

PROTOTIPE SIMULATOR GEMPA SEDERHANA BERBASIS MIKROKONTROLER

1st Arda Pramesti Wulandari

Fakultas Teknik Elektro

Universitas Telkom

Bandung, Indonesia

ardapramesti@student.telkomuniversity
.ac.id

2nd Dudi Darmawan

Fakultas Teknik Elektro

Universitas Telkom

Bandung, Indonesia

dudidw@telkomuniversity.ac.id

3rd Asep Suhendi,

Fakultas Teknik Elektro

Universitas Telkom

Bandung, Indonesia

suhendi@telkomuniversity.ac.id

Abstrak - Indonesia merupakan salah satu negara dengan wilayah berpotensi gempa terbanyak. Gempa bumi sendiri merupakan bencana alam yang terjadi karena adanya aktivitas sesar. Banyaknya korban jiwa diakibatkan oleh kurangnya pengetahuan tentang gempa. Untuk itu pada penelitian ini dibuatlah Prototipe Simulator Gempa Bumi Sederhana Berbasis Mikrokontroler yang akan merepresentasikan gempa bumi menggunakan meja getar yang digerakkan menggunakan motor dan *slider crank* yang dapat menghasilkan getaran translasi, sensor *accelerometer* mengukur nilai percepatan. Berdasarkan nilai percepatan yang didapat, dilakukan analisa pengaruh variasi kecepatan putar motor dan variasi massa serta identifikasi skala intensitas gempa. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, hasil perancangan sistem untuk sensor memiliki *error* yaitu 0,85%. Hasil variasi kecepatan putar motor dan variasi massa terhadap respon percepatan yaitu semakin tinggi kecepatan putar dan semakin besar massa yang diberikan maka semakin tinggi respon percepatannya. Hasil respon percepatan pada variasi kecepatan putar motor berkisar antara 10,21 m/s² sampai 15,83 m/s² dan pada variasi massa 500g berkisar antara 9,88 m/s² sampai 17,14 m/s², massa 1000g berkisar antara 9,76 m/s² sampai 17,13 m/s², massa 1500g berkisar antara 8,91 m/s² sampai 16,50 m/s². Alat ini memiliki skala intensitas gempa (SIG) pada skala V yang merupakan gempa dengan intensitas berat.

Kata Kunci: Simulator, Mikrokontroler, Percepatan, Kecepatan putar motor, Massa.

I. PENDAHULUAN

Salah satu bentuk bencana alam adalah gempa, Indonesia merupakan salah satu negara dengan wilayah berpotensi gempa terbanyak. Berdasarkan data dari BMKG (Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika) sudah terjadi 30 gempa sejak 2 bulan terakhir. Gempa bumi sendiri merupakan salah satu peristiwa atau bencana alam yang terjadi karena adanya aktivitas sesar (patahan pada bumi), pergerakan lempeng bumi, aktivitas gunung api [1]. Gelombang seismik adalah rambatan energi yang disebabkan gangguan kerak bumi yaitu patahan ataupun ledakan. Body waves adalah energi gelombang yang merambat melalui interior bumi. Body waves dibagi menjadi dua yaitu primary waves dan secondary waves [2].

II. KAJIAN TEORI

A. Gempa Bumi

Gempa bumi merupakan salah satu bencana alam yang terjadi akibat pergerakan lempeng bumi, aktivitas sesar (patahan pada bumi), aktivitas gunung api dan lain sebagainya. Dampak yang diakibatkan oleh gempa bumi adalah hancurnya bangunan perumahan, terjadinya likuifaksi pada tanah, memunculkan bencana alam lainnya seperti tsunami, longsor, kerugian materil dan banyaknya korban jiwa jika gempa terjadi dalam skala yang besar. PGA (*Peak Ground Acceleration*) merupakan percepatan puncak yang diakibatkan oleh gempa bumi. Nilai PGA akan menentukan tingkat kerusakan akibat gempa. Satuan PGA dalam percepatan gravitasi yaitu gal atau sama dengan cm/s². Berdasarkan skala intensitasnya (SIG) gempa bumi dibagi menjadi 5 dengan skala MMI (*Modified Mercalli Intensity*) dan PGA (*Peak Ground Acceleration*) sebagai nilai percepatan tanah yaitu [3]:

1. Skala SIG I (putih) intensitas gempa kecil hanya dirasakan oleh beberapa orang namun dapat terekam oleh alat dengan PGA < 2.9 gal.
2. Skala SIG II (hijau) intensitas gempa kecil, dapat dirasakan oleh sebagian orang dengan bergerak atau bergoyangnya benda-benda yang digantung ataupun benda yang diam. PGA 2.9-8.8 gal.
3. Skala SIG III (kuning) intensitas gempa ringan, menyebabkan kerusakan ringan seperti retaknya dinding rumah, benda-benda berjatuh dengan PGA 8.9-16.7 gal.
4. Skala SIG IV (Jingga) intensitas gempa sedang, menyebabkan kerusakan pada bangunan memiliki ketahanan yang rendah, seperti robohnya bangunan kecil, pecahnya kaca dan lain sebagainya. PGA 16.8-56.4 gal.
5. Skala SIG V (merah) intensitas gempa berat, menyebabkan kerusakan berat pada struktur bangunan. PGA > 56.4 gal.

B. Sensor *Accelerometer*

Sensor merupakan suatu komponen elektronika yang dapat mengkonversi besaran fisis menjadi besaran listrik..

Pada penelitian ini menggunakan salah satu jenis dari sensor posisi. Sensor posisi dapat mengukur percepatan suatu objek, mengukur dan mendeteksi getaran. Prinsip kerja dari sensor posisi ini yaitu menggerakkan medan magnet dengan menggunakan konduktor, maka akan timbul ggl induksi [4].

C. Mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan suatu chip IC atau mini computer, yang mempunyai sistem yang terdiri dari processor, memory, osilator clock dan input output. Mikrokontroler dapat menyimpan program ataupun menjadi pengontrol sistem dari suatu rangkaian elektronika [5].

D. Meja Uji Getaran

Meja uji getaran merupakan salah satu hal yang penting pada simulator gempa. Meja uji getaran akan menjadi parameter uji untuk melakukan pengamatan terhadap getaran yang terjadi. Meja uji biasanya terdiri dari motor sebagai penggerak, namun pada beberapa meja uji memakai akuator hidrolik sebagai penggerak. Meja uji akan menjadi media yang mensimulasikan getaran, dan memproduksi getaran. Berikut merupakan jenis meja uji, yaitu hydraulic exciter, mechanical exciter dan electro dynamic exciter [6].

E. Motor Listrik

Motor adalah alat yang dapat menghasilkan gerak dengan mengubah energi listrik menjadi energi mekanik berupa putaran dengan prinsip elektromagnetis. Berdasarkan jenisnya motor dibagi menjadi dua jenis, yaitu motor AC (arus bolak-balik) dan motor DC (arus searah). Motor listrik arus bolak balik (AC) merupakan motor yang akan beroperasi apabila diberikan tegangan arus AC dan begitu pula sebaliknya, motor listrik arus (DC) searah adalah motor yang akan beroperasi apabila diberikan tegangan arus DC [7].

F. Slider crank

Slider crank atau poros engkol merupakan mekanisme gerak benda yang menjadi bagian dari mesin, slider crank atau poros engkol dapat mengubah gerak translasi menjadi gerak rotasi. Slider crank atau poros engkol terbuat dari bahan baku seperti baja atau besi murni yang diharuskan dapat menahan tekanan yang besar dari beban yang besar dan akan berputar pada kecepatan yang tinggi. Gaya yang bekerja pada poros engkol adalah gaya gesek yang terjadi pada bearing dan gaya inersia [8].

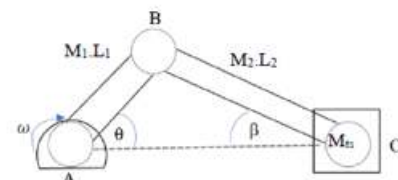
G. Pengatur Kecepatan

Pengatur kecepatan berupa dimmer adalah alat yang dapat mengontrol kecepatan dari motor listrik serta dapat membatasi arus. Prinsip kerja dari pengatur kecepatan ini adalah dengan melakukan pemotongan arus AC dari gelombang sinusoidal menggunakan kombinasi TRIAC (Triode for Alternating Current) dan DIAC (Diode Alternating Current). Saat arus AC dari gelombang sinusoidal terpotong, nilai rata-rata tegangan berkurang.[9].

III. METODE

A. Pemodelan Matematis

Pemodelan matematis prototipe simulator gempa sederhana ini bertujuan untuk mengetahui gaya yang didapat dengan menggunakan meja getar. Model matematis prototipe simulator gempa sederhana menggunakan mekanisme slider crank sebagai penggerak. Model matematis ini menggunakan Mts (massa meja dan slider crank) dan mekanisme slider crank dapat dilihat pada gambar 1 sampai 4 sebagai berikut.

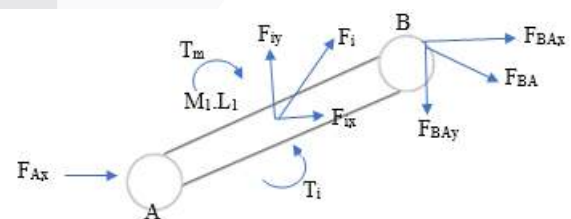


Gambar 1 Mekanisme slider crank

Dimana:

- Mts : Massa table & slider crank
- M1 : Massa batang slider titik A ke titik B
- M2 : Massa batang slider titik B ke titik C
- L1 : Panjang batang slider titik A ke titik B
- L2 : Panjang batang slider titik B ke titik C
- F_{Ax} : Gaya yang bekerja pada sumbu x di titik A (N)
- F_{Ay} : Gaya yang bekerja pada sumbu y di titik A (N)
- F_{BA} : Gaya yang bekerja di titik B ke titik A (N)
- F_{BAx} : Gaya yang bekerja pada sumbu x di titik B ke titik A (N)
- F_{BAy} : Gaya yang bekerja pada sumbu y di titik B ke titik A (N)
- F_i : Gaya inersia (N)
- F_{ix} : Gaya inersia pada sumbu x (N)
- F_{iy} : Gaya inersia pada sumbu y (N)
- T_m : Torsi meja (N.m)
- T_i : Torsi inersia (N.m)

Free Body Diagram pada titik A-B



Gambar 2 Free Body Diagram pada titik A-B

Persamaan gerak translasi titik A ke titik B:

$$\begin{aligned} \text{Untuk gaya } + \rightarrow \sum F_x > F_i \\ \sum F_{Ax} + \sum F_{BAx} + F_{ix} &= 0 \\ \rightarrow + \sum y + > F_i &= 0 \\ F_{Ay} - F_{BAy} + F_{iy} &= 0 \end{aligned} \quad (1)$$

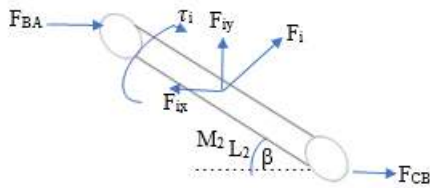
Persamaan rotasi di titik A untuk mencari momen gaya pada titik A

$+ \curvearrowright \rightarrow$ positif searah jarum jam

$$\sum M_{\text{torsi}} > T_i$$

$$F_{BA} \cdot L_1 + \tau_{\text{motor}} - F_i \cos \theta \cdot \frac{1}{2} \cdot L_1 = 0 \quad (2)$$

Free Body Diagram pada titik B-C



Gambar 3 Free Body Diagram pada titik B-C

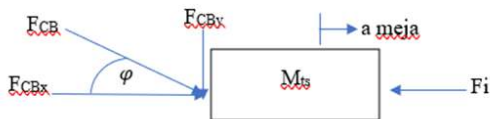
Persamaan gerak translasi titik B ke titik C:

$$\sum F_x = 0$$

$$F_{BA} + F_{CB} - F_i \cos \beta = 0 \rightarrow \text{sumbu-x}$$

$$F_i \sin \beta = 0 \rightarrow \text{sumbu-y} \quad (3)$$

Free Body Diagram pada Mts



Gambar 4 Free Body Diagram pada Mts

$$\sum F_x = 0$$

$$F_{CB} \cos \varphi - F_i = 0$$

$$F_i = F_{CB} \cos \varphi$$

$$M_{ts} \cdot a = F_{CB} \cos \varphi \rightarrow \text{Gaya masukan pada plat} \quad (4)$$

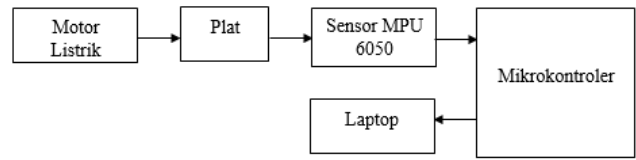
Percepatan meja:

$$a = \tau 1 \cdot \omega^2 \left(\cos \omega t + \frac{L_1}{L_2} \cos 2 \omega t \right)$$

$$F_{CB} \cos \varphi = (M_{ts}) \tau 1 \cdot \omega^2 \left(\cos \omega t + \frac{L_1}{L_2} \cos 2 \omega t \right)$$

B. Perancangan Sistem

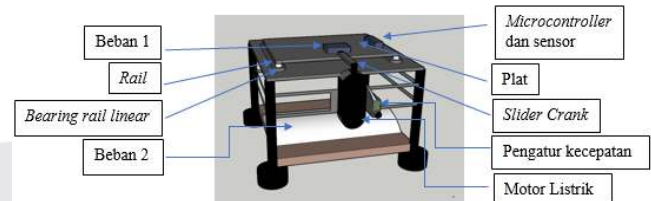
Perancangan sistem prototipe simulator gempa sederhana berbasis mikrokontroler ini dapat dilihat pada gambar 5 yang merupakan blok diagram sistem prototipe simulator gempa sederhana berbasis mikrokontroler. Pada sistem ini masukkan berupa kecepatan putar motor yang akan menggerakkan pelat secara bolak balik sebagai representasi gempa yang berisolasi, kemudian sistem pada simulator gempa yaitu sensor *accelorometer* MPU 6050 akan mengukur dan membaca nilai percepatan pada pelat dari *axis x* berdasarkan prinsip dari seismograf yang akan merekam data getaran bolak balik gelombang gempa dan akan ditampilkan dalam bentuk grafik, kemudian sensor *accelorometer* MPU 6050 akan mengukur dan membaca nilai pecepatan pada pelat dari *axis x*. Data keluaran akan dikirimkan ke mikrokontroler untuk diolah, kemudian data akan ditampilkan pada serial monitor berupa nilai percepatan yang didapat dari gerakan pelat pada *axis x*, pada serial plotter data percepatan yang ditampilkan berberupa bentuk gelombang yang akan dianalisis sehingga mendapatkan nilai amplitudo.



Gambar 5 Blok diagram perancangan sistem prototipe simulator gempa sederhana berbasis mikrokontroler

C. Desain Sistem

Desain prototipe simulator gempa sederhana ini menggunakan motor listrik AC sebagai masukan yang akan menggerakkan plat secara translasi dengan kecepatan putar Motor listrik AC yang digunakan pada penelitian ini mempunyai spesifikasi daya sebesar $\frac{1}{4}$ Hp, dengan tegangan masukan 220 V AC, kecepatan motor tanpa beban adalah 1430 rpm, gaya maksimum yang dihasilkan adalah 1200N, percepatan maksimum yang dihasilkan adalah 50 m/s² dan frekuensi mencapai 20 Hz. Motor listrik akan dihubungkan dengan poros *slider crank* yang dipasangkan pada plat yang akan bergerak maju dan mundur. *Bearing rail linear* 40 cm merupakan benda yang bergesekan dengan *railnya*. Pengatur kecepatan motor listrik menggunakan *dimmer*. Sistem dapat melakukan pengukuran percepatan saat kecepatan putar motor 60 rpm hingga kecepatan maksimal pada 450 rpm. Terdapat dua beban yang digunakan sebagai pemberat yaitu beban 1 dengan menggunakan box besi seberat 500g yang akan dimasukkan massa tambahan untuk bervariasi dan dilakukan pengolahan data, sedangkan beban 2 digunakan sebagai pemberat agar saat dilakukan pengambilan data meja bergerak maksimal dengan berat 20 kg. Gambar desain rancangan 3D prototipe simulator gempa sederhana dapat dilihat pada gambar 6 model 3D prototipe simulator gempa sederhana.



Gambar 6 Model 3D prototipe simulator gempa sederhana

D. Proses Manufaktur

Proses ini bertujuan untuk merealisasikan alat yang akan digunakan sebagai objek penelitian. Adapun alat-alat seperti plat baja dengan ukuran 30 cm x 30 cm dan 50 cm x 50 cm di toko besi daerah Jatayu. *Linear bearing, rail*, motor listrik, pengatur kecepatan *dimmer*, box, dan elektronika yang dibutuhkan pada penelitian ini dibeli pada salah satu toko online. Berikut merupakan gambar fisik rancangan prototipe simulator gempa sederhana berbasis mikrokontroler.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Validasi Sensor MPU6050

Untuk mengetahui karakteristik dari sensor MPU6050 dilakukan komparasi dengan alat ukur yang telah ada yaitu

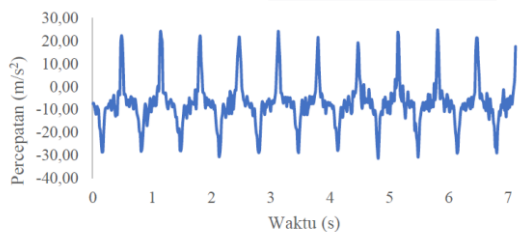
dengan menggunakan sensor accelerometer pada *handphone* dengan tipe LSM6DSO dengan tujuan untuk mengetahui nilai *error* pada sensor. Pengujian sensor MPU6050 dengan melakukan pengukuran terhadap perubahan percepatan yang dilakukan dengan mengubah-ubah kecepatan gerak sensor dan alat ukur.

Tabel 1 Hasil pengujian pembacaan sensor MPU6050 dengan alat ukur

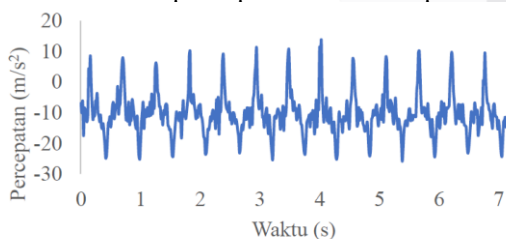
Sensor MPU6050 (g)	Sensor accelerometer pada <i>handphone</i> (g)	Error (%)
0,59	0,58	0,34
0,9	0,89	0,67
-4,33	-4,34	0,16
5,43	5,52	1,63
16,28	16,29	0,07
3,84	3,84	0,09
-4,99	-4,87	2,40
12,52	12,34	1,46

B. Analisa Respon Percepatan Terhadap Variasi Kecepatan

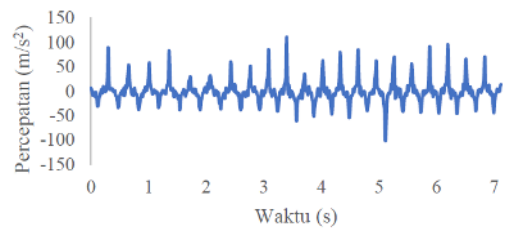
Respon percepatan pada perancangan simulator gempa yang divariasikan kecepatan putar motor yaitu pada 125 rpm, 215 rpm, 324 rpm, dan 450 rpm. Hasil dari memvariasikan kecepatan putar motor didapatkan nilai percepatan, frekuensi, dan rata-rata kecepatannya. Untuk grafik perubahan percepatan terhadap waktu dapat dilihat pada gambar 7. Informasi berupa rata-rata nilai percepatan, kecepatan, serta frekuensi dapat dilihat pada tabel 2.



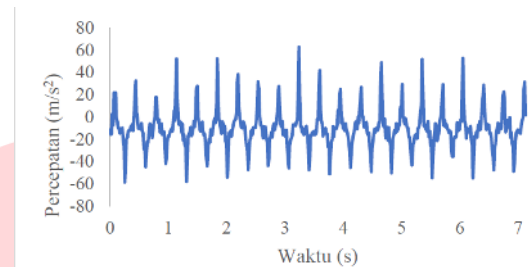
Gambar 7 (a) Grafik respon percepatan terhadap waktu variasi kecepatan putar motor 125 rpm



Gambar 7 (b) Grafik respon percepatan terhadap waktu variasi kecepatan putar motor 215 rpm



Gambar 7 (c) Grafik respon percepatan terhadap waktu variasi kecepatan putar motor 324 rpm



Gambar 7 (d) Grafik respon percepatan terhadap waktu variasi kecepatan putar motor 450 rpm

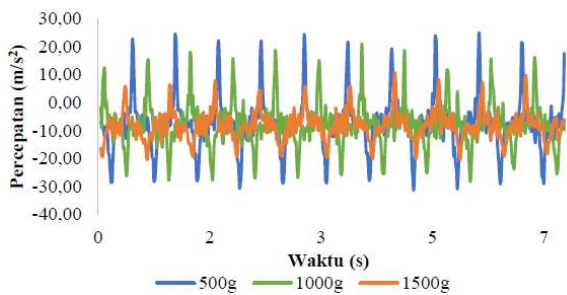
Tabel 2 Informasi nilai rata-rata parameter terhadap variasi kecepatan

Kecepatan putar motor (Rpm)	Frekuensi (Hz)	percepatan (m/s ²)	kecepatan (m/s)	Amplitudo (m)
125	4,17	10,21	8,48	0,0013
215	7,17	11,28	9,36	0,0017
324	10,80	14,41	11,96	0,0041
450	15	15,83	13,14	0,049

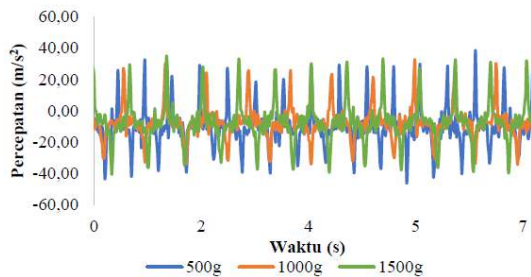
Berdasarkan Tabel 2 dapat dilihat bahwa pengaruh variasi kecepatan putar pada motor yaitu semakin cepat kecepatan putar motor maka semakin besar respon percepatan, kecepatan, dan semakin tinggi pula nilai amplitudonya. Data percepatan diidentifikasi berdasarkan skala intensitasnya (SIG) berkisar antara 1021 sampai 1583 gal ini termasuk dalam Skala V dengan intensitas berat.

C. Analisa Respon Percepatan Terhadap Variasi Massa

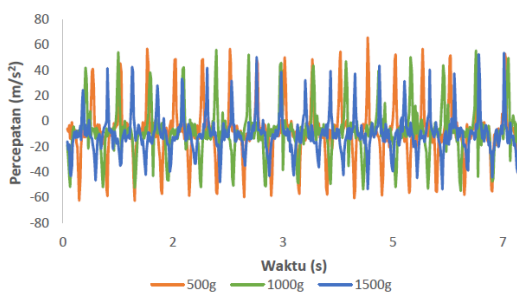
Respon percepatan pada perancangan simulator gempa yang divariasikan kecepatan putar motor yaitu pada 125 rpm, 215 rpm, 324 rpm, dan 450 rpm dan dilakukan variasi massa sebesar 500 gram, 1000 gram, dan 1500 gram. Hasil dari memvariasikan kecepatan putar motor didapatkan nilai percepatan, frekuensi, amplitudo dan rata-rata kecepatannya.



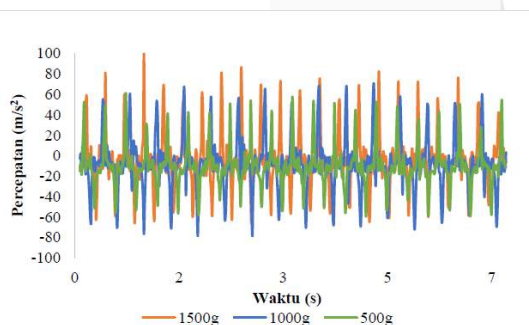
Gambar 8 (a) Grafik pengaruh percepatan terhadap variasi massa pada 125 Rpm



Gambar 8 (b) Grafik pengaruh percepatan terhadap variasi massa pada 215 Rpm



Gambar 8 (c) Grafik pengaruh percepatan terhadap variasi massa pada 324 Rpm



Gambar 8 (d) Grafik pengaruh percepatan terhadap variasi massa pada 450 Rpm

Berdasarkan Gambar 8 dapat dilihat bahwa variasi massa mempengaruhi respon percepatan sistem. Semakin besar massa maka akan semakin kecil respon percepatan yang didapatkan.

D. Parameter Daya Sistem

Dilakukan pengukuran terhadap jumlah energi yang meliputi tegangan, arus, daya dan usaha yang dibutuhkan motor untuk menggerakkan plat selama 1 menit. Dengan

sumber tegangan pln sebesar 220 v dan arus yang terukur 1,05 A. Berikut merupakan tabel 3 parameter daya yang terukur:

Tabel 3 parameter daya yang terukur

Kecepatan putar motor (rpm)	Tegangan (v)	Arus (A)	Daya (Watt)	Usaha (Joule)
125	129,5	0,85	110,07	6.604,2
251	139	0,85	118,15	7.089
324	149	0,85	126,65	7.599
450	165,5	0,85	140,67	8.440,2

E. Analisis Respon Sistem

Respon sistem diperlukan untuk mengetahui karakteristik sistem dengan menganalisis perubahan perilaku keluaran terhadap perubahan sinyal masukan. Pada data variasi perubahan kecepatan tanpa penambahan massa dan variasi kecepatan dengan penambahan variasi massa pada simulator gempa, dihitung frekuensi natural sistem, logarithmic decrement, rasio redaman, dan koefisien redaman. Adapun persamaan untuk mendapatkan parameter respon sistem adalah sebagai berikut:

$$\omega_n = 2\pi f \tag{5}$$

$$\omega_d = \omega_n \sqrt{1 - \zeta^2} \tag{6}$$

$$\delta = \ln \frac{a_n}{a_{n+1}} \tag{7}$$

$$\zeta = \frac{1}{\sqrt{(1 + \frac{2\pi}{\delta})^2}} \tag{8}$$

$$C = 2m\omega\sqrt{\zeta + 1} \tag{9}$$

Dengan:

ω_n = frekuensi natural (rad/s)

ω_d = frekuensi teredam (rad/s)

a_n = amplitudo ke-n (m)

δ = logarithmic decrement

ζ = rasio redaman

C = koefisien redaman (Kg.s/m)

Dapat dilihat pada tabel 4 merupakan parameter respon sistem terhadap variasi kecepatan, pada tabel 5 merupakan parameter respon sistem terhadap variasi kecepatan dan massa seberat 500g, pada tabel 6 merupakan parameter respon sistem terhadap variasi kecepatan dan massa seberat 1000g, pada tabel 7 merupakan parameter respon sistem terhadap variasi kecepatan dan massa seberat 1500g.

Tabel 4 Parameter respon sistem variasi kecepatan

Kecepatan putar motor (Rpm)	Frekuensi natural (rad/s)	Logarithmic decrement	Rasio redaman
125	26,17	0,06	0,009
215	45,01	0,012	0,0019
324	67,82	-2,00	0,30
450	94,20	0,05	0,008

Tabel 5 Parameter respon sistem terhadap variasi kecepatan dan massa seberat 500g

Kecepatan putar motor (Rpm)	Frekuensi natural (rad/s)	Logarithmic decrement	Rasio redaman	Koefisien redaman (Kg.s/m)
110	26,17	0,05	0,01	26,26
200	45,01	-0,02	0,004	45,09
315	67,82	-0,08	0,0133	68,27
442,35	94,20	-0,08	0,012	94,79

Tabel 6 Parameter respon sistem terhadap variasi kecepatan dan massa seberat 1000g

Kecepatan putar motor (Rpm)	Frekuensi natural (rad/s)	Logarithmic decrement	Rasio redaman	Koefisien redaman (Kg.s/m)
120	26,17	-0,03	0,005	52,46
205	45,01	0,034	0,005	90,26
321	67,82	-0,15	0,024	137,27
442,41	94,20	-0,15	0,023	190,56

Tabel 7 Parameter respon sistem terhadap variasi kecepatan dan massa seberat 1500g

Kecepatan putar motor (Rpm)	Frekuensi natural (rad/s)	Logarithmic decrement	Rasio redaman	Koefisien redaman (Kg.s/m)
110	26,17	-0,08	0,012	52,46
200	45,01	-0,08	0,012	90,57
315	67,82	-0,15	0,0238	137,25
442,35	94,20	-0,06	0,009	189,22

Berdasarkan tabel 4 sampai 7 nilai yang didapat pada rasio redaman yaitu $\zeta < 1$ maka sistem termasuk underdamped. Respon sistem berupa gelombang sinusoidal. Berikut tabel 10 merupakan respon waktu sistem.

Tabel 10 merupakan respon waktu sistem

Kecepatan putar motor (Rpm)	Respon waktu sistem
125	$C(t) = 1 - \cos 26,17t$
215	$C(t) = 1 - \cos 45,01t$
324	$C(t) = 1 - \cos 67,82t$
450	$C(t) = 1 - \cos 94,20t$

V. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang meliputi perancangan alat, perancangan sistem, serta hasil dari data yang didapat, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Telah dirancang prototipe simulator gempa dengan nilai frekuensinya berkisar antara 4,17 sampai 15 Hz. Pada pengujian alat, didapatkan bahwa Skala Intensitas Gempa (SIG) yang dihasilkan pada skala V. Perancangan sistem pada simulator gempa dengan melakukan pembacaan terhadap percepatan oleh sensor dengan nilai *error* sensor yaitu 0,85%.
2. Variasi kecepatan putar motor mempengaruhi hasil respon percepatan prototipe simulator gempa. Semakin

tinggi kecepatan putar motor maka akan semakin tinggi hasil respon percepatan dan respon sistem yang didapat. Pada variasi kecepatan putar motor sebesar 125 rpm, 215 rpm, 324 rpm, dan 450 rpm didapatkan respon percepatan berturut-turut yaitu 10,21 m/s², 11,28 m/s², 14,41 m/s², 15,83 m/s².

3. Variasi massa mempengaruhi hasil respon percepatan simulator gempa. Semakin berat massa maka akan semakin kecil hasil respon percepatan. Dengan variasi kecepatan putar motor sebesar 125 rpm, 215 rpm, 324 rpm, dan 450 rpm, massa seberat 500g didapatkan respon percepatan berturut-turut yaitu 9,88 m/s², 13,25 m/s², 15,73 m/s², 17,14 m/s². massa seberat 1000g didapatkan respon percepatan berturut-turut yaitu 9,76 m/s², 11,16 m/s², 14,71 m/s², 17,13 m/s². massa seberat 1500g didapatkan respon percepatan berturut-turut yaitu 8,91 m/s², 10,33 m/s², 14,64 m/s², 16,50 m/s².

VI. REFERENSI

- [1] BPBD Daerah Istimewa Yogyakarta. Gempabumi. Diakses pada 22 Oktober 2021 dari [BPBD Daerah Istimewa Yogyakarta \(jogjapro.go.id\)](http://BPBD.DaerahIstimewaYogyakarta.jogjapro.go.id)
- [2] Universitas Sebelas Maret. Diakses pada 22 Oktober 2021 dari https://spada.uns.ac.id/pluginfile.php/146802/mod_resource/content/1/Pengantar%20Seismologi-Bagian%202.pdf
- [3] BMKG (Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika). Gempabumi. Diakses pada 22 Oktober 2021 dari <https://www.bmkg.go.id/gempabumi/skalamm-bmkg>
- [4] Syam, R. 2013. Dasar Dasar Teknik Sensor. Makassar: Universitas Hasanuddin.
- [5] Anna, N.N.C. 2010. Penggunaan Microcontroller Sebagai Pendeteksi Posisi dengan Menggunakan Sinyal GSM. Yogyakarta: Politeknik PPKP Yogyakarta
- [6] Wahyu, C.U. 2018. Rancang Bangun *Transional Shaking Table* (TST) dan Analisa Pengaruh Massa *Unbalance*, Jarak Eksentris, dan Frekuensi Terhadap Respon Dinamis pada *Transional Shaking Table*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [7] Suprianto. 2015. Motor Listrik. Diakses pada 06 Desember 2021 dari <http://blog.unnes.ac.id/antosupri/motor-listrik/>
- [8] Sudirman. L. 2021. Analisa Modal Pada Poros Engkol 4 Silinder Kendaraan Ringan. Sumatera Utara: Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- [9] Riadi, Ahmad. 2021. Rancang Bangun Alat Pengering Terasi Bubuk Menggunakan Dimmer Sebagai Pengatur Kecepatan Putaran Pengaduk. Politeknik Negeri Bengkalis.