

Penentuan Indeks Massa Tubuh (IMT) melalui Pengukuran Berat dan Tinggi Badan Berbasis Mikrokontroler AT89S51 dan PC

Marhaposan Situmorang

Departemen Fisika FMIPA Universitas Sumatera Utara
Jl. Bioteknologi 1 Kampus USU Medan
E-mail: mar_posan@yahoo.co.id

Diterima (5 Juni 2015), direvisi (10 Juli 2015)

ABSTRACT

The body mass index (BMI) is one of an important parameter in health science since many of disease problems and psychiatric conditions can be related with BMI value. Generally BMI is manually determined by measuring weight and human height and then weight is divided by square of height. In small number samples these manual method is allright but for large number of samples doing these measurement will be time consumed. In this paper BMI is directly determined using equipment which is constructed based on AT89S51 microcontroller and PC. The achieved values of BMI using the equipment have 0.5 percentage of error after comparing with manually calculated BMI. One of the advantage of this equipment is based on its capacity to save and retrieve data. It is of course this equipment would be suitable for doing research and to fulfill hospital needs since using dbase system in PC, BMI parameters can be analyzed for special purpose.

Keywords. *Body Mass Index(BMI), BMI database, AT89S51, RRS 232*

ABSTRAK

Indeks massa tubuh (IMT) merupakan parameter yang penting pada bidang ilmu kesehatan karena berbagai problem penyakit dan kondisi kejiwaan pada manusia banyak dihubungkan dengan nilai IMT tersebut. Penentuan IMT umumnya dilakukan secara manual dengan cara mengukur berat dan tinggi kemudian melakukan pembagian. Pada sampel yang kecil hal itu tidak masalah, tetapi pada sampel ukuran besar pekerjaannya menjadi rumit. Dalam tulisan ini IMT ditentukan secara langsung oleh peralatan berbasis mikrokontroler AT89S51 dan PC. Nilai IMT yang diperoleh dibandingkan dengan perhitungan secara manual dengan ralat 0,5%. Salah satu keunggulan alat ini adalah data IMT dari seseorang akan tersimpan pada PC dan dapat dipanggil kembali. Untuk penelitian dan keperluan rumah sakit alat ini dapat dipakai karena sistem data base pada PC masih dapat dikembangkan sehingga parameter IMT yang terekam dapat dianalisis untuk tujuan tertentu.

Kata kunci. *Indeks Massa Tubuh (IMT), Database IMT, AT89S51, RS 232*

1. PENDAHULUAN.

Indeks Massa Tubuh (IMT) adalah parameter yang ditetapkan oleh WHO (Badan Kesehatan Dunia) sebagai perbandingan berat badan dengan kuadrat tinggi badan (Sarwono S, 2001). IMT ditentukan dengan cara mengukur berat dan tinggi badan secara terpisah kemudian nilai

berat dan tinggi tersebut dibagikan untuk mendapatkan nilai IMT dalam satuan kg/m^2 . Nilai IMT diberikan atas lima kriteria yaitu: kurus berat ($<17 \text{ kg/m}^2$), kurus ringan ($17,0 - 18,4 \text{ kg/m}^2$), normal ($18,5 - 25,0 \text{ kg/m}^2$), gemuk ringan ($25,1 - 27,0 \text{ kg/m}^2$) dan gemuk berat ($> 27 \text{ kg/m}^2$).

Nilai IMT berhubungan dengan banyak hal tentang kesehatan dan risiko penyakit seperti yang ditemukan banyak peneliti belakangan ini. Leonore M de Wit et al (2009) melaporkan adanya hubungan IMT dengan depresi. IMT juga diyakini mempunyai hubungan erat terhadap penyakit karena obesitas ataupun kekurangan energi pada remaja putri (Rini S, 2006). Peningkatan tekanan darah sistol dan diastol pada anak remaja laki laki IMT tinggi (obesitas) telah juga dilaporkan oleh Dany Hilmanto et al, (2008). Hubungan IMT dengan prestasi antara siswa sekolah dasar telah juga diperoleh oleh Rahayu et al., (2007).

Nilai IMT yang berhubungan dengan kesehatan mendorong usaha untuk menentukan IMT secara langsung menggunakan mikrokontroler dan sensor optokoupler untuk mengukur berat serta sensor ultrasonik PING untuk mengukur tinggi badan (Thomas et al, 2008). Mikrokontroler AT89S51 mengolah data masukan berat dan tinggi dan ditampilkan pada LCD dan kriteria IMT ditunjukkan oleh lima lampu LED. Pengukuran secara tidak langsung, dilakukan Estella et al.,(2003) dengan memperkirakan nilai IMT dari citra Abdominal Computed Tomography (CT) image. Nilai nilai IMT yang diperoleh mempunyai koefisien korelasi sebesar 0,9.

Didalam tulisan ini kriteria IMT ditentukan secara langsung melalui perhitungan di PC terhadap data berat dan tinggi yang dikirim mikrokontroler secara serial melalui komunikasi standar RS 232, Proses perhitungan pada PC sudah dilakukan Adamo. F et al (2004) untuk menentukan kandungan air dalam tanah dengan cara mengukur kecepatan bunyi yang melintasi tanah pada satu pipa dengan panjang tertentu memakai sensor bunyi dan mikrokontroler. Data kecepatan kemudian dikirim ke PC untuk diolah program yang telah dilengkapi formula dalam menentukan kandungan airnya. Hal yang sama dilakukan oleh Fratticcioli, et al (2004) untuk menentukan

permitivitas material berdasarkan hasil pengukuran frekuensi resonans dan bandwidth oleh mikrokontroller secara terpisah, kemudian hasilnya dikirim ke PC untuk dihitung berdasarkan formula yang sudah ditulis dalam program.

Metode yang dipakai di dalam tulisan ini meliputi data berat dan tinggi yang diukur load cell (timbangan digital) dan sensor ultrasonik PING 28015 akan dikirim mikrokontroler AT89S51 ke PC. Program Pada PC akan menentukan kriteria IMT dan dilengkapi juga dengan pembuatan database untuk dapat menyimpan dan mendapatkan kembali setiap kriteria IMT yang pernah diukur. Dengan demikian alat tersebut dapat dimanfaatkan untuk poliklinik/rumah sakit ataupun untuk penelitian yang berhubungan dengan IMT karena data terekam dengan baik di data base.

KOMPONEN DASAR PENGUKURAN

Sensor Berat badan dan ADC

Berat badan diukur menggunakan *load cell* yang ada pada timbangan digital merek Camry EB 610 kapasitas 100 kg. Didalam timbangan sensor strain gauge yang direntangkan pada batangan baja akan menghasilkan tegangan keluaran yang besarnya sebanding dengan beban yang diberikan. Keluaran sensor dikondisikan pada nilai dari 0 Volt (tanpa beban) sampai 4,9 Volt (beban maksimum) dengan cara pengaturan besarnya penguatan pada rangkaian penguat. Keluaran tegangan dari sensor diteruskan ke ADC 0804 dalam mode kerja *successive approximation*. Konversi tegangan pada ADC menjadi digital 8 bit diaktifkan melalui perintah program assembly yang diisikan pada mikrokontroler. Pin INT akan di set setelah konversi selesai sehingga nilai digital yang keluar dapat disimpan di akumulator yang selanjutnya akan diproses untuk dikirim melalui port serial ke PC.

Sensor Tinggi Badan

Tinggi badan diukur menggunakan sensor ultrasonik PING 28015. Pada sensor, letak pemancar ultrasonik bersebelahan dengan penerima dengan jarak yang cukup dekat sehingga sudut pantulnya kecil. Melalui perintah program pada mikrokontroler (pulsa trigger singkat), pemancar akan memancarkan sebuah pulsa gelombang ultrasonik (40 kHz) selama ($t_{burst} = 200 \mu s$), kemudian penerima mendeteksi pantulan pulsa dari bidang pemantul. Karena sudut pantul yang kecil jarak pemancar-pemantul dan pemantul-penerima tidak terpengaruh oleh sudut pantul.

Jarak bidang pantul dengan penerima ditentukan melalui pengukuran waktu tempuh pulsa (t_{pulsa}) sejak dipancarkan sampai kembali dideteksi penerima. Jarak tersebut dihitung dengan mengalikan waktu tempuh pulsa dengan kecepatan gelombang ultrasonik (344 m/s) kemudian dibagi dengan dua. Karena waktu tempuh pulsa dalam satuan μs maka bila kecepatan dituliskan sebesar 0,0344 cm/ μs maka jarak dalam satuan cm dapat diberikan dengan persamaan:

$$X = (t_{pulsa} \times 0,0344) / 2 \quad (1)$$

Mikrokontroler AT89S51

Mikrokontroler diisi program menggunakan bahasa assembly pada 4K byte memori flash PEROM untuk dapat melakukan urutan pekerjaan yaitu: pertama mengaktifkan ADC 0804 memulai konversi data berat badan kemudian membaca 8 bit keluaran ADC tersebut memproses data dan selanjutnya mengirimkan ke PC melalui komunikasi serial standar serial RS232. Pekerjaan selanjutnya memicu sensor untuk memancarkan pulsa singkat (burst) dan selanjutnya menghidupkan timer saat pulsa dipancarkan. Timer akan mencatat pada register, berapa lama waktu tempuh pulsa (t_{pulsa}) sejak dipancarkan sampai kembali

dideteksi penerima. Data waktu tersebut diolah dan kemudian dikirim ke PC melalui komunikasi serial standar serial RS232

Personal Computer (PC)

Personal Computer merupakan peralatan terakhir untuk memproses data serial yang dikirim mikrokontroler dan menampilkan pada monitor. Pada PC data berat dan tinggi badan dibaca melalui Port USB dengan menggunakan bahasa visual basic 6. Perhitungan IMT dilakukan melalui persamaan:

$$IMT = \text{Berat Badan} / (\text{Tinggi Badan})^2 \quad (2)$$

Berat badan dalam kg dan tinggi badan dalam m sehingga satuan IMT adalah kg/m^2 . Data berat dan tinggi ditampilkan di monitor dan hasil pembagiannya akan ditampilkan pada monitor sebagai kriteria IMT. Tampilan lainnya pada monitor adalah kolom teks dan command yang berhubungan dengan database untuk input dan perintah eksekusi.

METODE PENELITIAN

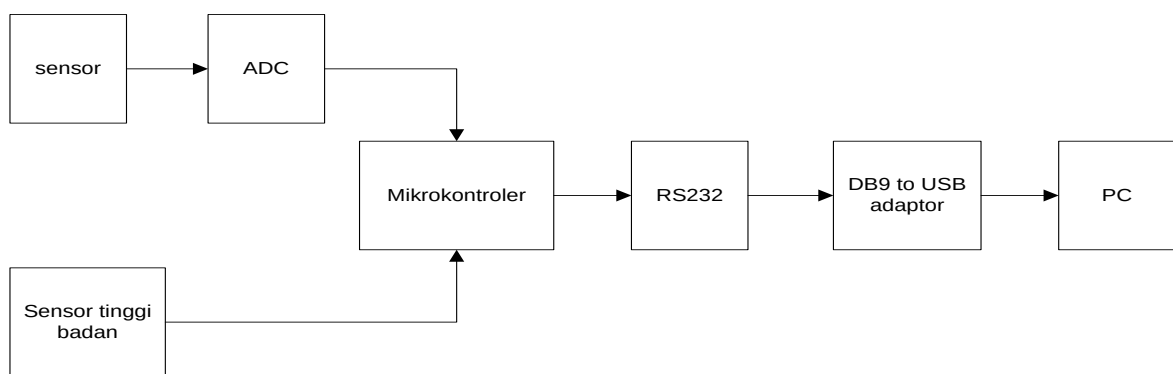
Set Up Peralatan

Seluruh komponen dihubungkan seperti diagram blok pada gambar 1a dan pada sketsa rangkaian gambar 1.b. Keluaran sensor berat dihubungkan dengan ADC 0804 yang beroperasi pada mode successive approximation dan dilanjutkan ke port mikrokontroler pada Port 0. Konversi pada ADC diaktifkan melalui instruksi bahasa assembly yang diisikan pada memori flashnya yaitu perintah `Clr P1.0` dan `Clr P1.2`. Kemudian pin P1.0 diset untuk memulai proses konversi. Konversi selesai dengan disetnya pin `INTR` dan nilai digital 8 bit hasil konversi dimasukkan ke akumulator. Data diproses untuk selanjutnya dikirim ke PC.

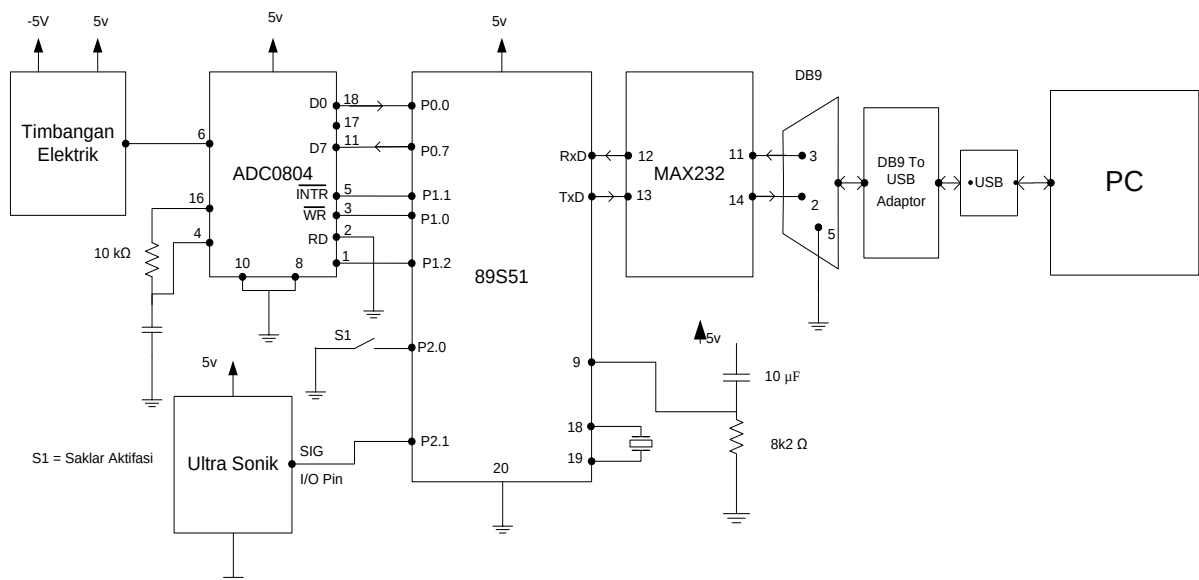
Marhaposan Situmorang : Penentuan Indeks Massa Tubuh (IMT) melalui Pengukuran Berat dan Tinggi Badan Berbasis Mikrokontroler AT89S51 dan PC

Kaki SIG sensor ketinggian (I/O pin) dihubungkan langsung dengan kaki P2.1 mikrokontroler sehingga melalui kaki tersebut mikrokontroler dapat mengaktifkan sensor PING untuk memancarkan pulsa burst sekaligus memulai cacahan timer 0 dan kemudian mendeteksi pantulan pulsa dan mengakhiri cacahan timer. Jumlah cacahan akan disimpan pada register TL0 dan TH0 untuk kemudian diproses dan dikirim ke PC.

Data yang dikirim dari kaki 11 mikrokontroler (TXD) akan melalui kaki 11 IC MAX 232 dan keluar pada kaki 14 untuk kemudian masuk pada socket DB9 pada kaki 2. Proses selanjutnya adalah melewati Adaptor DB9 to USB dan akhirnya sampai pada PC. Pada PC data dibaca menggunakan bahasa visual basic.



Gambar 1 a. Diagram Blok Set Up Peralatan



Gambar 1.b Sketsa rangkaian pengukuran

Teknik Pengukuran Berat Badan

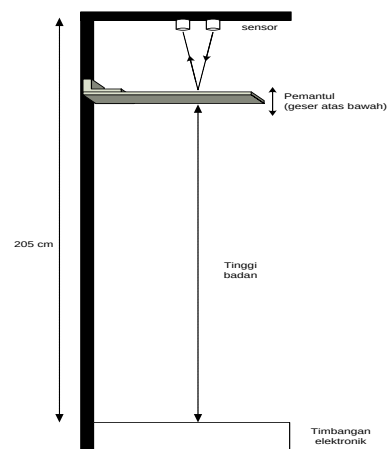
Tegangan keluaran sensor berat untuk beban dari 0 Kg sampai 100 Kg bersesuaian dengan nilai heksa 00H sampai FFH yang keluar dari ADC dan yang diinputkan ke mikrokontroler. Data heksa yang dikirim mikrokontroler ke PC hanyalah sebatas menunjukkan nilai tegangan saja; belum menunjukkan nilai berat dari yang diukur. Nilai tegangan tersebut harus dikalikan dengan faktor kalibrasi agar sesuai dengan nilai berat yang diukur. Faktor kalibrasi dibuat dengan cara membandingkan berat beban standar yang diletakkan diatas timbangan dengan nilai berat yang ditampilkan di monitor PC. Berat beban standar bervariasi dari 20 Kg sampai 90 Kg dan dilakukan untuk 5 sampel standar. Faktor kalibrasi diperoleh dari hasil pembagian antara beban standar dengan nilai yang tertampil di monitor yang dirata-ratakan dari 5 pengukuran. Jadi untuk mendapatkan nilai yang tepat data berat yang dikirim oleh mikrokontroler harus diperkalikan dengan faktor kalibrasi yang dilakukan pada PC menggunakan bahasa visual basic.

Teknik Pengukuran Tinggi Badan

Tinggi badan diukur dengan cara menyusun sensor dan bidang pemantul seperti pada gambar 2. Sensor PING mempunyai spesifikasi jarak minimum yang dapat diukur antara sensor dan pemantul sebesar 2 cm dan jarak maksimum pengukuran sampai 3 m. Alat yang dirancang memberi jarak antara timbangan dengan sensor sebesar 205 cm sehingga dengan kondisi tersebut tinggi badan maksimum yang dapat diukur adalah 203 cm. Untuk menentukan jarak antara bidang pantul dan sensor; timer 0 pada mikrokontroler menghitung jumlah cacahan waktu sejak pulsa dipancarkan sampai pulsa diterima sensor kembali. Timer diset dalam mode 1 (pencacah 16 bit) sehingga waktu cacahan

maksimum adalah sebesar 65535 μ s (frekuensi osilator =12 MHz). Nilai cacahan yang terjadi pada TL0 dan TH0 akan diubah menjadi ASCII dan selanjutnya akan dikirimkan ke PC.

Pada PC nilai cacahan dibaca dan diubah ke bentuk desimal dan dikalikan dengan kecepatan bunyi untuk memperoleh nilai jarak antara sensor dengan pemantul dalam cm. Nilai yang tertampil pada PC adalah jarak antara timbangan dengan bidang pemantul (tinggi badan) sebagai selisih antara jarak timbangan dengan sensor (205 cm) dengan jarak sensor dengan bidang pemantul (dari nilai cacahan). Nilai yang ditampilkan bila dibandingkan dengan ukuran jarak timbangan dan pemantul yang dibuat ternyata masih mempunyai penyimpangan sehingga perlu didapatkan nilai faktor kalibrasi. Faktor kalibrasi dibuat sebagai hasil pembagian nilai jarak standar antara timbangan dengan bidang pemantul yang diset dengan nilai yang tertampil di PC dan dilakukan terhadap 5 perlakuan untuk jarak timbangan dan pemantul dari 10 cm sampai 60 cm. Akhirnya untuk mendapatkan tinggi badan yang tepat nilai cacahan setelah diperkalikan dengan kecepatan bunyi harus juga diperkalikan dengan faktor kalibrasi. Proses perhitungannya untuk mendapatkan tinggi badan dilakukan pada PC dengan program menggunakan visual basic.



Gambar 2. Teknik Pengukuran Tinggi Badan

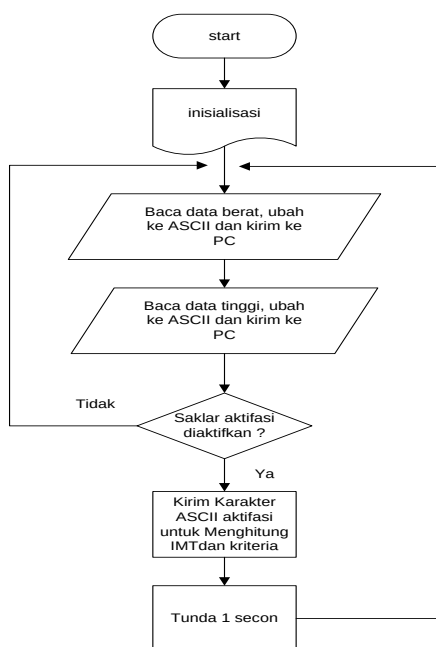
Perencanaan Perangkat Lunak

Pemrograman AT89S51

Perangkat lunak ditulis dalam bahasa assembly MCS 51 dan diisikan pada AT89S51. Penulisan program disesuaikan dengan rancangan diagram alir seperti gambar 3.

Program diinisialisasi agar mikrokontroler dapat melakukan komunikasi asinkron (UART) dan melalui pengaturan pada register SCON bekerja pada mode 1. Sebagai pembangkit baud rate digunakan timer 1 yang bekerja pada mode 2 (auto reload) melalui pengaturan pada register TMOD. Baud rate sebesar 9600 bps kemudian dipilih dengan cara memasukkan nilai awal FDH pada register TH1.

Pertama sekali program akan membaca data berat keluaran ADC dalam bentuk heksa, kemudian data akan diubah kedalam bentuk ASCII dan selanjutnya dikirim ke PC. Waktu tunda dibuat untuk meyakinkan bahwa data telah semuanya terkirim dan telah dibaca pada PC.



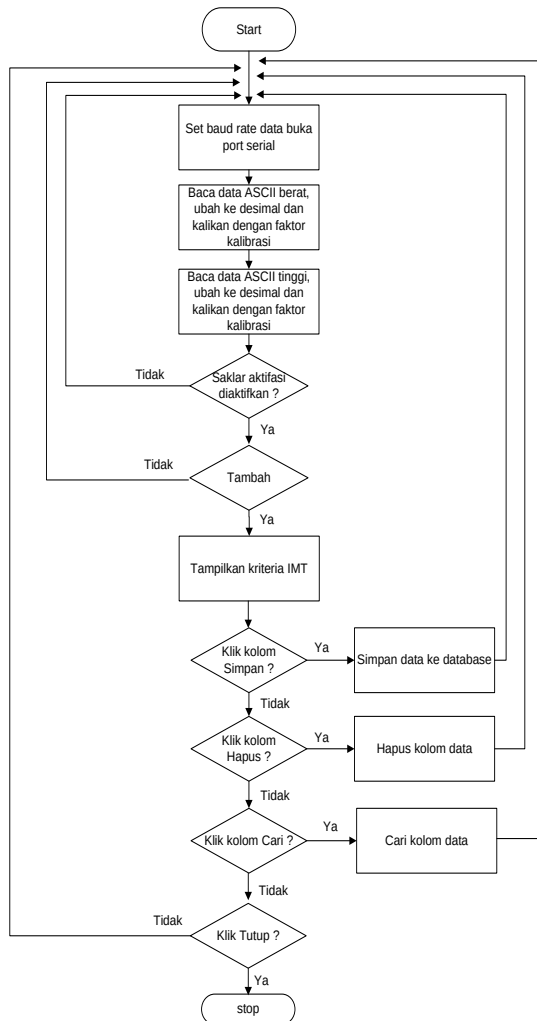
Gambar 3. Diagram Alir Pemrograman Assembly

Selanjutnya program akan membaca data tinggi badan melalui cacahan pada register timer 0, mengubahnya kedalam bentuk ASCII dan mengirimnya ke PC. Pengiriman data berat dan tinggi akan terus berlangsung sampai saklar aktifasi diaktifkan. Pada saat saklar aktifasi diaktifkan, mikrokontroler akan mengirimkan karakter sebagai tanda bahwa program visual basic pada PC akan melakukan perhitungan IMT (Index Massa Tubuh) menggunakan data berat dan tinggi yang terakhir kali terkirim.

Pemrograman Visual Basic pada PC

Pada PC dibuat satu file Project berisi Form dan Source Code, untuk pembuatan Graphical User Interface (GUI) dan untuk mengeksekusi data yang dikirim dari mikrokontroler. Pada Form akan dilengkapi komponen untuk komunikasi serial dan timer. Satu folder dengan file project akan dibuat file Database Access 2003 dengan field : Nama, Umur, J_Kelamin, Alamat, Berat, Tinggi dan Kriteria_IMT. File database kemudian dikoneksikan dengan Form menggunakan komponen ADO data control dan Data Grid control. Kode-kode program dibuat untuk menempatkan input pada kolom text di Form, juga untuk menempatkan data berat, tinggi ke kolom text dan untuk mengaktifkan perintah pada kolom command.

Kode program dibuat seperti diagram alir pada gambar 4. Port serial yang digunakan adalah COM 1 dan MSCOMM 1 diset agar sesuai dengan baud rate yang telah diset pada mikrokontroler. Setelah port serial yang dihubungkan dengan MSCOMM 1 dibuka, data string pada buffer penerima akan dibaca. Data yang pertama dibaca adalah data berat dengan cara mengaktifkan timer untuk tiap digit data yang dikirimkan. Proses timer selanjutnya adalah mengubah dari ASCII ke desimal dan memperkalikan data tersebut dengan faktor kalibrasi dan menampilkan data di monitor PC.



Gambar 4. Diagram Alir Pemrograman Visual Basic 6

Proses selanjutnya membaca data tinggi dengan cara mengaktifkan timer untuk tiap digit data tinggi yang diterima. Selanjutnya proses timer akan mengubah data ASCII menjadi desimal dan memperkalikan dengan kecepatan bunyi dan faktor kalibrasi dan menampilkannya pada monitor PC. Saat saklar aktifasi diaktifkan, program akan menghitung IMT dari data berat dan tinggi yang diterima terakhir. Untuk penentuan IMT diperlukan data tinggi dalam satuan meter sehingga sebelum perhitungan IMT dilakukan, program harus membagi data tinggi dalam satuan cm dengan 100.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran IMT dan Hasil

Pengukuran IMT menggunakan peralatan yang dirancang dilakukan terhadap lima orang dewasa dengan tinggi dan berat badan yang bervariasi. Person yang hendak diukur IMT nya berdiri diatas timbangan dan bidang pemantul diturunkan sampai menyentuh bagian atas kepala yang bersangkutan. Mikrokontroler dihidupkan dan Project pada PC diaktifkan maka pada monitor PC akan terlihat tampilan GUI yang terdiri dari beberapa kolom input dan command seperti terlihat pada Gambar 5. Nilai berat dan tinggi yang dikirim mikrokontroler terlihat pada kolom berat dan tinggi tetapi belum stabil karena nilai tersebut terus diperbarui oleh program yang terus berjalan.

Pengukuran IMT dimulai dengan mengklik kolom tambah pada GUI. Kemudian Nama, Umur, J_Kelamin dan Alamat diisikan dan saklar aktifasi diaktifkan. Saat saklar hidup, nilai berat, tinggi dan kriteria IMT yang stabil akan ditampilkan dan ketika command simpan di klik seluruh data tadi akan disimpan pada database. Pada GUI terlihat database pengukuran IMT untuk 5 orang.

NAMA	UMUR(THN)	J_KELAMIN	ALAMAT	BERAT(KG)	TINGGI(CM)	KRIITERIA_IMT
CHARLES	22	PRIA	MEDAN	81	167	GEMUK BERAT
BAMBANG	19	PRIA	MEDAN	72	175	NORMAL
YANDRAS	18	PRIA	MEDAN	55	171	NORMAL
SUDOTO	20	PRIA	MEDAN	48	164	KURUS RINGAN
SUSILAWATI	20	WANITA	MEDAN	64	157	GEMUK RINGAN

Gambar 5. Rancangan GUI pada PC

Marhaposan Situmorang : Penentuan Indeks Massa Tubuh (IMT) melalui Pengukuran Berat dan Tinggi Badan Berbasis Mikrokontroler AT89S51 dan PC

Tabel 1. Data pengukuran berat, tinggi badan dan IMT.

Berat (kg) manual	Berat (kg) alat	Tinggi (cm) alat	IMT (kg/m ²) manual	IMT (kg/m ²) alat	Ralat (%)
81,3	81	167	29,2	29,1	0,5
72,4	72	175	23,6	23,5	0,5
58,9	59	171	20,1	20,1	0,0
64,3	64	157	26,0	25,9	0,5
48,2	48	164	17,9	17,8	0,5

Hasil yang diperoleh dari pengukuran untuk lima orang memakai alat dibandingkan dengan pengukuran berat secara manual diberikan pada Tabel 1.

Pembahasan

Peralatan yang dirancang telah dapat menentukan secara langsung kriteria IMT melalui proses pengambilan data berat dan tinggi oleh sensor dan mikrokontroler, kemudian data diteruskan ke PC untuk di proses dan ditampilkan pada monitor. Peranan PC dalam hal ini bukan hanya sebagai penampil data saja tetapi lebih dari itu bahwa program yang ditulis pada PC telah dapat melakukan komputasi lanjutan dan juga menyimpan dan retrieval data. Proses memperkalikan faktor kalibrasi, operasi pengurangan dan pembagian untuk tinggi badan dan perhitungan IMT berikut kriterianya adalah komputasi lanjutan yang telah berperan dalam penentuan nilai IMT yang diperoleh.

Hasil pengukuran peralatan dibandingkan dengan pengukuran secara manual tidak jauh berbeda. Penyimpangan yang terjadi pada IMT adalah sebesar $\pm 0,1$ atau sekitar 0,5 % yang disebabkan oleh pengukuran berat yang tidak mengikuti nilai desimal dibelakang koma. Penyimpangan ini tidak terlampaui berarti dalam hal penentuan IMT karena kriteria IMT nya diberikan pada nilai interval tertentu yang cukup besar bukan dalam bentuk nilai mutlak. Untuk keperluan perolehan data IMT dengan cepat pada

penelitian yang membutuhkan sampel yang besar alat ini sudah cukup handal untuk digunakan. Demikian juga peralatan ini sangat dibutuhkan di rumah sakit untuk mengetahui perubahan IMT pasien secara cepat waktu mendaftar di rumah sakit, karena peralatan didukung sistem data base. Walaupun demikian untuk penyempurnaan alat maka untuk penelitian selanjutnya teknik pemrogram assembly perlu ditingkatkan agar dapat menangani bilangan pecahan pada pengukuran berat (Usman, 2008).

KESIMPULAN

Alat pengukur IMT yang dirancang menggunakan sensor load cell untuk mengukur berat dan sensor jarak ultrasonic PING untuk mengukur tinggi badan yang berbasis mikrokontroler AT89S51 dan PC telah dapat menghitung nilai IMT dan kriterianya secara langsung. Program pada mikrokontroler mengatur urutan proses pengambilan data dari sensor, mengolah data dan mengirim ke PC. Program pada PC membaca data, mengolah data dan menampilkan pada monitor. Hasil pengukuran memberikan nilai IMT dan kriteria IMT yang cukup baik yang hanya menyimpang 0,5 % dari hasil perhitungan manual. Alat ini cocok dipakai untuk keperluan penelitian dengan sampel besar yang memerlukan parameter IMT dan juga untuk rumah sakit karena didukung oleh sistem data base.

DAFTAR PUSTAKA

- Adamo F, Andria G, Attivissimo F and Giaquinto N. (2004). *An acoustic method for soil moisture measurement*. IEEE Transaction on instrumentation and measurement. Vol. 53. NO. 4. pp. 891-898.
- Dany Hilmanto, Julistio TB Djais, dan Henny Marina. (2008). *Hubungan Antara Indeks Massa Tubuh dan Peningkatan Tekanan Darah pada Anak Remaja Obes*

- Dengan Hipertensi, Bionatura vol. 10, No.1.
- Estella M, Geraghty and Boone J.M. (2003). *Determination of height, weight, body mass index and body surface area with single abdominal CT image*. Radiology. Vol. 228. Pp.857-863.
- Fritticioli E, Dionigi M and Sorrentino R. (2004). *A simple low-cost measurement system for the complex permittivity characterization of materials*. IEEE Transaction on instrumentation and measurement. Vol. 53. NO. 4. pp. 1071-1077.
- Leonore M de Wit, Annemieke van Straten, Marieke van Herten, Brenda WJH Penninx and Pim Cuijpers. (2009). *Depression and body mass index, a U shaped association*, BMC Public Health. 9:14doi:10.1186/1471-2458-9-14.
- Rini Santy.(2006). *Determinan Indeks Massa Tubuh Remaja Putri di Kota Bukit Tinggi Tahun 2006*. Jurnal Kesehatan Masyarakat, vol 1, No. 3.
- Rahayu, Atikah, Astika dan Yuli.2007. *Perbandingan Indeks Massa Tubuh (IMT) antara siswa di beberapa sekolah dasar di kecamatan Cempaka dengan Banjarbaru kota* Berkala kedokteran, jurnal kedokteran dan kesehatan, vol.6, No.2 .pp. 159-166.
- Sarwono S. (2003). *Pedoman praktis memantau status gizi orang dewasa untuk mempertahankan berat badan normal berdasarkan indeks massa tubuh*. Gramedia, Jakarta. Pp. 20-32.
- Thomas, Johan K.W, Henhy. 2008. *Sistem pengukur berat badan dan tinggi badan menggunakan mikrokontroler AT89S51*. TESLA. Vol. 10, No.2. pp 79-84.
- Usman.2008. *Teknik antar muka + pemrograman mikrokontroler AT89S52*. Andi.Yogyakarta. pp.402-415.