

Desain Awal Instrumen untuk Sistem Pengukuran Kecepatan Denyut Nadi

Rocky Alfanz

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Cilegon, Banten

Email: rocky.alfanz@ft-untirta.ac.id

Abstrak — Kecepatan denyut nadi (*Pulse Wave velocity/PWV*) menggambarkan seberapa cepat denyut tekanan darah melakukan perjalanan dari satu titik ke titik lain dalam tubuh manusia. Dari perhitungan kecepatan denyut nadi, dapat diketahui seberapa keras jantung telah bekerja. Denyut nadi yang terlalu cepat, terlalu lambat, atau tidak beraturan dapat berarti gangguan pada jantung. Sebuah diagram skematik desain alat pengukuran *PWV* yang terdiri dari sensor, penguat dan penyaring sinyal, instrument khusus untuk akuisisi data, serta sistem pengolah telah di rancang. Pengukuran *PWV* dilakukan dengan menghitung jarak antara gelombang berjalan (ΔD) di bagi dengan selisih perbedaan waktu yang di tempuh gelombang gerak pada jarak tersebut (ΔT).

Kata Kunci : kecepatan denyut nadi (*Pulse Wave Velocity/PWV*), kardiovaskular, sensor, sistem data akuisisi, disain instrumen.

Abstract — Speed pulse (*Pulse wave velocity / PWV*) describes how fast the blood pressure pulse to travel from one point to another within the human body. Calculation speed of the pulse, it can be seen how hard the heart has to work. Pulse rate that is too fast, too slow, or irregular heart can mean interference. A schematic diagram of the *PWV* measurement tool design consists of sensors, signal amplifiers and filters, specialized instruments for data acquisition, serta processing system has been designed. *PWV* measurement is done by calculating the distance between wave (ΔD) divided by the difference in the travel time difference at a distance the wave motion (ΔT).

Keywords : speed pulse (*Pulse Wave Velocity / PWV*), cardiovascular, sensors, a data acquisition system, the design of the instrument.

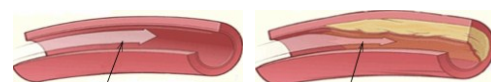
I. PENDAHULUAN

Tekanan darah tinggi merupakan faktor penting yang mempengaruhi risiko kardiovaskular. Umumnya komponen penilaian untuk tekanan darah dapat di lihat dari perbedaan denyut tekanan antara puncak dan lembah dari tekanan sistolik dan tekanan diastolik gelombang tekanan darah, masing-masing. Hal inilah yang saat ini dapat di jadikan acuan paling mudah untuk mengetahui resiko factor kardiovaskular. Kecepatan denyut gelombang (*Pulse Wave Velocity/PWV*) merupakan index yang penting untuk mengetahui resiko disfungsi kardiovaskular dan dipergunakan sebagai peringatan awal untuk kemungkinan terjadinya factor resiko tersebut. Bahkan, pada beberapa populasi pasien, hal ini merupakan faktor yang paling penting untuk mengukur tekanan darah [1].

Denyut merupakan pemeriksaan pada pembuluh nadi atau arteri. Nadi adalah denyut nadi yang teraba pada dinding pembuluh darah arteri yang berdasarkan sistolik dan diastolik dari jantung. *PWV* menggambarkan seberapa cepat denyut tekanan darah melakukan perjalanan dari satu titik ke titik lain dalam tubuh manusia. Setiap kali jantung berdenyut, sebuah gelombang melakukan perjalanan dari jantung ke dinding arteri di dalam aliran darah [2]. Hal inilah yang menjadi dasar untuk pengukuran kecepatan denyut nadi

(*PWV*). Pengukuran denyut nadi ini merupakan metode noninvasive, tentu saja hal ini mempermudah untuk mengetahui kekakuan denyut nadi, sehingga didapatkan suatu standar yang lebih optimal berhubungan dengan keakurasian, reproduksibilitas, pengukuran relatif mudah, dan biaya rendah [3, 4]. Denyut merupakan pemeriksaan pada pembuluh nadi atau arteri.

Pengukuran dan pemeriksaan denyut pada pembuluh nadi atau arteri dapat dilakukan pada beberapa titik denyut misalnya denyut arteri radialis pada pergelangan tangan, arteri brachialis pada lengan atas, arteri karotis pada leher, arteri poplitea pada belakang lutut, arteri dorsalis pedis atau arteri tibialis posterior pada kaki.



(a) Arteri (b) arteri yang tersumbat
Gambar 1. Perbedaan laju aliran darah antara arteri yang normal dan yang terhambat.

(Source: www.health-news-and-information.com)

Dari denyut nadi, dapat diketahui seberapa keras jantung bekerja, dan dapat pula untuk menentukan diagnosa sehingga segera dapat diketahui jika adanya kelainan-kelainan pada seseorang. Dengan adanya pengetahuan tentang denyut nadi, tipe penyakit

kardiovaskular dapat di dioagnosa berdasarkan perbedaan ketajaman, amplitude dan ritme dari denyutnya. Faktor dari efek kardiovaskular ini dapat berupa volume stroke dari hati, kepatuhan jaringan jantung dan karakter ejeksi jantung sistolik. Berbagai penyakit yang berhubungan dengan kardiovaskular dapat didiagnosis berdasarkan berbagai jenis bentuk denyut kardiovaskular [5].

Variasi tekanan di dalam arteri akan mempengaruhi pergerakan dinding arteri, ketika tekanan meningkat, pergerakan dinding arteri menurun. Dengan mengukur tekanan darah dan kecepatan radial dari dinding arteri adalah mungkin untuk mengevaluasi modulus elastis dan memperkirakan elastisitas dinding arteri. Elastisitas arteri (kepatuhan) ditentukan sebagai rasio perubahan volume (ΔV) untuk mengubah tekanan (ΔP). Persamaan ini untuk menghitung Elastisitas arteri

$$C = \Delta V / \Delta P$$

Volume dapat digantikan oleh luas penampang, ΔA [6]. Sifat elastis dan geometris dari arteri juga menentukan seberapa cepat denyut tekanan perjalanan melalui sistem kardiovaskular. Berikut beberapa persamaan dari literature untuk menghitung PWV:

Moens korteweg: $PWV^2 = E.h / 2 r . \rho$,

Bergel correction: $PWV^2 = E.h / 2 r . \rho (1 - \sigma^2)$

Bramwell & Hill: $PWV^2 = \Delta P.V / \Delta v . \rho$;

Distensibility: $\Delta V / \Delta P.V = \Delta = 1 / \rho PWV^2$

Keterangan:

- E = Young's modulus
- h = ketebalan dinding
- r = jari-jari vessel
- ρ = densitas darah
- σ = angka poisson = transversal / longitudinal strain
- $\Delta P, \Delta V$ = perubahan dalam tekanan dan volum,
- V = besaran volum,
- ρ = densitas darah

II. METODOLOGI

Menurut konsep hydromechanics, dengan tekanan yang sama, jika aterosklerosis akan membuat luas penampang pembuluh menjadi lebih kecil, maka hal ini akan dapat meningkatkan kecepatan aliran darah. Jika diperoleh hasil nilai PWV yang besar, hal ini menandakan adanya kondisi yang serius untuk sclerosis vaskuler. Umumnya, pengukuran PWV dilakukan dengan menggunakan dua titik pengukuran pembuluh darah, yang didefinisikan sebagai rasio jarak transmisi gelombang denyut dan denyut waktu transmisi gelombang [7]. Oleh karena itu, untuk desain alat pengukuran PWV ini diperlukan suatu sensor untuk mengukur kondisi pembuluh arteri agar di dapatkan sinyal pengukur untuk mendapatkan akuisisi waktu dan

mendapatkan perbedaan waktu dari sinyal gelombang denyut. Pengukuran jarak transmisi sinyal dari dua titik juga diperlukan. Pengukuran indeks PWV dapat dihitung kemudian dengan mendefinisikan:

Kecepatan yang lebih tinggi = kekakuan lebih tinggi.

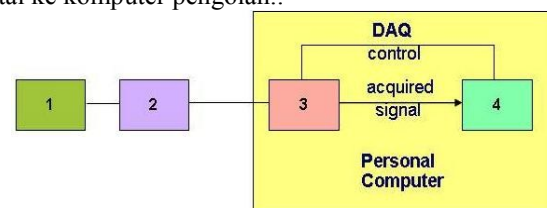
Kecepatan yang lebih tinggi = distensibilitas lebih rendah

Tingginya indeks PWV (Pulse Velocity gelombang) menunjukkan adanya kekakuan pembuluh arteri yang lebih tinggi, hal ini akan membuat infleksiabilitas dari dinding arteri meningkat, karena energi dari denyut etiap tekanan darah tidak dapat disimpan dalam dinding pembuluh yang fleksibel.

Secara umum denyut nadi jantung yang normal yakni sekitar 60-100 kali setiap menit, sedang denyut jantung yang lambat kurang dari 60 kali per menit dan yang cepat lebih dari 100 kali per menit. Jadi sangat penting untuk mengetahui jika ada sesuatu yang berbeda dari kecepatan denyut nadi (PWV) normal secara rutin. Desain alat pengukur kecepatan denyut nadi (PWV) yang non-invasif, akurat, mudah digunakan sehari-hari dan rendah biaya tentu akan sangat membantu dalam pencegahan resiko kardiovaskular secara dini.

III. PREPARASI DESAIN INSTRUMENT PWV

Sebuah diagram skematik dari peralatan yang digunakan untuk desain alat pengukuran PWV ditunjukkan pada Gambar 2. Untuk pengukuran sensor klip digunakan sensor dengan karakteristik reflektif sensor seperti yang tertera pada Gambar 2, blok 1. Alat khusus untuk memperkuat dan menyaring sinyal dirancang pada blok 2. Sebuah instrument khusus untuk akuisisi data di desain di blok 3, yang di gunakan untuk mendigitalkan sinyal lokal dan mengirimkan data digital ke komputer pengolah.:

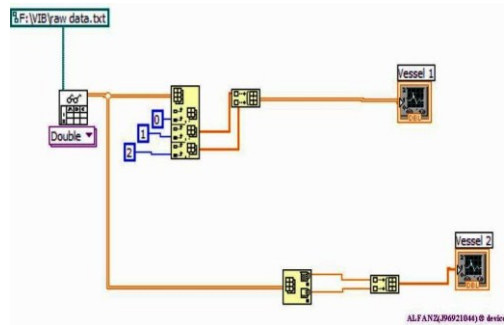


Gambar 2. Desain riset untuk diagram blok instrument pengukur PWV

Sinyal dari sensor diperkuat oleh penguat sinyal dan kemudian sinyal diarahkan ke papan system akuisisi data dan analog-ke-digital konversi berlangsung. Setelah data diperoleh dan diterima adalah mungkin untuk memproses dan memanipulasinya. Perangkat lunak pada blok 4 yang digunakan terdiri dari program-program berikut: program utama untuk akuisisi data, program untuk analisis sinyal, program untuk perhitungan.

IV. PERANGKAT DESAIN ALAT PENGUKUR PWV

Perangkat untuk mengukur kecepatan denyut gelombang dalam SOFTWARE LabVIEW 8.5 pembuluh darah terdiri dari:



Gambar 3. Diagram skematik peralatan yang digunakan untuk desain alat pengukuran PWV.

4.1. Sensor

Sebuah analisa sinyal yang digunakan sebagai sensor penerima. Sensor yang digunakan adalah CNY 70 sensor sebuah perangkat yang mengukur kuantitas fisik dan mengubahnya menjadi sinyal yang dapat dibaca oleh pengamat atau dengan instrumen. Sensor ini merupakan jenis reflektif optikal sensor, yang mencakup infrared emitter infra merah dan fototransistor yang terbungkus dalam kotak tembus cahaya. Jika sensor tidak ideal, beberapa jenis penyimpangan akan teramati. Penyimpangan ini dapat diklasifikasikan sebagai kesalahan sistematis atau kesalahan acak. Kesalahan sistematis terkadang dapat dikompensasikan dengan cara semacam strategi kalibrasi. Kebisingan adalah kesalahan acak yang dapat dikurangi dengan pemrosesan sinyal, seperti penyaringan, biasanya dengan mengorbankan sifat dinamis dari sensor.

4.2. Amplifier dan Penyaringan

Umumnya, sebuah amplifier adalah salah satu perangkat yang dapat mengubah, biasanya meningkatkan amplitudo sinyal, berupa sinyal tegangan atau arus. Hubungan input ke output dari sebuah amplifier dapat dinyatakan sebagai fungsi dari frekuensi input atau disebut fungsi transfer amplifier, dan besarnya fungsi transfer disebut gain. Sebuah perangkat terkait yang menekankan konversi sinyal dari satu jenis yang lain adalah sensor. Penguat dihubungkan dengan filter, yang melakukan fungsi pemrosesan sinyal.

4.3. Akuisisi Data Sistem.

Sebuah sistem akuisisi data (DAQ) adalah perangkat yang dirancang untuk mengukur dan log beberapa parameter. Tujuan dari sistem akuisisi data umumnya analisis data login dan perbaikan obyek pengukuran. Sistem akuisisi data biasanya berbasis elektronik, dan terbuat dari hardware dan software. Bagian hardware terbuat dari sensor, kabel dan komponen elektronik (di antaranya memori adalah tempat informasi disimpan). Bagian perangkat lunak terbuat dari logika akuisisi data

dan perangkat lunak analisis (dan beberapa utilitas lain yang dapat digunakan untuk mengkonfigurasi logika atau untuk memindahkan data dari memori akuisisi data ke laptop atau ke komputer mainframe). Dalam desain ini, Akuisisi data sistem yang digunakan merupakan perangkat khusus dari Nasional Instrumen yang terhubung oleh rangkaian untuk memperkuat dan menyaring denyut yang melalui dari sinyal 1 untuk sinyal 2.

4.4. Microprocessor.

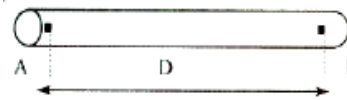
Mikroprosesor menerima potongan jumlah data sementara data percobaan ini sampling dan kemudian melanjutkan dengan perhitungan puncak, melalui, dan gelombang.

4.5. Penentuan Kecepatan gelombang Pulse (PWV)

Untuk menentukan pengukuran PWV, Setelah merekam sinyal denyut gelombang di jari subjek dan kapal lengan, mikroprosesor menerima total ribu keping data, dan hasil perhitungan dengan perolehan puncak, melalui, dan alat pengukur. Perangkat lunak berupa paket program blok LabVIEW digunakan untuk akuisisi data, analisis sinyal, dan perhitungan

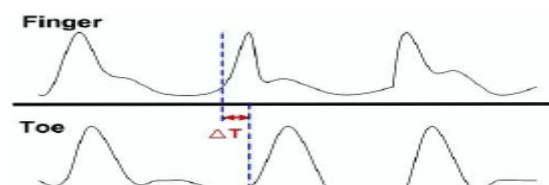
V. PENGUKURAN KECEPATAN DENYUT NADI (PWV)

Penentuan variasi tekanan di dalam arteri mempengaruhi pergerakan dinding arteri. Ketika tekanan meningkat, gerakan dinding arteri akan menurun.



Gambar 4. Prinsip komputasi untuk PWV: A= titik di jari, B=titik di lengan bawah, and D= Jarak antara dua titik sensor

Pengukuran kecepatan denyut nadi di sini di desain dengan cara menghitung perbedaan kecepatan antara dua gelombang yang berjalan yang telah di deteksi melalui dua sensor seperti yang terilustrasi pada gambar 4 (yang di letakkan di jari dan di lengan). PWV di definisikan sebagai jarak antara gelombang berjalan (ΔD) di bagi dengan selisih perbedaan waktu yang di tempuh gelombang gerak pada jarak tersebut (ΔT) seperti yang terdapat pada Gambar 5. Tekanan pembuluh arteri yang tepat dan pengukuran aliran dilakukan untuk memperkirakan dan menghitung karakteristik atau gelombang refleksi tekanan di dua lokasi terpisah jarak meskipun ada kemungkinan ada masalah konseptual dengan istilah "refleksi gelombang" dalam sistem arteri.



Gambar 5. Gelombang selisih perbedaan waktu tempuh antara denyut di titik jari dan titik di pergelangan tangan.

Contoh perhingan data PWV:

- Δ Distance (From point 1 to 2) : 30cm
- T1 : 102ms
- T2 : 67ms

$$\begin{aligned} \text{PWV} &= \Delta D / \Delta T \\ &= 30\text{cm} / (102 - 67)\text{ms} \\ &= 0.85\text{cm/ms} \end{aligned}$$

$$\text{PWV} = 8.5\text{m/s}$$

VI. KESIMPULAN

Dari perhitungan kecepatan denyut nadi, dapat diketahui seberapa keras jantung telah bekerja. Denyut nadi yang terlalu cepat, terlalu lambat, atau tidak beraturan dapat berarti gangguan pada jantung.

Sebuah diagram skematik desain alat pengukuran PWV yang terdiri dari sensor, penguat dan penyaring sinyal, instrument khusus untuk akuisisi data, serta sistem pengolah telah dirancang.

Pengukuran PWV dilakukan dengan menghitung jarak antara gelombang berjalan (ΔD) dibagi dengan selisih perbedaan waktu yang ditempuh gelombang gerak pada jarak tersebut (ΔT)

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Lakatta EG. Cardiovascular aging research: the next horizons. *J Am Geriatr Soc.* 1999;47:613–625.
- [2] Gary F. Mitchell, Marc A. Pfeffer, Peter V. Finn, and Janice M. Pfeffer, Comparison of techniques for measuring pulse-wave velocity in the rat, *Journal of Applied Physiology*, Vol. 82, No. 1, pp. 203-210, January 1997.
- [3] P. Boutouyrie and S. J. Vermeersch, "Reference values for arterial stiffness' collaboration. Determinants of pulse wave velocity in healthy people and in the presence of cardiovascular risk factors: "establishing normal and reference values", *European Heart Journal*, vol. 31, no. 19, pp. 2338–2350, 2010. View at Publisher · View at Google ScholarS.
- [4] Laurent, J. Cockcroft, L. van Bortel, et al., "European network for non-invasive investigation of large arteries. Expert consensus document on arterial stiffness: methodological issues and clinical applications," *European Heart Journal*, vol. 27, no. 21, pp. 2588–2605, 2006.].
- [5] Bates B (1995) A Guide to Physical Examination, 6th edition, J.B. Lippincott Company, Philadelphia, USA.
- [6] Pythoud F, Stergiopoulos N & Meister J J (1994) Modelling of the wave transmission properties of large arteries using nonlinear elastic tube. *Journal of Biomechanics* 27: 1379–1381.
- [7] Chen, Y.K, et al, 'A New Dual Channel Pulse Wave Velocity Measurement System', *Proceeding of the Fourt IEEE Symposium on Bioinformatics and Bioengineering System (BIBE04)*, 2004
- [8] Vishay Semiconductors, document number: 83751, Rev. 1.8, 30 July 2012