

# Rancang Bangun Sistem Kontrol dan Monitoring pada Pilot Plant Proses Hidrolisis Bioethanol G2

## Design of Control and Monitoring Systems in Pilot Plant Bioethanol G2 Hydrolysis Process

1<sup>st</sup> Muhamad Ikhsan Muzayin  
Fakultas Teknik Elektro

Universitas Telkom  
Bandung, Indonesia  
hikmahfuzianna@student.telkomuniversity.ac.id

2<sup>nd</sup> Asep Suhendi  
Fakultas Teknik Elektro

Universitas Telkom  
Bandung, Indonesia  
suhendi@telkomuniversity.ac.id

3<sup>rd</sup> Dedi Supriadi  
Fakultas Teknik Elektro

Universitas Telkom  
Bandung, Indonesia  
supriadi@telkomuniversity.ac.id

**Abstrak**—Pada pembuatan bioethanol G2 proses hidrolisis bertujuan untuk mengkonversi selulosa menjadi glukosa dengan bantuan asam atau enzim melalui pengadukan selama 24-48 jam. Pilot plant hidrolisis bioethanol g2 kecepatan putaran pengaduk dapat mempengaruhi hasil dari proses hidrolisis tersebut. Oleh karena itu pada penelitian kali ini dilakukan rancang bangun untuk pengontrolan dan pemantauan kecepatan putaran motor, konsumsi daya selama proses hidrolisis berlangsung juga dilakukan pemantauan sebagai acuan ukur viskositas. PLC Mitsubishi FX-Series digunakan sebagai sistem kendali dengan membuat program ladder diagram menggunakan software GX Developer. Untuk sistem pemantauan menggunakan HMI Haiwell Cloud SCADA dengan parameter yang akan di tampilkan berupa kecepatan putaran dan pembacaan Daya menggunakan Power Meter DWL series 3 phase. Tampilan HMI juga mempunyai fungsi sebagai input on/off dan nilai RPM untuk menentukan kecepatan putar pengaduk. Pada pengujian kontrol kecepatan putar motor memiliki rata-rata error sebesar 0,73% dengan semakin besar frekuensi yang diinput maka semakin besar juga error yang terjadi. Selama proses hidrolisis dilakukan pemantauan konsumsi daya sebagai acuan viskositas pada pulp, pengujian dilakukan 20 menit proses dengan 2Kg pulp dan air 10L. Daya cenderung konstan pada menit ke-8 sampai proses hidrolisis berakhir dan total daya selama proses berlangsung sebesar 38,5 Wh.

**Kata kunci**—bioethanol G2, hidrolisis, RPM, PLC, SCADA, viskositas, daya.

**Abstract**—In the manufacture of bioethanol G2 the hydrolysis process aims to convert cellulose into glucose with the help of acids or enzymes through stirring for 24-48 hours. The pilot plant hydrolysis of bioethanol g2 the speed of the stirrer rotation can affect the results of the hydrolysis process. Therefore, in this study, a design was carried out for controlling and monitoring the rotational speed of the motor, power consumption during the hydrolysis process, monitoring was also carried out as a reference for measuring viscosity. The Mitsubishi FX-Series PLC is used as a control system by creating a ladder diagram program using the GX Developer software. The monitoring system uses the Haiwell Cloud SCADA HMI with parameters that will be displayed in the form of rotational speed and power readings using a 3 phase

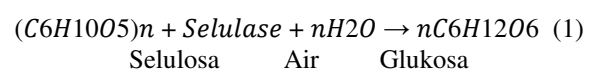
DWL series Power Meter. The HMI display also has a function as an on/off input and an RPM value to determine the speed of the stirrer rotation. In testing the rotational speed control of the motor, it has an average error of 0.73% with the greater the input frequency, the greater the error that occurs. During the hydrolysis process monitoring of power consumption was carried out as a reference for the viscosity of the pulp, the test was carried out for 20 minutes with 2Kg of pulp and 10L of water. The power tends to be constant in the 8th minute until the hydrolysis process ends and the total power during the process is 38.5 Wh.

**Keywords**—bioethanol G2, hidrolisis, RPM, PLC, SCADA, viskositas, power.

### I. PENDAHULUAN

Bioethanol merupakan salah satu biofuel yang ramah lingkungan, tidak menyebabkan pemanasan global secara signifikan, dan dapat dikembangkan dengan teknologi bioproses [1]. Kendala dalam pengembangan bioethanol saat ini karena bahan baku yang bersaing dengan bahan pangan dan pakan [2]. Para peneliti telah melakukan pengembangan pada bioethanol G2 karena bahan baku yang digunakan berasal dari biomassa lignoselulosa.

Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) merupakan salah satu limbah pertanian yang mengandung selulosa sehingga sangat berpotensi sebagai bahan baku bioethanol generasi 2 (G2). TKKS mengandung selulosa (41,36-46,5%), lignin (24-28%), dan hemiselulosa (25,3-33,8%). Produksi crude palm oil (CPO) pada tahun 2014 mencapai 18,6 juta ton (BPS, 2015) sehingga TKKS yang dihasilkan sebesar 37,28 juta ton. Kandungan selulosa pada bahan baku akan dikonversi menjadi glukosa melalui proses hidrolisis enzimatis menggunakan air dan enzim, semakin besar kandungan selulosa pada bahan semakin besar juga bioethanol yang dihasilkan [1].



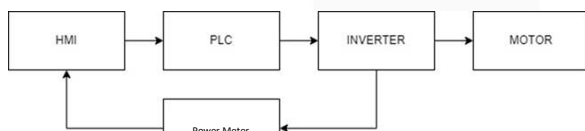
Enzim selulase diperlukan untuk melarutkan selulosa karena susunan pada selulosa yang tidak teratur dan sukar larut dalam air [2]. Hasil dari proses pretreatment akan ditambahkan enzim untuk masuk kedalam proses hidrolisis pada suhu ruang dan pH 4,5-5 dan diaduk selama 24-48 jam [3]. Loebis (2008), telah melakukan penelitian optimasi terhadap suhu dan pH pada hidrolisis TKKS menggunakan enzim selulase komersial untuk mendapatkan gula pereduksi diperoleh kondisi optimum adalah pH 5 dan suhu 60°C [5].

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh anissa ditia pada tahun 2021 penelitian berfokus pengontrolan rpm pada proses hidrolisis bioetanol G2. Namun pada penelitian ini terdapat kekurangan yaitu hanya berfokus pada kontrol Rpm saja. Tidak mempertimbangkan beban viskositas yang ada pada proses hidrolisis bioetanol G2, dimana itu sangat berpengaruh pada kontroling rpm oleh karena itu dibutuhkan monitoring daya untuk meningkatkan efektifitas pengontrolan rpm. Berdasarkan hukum stokes, kecepatan suatu benda berbanding terbalik dengan koefisien viskositas cairan [4], sehingga semakin besar viskositas semakin besar juga daya yang dikonsumsi oleh motor. Pengaturan akan dilakukan menggunakan PLC pada program ladder diagram dengan mengatur frekuensi dari inverter untuk mengontrol RPM pada motor dan akan dimonitoring menggunakan HMI Haiwell SCADA.

## II. DASAR TEORI DAN METODOLOGI PERANCANGAN

### A. Desain Sistem

Disain sistem dibuat dengan menghubungkan masing-masing perangkat dimulai dari PSU, PLC, Iverter, Motor, Power Meter, HMI. Ilustrasi dari desain sistem dapat dilihat pada **Gambar 1**.

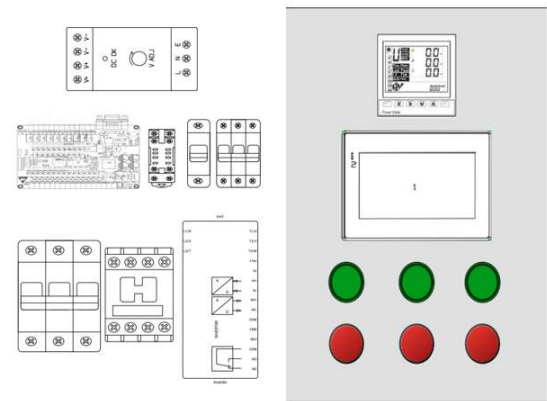


Gambar 1  
Diagram Blok Desain Sistem

Dimulai dengan PSU sebagai sumber tegangan untuk PLC, *user* akan menginput data melalui HMI ke PLC. Data dari PLC akan diubah menjadi data analog untuk diolah inverter menjadi frekuensi, data dari inverter akan dikirim ke motor. Inverter juga mengirim data *feedback* kecepatan putar motor ke modul analog input PLC. Power meter akan mengukur konsumsi daya dari motor selama proses berlangsung. Semua informasi dari PLC dan Power meter dapat dimonitoring oleh *user* melalui HMI.

### B. 2.2 Desain Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras dengan menentukan komponen-komponen yang digunakan untuk membentuk satu kesatuan sehingga sistem dapat berjalan sesuai yang diharapkan, berikut konfigurasi panel *box* dapat dilihat pada **Gambar 2**.



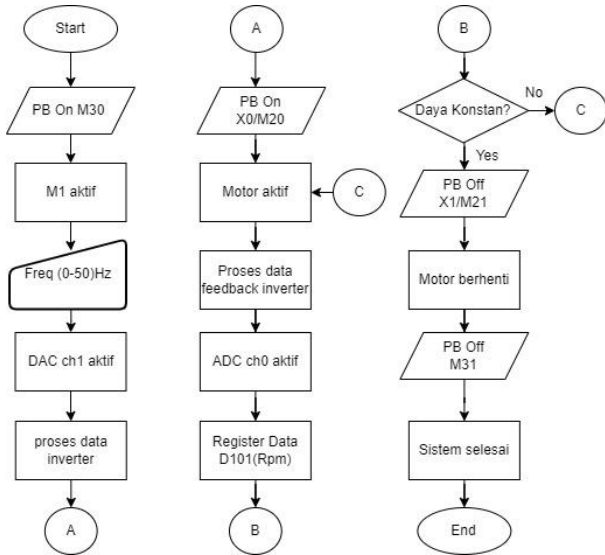
Gambar 2  
Desain Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras ini berupa penyusunan komponen-komponen maupun alat yang digunakan, sehingga menjadi satu-kesatuan sistem yang bekerja sesuai yang diharapkan. Pada penelitian ini komponen yang digunakan yaitu PLC Mitsubishi Fx-series, inverter jenis Inverter FVR0.75ASIS-4, HMI Haiwell C7H, dan Power Meter DWL series 3 phase. Pada rancangan ini komponen PLC menggunakan PLC Mitsubishi FX3U.

Selain itu pembuatan wiring juga dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pengalamanan yang akan digunakan pada program PLC, selain itu juga berfungsi untuk menunjukkan aliran arus pada rangkaian. Wiring I/O PLC ini meliputi inverter, HMI, dan push button. *Input point* X0 dan X1 untuk PB on-off Motor. Modul analog *output* pada channel 1 akan disambungkan dengan inverter point 12 sebagai pengaturan nilai frekuensi dengan sinyal tegangan, lalu inverter akan dihubungkan dengan modul analog *output* pada channel 0 untuk *feedback* frekuensi ke PLC berupa tegangan dan Y1 untuk putaran *forward*. Sedangkan untuk mengatur kecepatan putar berdasarkan perubahan frekuensi, inverter akan dihubungkan dengan motor. *Output* tegangan 3 fasa dari inverter ke motor juga dihubungkan dengan power meter untuk mengukur konsumsi daya.

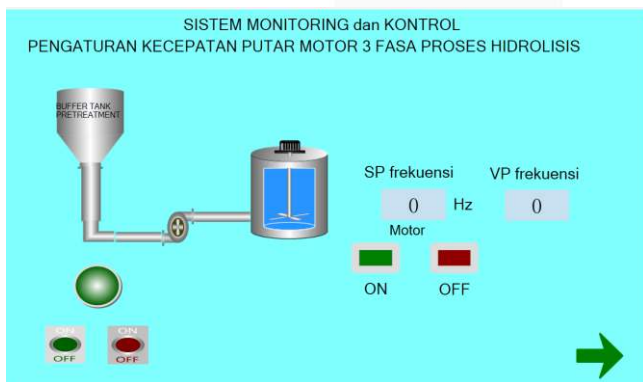
### C. Desain Perangkat Lunak

Perancangan sistem perangkat lunak dilakukan dengan menentukan parameter PLC kemudian membuat *ladder diagram* menggunakan *software* GX Developer. Setelah itu membuat perancangan sistem *monitoring* dengan menggunakan Haiwell Cloud SCADA.



Gambar 3 Diagram Alir Perangkat Lunak

Berdasarkan **Gambar 3** sistem dimulai dengan menekan tombol M30 sehingga akan mengaktifkan seluruh komponen yang digunakan. Selanjutnya memasukan nilai frekuensi pada data register D60, PIC akan mengola data dari D60 dengan modul DAC dan akan dikonversi menjadi sinyal analog berupa tegangan. *Outpu* tegangan akan diproses oleh inverter dan akan mengirimkan data ke Motor dan Motorakan mulai mengaduk. Inverter akan mengolah data *feedback* ke modul ADC, Sinyal analog menjadi sinyal digital agar dapat dibaca oleh PLC. Tahap selanjutnya sinyal akan diolah oleh data register D101 dan akan dimonitoring nilai RPM. Jika daya aktif mencapai nilai konstan maka viskositas sudah mencapai nilai yang diinginkan dan proses hidrolisis telah selesai. Tekan M21 atau X1 untuk menghentikan motor lalu tekan M31 untuk menghentikan sistem.



Gambar 4 Tampilan HMI Hawell Cloud SCADA

Pada **Gambar 4** menunjukkan desain tampilan yang digunakan pada penelitian ini dimana terdapat tombol *start* dan *stop* untuk sistem, *input* frekuensi untuk inverter dan data *feedback* rpm, dan *start* dan *stop* untuk motor.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian sistem kontrol dan monitoring pada plant proses hidrolisis menggunakan PLC FX3U dan HMI Haiwell, pengujian dilakukan pada beberapa parameter. Pengujian sistem kontrol dan monitoring dinyatakan

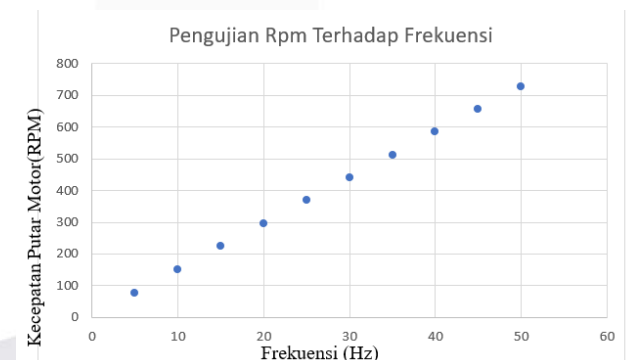
berhasil apabila kontrol pada motor pengaduk dan pembacaan komsumsi daya selama proses berlangsung dapat dikontrol dan dimonitoring melalui HMI.

A. 3.1 Pengujian Kecepatan Putar Motor Terhadap Frekuensi

Tabel 1  
Pengujian *input* Frekuensi dan *output* frekuensi inverter

No	F input(Hz)	F output(Hz)	Delta F(Hz)	Error (%)
1	5	5,01	0,01	0,2
2	10	10	0	0
3	15	14,98	0,02	0,13
4	20	19,9	0,1	0,5
5	25	24,9	0,1	0,4
6	30	29,85	0,15	0,5
7	35	34,7	0,3	0,85
8	40	39,5	0,5	1,25
9	45	44,3	0,7	1,55
10	50	49,01	0,99	1,98

Pada Tabel 4.1 merupakan data perbandingan frekuensi yang diinput melalui HMI terhadap output frekuensi pada inverter. Pengujian dilakukan dengan memberi nilai *input* frekuensi melalui HMI kemudian PLC mengolah data tersebut untuk mengubahnya menjadi tegangan pada modul analog menggunakan rumus *scaling* pada ladder diagram kemudian diteruskan ke inverter. Pada *input* frekuensi kecil yaitu 5 Hz dan 10 Hz, frekuensi yang dihasilkan oleh inverter tidak memiliki perbedaan. Semakin besar *input* frekuensi maka semakin besar juga perbedaan frekuensi yang dihasilkan oleh inverter, terlihat pada frekuensi 50 Hz *error* yang dimiliki sebesar 1,98%.



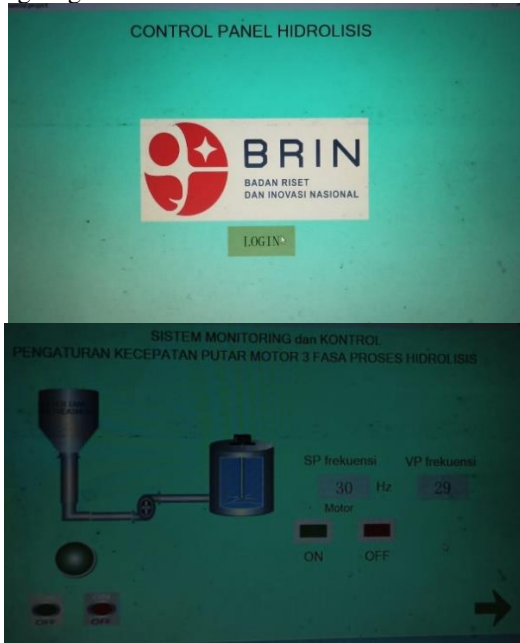
Gambar 5 Grafik Rpm Terhadap Frekuensi

Grafik diatas merupakan hasil pengukuran kecepatan putar motor terhadap frekuensi. Pengujian dilakukan dari frekuensi terkecil yaitu 5 Hz dengan rata-rata nilai keluaran 76,14 Rpm, sampai dengan frekuensi terbesar yaitu 50 Hz dengan rata-rata nilai keluaran 725,94 Rpm. Hasil data ini membuktikan motor pengaduk dapat menerima *input* frekuensi sebesar 50 Hz. Hasil grafik dari pengukuran keluaran kecepatan putar motor terhadap frekuensi. Dari grafik tersebut beberapa kesimpulan yang dapat diambil adalah nilai keluaran yang dikeluarkan membentuk kurva linear, motor memiliki karakteristik semakin besar sumber frekuensi maka nilai kecepatan motor akan semakin besar ,dan nilai standar deviasi terbesar yaitu 2,46.

B. Pengujian Sistem Monitoring

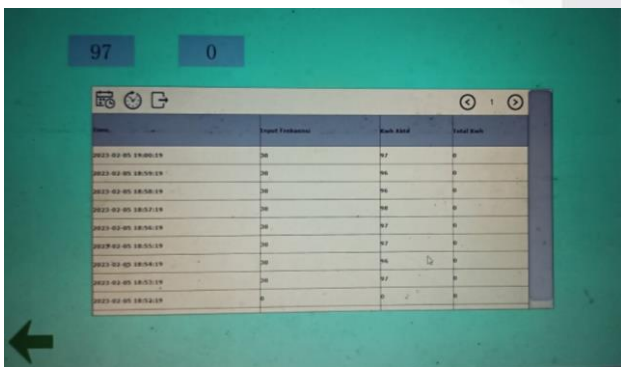
Pengujian sistem monitoring dilakukan dengan pembacaan data melalui HMI yang dikoneksikan dengan PLC. Pada layer HMI menampilkan data komsumsi daya,

input frekuensi, dan total daya selama proses hidrolisis berlangsung.



Gambar 6  
Tampilan Menu Login dan Menu Kontrol

Gambar diatas merupakan tampilan menu login dan kontrol pada HMI. Tampilan menu login digunakan dengan perintah *user login* yang berfungsi untuk masuk ke halaman kontrol, pada halaman kontrol terdapat tombol untuk mengaktifkan program, SP frekuensi berfungsi untuk memberi nilai *input* frekuensi melalui HMI yang nantinya akan masuk kedalam fungsi *scaling* pada ladder diagram kemudian tekan tombol ON untuk mengaktifkan motor. Terdapat gambar tangki dengan motor pengaduk berputar berfungsi sebagai indikator saat motor sedang berputar. Pada menu kontrol terjadi kesalahan dalam pengalamanan untuk menampilkan data *feedback* kecepatan putar motor sehingga yang tertampil pada HMI hanya *output* frekuensi. Hasil bacaan *input* frekuensi, daya aktif, dan total daya selama proses berlangsung akan tercatat pada *data logger*. Data yang sedang tercatat pada *data logger* dapat didownload sesuai dengan tanggal, jam, tahun sesuai kebutuhan. Proses download dapat dilakukan menggunakan *flasdisk* atau didownload secara langsung saat melakukan simulasi online pada *software* Haiwell cloud SCADA.



Gambar 7  
Data Logger Nilai Pembacaan Daya Aktif dan Total Daya

Gambar 7 merupakan *data logger* dari hasil bacaan nilai daya aktif, total daya, dan *input* frekuensi. Data merupakan hasil pengukuran dari power meter yang dikomunikasikan langsung ke HMI, data tersebut terinput berdasarkan interval waktu yang disetting pada HMI.

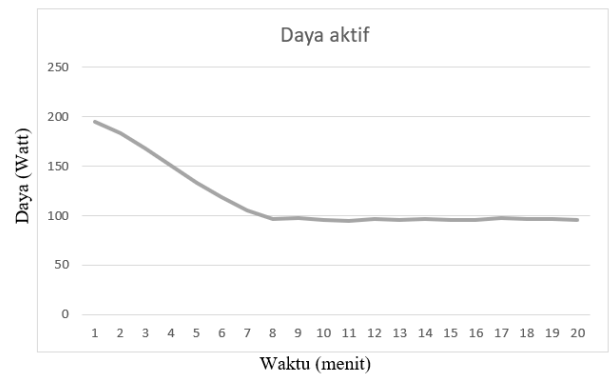
Tabel 2  
Pengukuran Daya Aktif

No	f (Hz)	Daya					AV G
		Data ke 1(Watt)	Data ke 2(Watt)	Data ke 3(Watt)	Data ke 4(Watt)	Data ke 5(Watt)	
1	10	22,3	23,5	24,2	23,8	22,9	23,34
2	20	62,3	66,1	64,8	65,1	65,3	64,72
3	30	96,2	97,3	96,9	98,2	97,2	97,16
4	40	143,7	144,8	145,2	146,2	145,7	145,12
5	50	197,4	198,1	200,2	197,8	199,2	198,54

Pada Tabel 2 merupakan hasil pengukuran daya pada motor saat sedang aktif terhadap frekuensi yang diinput. Pengukuran yang digunakan menggunakan DWL Series 3 Phase. Pada frekuensi 10 Hz rata-rata daya yang aktif adalah 23,34 Watt, pada frekuensi 20 Hz rata-rata daya yang aktif adalah 64,72 Watt, pada frekuensi 30 Hz rata-rata daya yang aktif adalah 97,16 Watt, pada frekuensi 40 Hz rata-rata daya yang aktif adalah 145,12 Watt, dan pada frekuensi 50 Hz rata-rata daya yang aktif adalah 198,54 Watt.

C. Pengujian Proses Hidrolisis

Pengujian dilakukan dengan proses pengadukan pada 2 Kg bahan bubuk pulp TKKS (Tandan Kosong Kelapa Sawit) yang telah dicampur dengan air dan sudah melalui proses pencucian pada proses sebelumnya. Pengadukan dilakukan dengan *input* frekuensi sebesar 30 Hz. Daya yang aktif selama proses hidrolisis berlangsung akan diukur oleh power meter DWL Series 3 Phase yang dikomunikasikan dengan HMI. Data hasil pengukuran akan tercatat pada *data logger* HMI.



Gambar 8  
Grafik Daya Aktif Proses Hidrolisis

Pada Gambar 8 merupakan hasil pengukuran dan grafik pengukuran daya aktif selama 20 menit proses hidrolisis. Pada grafik dapat ditarik beberapa kesimpulan, pada awal proses pengadukan daya yang aktif cenderung tinggi dikarenakan viskositas pada bahan pulp TKKS masih tinggi, viskositas pada bahan bubuk pulp mengalami penurunan sehingga daya yang aktif juga menurun hingga menit ke-7. Pada menit ke-7 sampai sampai menit ke-20 daya yang aktif konstan di 96 Watt sampai 98 Watt yang menandakan viskositas pada bubuk pulp TKKS mencapai

batas bawahnya sehingga tidak bisa lebih encer lagi. Total Komsumsi daya selama 20 menit proses hidrolisis berlangsung adalah 38,5 Wh. Jika dalam proses normal yang berlangsung selama 24 jam dan dengan komposisi bahan yang sama maka total komsumsi dayanya adalah 924 Wh.

#### IV. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan didapat kesimpulan sebagai berikut:

- A. Sistem kontrol telah dibangun dengan menggunakan PLC FX3U yang dikomunikasikan dengan HMI Haiwell Cloud SCADA, Kontrol RPM dengan metode VFD dapat mengontrol kecepatan putar motor secara linear dengan frekuensinya.
- B. Komsumsi daya dapat diukur menggunakan Power meter DWL Series 3 Phase selama proses hidrolisis berlangsung secara linear dengan frekuensinya.
- C. Sistem monitoring ini mampu memberi informasi terkait input frekuensi, output kecepatan putar motor, daya aktif, dan total komsumsi daya.
- D. Dari grafik komsumsi daya selama proses hidrolisis berlangsung berpeluang sebagai acuan untuk selesainya proses hidrolisis.

#### REFERENSI

- [1]Y. Hartantio, R. S. Hartati, dan I. N. S. Kuara, "Analisa Penggunaan Bahan Bakar Bioetanol Dari Limbah Kertas Sebagai Bahan Bakar Genset," *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, vol. 17, no. 3, pp. 433-438, 2018.
- [2]Y. Sudiyani, S. Aiman, and D. Mansur, *Perkembangan Bioetanol G2: Teknologi dan Perspektif*, Jakarta: LIPI Press, 2019.
- [3]E. Triwahyuni, Muryanto, I. Fitria, dan H. Abimanyu, "Pemanfaatan Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit Untuk Produksi Bioethanol Dengan Optimasi Proses Sakarifikasi," *Jurnal energi dan Lingkungan*, vol. 10, pp. 27-32, 2014.
- [4]A. Krisnatal, Suwandi, dan A. Suhendi, "Studi Sistem Pengaduk Berbasis Magnet dan Pemanas Fluida Dengan Mikrokontroler," *e-Proceeding of Engineering*, vol. 4, no. 3, pp. 3945-3952, 2017.
- [5]P. Nugrahini, H. Sitompul, dan D. R. Putra, "Pengaruh waktu dan konsentrasi enzim selulase pada proses hidrolisis tandan kosong kelapa sawit menjadi glukosa," *Analit: Analytical and Environmental Chemistry*, vol. 1, no. 1, pp. 8-16, 2016.