

## PERANCANGAN LABORATORIUM VIRTUAL PARALEL GENERATOR SINKRON BERBASIS LABVIEW

Seflahir Dinata<sup>1</sup>, Yurio Ahmad Rasyid<sup>2</sup>, Syaiful Bakhri<sup>3</sup>, Angga Septian MN<sup>4</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Pamulang

<sup>4</sup>Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Pamulang

<sup>1,2,3,4</sup>Jl. Raya Puspiptek Raya No. 46 Buaran, Setu, Tangerang Selatan, Banten, 15310, Indonesia

<sup>1</sup>dosen01138@unpam.ac.id; <sup>2</sup>yurioahmadrasyid@gmail.com

<sup>3</sup>dosen00047@unpam.ac.id; <sup>4</sup>dosen01727@unpam.ac.id

### INFORMASI ARTIKEL

diajukan : 16-05-2021  
revisi : 30-05-2021  
diterima : 29-06-2021  
dipublish : 30-06-2021

### ABSTRAK

Perkembangan teknologi informasi di era revolusi 4.0 telah memberikan perubahan yang signifikan terhadap proses dan metode pembelajaran khususnya pada kegiatan praktikum di laboratorium. Adanya bermacam perangkat lunak yang mendukung terwujudnya suatu laboratorium maya telah memberikan solusi terhadap permasalahan yang dihadapi penyelenggara pendidikan seperti biaya, ruang, dan waktu untuk membuat laboratorium yang memiliki peralatan yang mampu memberikan pengalaman belajar kepada mahasiswa sehingga tujuan pembelajaran tercapai. Selain itu selama pandemi Covid-19 menyebabkan mahasiswa tidak mendapatkan akses mengikuti kegiatan praktikum secara penuh di laboratorium. Untuk itu dalam penelitian ini dilakukan perancangan laboratorium virtual percobaan paralel generator sinkron yang digunakan dalam kegiatan praktikum mesin-mesin listrik menggunakan perangkat lunak LabVIEW. Rancang bangun laboratorium virtual melalui tahapan mengidentifikasi dan menetapkan data-data generator sinkron, menetapkan skenario percobaan, membuat antar muka, mensimulasikan hasil pemograman, dan menganalisa keterkaitan antara parameter pada saat percobaan dilakukan. Terdapat tiga jenis percobaan yaitu percobaan generator sinkron tanpa beban, percobaan paralel dan percobaan generator sinkron paralel berbeban. Hasil simulasi pada program LabVIEW menunjukkan bahwa pada percobaan pertama terdapat korelasi antara kecepatan putaran generator berbanding lurus dengan tegangan keluaran generator sinkron, percobaan kedua generator terlihat bahwa paralel generator hanya dapat dilakukan ketika seluruh syarat-syarat paralel terpenuhi, percobaan ketiga terlihat bahwa dengan penambahan beban terjadi kenaikan arus jangkar, penurunan tegangan terminal, kecepatan, dan frekuensi generator. Hasil simulasi tiga percobaan tersebut menunjukkan bahwa data seluruh percobaan sesuai dengan data percobaan menggunakan peralatan ril sehingga dapat disimpulkan bahwa laboratorium virtual ini dapat dilakukan sebagai sarana pembelajaran untuk praktikum paralel generator sinkron.

*Kata kunci : laboratorium virtual; LabVIEW; paralel; generator; sinkron*

## ABSTRACT

**Design of Parallel Synchronous Generator Virtual Laboratory Based on The LABVIEW.** The development of information technology in the 4.0 revolution era has provided significant changes to the process and specific learning methods for practicum activities in the laboratory. The existence of various software that supports the realization of a virtual laboratory has provided solutions to problems faced by education providers such as cost, space, and time to create a laboratory that has equipment that is able to provide a learning experience to students so that learning objectives are achieved. In addition, during the Covid-19 pandemic, students did not get access to full practicum activities in the laboratory. For this reason, in this research, the design of a virtual laboratory for parallel experiments with synchronous generators is carried out which is used in the practical activities of electrical machines using the LabVIEW software. The virtual laboratory design goes through the stages, namely identifying and establishing synchronous generator data, setting experimental scenarios, creating interfaces, simulating programming results, and analyzing the relationship between parameters when the experiment is carried out. There are three types of experiments, namely experiments with no-load synchronous generators, parallel experiments and experiments with parallel-loaded synchronous generators. The simulation results in the LabVIEW program show that in the first experiment there is a correlation between the rotational speed of the generator which is directly proportional to the output voltage of the synchronous generator, the second experiment shows that parallel generators can only be carried out when all the parallel conditions are met, the third experiment shows that with the addition of a load occurs increase in armature current, decrease in terminal voltage, speed, and frequency of the generator. The simulation results of the three experiments show that the data obtained from all experiments are in accordance with experimental data using real equipment, so it can be concluded that this virtual laboratory can be used as a learning tool for parallel synchronous generator practicum.

*Keywords : virtual laboratory; LabVIEW; Parallel; Synchronous Generator*

## PENDAHULUAN

Revolusi industri 4.0 telah memberikan perubahan metode pembelajaran berbasis teknologi baik pada pembelajaran yang dilakukan secara luring maupun daring. Perubahan yang paling signifikan adalah terjadinya pergeseran

peranan guru dalam pembelajaran yang digantikan oleh peralatan teknologi informasi berbasis kecerdasan buatan maupun aplikasi yang dibangun agar peserta didik belajar mandiri untuk mencapai tujuan pembelajaran (Aritonang & Juhana, 2020). Keberadaan laboratorium virtual telah memberikan kontribusi untuk meningkatkan

pembelajaran vokasi yang memiliki persentase praktik dominan. Laboratorium virtual memberikan banyak fitur yang dapat dioptimalkan sehingga pembelajaran dilakukan dengan efektif dan efisien. Dilihat dari pembelajaran jarak jauh maka laboratorium virtual memberikan solusi kepada peserta didik yang memiliki keterbatasan jarak dan waktu, pembelajaran dapat dilakukan secara mandiri dan berulang sehingga keterampilan praktis peserta didik dapat dioptimalkan (Sasongko & Widiastuti, 2019).

Terdapat banyak perangkat lunak yang dapat digunakan untuk membangun sebuah laboratorium virtual, seperti *Pspice*, *Delphi*, *Augment Reality*, *Unity 3D*, *Matlab*, *Multisim*, *Proteus*, *LabView* dan lain nya. Penggunaan perangkat lunak tersebut sebagai sarana untuk membangun laborototium virtual telah memberikan solusi keterbatasan peralatan, ruang, dan waktu sehingga pelaksanaan kegiatan praktikum dapat dilakukan dengan lebih efektif dan efisien (Muchlas & Budiastuti, 2020; Ramírez-Romero et al., 2020; Syahrir, 2021).

Selama masa pandemi *Covid-19* telah berdampak kepada metode pelaksanaan pembelajaran praktikum di Program Studi Teknik Elektro dari tatap muka di laboratorium menjadi perkuliahan daring melalui *learning management system* Universitas Pamulang. Hal ini mengakibatkan mahasiswa tidak lagi melakukan proses kegiatan praktikum yang bersetuhan langsung dengan peralatan di laboratorium sehingga diperlukan suatu perangkat pembelajaran atau media pembelajaran yang mampu menggantikan proses dan fenomena peralatan di

laboratorium. Adanya laboratorium virtual menjadi sangat penting selama masa pandemi karena pelaksanaan praktikum tetap dapat dilakukan walaupun mahasiswa tidak berada dalam ruangan laboratorium yang sebenarnya. Terdapatnya bermacam parameter yang dapat dijalankan oleh mahasiswa pada suatu laboratorium virtual untuk mewujudkan simulasi yang bisa diobservasi dengan hasil yang terukur sehingga tujuan pembelajaran dapat tercapai melalui serangkaian kegiatan interaktif pada laboratorium virtual tersebut (Suprijono, 2020). Laboratorium virtual sistem pemrosesan sinyal yang dibangun di laboratorium elektronik dan listrik universitas Zhejiang membantu mahasiswa dalam pembelajaran, memfasilitasi korelasi antara teori dan praktik, menginspirasi dan mengelaborasi mahasiswa melalui pembelajaran yang menarik. Laboratorium virtual yang ditampilkan pada suatu antar muka *GUI (graphic user interface)* untuk memvisualisasikan percobaan yang dilakukan berbasis perangkat lunak *LabVIEW* (Peng & Zhang, 2014). Pengembangan laboratorium virtual dengan bantuan perangkat lunak PSpice untuk mendukung percobaan elektronik dasar seperti pengisian dan pengosongan kapasitor, rangkaian RC, karakteristik diode, karakteristik transistor telah menunjukkan performa sangat baik sehingga hasil simulasi dapat dibandingkan dengan teori rangkaian (Muchlas & Budiastuti, 2020).

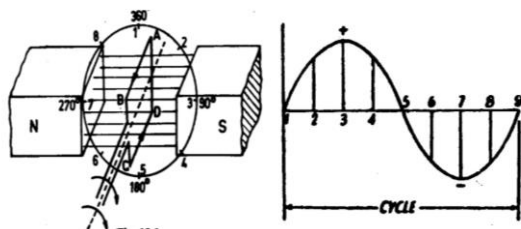
Percobaan paralel generator sinkron adalah satu percobaan yang dilakukan pada mata kuliah Praktikum Mesin-Mesin Listrik dengan capaian pembelajaran mahasiswa mampu memahami syarat-syarat paralel dan menganalisis hubungan antara

pembebanan terhadap kecepatan dan frekuensi generator. Sehubungan dengan keterbatasan ruang dan waktu selama masa pandemi maka dalam penelitian ini dilakukan perancangan laboratorium virtual paralel generator sinkron berbasis *LabVIEW* dalam rangka memberikan solusi pembelajaran praktikum mesin-mesin listrik selama pandemi dan sebagai modul pembelajaran perkuliahan daring ke depannya.

### TEORI

#### Prinsip Kerja Geneator Sinkron

Terbentuknya tegangan pada stator generator sinkron (kumparan yang diam) adalah karena adanya kumparan yang diputar (rotor) secara tetap dalam suatu medan magnet yang homogen. Medan magnet yang homogen tersebut dihasilkan oleh suatu rangkaian penguat (*exciter*) atau sebuah magnet permanen. Tegangan atau gaya gerak listrik (GGL) pada bagian ujung kumparan stator memiliki gerak bolak-balik yang sama dengan kecepatan putaran rotor sehingga frekuensi listriknya sama (Anthony, 2018).



Gambar 1. Prinsip terbentuknya tegangan pada generator sinkron (Zuriman Anthony, 2018)

Besarnya frekuensi listrik generator adalah sebanding dengan kecepatan rotor yang besarnya seperti persamaan 1. Sedangkan tegangan induksi pada kumparan rotor adalah sebanding dengan

kecepatan dan fluksi yang terdapat di rotor generator seperti persamaan 2 (Anthony, 2018).

$$f = \frac{N_r \times P}{120} \quad (1)$$

Dimana :

$f$  = Frekuensi (Hz)

$N_r$  = Kecepatan rotor (rpm)

$P$  = Jumlah kutub magnet rotor

$$E_a = C \times N_r \times \Phi \quad (2)$$

Dimana :

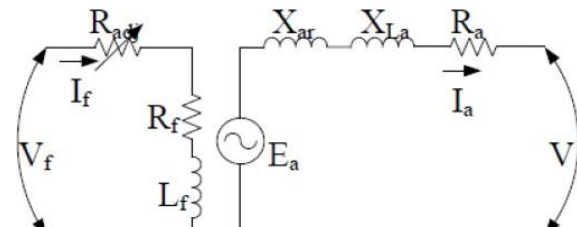
$E_a$  = Tegangan Induksi (Volt)

$C$  = Konstanta mesin

$\Phi$  = Fluksi / kutub (Weber)

#### Rangkaian Ekuivalen Generator Sinkron

Stator sendiri terdiri dari beberapa belitan-belitan. Satu belitan konduktor terdiri dari beberapa tahanan  $R_a$  dan induktansi  $X_{La}$  maka suatu rangkaian ekuivalen generator sinkron dapat dibuat seperti pada



Gambar 2. Rangkaian ekuivalen generator sinkron (Armansyah, 2016)

Merujuk pada gambar 2, besarnya tegangan yang dihasilkan pada rotor generator sinkron adalah

$$E_a = V + jX_{ar}I_a + jX_{La}I_a + R_aI_a \quad (3)$$

Tegangan keluaran pada terminal generator sinkron dapat ditulis sebagai berikut:

$$V_t = E_a - jX_{ar}I_a - R_aI_a \quad (4)$$

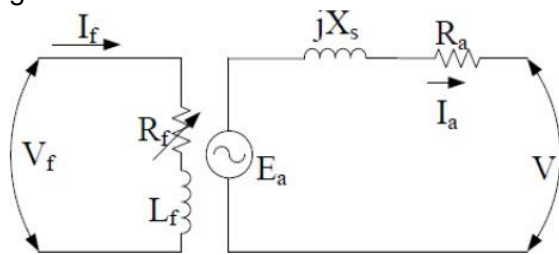
Dengan menuliskan reaktansi jangkar dan reaktansi fluks bocor sebagai reaktansi sinkron, atau  $X_s = X_{ar} + X_{La}$ , maka persamaan akan menjadi sebagai berikut:

$$V_t = E_a - jX_s I_a - R_a I_a \quad (5)$$

Dimana:

- $V_t$  = Tegangan terminal (Volt)
- $I_a$  = Arus jangkar (Ampere)
- $R_a$  = Tahanan jangkar (Ohm)
- $X_s$  = Reaktansi sinkron (Ohm)
- $X_{ar}$  = Raktansi jangkar (Ohm)
- $X_{La}$  = Reaktansi fluks bocor (Ohm)

Selanjutnya rangkaian ekivalen gambar 2 dapat disederhanakan menjadi seperti gambar 3.



**Gambar 3.** Penyederhana rangkaian ekivalen generator sinkron

Pada saat generator sinkron tidak dibebani maka tegangan terminal sama besar dengan tegangan induksi pada rotor, hal tersebut disebabkan tidak ada arus yang mengalir pada stator ( $I_a = 0$ ). Sedangkan pada saat generator dibebani maka besarnya tegangan terminal pada stator generator adalah seperti yang dinyatakan pada persamaan 5 (Armansyah, 2016; Sitompul et al., 2021).

### Paralel Generatr Sinkron

Untuk memenuhi kebutuhan pelayanan energi listrik pada beban, maka dilakukan paralel generator sinkron untuk peningkatan kapasitas daya dan keandalan

sistem tenaga. Terdapat beberapa syarat yang harus terpenuhi untuk memparalel beberapa generator sinkron dalam 1 sistem distribusi yaitu kesamaan dalam hal nilai tegangan, frekuensi, dan urutan fasa. Sedangkan dalam praktiknya terdapat batas toleransi (ketidaksamaan nilai) yang dibolehkan yaitu beda tegangan 5%, 0,2% beda frekuensi, dan 5° beda sudut. (Suharno & Setiawan, 2020) Data spesifikasi generator dan pembebanan generator sinkron seperti pada tabel 1 dan tabel 2.

**Tabel 1** Spesifikasi Generator (Hartono, 2016)

Variabel	Spesifikasi
Tegangan	415/220 Volt
Arus	1/1,7 A
Frekuensi	50 Hz
Kecepatan	1500 rpm
Daya	746 VA
Eksitasi	220 Vdc
Belitan	Star/Delta
Tipe	Motor-Generator

**Tabel 2** Pembebanan Generator (Hartono, 2016)

No	Total Beban (VA)	% Pembebanan
1.	75	10
2.	150	20
3.	225	30
4.	300	40
5.	375	50
6.	450	60
7.	525	70
8.	600	80

### LabVIEW

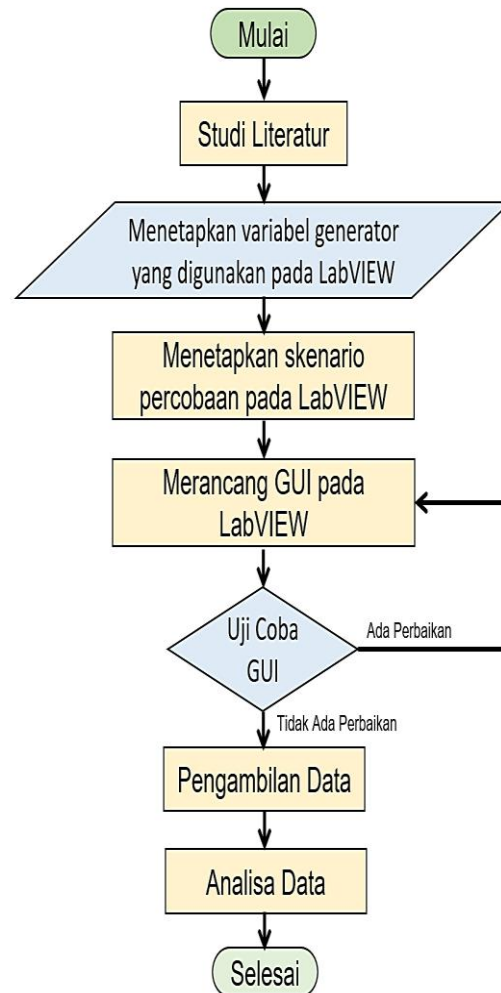
LabVIEW merupakan singkatan dari *Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench*. Perangkat lunak ini

dikembangkan oleh perusahaan *National Instrumen* (NI) yang berbasis Bahasa grafik (*G Languange / Graphic Languange*). Program LabVIEW disebut juga *Virtual Instrument* (VI) karena instrumen yang digunakan adalah instrumen maya yang mengambil bentuk tampilan seperti instrumen aslinya (instrumen konvensional), seperti osciloskop, multimeter, XY plotter, gauge indicator, thermometer, dan sebagainya. Fungsi pengukuran yang dapat dilakukan antara lain mengumpulkan, menyimpan, mengolah dan menganalisis data menjadi informasi dalam bentuk numerik maupun grafik. Perangkat lunak ini telah banyak digunakan untuk mengembangkan laboratorium virtual, *E-laboratory* dan antar muka instrumentasi lainnya (Asraf et al., 2018).

## METODOLOGI

### Alur Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah seperti ditunjukkan pada diagram alir penelitian gambar 4. Studi literatur merupakan tahapan untuk mengetahui prinsip kerja dan persamaan yang berlaku pada generator sinkron sehingga dapat ditentukan variabel-variabel yang akan digunakan untuk membuat pemodelan percobaan sehingga dengan pemodelan tersebut simulasi dapat dijalankan. Data generator dan data tahapan pembebanan generator sinkron yang digunakan untuk membuat pemodelan adalah data spesifikasi generator dan data pembebanan generator yang terdapat pada tabel 1 dan tabel 2.

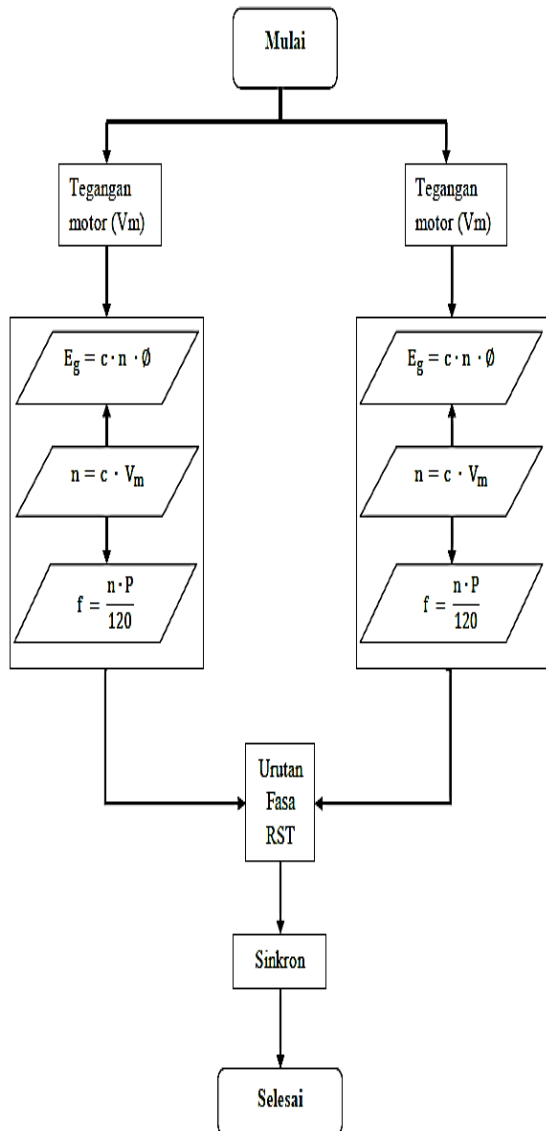


Gambar 4. Diagram alir penelitian

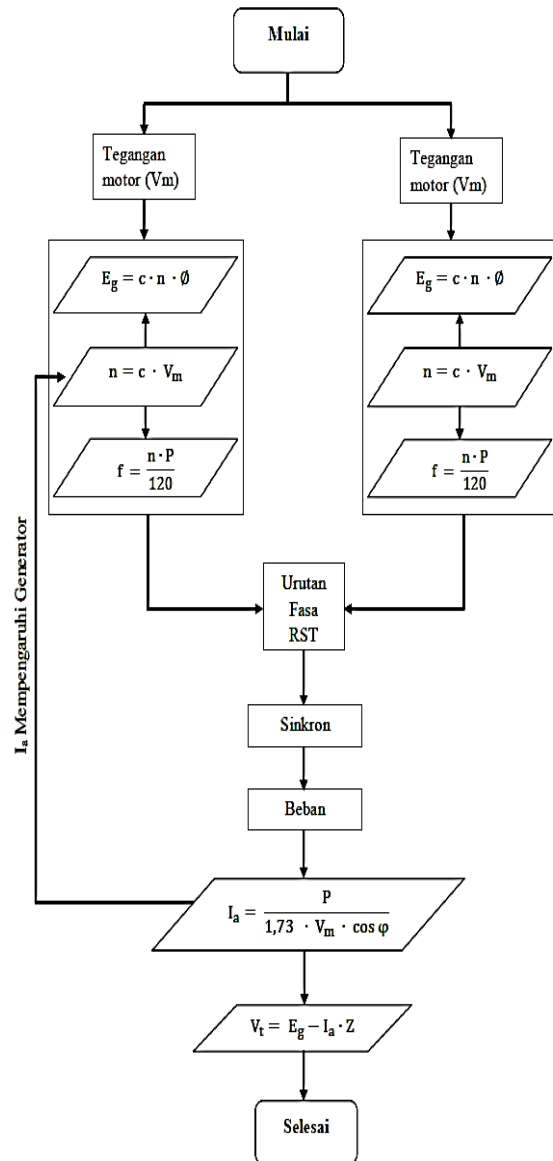
### Perancangan GUI

Setelah seluruh parameter generator, data generator, dan metode pembebanan ditetapkan, selanjutnya dilakukan perancangan GUI yang akan digunakan untuk simulasi percobaan paralel generator sinkron. Perancangan GUI atau yang lebih dikenal dengan istilah *front panel* pada LabVIEW dibuat pemodelan nya terlebih dahulu pada bagian *block diagram*. Perancangan pada *block diagram* bertujuan untuk mendapatkan hasil simulasi pada *front panel* sesuai dengan percobaan yang akan

dilakukan dalam kegiatan praktikum paralel generator sinkron. Skenario percobaan dan formulasi yang digunakan pada *block diagram LabVIEW* adalah berdasarkan dari prinsip kerja, syarat-syarat paralel, dan fenomena/persamaan yang berlaku pada generator tanpa beban dan berbeban seperti yang telah dijelaskan bagian teori. Diagram alir perancangan GUI pada LabVIEW adalah seperti gambar 5 dan gambar 6.



**Gambar 5** Diagram alir sinkronisasi dan generator tanpa beban pada *LabVIEW*



**Gambar 6** Diagram alir sinkronisasi dan pembebanan generator pada *LabVIEW*

## HASIL DAN PEMBAHASAN

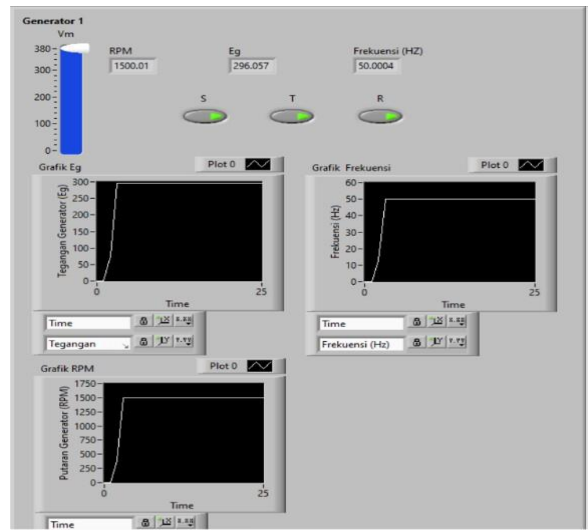
Hasil akhir yang dari penelitian adalah diperolehnya antar muka (*GUI, Graphic User Interface*) yang dapat digunakan untuk mensimulasikan 3 percobaan yaitu percobaan korelasi putaran terhadap tegangan terminal generator, percobaan paralel generator sinkron, dan percobaan generator beban nol dan berbeban.

Setelah dilakukan perancangan *block diagram* dan *front panel* pada LabVIEW yang merupakan antar muka untuk pengguna laboratorium virtual (mahasiswa) maka dilakukan pengambilan data dan analisis data prosedur simulasi dan tampilan data pada GUI. Analisis data tersebut bertujuan untuk memastikan apakah tampilan GUI telah menunjukkan proses dan hasil yang sesuai dengan prosedur yang telah ditetapkan pada saat perancangan dan tampilan variabel generator telah menunjukkan nilai yang sesuai dengan fenomena/persamaan yang berlaku pada percobaan paralel generator sinkron..

### Tampilan GUI Pada Front Panel

Sebagaimana yang telah dikemukakan pada bagian metodologi penelitian bahwa GUI berfungsi sebagai antar muka untuk melakukan tiga percobaan yaitu percobaan korelasi putaran terhadap tegangan terminal generator, percobaan paralel generator sinkron, dan percobaan generator beban nol dan berbeban yang secara berurutan ditunjukkan pada gambar 7, gambar 8, dan gambar 9.

Pada gambar 7 merupakan tampilan yang digunakan untuk melihat fenomena prinsip kerja generator sinkron. Terdapat beberapa variabel yaitu  $V_m$ ,  $N_r$ ,  $E_g$ , dan  $f$ .  $V_m$  merupakan tegangan motor yang menjadi penggerak mula generator sinkron,  $N_r$ ,  $E_g$ , dan  $f$  secara berurutan adalah kecepatan putaran rotor, GGL induksi, dan frekuensi generator sinkron. Dalam percobaan ini nilai  $V_m$  divariasikan pada 6 tahapan, selanjut nya nilai  $N_r$ ,  $E_g$ , dan  $f$  memberikan hasil yang sesuai persamaan 1 dan 2 pada setiap tahapan seperti tabel 3.

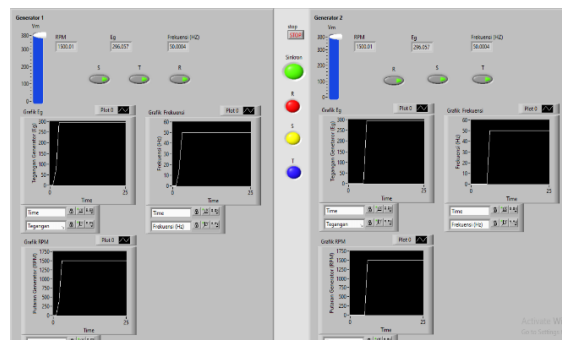


Gambar 7 Tampilan *front panel* prinsip kerja generator sinkron

Tabel 3. Data hasil percobaan generator sinkron tanpa beban

No	Tegangan Motor ( $V_m$ ) (Volt)	Tegangan Generator ( $E_g$ ) (Volt)	Putaran Rotor (RPM)	Frekuensi (Hz)
1.	0	0	0	0
2.	100	77,909	394,74	13,158
3.	200	155,820	789,48	26,316
4.	300	233,730	1184,22	39,474
5.	350	272,684	1381,59	46,053
6.	380	296,057	1500,01	50,004

Dari data tabel 3 terlihat bahwa hasil simulasi pada *front panel* telah sesuai dengan persamaan yang dimasukkan dalam perancangan pada *block diagram* seperti yang terdapat pada diagram alir gambar 5.



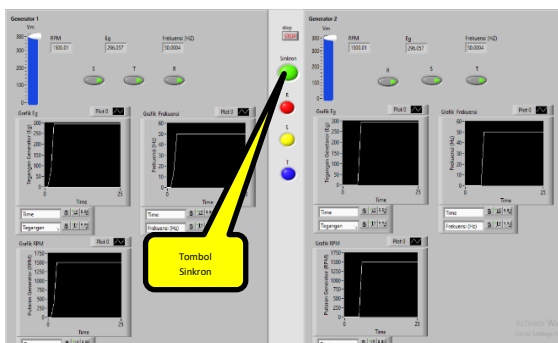
Gambar 8. Tampilan *front panel* paralel generator sinkron



**Tabel 3.** Data hasil percobaan generator sinkron tanpa beban

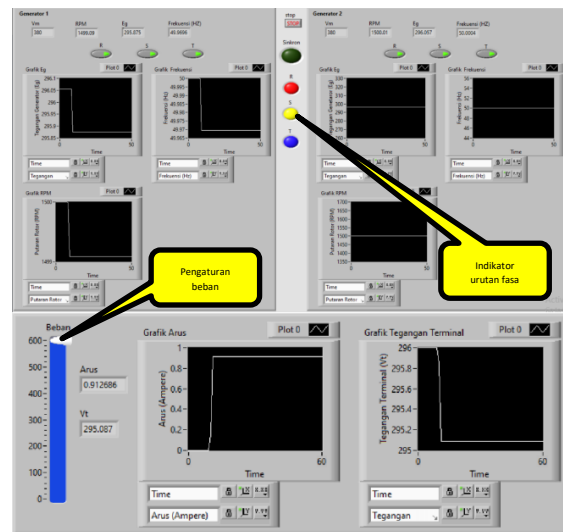
No	Tegangan Motor (Vm)(Volt)	Tegangan Generator (Eg)(Volt)	Putaran Rotor (RPM)	Frekuensi (Hz)
1	0	0	0	0
2	100	77,909	394,74	13,158
3	200	155,820	789,48	26,316
4	300	233,730	1184,22	39,474
5	350	272,684	1381,59	46,053
6	380	296,057	1500,01	50,004

Dari data tabel 3 terlihat bahwa hasil simulasi pada *front panel* telah sesuai dengan persamaan yang dimasukkan dalam perancangan pada *block diagram* seperti yang terdapat pada diagram alir gambar 5.



**Gambar 9.** Tampilan *front panel* parallel generator sinkron

Gambar 9 merupakan tampilan yang digunakan untuk melakukan percobaan parallel generator sinkron. Terdapat 2 generator yang akan diparalel. Proses paralel dilakukan dengan cara menekan tombol sinkron. Pada *block diagram* telah diprogram bahwa tombol sinkron akan bekerja jika seluruh syarat paralel seperti yang diuraikan pada bahan teori telah terpenuhi. Jika ada salah satu syarat yang tidak sesuai maka tombol sinkron tidak berfungsi, dengan arti kata paralel generator tidak dapat dilakukan. Hasil menunjukkan bahwa melalui *front panel* dapat dilakukan percobaan parallel generator sinkron.



**Gambar 10.** Tampilan *front panel* parallel generator sinkron beban nol dan berbeban

Gambar 10 merupakan tampilan untuk melakukan percobaan pembebanan generator. Pada bagian ini terdapat *slider* pengaturan beban, variabel arus jangkar dan tegangan terminal generator. Dalam percobaan ini akan dilihat hubungan antara variasi pembebanan terhadap  $I_a$ ,  $V_t$ ,  $E_g$ ,  $f$ ,  $N_r$ . Hubungan yang dimaksud adalah bagaimana pengaruh kenaikan beban terhadap 5 variabel tersebut pada generator sinkron. Data yang diperoleh dari hasil simulasi setiap kenaikan beban adalah seperti pada tabel 4.

Dari data tabel 4 terlihat bahwa dengan kenaikan beban maka terjadi kenaikan arus yang mengalir pada jangkar generator, terjadi penurunan tegangan terminal dan GGL induksi disetiap penambahan beban, dan terjadi penurunan frekuensi dan kecepatan rotor. Dari data tersebut terlihat bahwa hasil simulasi pada *front panel* telah sesuai dengan persamaan yang dimasukkan dalam perancangan pada *block diagram* seperti yang terdapat pada diagram alir gambar 6.

Tabel 4. Data hasil percobaan generator sinkron berbeban

No	Daya (watt)	Arus (Ampere)	Tegangan terminal (Volt)	Tegangan Generator (Volt)	Frekuensi (Hz)	Kecepatan Rotor (RPM)
1	0	0	0	0	0	0
2	75	0,114	295,886	295,032	49,996	1499,89
3	150	0,228	295,772	296,010	49,992	1499,77
4	225	0,342	295,658	295,987	49,988	1499,66
5	300	0,456	295,544	295,965	49,984	1499,54
6	375	0,570	295,430	295,942	49,980	1499,43
7	450	0,684	295,315	295,920	49,977	1499,32
8	525	0,798	295,201	295,897	49,973	1499,20
9	600	0,912	295,087	295,875	49,969	1499,09

## KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil dan pembahasan terlihat bahwa tampilan *GUI* atau *front panel* yang digunakan sebagai laman untuk simulasi percobaan korelasi putaran terhadap tegangan terminal generator, percobaan paralel generator, dan percobaan generator berbeban seperti gambar 7, 8, dan 9 menunjukkan hasil yang sesuai dengan diagram alir perancangan dan teori dasar generator sinkron sehingga dapat disimpulkan laboratorium virtual berbasis LabVIEW ini dapat digunakan sebagai sarana untuk melakukan percobaan paralel generator sinkron untuk mahasiswa Teknik Elektro Universitas Pamulang.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Pamulang yang telah memfasilitasi sehingga penelitian ini dapat diselesaikan sesuai waktu yang telah direncanakan.

## DAFTAR PUSTAKA

Anthony, Z. (2018). *Mesin listrik dasar* (A. Premadi (ed.)). ITP Press.

Aritonang, S., & Juhana, R. (2020). Strategi Pembelajaran dalam Menghadapi Tantangan Era Revolusi Industri 4.0. *Seminar Pasca Sarjana 2019 UNNES*.

Armansyah, S. (2016). Pengaruh Penguatan Medan Generator Sinkron Terhadap Tegangan Terminal. *Jurnal Teknik Elektro UISU*, 1(3), 48–55.

Asraf, H. M., Dalila, K. A. N., Zakiah, M. Y., Amar Faiz, Z. A., & Nooritawati, M. T. (2018). Computer assisted e-laboratory using LabVIEW and internet-of-things platform as teaching aids in the industrial instrumentation course. *International Journal of Online Engineering*, 14(12), 26–42. <https://doi.org/10.3991/ijoe.v14i12.8992>

Atayero, A. A., Ogundeji, A. V., & Adedokun, M. O. (2015). DEVELOPMENT OF VIRCEL: A VIRTUAL COMMUNICATION ENGINEERING LABORATORY. In *Edulearn15: 7th International Conference on Education and New Learning Technologies* (pp. 3864–3872).

Hartono. (2016). Rancangan Sistem Paralel Dua Generator Dengan Menggunakan Modul Datakom Sebagai Sarana Praktikum di ATKP Surabaya. Teknik

- Listrik Bandar Udara Jurusan Teknik Penerbangan.
- Meneses Silva, L. C., Díaz, W. S., Pardo, B. A., & Herrera, D. (2018). Virtual Laboratory in Labview for control and supervision applications with Arduino. *International Journal of Applied Engineering Research*, 13(23), 16618–16624.
- Muchlas, M., & Budiastuti, P. (2020). Development of Learning Devices of Basic Electronic Virtual Laboratory Based on PSPICE Software. *Journal of Vocational Education Studies*, 3(1), 1. <https://doi.org/10.12928/joves.v3i1.2085>
- Peng, Y., & Zhang, K. (2014). Based on LabVIEW remote virtual electronic laboratory design and implementation. *Open Cybernetics and Systemics Journal*, 8(1), 754–761. <https://doi.org/10.2174/1874110X01408010754>
- Prakash, B. S., Sree, M. L., Saranya, R. S., & Karthik, R. (2017). Design and implementation of virtual laboratory using labview and myDAQ. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 8(5), 744–748.
- Ramírez-Romero, J., Rodriguez, D., & Rivera, S. (2020). Teaching using a synchronous machine virtual laboratory. *Global Journal of Engineering Education*, 22(2), 123–129.
- Sasongko, W. D., & Widiastuti, I. (2019). Virtual lab for vocational education in Indonesia: A review of the literature. *AIP Conference Proceedings*, 2194. <https://doi.org/10.1063/1.5139845>
- Si, H. ling. (2015). Design of virtual circuit experiment based on the LabVIEW. *Proceedings of the 2015 International Power, Electronics and Materials Engineering Conference*, 17. <https://doi.org/10.2991/ipemec-15.2015.206>
- Sitompul, T., Atmam, A., & Setiawan, D. (2021). analisis Pengontrolan Tegangan Medan Generator Sinkron Terhadap Perubahan Beban Menggunakan Programmable Logic Controller (PLC). *JURNAL TEKNIK*, 15(1), 66-75.
- Suharno, D. N., & Setiawan, I. (2020). Rancang Bangun Simulator Sinkronisasi Generator Sinkron 3 Fasa Semiotomatis Berbasis Mikrokontroler Arduino. *Jurnal Teknik: Media Pengembangan Ilmu dan Aplikasi Teknik*, 19(2), 161-170
- Suprijono, A. (2020). Kesiapan Dunia Pendidikan Menghadapi Era New Normal. In *IAIN Parepare Nusantara Press*.
- Syahrir, S. (2021). Designing a Virtual Laboratory Using Android-Based Virtual Reality (Case Study: Laboratory of Basic Measurement and Electrical Engineering Instrumentation). *INTEK: Jurnal Penelitian*, 8(1), 59. <https://doi.org/10.31963/intek.v8i1.2753>