

Rancang Bangun Prototype Tensimeter Digital Berbasis Arduino

Indrawanto^{1,*}, Alfran Adhitya² dan Miftakhudin³

^{1,2,3} Fakultas Teknik Mesin dan Dirgantara, Institut Teknologi Bandung, Indonesia

* indrawanto@ftmd.itb.ac.id

Abstrak

Tekanan darah merupakan salah satu parameter penting dalam mendiagnosa suatu penyakit. Alat yang digunakan untuk mengukur tekanan darah adalah sphygmomanometer atau tensimeter. Makalah ini menyajikan rancang bangun prototype tensimeter digital menggunakan prinsip kerja *oscillometric method*. Pada tensimeter ini kompresor kecil akan memompa dan menaikkan tekanan udara pada manset. Sensor tekanan udara dihubungkan pada saluran antara manset dan kompresor untuk mengukur tekanan manset dan perubahan tekanan yang berupa pulsa akibat denyut pada pembuluh nadi. Sebuah katup solenoid mengempiskan manset setelah pengukuran selesai. Penentuan nilai tekanan darah dilakukan dengan menganalisis sinyal keluaran sensor. Tensimeter digital yang dibuat dibandingkan dengan tensimeter raksa dalam pengujian pada beberapa sampel. Hasil pengujian menunjukkan, tensimeter digital yang dirancang ini dapat mengukur tekanan darah dengan keterulangan yang cukup baik dengan simpangan rata-rata maksimal 4,6 mmHg

Kata kunci tekanan darah, tensimeter, *oscillometric method*, sensor tekanan, Arduino

Pendahuluan

Beberapa penyakit manusia berhubungan langsung dengan kondisi tekanan darah yang tidak normal antara lain, tekanan darah tinggi (hipertensi) dan tekanan darah rendah (hipotensi). Hipertensi merupakan penyakit yang sangat umum terjadi dalam masyarakat. Hipertensi merupakan penyakit berbahaya karena dapat mengakibatkan komplikasi lainnya seperti gangguan jantung dan stroke. Oleh karena itu tekanan darah penderita hipertensi harus dipantau secara rutin.

Alat pengukur tekanan darah disebut *sphygmomanometer*. *Sphygmomanometer* berasal dari 2 kata yaitu *sphygmo* dan *manometer*. *Sphygmo* dalam bahasa Yunani berarti detak, sedangkan manometer adalah alat pengukur tekanan. *Sphygmomanometer* juga biasa disebut tensimeter. Tensimeter yang biasa digunakan oleh tenaga medis adalah tensimeter raksa yang pengukurannya berdasarkan ada atau tidaknya bunyi *korotkoff*. Bunyi ini didengar melalui bantuan *stetoskop*. Namun tidak semua orang mahir dalam menggunakan alat ini

seperti tenaga medis. Perkembangan teknologi memungkinkan dibuatnya tensimeter digital. Tensimeter digital dapat mengukur tekanan darah secara otomatis dan menampilkan hasil pengukurannya dalam bentuk angka bulat.

Kebutuhan kesehatan di Indonesia sekarang sangat tinggi sehubungan dengan jumlah penduduk yang lebih dari 250 juta. Namun, hamper semua alat kesehatan termasuk tensimeter adalah barang buatan luar negeri. Oleh karena itu penelitian ini mencoba untuk merancang-bangun ulang sebuah tensimeter digital sederhana yang dapat mengukur tekanan darah dan *heart rate* secara cukup akurat berbasis Arduino

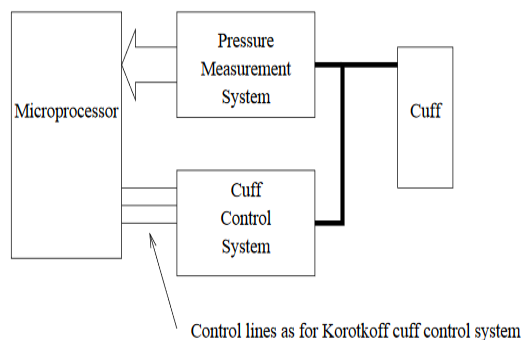
Tekanan darah. Tekanan darah adalah gaya yang diberikan oleh darah terhadap setiap satuan luas dinding pembuluh darah. Nilai tekanan darah hampir selalu dinyatakan dalam satuan millimeter air raksa (mmHg).[1]

Tekanan maksimum yang diberikan oleh darah pada pembuluh darah arteri saat darah masuk selama sistol disebut tekanan darah sistolik. Nilai tekanan darah sistolik

yang wajar berkisar pada 120 mmHg. Sedangkan tekanan minimum pada pembuluh darah arteri ketika darah mengalir di sepanjang pembuluh saat diastol disebut tekanan darah diastolik. Nilai tekanan darah diastolik berkisar antara 80 mmHg.[1]

Sistem Tensimeter Digital.

Berbeda dengan tensimeter air raksa yang menggunakan bunyi *korotkoff* sebagai acuan pengukuran tekanan darah, tensimeter digital menggunakan oscillometric method. Gambaran umum oscillometric method dijelaskan pada Gambar 1 [2]. Metode oscillometric menganalisis sinyal yang didapat dari sensor tekanan yang mengukur tekanan udara pada manset. Manset dipompa dengan sebuah kompresor dan dikempiskan dengan menggunakan katup solenoid.



Gambar 1. Skema *oscillometric method* [2]

Desain Tensimeter Digital.

Tensimeter digital ini terdiri dari sistem perangkat keras dan system perangkat lunak seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Sistem perangkat keras alat ini terdiri dari sensor tekanan MPX5050GP sebagai pengukur tekanan udara manset, rangkaian filter dengan menggunakan Op Amp LM741 sebagai penguat, kompresor dan katup solenoid sebagai pemompa dan pengempis manset (*handcuff*), *push button*, dan relay sebagai saklar.



Gambar 2. Desain tensimeter digital

Sedangkan sistem perangkat lunak alat ini adalah program yang dibuat menggunakan software Arduino IDE. Bahasa pemrograman yang digunakan adalah bahasa C.

Sensor tekanan MPX5050GP.

Sensor tekanan merupakan komponen paling utama dari sistem tensimeter digital. Sensor tekanan digunakan untuk menggantikan peran air raksa pada tensimeter air raksa. Selain digunakan sebagai pengukur tekanan udara pada manset, sensor tekanan juga digunakan untuk mendeteksi adanya perubahan tekanan udara akibat adanya denyut pada pembuluh darah.

Sensor MPX5050GP, ditunjukkan pada Gambar 3, menggunakan prinsip piezo-resistif. Adanya tekanan yang diberikan ke diafragma sensor akan menghasilkan perubahan nilai hambatan sensor. Keluaran sensor ini berupa tegangan output diferensial yang sebanding dengan nilai tekanan yang diterapkan. Sensor MPX5050GP merupakan *Fully Integrated Pressure Sensor*, yang berarti sensor telah mencakup rangkaian pengkondisian sinyal berupa filter dan penguat sehingga tegangan maksimum yang dihasilkan sensor adalah 5 V. [3]

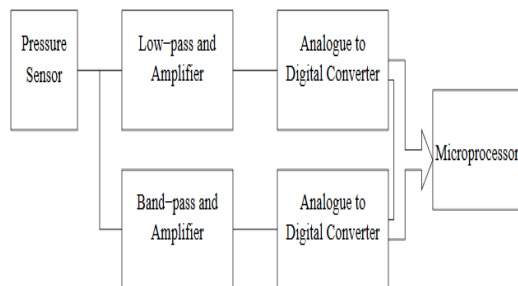
Sensor MPX5050GP mengukur tekanan *gauge* dalam rentang 0-50 kPa. Apabila dikonversi ke dalam satuan mmHg, maka 50 kPa akan bernilai sekitar 375 mmHg. Nilai ini sudah cukup untuk mengukur tekanan darah manusia.



MPX5050GP
CASE 867B-04

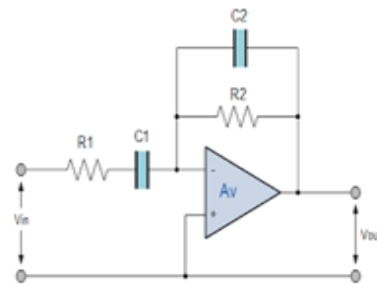
Gambar 3. Sensor tekanan MPX5050GP
[3]

Filter Aktif. Pada metode *oscillometric*, tekanan darah diukur dengan menganalisis osilasi tekanan darah akibat denyut. Osilasi tekanan akibat denyut pembuluh darah tidak bisa terlihat dengan jelas karena amplitudo osilasi yang sangat kecil. Maka sinyal keluaran sensor tekanan akan diteruskan ke sebuah rangkaian filter aktif sebelum diproses di mikrokontroler untuk mendapatkan osilasi tegangan yang cukup jelas, seperti ditunjukkan Gambar 5. Filter aktif yang digunakan adalah *band-pass filter* dengan nilai penguatan tertentu. Filter akan dibuat dengan menggunakan Op Amp LM 741 sebagai penguat.



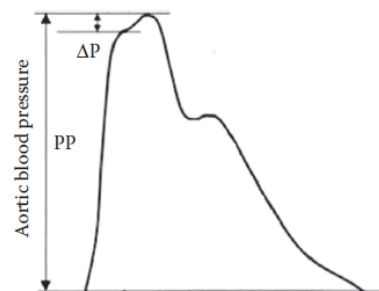
Gambar 4. Skema sensor tekanan[2]

Low-pass filter sudah termasuk di dalam sensor MPX5050GP, sehingga yang perlu ditambahkan adalah *band-pass filter* pada Gambar 5. Sinyal hasil yang diharapkan adalah sinyal yang menyerupai siklus tekanan darah seperti Gambar 6.



Gambar 5. Rangkaian band-pass filter

Kecepatan siklus detak jantung manusia berkisar antara 60-100 bpm (*beat per minute*). Hal ini berarti frekuensi detak jantung berkisar antara 1- 1.6 Hz. Maka *bandwidth band-pass filter* harus mencakup rentang frekuensi tersebut.



Gambar 6. Siklus tekanan darah arteri [5]

Untuk mendapatkan hasil yang baik dibuat rangkaian *band-pass filter 2 tahap*. Nilai *bandwidth* ditentukan dengan mengatur nilai resistor R_1 dan R_2 serta kapasitor C_1 dan C_2 seperti pada Pers. 1 dan Pers. 2

$$f_{c_{high}} = \frac{1}{2\pi R_2 C_2}$$

(1)

$$f_{c_{low}} = \frac{1}{2\pi R_1 C_1}$$

(2)

$f_{c_{high}}$ = frekuensi *cutoff* atas

$f_{c_{low}}$ = frekuensi *cutoff* bawah

Band-pass filter tahap 1 dibuat dengan rentang bandwidth 0,34 – 13,4 Hz sedangkan tahap 2 dibuat dengan rentang bandwidth 0,34 – 2,82 Hz. *Band-pass filter* keseluruhan diuji dengan osiloskop dan

menampilkan hasil pada Gambar 7. Hasil yang didapat menyerupai siklus tekanan darah arteri pada Gambar 6.



Gambar 7. Pengujian *band-pass filter*

Kompresor dan Katup Solenoid.
Tensimeter digital yang dibuat harus dapat memompakan dan mengempiskan manset secara otomatis. Hal ini dapat dilakukan dengan menggunakan sebuah kompresor dengan penggerak motor DC dan sebuah katup solenoid.

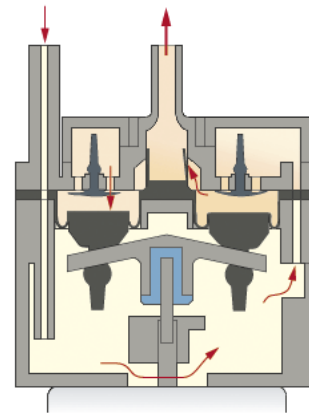
Kompresor adalah alat yang digunakan untuk memberikan tekanan pada *compressible fluids* seperti udara. Kompresor yang digunakan pada tensimeter adalah kompresor Oken Seiko P53A02RW seperti pada Gambar 8. Kompresor ini memiliki beberapa silinder dengan sebuah diafragma. Diafragma pada masing-masing silinder akan mengembang dan mengempis untuk memompakan udara ke manset sesuai dengan arah putaran motor seperti pada Gambar 9.



Gambar 8. Kompresor P53A02RW [6]

Kompresor ini dapat memampatkan udara hingga 80 kPa dengan kecepatan aliran udara maksimal sebesar 1,6 L/min. Motor DC penggerak kompresor

memerlukan tegangan suplai sebesar 6 V. Arus yang dibutuhkan berkisar antara 170 mA sampai 250 mA.[7]



Gambar 9. Mekanisme kerja kompresor [6]

Sedangkan katup solenoid adalah katup yang dioperasikan secara elektromekanik. Solenoid akan dialiri arus listrik dan akan menghasilkan medan magnet. Medan magnet akan menghasilkan gaya magnet yang akan menggerakkan katup.

Katup yang digunakan adalah katup keluaran KOGE yaitu KOGE KSV05B yang ditunjukkan pada Gambar 10. Katup ini adalah katup solenoid 2 port, bertipe *Normally Open (NO)*, dan digunakan untuk fluida udara.



Gambar 10. Katup Solenoid KSV05B

Kompresor dan katup solenoid bekerja sesuai perintah dari mikrokontroler pada pin 10 dengan bantuan relay sebagai switch.

Mikrokontroler Arduino Uno.
Tensimeter digital membutuhkan sebuah mikrokontroler sebagai pengolah sinyal sensor dan pengendali kompresor dan katup. Mikrokontroler adalah sebuah computer kecil pada satu sirkuit terpadu

yang berisi prosesor, memori, dan *input/output*.

Arduino Uno pada Gambar 11, adalah mikrokontroler yang menggunakan mikroprosesor ATmega328. Uno memiliki 14 digital pin *input/output* (6 dapat digunakan sebagai *output* PWM), 6 *input* analog dengan ADC resolusi 10 bit, koneksi USB, jack listrik, header ICSP, tombol reset.[8]



Gambar 11. Arduino Uno[8]

Prinsip Kerja Tensimeter Digital.

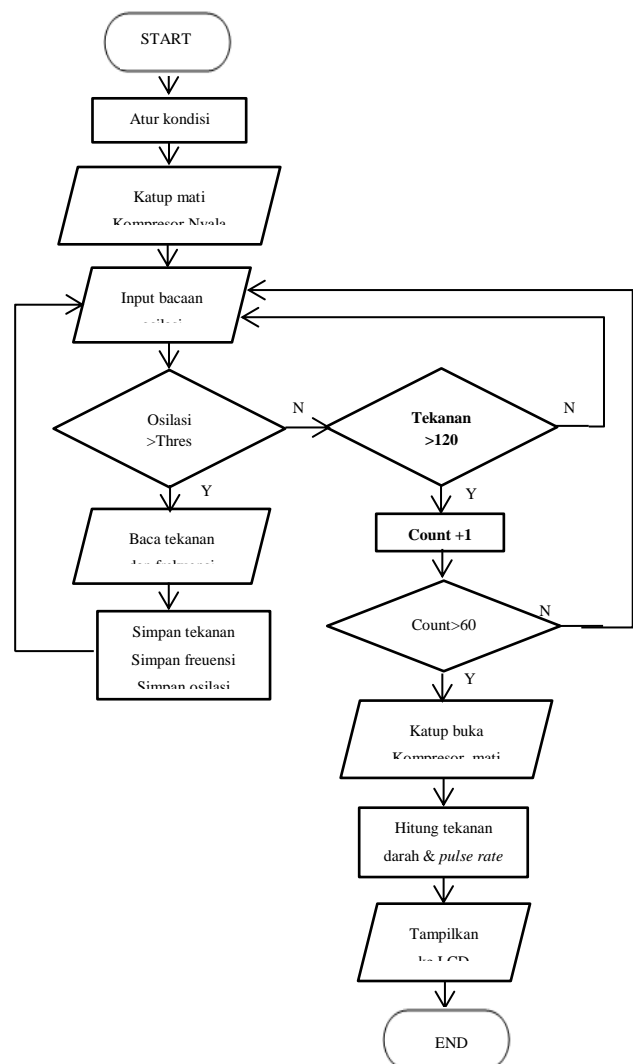
Pengukuran tekanan darah dengan tensimeter digital pada Gambar 12 dimulai apabila tombol START ditekan. Tombol START akan memberikan perintah pada mikrokontroler untuk memulai proses pengukuran. Tensimeter bekerja setelah inisialisasi nilai variabel. Selanjutnya motor DC dinyalakan untuk menggerakkan kompresor dan katup solenoid ditutup dengan dialiri arus.

Pada umumnya, pengukuran tekanan darah dilakukan pada saat pengempisan manset yang dilakukan secara perlahan. Namun pada pengukuran dengan tensimeter digital ini, pengukuran tekanan darah langsung dilakukan saat kompresor memompa manset.

Sensor tekanan akan mengukur nilai tekanan udara di dalam manset dan osilasi yang terjadi akibat adanya denyut pada pembuluh arteri selama kompresor memompa manset. Kompresor akan menyimpan nilai tekanan yang terukur, amplitudo osilasi yang terjadi dan frekuensi osilasi. Osilasi akan terjadi karena adanya tekanan yang menghambat aliran darah pada pembuluh. Osilasi tidak akan terjadi pada saat tekanan manset belum cukup kuat

untuk menekan pembuluh darah dan pada saat tekanan manset sangat tinggi sehingga mencegah darah pada pembuluh untuk mengalir.

Kompresor akan dimatikan dan katup akan dibuka pada osilasi sudah tidak terjadi lagi. Hal ini ditujukan apabila motor memompa manset sampai ke tekanan yang sangat tinggi maka orang akan merasa lengannya sakit. Hal ini juga dapat mempersingkat waktu pengukuran.



Gambar 12. Flowchart Tensimeter Digital

Hasil Pengujian. Komponen perangkat keras tensimeter digital akan di pasang dan dirakit. Bentuk fisik dari tensimeter digital yang dibuat ditunjukkan pada Gambar 13. Tombol merah adalah

tombol START dan tombol hitam adalah tombol RESET.

Tensimeter digital ini diuji dengan melakukan pengukuran tekanan darah ke beberapa sampel. Hasil pengukuran terlihat pada LCD berwarna biru seperti yang ditunjukkan pada Gambar 14. Masing masing sampel diukur tekanan darahnya dengan menggunakan tensimeter digital dan tensimeter air raksa. Tensimeter air raksa digunakan sebagai pembanding karena tensimeter air raksa adalah standar emas pengukuran tekanan darah.



Gambar 13 Bentuk fisik tensimeter

Tekanan darah sampel diukur terlebih dahulu dengan tensimeter air raksa. Setelah pengukuran selesai maka tekanan darah sampel langsung diukur dengan menggunakan tensimeter digital. Proses ini diulangi selama 5 kali dengan jeda yang cukup untuk mengetahui keterulangan tensimeter digital. Hasil pengukuran akan dirata rata dan dibandingkan dengan hasil pengukuran tensimeter air raksa. Hasil pengukuran dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 14. Tampilan hasil pada LCD

Tabel 1. Hasil pengujian tensimeter digital

Nama	Hasil Rata-Rata Pengukuran				Absolute Error (mmHg)	
	Digital (mmHg)		Raksa (mmHg)			
	Sistol	Diastol	Sistol	Diastol	Sistol	Diastol
Ilham	119,4	80	118,2	79	1,2	1
Sarita	99,6	69,2	103	73	3,4	3,8
Akbar	113,6	77,8	112	76	1,6	1,8
Danu	112,2	81,6	111	83	1,2	1,4
Stenvil	95	65,6	97	70	2	4,4
Edi	145,8	84	142	85	3,8	1
Asep	150,6	92,2	146	90	4,6	2,2
Abdi	104	62,6	107	66	3	3,4
Abiyyu	134,6	95,8	133	92	1,6	3,8

Lama pengukuran tekanan darah bervariasi tergantung nilai tekanan darah yang diukur. Lama pengukuran berkisar antara 25-35 detik.

Kesimpulan

Pada makalah ini telah disajikan rancang bangun prototype tensimeter digital menggunakan prinsip kerja *oscillometric method*. Hasil pengujian prototype tensimeter digital berbasis Arduino ini dapat mengukur tekanan sistolik dan diastolic dengan cepat dan cukup baik dalam keterulangan maupun akurasi. Rata-rata kesalahan maksimal pengukuran yang terjadi adalah sebesar 4,6 mmHg.

Referensi

- [1] Sherwood, Lauralee. Human Physiology: From Cell to System 6th Ed. Belmont: Thomson Hiher Education(2007) 343-345
- [2] Towsend, Neil. Medical Electronics (2001)
- [3] Informasi dari MPX5050GP Datasheet <http://www.farnell.com/datasheets/673750.pdf> (diakses tanggal 17 Juni 2016)
- [4] informasi dari

http://www.electronics-tutorials.ws/filter/filter_7.html (diakses tanggal 17 Juni 2016)

[5] V.Kamath, Markad. Heart Rate Variability (HRV) Signal Analysis: Clinical Application. London: Taylor Francis Group (2013) 63

[6] Informasi dari <http://okenseiko.com/en/product/rollingpump/> (diakses tanggal 17 Juni 2016)

[7] Informasi dari P53A02RW datasheet <http://okenseiko.com/en/product/rollingpump/air/P53A02RW.pdf> (diakses tanggal 17 Juni 2016)

[8] Informasi dari <https://www.arduino.cc/en/Guide/MacOSX> (diakses tanggal 17 Juni 2016)