

Rancang bangun *Vibration Exciter* Sederhana Untuk Uji Respon Frekuensi Sensor MEMS *Accelerometer*

Amalia C. Nur'aidha¹, Ahmad Nadhir¹, Didik R. Santoso¹

¹Jurusan Fisika FMIPA Univ. Brawijaya

Email: amalia120693@gmail.com

Abstrak

Vibration Exciter merupakan suatu alat yang dapat menghasilkan getaran mekanik dengan nilai frekuensi yang dapat diatur. Salah satu fungsi alat ini yaitu, untuk menguji respon frekuensi sebuah sensor getaran. Penelitian ini bertujuan untuk mendesain dan membuat sebuah *Vibration Exciter* simple yang akan digunakan untuk menguji respon frekuensi sensor MEMS *Accelerometer*. Alat ini dirancang dengan menggunakan motor DC sebagai sumber getaran mekanik, merubah gerak rotasi menjadi translasi. Selain itu alat ini mampu menghasilkan getaran dengan nilai frekuensi yang dapat diprogram sesuai dengan kebutuhan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Vibration Exciter* ini mampu bekerja pada frekuensi 0.2 Hz hingga 9 Hz tanpa adanya beban sensor, dan mampu bekerja pada frekuensi 0.7 Hz hingga 8.5 Hz dengan adanya sensor sebagai beban, dengan beban sensor kurang lebih 250 gram.

Kata kunci: Getaran Mekanik, Exciter, Kontrol Frekuensi

Pendahuluan

Getaran merupakan gejala mekanik dinamik berupa gerakan bolak balik atau simpangan terjauh dari titik setimbang. Getaran merupakan salah satu aspek yang sangat diperhatikan pada mesin-mesin industri dan juga keadaan alam, yang berfungsi untuk memberi peringatan apabila telah melewati batas aman[1].

Untuk mendeteksi getaran suatu objek atau keadaan alam diperlukan sensor getaran dengan resolusi yang tinggi. Sensor tersebut sebelum digunakan haruslah terlebih dahulu dikalibrasi agar bekerja sesuai dengan standar[1].

Saat ini sebagian besar kalibrasi sensor *accelerometer* dilakukan dengan teknik pengukuran *interferometric* (ISO 1663-11, 1999). Teknik ini membutuhkan waktu yang sangat lama dan memiliki rentang frekuensi yang sangat terbatas. Sistem kalibrasi *accelerometer* yang tersedia saat ini memang telah sesuai dengan standar internasional kecuali, untuk alat kalibrasi *Vibration Exciter* yang harus memberikan uniaksial, stabil dan bebas distorsi. Kebanyakan *Vibration Exciter* pada saat frekuensi tinggi, semua bagian dari alat ikut bergetar sehingga mempengaruhi hasil kalibrasi[2]. Beberapa tahun terakhir ini Jerman telah merancang banyak *Vibration Exciters* (pembangkit getaran) yang berbeda-beda. Beberapa desain ini menggunakan *piezoelectric* untuk mengasilkan gerak.

Dalam dunia sains juga dikembangkan *Vibration Exciter* (pembangkit getaran) untuk kalibrasi dinamik sensor dengan frekuensi yang rendah seperti deteksi getaran jembatan, bangunan, dan gempa. Tetapi pembangkit getaran

yang ada saat ini belum bisa mengkalibrasi sensor pada frekuensi di bawah 20 Hz. Sedangkan saat ini dibutuhkan pembangkit getaran untuk mengkalibrasi sensor berfrekuensi rendah di bawah 10 Hz[3].

Pembangkit getaran frekuensi rendah dapat didesain menggunakan sumber penggetar yaitu motor DC sebagai aktuator. Motor DC merupakan mesin listrik yang dapat mengubah energy listrik menjadi energy mekanik[5]. Pada motor DC kecepatan dan frekuensinya dapat divariasi. Selain itu motor DC juga memiliki torsi yang sedikit lebih besar dan sistem kontrol yang sederhana.

Untuk proses pengontrolannya menggunakan mikrokontroler jenis PIC 16F873A. Mikrokontroler adalah versi mikro dari sebuah komputer karena pada mikrokontroler terdapat peripheral yang langsung dapat dimanfaatkan contohnya konversi digital ke analog, port serial, dan sebagainya[6]. Salah satu fitur mikrokontroler yang dapat dimanfaatkan pada alat ini adalah ADC dan PWM. ADC (*Analog Digital Converter*) berfungsi untuk mengkonversi sinyal analog menjadi sinyal digital. Proses pengkonversian dilakukan melalui sampling dan kuantisasi[7]. Selain ADC juga terdapat fitur PWM (*Pulse Width Modulation*) yang merupakan salah satu cara untuk mengontrol kecepatan putar motor DC dengan metode memvariasi nilai *duty cyclenya*. *Duty cycle* ini didefinisikan sebagai rasio perbandingan pesentase pulsa rendah dan pulsa tinggi selama satu periode. Dengan metode tersebut maka dapat memvariasikan tegangan rata-rata kecepatan motor DC[8].

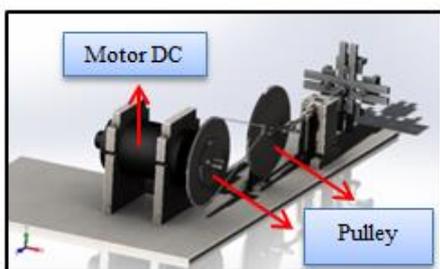
Selain pengontrolan menggunakan PIC 16F873A dibutuhkan rangkain elektronik yang mampu berfungsi sebagai saklar pada motor yaitu rangkain driver motor. Rangkaian driver motor ini dapat memanfaatkan komponen mosfet. Driver ini juga mampu mengendalikan perputaran motor DC, biasanya mosfet yang sering digunakan untuk driver adalah mosfet jenis tipe N[9].

Mekanik pembangkit getaran ini cukup menggunakan plat besi yang didesain sesuai dengan kebutuhan. Untuk menentukan frekuensi yang sangat rendah didesain dengan menambahkan *pulley* bertingkat agar dapat mengontrol frekuensinya. Perancangan ini tidak membutuhkan biaya yang tinggi untuk keperluan eksperimen dan pengujian skala kecil [4].

Metode

Desain Vibration Exciter

Desain *Vibration Exciter* ini terlihat seperti pada gambar 1. Pembangkit getaran ini didesain menggunakan motor DC tipe KF20 dengan kecepatan putar 720rpm. Untuk mengembangkan kecepatan putar pada motor DC tersebut maka ditambahkan susunan *pulley* bertingkat agar dapat memvariasi kecepatan putar motor dengan rasio pulley sebesar 1:5:10 cm.



Gambar 1. Rangkaian Vibration Exciter

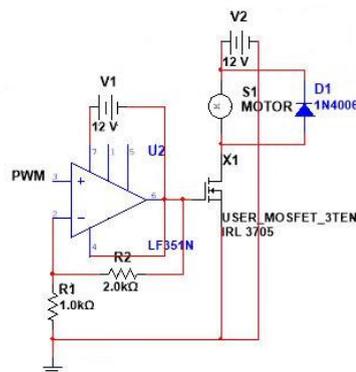
Perancangan dan Pembuatan Hardware

1. Catu Daya

Rangkaian catu daya untuk Vibration Exciter ini memerlukan tiga catu daya yaitu catu daya 12V,2A; 5V,2A; dan 16V,10A. Catu daya 16V digunakan untuk sumber motor DC, 5V untuk sumber mikrokontroler dan 12V untuk sumber driver motor.

2. Driver Motor DC

Driver motor ini tersusun dari op-amp dan mosfet. Op-amp pada driver ini berfungsi untuk menguatkan tegangan keluaran dari PWM PIC mikrokontroler, karena keluaran PIC mikrokontroler hanya 5V maka harus dikuatkan tiga kali agar driver bisa berfungsi. Mosfet yang digunakan pada driver adalah tipe N IRL3705 dan op-amp tipe LF351. Rangkaian driver motor dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 3. Driver Motor

3. Mikrokontroler PIC16F873

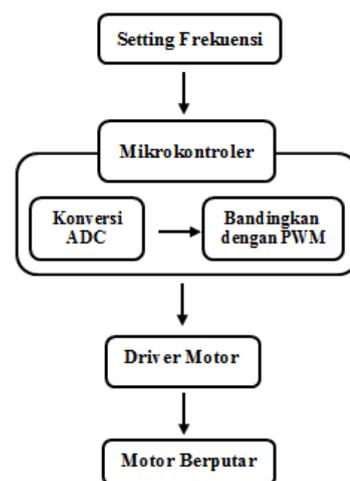
Mikrokontroler merupakan kendali utama dari alat yang akan dibuat. Seluruh proses input dan output bekerja secara sistematis pada IC ini.

4. Potensiometer

Potensiometer digunakan untuk mengendalikan kecepatan motor secara manual. Potensio tersebut dihubungkan pada masukan ADC PIC 16F873A. selain itu ADC pada PIC16F873A ini dikonversi untuk pengaturan PWM yang berfungsi untuk mendrive motor pembangkit getaran tersebut.

Perancangan Sistem

Perancangan sistem pada alat ini menggunakan bahasa pemrograman *assembly* dan downloader pickit 3. Diagram alir perancangan sistem dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Diagram alir perancangan sistem

Hasil dan Pembahasan

Pengujian Alat

1. Catu daya

Pengujian catu daya ini menggunakan AVO meter untuk mengetahui apakah nilai keluaran

tegangan yang dibuat sesuai atau tidak. Catu daya yang digunakan pada alat ini menggunakan tiga sumber catu daya DC, yaitu 5V, 12V, dan 16V. Hasil pengujian tegangan ini dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Nilai Uji Tegangan Catu Daya

Pengukuran	Tegangan Keluaran V_{DC}		
	Ke $\mu K(V)$	Ke Driver (V)	Ke Motor (V)
1	4.97	11.96	16.19
2	4.97	12.10	16.18
3	4.97	12.02	16.13
4	4.97	12.07	16.12
5	4.97	12.11	16.12
Rata-rata	4.97	12.05	16.14

2. Potensiometer

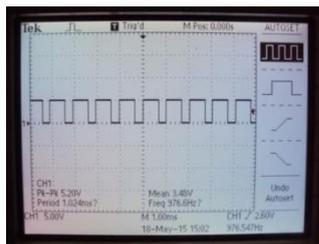
Pengujian potensiometer dilakukan untuk menentukan beberapa posisi potensiometer yang nantinya akan digunakan sebagai posisi pengambilan data. Beberapa posisi potensiometer dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Nilai Uji Tegangan Keluaran Potensiometer

Posisi Potensiometer	Nilai PWM (%)	Tegangan Output (V)
1	0	0.228
2	5	0.448
3	10	0.676
4	25	1.357
5	50	2.5
6	75	3.61
7	100	4.28

3. PWM (Pulse Width Modulation)

Pengujian PWM ini dilakukan untuk membuktikan apakah keluaran dari mikrokontroler tersebut berupa sinyal PWM atau tidak, sehingga sinyal keluaran dari mikrokontroler dapat digunakan sebagai kendali motor DC. Pengujian ini dilakukan dengan menghubungkan rangkaian mikrokontroler ke *oscilloscope*. Beberapa pengujian PWM ini dapat dilihat pada gambar 4.

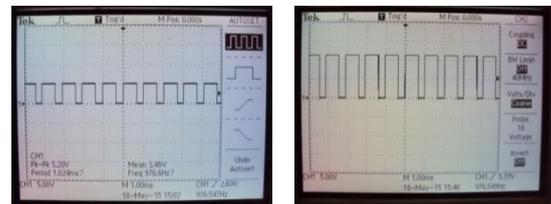


Gambar 4. Sinyal Keluaran PWM Mikrokontroler Duty Cycle 70%

4. Motor Driver

Pengujian motor *driver* berfungsi untuk mengetahui output dari motor *driver* yang pulsa PWMnya telah dikontrol. Pengujian ini dilakukan dengan *oscilloscope*. Sinyal keluaran *driver* sudah

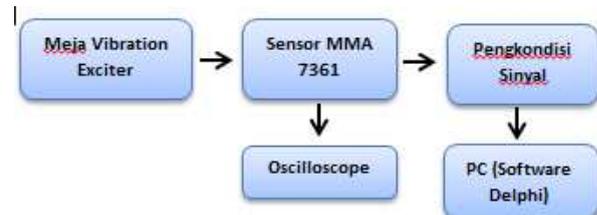
mengalami penguatan sebesar tiga kali dari sinyal masukan. Maka setelah di uji di dapatkan hasil sebesar 15 volt karena sinyal masukan yang berasal dari PWM sebesar 5 volt. Hasil pengujian ini dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Pengujian Penguatan keluaran PWM, (a) Sebelum penguatan, (b) Sesudah penguatan

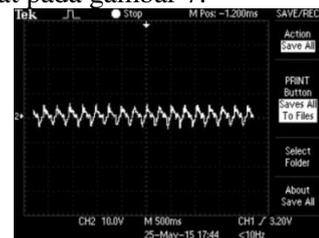
Pengujian Alat

Untuk mengetahui hasil dari pembangkit getaran maka dilakukan pengambilan data dengan menguji respon frekuensi sensor MEMS *Accelerometer* tipe MMA 7361. Data yang akan di analisis adalah respon frekuensi yang didapatkan melalui *oscilloscope* dan software Delphi agar dapat membandingkan nilai respon frekuensinya. Rangkaian proses pengambilan data dapat dilihat pada gambar 6.

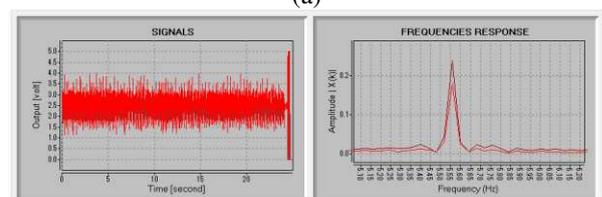


Gambar 6. Rangkaian Pengambilan Data

Untuk output dari *oscilloscope* diambil langsung dari keluaran sensor agar didapatkan nilai respon frekuensi secara langsung, sedangkan pada software Delphi output yang dikeluarkan dari sensor diolah terlebih dahulu pada rangkaian pengkondisi sinyal. Hasil pengambilan data ini dapat dilihat pada gambar 7.



(a)



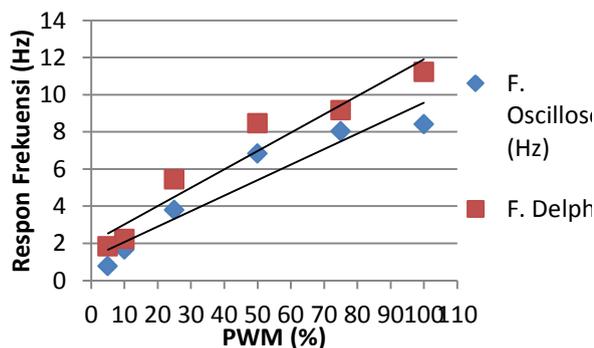
(b)

Gambar 7. Hasil Respon Frekuensi MEMS Accelerometer menggunakan Vibration Exciter pada PWM 25%, (a) cuplikan Oscilloscope, (b) Hasil Respon Frekuensi Software Delphi

Tabel 3. Nilai Respon Frekuensi dari oscilloscope dan dari Software Delphi

PWM (%)	F.Oscilloscope (Hz)	F.Delphi (Hz)
5	0.780	1.83
10	1.664	2.23
25	3.787	5.44
50	6.835	8.46
75	8.032	9.17
100	8.408	11.23

Setelah melakukan uji coba sensor MEMS Accelerometer tipe MMA 7361 terdapat perbedaan respon frekuensi yang dihasilkan oleh oscilloscope dan melalui software Delphi pada tabel 3. Perbedaan nilai respon frekuensi ini disebabkan oleh perbedaan nilai *clock* yang ada pada *oscilloscope* dan software Delphi ini dapat dibuktikan oleh gambar 8.



Gambar 8. Grafik linearisasi Data Hasil Oscilloscope dengan Software Delphi

Simpulan

Pada penelitian rancang bangun *Vibration Exciter* ini didapatkan bahwa alat ini mampu menghasilkan nilai frekuensi yang dapat di program sesuai dengan kebutuhan. Pembuatan alat ini cukup memanfaatkan motor DC yang bergerak rotasi kemudian diubah menjadi gerak translasi. Untuk lebih mudahnya mengontrol kecepatan dan frekuensinya, maka alat ini didesain dengan tambahan *pulley* bertingkat dengan rasio 1:5:10cm. Pembangkit getaran ini dapat bekerja pada frekuensi rendah dengan range antara 0.2 Hz hingga 9 Hz tanpa adanya beban sensor. Sedangkan jika menggunakan sensor dengan beban 250gram maka sensor tersebut dapat mendeteksi frekuensi mulai dari 0.7 Hz hingga 8.5 Hz ini disebabkan karena torsi pada motor yang kurang memadai dan juga desain mekanik yang kurang baik sehingga menghasilkan grafik sinus yang tidak smooth.

Acknowledgement

Pembiayaan penelitian ini didukung oleh Dana Hibah Strategis Nasional DIKTI, atas nama Dr.Eng Didik Rahadi Santoso, M.Si. dkk tahun 2014-2015.

Daftar Pustaka

- [1] Yulkifli, Hufri, Djamil M., Desain Sensor Getaran Frekuensi Rendah Berbasis Fluxgate, J.Oto.Ktrl.Inst, Vol.3(2), ISSN: 2085-2517, (2011)
- [2] Dias. R.S, Max.S.D, Vibration Control Applied To An Electrodynamic Exciter To Improve Accelerometer Calibrations, ABCM Symposium Series Mechatronics, vol.3, pp.764-773, (2008)
- [3] Spektra, Calibration Vibration Exciter, SPEKTRA Schwigungstechnik und Akustik GmbH Dresden, Germany, (2015)
- [4] Anekar.N, Ruiwale.V.V, Shrikant.N, Pramod.R, Design Testing Of Unbalanced Mass Mechanical Vibration Exciter, International Journal of Research in Engineering and Technology, eISSN: 2319-1163, vol.3, (2014)
- [5] Refiyon.Y., Yulkifli, Pakhrur Razi., Pembangkit Getaran Frekuensi Rendah Menggunakan Sensor Optocoupler, Pillar Of Physics, vol.1, hlmn 73-80, April, (2014)
- [6] Kalsum.T.U., Rosdiana, Alat Penghapus Whiteboard Otomatis Menggunakan Motor Stepper, Media Infotama, vol.7, (2007)
- [7] Purnomo.J., Nur'ainingsing.D., Afandi.H., Prasetyo.E., Desain Penguat Operational (op-Amp) Dua Stage Untuk Aplikasi ADC Sigma Delta Dengan Kecepatan Tinggi Menggunakan CMOS Teknologi AMS 0.35 Mikromili, ITS-Surabaya, (2009)
- [8] Sharma.P., Design Real Time Embedded Controller Using data Acquisition System For a DC Motor Speed Control, National Institute Of Technology, Rourkela, (2011)
- [9] Hasan.Y., Rancang Bangun Robot Manual Pengangkat dan Pindah barang Berbasis Mikrokontroler AT89S52, Jurnal Media Teknik, vol.8, (2011)