

Sistem Prediksi Usia Pembuluh Darah Melalui Pengukuran Sinyal Photoplethymograph dan Elektrokardiografi

Eri Ridwan Suryadin¹, Ediana Sutjiredjeki², Indra Chandra Joseph Riadi³

¹Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012
email: eridwansuryadin@gmail.com

²Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012
email: ediana@polban.ac.id

³Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012
email: indra.riadi@polban.ac.id

Abstrak — Sistem kardiovaskular merupakan sistem penting bagi manusia. Sistem ini berguna mendistribusikan nutrisi yang dibutuhkan tubuh manusia. Kesehatan sistem kardiovaskular memiliki beberapa indikator salah satunya adalah kelenturan pembuluh darah atau disebut usia pembuluh darah (*Vascular Age*). *Vascular Age* ini dapat ditentukan menggunakan metode *photoplethymograph* melalui parameter *Stiffness index (Si)* dan *Augmentation indeks (Aix)* dan metode elektrokardiografi melalui parameter *QRS-complex*. Parameter *Si* indikasi kelenturan pembuluh darah ditandai kecepatan darah mengalir, parameter *Aix* indikasi tekanan darah pada dinding pembuluh darah dan parameter *QRS* tekanan darah pada jantung. Dengan ketiga parameter itu, sistem menggunakan Hukum Hagen-Poiseuille untuk mendapatkan perubahan volume darah yang terjadi. Didapatkan hasil, naracoba dengan usia 24 tahun, tinggi badan 168 dan berat badan 56 kg memiliki usia pembuluh darah sekitar 24 tahun dan perubahan volume darah sekitar 11,85 mL/menit.

Kata Kunci

Photoplethymograph, Elektrokardiografi, Stiffness index, Augmentation index, QRS-complex, Vascular age.

I. PENDAHULUAN

Sistem kardiovaskular ialah sistem yang berfungsi mendistribusikan oksigen dan nutrisi keseluruhan tubuh. Sistem ini terdiri dari jantung sebagai pemompa darah dan pembuluh darah sebagai salurannya. Pembuluh darah yang tidak sehat dapat menyebabkan berbagai penyakit, salah satunya stroke yang diperkirakan akan terus meningkat sampai tahun 2030 [1]. Faktor pembuluh darah tidak sehat salah satunya ialah menurunnya tingkat *vaskular age*. *Vascular age* atau usia pembuluh darah ialah suatu kondisi naik atau turunnya kelenturan pembuluh darah seiring bertambahnya usia. Kondisi kelenturan pembuluh darah ini dapat diketahui melalui metode *Photoplethymograph (PPG)* dan *Elektrokardiografi (EKG)*.

Metode PPG ialah cara pengambilan data volume darah melalui pendeteksian perubahan intensitas cahaya yang dilepaskan pada daerah kulit tipis seperti ujung jari, daun telinga dan tumit. Untuk mendeteksi

perubahan cahaya tersebut, PPG menggunakan sensor oksimeter yang dapat mengukur kadar oksigen di dalam darah. Dari pengukuran ini, ditemukan gelombang yang memuat parameter kekakuan pembuluh darah dari segi tekanan pada dinding pembuluh darah yang disebut *Augmentation index (Aix)* dan dari segi perubahan kecepatan aliran darah pada pembuluh darah yang disebut *Stiffness index (Si)*. Dengan kedua parameter tersebut, dapat diprediksi usia pembuluh darah dan volume darah yang mengalir dalam satu waktu.

Metode EKG ialah cara pengambilan data aktifitas kelistrikan pada tubuh yang merambat dari jantung ke kulit. Aktifitas kelistrikan pada tubuh terjadi karena adanya kondisi relaksasi dan kontraksi otot pada jantung yang memompa darah ke seluruh tubuh. Relaksasi otot jantung ialah kondisi fisis tekanan darah mengalami penurunan sehingga darah mengalir kembali dari tubuh ke jantung atau disebut diastol, sedangkan kondisi. Kontraksi otot jantung ialah kondisi

fisis tekanan darah naik sehingga darah mengalir dari jantung ke seluruh tubuh atau disebut sistol. Untuk mengukur aktifitas tersebut tersebut, EKG menggunakan elektroda yang dipasang pada titik tertentu di tubuh. Cara pemasangan elektroda mengikuti aturan *Einthoven's triangle*, yaitu elektroda ditempatkan pada tiga titik di dekat nadi. Dari pengukuran tersebut, didapatkan gelombang yang memuat parameter tekanan darah naik yang disebut interval QR dan tekanan darah turun yang disebut interval RS. Kedua interval tersebut biasanya disebut kompleks QRS. Dengan kompleks QRS ini, usia pembuluh darah dari segi tekanan di jantung dapat diprediksikan.

Memprediksi usia pembuluh darah dari ketiga parameter berfungsi untuk memberikan informasi kondisi pembuluh darah seseorang pada usia tertentu. Pada penelitian sebelumnya, Muhammad Adam Yassar menggunakan satu parameter, yaitu Si. Peneliti menemukan hasil bahwa seseorang berusia 34 tahun memiliki pembuluh darah berusia 13 tahun dengan nilai dari parameter $Si = 2,8594 \text{ m/s}$ atau pembuluh darahnya lebih muda dari usianya [2]. Dengan kata lain, seseorang yang diukur itu memiliki gangguan pada aliran darah setiap detik sepanjang 2,8594 m pembuluh darah. Namun pada penelitiannya, perubahan volume darah belum dapat diukur.

Berdasarkan latar belakang tersebut maka dalam tugas akhir ini, dibuatlah sistem "Prediksi Usia Pembuluh Darah Melalui Pengukuran Sinyal Photoplethysmograph dan Elektrokardiografi". Dengan sistem ini, usia pembuluh darah dapat ditentukan dari tiga keadaan yaitu kondisi tekanan pada dinding pembuluh darah (Aix), kecepatan aliran darah (Si) dan tekanan darah di jantung (Kompleks QRS). Melalui ketiga parameter tersebut, perubahan volume darah dapat ditentukan/diukur dari keadaan normalnya.

II. TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

Untuk merancang dan merealisasikan sistem, diperlukan tinjauan pustaka yang berhubungan dengan sistem yang akan dibuat. Tinjauan pustaka terhadap beberapa artikel, jurnal dan penelitian yang berkaitan dengan perancangan dan realisasi sistem telah dilakukan.

Penelitian-penelitian yang telah dilakukan diantaranya oleh Mohammed Elgendi [3] di dalam artikelnya telah dilakukan pengukuran dan perhitungan sinyal

ppg terhadap parameter *Stiffness index (Si)* yang hasilnya terdapat pengaruh perubahan usia terhadap pulsa ppg dimana pada objek pengukuran berusia 60 tahun nilai $Si = 12.2 \text{ m/s}$; usia 45 tahun $Si = 6.8 \text{ m/s}$; dan usia 29 tahun 5.4 m/s . Penelitian lain dilakukan oleh Francesso Fantin, dkk mengenai *Augmentation index (Aix)* dimana parameter ini dapat merepresentasikan kekakuan darah atas meningkatnya usia, dan dihitung sebagai tekanan di dinding pembuluh darah dengan nilai $PP \times 100\%$ sehingga pada usia 55 tahun terdapat peningkatan kecepatan aliran darah maju (sistol) serta pantulannya lebih cepat (diastol) serta dapat dihitung dalam $61.6 \pm 9.7 \text{ HR}$ ($P < 1$) [4]. Sementara itu, penelitian kekakuan pembuluh darah dengan parameter QRS dari sinyal EKG telah dilakukan oleh Po-Chao Hsu, dkk., dimana melalui pengukuran sinyal EKG didapatkan hubungan peningkatan *arterial stiffness* dengan kondisi *diastolic* serta karakteristik hampir sama dengan parameter Aix di sinyal PPG dimana nilai sekitar $61 \pm 9.7 \text{ HR}$ $P < 0.01$ [5]. Sistem yang sama telah dibuat oleh Muhammad Adam Yassar [2], dimana pada pasien berusia 21 tahun pembuluh darahnya diprediksikan berusia 13.21 tahun dengan indikator $Si = 4.67 \text{ m/s}$ pada kelompok usia 21-25 tahun.

Sistem yang dibuat merupakan kelanjutan dari sistem prediksi usia pembuluh darah yang dilakukan oleh Muhammad Adam Yassar yang menggunakan satu parameter, yaitu *stiffness index* [2]. Sedangkan pada sistem yang dibuat saat ini menggunakan tiga parameter yaitu Aix, Si dan kompleks QRS. Sistem ini bertujuan untuk melengkapi sistem sebelumnya [2] dengan cara menambah parameter pengukuran lain

Sistem yang dirancang dan direalisasikan berdasarkan dasar teori yang berkaitan dengan tujuan pembuatan sistem, yaitu memprediksi usia pembuluh darah. Berikut adalah dasar teori yang digunakan dalam perancangan dan realisasi sistem :

A. Sistem Kardiovaskular

Kardiovaskular terdiri dari dua kata yaitu *cardio* artinya jantung dan *vascular* artinya pembuluh. Dalam tubuh manusia, darah mengalir ke seluruh tubuh melalui suatu pembuluh yang disebut arteri [6] untuk menjamin suplai oksigen dan nutrisi lain agar organ-organ berfungsi dengan baik. Aliran darah ke seluruh tubuh dapat berfungsi karena adanya pemompa yaitu jantung

(cardio) dan pembuluh sebagai alat distribusi [7].

B. Usia Pembuluh Darah

Usia pembuluh darah sangat berkaitan dengan kelenturan atau kekakuan pembuluh darah (*arterial stiffness*). Groenewegen KA, dkk., menyatakan *vascular age* merupakan parameter yang merepresentasikan resiko seseorang terkena penyakit kardiovaskular [8]. Meskipun secara kualitas klinis tidak dapat dijadikan acuan, karena masih dilakukan pendekatan-pendekatan komprehensif agar menemukan hasil yang harmoni dengan kualitas medis. Salah satunya melalui pendekatan kelenturan pembuluh darah (*arterial stiffness*).

Pendekatan *arterial stiffness* ini berkaitan langsung dengan aktivitas aliran darah di dalam pembuluhnya. Oleh karenanya, viskositas ialah kunci dalam konsep fluida medis dan mengkarakterisasikan hambatan fluida pada gesekan internal di pembuluh darah [9]. Umumnya pada fisika medis dikenal dengan hukum Poiseuille, meskipun pengukuran zat cair dilakukan pertama kali oleh Gothif Hagen dari Jerman, namun eksperimen pada aliran darah dilakukan oleh Jean Poiseuille dari Perancis. Pada eksperimennya, tipe aliran laminar dapat diterapkan terjadi karena gaya molekular (kecepatan aliran darah = Q) dengan dinding pembuluh darah [9].

C. Saturasi Oksigen dan Denyut Nadi

Saturasi oksigen ialah derajat intensitas cahaya dengan penyerapan oksigen di hemoglobin. Saturasi oksigen dapat diukur dengan dua cara yaitu *invasive* dan *non-invasive*. Pengukuran dengan *invasive* ialah pengambilan sample darah diambil secara langsung dan dianalisis dengan laboratorium kimia. Sementara itu, pengukuran *non-invasive* pengambilan *sample data* diambil secara tidak langsung melainkan melalui sensor yang bisa mendeteksi penyerapan oksigen oleh darah [10]. Dalam hal ini, metode *non-invasive* dapat diterapkan pada sensor oksimeter.

Darah pada pembuluh vena pada jaringan darah mengandung oksigen tidak kurang dari 75%. Darah pada arteri memiliki warna lebih merah dari pada darah di pembuluh vena disebabkan kadar hemoglobin pada arteri lebih banyak dibandingkan pada vena.

D. Photoplethysmograph

Plethymograph merupakan metode pengambilan data secara non-invasive terkait aktivitas volume darah di dalam pembuluh darah dengan cara mengukur perubahan penyerapan cahaya di kulit. sedangkan *photoplethymograph* (PPG) ialah *plethymograph* dengan menggunakan sensor optik. [11]. Metode pengambilan data dilakukan dengan cara menempatkan sensor oksimeter pada bagian kulit tipis seperti ujung jari, daun telinga dan tumit.

E. Indeks Kekakuan

sinyal PPG memuat informasi untuk pengukuran indeks kekakuan pembuluh darah. Untuk menemukan itu, indeks kekakuan telah dirumuskan sesuai persamaan 2.3, perumusan ini berasal dari peneliti bernama Millaseui, dkk., yang mengukur respon kecepatan aliran darah dari tinggi badan terhadap waktu tempuhnya ke ujung jari. Dalam peneliti menemukan dua hal, pertama komponen sistolik dengan bentuk gelombang tekanan arah maju yang ditransmisikan langsung dari ventrikel kiri jantung ke jari. Kedua, komponen diastolik ketika gelombang tekanan darah ditransmisikan dari aorta ke sepanjang arteri kecil di tubuh bagian bawah dan dipantulkan kembali dari aorta kemudian ditransmisikan ke jari [3]. Persamaan 2.3 yang dimaksud untuk menghitung indeks kekakuan memuat data S_i sebagai indeks kekakuan (*Stiffness index*); h sebagai tinggi badan; dan ΔT sebagai selisih waktu sistolik dan diastolic.

F. Indeks Augmentasi

Indeks augmentasi adalah parameter untuk mengevaluasi kekakuan arteri. Osilasi yang dihasilkan oleh gelombang pulsa pada level tekanan diastolik dan suprasistolik dicatat oleh brachial cuff bersamaan dengan sensor oksimeter yang sensitif. Kekakuan arteri adalah prekursor penyakit kardiovaskular secara prematur. Indeks augmentasi (Aix) dan tekanan nadi (QRS) adalah faktor risiko kardiovaskular. Tekanan pada dinding pembuluh darah dengan bagian pusat pembuluh darah pada orang normal memiliki nilai $p > 0,001$ atau $p < 0,1$. Tekanan pada dinding terhadap pusat pembuluh pada subjek dengan penderita hiperlipidemia secara signifikan lebih tinggi daripada subjek dengan penderita *profil lipid* normal ($p < 0,001$). Faktor ini meningkat secara signifikan seiring bertambahnya usia [12].

G. Elektrokardiografi

Elektrokardiogram atau EKG ialah alat untuk mencatat aktivitas listrik yang dihasilkan oleh depolarisasi otot jantung berdenyut merambat dalam gelombang listrik ke arah kulit. Untuk mendeteksinya digunakan elektroda dengan sensor basah, yang membutuhkan penggunaan gel konduktif untuk meningkatkan konduktivitas antara kulit dan elektrodanya. Peletakan elektroda biasanya ditempelkan ke kulit, dada, atau kaki. Setiap impuls listrik atau gelombang dari sinyal EKG menerangkan keadaan otot jantung yang mengeras dan melemas atau dikenal dengan sistol dan diastol.

III. DESIGN SISTEM

Metode yang digunakan pada Tugas Akhir ini ialah eksperimental kuantitatif dengan beberapa tahapan diantaranya :

1. Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan kajian terhadap karya tulis, jurnal, ataupun artikel yang mendukung realisasi tugas akhir ini. Hasil kajian tersebut menjadi dasar teori dipakai untuk mendasari pelaksanaan tugas akhir serta menjadi inspirasi untuk melakukan pengembangan.

2. Perancangan

Pada tahap ini dilakukan konsep perancangan purwarupa sistem yang meliputi perancangan mekanik, elektronik, perangkat lunak pada *software interface* dan mikrokontroler untuk sensor oksimeter dan sensor ekg.

3. Realisasi Sistem

Pada tahap ini dilakukan pembuatan prototipe berdasarkan hasil perancangan yang telah dilakukan sebelumnya. Tahap ini meliputi realisasi mekanik, elektronik dan perangkat lunak.

4. Pengujian

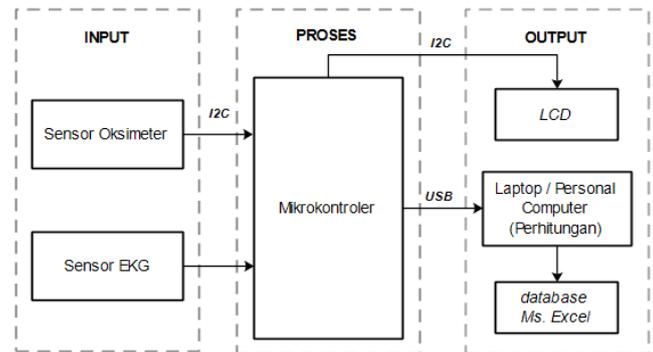
Pada tahap ini dilakukan pengujian terhadap hasil realisasi sistem secara subsistem dan menyeluruh serta melakukan pengambilan data dari sistem yang telah direalisasikan.

5. Analisis

Pada tahap ini dilakukan analisis sistem terhadap data hasil pengujian yang telah dilakukan sebelumnya. Analisis ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja sistem atau fungsi sistem agar memenuhi spesifikasi dan tujuan dari realisasi sistem.

A. Diagram Blok dan Cara Kerja Sistem

Berikut diagram blok dengan 2 input dan 2 output yang terdapat pada Gbr. 1 Diagram Blok Sistem



Gbr. 1 Diagram Blok Sistem

Cara kerja sistem dimulai dari *input* yaitu pengambilan data bersifat *non-invasive* dilakukan dengan cara meletakkan sensor oksimeter di ujung jari dan sensor ekg di tiga titik *vital sign Einthoven*. Sensor-sensor telah memiliki pengolahan sinyalnya secara *hardware*.

Data sensor kemudian dikirim ke arduino untuk pemrosesan kedua, yaitu data sensor diproses melalui penyaring tengah (*median filter*) guna mengurangi *noise* dari pemrosesan secara *hardware* oleh sensor. Mikrokontroler memproses parameter yang dibutuhkan untuk memprediksi usia pembuluh darah, kemudian mengirimkan datanya ke *software interface* melalui jaringan komunikasi serial dan ke LCD melalui komunikasi I2C sebagai *output*. Pada *software interface*, objek yang diukur dapat memasukan input tambahan secara mudah agar mendapatkan hasil prediksi usia pembuluh darah. Selain itu, sistem dilengkapi dengan *database* ke Ms. Excel untuk menyimpan data pengukuran dan dapat dianalisis di lain waktu.

B. Perancangan Sistem

Perancangan sistem yang dibangun meliputi perancangan perangkat lunak dan perancangan elektronik. Perancangan perangkat lunak berupa koding dalam mikrokontroler untuk pengolahan dan pengambilan data mentah serta koding dalam *software interface* untuk pengolahan data dan perhitungan prediksi. Perancangan perangkat lunak dibuat dengan memenuhi aspek karakteristik sinyal PPG dan sinyal EKG sesuai *datasheet* sensor yang digunakan. Perancangan perangkat lunak pada *software interface* digunakan untuk *interfacing* data secara *realtime* dan kontinue.

Perancangan elektronik dibuat untuk memaksimalkan sensor yang digunakan seperti sensor EKG yang dipasang pada tiga

titik vital Eithoven dan sensor oksimeter yang dipasang pada bagian yang sedikit gelap untuk memaksimalkan intensitas cahaya yang diserap.

IV. PENGUJIAN

Pengujian sistem meliputi pengujian sensor oksimeter dan denyut jantung (EKG)

A. Pengujian sensor oksimeter dan sensor ekg

Kalibrasi dilakukan dengan membandingkan data dari sistem dengan alat pembanding berupa ponsel jenis Samsung Galaxy S9. Pengambilan data diambil dari 21 partisipan dimana peletakan sensor di ujung jari objek yang diukur. Tabel 1 berikut ini.

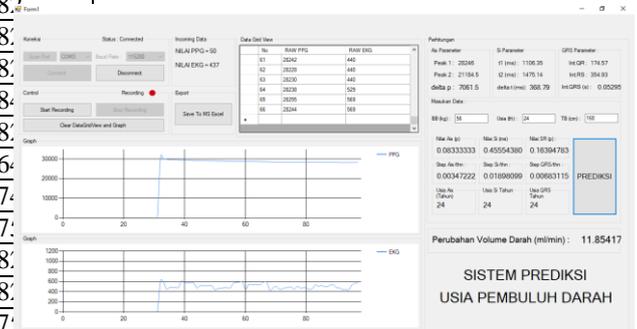
No	Data di Sistem Yang dirancang		Data di Alat Pembanding	
	SPO2 %	BPM	SPO2 %	BPM
1	92	76	92	72
2	93	73	93	76
3	94	82	98	74
4	94	87	96	82
5	96	57	99	87
6	96	84	99	64
7	96	81	96	83
8	96	75	96	81
9	97	82	98	74
10	97	84	96	82
11	97	84	96	81
12	97	87	96	81
13	97	82	96	81
14	97	63	96	81
15	98	74	98	61
16	98	75	99	71
17	98	82	99	71
18	98	83	98	81
19	98	75	97	81
20	99	83	98	71
21	99	76	96	82

$$\begin{aligned}
 \text{Kesalahan Relatif (No. Uji 5)} &= 100\% \left(\frac{98 - 96}{96} \right) \\
 &= 2,08\%
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas, pengukuran sensor terhadap saturasi oksigen memiliki kepresisian 98,2%, keakurasian 96% dan kesalahan relative terhadap sample uji nomor 5 ialah 2,08%.

B. Pengujian Keseluruhan

Pengujian sistem keseluruhan dilakukan pengambilan data dari objek ukur menggunakan sensor oksimeter dan ekg, kemudian komunikasi serial antara alat dan software. Pengujian pertama yaitu membaca data biosinyal tubuh oleh alat realisasi, yang kemudian data tersebut dikirim ke software untuk dihitung. Pengujian ini dilakukan untuk memastikan subsitem dari sistem yang dirancang sudah terintegrasi. Pengujian dilakukan pada remaja berusia 24 tahun, tinggi badan 168 cm dan berat badan 56 kg. Diprediksikan remaja tersebut mempunyai usia pembuluh darah yang sama dengan usia sesungguhnya dan memiliki perubahan volume pembuluh darah sekitar 11 mL/min seperti ditunjukkan pada Gbr.2 dibawah ini.



Gbr. 2 Diagram Blok Sistem

Dari tabel diatas, nilai bias yang didapatkan adalah 2.2 dan standar deviasinya 0.55. Standar deviasi, presisi, akurasi, dan kesalahan relatif terhadap saturasi oksigen didapatkan dari perhitungan berikut ini :

$$\begin{aligned}
 \text{Standar Deviasi} &= \frac{\sum \sqrt{(98 - 97,8)^2}}{5 - 1} \\
 &= 0.55
 \end{aligned}$$

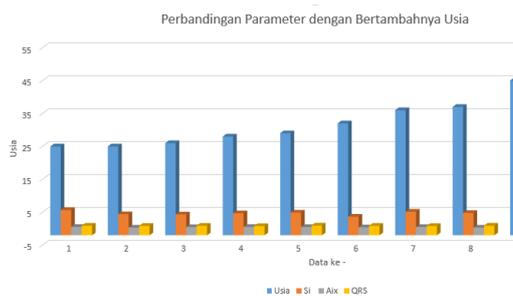
$$\text{Presisi} = 100\% \left(1 - \frac{3 \times 0.55}{97.8} \right) = 98,2\%$$

$$\text{Akurasi} = 100\% \left(1 - \frac{2.2 + 3\sigma}{98} \right) = 96\%$$

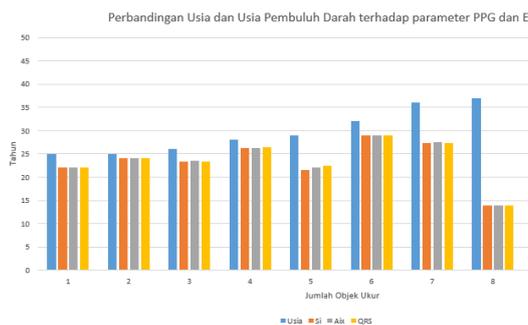


Gbr. 3 Pengujian Sistem

V. HASIL



Gbr. 5 Perbandingan Parameter Biosinyal dengan Usia Sesungguhnya



Gbr. 4 Perbandingan Prediksi Usia dengan Usia Sesungguhnya

Sistem yang dirancang dapat memprediksikan usia pembuluh dan memprediksikan perubahan volume pembuluh darah yang terjadi. Tiga parameter yaitu indeks kekakuan merepresentasikan kecepatan darah pada saluran pembuluh darah, indeks augmentasi merepresentasikan tekanan darah pada dinding pembuluh darah dan kompleks QRS merepresentasikan

tekanan darah pada jantung. Dengan ketiga parameter itu, sistem menggunakan Hukum Hagen-Poiseuille untuk mendapatkan perubahan volume darah yang terjadi. Didapatkan hasil, naracoba dengan usia 24 tahun, tinggi badan 168 dan berat badan 56 kg memiliki usia pembuluh darah sekitar 24 tahun dan perubahan volume darah sekitar 11,85 mL.menit.

VI. KESIMPULAN

Sistem yang dirancang mampu memprediksikan usia pembuluh darah dan perubahan volume darah melalui parameter *photoplethysmograph* dan elektrokardiografi. Sistem ini memiliki tingkat kepresisian, keakurasian dan kesalahan relatif pada pengukuran detak jantung berturut-turut sebesar : 98,2%; 96%; 2,08%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan selesainya karya ilmiah ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada Allah SWT, keluarga, seluruh *civitas* akademika program studi D3 – Teknik Elektronika serta dosen pembimbing yang telah membantu penulis dalam perencanaan serta pelaksanaan karya ilmiah ini.

VII. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, ""Penyakit Jantung Penyebab Kematian Tertinggi, Kemenkes Ingatkan Cerdik", "Kemenkes RI, Jakarta, 2018.
- [2] M. A. Yassar, "Prediksi Usia Pembuluh Darah Dengan Metode Analisis Photoplethymograph," Politeknik Negeri Bandung, Bandung, 2018.
- [3] M. Algendi, "On the Analysis of Fingertip Photoplethymograph Signals", " *Current Cardiology Reviews*, vol. VIII, no. 12, pp. 14-25, 2012.
- [4] F. Fantin, A. Mattoks, C. J. Bulpitt , W. Banya and C. Rajkumar, "Is augmentation index a good measure of vascular stiffness in the elderly?," *Age and Ageing*, vol. 36, no. 1, p. 43-48, 2006.
- [5] P.-C. Hsu, W.-C. Tsai, T.-H. Lin, H.-M. Su, W.-C. Voon, W.-T. Lai and S.-H. Sheu, "Association of Arterial

- Stiffness and Electrocardiography-Determined Left Ventricular Hypertrophy with Left Ventricular Diastolic Dysfunction," *US National Library Medicine*, vol. VII, no. 11, p. 10, 2012.
- [6] A. J. Menezes, P. C. v. Oorschot and S. A. Vanstone, *Handbook of Applied Cryptography*, 2nd ed., R. L. Rivest, Ed., Cambridge: Massachusetts Institute of Technology, 1996.
- [7] L. Irawati, "VISKOSITAS DARAH DAN ASPEK MEDISNYA," *Majalah Kedokteran Andalas*, vol. 32, no. 2, pp. 102-111, 2010.
- [8] G. KA, R. HM, P. G, P. JF, B. ML and P. SA, "Vascular age to determine cardiovascular disease risk: A systematic review of its concepts, definitions, and clinical applications.," *Eur J. Prev Cardio*, vol. 3, no. 23, pp. 264-274, 2016.
- [9] L. Adini and O. , "Penggunaan Hukum Hagen-Poiseuille dalam Penentuan Koefisien Viskositas Zat Cair dengan Prinsip Kontrol Berat Berbantuan Software Logger Pro," *JRKPF UAD*, vol. IV, no. 2, pp. 78-82, 2017.
- [10] S. Cheng and R. Vasan, "Kemajuan dalam Epidemiologi Gagal Jantung dan Renovasi Ventrikel Kiri," *PMC*, vol. I, p. 20, 2013.
- [11] S. Hadiyoso, A. Rizal and R. Magdalena, "MONITORING PHOTOPLETHYSMOGRAPH DIGITAL DENGAN WIRELESS LAN (802.11b)," *Konferensi Nasional Sistem dan Informatika* , vol. 11, pp. 11-14, 2011.
- [12] Jin Wook Chung, "Reference Values for the Augmentation Index and Pulse Pressure in Apparently Healthy Korean Subjects," *Korean Circ J*, vol. 40, no. 4, pp. 161-171, 2010.