

Karakteristik Osilometrik dari Simulator Tekanan Darah

FUAD UGHI, GREGORIUS ALVIN DEWANTO

Biomedical Engineering, Swiss German University
Email: fuad.ughi@sgu.ac.id

ABSTRAK

Dalam proses evaluasi performa tensimeter otomatis, simulator tekanan darah biasa digunakan sebagai nilai referensi. Simulator akan memberikan osilasi tekanan yang merepresentasikan detak jantung pada manset tensimeter untuk menyimulasikan tekanan darah sesuai metode osilometrik. Studi ini merupakan bagian dari pengembangan simulator tekanan darah. Studi ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik osilometrik dari sebuah simulator tekanan darah komersial, untuk kemudian digunakan sebagai data referensi untuk pengembangan simulator tekanan darah. Data osilometrik diambil dari simulator komersial dengan menggunakan sistem akuisisi data berbasis LabVIEW. Pengambilan data untuk beberapa simulasi tekanan darah orang dewasa yang tersedia pada simulator dilakukan dengan metode pengukuran deflasi. Data diperoleh dengan metode pengukuran deflasi. Titik mulai osilasi adalah 20 mmHg di atas nilai sistol dan terjadi perbedaan tingkat penurunan osilasi setelah 5 mmHg di bawa nilai diastol. Untuk detak jantung 80 detak per menit, osilasi terjadi setiap 750 milidetik. Nilai mean arterial pressure berbeda untuk tiap nilai tekanan darah.

Kata kunci: karakteristik, osilometrik, simulator, tekanan darah, tensimeter.

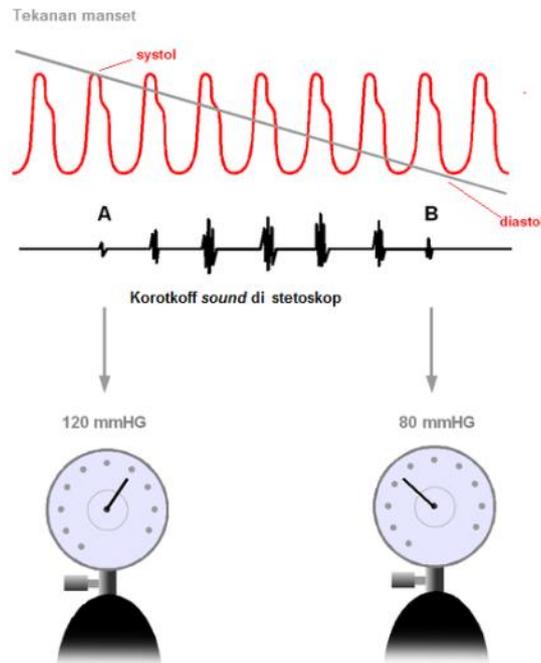
ABSTRACT

In a performance evaluation process of an automatic sphygmomanometer a blood pressure simulator is usually used as reference input. A blood pressure simulator will generates pressure oscillation which represents heart beat to simulates blood pressure as in oscillometric method. This study is part of development of low-cost blood pressure simulator. This study analyze oscillometric characteristic of a blood pressure simulator that the result is used as reference for the development of blood pressure simulator. Oscillometric data was acquired from a commercial simulator using data acquisition system that based on LabVIEW. Data was taken for a few preset blood pressure simulations with deflation measurement method. Data was gathered with deflation measurement method. Starting point of oscillation is at 20 mmHg above the systolic value and there is different decreasing slope after 5 mmHg below the diastolic value. For pulse 80 beat per minute, the oscillation occurs every 750 milisecond. The mean arterial pressure is different for each blood pressure value.

Keywords: characteristic, oscillometric, simulator, blood pressure, sphygmomanometer.

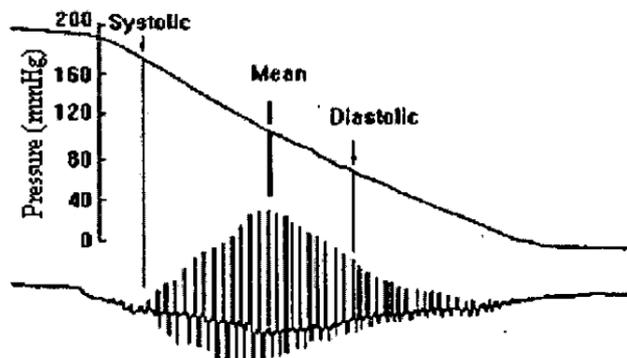
1. PENDAHULUAN

Terdapat dua metode yang sering digunakan dalam pengukuran tekanan darah. Metode pertama adalah metode auskultasi atau metode manual, menggunakan sebuah tensimeter dan stetoskop, dan memerlukan seorang operator yang telah terlatih untuk mendengar denyut pada pembuluh darah yang merepresentasikan nilai sistol dan diastol. Gambar 1 menunjukkan pengukuran tekanan darah dengan metode auskultasi.



Gambar 1. Metode auskultasi (Sumber : <https://commons.wikimedia.org>)

Metode kedua adalah metode osilometrik, metode yang paling populer digunakan oleh tensimeter otomatis (Ball-Ilovera, dkk, 2003). Pada metode osilometrik, osilasi tekanan pada manset tensimeter yang disebabkan oleh denyut pada pembuluh darah digunakan untuk menentukan nilai sistol dan diastol. Tiap produsen memiliki algoritmanya sendiri untuk menentukan nilai sistol dan diastol dari data osilometrik (Ball-Ilovera, dkk., 2003). Gambar 2 menunjukkan data tipikal pengukuran tekanan darah noninvasif dengan metode osilometrik.



Gambar 2. Metode osilometrik (Ball-Ilovera, dkk, 2003)

Untuk proses evaluasi tensimeter otomatis, biasanya digunakan simulator tekanan darah noninvasif sebagai nilai referensi atau nilai standar (**Geršak, dkk, 2009**). Biasanya terdapat beberapa *preset* tekanan darah untuk disimulasikan dengan beberapa mode pilihan, seperti mode standar, neonatal, *arrhythmia*, dan pengukuran di pergelangan tangan (**Fluke, 2007**). Pada dasarnya simulator tekanan darah ini menggantikan pasien sebagai *input* pada tensimeter otomatis. Prinsip kerjanya adalah sebagai berikut. Manset tensimeter otomatis dipasangkan pada sebuah tabung sembarang yang cukup keras dan kira-kira sebesar lengan, dan selang udaranya dicabangkan menjadi dua cabang untuk dihubungkan ke tensimeter otomatis dan simulator tekanan darah. Seiring dengan tensimeter diaktifkan dan pompa dari tensimeter memberi tekanan udara pada manset, simulator akan mendeteksi besaran tekanan udara di manset dan memberikan tambahan osilasi tekanan yang merepresentasikan denyut pada pembuluh darah pada rentang tekanan tertentu sesuai dengan nilai tekanan darah yang disimulasikan.

Evaluasi tensimeter ,baik itu analog ataupun digital, cukup penting. Kesalahan pembacaan dapat mengakibatkan kesalahan tindakan medis. Jika seseorang dengan tekanan darah tinggi dan melakukan pengukuran mandiri dengan tensimeter digital yang tidak akurat, bisa jadi hasil pembacaan lebih sering menunjukkan tekanan darah normal (**Plante, dkk, 2016**). Pengabaian penyakit tekanan darah tinggi dapat menyebabkan komplikasi yang membahayakan yang dapat berujung pada kematian atau kecacatan (**Perhimpunan Hipertensi Indonesia, 2012**).

Studi ini merupakan bagian dari pengembangan *low-cost* simulator tekanan darah. Untuk menyederhanakan proses pengembangan maka karakteristik osilometrik dari simulator yang akan dikembangkan akan mengacu pada karakteristik dari simulator komersial yang ada di Balai Pengamanan Fasilitas Kesehatan Jakarta. Untuk itu, studi ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik osilometrik dari simulator tekanan darah noninvasif komersial, sehingga kemudian hasilnya dapat berguna sebagai referensi bagi pengembangan simulator tekanan darah atau bahkan pengembangan tensimeter otomatis.

2. METODOLOGI

2.1 Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan di Laboratorium Pengujian dan Kalibrasi Instrumen Medis, Balai Pengamanan Fasilitas Kesehatan (BPFK) Jakarta pada bulan Januari 2016. Simulator yang digunakan sebagai referensi adalah tipe BP Pump 2 Non Invasive Blood Pressure Monitor Analyzer dari Fluke Biomedical.

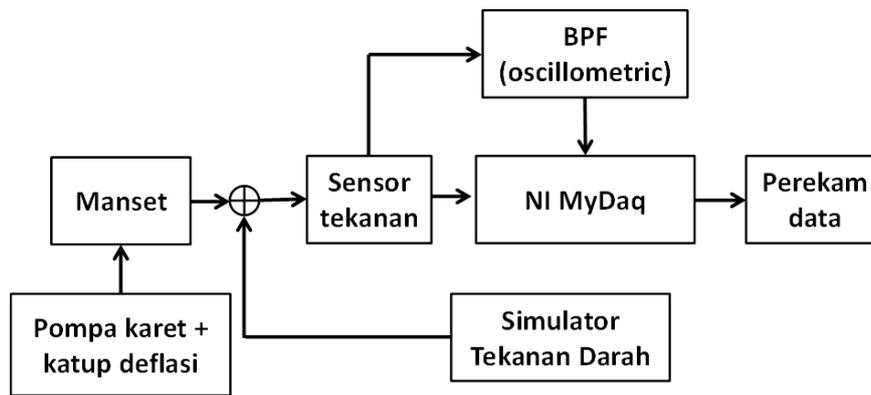
Fokus pada studi ini adalah pada variasi tekanan darah pada mode Standard BP yang tersedia pada instrumen. Variasi tekanan sistol/diastol pada mode Standard BP adalah sebagai berikut: (1)120/80 mmHg; (2) 150/100 mmHg; (3) 200/150 mmHg); (4) 60/30 mmHg; (5) 80/50 mmHg; (6) 100/65 mmHg. Seluruh variasi tekanan darah tersebut disimulasikan dengan detak jantung 80 *beat per minute* (BPM). Setiap variasi akan diambil sebanyak tiga kali agar ada data pembandingan.

Proses pengambilan data dilakukan dengan menggunakan sistem akuisisi data berbasis LabVIEW yang dikembangkan sendiri. Metode pengukuran yang digunakan adalah metode deflasi, yaitu dengan memberi tekanan udara pada manset di atas nilai sistol lalu mengurangi tekanannya secara perlahan sembari melakukan pengambilan data osilometrik yang dihasilkan. Tekanan udara pada manset dipompa secara manual menggunakan pompa karet yang biasa digunakan pada tensimeter manual dengan katup deflasi dalam kondisi

tetap, sehingga diharapkan kecepatan penurunan tekanan udara relatif sama pada setiap pengambilan data.

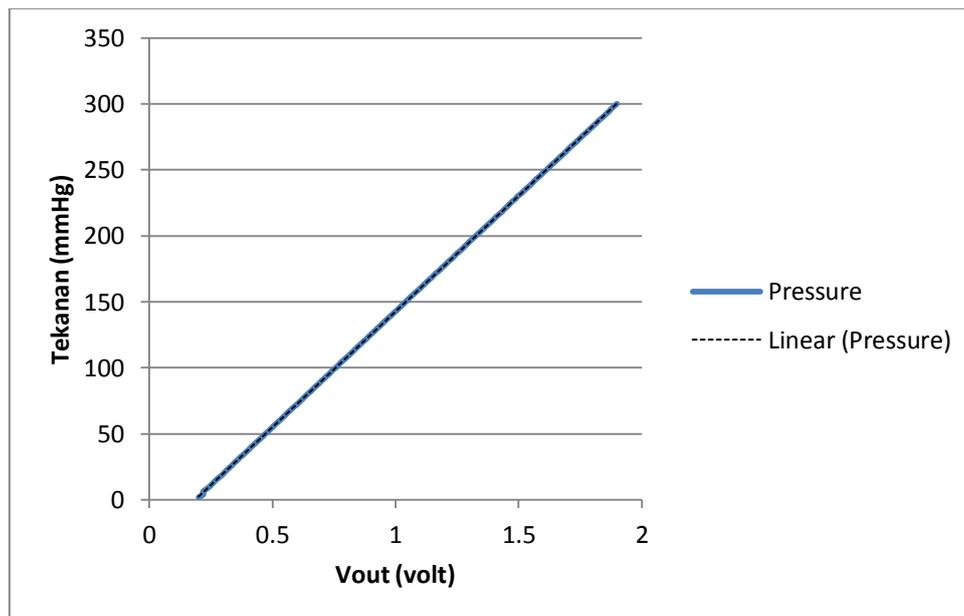
2.2 Sistem Akuisisi Data

Seperti telah disebutkan sebelumnya bahwa proses pengambilan data menggunakan sistem akuisisi data menggunakan sistem berbasis LabVIEW yang dikembangkan sendiri. *Software* berbasis LabVIEW digunakan untuk membaca dan merekam *output* sensor tekanan dan *output band pass filter* (BPF) yang berupa osilasi yang dihasilkan oleh simulator. Pada dasarnya sistem akuisisi data ini mirip dengan sistem penyusun tensimeter otomatis tanpa pompa otomatis dan tanpa algoritma penentuan nilai sistol dan diastol. Gambar 3 menunjukkan blok diagram sistem akuisisi data yang digunakan untuk pengambilan data.



Gambar 3. Blok diagram sistem akuisisi data

Sensor tekanan yang digunakan adalah sensor tekanan tipe MPX5100GP. Sebelum digunakan untuk pengambilan data, sensor dikalibrasi terlebih dahulu menggunakan kalibrator tekanan statis tipe PPC4E dari Fluke Calibration yang juga tersedia di BPFK Jakarta. Gambar 4 menunjukkan hasil kalibrasi dalam grafik tegangan *output* rata-rata sensor MPX5100GP terhadap tekanan yang cukup linier untuk rentang 0-300 mmHg.

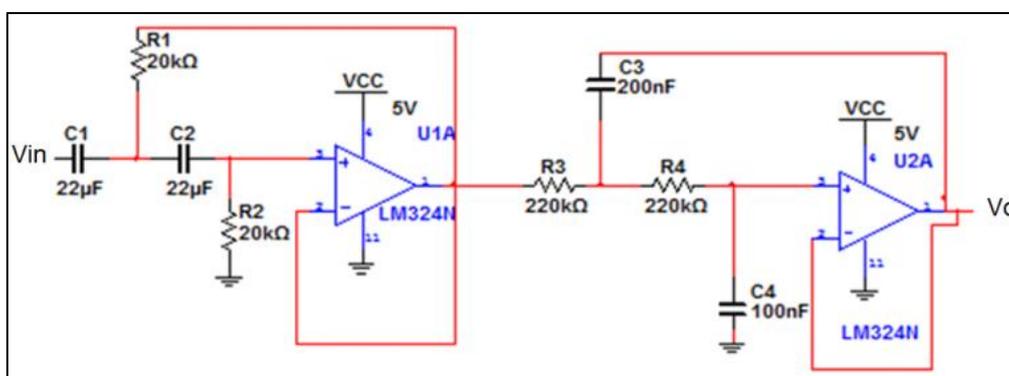


Gambar 4. Kalibrasi MPX5100GP

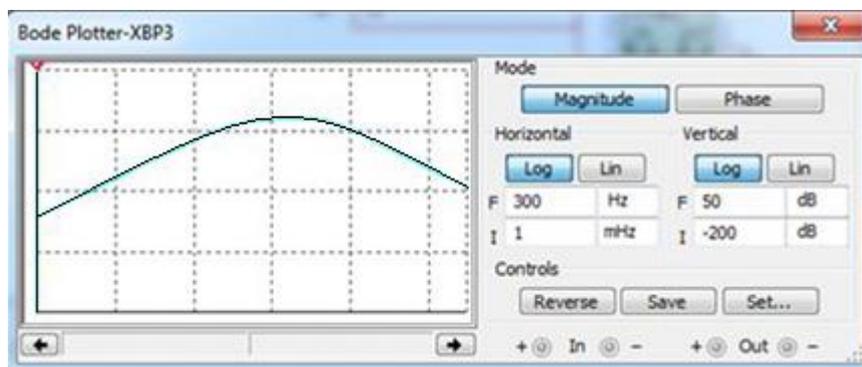
Dari hasil rata-rata kalibrasi tersebut diambil persamaan garisnya menggunakan metode pencocokan kurva dan diperoleh Persamaan (1) untuk memperoleh nilai tekanan terukur.

$$Pressure = 175.350651293417V_o - 32.6445617489439 \quad (1)$$

BPF digunakan untuk memperoleh data osilasi tekanan pada manset yang dihasilkan oleh simulator. Karena osilasi tekanan tersebut merepresentasikan detak jantung, maka *bandwidth* filter disesuaikan dengan detak jantung manusia. Bandwidth BPF diset pada 0.5-5 Hz disesuaikan dengan detak jantung 12-120 BPM. Rangkaian BPF yang digunakan diperlihatkan pada Gambar 5. Gambar 6 menunjukkan hasil simulasi Bode plot dari rangkaian BPF menggunakan *software* Multisim 11.0. Pengujian langsung tidak dapat dilakukan karena frekuensi awal BPF terlalu rendah dan *function generator* yang tersedia tidak dapat mengeluarkan sinyal dengan frekuensi lebih kecil dari 1 Hz.

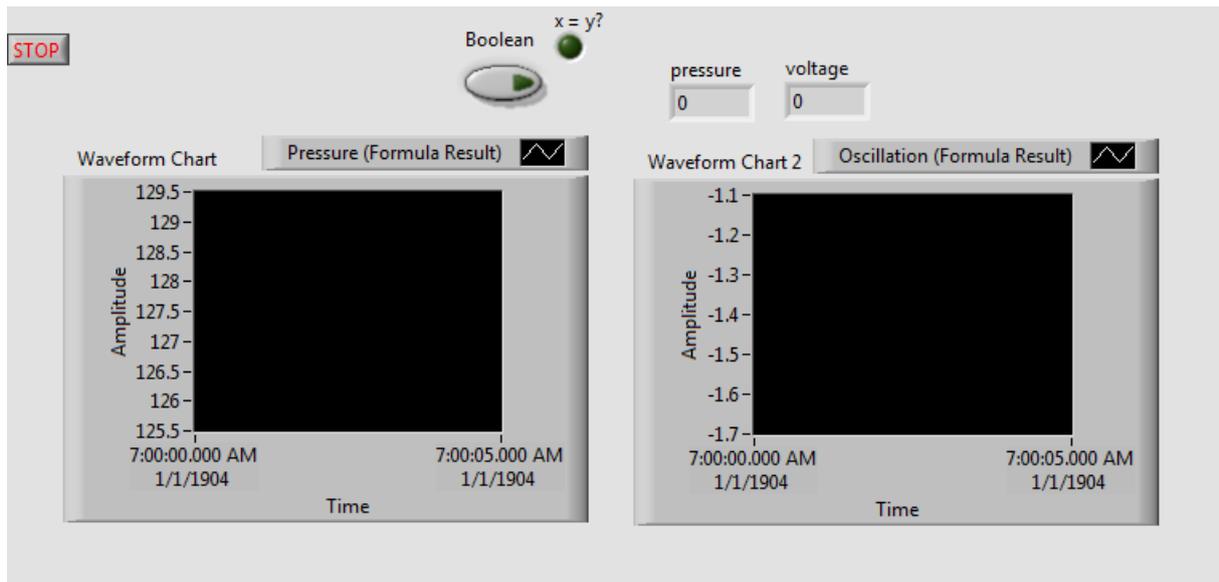


Gambar 5. Rangkaian BPF Sallen Key orde 2 (Rachmat, 2016)

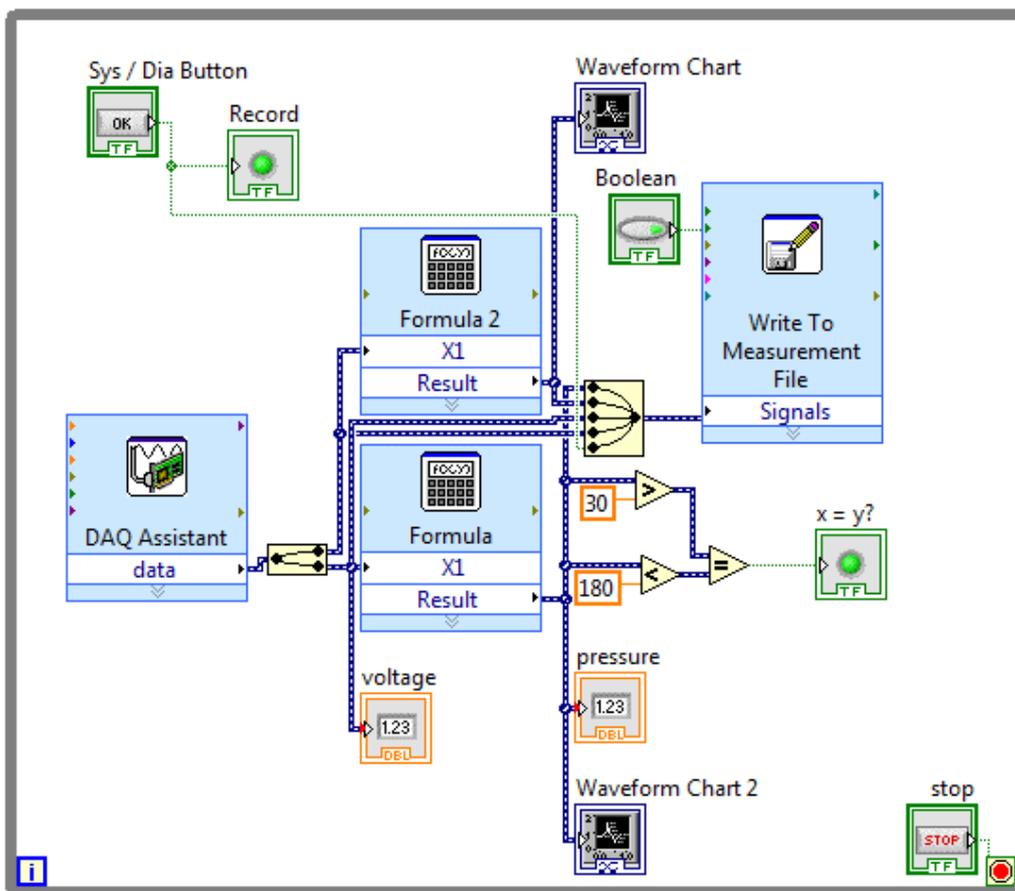


Gambar 6. Simulasi Bode plot rangkaian BPF (Rachmat, 2016)

Software perekam data dibuat menggunakan LabVIEW 2012 yang dijalankan di komputer dengan sistem operasi Windows 7. Gambar 7 menunjukkan *user interface* dari *software* yang dikembangkan, sedangkan program yang disusun menggunakan *graphical programming language* di LabVIEW ditunjukkan pada Gambar 8. Sebagai antarmuka antara *software* perekam data dengan perangkat keras digunakan NI-MyDAQ, instrumen akuisisi data dari National Instrument yang kompatibel dengan LabVIEW.



Gambar 7. User interface software perekam data

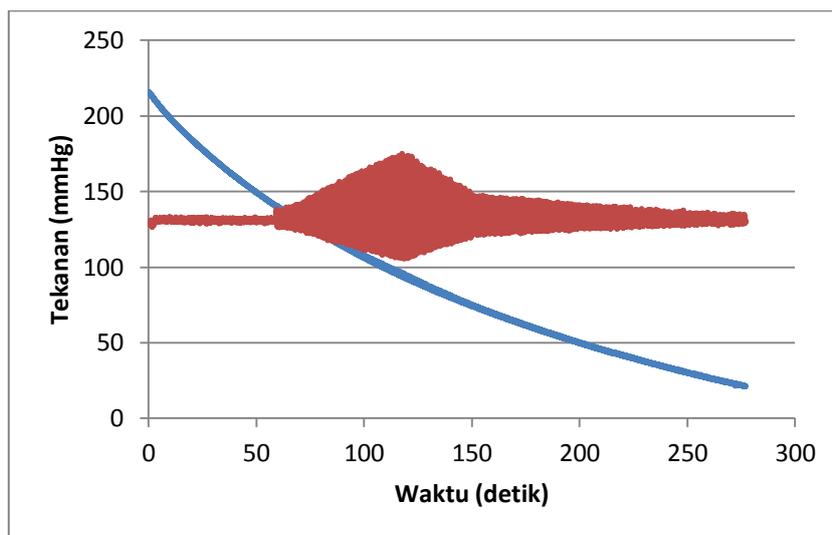


Gambar 8. Graphical code dari software perekam data

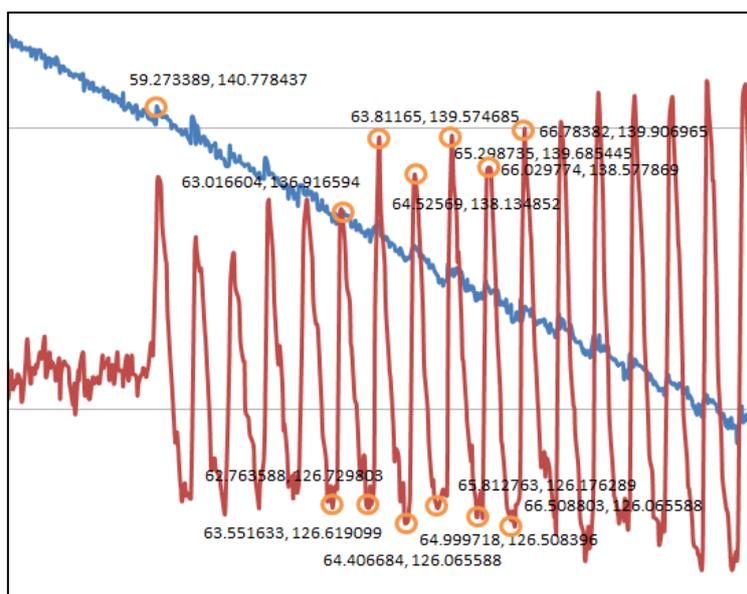
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Tekanan Darah 120/80 mmHg

Salah satu grafik hasil simulasi untuk tekanan 120/80 mmHg dapat dilihat pada Gambar 9, sedangkan Gambar 10 memperlihatkan perbesaran dari grafik simulasi dengan beberapa nilai waktu dan magnitudo pada beberapa titik ekstrim dan pada titik awal osilasi. Karena penguatan yang cukup besar pada magnitudo osilasi, perlu diingat bahwa satuan mmHg agak kurang tepat digunakan sebagai satuan magnitudo osilasi. Tetapi untuk menyederhanakan analisis data, maka satuan magnitudo osilasi akan dianggap sama dengan tekanan manset, yaitu mmHg.



Gambar 9. Simulasi tekanan darah 120/80 mmHg



Gambar 10. Perbesaran cuplikan simulasi tekanan darah 120/80 mmHg

Tabel 1 memperlihatkan analisis frekuensi osilasi dari simulasi 120/80 mmHg dengan detak jantung 80 BPM yang ditunjukkan oleh titik ekstrim pada grafik di Gambar 10. Waktu rata-rata per satu siklus adalah sekitar 750 milidetik. Tabel 2 memperlihatkan analisis titik mulai osilasi dan *mean arterial pressure* (MAP) dari tiga kali perekaman data.

Bentuk osilasi mirip dengan bentuk osilometrik dari manusia. Osilasi naik perlahan secara linier dari titik mulai sampai titik puncak (saat MAP), lalu turun perlahan secara linier sampai tekanan sekitar 75 mmHg. Setelah itu masih terdapat osilasi dengan tingkat penurunan yang berbeda.

Tabel 1. Analisis frekuensi osilasi 120/80 mmHg

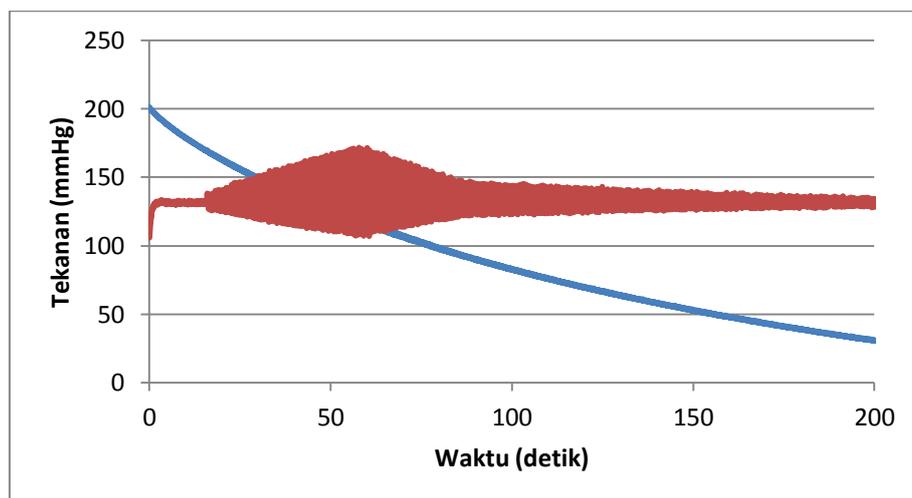
No	Lembah (detik)	Puncak (detik)	Waktu naik (detik)	Waktu turun (detik)	Waktu 1 siklus (detik)
1	62.764	63.017	0.253	-	-
2	63.552	63.817	0.265	0.535	0.788
3	64.407	64.526	0.119	0.59	0.855
4	64.999	65.299	0.3	0.473	0.592
5	65.813	66.003	0.19	0.514	0.814
6	66.509	66.784	0.275	0.506	0.696
Rata-rata			0.234	0.524	0.749

Tabel 2. Analisis titik mulai osilasi 120/80 mmHg

No	Tekanan awal osilasi(mmHg)	MAP (mmHg)
1	140.778	96.172
2	140.257	96.135
3	140.145	94.279
Rata-rata	140.393	95.529

3.2 Tekanan Darah 150/100 mmHg

Salah satu grafik hasil simulasi untuk tekanan 150/100 mmHg dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Simulasi tekanan darah 150/100 mmHg

Tabel 3 memperlihatkan analisis frekuensi osilasi dari simulasi 150/100 mmHg dengan detak jantung 80 BPM dari beberapa titik cuplikan. Waktu rata-rata per satu siklus adalah sekitar 750 milidetik. Tabel 4 memperlihatkan analisis titik mulai osilasi dan (MAP) dari tiga kali perekaman data.

Bentuk osilasi mirip dengan bentuk osilometrik dari manusia. Osilasi naik perlahan secara linier dari titik mulai sampai titik puncak (saat MAP), lalu turun perlahan secara linier sampai tekanan sekitar 95 mmHg. Setelah itu masih terdapat osilasi dengan tingkat penurunan yang berbeda.

Tabel 3. Analisis frekuensi osilasi 150/100 mmHg

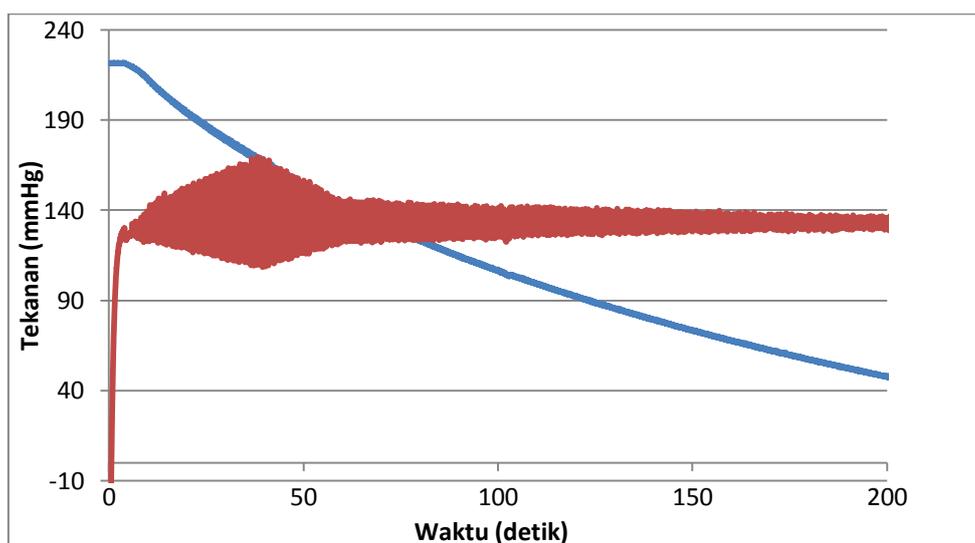
No	Lembah (detik)	Puncak (detik)	Waktu naik (detik)	Waktu turun (detik)	Waktu 1 siklus (detik)
1	18.228	18.507	0.279	-	-
2	19.003	19.202	0.199	0.496	0.775
3	19.744	20.023	0.279	0.542	0.741
4	20.428	20.702	0.274	0.405	0.684
5	21.221	21.520	0.299	0.519	0.793
6	21.894	22.230	0.336	0.374	0.673
Rata-rata			0.278	0.467	0.733

Tabel 4. Analisis titik mulai osilasi 150/100 mmHg

No	Tekanan awal osilasi (mmHg)	MAP (mmHg)
1	170.045	119.623
2	170.045	119.102
3	169.297	119.809
Rata-rata	169.796	119.511

3.3 Tekanan Darah 200/150 mmHg

Salah satu grafik hasil simulasi untuk tekanan 200/150 mmHg dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Simulasi tekanan darah 200/150 mmHg

Tabel 5 memperlihatkan analisis frekuensi osilasi dari simulasi 200/150 mmHg dengan detak jantung 80 BPM dari beberapa titik cuplikan. Waktu rata-rata per satu siklus adalah sekitar 750 milidetik. Tabel 6 memperlihatkan analisis titik mulai osilasi dan (MAP) dari tiga kali

perekaman data. Tetapi pada dua data perekaman data, titik mulai osilasi tidak dapat dianalisis karena osilasi sudah dimulai dari data awal.

Mirip seperti osilasi pada simulasi tekanan darah sebelumnya, osilasi naik perlahan secara linier dari titik mulai sampai titik puncak (saat MAP), lalu turun perlahan secara linier sampai tekanan sekitar 145 mmHg. Setelah itu masih terdapat osilasi dengan tingkat penurunan yang berbeda.

Tabel 5. Analisis frekuensi osilasi 200/150 mmHg

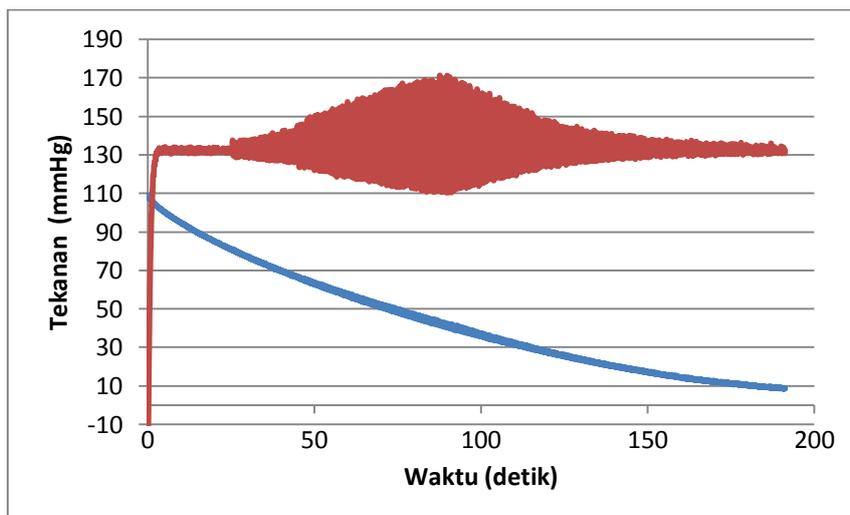
No	Lembah (detik)	Puncak (detik)	Waktu naik (detik)	Waktu turun (detik)	Waktu 1 siklus (detik)
1	13.921	14.215	0.294	-	-
2	14.651	14.948	0.297	0.436	0.73
3	15.431	15.705	0.274	0.483	0.78
4	16.215	16.497	0.282	0.51	0.784
5	16.998	17.197	0.199	0.501	0.783
6	17.642	17.938	0.296	0.445	0.644
Rata-rata			0.274	0.475	0.744

Tabel 6. Analisis titik mulai osilasi 200/150 mmHg

No	Tekanan awal osilasi (mmHg)	MAP (mmHg)
1	-	169.941
2	-	168.251
3	220.039	169.671
Rata-rata	220.039	169.288

3.4 Tekanan Darah 60/30 mmHg

Salah satu grafik hasil simulasi untuk tekanan 60/30 mmHg dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Simulasi tekanan darah 60/30 mmHg

Tabel 7 memperlihatkan analisis frekuensi osilasi dari simulasi 60/30 mmHg dengan detak jantung 80 BPM dari beberapa titik cuplikan. Waktu rata-rata per satu siklus adalah sekitar 750 milidetik. Tabel 8 memperlihatkan analisis titik mulai osilasi dan (MAP) dari tiga kali perekaman data.

Mirip seperti osilasi pada simulasi tekanan darah sebelumnya, osilasi naik perlahan secara linier dari titik mulai sampai titik puncak (saat MAP), lalu turun perlahan secara linier sampai tekanan sekitar 25 mmHg. Setelah itu masih terdapat osilasi dengan tingkat penurunan yang berbeda.

Tabel 7. Analisis frekuensi osilasi 60/30 mmHg

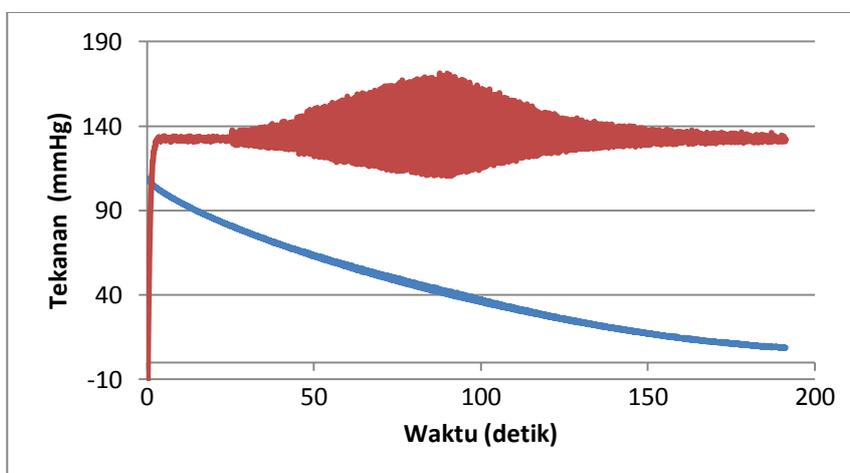
No	Lembah (detik)	Puncak (detik)	Waktu naik (detik)	Waktu turun (detik)	Waktu 1 siklus (detik)
1	30.415	30.774	0.359	-	-
2	31.304	31.479	0.175	0.53	0.889
3	31.985	32.238	0.253	0.506	0.681
4	32.722	33.014	0.292	0.484	0.737
5	33.643	33.739	0.096	0.629	0.921
6	34.177	34.489	0.312	0.438	0.534
Rata-rata			0.248	0.517	0.752

Tabel 8. Analisis titik mulai osilasi 60/30 mmHg

No	Tekanan awal osilasi (mmHg)	MAP (mmHg)
1	80.631	43.203
2	79.037	42.797
3	80.742	42.059
Rata-rata	80.137	42.686

3.5 Tekanan Darah 80/50 mmHg

Salah satu grafik hasil simulasi untuk tekanan 80/50 mmHg dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Simulasi tekanan darah 80/50 mmHg

Tabel 9 memperlihatkan analisis frekuensi osilasi dari simulasi 80/50 mmHg dengan detak jantung 80 BPM dari beberapa titik cuplikan. Waktu rata-rata per satu siklus adalah sekitar 750 milidetik. Tabel 10 memperlihatkan analisis titik mulai osilasi dan (MAP) dari tiga kali perekaman data.

Mirip seperti osilasi pada simulasi tekanan darah sebelumnya, osilasi naik perlahan secara linier dari titik mulai sampai titik puncak (saat MAP), lalu turun perlahan secara linier sampai tekanan sekitar 45 mmHg. Setelah itu masih terdapat osilasi dengan tingkat penurunan yang berbeda.

Tabel 9. Analisis frekuensi osilasi 80/50 mmHg

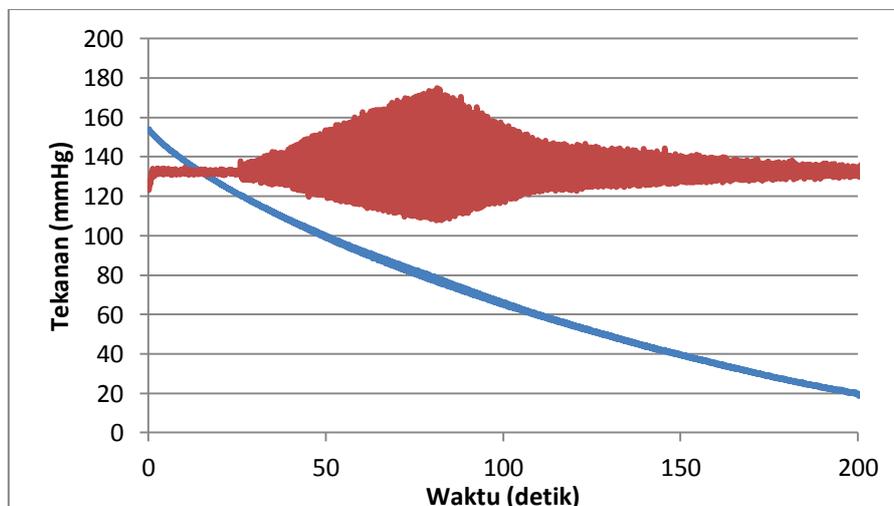
No	Lembah (detik)	Puncak (detik)	Waktu naik (detik)	Waktu turun (detik)	Waktu 1 siklus (detik)
1	78.750	79.045	0.295	-	-
2	79.531	79.826	0.295	0.486	0.781
3	80.236	80.549	0.313	0.41	0.705
4	80.999	81.291	0.292	0.45	0.763
5	81.777	82.068	0.291	0.486	0.778
6	82.547	82.782	0.235	0.479	0.77
Rata-rata			0.287	0.462	0.759

Tabel 10. Analisis titik mulai osilasi 80/50 mmHg

No	Tekanan awal osilasi (mmHg)	MAP (mmHg)
1	100.145	63.081
2	100.591	63.747
3	100.813	62.896
Rata-rata	100.516	63.241

3.6 Tekanan Darah 100/65 mmHg

Salah satu grafik hasil simulasi untuk tekanan 100/65 mmHg dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 15. Simulasi tekanan darah 100/65 mmHg

Tabel 11 memperlihatkan analisis frekuensi osilasi dari simulasi 100/65 mmHg dengan detak jantung 80 BPM dari beberapa titik cuplikan. Waktu rata-rata per satu siklus adalah sekitar 750 milidetik. Tabel 12 memperlihatkan analisis titik mulai osilasi dan (MAP) dari tiga kali perekaman data.

Mirip seperti osilasi pada simulasi tekanan darah sebelumnya, osilasi naik perlahan secara linier dari titik mulai sampai titik puncak (saat MAP), lalu turun perlahan secara linier sampai tekanan sekitar 60 mmHg. Setelah itu masih terdapat osilasi dengan tingkat penurunan yang berbeda.

Tabel 11. Analisis frekuensi osilasi 100/65 mmHg

No	Lembah (detik)	Puncak (detik)	Waktu naik (detik)	Waktu turun (detik)	Waktu 1 siklus (detik)
1	38.320	38.556	0.236	-	-
2	39.003	39.314	0.311	0.447	0.683
3	39.782	40.074	0.292	0.468	0.779
4	40.553	40.844	0.291	0.479	0.771
5	41.232	41.545	0.313	0.388	0.679
6	42.011	42.299	0.288	0.466	0.779
Rata-rata			0.289	0.450	0.738

Tabel 12. Analisis titik mulai osilasi 100/65 mmHg

No	Tekanan awal osilasi (mmHg)	MAP (mmHg)
1	120.628	78.519
2	120.702	79.927
3	120.442	79.111
Rata-rata	120.591	79.186

4. KESIMPULAN

Dari hasil perekaman data dengan metode deflasi untuk beberapa variasi tekanan darah dengan detak jantung 80 BPM, maka dapat disimpulkan beberapa karakteristik osilometrik dari simulator referensi pada mode standard BP.

Dengan detak jantung 80 BPM, osilasi muncul sekitar 750 milidetik sekali dengan durasi naik lebih singkat daripada durasi turun per satu siklus osilasi, yaitu sekitar 250 milidetik untuk naik dan 500 milidetik untuk turun. Bentuk osilasi yang dihasilkan oleh simulator referensi cukup mirip dengan bentuk osilometrik dari pasien. Osilasi dimulai pada tekanan 20 mmHg di atas nilai tekanan sistol untuk seluruh variasi tekanan darah. Magnitude osilasi perlahan naik secara linier dari titik mulai osilasi sampai ke titik MAP, lalu perlahan turun secara linier sampai pada satu titik tertentu, yaitu pada sekitar tekanan 5 mmHg di bawah nilai tekanan diastol.

Nilai MAP pada tiap variasi tekanan darah adalah sebagai berikut: (1) 120/80 mmHg adalah 96 mmHg; (2) 150/100 mmHg adalah 93 mmHg; (3) 200/150 mmHg adalah 120 mmHg; (3) 255/195 mmHg adalah 169 mmHg; (4) 60/30 mmHg adalah 43 mmHg; (5) 80/50 mmHg adalah 63 mmHg; (5) 100/65 mmHg adalah 79 mmHg.

Hasil dari studi ini telah digunakan pada pengembangan simulator tekanan darah, dengan fokus awal pada simulasi tekanan darah 120/80 mmHg, dengan karakteristik osilasi dimulai pada tekanan manset 140 mmHg dan MAP ditargetkan pada 96 mmHg. Tetapi perbedaan tingkat penurunan masih belum diterapkan pada pengembangan awal tersebut. Hasil pengembangan awal tersebut menghasilkan simulasi rata-rata sistol 118 ± 2 mmHg dan diastol 77 ± 1 mmHg, dengan MAP 98.9 ± 0.6 mmHg (**Ughi, dkk, 2016**). Hasil simulasi purwarupa pengembangan awal masih belum sesuai dengan target, sehingga masih perlu dikembangkan lebih lanjut.

Agar karakteristik osilometrik lebih lengkap, pengambilan data dengan metode pengukuran inflasi perlu dilakukan. Dengan begitu dapat diketahui titik mulai osilasi pada metode inflasi yang mungkin dapat dikaitkan dengan nilai tekanan diastol. Selain itu dapat dilihat konsistensi nilai MAP pada metode inflasi dibandingkan dengan metode deflasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih untuk Academic Research and Community Service (ARCS), Swiss German University untuk pendanaan studi ini, dan kepada tim Laboratorium Pengujian dan Kalibrasi Instrumen Medis, Balai Pengamanan Fasilitas Kesehatan Jakarta untuk izin dan bantuannya dalam proses pengambilan data.

DAFTAR RUJUKAN

- Wikimedia Commons. (2006). *Korotkow deutsch.png*. Dipetik Agustus 29, 2016, dari https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Korotkow_deutsch.png
- Ball-Ilovera, A.; Del Rey, A.; Ruso, R.; Ramos, J.; Batista, O.; Niubo, I. (2003). *An Experience in Implementing the Oscillometric Algorithm for the Non-Invasive Determination of Human Blood Pressure. Proceeding of the 25th Annual International Conference of the IEEE EMBS* (pp. 3173-3175). Cancun.
- Geršak, G; Žemva, A.; Drnovšek, J. (2009). *A procedure for evaluation of non-invasive blood pressure simulators. Med Biol Eng Comput.* 47: 1221-1228.
- Fluke Biomedical. (2007). *BP Pump 2 NIBP Simulator and Tester – Operators Manual*. Washington.
- Plante, T.B.; Urrea, B.; MacFarlane, Z.T.; Blumental, R.S.; Miller III, E.R.; Appel, L.J., Martin, S.S. (2016). *Validation of the Instant Blood Pressure Smartphone App. Jama Internal Medicine* (pp. E1-E2). Dipetik September 8, 2016, dari <http://www.djsehealth.nl/wp-content/uploads/2016/03/Bloeddruk.pdf>
- Perhimpunan Hipertensi Indonesia. (2012). *Referensi Populer Untuk Masyarakat Umum Kenalilah Tekanan Darah Anda*. Direktorat Penyakit Tidak Menular Kemenkes R.I. Jakarta
- Rachmat, H.H.; Ughi, F. (2016). *Perancangan dan Realisasi Sistem Tele-Monitoring dan Rekam Medis Kesehatan Pasien Penyandang Tuna Netra dan Usia Lanjut. Laporan Kemajuan Penelitian Hibah Bersaing*. LPPM Itenas. Bandung.

Ughi, F.; Dewanto, G.A.; Abdillah, A.; Yuliyanto, A. (2016). *Low-Cost Simulator for Oscillometric Non-Invasive Blood Pressure Measurement. Proceeding of 2nd International Conference on Science, Technology and Interdisciplinary Research 2016 (p. 91)*. Bandar Lampung.