APLIKASI SENSOR TEKANAN MPXM2053GS PADA ALAT UJI TEKANAN *SPHYGMOMANOMETER* BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA328

Antonius Hendro Noviyanto

Politeknik Mekatronika Sanata Dharma
Dosen Program Studi D3 Instrumentasi Medis, Politeknik Mekatronika Sanata Dharma Yogyakarta.
Alamat korespondensi: Kampus Paingan Maguwoharjo Depok Sleman Yogyakarta 55282.
Email: *hendro@pmsd.ac.id*

ABSTRACT

Blood pressure measurement is a routine activity that must be performed by health personnel in observing the condition of a patient. Measurements used by health personnel must be accurate. The inaccuracy of the measuring instrument used may lead to a false diagnosis of the patient. The inaccuracy of a blood pressure measuring device (sphygmomanometer) can be avoided by calibrating the measuring device. The calibration of the device is performed by comparing the pressure reading values of the sphygmomanometer with the mercury sphygmomanometer. The accuracy of a calibration device on a sphygmomanometer has an accuracy limit of 0.8 mmHg. In this research will be designed pressure gauge (pressure tester) which can be used as a comparison of pressure reading results on the tool sphygmomanometer. At the pressure tester to be designed, use a more environmentally friendly MPXM2053GS pressure sensor than mercury. The output from the sensor will be amplified by the instrumentation amplifier signal circuit with IC INA114, so that sensor output will be more easily processed by microcontroller. Results from sensor data readings have an accuracy level of 0.55 mmHg, and will be displayed on LCD (liquid crystal display).

Keyword *: sphygmomanometer, pressure tester, pressure sensor, signal conditioning, data acquisition.*

1. PENDAHULUAN

Pengukuran tekanan darah pada pasien merupakan suatu kegiatan rutin yang harus dilakukan oleh tenaga kesehatan dalam mengontrol kondisi kesehatan dari pasien. Tekanan darah dapat diukur dengan alat *sphygmomanometer*. Pengukuran tekanan darah yang tidak akurat dapat mengakibatkan suatu diagnosa yang salah terhadap kondisi pasien (D. & Pierin, 1998). Ketidak-akuratan dari suatu alat *sphygmomanometer* dapat dihindari dengan melakukan kalibrasi minimal selama 6 bulan sekali (World Health Organization, 2005).

Kalibrasi *sphygmomanometer* dapat dilakukan dengan membandingkan dua alat ukur tekanan darah, dimana salah satu dari alat ukur tersebut dijadikan sebagai referensi pengukuran atau *pressure tester* (Nelson Debralee. RDH. MA., 2008). Alat yang dapat digunakan sebagai referensi pengukuran adalah menggunakan *sphygmomanometer* dengan merkuri. *Sphygmomanometer* merkuri merupakan alat ukur yang paling standar yang memiliki tingkat akurasi yang tinggi (Nelson Debralee. RDH. MA., 2008). Di era sekarang penggunaan merkuri sudah dibatasi, hal ini dikarenakan penggunaan merkuri dapat membahayakan lingkungan (Nainggolan Parlindungan Fernando, 2015).

Pada penelitian ini akan dirancang suatu alat pressure tester yang nantinya dapat dijadikan sebagai referensi pembacaan tekanan. Tingkat akurasi dari suatu alat yang digunakan sebagai *pressure tester* harus memiliki batas akurasi sebesar 0.8 mmHg (Werner, 2009). *Pressure tester* yang akan dirancang tidak menggunakan merkuri. Pembacaan tekanan akan menggunakan sensor tekanan MPXM2053GS yang lebih ramah lingkungan karena terbuat dari substansi silicon (Hartika & Afrilia, 2012). Keluaran dari sensor tersebut akan dilakukan proses pengkondisian sinyal, sehingga keluaran sensor akan lebih mudah dibaca oleh mikrokontroler. Mikrokontroler akan melakukan proses akuisisi data, sehingga hasil yang akan tertampil nantinya

sudah dalam bentuk yang dapat dibaca (dalam skala mmHg).

2. KONSEP DASAR

2.1 *Sphygmomanometer*

Sphygmomanometer merupakan suatu alat yang digunakan untuk mengukur tekanan darah. Ada dua jenis *sphygmomanometer* yang dapat digunakan untuk mengukur tekanan darah, yaitu: *sphygmomanometer* manual dan *sphygmomanometer* digital. Menurut tingkat akurasi dari pengukuran tekanan darah, *sphygmomanometer* dengan merkuri memiliki tingkat akurasi yang tinggi dibandingkan dengan *sphygmomanometer* yang lainnya (Balestrieri E., 2009). *Sphygmomanometer* dengan merkuri dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. *Sphygmomanometer* dengan Merkuri

Penggunaan *sphygmomanometer* dengan merkuri sekarang ini sudah mulai dikurangi, hal ini disebabkan karena merkuri dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan (Nainggolan Parlindungan Fernando, 2015). *Sphygmomanometer* yang sering digunakan adalah *sphygmomanometer* aneroid dan *sphygmomanometer* digital. Gambar *sphygmomanometer* aneroid dan digital ditunjukkan pada Gambar 2.



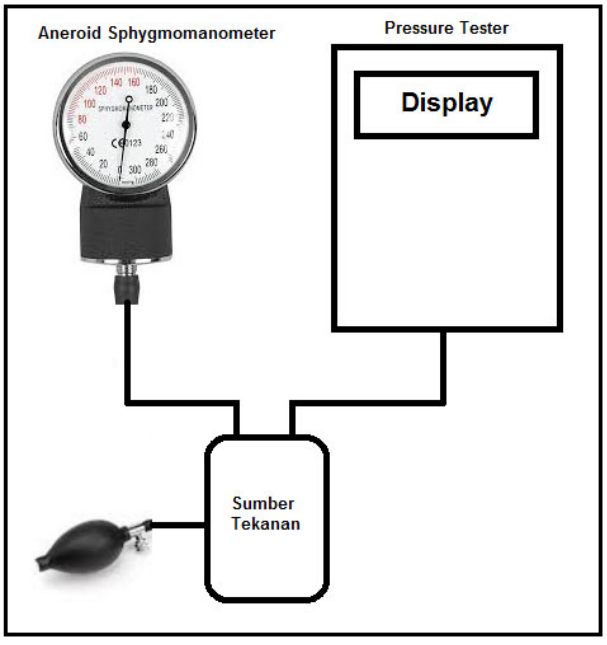
Gambar 2. *Sphygmomanometer* Aneroid dan *Sphygmomanometer* Digital

Sphygmomanometer aneroid tidak menggunakan merkuri dalam melakukan pengukuran tekanan darah, tetapi menggunakan jarum penunjuk angka. Begitu pula *sphygmomanometer* digital hasil pembacaan tekanan langsung tertampil dalam bentuk angka digital. Pada *sphygmomanometer* digital menggunakan sensor untuk membaca tekanan pada *cuff*. Data keluaran dari sensor tersebut akan diolah oleh kontroler dan ditunjukkan pada suatu penampil digital.

2.2 Kalibrasi *Sphygmomanometer*

Kalibrasi merupakan suatu kegiatan dalam menetapkan hubungan antara nilai besaran dan ketidak-pastian pengukuran terhadap standar pengukuran (Kalibrasi Akreditasi Nasional). Kesalahan alat ukur dapat diklasifikasikan dalam dua hal, yaitu: kesalahan acak dan kesalahan sistematis (Turner Martin J, 2007).

Kesalahan acak merupakan kesalahan hasil pengukuran yang memiliki nilai kesalahan yang berbeda-beda pada satu pengukuran. Kesalahan acak dapat diatasi dengan melakukan perhitungan rata-rata pada hasil pengukuran. Kesalahan sistematis merupakan suatu kesalahan dari hasil pengukuran yang memiliki nilai kesalahan yang selalu sama. Proses perbaikan yang dapat dilakukan untuk memperbaiki kesalahan sistematis pada hasil pengukuran adalah dengan melakukan kalibrasi pada alat ukur yang digunakan.

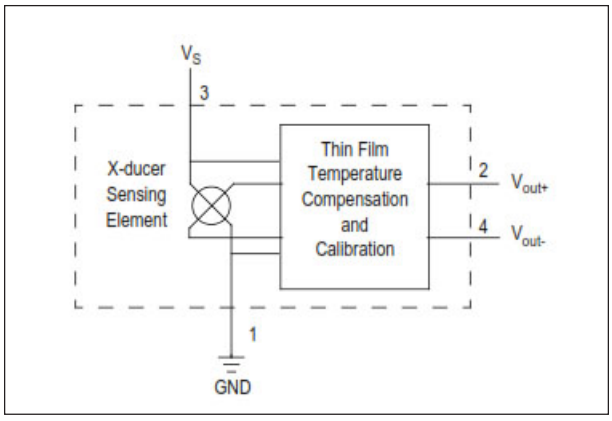


Gambar 3. Proses Kalibrasi

Proses kalibrasi *sphygmomanometer* dapat dilakukan dengan cara membandingkan suatu nilai dari alat ukur yang sudah standar dengan nilai dari alat ukur yang akan dikalibrasi (Nelson Debralee. RDH. MA., 2008). Proses kalibrasi ditunjukkan pada Gambar 3. Nilai dari alat ukur yang sudah menjadi standar didapatkan dari hasil pembacaan tekanan dengan alat *pressure tester*. *Pressure tester* merupakan suatu alat yang dijadikan sebagai referansi atau standar pengukuran tekanan. *Pressure tester* memiliki batas akurasi sebesar 0.8 mmHg, sehingga ketika *pressure tester* digunakan untuk melakukan kalibrasi tidak memiliki nilai simpangan yang besar (Werner, 2009).

2.3 Sensor Tekanan *MPX2053GS*

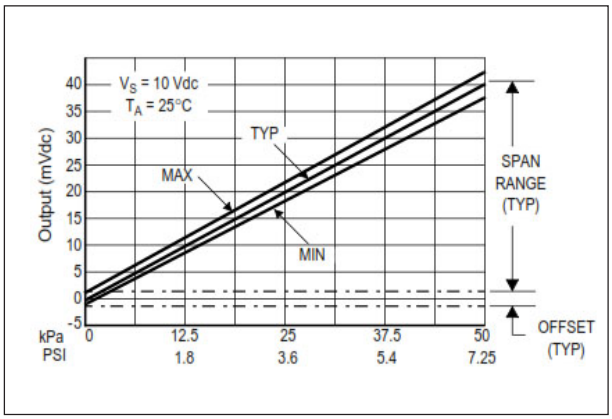
MPX2053GS merupakan suatu sensor tekanan yang terbuat dari bahan silicon yang ramah lingkungan (Hartika & Afrilia, 2012). Prinsip kerja dari sensor ini adalah dengan prinsip *piezo-resistive.* Sensor MPX2053GS memiliki dua keluaran tegangan, yaitu –Vout dan +Vout, yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Sumber: Freescale Semiconductor, "MPXM2053GS data sheet", 2012

Gambar 4. Skematik Sensor Tekanan MPXM2053GS

Kenaikan tegangan keluaran dari sensor berbanding lurus dengan kenaikan dari tekanan yang diterima oleh sensor. Grafik perbandingan dari tekanan dan tegangan ditunjukkan pada Gambar 5. Sensor tekanan MPX2053GS mampu mengukur tekanan dari 0 kPa sampai 50 kPa, dengan keluaran tegangan dari 0 V sampai 40 mV.



Sumber: Freescale Semiconductor, "MPXM2053GS data sheet", 2012

Gambar 5. Grafik Perbandingan Tekanan dan Tegangan

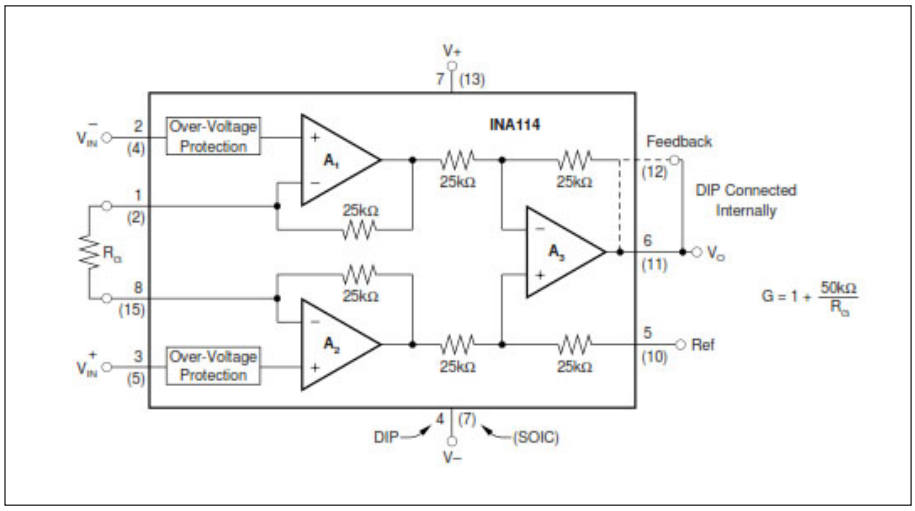
2.4 Pengkondisi Sinyal dan Akuisisi Data

Pengkondisian sinyal dapat dilakukan dengan mengolah data keluaran dari sensor atau tranduser menjadi data yang diinginkan (Pane Masria, 2013). Ada banyak metode yang dapat digunakan untuk melakukan proses pengkondisian sinyal. Metode yang bisa digunakan untuk melakukan pengkondisian sinyal dari sensor MPXM2053GS adalah metode penguatan. Metode penguatan yang digunakan pada proses pengkondisi sinyal dari sensor MPXM2053GS adalah dengan menggunakan penguat instrumentasi.

Penguat instrumentasi dapat dilakukan pula dengan menggunakan IC INA114. Diagram blok IC INA114 dapat dilihat pada Gambar 6. Pengukuran besar penguatan pada IC INA114 dapat dilakukan dengan persamaan berikut (Burr-Brown Corporation, 1998):

$$G = \frac{50k\Omega}{Rg} + 1$$

Setelah dilakukan proses pengkondisian sinyal, proses selanjutnya adalah melakukan proses akuisisi data. Proses akuisisi data merupakan suatu proses untuk mengolah data menjadi data yang dapat dibaca secara langsung (Pane Masria, 2013). Proses akuisisi data pada penelitian ini dilakukan oleh mikrokontroler, sehingga data yang berupa tegangan akan dikonversi menjadi data yang dibutuhkan (berupa data dalam skala mmHg).



Burr-Brown, "INA114 data sheet", 1998

Gambar 6 Diagam Blok IC INA114

3. PERANCANGAN SISTEM

Sistem *pressure tester* pada penelitian ini terdiri atas pengkondisi sinyal dari sensor MPXM2053GS, sistem minimum mikrokontroler, dan penampil.

Pengkondisi sinyal pada sistem ini berfungsi untuk mengolah data dari sensor MPX2053GP, sehingga data sensor tersebut bisa diolah oleh mikrokontroler. Sistem minimum mikrokontroler berfungsi untuk melakukan proses akuisisi data dari pengkondisi sinyal yang masih merupakan data mentah menjadi data yang diharapkan. Data yang sudah diolah oleh mikrokontroler tersebut kemudian ditampilkan pada penampil LCD sehingga dapat kita baca. Diagram blok sistem *pressure tester* yang akan dirancang dapat dilihat pada Gambar 7.

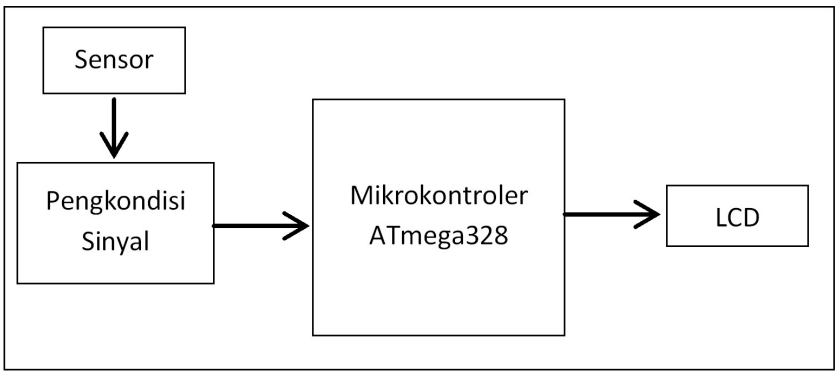
Perancangan pengkondisi sinyal pada alat *pressure tester* menggunakan IC INA114 yang merupakan IC penguat instrumentasi. Desain rangkaian pengkondisi sinyal dapat dilihat pada Gambar 8. Besar penguatan yang akan digunakan pada pengkondisi sinyal sensor MPXM2053GS adalah 125x, dengan besar penguatan tersebut maka nilai resistansi $\boldsymbol{R_g}$ yang akan digunakan adalah:

$$G = \frac{50k\Omega}{Rg} + 1$$

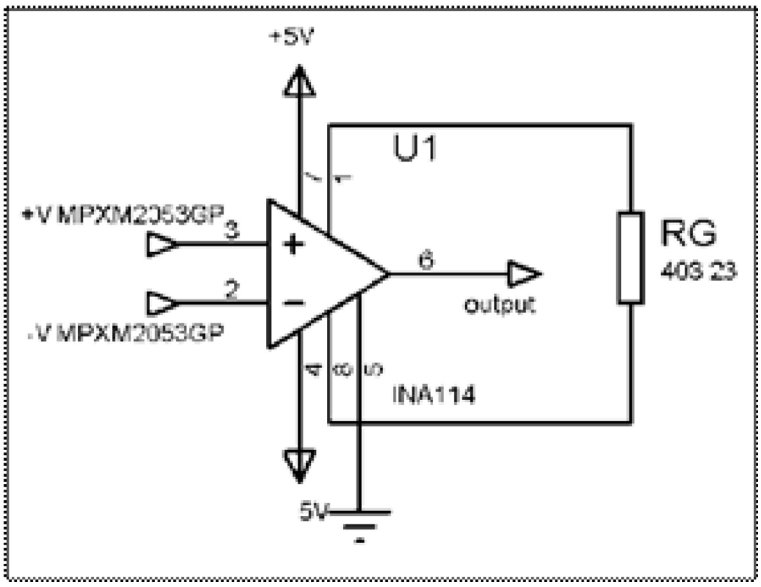
$$Rg = \frac{50k\Omega}{125 - 1}$$

$$Rg = 403.23\,\Omega$$

Besar nilai penguatan 125x ditujukan agar saat sensor menerima tekanan 50 kPa (tegangan yang dikeluarkan 40 mV) dapat dikondisikan tegangan keluarannya menjadi 5 volt.



Gambar 7. Diagram Blok Sistem *Pressure Tester*



Gambar 8. Skematik Rangkaian Pengkondisi Sinyal

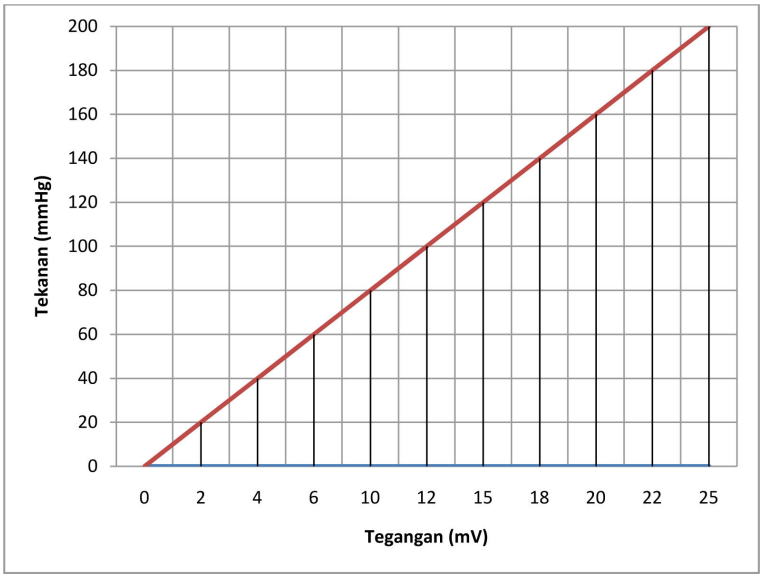
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian data sensor MPXM2053GS: Tekanan dan Tegangan

Pengujian pertama dilakukan untuk mengetahui hasil baca sensor MPXM2053GS. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik dari sensor MPXM2053GS yang digunakan. Proses pengujian dilakukan dengan memberikan tekanan pada sensor MPXM2053GS dan mengukur tegangan yang dikeluarkan dari sensor tersebut.

Berdasarkan dari hasil pengujian yang telah dilakukan terhadap sensor MPXM2053GS, yang ditunjukkan pada gambar 9, menunjukkan hasil bahwa perbandingan dari tekanan dengan tegangan yang dikeluarkan oleh sensor adalah berbanding lurus. Semakin besar tekanan yang diberikan pada sensor, maka semakin besar pula selisih tegangan antara V out + dan V out – yang dihasilkan oleh sensor MPXM2053GS.

Berdasarkan dari data yang telah didapatkan dari hasil pengujian sensor MPXM2053GS, hasil pengukuran memiliki selisih antara nilai dari hasil



Gambar 9. Grafik Perbandingan Tekanan dengan Tegangan

pengukuran dengan nilai yang ditunjukkan pada *datasheet*, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1. Namun dengan selisih nilai pengukuran tersebut, sensor MPXM2053GS masih memiliki nilai linieritas yang sama dan masih dalam range batas maksimal dan minimal pengukuran sensor. Sehingga dengan selisih nilai tersebut sensor MPXM2053GS masih bisa digunakan dengan mengubah nilai R_g pada rangkaian penguat instrumentasi yang digunakan. Pengubahan nilai R_g pada rangkaian penguat instrumentasi ditujukan agar keluaran sensor dapat dikondisikan sesuai dengan perancangan.

Tabel 1: Perbandingan Pengujian Sensor dengan Datasheet MPXM2053GS

Tegangan (mV)	Tekanan		
	Hasil Pengujian		Data Sheet (kPa)
	mmHg	kPa	
0	0	0	0
10	80	10.67	12.5
20	160	21.33	25

Besar perubahan nilai R_g yang diinginkan dapat dihitung dengan cara yang sama pada proses perancangan yaitu:

- Menentukan nilai penguatan yang diinginkan, dengan cara:

$$G = \frac{5000}{45.84} = 109{,}08x$$

Dimana: 5000 adalah tegangan keluaran yang diinginkan (mV), sedangkan 45.84 (mV) adalah tegangan yang dikeluarkan sensor saat sensor mendapat tekanan 50 kPa.

- Setelah itu tentukan nilai R_g yang diinginkan, dengan cara:

$$G = \frac{50k\Omega}{Rg} + 1$$

$$Rg = \frac{50k\Omega}{109{,}08 - 1}$$

$$Rg = 462.62\,\Omega$$

4.2 Pengujian Penguat Instrumentasi INA114

Pengujian kedua dilakukan pada rangkaian penguat instrumentasi dengan IC INA114. Proses pengujian IC INA114 dilakukan dengan cara memberikan tegangan pada kedua inputan pada penguat instrumentasi, kemudian membandingkan tegangan keluaran yang dihasilkan dari penguat instrumentasi dengan tegangan yang seharusnya (tegangan yang sesuai dengan perhitungan). Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik dari IC INA114 dan untuk mengetahui ketepatan penguatan tegangan yang dilakukan oleh IC INA114. Hasil dari pengukuran dapat dilihat pada Tabel 2.

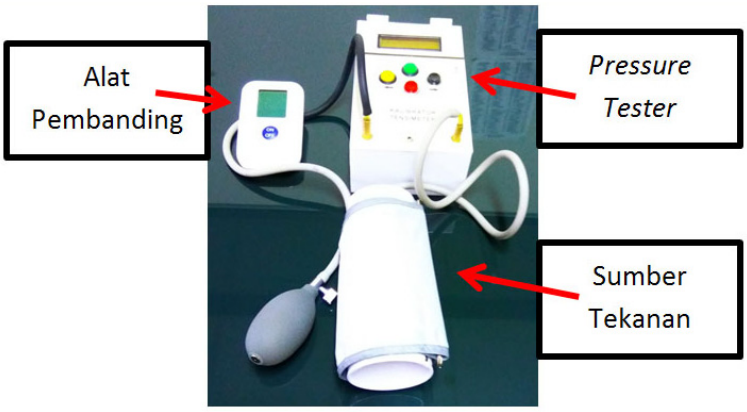
Tabel 2: Hasil Pengukuran Penguat Instrumentasi

Vin + (a)	Vin – (b)	V out Terukur	Selisih Vin (a-b)	V out Terhitung	Selisih V out Terhitung dengan Terukur
0.313	0.313	0.002	0	0	0.002
0.315	0.313	0.195	0.002	0.218	0.023
0.317	0.313	0.427	0.004	0.436	0.009
0.319	0.313	0.635	0.006	0.654	0.019
0.321	0.313	0.968	0.008	0.873	0.095
0.323	0.313	1.187	0.01	1.091	0.096
0.325	0.313	1.438	0.012	1.309	0.129
0.327	0.313	1.689	0.014	1.527	0.162
0.329	0.313	1.919	0.016	1.745	0.174
0.331	0.313	2.245	0.018	1.963	0.282
0.333	0.313	2.401	0.02	2.182	0.219

Berdasarkan dari hasil pengukuran yang telah dilakukan, menunjukkan bahwa tegangan keluaran yang dihasilkan oleh penguat instrumentasi memiliki selisih terbesar adalah 0.282 volt terhadap tegangan keluaran yang seharusnya dihasilkan oleh penguat instrumentasi (berdasarkan dari perhitungan).

4.3 Pengujian Alat Pressure Tester

Pengujian terakhir dilakukan pada alat *pressure tester* yang dibuat. Pengujian ini dilakukan dengan cara membandingan hasil dari *pressure tester* yang telah dirancang dengan alat *digital sphygmomanometer*, seperti ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Proses Pembandingan Pembacaan Tekanan

Alat pembanding yang digunakan pada proses pembandingan pembacaan tekanan menggunakan alat pengukur tekanan digital, sedangkan *pressure tester* merupakan alat yang dibuat. Berdasarkan dari proses pembandingan pembacaan tekanan yang telah dilakukan, didapatkan data pembandingan yang ditunjukan pada Tabel 3.

Berdasarkan dari tabel 3, ditunjukkan hasil pengukuran tekanan antara alat pengukur tekanan digital dengan alat *pressure tester* yang menunjukan hasil yang tidak jauh berbeda, yaitu paling besar adalah 0.55mmHg.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil pengujian yang telah dilakukan terdapat selisih nilai pada setiap pengujian yang telah dilakukan pada setiap komponen yang digunakan. Hal tersebut ditunjukkan pada:

1) Hasil pengujian pertama menunjukkan bahwa pembacaan sensor memiliki selisih dengan tabel yang ditunjukkan pada datasheet sensor MPXM2053GS.
2) Hasil pengujian kedua menunjukkan bahwa hasil penguatan memiliki selisih antara tegangan keluaran yang diukur dengan tegangan keluaran yang dihitung berdasarkan rumus.

Tabel 3: I Hasil Pembandingan Tekanan

Data ke-	Alat Ukur Digital (mmHg)	Alat yang Dibuat (mmHg)	Selisih (mmHg)
1	10	10.26	0.26
2	30	30.43	0.43
3	50	50.22	0.22
4	70	70.39	0.39
5	90	90.55	0.55
6	110	110.35	0.35
7	130	130.14	0.14
8	150	150.31	0.31
9	170	170.1	0.1
10	190	190.26	0.26
11	210	210.06	0.06
12	230	230.22	0.22

Adanya perbedaan nilai tersebut mengakibatkan perbedaan tekanan yang besar saat melakukan pengujian alat, dalam hal ini adalah melakukan pembandingan pembacaan tekanan antara alat ukur digital yang sudah ada dengan alat yang dirancang.

Perbedaan pembacaan tekanan tersebut dapat diperkecil dengan mengubah nilai R_g yang terdapat pada rangkaian pengkondisi sinyal, sehingga pembacaan tekanan dapat mendekati dengan nilai yang diharapkan. Hal tersebut ditunjukkan dengan hasil pengujian ketiga, dimana perbedaan pembacaan tekanan terbesar adalah sebesar 0.55 mmHg. Berdasarkan dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa perancangan *pressure tester* menggunakan sensor MPXM2053GS dan pengkondisi sinyal dengan IC INA114 memiliki kemampuan yang dapat digunakan sebagai alat pembanding tekanan untuk *sphygmomanometer*, sesuai dengan Pfingstmann Werner (Werner, 2009), alat *pressure tester* memiliki batas akurasi 0.8 mmHg.

DAFTAR PUSTAKA

Balestrieri E., et al. 2009. "Open Questions on Unified Approach for Calibration of Oscillometric Blood Pressure Measurement Devices". *International Workshop on Medical Measurements and Applications*. Hlm. 206-211.

Burr-Brown Corporation. 1998. *Precition Instrumentation Amplifier.* USA.

D., M., & Pierin, A. 1998. "How Accurate are Sphygmomanometers?" *Journal of Human Hypertension*. Hlm. 245-248.

Hartika, Z. R., & Afrilia, S. 2012. "Rancang Bangun Alat Pengukuran Tekanan Darah dan Suhu Tubuh Berbasis Mikrokontroler ATMega 8535 Didukung Bahasa Pemrograman C Dan Delphi". *POLI REKAYASA Volume 7 Nomor 2*, hlm. 64-75.

Kalibrasi Akreditasi Nasional. (n.d.). Retrieved Mei 12, 2016, from Laboratorium Kalibrasi: *www.kan.or.id*

Nainggolan Parlindungan Fernando, dkk. 2015. "Rancang Bangun Sistem Pemantau dan Transmisi Data Tekanan Darah pada Mobile Platform Android Menggunakan Koneksi Bluetooth". *JCONES Vol. 4 No. 1*, hlm. 83-91.

Nelson Debralee. RDH. MA., et al. 2008. "Accurracy of Automated Blood Pressure Monitors". *Journal of Dental Hygiene Vol. 82 No. 82.*

Pane Masria, dkk. 2013. "Pembuatan Signal Conditioning untuk Sensor LVDT". *Saintia Fisika, JSF VOL. 1 No. 1.*

Turner Martin J, et al. 2007. "Sphygmomanometer Calibration Why, how and how often?" *Australian Family Physician Vol. 36 No. 10.*

Werner, P. 2009. "Retrieved Februari 28, 2016, from How to Calibrate Blood Pressure Measuring Devices?" *www.ibpmedical.com*

World Health Organization. 2005. *Affordable Technology: Blood Pressure Measuring Devicesfor Low Resource Settings.* World Health Organization.