PENGKONDISI SINYAL DAN AKUISISI DATA SENSOR TEKANAN: MPXM2053GS, MPX53DP, MPX2100DP, DAN MPX2200DP

Antonius Hendro Noviyanto

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

ABSTRACT

Utilization of sensor technology now is needed, in addition to the development of sensors is also very fast. This research will be conducted experiments with pressure sensors: MPXM2053GS, MPX53DP, MPX2100DP, and MPX2200DP. The output of the sensor is still in level mV/kPa, so it takes a series of signal conditioning and data acquisition in processing signals to generate data from these sensors.

Signal conditioning and data acquisition is a process that is important in the processing of the signal from a sensor or transducer. So that the signals from these sensors can be processed as required. Testing of the device is made by comparing the results of the pressure sensor readings that have been through the process of data acquisition compared with analog pressure gauge and digital pressure control, so will know the level of accuracy of the signal conditioning and data acquisition has been done.

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

1. PENDAHULUAN

Sensor tekanan MPXM2053GS, MPX53DP, MPX2100DP, dan MPX2200D, merupakan jenis sensor yang memiliki keluaran berupa tegangan dengan level yang kecil yaitu dalam level mV/kPa. Sesuai dengan data *sheet* dari masing-masing sensor tekanan tersebut, setiap sensor memiliki sensitivitas yang berbeda-beda. Perbedaan sensitivitas ini akan mempengaruhi proses pengkondisian sinyal dan proses akusisi data pada masing-masing sensor tekanan tersebut.

Pengkondisi sinyal merupakan suatu proses dalam mengubah suatu sinyal dari sensor atau tranduser menjadi sinyal yang dapat dibaca atau diukur (Masria Pane, dkk, 2013). Data keluaran dari sensor pada umumnya berupa data mentah yang belum bisa dibaca secara langsung oleh mikrokontroler. Dibutuhkan suatu alat pengkondisi sinyal agar sinyal dari sensor atau *tranduser* tersebut dapat dibaca atau diolah oleh mikrokontroler dengan akurat.

Pengkondisi sinyal dan sistem akuisisi data dapat mengukur sinyal yang memiliki level tegangan yang sangat kecil (Hanyu Sun, dkk, 2010). Pengkondisi sinyal yang dapat digunakan untuk menangani sinyal yang kecil adalah pengkondisi sinyal dengan metode penguatan. Metode penguatan dapat dilakukan dengan berbagai macam cara, yaitu penguatan pembalik, penguatan tak pembalik, penguatan diferensial, penguatan instrumentasi, dan masih banyak jenis penguatan lainnya (Masria Pane, dkk, 2013).

Menurut Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 118/Menkes/SK/IV/2014 tentang Kompendium Alat Kesehatan menyebutkan bahwa batas kesalahan pengukuran tekanan pada alat ukur tekanan darah secara laboratoris adalah < 3 mmHg. Dengan ketentuan tersebut, maka suatu sensor yang akan digunakan pada peralatan medis (*sphygmomanometer*) harus memiliki keakuratan atau ketelitian yang tinggi.

Pada penelitian ini akan dilakukan pembuatan rangkaian pengkondisi sinyal dan proses akuisisi data untuk sensor tekanan MPXM2053GS, MPX53DP, MPX2100DP, dan MPX2200D. Sehingga dari sensor tersebut akan dihasilkan suatu pengukuran tekanan yang lebih akurat. Proses pengujian yang akan dilakukan untuk menentukan tingkat akurasi dari proses pengkondisi sinyal dan proses akuisisi

data pada penelitian ini adalah dengan cara membandingkan hasil dari pembacaan tekanan dibandingkan dengan alat ukur tekanan *analog pressure gauge* dan *digital pressure gauge*, sehingga akan diketahui tingkat ketelitian yang dihasilkan dari sensor yang digunakan.

2. STUDI PUSTAKA

2.1 Sensor Tekanan

Berdasarkan dari prinsip kerjanya, sensor tekanan dapat dikelompokkan menjadi 3 bagian, yaitu: *metal thin-film*, *ceramik tick-film*, dan *piezo-resistive*. Sensor tekanan dengan prinsip *piezo-resistive* memiliki struktur yang lebih komplek dibandingkan dengan *metal thin-film* atau ceramik *tick-film*. Sensor tekanan dengan prinsip *piezo-resistive* terbuat dari chip silikon yang tersusun atas diafragma terstruktur dengan resistor *piezo-resistive* (*www.wika.us/AN_0511_en_us.WIKA*)

Sensor tekanan dengan tipe MPXM2053GS, MPX53DP, MPX2100DP, dan MPX2200DP merupakan sensor tekanan yang menggunakan prinsip *piezo-resistive*. Sensor ini memiliki tingkat sensitivitas dalam skala mV/kPa dan setiap sensor tersebut memiliki sensitivitas yang berbeda-beda. Tabel 1 Menunjukkan sensitivitas dari masing-masing sensor.

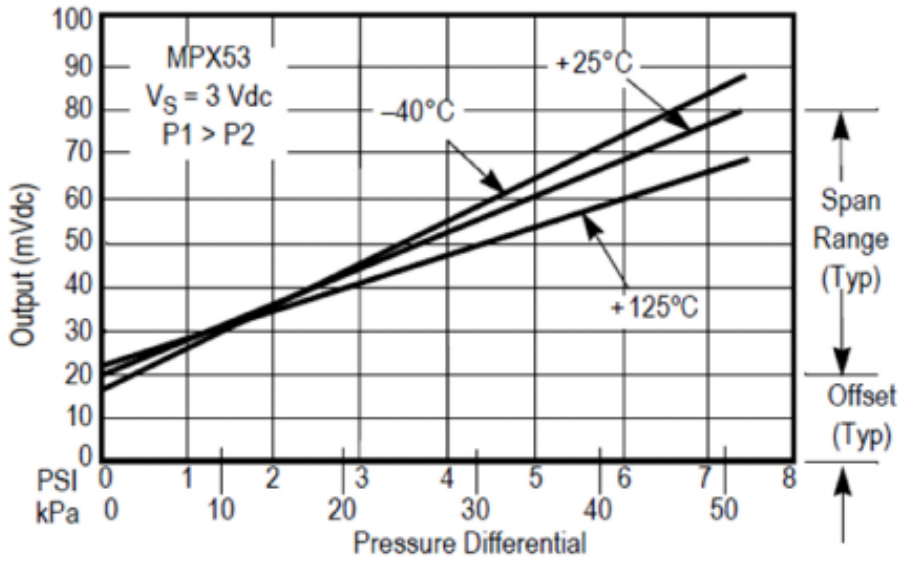
Tegangan keluaran dari sensor akan mengalami kenaikan yang berbanding lurus dengan tekanan yang diterima oleh sensor (Ruri Hartika Zain dan Silvia Afrilla, 2012). Grafik kenaikan tegangan dibandingkan dengan tegangan yang diterima oleh sensor ditunjukkan pada Gambar 1.

Pada sensor MPX ini memiliki 2 keluaran tegangan, yaitu: - Vout dan + Vout, yang ditunjukkan pada Gambar 2.

Tabel 1: Sensitivitas Sensor Tekanan

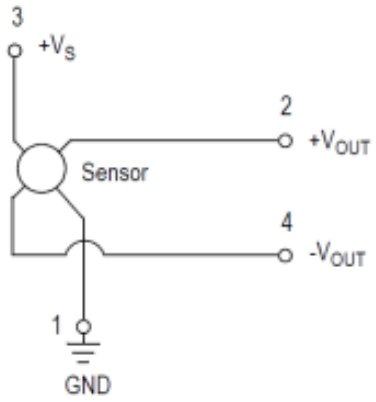
Tipe Sensor	Pressure Range (kPa)	Supply Voltage (V)	Sensitivity (mV/kPa)
MPXP2053GS	0 – 50	10 – 15	0.8
MPX53DP	0 – 50	3 – 6	1.2
MPX2100DP	0 – 100	10 – 16	0.4
MPX2200DP	0 – 200	10 – 16	0.2

Sumber: Freescale Semiconductor, datasheet MPXM2053GS, MPX53DP, MPX2100DP, dan MPX2200DP



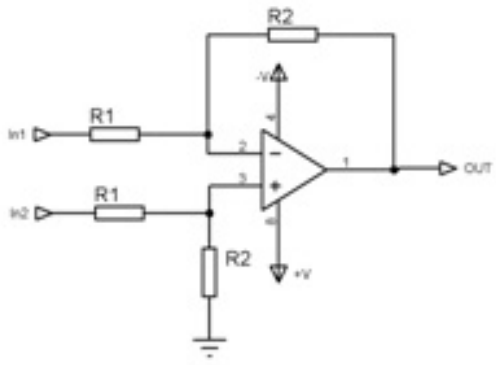
Gambar 1. Grafik Perbandingan Tegangan Keluaran dengan Tekanan

Sumber: Freescale Semiconductor, datasheet MPX53D[P, 2015



Gambar 2. Skematik Sensor Tekanan

Sumber: Freescale Semiconductor, datasheet MPX53DP, 2015



Gambar 3. Rangkaian Penguat Diferensial

2.2 Pengkondisi Sinyal

Pengkondisi sinyal merupakan suatu proses pengolahan data mentah dari suatu sensor atau tranduser yang dilakukan untuk mendapatkan data yang dapat kita baca atau kita ukur. Metode pengkondisian sinyal dapat dilakukan dengan banyak cara, seperti: penguatan, peredaman, filter, dan isolasi. Berdasarkan dari tipe sensor yang akan dipakai pada penelitian ini, jenis pengkondisian data yang tepat adalah dengan melakukan penguatan terhadap keluaran dari sensor. Pengkondisian sinyal dengan metode penguatan akan dilakukan dengan cara penguatan diferensial dan penguatan instrumentasi.

2.2.1 Penguat Diferensial

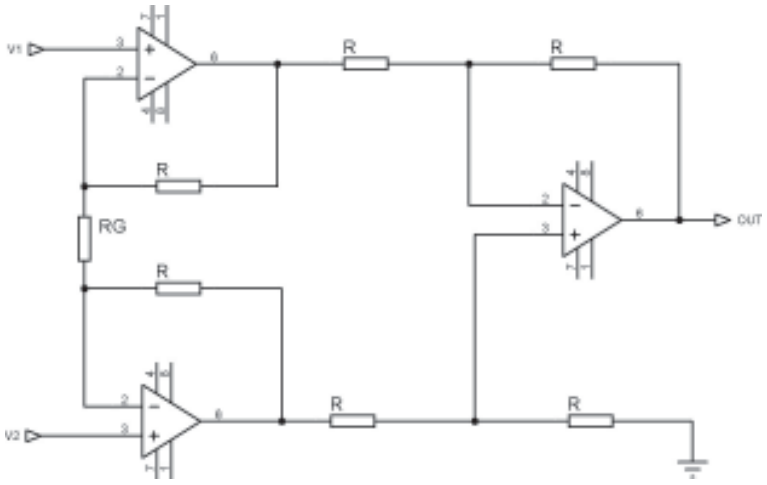
Penguat diferensial merupakan suatu penguat yang dapat digunakan untuk menguatkan suatu sensor atau tranducer yang memiliki dua keluaran. Keluaran dari penguat diferensial ini sebanding dengan perbedaan tegangan dari kedua masukannya. Rangkaian penguat diferensial ditunjukkan pada Gambar 3.

Berdasarkan dari rangkaian pada Gambar 3, persaman yang dapat digunakan untuk menghitung besar nilai penguatan dari rangkaian penguat diferensial adalah sebagai berikut:

$$G = \frac{R2}{R1}$$

2.2.2 Penguat Instrumentasi

Penguat instrumentasi merupakan penguat yang terdiri atas tiga Op-Amp dan tujuh buah tahanan. Rangkaian ini tersusun atas rangkaian penguat differensial dan penguat penyangga, dimana pada rangkaian penguat instrumentasi dapat digunakan untuk melakukan pengkondisian sinyal untuk sensor atau tranducer yang memiliki dua keluaran. Keluaran dari penguat instrumentasi akan sebanding dengan hasil selisih dari kedua masukan tersebut. Rangkaian penguat instrumentasi dapat digunakan untuk melakukan pengkondisian sinyal yang memiliki level tegangan yang kecil (Thomas Kugelstadt, 2005). Rangkaian penguat instrumentasi ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Rangkaian Penguat Instrumentasi

Berdasarkan dari rangkaian pada Gambar 4, persaman yang dapat digunakan untuk menghitung besar nilai penguatan dari rangkaian penguat instrumentasi adalah sebagai berikut:

$$G = \frac{2R}{Rg} + 1$$

Disamping menggunakan rangkaian dengan konfigurasi seperti pada Gambar 4 tersebut, penguatan instrumentasi dapat pula dilakukan dengan menggunakan satu chip IC yang didalamnya terintegrasi dengan rangkaian penguat instrumentasi. Chip IC yang akan digunakan pada penelitian ini adalah AD620 dan INA114. Pada chip IC AD620 persaman yang dapat digunakan untuk menentukan besarnya penguatan pada penguat instrumentasi adalah sebagai berikut:

$$G = \frac{49.4k\Omega}{Rg} + 1$$

Sedangkan pada IC INA114, persamaan yang dapat digunakan untuk menentukan besarnya penguatan pada penguat instrumentasi adalah sebagai berikut:

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

2.3 Akuisisi Data

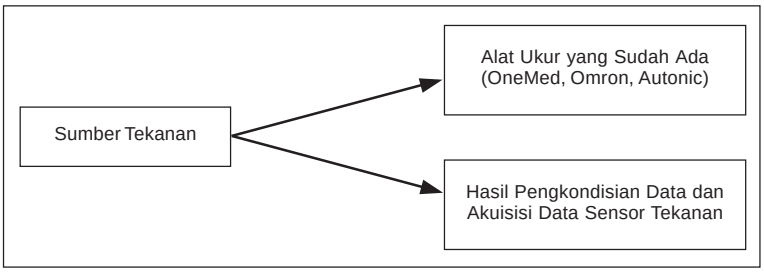
Setelah dilakukan pengkondisian sinyal, tahap berikutnya adalah proses akuisisi data. Proses akuisisi data, merupakan proses untuk mengubah/mengkonfersi sinyal yang dihasilkan dari pengkondisi sinyal menjadi nilai yang diharapkan (Masria Pane, dkk, 2013). Pada proses ini akan dilakukan secara terprogram dalam mikrokontroler.

3. PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

Metode yang akan digunakan pada penelitian ini adalah membandingkan antara sinyal dari hasil pengkondisian sinyal dan akuisisi data dibandingkan dengan hasil pembacaan dengan alat ukur yang sudah ada. Alat ukur yang digunakan pada penelitian ini adalah: alat pengukur tekanan dengan merk OneMed, Omron, dan Autonic. Skema pembandingan dapat dilihat pada Gambar 5.

Berdasarkan dari Gambar 5, sumber tekanan memberikan tekanan pada alat ukur yang sudah ada dan pada sensor yang digunakan. Hasil baca dari sensor yang telah dilakukan pengkondisian sinyal dan akuisisi data dibandingkan dengan hasil baca alat ukur tekanan yang telah ada. Berdasarkan dari hasil perbandingan data tersebut, akan dicari selisih pengukuran dari kedua alat tersebut. Gambar 6 merupakan hasil implementasi dari metode pembandingan data tekanan.

Penentuan besar penguatan yang akan digunakan pada rangkaian pengkondisi sinyal



Gambar 5. Metode Perbandingan Data Tekanan



Gambar 6. Implementasi Metode Pembandingan Tekanan

tergantung dari tegangan keluaran yang dihasilkan oleh setiap sensor. Pada Tabel 2, menunjukkan besar penguatan yang akan digunakan.

Table 2: Penguatan yang Digunakan pada Rangkaian Pengkondisi Sinyal

Tipe Sensor	Range Tekanan (kPa)	Range Tegangan Keluaran Sensor (mV)	Range Tegangan yang Diharapkan (V)	Besar Penguatan (kali)
MPXM2053GS	0 – 50	0 – 40	0 – 5	125
MPX53DP	0 – 50	20 – 80	1.25 – 5	62.5
MPX2100DP	0 – 100	0 – 40	0 – 5	125
MPX2200DP	0 – 200	0 – 40	0 – 5	125

4. PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

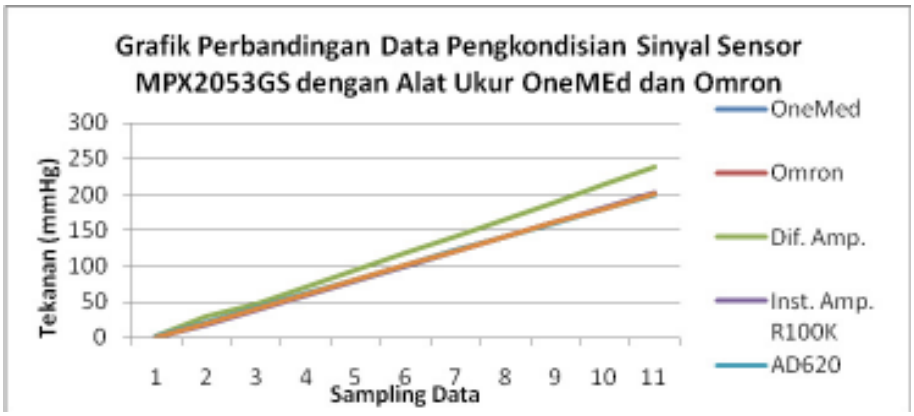
Pengujian yang dilakukan pada penelitian adalah dengan membandingkan data antara modul yang dibuat dengan alat yang ukur yang sudah ada. Metode pengujian dilakukan pada sensor dengan tipe MPXM2053GP, MPX53DP, MPX2100DP, dan MPX2200DP.

4.1 Pengujian Pengkondisi Sinyal dan Akuisisi Data pada Sensor MPXM2053G

Berdasarkan data Tabel 3 dan gambar grafik pada Gambar 7, menunjukkan hasil pengkondisian sinyal dan akuisisi data dari sensor tekanan

Tabel 3: Data Pengujian Pengkondisi Sinyal dan Akuisisi Data Sensor MPXM2053GS (mmHg)

No.	ONE-MED	Omron	Diferential	Selisih	Penguat Instrumentasi 100K	Selisih	Penguat Instrumentasi AD620	Selisih	Penguat Instrumentasi INA114	Selisih
1.	0	0	2.07	2.07	0	0	1.15	1.15	0.76	0.76
2.	20	19	29.83	9.83	16.67	-3.33	20.04	0.04	19.8	-0.2
3.	40	39	46.73	6.73	37.27	-2.73	40.15	0.15	39.64	-0.36
4.	60	60	71.12	11.12	58.6	-1.4	60.42	0.42	60.7	0.7
5.	80	80	93.9	13.9	78.72	-1.28	80.7	0.7	80.7	0.7
6.	100	101	118.64	18.64	99.82	-0.18	100.03	0.03	100.52	0.52
7.	120	121	141.74	21.74	120.32	0.32	120.32	0.32	120.8	0.8
8.	140	140	165.01	25.01	139.45	-0.55	139.92	-0.08	140.4	0.4
9.	160	160	189.3	29.3	160.8	0.8	158.9	-1.1	160.2	0.2
10.	180	180	214.27	34.27	180.5	0.5	178.6	-1.4	180.2	0.2
11.	200	200	238.84	38.84	201.84	1.84	198.17	-1.83	200.2	0.2



Gambar 7. Grafik Pengujian Pengkondisi Sinyal dan Akuisisi Data Sensor MPXM2053GS

MPX2053GS. Pada Tabel 3, nilai selisih terbesar dihasilkan dari rangkaian penguat diferensial yaitu diatas 10 mmHg. Pada penguat instrumentasi selisih terbesar ditunjukkan pada tekanan rendah yaitu sekitar 3 mmHg, sedangkan pada rangkaian dengan IC AD620 dan INA114 menunjukkan nilai selisih yang relatif kecil kurang dari 3 mmHg.

4.2 Pengujian Pengkondisi Sinyal dan Akuisisi Data pada Sensor MPX53DP

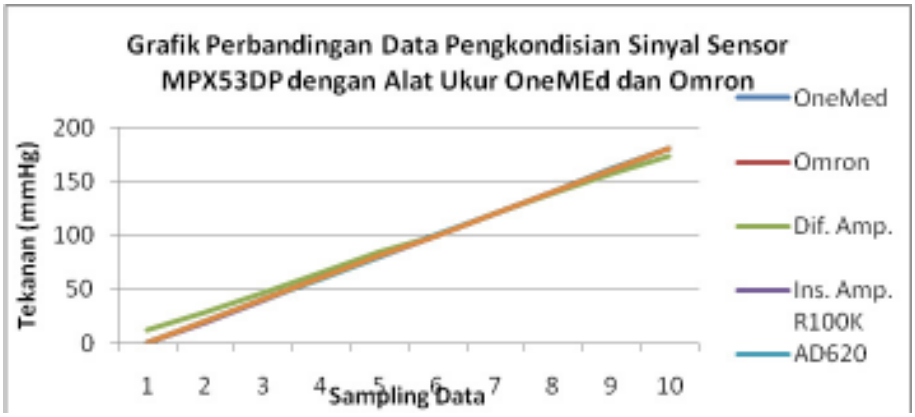
Tabel 4 dan Gambar 8, merupakan hasil pengujian pengkondisian sinyal dan akuisisi data dari sensor tekanan MPX53. Pada Tabel 4, nilai selisih terbesar dihasilkan dari rangkaian penguat diferensial yaitu 12.2 mmHg. Pada penguat instrumentasi selisih terbesar ditunjukkan pada tekanan rendah yaitu 1.54 mmHg, sedangkan pada rangkaian dengan IC AD620 dan INA114 menunjukkan nilai selisih yang relatif kecil yaitu kurang dari 1 mmHg.

4.3 Pengujian Pengkondisi Sinyal dan Akuisisi Data pada Sensor MPX2100DP

Pada Tabel 5 dan gambar grafik pada Gambar 9, menunjukkan hasil pengkondisian sinyal dan akuisisi data dari sensor tekanan MPX2100DP. Pada tabel 5, nilai selisih terbesar dihasilkan dari rangkaian penguat diferensial yaitu diatas 10 mmHg. Pada rangkaian penguat instrumentasi, memiliki selisih pengukuran yang tidak terlalu besar yang berkisar dibawah 5 mmHg. Pada rangkaian dengan IC AD620 dan INA114 menunjukkan nilai selisih kurang dari 3 mmHg .

Tabel 4. Data Pengujian Pengkondisi Sinyal dan Akuisisi Data Sensor MPX53DP (mmHg)

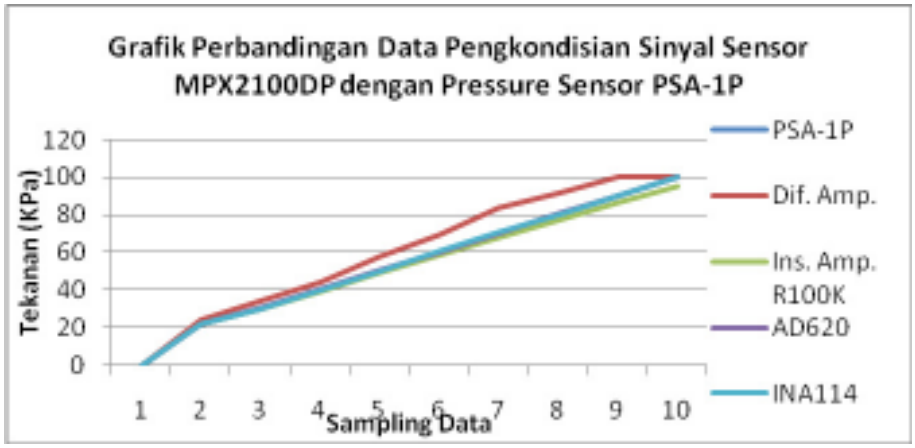
No.	ONE-MED	Omron	Diferential	Selisih	Penguat Instrumentasi 100K	Selisih	Penguat Instrumentasi AD620	Selisih	Penguat Instrumentasi INA114	Selisih
1.	0	0	12.2	12.2	0.03	0.03	0	0	0	0
2.	20	19	29	9	18.46	-1.54	19.7	-0.3	19.74	-0.26
3.	40	40	46.2	6.2	39.3	-0.7	39.8	-0.2	39.8	-0.2
4.	60	60	65.3	5.3	60.2	0.2	59.03	-0.97	60.08	0.08
5.	80	80	84.7	4.7	79.8	-0.2	79.67	-0.33	80.4	0.4
6.	100	100	100.11	0.11	99.9	-0.1	100.5	0.5	100.01	0.01
7.	120	120	120.5	0.5	120.5	0.5	120.2	0.2	120.5	0.5
8.	140	140	138.9	-1.1	140.1	0.1	140.1	0.1	140.2	0.2
9.	160	161	156.6	-3.4	160.08	0.08	160.6	0.6	160.5	0.5
10.	180	180	173.2	-6.8	180.76	0.76	180.06	0.06	180.5	0.5



Gambar 8. Grafik Pengujian Pengkondisi Sinyal dan Akuisisi Data Sensor MPX53DP

Tabel 5. Data Pengujian Pengkondisi Sinyal dan Akuisisi Data Sensor MPX2100DP (kPa)

No.	Autonics PSA-1P	Diferential	Selisih	Penguat Instrumentasi 100K	Selisih	Penguat Instrumentasi AD620	Selisih	Penguat Instrumentasi INA114	Selisih
1.	0	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
2.	22	24	9.09	22.24	1.09	22.3	1.36	21.8	0.91
3.	30	34.5	15.00	30.26	0.87	30.4	1.33	30.25	0.83
4.	40	44.4	11.00	39.17	2.08	40.4	1.00	40.27	0.68
5.	50	57.8	15.60	49.73	0.54	50.5	1.00	50.01	0.02
6.	60	69.2	15.33	58.7	2.17	60.32	0.53	60.47	0.78
7.	70	83.4	19.14	68.19	2.59	70.14	0.20	70.5	0.71
8.	80	91.2	14.00	77.15	3.56	80.5	0.63	80.35	0.44
9.	90	100	11.11	86.32	4.09	90.15	0.17	90.23	0.26
10.	100	100	0.00	95.17	4.83	100	0.00	100	0.00



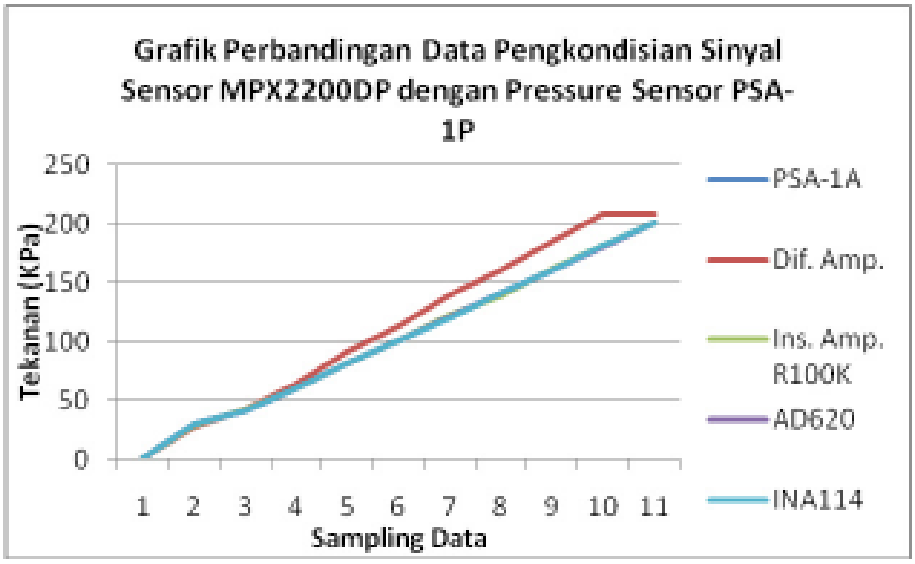
Gambar 9. Grafik Pengujian Pengkondisi Sinyal dan Akuisisi Data Sensor MPX2100DP

4.4 Pengujian Pengkondisi Sinyal dan Akuisisi Data pada Sensor MPX2200DP

Pada Tabel 6 dan gambar grafik pada Gambar 10, menunjukkan hasil pengkondisian sinyal dan akuisisi data dari sensor tekanan MPX2200DP. Pada

Tabel 6. Data Pengujian Pengkondisi Sinyal dan Akuisisi Data Sensor MPX2200DP (kPa)

No.	Autonics PSA-1P	Diferential	Selisih	Penguat Instrumentasi 100K	Selisih	Penguat Instrumentasi AD620	Selisih	Penguat Instrumentasi INA114	Selisih
1.	0	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
2.	29	27.4	-1.60	28.5	-0.50	28.7	-0.30	29.2	0.20
3.	40	41.3	1.30	41.32	1.32	40.2	0.20	40.4	0.40
4.	60	63.9	3.90	59.86	-0.14	60.2	0.20	60.5	0.50
5.	80	90.5	10.50	81.17	1.17	80.4	0.40	80.6	0.60
6.	100	112.3	12.30	100.57	0.57	100.25	0.25	100.6	0.60
7.	120	139.2	19.20	121.8	1.80	120.9	0.90	120.2	0.20
8.	140	160.2	20.20	138.6	-1.40	140.6	0.60	140.6	0.60
9.	160	184.5	24.50	161.5	1.50	160.2	0.20	160.2	0.20
10.	180	208.3	28.30	180.9	0.90	179.6	-0.40	180.6	0.60
11.	200	208.3	8.30	200.6	0.60	200.2	0.20	200.6	0.60



Gambar 10. Grafik Pengujian Pengkondisi Sinyal dan Akuisisi Data Sensor MPX2100DP

Tabel 6, nilai selisih terbesar dihasilkan dari rangkaian penguat diferensial yaitu diatas 10 mmHg. Pada rangkaian penguat instrumentasi, rangkaian dengan IC AD620, dan INA114 menunjukkan nilai selisih yang relatif kecil yaitu kurang dari 3 mmHg.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan dari pengujian yang telah dilakukan pada sensor tekanan dengan tipe MPXM2053GS, MPX53DP, MPX2100DP, dan MPX2200DP, yang telah melalui proses pengkondisian sinyal dengan rangkaian penguat diferensial, rangkaian instrumentasi, rangkaian dengan IC AD620, dan rangkaian dengan IC INA114, maka dapat disimpulkan:

1) Rangkaian penguat diferensial tidak cocok digunakan untuk melakukan pengkondisian sinyal untuk sensor tekanan dengan tipe MPXM2053GS, MPX53DP, MPX2100DP, dan MPX2200DP, karena memiliki selisih lebih dari 20 mmHg (MPXM2053GS, MPX53DP) dan 20 kPa untuk (MPX2100DP, MPX2200DP).
2) Rangkaian penguat instrumentasi dapat digunakan untuk melakukan pengkondisian sinyal sensor tekanan dengan tipe MPXM2053GS, MPX53DP, MPX2100DP, dan MPX2200DP, jika tingkat ketelitian yang dibutuhkan tidak terlalu tinggi, yaitu ± 5.
3. Pengkondisian sinyal sensor tekanan dengan tipe MPXM2053GS, MPX53DP, MPX2100DP, dan MPX2200DP, bisa menggunakan rangkaian dengan IC AD620 dan IC INA114 ketika dibutuhkan ketelitian yang tinggi, yaitu ± 2.

DAFTAR PUSTAKA

Gaßmann, Eugen. ——. "Pressure Sensor Principles and Technology". Diakses dari: *http://www.wika. us/AN_0511_en_us.WIKA,* 25 April 2015.

Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 118/MENKES/SK/IV/2014. 2014). "Kompendium Alat Kesehatan". Jakarta.

Pane, Masria. (et al.). 2013. "Pembuatan Signal Conditioning untuk Sensor LVDT". Saintia Fisika, JSF VOL. 1 No. 1/2013.

Semiconductor, Freescale. 2005. "100 kPa On-Chip Temperature Compensated Silicon Pressure Sensors". Diakses dari: *http://cache.nxp.com/files/sensors/doc/data_sheet/MPX2100.pdf?pspll=1.* 15 Desember 2015.

Semiconductor, Freescale. 2008. "200 kPa On-Chip Temperature Compensated Silicon Pressure Sensors". Diakses dari: *http://www.nxp.com/files/sensors/doc/data_sheet/MPX2200.pdf.* 15 Desember 2015.

Semiconductor, Freescale. 2012. "50 kPa On-Chip Temperature Compensated and Calibrated

Silicon Pressure Sensors". Diakses dari: *www.nxp.com/files/sensors/doc/data_sheet/MPX2053.pdf.* 15 Desember 2015.

Semiconductor, Freescale. 2015. "MPX53, 0 to 50 kPa, Differential and Gauge, Uncompensated, Silicon Pressure Sensors". Diakses dari: *http://www.nxp.com/files/sensors/doc/data_sheet/MPX53.pdf.* 15 Desember 2015.

Sun, Hanyu. (et al.). 2010. "A Signal Conditioning and Data Acquisition System for Micro/Nano Displacement Sensor". IEEE Proceedings International Conference on Robotics and Biometics, Tianjin, China.

Zain, Ruri Hartika., Silvia Afrilla, 2012. "Rancang Bangun Alat Pengukuran Tekanan Darah Dan Suhu Tubuh Berbasis Mikrokontroller ATmega 8535 Didukung Bahasa Pemograman C Dan Delphi". POLI REKAYASA, Vol. 7, No. 2, ISSN: 1858-3709.