

RANCANG BANGUN SISTEM PENGONTROL FREKUENSI GETARAN MENGGUNAKAN SERAT OPTIK

Firmansyah, Harmadi

Program Sarjana FMIPA Universitas Andalas
Departemen Fisika, FMIPA Universitas Andalas, Padang 25163
e-mail: *fsyach24@yahoo.com; harmadi@fmipa.unand.ac.id*

ABSTRAK

Telah dirancang sistem pengontrolan frekuensi getaran menggunakan serat optik dengan metode ekstrinsik. Sensor serat optik digunakan untuk mengukur frekuensi getaran dengan memanfaatkan perubahan tegangan keluaran yang dihasilkan oleh fotodetektor. Tegangan keluaran terjadi akibat perubahan jarak serat optik dengan membran *speaker* magnet sebagai sumber getarnya. Rancangan sistem kontrol terdiri dari sumber cahaya dari laser dioda, serat optik FD 620-10, fotodetektor OPT 101, mikrokontroler Arduino UNO untuk memproses sinyal, relay dan menggunakan program Delphi sebagai penampil di PC (*personal computer*). Hasil pengujian sistem kontrol dapat mengontrol getaran pada frekuensi 10 Hz dari rentang pengukuran 1 sampai 30 Hz.

Kata kunci: Sistem kontrol, Frekuensi getaran, Serat optik.

ABSTRACT

A vibration frequency control system using optical fiber has been designed. Optical fiber sensor system is used to measure vibration frequency by utilizing the output voltage change in the resulting by photodetector. The output voltage occurs due to change distance of optical fiber with membrane magnet speaker as a source of vibration. The design of the control system consists of a source of light from the laser, optical fiber FD 620-10, photodetector OPT 101, UNO Arduino microcontroller to process the signal, relay and use Delphi as a viewer program on a PC (personal computer). Results of testing the control system can control the vibration at a frequency of 10 Hz of the measuring range 1 to 30 Hz.

Keywords: System control, vibration frequency, fiber optics.

I. PENDAHULUAN

Getaran merupakan fenomena yang banyak terjadi di dalam kehidupan sehari-hari. Getaran dari sebuah objek dapat memberikan informasi mengenai keadaan yang sedang terjadi pada objek tersebut dan pengaruhnya terhadap lingkungan sekitar. Manusia dapat mengambil langkah yang tepat untuk mengatasi masalah pada getaran dengan melakukan analisis getaran yang dihasilkan suatu sistem.

Getaran terjadi pada mesin-mesin di bidang industri, hal ini disebabkan karena banyaknya mesin yang beroperasi yang menyebabkan getaran pada benda-benda di sekitarnya. Pencatatan data getaran secara kontinu diperlukan untuk perbandingan kenaikan getaran dari waktu ke waktu agar dapat mendiagnosa penyebab kerusakan mesin yang menyebabkan kenaikan getaran. Getaran yang terjadi pada mesin-mesin di bidang industri tidak boleh melebihi ambang batas frekuensi yang telah ditetapkan karena jika melebihi ambang batas frekuensi berarti kondisi mesin tidaklah baik dan perlu diperbaiki sedini mungkin sehingga proses-proses dalam bidang industri dapat bekerja secara optimal.

Berbagai macam instrumen dan metode telah banyak dikembangkan untuk pengamatan getaran. Pengukuran yang banyak dilakukan bersifat kontak, artinya instrumen yang digunakan untuk melakukan pengukuran harus melakukan kontak dengan obyek yang diukur, hal ini banyak menimbulkan kelemahan jika dilakukan dalam kondisi terbatas yang tidak memungkinkan terjadinya kontak antara alat ukur dengan obyek pengukuran. Lingkungan yang bersuhu tinggi, posisi obyek yang sulit dijangkau dan kondisi tak ideal lainnya membuat metode pengukuran secara kontak langsung tidak dapat dilakukan. Pengukuran getaran menggunakan serat optik merupakan salah satu jenis penelitian yang dipakai untuk mengatasi kendala dalam melakukan pengukuran dengan kondisi yang terbatas. Hal ini bisa dilakukan karena pengukuran dengan menggunakan serat optik memiliki kelebihan diantaranya memiliki respon

pengukuran yang sangat cepat dan tanpa melakukan kontak langsung dengan obyek pengukuran.

Pengukuran frekuensi getaran menggunakan serat optik telah banyak dilakukan oleh beberapa peneliti, diantaranya oleh Zulaichah (2004) dengan memanfaatkan serat optik sebagai sensor yang mengubah besaran fisik getaran yaitu *displacement* menjadi besaran tegangan, Hariyanto (2011) menggunakan *directional coupler* dari serat optik mode jamak sebagai sensor getaran berbasis modulasi intensitas dan Saputro (2013) mengukur frekuensi getaran secara *real time* menggunakan sensor serat optik ekstrinsik.

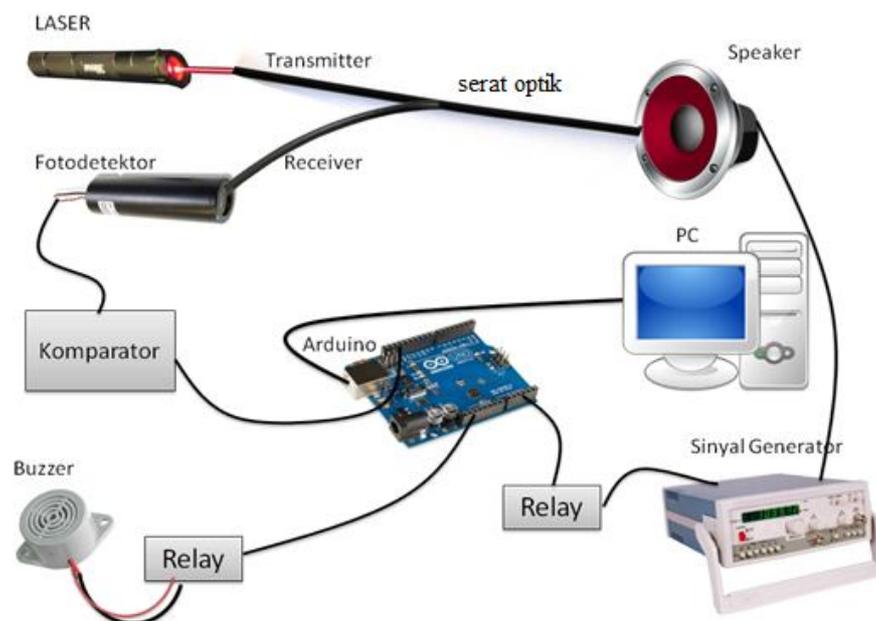
Metode yang telah dilakukan oleh beberapa peneliti tersebut merupakan penelitian awal untuk menentukan frekuensi getaran dari sebuah obyek dengan menggunakan serat optik. Pada penelitian ini akan memanfaatkan serat optik sebagai sensor untuk pengontrolan frekuensi getaran.

II. METODE

Perancangan sistem kontrol getaran menggunakan sensor serat optik ekstrinsik ini terdiri dari dua bagian utama, yaitu rancang bangun perangkat keras dan perangkat lunak. Rancang bangun perangkat keras meliputi rancang bangun perangkat sistem elektronik analog dan digital, sedangkan rancang bangun perangkat lunak meliputi perancangan program yang akan menjalankan sistem pengontrolan.

2.1 Skema perangkat keras sistem pengontrolan

Skema perangkat keras sistem sensor serat optik untuk mengontrol frekuensi getaran ini dibentuk secara terpadu. Sumber getaran dan sistem serat optik dirangkai dalam satu tempat. Perangkat keras sistem serat optik ini terdiri dari serat optik FD 620-10, *speaker*, fotodetektor, laser, *relay*, *buzzer*, catu daya dan papan Arduino uno. Skema perancangan perangkat keras dapat dilihat pada Gambar 1.

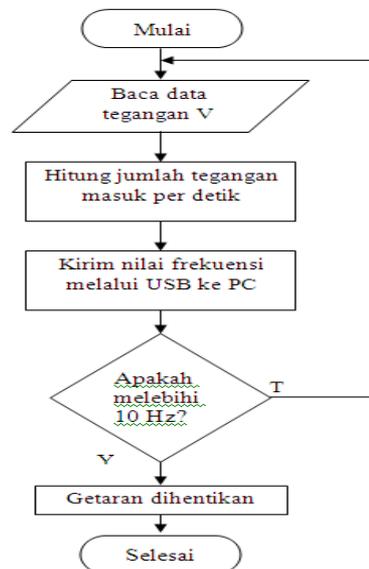


Gambar 1. Skema Rangkaian Alat

2.2 Perancangan perangkat lunak sistem pengontrolan

Design perangkat lunak dibuat untuk mengatur sistem serat optik agar dapat memproses sinyal masukan dari sensor. Desain ini berbentuk sebuah *source code* atau yang lebih dikenal dengan program. Pemograman pada penelitian ini terbagi atas 2 bagian. Pemograman yang pertama ditanamkan ke dalam mikrokontroler pada Arduino menggunakan bahasa C.

Pemograman kedua dibuat pada komputer menggunakan Delphi. Secara umum diagram alir pemograman pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Diagram Alir perangkat lunak sistem pengontrolan

Gambar 2 menunjukkan bahwa perancangan perangkat lunak untuk mengontrol frekuensi getaran di mulai dengan membaca data tegangan digital yang masuk ke Arduino, kemudian Arduino akan menghitung tegangan yang masuk per detiknya dan akan mengirimkan hasilnya ke PC melalui sambungan USB, kemudian PC akan menampilkan hasilnya. Apabila frekuensi getaran melebihi 10 Hz maka getaran akan berhenti.

2.3 Pengkarakterisasian Sistem Sensor Serat Optik

Pengkarakterisasian dilakukan dengan perancangan sistem sensor dengan menggunakan laser sebagai sumber cahaya, serat optik sebagai medium yang menghantarkan cahaya yang diterima dari laser, *speaker* yang telah diberi kaca sebagai pemantul cahaya dari serat optik, dan fotodetektor sebagai sensor cahayanya. Sistem sensor ini akan mengubah stimulus yakni getaran menjadi pulsa listrik. Secara umum bagian sistem sensor dibedakan atas: bagian sensor sebagai pengindera, bagian pengolah sinyal keluaran sensor, bagian pemroses sinyal, bagian penampil sinyal yang telah diproses (Fraden, 2004).

Proses karakterisasi dilakukan dengan memvariasikan jarak antara ujung sensor serat optik dengan membran *speaker* yang bergetar. Variasi jarak diberi sebesar 1 mm dimulai dari jarak ujung sensor serat optik menempel pada *speaker* atau jarak 0 mm sampai dengan jarak 15 mm. Perubahan jarak ini akan menghasilkan tegangan keluaran yang berbeda pula pada fotodetektor, hal ini disebabkan oleh banyak atau sedikitnya intensitas cahaya yang masuk ke elemen sensor OPT 101. Hasil dari karakterisasi akan menentukan jarak yang sensitif untuk melakukan pengukuran dan pengontrolan frekuensi getaran.

2.4 Pengukuran Sistem Sensor Serat Optik

Setelah karakterisasi dilakukan, maka akan diketahui pada jarak berapakah sistem sensor paling sensitif berada. Jarak yang paling sensitif tersebut akan digunakan untuk melakukan pengukuran. Pengujian sistem pengukuran pada penelitian ini adalah dengan membandingkan hasil pengukuran frekuensi dengan menggunakan sistem sensor serat optik dengan sumber sinyal generator. Pengukuran dilakukan dengan cara menginputkan *speaker* dari sinyal generator. Sinyal generator akan membuat *speaker* bergetar sesuai dengan frekuensi yang di inputkan. Sistem pengukuran ini terdiri dari laser, serat optik, *speaker*, fotodetektor OPT 101, komparator sebagai pengkondisi sinyal dan mikrokontroler Arduino Uno sebagai pemroses sinyal, kemudian dari Arduino akan dikirimkan nilai frekuensi yang terbaca melalui sambungan USB dan ditampilkan pada PC.

Sinar cahaya laser ditujukan ke arah serat optik *transmitter*, dan selama di dalam serat optik cahaya dipandu dan diarahkan ke sumber getaran yang dilapisi dengan material yang mampu memantulkan cahaya datang ke arah serat optik bagian *receiver*. Cahaya kembali dipandu sepanjang serat optik *receiver* menuju fotodetektor yang menghasilkan tegangan keluaran berupa tegangan analog. Setelah tegangan analog dikondisikan oleh komparator, dilanjutkan pengolahan informasi tegangan dari fotodetektor akan dilakukan oleh Mikrokontroler yang terdapat pada Arduino. Proses ini berupa *mode counter* yang akan menghitung jumlah tegangan yang masuk dari sensor per satuan waktu. Data tersebut akan ditampilkan dalam bentuk nilai frekuensi pada komputer.

2.5 Pengujian Sistem Pengontrolan

Setelah sistem sensor serat optik dikarakterisasi dan dilakukan pengukuran terhadap frekuensi input dari sinyal generator, barulah pengontrolan terhadap frekuensi getaran dilakukan. Dimana jika frekuensi tersebut melebihi ambang batas frekuensi yang telah ditetapkan, maka *relay* yang terhubung ke sinyal generator akan memutuskan arus sehingga *speaker* akan berhenti bergetar. Pengujian sistem pengontrolan pada penelitian ini adalah dengan menguji nilai frekuensi dibawah dan diatas batas standar frekuensi yang telah ditetapkan. Pertama dengan menguji frekuensi dibawah standar batas frekuensi yang telah ditentukan, pada prinsipnya frekuensi yang berada dibawah standar batas frekuensi yang telah ditentukan tidak akan menyebabkan sambungan *speaker* dengan sinyal generator sebagai pembangkitnya terputus. Pengujian yang kedua yaitu dengan menguji frekuensi diatas standar batas frekuensi yang telah ditentukan, pada kondisi ini *speaker* akan berhenti bergetar karena relay memutus kontak antara *speaker* dan sinyal generator.

2.6 Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran frekuensi menggunakan sistem sensor serat optik dengan masukan frekuensi generator pada *speaker*. Menurut Kirkup (2002) teknik umum yang digunakan untuk memplot data pada grafik XY yaitu variabel bebas diplot pada sumbu X dan variabel terikat diplot pada sumbu Y.

Ketepatan (*accuracy*) merupakan tingkat kesesuaian atau dekatnya suatu hasil pengukuran terhadap harga sebenarnya. Ketepatan dari sistem dapat ditentukan dari persentase kesalahan antara nilai aktual dengan nilai yang terlihat. Persentase kesalahan dapat ditentukan dari Persamaan 1.

$$\text{Persentase kesalahan} = \frac{Y_n - X_n}{Y_n} \times 100\% \quad (1)$$

dimana; Y_n = Nilai sebenarnya dan X_n = Nilai yang terbaca pada alat ukur.

Pada proses pengontrolan, analisis data hanya dilakukan pada berhasil atau tidaknya sistem kontrol terhadap standar frekuensi yang telah ditentukan. Setelah itu data akan diolah dengan baik secara grafik dan statistic, untuk kemudian didapatkan sebuah kesimpulan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Rancangan perangkat keras sistem sensor serat optik

Rancangan perangkat keras dari sistem sensor serat optik secara keseluruhan terdiri atas beberapa bagian yaitu sumber getaran *speaker* magnet, serat optik FD 620-10, laser merah, rangkaian penguat sinyal dan Arduino sebagai pemroses sinyal.

Sumber getaran berasal dari *speaker* magnet dengan rentang frekuensi sampai dengan 200 Hz yang diinput melalui frekuensi generator. Ketika *speaker* diberikan sebuah sinyal frekuensi, maka membran *speaker* akan bergetar sesuai dengan besarnya frekuensi yang diberikan. Getaran akan menyebabkan perubahan jarak antara ujung sensor serat optik dengan membran *speaker*.

Bagian sensor serat optik atas fotodetektor, laser, dan serat optik. Fotodetektor akan menghasilkan tegangan keluaran sesuai dengan cahaya yang masuk ke dalam elemen sensornya. Sumber cahaya dari sensor serat optik berasal dari laser. Serat optik berfungsi sebagai pemandu

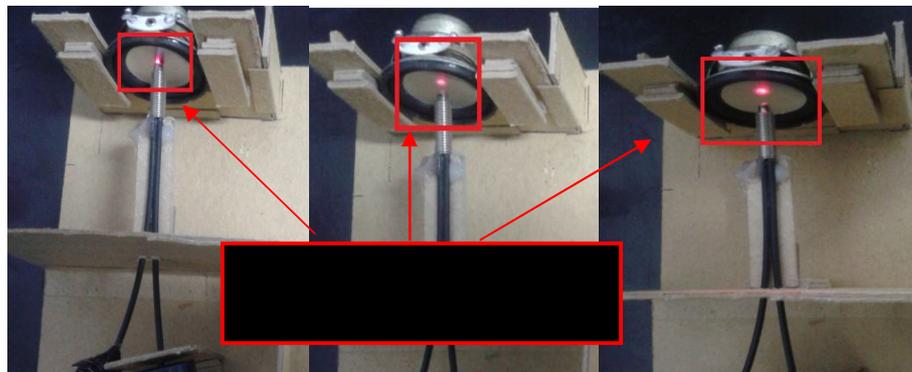
gelombang cahaya yang berasal dari laser dan sebagai pemandu gelombang cahaya pantulan dari membran *speaker* menuju fotodetektor.

Rangkaian komparator Op-Amp digunakan untuk memperbaiki sinyal keluaran (tegangan) dari fotodetektor. Rangkaian ini berguna untuk mempermudah Arduino sebagai bagian pemroses sinyal mengubah sinyal keluaran fotodetektor menjadi besaran frekuensi. Arduino sebagai bagian pemroses sinyal akan mengirimkan data besaran frekuensi ke PC menggunakan komunikasi serial. Penampil besaran frekuensi secara visual di PC akan dibantu dengan menggunakan program Delphi.

3.2 Karakteristik sensor serat optik untuk mengontrol frekuensi

Sistem sensor serat optik sebelum digunakan untuk mengukur dan mengontrol frekuensi terlebih dahulu dilakukan karakterisasi. Karakterisasi bertujuan untuk menggambarkan kemampuan sensor serat optik dalam mendeteksi pergeseran mikro atau perubahan jarak antara membran *speaker* dengan ujung sensor serat optik.

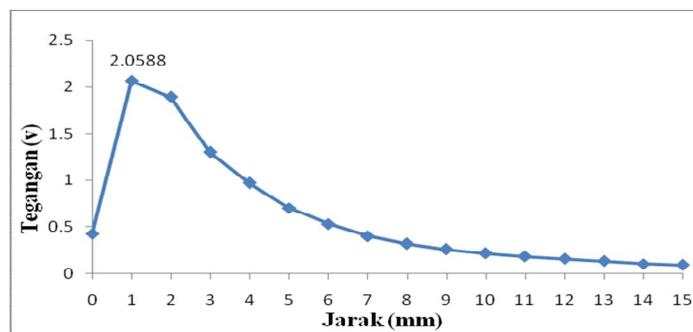
Karakterisasi sensor serat optik dilakukan dengan cara mengukur besarnya perubahan tegangan keluaran fotodetektor dari sistem sensor serat optik terhadap perubahan jarak sensor serat optik dengan membran *speaker*. Cara untuk mengkarakterisasi sensor serat optik dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Karakterisasi sensor serat optik dengan variasi jarak

Karakterisasi dilakukan dengan melakukan variasi jarak antara ujung sensor serat optik dengan membran *speaker*. Pada penelitian ini variasi jarak antara ujung sensor serat optik dengan membran *speaker* diberikan sebesar 1 mm.

Hasil pengukuran karakterisasi perubahan jarak antara ujung sensor dengan membran *speaker* kemudian diplot kedalam sebuah grafik untuk mempermudah dalam menganalisa data. Hubungan perubahan jarak ujung sensor serat optik dengan membran *speaker* terdapat pada Gambar 4.



Gambar 4 Hubungan perubahan jarak antara ujung sensor serat optik dengan membran *speaker*

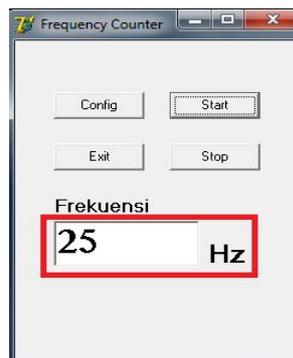
Berdasarkan kurva grafik pada Gambar 4 terlihat bahwa jarak antara ujung sensor serat optik dengan membran *speaker* akan mempengaruhi tegangan keluaran dari fotodetektor. Tegangan keluaran berubah seiring perubahan jarak antara ujung sensor serat optik dengan

membran *speaker*. Pada jarak 0 mm sampai mm menunjukkan kecenderungan (trend) grafik meningkat, sedangkan pada jarak mm sampai mm menunjukkan trend grafik menurun. Kedua kecenderungan kurva grafik pada Gambar 4 disebabkan pengaruh jarak antara ujung sensor serat optik dengan *speaker*.

Karakterisasi yang telah dilakukan terhadap sensor serat optik akan menjadi landasan utama untuk mengukur dan mengontrol frekuensi getaran dari *speaker*. Hasil yang diperoleh dari karakterisasi menunjukkan bahwa perubahan jarak antara ujung sensor serat optik dengan membran *speaker* sebanding dengan perubahan tegangan pada fotodetektor. Dari hasil karakterisasi ini akan ditetapkan dimana sensor serat optik diletakkan untuk mengukur dan mengontrol frekuensi getaran, yaitu di tempat yang memiliki sensitifitas tertinggi atau perubahan nilai yang paling signifikan, yang pada penelitian ini terletak pada jarak mm.

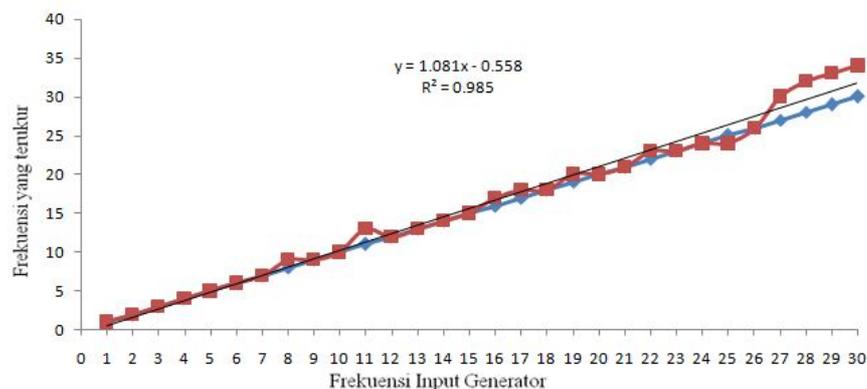
3.3 Rancangan perangkat lunak sistem sensor serat optik.

Rancangan perangkat lunak sistem sensor serat optik untuk mengukur frekuensi menggunakan mikrokontroler Arduino dengan tampilan pada PC dengan bantuan dari program Labview. Prinsip kerjanya yaitu dengan mengukur terlebih dahulu besar tegangan keluaran yang dihasilkan oleh frekuensi getaran *speaker* melalui sensor serat optik dengan input berasal dari sinyal generator. Pengukuran besar tegangan keluaran ini dilakukan dengan variasi frekuensi masukan sebesar 10 Hz dari sinyal generator. Pengukuran dilakukan sebanyak tiga kali. Hasil dari pengukuran ini kemudian di plot ke dalam bentuk grafik dan di cari nilai linieritasnya. Nilai linier inilah yang akan menjadi landasan dalam membuat program Delphi.



Gambar 5 Hasil pengukuran frekuensi

Hasil pengukuran ditampilkan seperti Gambar 5, dimana pada program delphi yang telah dibuat terdiri atas beberapa tombol yakni config, start, stop, exit dan sebuah label yang menyakatan besar frekuensi yang terukur. Tombol config berfungsi sebagai pengatur konfigurasi hubungan antara komputer dengan Arduino. Tombol start dan stop berfungsi untuk menjalankan dan menghentikan pengukuran. Tombol exit berfungsi untuk keluar dari program.



Gambar 6 Perbandingan antara input frekuensi generator dengan hasil pengukuran frekuensi sistem sensor serat optik

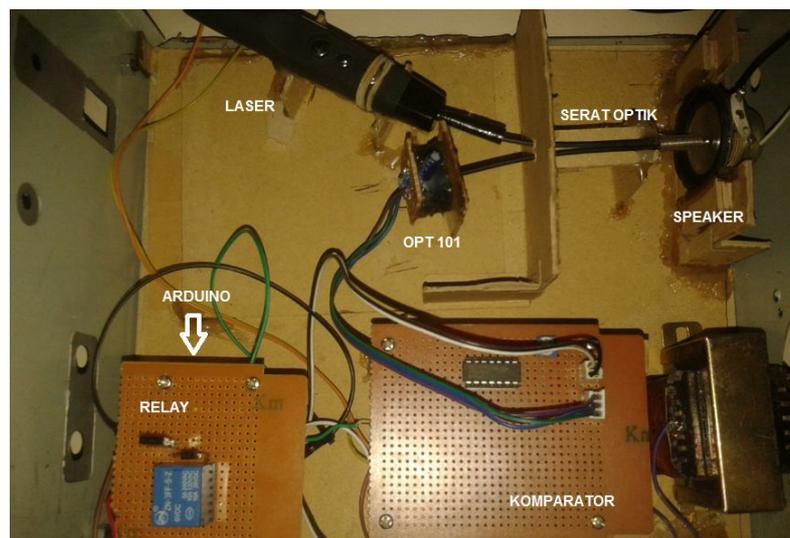
Kurva berwarna biru pada Gambar 6 merupakan sinyal input frekuensi generator sedangkan kurva berwarna merah merupakan hasil pengukuran. Hasil pengukuran frekuensi menggunakan sistem sensor serat optik terdapat perbedaan dengan input frekuensi generator. Meskipun tidak sama tetapi hasil pengukuran menggunakan sensor serat optik memiliki kecenderungan (*trend*) yang sama dengan input frekuensi generator yakni ketika input frekuensi generator dinaikkan, maka hasil pengukuran frekuensi menggunakan sistem sensor serat optik juga naik.

Melalui pendekatan garis lurus diperoleh persamaan hubungan antara frekuensi yang terukur dan frekuensi input, yaitu: $y = 1,081x + 0,558$, dimana angka 1,081 menyatakan sensitivitas sensor. Besar sensitivitas sensor adalah 1,081 Hz artinya setiap kenaikan nilai frekuensi getaran input 1 Hz maka frekuensi yang terukur akan bertambah 1,081 Hz. Angka 0,558 merupakan frekuensi yang terukur pada saat frekuensi input mendekati nol.

Hasil pengukuran pertama sampai dengan ke-26 pada rentang frekuensi 1 Hz sampai dengan 26 Hz mempunyai nilai yang relatif sama dengan frekuensi input generator. Namun pada rentang frekuensi di atasnya terjadi penyimpangan yang terlalu besar. Keadaan ini disebabkan karena kondisi sinyal telah stabil sehingga Arduino sebagai pencacah dan pemroses sinyal tidak dapat menghitung frekuensi dengan baik. Kemampuan sistem sensor serat optik dalam mengukur besaran frekuensi pada penelitian ini maksimal sebesar 30 Hz. Jika pengukuran dilakukan untuk frekuensi besar dari 30 Hz maka hasilnya tidak linier lagi. Batas pengukuran frekuensi ini disebabkan karena kemampuan pengkondisi sinyal yaitu Komparator op-amp yang hanya sanggup mengkomparasi sinyal masukan dalam orde *millisecond*. Selain itu, kesalahan ini juga diduga terjadi karena membran *speaker* magnet yang bergetar sangat cepat tidak dapat menunjukkan perubahan jarak secara signifikan. Tidak adanya perubahan jarak yang terdeteksi oleh sensor serat optik menyebabkan tegangan keluaran dari fotodetektor tetap, sehingga tidak dapat dideteksi oleh Arduino.

3.4 Pengujian Pengontrolan

Pengujian pengontrolan dilakukan dengan merancang sistem seperti pada Gambar 7 dengan cara memberikan input frekuensi yang berada di atas dan di bawah frekuensi yang akan dikontrol, yaitu 10 Hz. Pengujian pertama dilakukan dengan memberikan frekuensi input dari sinyal generator di bawah 10 Hz, jika alarm getaran pada *speaker* tidak berhenti maka sistem masih bekerja dengan baik. Kemudian dilanjutkan dengan memberikan frekuensi input lebih besar dari 10 Hz, dan pada frekuensi ini akan menyebabkan relay aktif karena telah melewati frekuensi batas yang telah ditetapkan pada program.



Gambar 7 Rancangan sistem pengontrolan

Pengujian pengontrolan dilakukan dengan cara memberikan input frekuensi yang berada di atas dan di bawah frekuensi yang akan dikontrol, yaitu 10 Hz. Pengujian pertama

dilakukan dengan memberikan frekuensi input dari sinyal generator di bawah 10 Hz, jika alarm getaran pada *speaker* tidak berhenti maka sistem masih bekerja dengan baik. Kemudian dilanjutkan dengan memberikan frekuensi input lebih besar dari 10 Hz, dan pada frekuensi ini akan menyebabkan relay aktif karena telah melewati frekuensi batas yang telah ditetapkan pada program.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan data hasil dan analisis penelitian dapat diambil kesimpulan yaitu fotodetektor, serat optik, laser, komparator, relay, Arduino dan program Delphi bisa digunakan sebagai sistem pengontrolan frekuensi getaran. Hasil karakterisasi sistem sensor serat optik menghasilkan jarak sensitivitas sensor yang baik untuk melakukan pengukuran dan pengontrolan frekuensi getaran. Semakin besar frekuensi yang diberikan dari sinyal generator ke *speaker*, maka semakin cepat perubahan tegangan yang dihasilkan fotodetektor. Pada frekuensi 1 sampai dengan 30 Hz, frekuensi yang terukur mendekati nilai input frekuensi generator yang sebenarnya, sedangkan pada frekuensi lebih besar dari 30 Hz, pengukuran tidak valid lagi karena kesalahan pada pengukuran lebih besar dari 10%.

DAFTAR PUSTAKA

- Fraden, J., 2004, The Hand Book of Modern Sensor, Thermoscan, Inc., California.
- Hariyanto, E., 2011, Aplikasi Directional Coupler Serat Optik Mode Jamak Sebagai Sensor Getaran Berbasis Modulasi Intensitas. Prosiding Seminar Nasional UNY, Yogyakarta.
- Kirkup, L., 2002, Calculating and Expressing Uncertainty in Measurement. Departement of Applied Physics, Faculty of science, University of Technology Sidney.
- Saputro, B.H., 2013, Aplikasi Sensor Serat Optik Untuk Pengukuran Frekuensi Getaran Akustik, Tesis, Universitas Andalas, Padang.
- Zulaichah, S., 2004, Pengukuran Frekuensi Getaran Menggunakan Serat Optik. ITB, Bandung.