

Pengondisian Sinyal ADXL203 sebagai Sensor Intensitas Getaran Dalam WSN dan IOT

Agung Priyanto^{*1}, Titik Rahmawati², dan Dayat Subekti³

^{1,2}Informatika, Universitas Sarjanawiyata Tamansiswa

Jl. Miliran No.16, Yogyakarta 55165, Telp. 081231126116

³Informatika, Universitas Jenderal Achmad Yani

Jl. Siliwangi, Banyuraden, Gamping, Sleman, Yogyakarta 55293

e-mail: ^{*1}agungprie2010@gmail.com, ²rahmawati.titik@gmail.com, ³bekti74@yahoo.com

Abstrak

Wireless Sensor Network (WSN) dan Internet of Things (IoT) merupakan teknologi yang tidak dapat dipisahkan dalam kehidupan sehari-hari di masa sekarang. Penerapannya begitu luas mulai dari peranti paling dekat dengan manusia seperti alat pemantau kesehatan nirkabel sampai dengan peranti untuk mitigasi bencana seperti tanah longsor, banjir dan lain-lain. Dalam perancangannya, banyak ditemui ketidakcocokan level tegangan keluaran sensor dengan port masukan perangkat WSN ataupun IoT. Selain ketidakcocokan level tegangan, sering kali dibutuhkan sebuah rangkaian pengondisi sinyal tambahan sehingga keluarannya sesuai dengan peruntukannya. Salah satu dari sensor-sensor tersebut adalah sensor ADXL203, sebuah akselerometer yang dapat difungsikan sebagai sensor getaran, sensor perpindahan maupun sensor kemiringan. Tulisan ini akan membahas mengenai perancangan instrumen pengondisi sinyal dan pemrogramannya untuk keluaran ADXL203 yang digunakan sebagai sensor intensitas getaran pada WSN maupun IoT. Hasil akhir yang diperoleh adalah sebuah sensor intensitas getaran yang terintegrasi dengan WSN platform IQRF yang siap digunakan untuk berbagai keperluan.

Kata Kunci: Akselerometer, ADXL203, IoT, pengondisian sinyal, WSN

Abstract

Wireless Sensor Network (WSN) and Internet of Things (IoT) are technologies that cannot be separated in today's life. Its application is very broad, starting from devices closest to humans such as wireless health monitoring devices to devices for mitigating disasters such as landslides, floods and others. In designing these devices, we often encounter many mismatches between the sensor output voltage level and the input port of the WSN or IoT devices. Furthermore, additional signal conditioning circuits are often needed so that the output matches its intended purpose. One of these sensors is the ADXL203 sensor, an accelerometer which can function as a vibration sensor, displacement sensor or tilt sensor. This article will discuss the design of signal conditioning instrument and programming involved for the ADXL203's output used for vibration intensity sensors in WSN and IoT. The final result is a vibration intensity sensor that is integrated with the IQRF WSN platform which is ready to be used for various purposes.

Keywords: Accelerometer, ADXL203, IoT, signal conditioning, WSN

1. PENDAHULUAN

Dalam penerapan WSN maupun IoT, tidak akan dapat dipisahkan dengan peranti sensor. Sensor inilah yang merupakan *front end* dari penerapan WSN maupun IoT. Sensor bertugas untuk merasakan, menangkap citra atau mengukur sebuah parameter yang diinginkan. Sensor-sensor yang umum digunakan dalam IoT dan WSN dikategorikan dalam sensor smart grid, elektronik, kimia, biosensor, *ambient*, elektrik, pergerakan, posisi, identifikasi, *machine vision*, *load/force*, hidrolik, *presence*, akustik dan interaksi [1]. Sedangkan menurut Amalraj, dkk., sensor-sensor IoT terbagi dalam berbagai tipe, yaitu: sensor fisik, sensor kimia, biosensor, sensor temperatur, sensor *proximity*, sensor tekanan, sensor optik, sensor kelembapan, sensor mikro, dan sensor bau [2]. Sensor-sensor tersebut dapat digunakan untuk keperluan tertentu yang membutuhkan hanya 1 (satu) sensor maupun kombinasi dari berbagai macam sensor tersebut secara bersamaan.

Sensor-sensor tersebut ada yang dapat langsung dihubungkan dengan perangkat pengolah data maupun yang harus melalui pengondisian agar data yang terbaca sensor sesuai dengan kondisi aktual

parameter yang diukur. Sensor yang dapat langsung dihubungkan dengan perangkat pengolah dan jaringan seperti IoT dan WSN biasanya sudah memenuhi persyaratan baik level tegangan maupun syarat tertentu misalnya berbentuk tegangan analog atau digital, dan lain sebagainya. Tujuan dari tulisan ini adalah untuk mengondisikan sinyal keluaran ADXL203, sebuah akselerometer yang biasanya dipakai untuk berbagai keperluan yang terkait dengan percepatan, perpindahan, dan sensor kemiringan, untuk keperluan pemanfaatan sebagai sensor intensitas getaran. Sensor intensitas getaran ini dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan seperti untuk mitigasi bencana tanah longsor, banjir, banjir lahar dingin, konstruksi jembatan, dan lain-lain.

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, ada sensor yang dapat langsung dihubungkan dengan perangkat pengolah data, ada juga yang memerlukan pengondisian terlebih dahulu sebelum diolah datanya. Penerapan sensor yang dapat langsung dihubungkan dengan input analog mikrokontroler misalnya sensor inframerah GP2Y0A02YK dari Sharp yang digunakan untuk mengukur jarak [3]. Sensor ini dapat langsung dihubungkan dengan port masukan analog IoT maupun WSN yang umum digunakan, karena memiliki level tegangan 0 volt sampai dengan 2,5 volt. Level ini masih dalam kemampuan masukan analog kebanyakan mikrokontroler. Menurut Sharp, keluaran sensor ini berupa tegangan yang berbanding terbalik dengan fungsi tertentu terhadap jarak benda. Semakin jauh jarak benda, tegangan yang dihasilkan sensor semakin kecil.

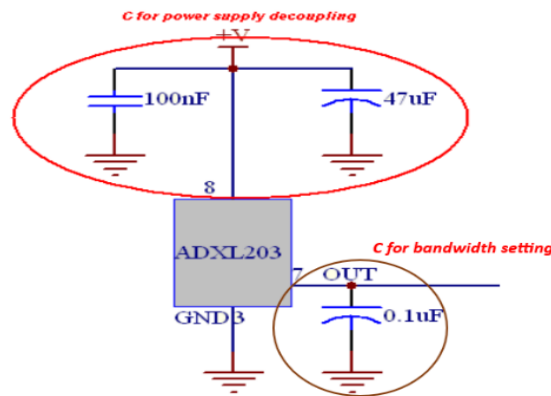
Penerapan sensor yang memerlukan pengondisian secara perangkat keras dilakukan oleh Noviyanto [4]. Dalam penelitiannya, Noviyanto menggunakan sensor tekanan MPXM2053GS untuk alat uji tekanan sphygmomanometer. Sensor ini mampu mengukur tekanan 0 kPa sampai dengan 50 kPa yang bersesuaian dengan tegangan keluaran sensor 0 volt sampai dengan 40 milivolt. Aras tegangan ini sangat kecil dibandingkan dengan aras masukan perangkat IoT atau WSN yang biasanya memiliki range 0 volt sampai dengan 3 volt. Dibutuhkan sebuah penguat instrumentasi yang dapat menguatkan sinyal sensor sehingga aras tegangan masukan perangkat IoT atau WSN 0 volt sampai 3 volt terpenuhi. Penguat instrumentasi ini juga harus dapat menjaga linearitas penguatan sehingga keluaran yang diperoleh benar-benar berbanding linear terhadap masukan. Perancang harus pintar memilih penguat operasional yang memiliki tingkat derau sangat rendah (*low noise*), rasio sinyal ke derau (*signal to noise ratio*, SNR) yang tinggi dengan perolehan atau *gain* yang linear dan dapat menguatkan sinyal masukan dalam orde milivolt dengan presisi.

Selain pengondisian sinyal secara perangkat keras, sering kali dibutuhkan pengondisian sinyal dalam ranah pemrograman seperti halnya sensor GP2Y0A02YK yang disebutkan sebelumnya. Sensor ini memiliki aras tegangan keluaran yang sudah sesuai dengan aras masukan perangkat pengolah data, namun demikian fungsi tegangan keluaran sensor tidak linear terhadap jarak yang diukur. Oleh karena itu diperlukan pencocokan kurva (*curve fitting*) dalam ranah pemrograman [5].

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian rancang bangun, menghasilkan sebuah prototipe instrumen pengondisi sinyal yang digunakan untuk menyiapkan keluaran sensor ADXL203 sehingga dapat diolah dan dikirimkan oleh perangkat WSN ataupun IoT. Prototipe ini akan diujikan pada sebuah platform WSN untuk menguji unjuk kerjanya. Platform WSN yang digunakan adalah IQRF, sebuah platform yang dibangun oleh MICRORISC, Republik Ceko.

Sensor ADXL203 sesungguhnya adalah akselerometer 2 (dua) aksis yang diproduksi oleh Analog Devices [6], sebuah perusahaan semikonduktor multinasional yang berdiri tahun 1965 di Amerika Serikat yang di awal pendiriannya memproduksi penguat operasional analog yang kemudian berkembang pesat juga memproduksi perangkat digital. Untuk keperluan akselerometer atau pengukur akselerasi, sensor ini memerlukan sedikit komponen pasif tambahan berupa sebuah kapasitor untuk men-setting *bandwidth*, dan dua buah kapasitor untuk *decoupling* catu daya. Gambar 1 memperlihatkan rangkaian yang dimaksudkan.

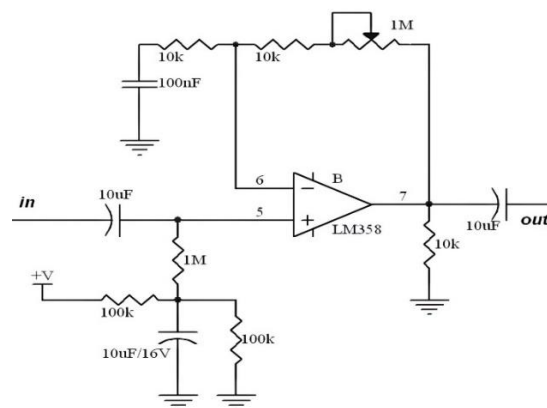


Gambar 1. Sensor ADXL203 dengan komponen pasif tambahan.

Dalam penelitian ini sensor akan digunakan untuk mengukur intensitas getaran yang dapat dimanfaatkan berbagai keperluan seperti yang disebutkan dalam pendahuluan. Keluaran yang diinginkan adalah puncak-puncak getaran yang nantinya dapat diambil ukurannya. Untuk keperluan ini dibuat rangkaian elektronika tambahan berupa *non-inverting amplifier* atau penguat operasional tak membalik dan *peak detector* atau detektor puncak. Rangkaian ini akan menguatkan sinyal dan mengambil puncak-puncak getaran yang dirasakan oleh sensor. Berintikan sebuah *dual low power general purpose operational amplifier*, LM358, yang dapat dicatu dengan tegangan yang cukup rendah, 3 volt [7]. Rancangan penguat tak membalik dapat dilihat pada Gambar 2. Besar *gain* atau perolehan penguat sesuai dengan persamaan [8]:

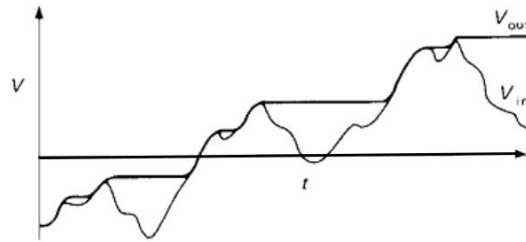
$$A_v = V_{out}/V_{in} = 1 + R_f/R_1 \quad (1)$$

Dalam aplikasinya, telah dibuat dengan nilai $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$, $R_f = 10 \text{ k}\Omega$ diseri dengan sebuah trimmer potensiometer $1 \text{ M}\Omega$, sehingga penguatannya mulai dari 2 sampai 102 kali. Meskipun demikian keluaran penguat tetap terbatas, maksimal kurang dari tegangan catu atau kurang dari 3 volt untuk rangkaian ini.



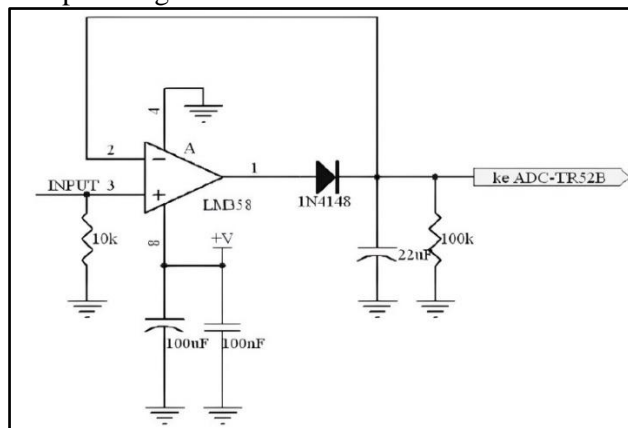
Gambar 2. Penguat tak membalik

Setelah sinyal masukan dikuatkan sesuai keinginan, untuk keperluan tertentu akan diambil hanya puncak-puncak getaran. Hal ini dimaksudkan agar mikrokontroler memiliki respon yang cukup dalam *sampling and fetching* sehingga yang diambil hanya puncak-puncak getaran, seperti pada Gambar 3. Peranti untuk mendeteksi puncak-puncak getaran ini biasa disebut *peak detector* atau detektor puncak [9].



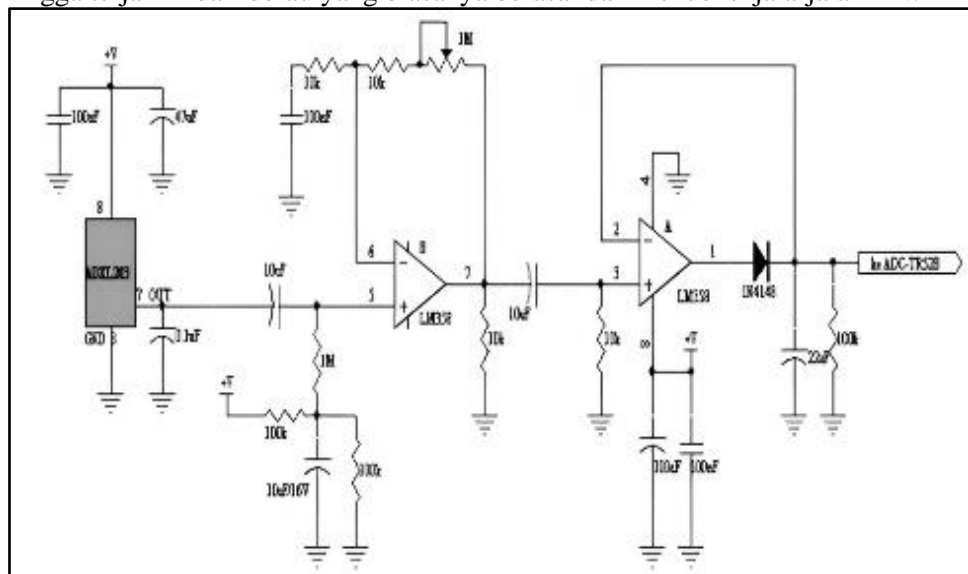
Gambar 3. Puncak-puncak getaran

Rancangan detektor puncak dapat dilihat pada Gambar 4. Inti dari detektor puncak ini adalah sebuah penguat operasional dengan beberapa komponen pasif tambahan berupa hambatan, dioda, maupun kapasitor. Penguat operasional yang digunakan sama dengan yang digunakan untuk penguat tak membalik yang sudah disebutkan sebelumnya, yaitu LM358 yang di dalamnya terdapat 2 (dua) penguat operasional. Dengan demikian hanya dibutuhkan 1 (satu) unit IC LM358 untuk keperluan menguatkan dan mendeteksi puncak getaran.



Gambar 4. Rangkaian detektor puncak

Rangkaian lengkap sensor getaran dan rangkaian pengondisi dapat dilihat pada Gambar 5. Keluaran rangkaian ini sudah siap diterima oleh port analog IoT maupun WSN. Jika masih diperlukan pengaturan tegangan keluaran, dapat dilakukan dengan memutar trimmer potensiometer 1 mega Ohm dengan keluaran diukur menggunakan volt meter yang terkalibrasi dengan baik atau menggunakan osiloskop, sehingga keluaran sesuai seperti yang diinginkan. Catu daya untuk rangkaian ini berasal dari baterai sehingga terjamin dari derau yang biasanya berasal dari frekuensi jala-jala PLN.



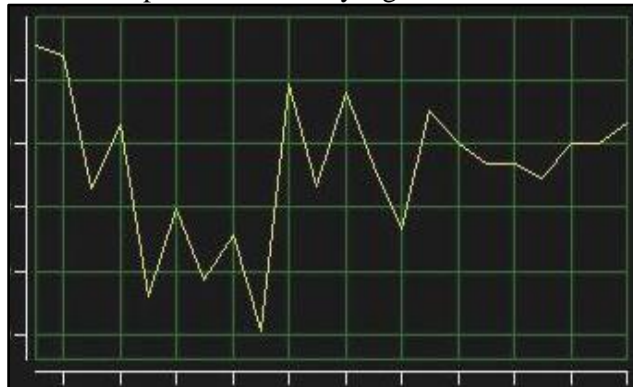
Gambar 5. Rangkaian lengkap sensor getaran dengan pengondisi sinyal

Gambar 6 merupakan penampakan perangkat keras rangkaian yang telah dibuat. Komponen rangkaian dipasang pada sekeping *printed circuit board* (PCB) yang sudah dibuat sedemikian rupa melalui *printing, etching*, pengeboran lubang kaki komponen dan penyolderan, sehingga komponen-komponen saling terhubung sesuai dengan diagram skematik. Pengujian pertama kali fungsionalitasnya, digunakan sebuah osiloskop untuk memeriksa bentuk gelombang dan tegangannya dengan cara mengguncang-guncang perangkat.



Gambar 6. Perangkat keras sensor ADXL203 dan rangkaian pengondisi sinyal

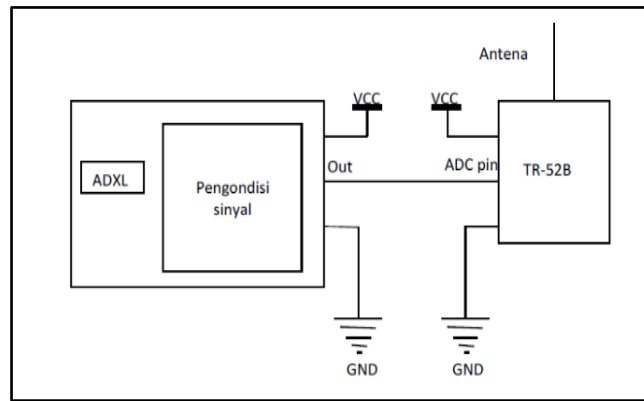
Penerapan selanjutnya agar data dapat diterima dan diolah, maka dibutuhkan *data logger* dan penampil data dalam bentuk grafis. Untuk itu telah dibuat sebuah antarmuka grafis menggunakan *integrated development environment* (IDE) Delphi dengan beberapa komponen tambahan yaitu CportLib untuk menyediakan port komunikasi, TscExcelExport VCL berfungsi mengekspor data ke MS Excel untuk memudahkan pengolahan data, dan Plotlab VCL 5.0.1 untuk menampilkan data secara grafis. Gambar 7 adalah contoh tampilan antarmuka yang dimaksud.



Gambar 7. Tampilan antarmuka grafis

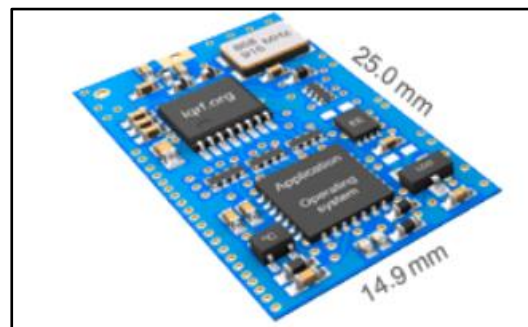
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perangkat keras pengondisi sinyal yang telah dibuat akan dicobakan pada sebuah platform WSN yaitu IQRF. WSN platform IQRF ini berinti mikrokontroler PIC16F886 yang sudah umum dipakai sebagai *data logger*, sehingga alat ini juga kompatibel dengan mikrokontroler lain yang memiliki input analog misalnya NodeMCU, Arduino dengan ESP8266, dan lain-lain. Sekali lagi, yang terpenting mikrokontroler-mikrokontroler tersebut memiliki input analog. Masalah *range* tegangan dapat diatur menggunakan rangkaian pengondisi sinyal dan pemrograman di dalamnya. Gambar 8 adalah diagram blok sistem yang telah dicobakan. TR-52B adalah *transceiver* WSN platform IQRF, yang di dalamnya sudah dilengkapi dengan mikrokontroler dan perangkat jaringan frekuensi radio [10].



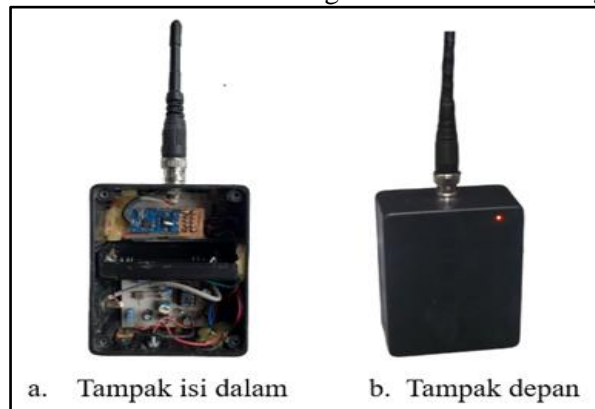
Gambar 8. Diagram blok sistem yang dicobakan.

Penampakan fisik dari TR-52B dapat dilihat pada Gambar 9. Berukuran cukup kecil dengan panjang 25 mm dan lebar 14,9 mm atau seukuran dengan SIM card telepon seluler. Meskipun kecil, dalam TR-52B sudah terdapat fitur-fitur yang mampu digunakan sebagai sebuah *node* jaringan sensor nirkabel.



Gambar 9. Penampakan fisik TR-52B

Gambar 10 adalah penampakan sistem yang dimaksudkan dalam diagram blok pada Gambar 8. Peranti ini merupakan sebuah sensor intensitas getaran dengan kemampuan jaringan sensor nirkabel menggunakan platform IQRF. Di dalamnya sudah terintegrasi sensor getaran yang sudah terkondisikan sinyalnya dan sebuah modul *transceiver* TR-52B. Peranti ini sudah dilengkapi dengan catu daya berupa baterai Li-Ion 3,7 volt yang dapat diisi ulang dan antena eksternal untuk frekuensi 2.4 Ghz. Kotak plastik pelindung bersifat tahan air untuk menghindari kerusakan rangkaian listrik di dalamnya.

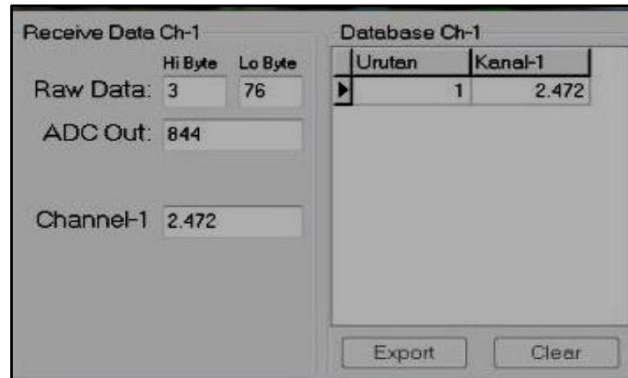


Gambar 10. Peranti sensor getaran dengan kemampuan jaringan.

Akuisisi data dilakukan dengan terlebih dahulu mem-*bonding* perangkat sensor dengan koordinator WSN platform IQRF. Setelah itu, permintaan pengiriman data dilakukan dengan cara *polling* oleh koordinator. *Polling* dilakukan agar dimungkinkan pengiriman data lebih dari 1 (satu) sensor yang ter-*bonding*. Data yang diterima aplikasi adalah data biner 10 bit sehingga memiliki rentang 0-1023. Data biner ini akan dikonversi ke data desimal yang proposional dengan tegangan keluaran sensor, dengan persamaan:

$$V_{out} = (data/1024) \times V_{ref} \quad (2)$$

V_{ref} atau tegangan referensi untuk TR-52B adalah 3 Volt, sehingga misalkan *raw data* biner yang masuk terdiri atas *hi-byte* = 3 (biner = 00000011) dan *lo-byte* = 76 (biner = 01001100) sehingga gabungan 10 bit-nya adalah 1101001100 (desimal = 844), menghasilkan tegangan analog tertampil $V_{out} = 844/1024 \times 3 \text{ volt} \approx 2,472 \text{ volt}$. Hal ini sesuai dengan yang tertampil pada aplikasi seperti pada Gambar 11.



Gambar 11. Screenshot tampilan aplikasi.

Raw data 10 bit tersebut merupakan gabungan 2 bit data *hi-byte* dan 8 bit *lo-byte*. Jadi, maksimal *hi-byte* adalah biner 11, dan maksimal *lo-byte* adalah biner 11111111. Jika digabungkan menjadi 1111111111 yang setara dengan nilai desimal 1023, atau jika dikembalikan ke tegangan analog mendekati 3 volt sesuai tegangan referensi dalam modul TR-52B, dan sesuai persamaan $1023/1024 \times 3 \text{ volt} \approx 3 \text{ volt}$. Potongan program untuk mengolah data masukan sensor dapat dilihat pada Gambar 12.

```
begin
  cmprt1.ReadStr(header, Count);
  buffer:= buffer + header;
  lebar:= Length(buffer);
  if (lebar=7) then
  begin
    if buffer[1]=Chr(1) then      //intensitas getaran
    begin
      h_byte:= Ord(buffer[6]);
      edt1.Text:= IntToStr(h_byte);
      l_byte:= Ord(buffer[7]);
      edt2.Text:= IntToStr(l_byte);
      edt3.Text:= IntToStr((h_byte*256)+ l_byte);
      hasil:= (((h_byte*256)+ l_byte)*3)/1024;
      edt4.Text:= Format('%3f2', [hasil]);
      buffer:= '';

      sample:= tbl1.RecordCount + 1;
      tbl1.Insert;
      tbl1.FieldName('Urutan').AsInteger:= sample;
      tbl1.FieldName('Int.Getaran').AsFloat:=

      StrToFloat(edt4.Text);
      tbl1.Post;
```

Gambar 12. Potongan program untuk mengolah data masukan sensor.

4. KESIMPULAN

1. Dengan pengondisian sinyal yang diterapkan pada keluaran sensor ADXL203 telah diperoleh sinyal yang siap diolah dan dikirimkan.
2. Akurasi sinyal hasil konversi sudah diperiksa menggunakan aplikasi yang dibangun menggunakan Delphi dan dicocokkan dengan penghitungan manual, menghasilkan angka yang sama. Perubahan tegangan terkecil yang dapat dirasakan adalah $1/1024 \times 3 \text{ volt} \approx 0,003 \text{ volt}$.
3. Sensor intensitas getaran ini dapat dikombinasikan dengan sensor lain untuk memperoleh tujuan yang diinginkan. Misalnya jika sensor ini digabungkan dengan sensor kedalaman aliran suatu saluran air atau sungai, maka dapat diperoleh informasi mengenai banjir air biasa atau banjir dengan muatan *debris* atau runtuh/longsoran, atau banjir lahar dingin jika sungai tersebut dilalui material vulkanik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sharma, A., Sharma, S., dan Gupta, D., 2021, A Review of Sensors and Their Application in Internet of Things (IoT), *International Journal of Computer Applications*, Vol 174-No.24.
- [2] Amalraj, J., J., Banumathi, S., dan John, J., J., 2019, IoT Sensors and Applications: A Survey, *International Journal of Scientific & Technology Research*, Vol. 8, Issue 08.
- [3] SHARP Corporation, GP2Y0A02YK: Long Distance Measuring Sensor, <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/download/105514/SHARP/GP2Y0A02YK.html> diakses tgl. 1 Maret 2024.
- [4] Noviyanto, A., H., 2017, Aplikasi Sensor Tekanan MPXM2053GS pada Alat Uji Tekanan Sphygmomanometer Berbasis Mikrokontroler ATMEGA328, *Jurnal Penelitian*, Vol. 21, No. 1, pp. 87-94.
- [5] Priyanto, A., 2013, Pengembangan Purwarupa Sistem Pemantau Banjir Lahar Dingin Memanfaatkan Pengukuran Intensitas Getaran Dan Kedalaman Aliran Berbasis Jaringan Sensor Nirkabel IQRF, *Thesis*, DTETI, Gadjah Mada University, Yogyakarta.
- [6] Analog Devices, 2004, Precision ± 1.7 g, ± 5 g, ± 18 g Dual-Axis iMEMS[®] Accelerometer”, ADXL103/ADXL203 datasheet, https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/adxl103_203.pdf diakses tgl 1 March 2024.
- [7] National Semiconductor, 1995, National Operational Amplifiers Databook, LM358 datasheet.
- [8] James M., F., 2021, *Operational Amplifiers & Linear Integrated Circuits: Theory and Application*, Version 3.2.6, Published by James M. Fiore via dissidents ISBN13: 978-1796856897.
- [9] Horowitz, P., dan Hill W., 1989, *The Art of Electronics-2nd Edition*, Cambridge University Press.
- [10] IQRF, 2014, TR-52B transceiver module, https://static.iqrf.org/Datasheet_TR-52B_140430.pdf diakses tgl. 1 Maret 2024.