
$$\frac{X - 1000}{2000 - 1000} = \frac{Y - 13,8}{10,7 - 13,8}$$

$$X = (-322,6 \times Y) + 5451,6 \quad (5.10)$$

Melalui grafik dalam Gambar 5.7, dapat dilihat bahwa dalam rentang 100 mg/dl sampai 2000 mg/dl hubungan antara kadar glukosa dengan rata-rata frekuensi keluaran *red*, *green*, dan *blue* adalah semakin kecil rata-rata frekuensi keluaran maka kadar glukosa semakin besar.

5.3 Pengujian Tombol dengan Mikrokontroller

Pengujian tombol dengan mikrokontroller bertujuan untuk mengetahui apakah tombol dan perangkat lunak dalam mikrokontroller dapat bekerja sesuai dengan perancangan. Diagram blok pengujian tombol dengan mikrokontroller ditunjukkan dalam Gambar 5.8.



Gambar 5.8 Diagram Blok Pengujian Tombol dengan Mikrokontroller

Prosedur pengujian yang dilakukan adalah dengan memasukkan program secara serial dari PC ke ATmega8. *Listing* programnya yaitu:

```
$regfile = "m8def.dat"  
$crystal = 8000000  
$large  
$baud = 9600  
Config Pinc.5 = Input  
Set Portc.5
```

Kemudian salah satu kaki tombol/sakelar di hubungkan ke salah satu pin mikrokontroller dan kaki satunya dihubungkan ke *Gnd*. Kemudian mengukur perubahan tegangan dengan *voltmeter* pada pin input mikrokontroller yang dihubungkan dengan tombol. Hasil pengujian tombol dengan mikrokontroller ditunjukkan dalam Tabel 5.3.

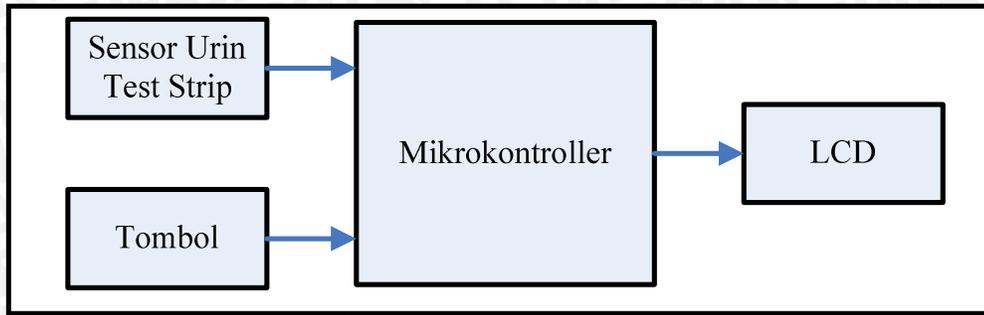
Tabel 5.3 Hasil Pengujian Tombol dengan Mikrokontroller

| Status Tombol | Tegangan Keluaran |
|---------------|-------------------|
| Tidak ditekan | 4,81V |
| Ditekan | 0,13V |

Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa tombol dan perangkat lunak yang telah dibuat dapat bekerja dengan baik.

5.4 Pengujian sistem Secara Keseluruhan

Pengujian sistem secara keseluruhan bertujuan untuk mengetahui apakah dapat bekerja sesuai yang diharapkan dengan baik dalam perancangan. Pengujian ini juga bertujuan untuk mengetahui *error* yang terjadi dibandingkan dengan menggunakan alat Mission U120 sebagai alat acuan yang dilakukan di Laboratorium Puskesmas Pesanggerahan Kota Batu. Diagram blok pengujian sistem secara keseluruhan ditunjukkan dalam Gambar 5.9.



Gambar 5.9 Diagram Blok Pengujian Sistem Keseluruhan

Prosedur pengujian sistem secara keseluruhan adalah hasil kadar pengukuran keton dan glukosa ditampilkan di LCD. Kemudian dibandingkan dengan hasil pengujian dengan menggunakan alat Mission U120 sebagai alat acuan yang dilakukan di Laboratorium Puskesmas Pesanggerahan Kota Batu. Setelah itu ditampilkan juga hasil diagnosis Diabetes Mellitus. Hasil pengujian ditunjukkan dalam Tabel 5.4.

Tabel 5.4 Hasil Pengujian Kadar keton dan Glukosa Menggunakan Alat Yang Diuji dan Alat Laboratorium

| No. | Pengukuran Alat (mg/dl) | | Pengukuran Laboratorium (mg/dl) | | Error keton (%) | Error glukosa (%) | Hasil Diagnosis DM | |
|-----|-------------------------|---------|---------------------------------|---------|-----------------|-------------------|--------------------|---------|
| | Keton | Glukosa | Keton | Glukosa | | | GDP | GDS |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | negatif | negatif |
| 2 | 5 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | negatif | negatif |
| 3 | 15 | 0 | 15 | 0 | 0 | 0 | negatif | negatif |
| 4 | 39 | 0 | 40 | 0 | 2,50 | 0 | negatif | negatif |
| 5 | 81 | 0 | 80 | 0 | 1,25 | 0 | negatif | negatif |
| 6 | 159 | 0 | 160 | 0 | 0,62 | 0 | negatif | negatif |
| 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | negatif | negatif |
| 8 | 0 | 101 | 0 | 100 | 0 | 1,00 | negatif | negatif |
| 9 | 0 | 107 | 0 | 106 | 0 | 0,94 | negatif | negatif |
| 10 | 0 | 130 | 0 | 131 | 0 | 0,76 | positif | negatif |
| 11 | 0 | 145 | 0 | 143 | 0 | 1,39 | positif | negatif |
| 12 | 0 | 155 | 0 | 155 | 0 | 0 | positif | negatif |
| 13 | 0 | 161 | 0 | 159 | 0 | 1,25 | positif | negatif |

| | | | | | | | | |
|------------------------|---|------|---|------|------|------|---------|---------|
| 14 | 0 | 161 | 0 | 160 | 0 | 0,62 | positif | negatif |
| 15 | 0 | 243 | 0 | 242 | 0 | 0,41 | positif | positif |
| 16 | 0 | 247 | 0 | 250 | 0 | 1,2 | positif | positif |
| 17 | 0 | 288 | 0 | 286 | 0 | 0,69 | positif | positif |
| 18 | 0 | 297 | 0 | 299 | 0 | 0,66 | positif | positif |
| 19 | 0 | 443 | 0 | 440 | 0 | 0,68 | positif | positif |
| 20 | 0 | 501 | 0 | 500 | 0 | 0,2 | positif | positif |
| 21 | 0 | 1005 | 0 | 1000 | 0 | 0,5 | positif | positif |
| 22 | 0 | 1165 | 0 | 1161 | 0 | 0,34 | positif | positif |
| 23 | 0 | 1953 | 0 | 2000 | 0 | 2,35 | positif | positif |
| Rata-rata <i>error</i> | | | | | 0.19 | 0.56 | | |

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan dapat diketahui nilai persentase kesalahan dan persentase akurasi alat yang telah dibuat menggunakan persamaan 5.11 dan 5.12.

$$\text{Persentase kesalahan} = \frac{|\text{Pengukuran lab} - \text{pengukuran alat}|}{\text{pengukuran lab}} \times 100\% \quad (5.11)$$

$$\text{Persentase akurasi} = 100\% - \text{persentase alat} \quad (5.12)$$

Setelah mendapatkan nilai persentase alat, maka dapat diketahui persentase akurasi alat untuk pengukuran keton yaitu sebesar 99,81 % dan akurasi alat untuk pengukuran glukosa yaitu sebesar 99,44%.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan dan saran dari perencanaan dan pembuatan alat pengukur kadar keton dan glukosa beserta hasil diagnosis diabetes mellitus.

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian tiap blok rangkaian dan pengujian sistem secara keseluruhan yang telah dilakukan dalam BAB V, dapat disimpulkan sebagai berikut:

- 1) Sistem pengukur kadar glukosa darah dan keton dirancang dengan memanfaatkan sensor urin test strip. Jika urin bereaksi dengan strip reagen, maka akan menghasilkan perubahan warna pada *strip reagen* tersebut.
- 2) Sistem pembaca sensor urin *test strip* untuk mengukur kadar glukosa dan keton dalam urin dirancang dengan menggunakan sensor warna TCS230. Sensor warna tersebut digunakan untuk mendeteksi warna *red*, *green*, dan *blue* pada *strip reagen*. Dan keluaran sensor warna berupa frekuensi RGB. Setiap warna memiliki frekuensi yang berbeda dan semakin gelap warna semakin kecil rata-rata frekuensi RGB.
- 3) Program pada mikrokontroller ATmega8 dengan menggunakan BASCOM untuk konversi frekuensi ke kadar keton dan glukosa telah dapat bekerja dengan menghitung rata-rata dari ketiga frekuensi (*red*, *green*, dan *blue*). Frekuensi rata-rata kadar keton antara 20,8 kHz sampai 9,3 kHz dan frekuensi rata-rata kadar glukosa antara 22,6 kHz sampai 10,7 kHz. Kemudian hasilnya di konversi ke satuan mg/dl menggunakan perhitungan persamaan garis lurus.
- 4) Keseluruhan sistem antara mikrokontroller ATmega8 dengan sensor warna TCS230 dan LCD telah dapat bekerja dengan baik. Sistem antarmuka antara mikrokontroller ATmega8 dengan sensor warna TCS230 telah dapat bekerja dengan membaca frekuensi dari keluaran sensor warna dan memproses frekuensi tersebut menjadi kadar keton mulai ≥ 5 mg/dl sampai ≤ 160 mg/dl, kadar glukosa ≥ 100 mg/dl sampai ≤ 2000 mg/dl, dan hasil diagnosis DM, lalu ditampilkan pada LCD. Prosentase kesalahan pengukuran kadar keton sebesar 0,19%, kadar glukosa sebesar 0,56%, dan persentase akurasi alat untuk pengukuran keton yaitu sebesar 99,81 % dan untuk pengukuran glukosa yaitu sebesar 99,44%.

6.2 Saran

Alat yang dirancang dan dibuat dalam penelitian ini dapat dikembangkan dengan:

- 1) Selain menganalisis glukosa dan keton juga dapat ditambah untuk menganalisis Protein, pH, Leukocytes, Nitrites, Bilirubin, Blood, Urobilinogen, and Specific Gravity dalam urin.
- 2) Alat ini juga dapat ditambah dengan diagnosis penyakit selain diabetes mellitus yaitu penyakit ginjal, saluran kemih, dan liver.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



DAFTAR PUSTAKA

- Data Sheet ATMEGA8. 2008. www.atmel.com, diakses tanggal 27 mei 2009.
- Data Sheet Seiko Instrument. 1998. *Liquid Crystal Displays*. www.alldatasheet.com, diakses tanggal 6 November 2007.
- Diabetes*. www.medilineplus.com, diakses tanggal 29 Desember 2009.
- Diabetes Ketoacidosis*. www.medilineplus.com, diakses tanggal 29 Desember 2009.
- Diabetes mellitus www.WHO.com, diakses tanggal 10 Januari 2010.
- Edi S., Yoky. 2009. *Spektrofotometri*.
<http://yokyedysaputra.blogspot.com/2009/10/spektrofotometri.html>, diakses tanggal 10 Juli 2010.
- Electronic, Delta. *Sensor Warna TCS230*. <http://delta-electronic.com/article/>, diakses tanggal 30 desember 2009.
- Giwangkara, S., EG. 2007. *Spektrofotometri Infra Merah*.
<http://www.scribd.com/doc/39054930> /ayu, diakses tanggal 10 Juli 2010.
- Frankel S, Reitman S, Sonnenwirth. 1970. *Gradwohl's Clinical Laboratory Methods and Diagnosis-A Textbook on Laboratory Procedures and Their Interpretation, 7th Ed*. St. Louis: C V Mosby.
- Friedrich, Carl. 1997. *an easy way of testing urine for disease at the patient's bedside*.
www.wikipedia.com, diakses tanggal 15 Juli 2010.
- Iswanto, ST. 2008. *Design dan Implementasi Sistem Embedded Mikrokontroler ATmega8535 dengan Bahasa Basic*. Yogyakarta: Gaya Media.
- Ketones-urine*. www.medilineplus.com, diakses tanggal 3 Januari 2010.
- L,Robert,dkk. 2002. *Electronioc Device and Circuit Theory, Eight Edition*. Ohio: Practice Hall.
- Malvino, Albert P. 1996. *Prinsip-Prinsip Elektronika, Edisi Kedua*. Jakarta: Erlangga.
- Polaski, Arlene dan Tatro, Suzanne. 1996. *Luckmann's core principles and practice of medical-surgical nursing* . Philadelphia: Saunders.
- Ranakusuma, Dr. 1987. *Diabetes Mellitus*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Rif'an, Moch,ST.,MT. 2004. *Pengukuran Besaran Elektrik*. Malang: Universitas Brawijaya Jurusan Teknik Elektro
- Reagent-strip Testing*. www.chemicaltesting.com, diakses tanggal 3 Januari 2010

- Soebakti, Hendawan. 2009. *Timer Counter*. www.google.com, diakses tanggal 8 Juli 2010.
- Sjahbuddin, Sjafril, Prof.Dr. 1998. *Penatalaksanaan Diabetes Mellitus*. Jakarta: Perkumpulan Endokronologi Indonesia.
- TAOS. 2003. *IC TCS230 Programmable Color Light To Frequency Converter*. www.alldatasheet.com, diakses tanggal 13 Desember 2009.
- Tjokroprawiro, askandar. 1989. *Diabetes Mellitus*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Umum.
- Tri, Agung, Siwindarto Ponco, Suprpto. 2007. *Perancangan Alat Ukur Kadar Glukosa Pada Urine*. Skripsi Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
- Urinalysis American Association for Clinical Chemistry* .2009 .www.labtestonline.com, diakses tanggal 22 Desember 2009.
- M.Lily, Sikome, Nurusa'adah, Mudjirahardjo Panca. 2007. *Alat Pengukur Kadar Glukosa Melalui Urin*. Skripsi Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
- Munson, Ringsrud dan Linne, Jean. 1995. *Urynalisis and Body Fluids a Colortext and Atlas*. USA Amerika: Mosby Electronics Production.
- Wasito, S. 1997. *Data IC Linier, TTL, dan CMOS Edisi Kedua*. Elex Media Komputindo. Jakarta.
- West Publishing Company Malvino. 1990. *Prinsip-prinsip Elektronika*. Alih Bahasa Hanapi Gunawan. Jakarta: Erlangga.
- Wijaya, paulin. 2006. *Memantau Penyakit lewat Urin*. www.togetherwefly.com, diakses tanggal 7 Januari 2010.