

# Kontrol Kecepatan Motor DC Menggunakan Metode PI Pada Proses Pengadukan Smart Biogas Berdasarkan Suhu Reaktor

Afrian Wahyu Utama , Ratna Ika Putri , Muhammad Rifa'i

**Abstrak** — Pencemaran lingkungan disebabkan oleh kondisi lingkungan yang buruk serta rendahnya masyarakat dalam membuang sampah pada tempatnya. Salah satu pencemaran lingkungan berasal dari sampah rumah tangga jika dibiarkan menumpuk bisa menimbulkan bau yang tidak sedap, untuk mengurangi sampah dimanfaatkan sumber energinya. Proses perubahan sampah rumah tangga menjadi biogas dilakukan dengan menggunakan teknologi fermentasi. Agar mendapatkan proses fermentasi yang maksimal pada pemrosesan pembuatan biogas harus melalui proses pengadukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui proses pengadukan pada smart biogas agar lebih efektif dan efisien, sistem pengadukan tersebut digerakkan oleh motor DC yang diproses oleh mikrokontroler untuk menggerakkan driver motor yang dikontrol menggunakan metode *Proportional Integral* (PI). Hasil pengujian pada proses pengadukan menggunakan metode PI nilai parameter  $K_p = 6.5$  dan  $K_i = 3.8$ , dengan pengujian menggunakan beban konstan sampah organik hasil grafik respon sistem menunjukkan  $S_p = 45$  Rpm dengan suhu  $27,87^{\circ}\text{C}$  nilai delay time (td) 4s, rise time (tr) 7s, settling time (ts) 13 s, error steady state 16.3% dan maksimal overshoot yang terjadi sebesar 8.4%.

**Kata kunci** : Motor DC, Sistem Pengadukan, Sistem *Proportional Integral* (PI)

## I. PENDAHULUAN

**B**iogas merupakan campuran gas-gas methana, karbon dioksida, hidrogen sulfat, nitrogen dan gas-gas lainnya yang dihasilkan dari proses penguraian bahan-bahan organik oleh mikro organisme pada kondisi anaerob. Proses perubahan sampah rumah tangga menjadi biogas dilakukan menggunakan teknologi fermentasi. Teknologi fermentasi adalah proses terjadinya penguraian senyawa-senyawa organik untuk menghasilkan energi serta terjadi perubahan substrat menjadi produk baru perubahan substrat menjadi produk baru oleh mikroba. Agar mendapatkan proses fermentasi yang maksimal pada pemrosesan pembuatan biogas harus melalui proses pengadukan. Selama ini proses pengadukan pembuatan biogas masih menggunakan cara manual dari pemrosesan tersebut kurang efisien dan efektif karena membutuhkan waktu yang

lama, hasilnya yang tidak maksimal serta dapat merusak mikroorganismenya. Pengadukan dalam reaktor memiliki fungsi untuk menjaga agar tidak terjadinya endapan di dasar reaktor, dikarenakan hal ini bisa menyebabkan terhambatnya aliran gas yang terbentuk didaerah dasar berpengaruh terhadap jumlah biogas yang akan dihasilkan. Proses pengadukan biogas yang efektif dengan rentang kecepatan rendah dan intensitas waktu 1 jam setiap 3 menit sekali, adanya pengontrolan menggunakan metode pi kecepatan putaran motor pada pengadukan dapat dikontrol sesuai set point. Untuk memberikan kemudahan serta memanfaatkan proses fermentasi yang dibantu dengan alat teknologi penulis akan melakukan perancangan sistem yang memfokuskan pada pengadukan yang dipergunakan dalam sampah organik agar proses pengadukan pada biogas lebih efektif dan efisien.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Biogas

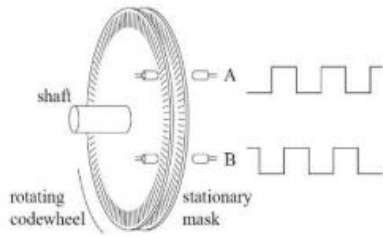
Biogas suatu gas yang dihasilkan dari proses anaerobic (fermentasi) bahan-bahan organik seperti kotoran manusia, limbah rumah tangga, dan juga kotoran hewan. Bahan yang sangat dibutuhkan dalam membuat biogas yaitu metana dan karbon dioksida yang terkandung didalam bahan organik. Menurut [2] agar keberhasilan proses pencernaan dalam digester sangat ditentukan oleh desain dan pengaturan digester itu sendiri, agar proses pencernaan biogas berhasil di digester beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam proses:

- Pengadukan
- Kontrol Temperature
- Koleksi Gas
- Perbandingan C - N bahan
- Posisi Digester

Afrian Wahyu Utama adalah mahasiswa D4 Teknik Elektronika Politeknik Negeri Malang , email : wafriansa@gmail.com

Ratna Ika Putri dan Muhammad Rifa'i adalah dosen Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang

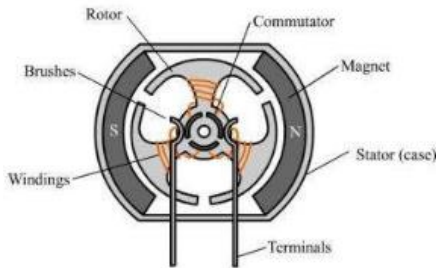
2.2 Rotary Encoder



Gambar 1. Penyusun Rotary Encoder

Rotary encoder adalah perangkat elektromagnetik yang dapat memonitor gerakan dan pada posisi. Rotary encoder umumnya menggunakan sensor optik untuk menghasilkan serial pulsa yang dapat diartikan menjadi gerakan, posisi, dan arah. Sensor rotary encoder berfungsi untuk mendeteksi kecepatan putaran motor dengan mengeluarkan tegangan variabel yang akan disalurkan menuju arduino UNO. Tegangan keluaran rotary encoder dipengaruhi oleh kecepatan putaran motor, semakin cepat putaran motor berputar, maka semakin besar tegangan yang dikeluarkan menuju Arduino UNO.

2.3 Motor DC



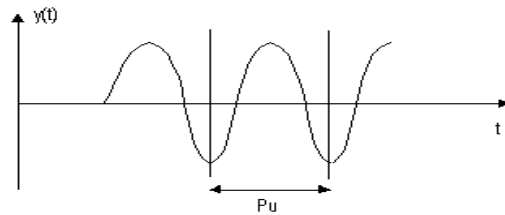
Gambar 2. Kontruksi Motor DC

Motor DC merupakan motor yang membutuhkan suplai tegangan searah pada kumparan jangkar dan kumparan medan yang kemudian akan diubah menjadi energi mekanik [5]. Pada prinsip pengoperasiannya, motor arus searah sangat identik dengan generator arus searah [6]. Pengaturan kecepatan motor DC dilakukan dengan mengubah tegangan yang dihubungkan ke motor DC tersebut. Kontruksi motor DC pada gambar tersusun dari terminal, brushes (Sikat), komutator, rotor, windings (kumparan yang terdapat pada jangkar atau rotor), magnet dan stator. Terminal motor terdiri 2 bagian yaitu terminal positif (+) dan negatif (-) yang berfungsi untuk penghubung sumber energi listrik searah dengan motor DC. Stator merupakan badan motor yang didalamnya terdapat magnet kutub utara (north) dan magnet kutub selatan (south), dimana medan magnetik selalu mengarah ke kutub selatan.

Brushes menyalurkan arus dari sumber energi listrik menuju kumparan rotor yang selanjutnya rotor dan komutator berputar sesuai kaidah tangan kiri Fleming.

2.4 Kontrol PI

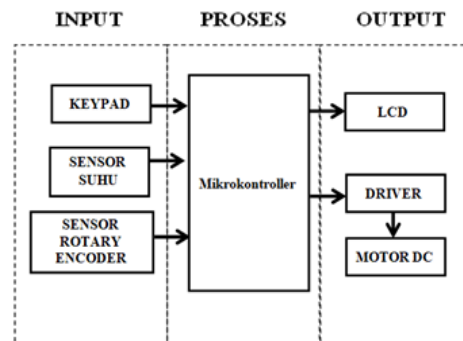
Kontrol PI (Proportional Integral) adalah sistem kontrol gabungan antara kontrol proportional dan integral. Kontrol PI berfungsi agar reaksi dari sebuah sistem lebih cepat dan menghilangkan offset.



Gambar 3. Kurva Respon Sustained Oscillation

Metode Kontrol PI sering digunakan dalam penentuan respon system adalah metode Ziegler-Nichols. Metode Ziegler-Nichols memiliki 2 cara, yaitu osilasi dan kurva reaksi. Metode diterapkan pada sistem Pengontrolan kecepatan motor dc dalam proses pengadukan biogas ini metode osilasi. Reaksi sistem harus berosilasi dengan magnitude tetap (sustained oscillation).

III. METODE PENELITIAN

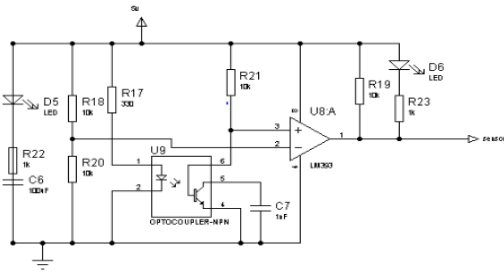


Gambar 4. Diagram Blok Sistem

Proses mengontrol kecepatan putaran motor yaitu menggunakan motor dc untuk proses pengadukan pada pengolahan sampah organik menjadi biogas. Dari blok diagram di atas alat ini menggunakan sensor rotary encoder, driver motor dimana perubahan arah motor DC, mengatur kecepatan adalah duty cycle, sensor suhu yang berfungsi untuk mendeteksi suhu pada reaktor, selain untuk mengontrol kecepatan putaran motor dc sesuai set point pada sistem kendali ini juga berdasarkan suhu. Hal ini ketika suhu semakin panas yakni sesuai set point pada pengontrolan suhu maka

kecepatan putaran motor dc menyesuaikan tingkat kecepatan putarannya.

3.1 Perancangan Sensor Rotary Encoder



Gambar 5. Rangkaian Sensor Rotary Encoder

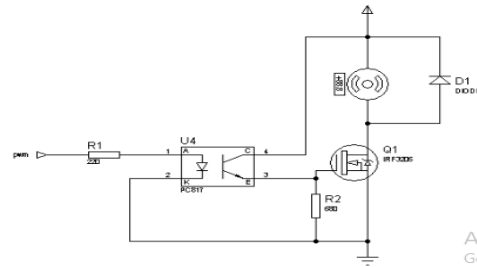
Rangkaian sensor rotary encoder menggunakan optocoupler terdapat transmitter berupa cahaya dan phototransistor sebagai receiver cahaya. Kedua ini dihadapkan dalam satu tempat dan dipisahkan oleh sebuah piringan berbentuk lingkaran. Sensor ini untuk mendeteksi adanya lubang pada disk rotary dan jumlah lubang akan mempengaruhi pembacaan dari sensor. Sistem ini memiliki lubang disk rotary dengan jumlah 20 sehingga membangkitkan sebanyak 20 pulsa dalam satu putaran. Sensor rotary encoder dengan optocoupler menghasilkan pulsa dari putaran disk rotary yang digunakan untuk input mikrokontroler pada pin 3 untuk dihitung frekuensi pulsa yang didapatkan dan nilai kecepatan motor dalam satuan RPS (Rotation Per Second). Kemudian nilai RPS dikonversikan ke satuan RPM (Rotation Per Minutes). Terdapat LED pada rangkaian sensor optocoupler yang diseri dengan resistor 1KΩ digunakan sebagai indikator sensor aktif (menyala). Led infrared yang digunakan hanya mampu melewati arus maksimal sebesar 20mA. Oleh karena itu ditambahkan sebuah resistor sebagai pembatas arus. Besaran nilai resistor minimal ditentukan dengan perhitungan sebagai berikut:

$$R = \frac{V}{I} = \frac{5v}{20mA} = 250 \Omega \quad (1)$$

Pada rangkaian sensor rotary encoder R17 resistor yang digunakan sebesar 1KΩ, arus yang masuk pada infrared sebesar 5mA. Pada kaki kolektor fototransistor terdapat resistor pull-up sebesar 10KΩ yang terhubung pada kaki non-inverting ICLM393. Pada R18 dan R20 sebagai pembagi tegangan yang dihubungkan ke kaki inverting LM393 sebagai komparator yang akan membandingkan nilai non-inverting dan inverting. Output dari IC LM393 terhubung dengan kaki katoda LED yang diberi resistor sebesar 1KΩ sehingga LED aktif high. Ketika sensor optocoupler terhalang oleh disk rotary maka akan menghantarkan arus yang membuat transistor open sehingga keluaran optocoupler berlogika 0.

Nilai keluaran optocoupler di bandingkan dengan hasil pembagi tegangan pada R18 dan R20 dengan ketentuan jika tegangan pada pin + lebih besar dari tegangan pada pin - (inverting < non inverting) maka output komparator akan berayun kearah V+(Vcc). Sedangkan jika tegangan pada pin + lebih kecil dari tegangan pada pin - (inverting > non inverting) maka output komparator akan berayun kearah V-(Gnd).

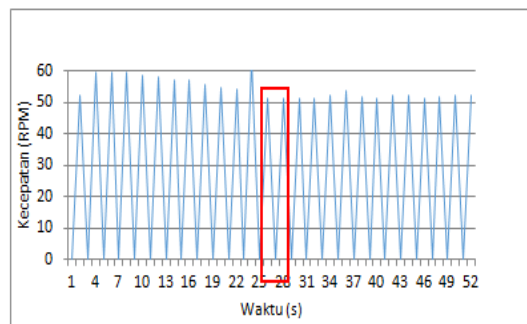
3.2 Perancangan Driver Motor



Gambar 6. Rangkaian Driver Motor DC

Rangkaian driver Motor DC berfungsi menggerakkan motor DC dengan mengatur tegangan pada motor dengan nilai PWM yang diberikan oleh Atmega. Voutput dari Atmega 5V dengan arus yang kecil yaitu 40mA. Sedangkan Motor DC yang digunakan mempunyai tegangan sumber sebesar 12 VDC. Sehingga harus dikuatkan melalui driver mosfet dalam penelitian menggunakan tipe mosfet IRFP3205N. Menurut datasheet, Mosfet tipe IRFP3205N ini memiliki tegangan maksimal sebesar 50V dan arus drain (Id) sebesar 80A. Mosfet ini berfungsi sebagai saklar ketika kaki gate memperoleh sinyal input dari Mikrokontroler maka akan ON. Kaki drain disalurkan pada tegangan 12VDC dan kaki source Mosfet disalurkan pada ground. Pada rangkaian driver digunakan Optocoupler PC817 sebagai pemicu mosfet sekaligus sebagai pengaman antara mikrokontroler dan driver Mosfet sehingga Atmega agar terhindari dari kerusakan.

3.3 Perancangan Kontrol PI



Gambar 7. Grafik Respon Sistem Berosilasi

Berdasarkan hasil percobaan dengan nilai  $K_{cr} = 4.5$  didapatkan suatu respon yang beresilasi.

Sesuai dengan aturan tuning PI menggunakan metode osilasi *Ziegler Nichols* didapatkan hasil kecepatan putaran motor pada sensor kecepatan *rotary encoder* dengan perhitungan untuk menentukan nilai  $P_{cr}$ . Berikut adalah perhitungan nilai  $P_{cr}$  :

$$P_{cr} = 28-25 = 3 \tag{2}$$

$$P_{cr} = 3 \times 1000 = 3000 \text{ ms}$$

$$P_{cr} = \frac{3000}{1000} = 3 \text{ s}$$

Selanjutnya menentukan nilai  $K_p$ ,  $T_i$  dan  $K_i$  menggunakan perhitungan berdasarkan rumus tuning PI *Ziegler Nichols* metode osilasi. Berikut adalah perhitungan  $K_p$ ,  $K_i$ , dan  $K_d$ .

$$K_p = 0,45 \times K_{cr} = 0,45 \times 4,5 = 2,025 \tag{3}$$

$$T_i = P_{cr}/1,2 = 3/1,2 = 2,5 \tag{4}$$

$$K_i = K_p/T_i = 2,025/2,5 = 0,81 \tag{5}$$

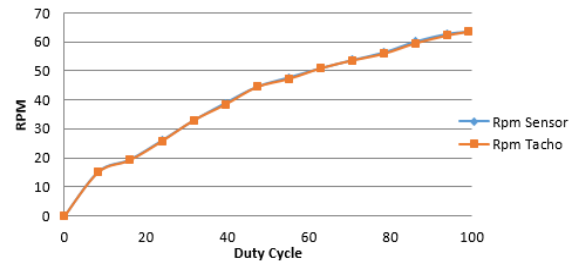
Dari perhitungan respon dari plant diatas maka didapatkan nilai  $K_p = 2,025$  dan  $K_i = 0,81$

#### IV. HASIL DAN ANALISA

Pengujian perblok bertujuan untuk mengetahui kinerja dari masing – masing bagian yang membangun sistem kontrol kecepatan motor DC proses pengadukan dalam pembuatan biogas.

##### 4.1 Pengujian Sensor Rotary Encoder

Pengujian dilakukan dengan mengatur nilai *duty cycle* pada program *mikrokontroler arduino uno*, kemudian membandingkan pembacaan pada *tachometer*. Setelah melakukan pengujian pada sensor kecepatan *rotary encoder* diperoleh hasil perbandingan dari pembacaan sensor dengan tachometer dengan cara menghitung nilai *error* sensor.

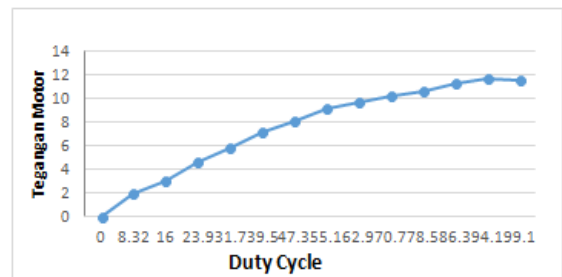


Gambar 8. Grafik Pengujian Sensor dengan Tachmometer

Berdasarkan gambar 8 diatas, dapat diplotkan dengan grafik hubungan antara *Duty Cycle* dengan pembacaan rpm sensor dan rpm tacho didapatkan hasil error yang kecil dengan error rata-rata 0,74%.

##### 4.2 Pengujian Driver Motor

Pengujian driver motor dilakukan untuk mengatur lebar pulsa (*duty cycle*) yaitu merubah nilai PWM melalui program pada mikrokontroler dan melihat nilai tegangan output pada keluaran driver motor.

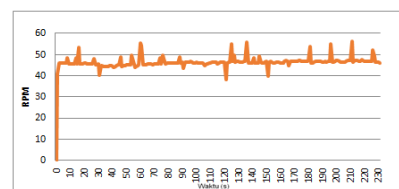


Gambar 9. Grafik Tegangan Motor Terhadap Duty Cycle

Berdasarkan gambar 9 di atas, dapat diplotkan dengan grafik hubungan antara *Duty Cycle* dengan tegangan motor adalah semakin besar nilai *duty cycle* semakin tinggi tegangan motor.

##### 4.3 Pengujian Kontrol PI

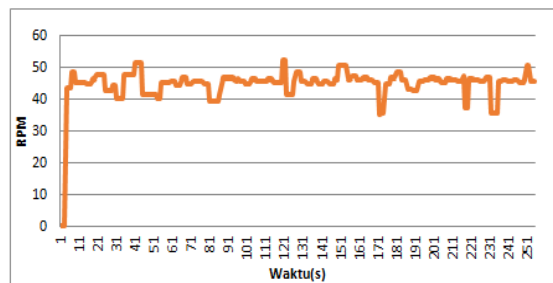
Pengujian kontrol PI dilakukan untuk mengetahui bagaimana respon *plant* motor jika diberi kontrol PI ( $K_p, K_i$ ) yang telah dirancang menggunakan metode osilasi *Ziegler Nichols* didapat dari perhitungan sebesar 2.025 dan 0.81 dan didapatkan hasil seperti yang ditunjukkan pada gambar 10:



Gambar 10. Grafik Respon Kecepatan 45 Rpm ( $S_p = 45$ ,  $K_p = 2,025$  dan  $K_i = 0,81$ )

## DAFTAR PUSTAKA

Dari hasil pengujian kontrol PI tanpa beban pada gambar 10 dengan setpoint 45 rpm. Dapat dilihat bahwa besarnya kecepatan motor DC sangat berpengaruh pada waktu dan overshoot yang terjadi pada respon sistem. Pada setpoint ini menunjukkan bahwa nilai maksimum overshoot 18,3 % *delay time* yaitu 0,5 detik, *Settling time* 3 detik, dan *Rise Time* 1 detik. Pengujian dilakukan dengan cara memberikan *setpoint* pada keypad. Setpoint yang digunakan dalam pengujian sistem keseluruhan adalah 45 rpm dengan beban yang konstan. Hasil respon grafik dapat ditunjukkan pada gambar 11:



**Gambar 11.** Grafik Respon Kecepatan 45 Rpm ( $Sp = 45$ ,  $Kp = 6.5$  dan  $Ki = 3,8$ , Suhu =  $27,87^{\circ}C$ )

Dari hasil pengujian kontrol PI dengan beban pada gambar 11 dengan setpoint 45 rpm. Dapat dilihat bahwa besarnya kecepatan motor DC sangat berpengaruh pada waktu dan overshoot yang terjadi pada respon sistem. Pada setpoint ini menunjukkan bahwa nilai maksimum overshoot 8,4 % *delay time* yaitu 4 detik, *Settling time* 13 detik, dan *Rise Time* 7 detik.

## V. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Hasil pengujian sensor kecepatan didapatkan hasil yang cukup baik yaitu dengan membandingkan antara pembacaan pada sensor kecepatan yang ditampilkan pada LCD dan pembacaan pada *tachometer* dan didapatkan error rata-rata sebesar 0,74 % dengan menggunakan metode *Ziegler Nichols 2* menghasilkan nilai  $Kp = 2.025$  dan  $Ki = 0.81$  dan menghasilkan nilai parameter  $Kp = 6.5$  dan  $Ki = 3.8$ , dengan pengujian menggunakan beban konstan sampah organik hasil grafik respon sistem menunjukkan  $Sp = 45$  Rpm dengan suhu  $27,87^{\circ}C$  nilai *delay time* ( $td$ ) 4s, *rise time* ( $tr$ ) 7s, *settling time* ( $ts$ ) 13 s, *error steady state* 16.3% dan maksimal *overshoot* yang terjadi sebesar 8.4%.

- [1] J. da Costa and B. Sudarmanta, "Optimasi Produksi Biogas Pada Anaerobic Digester Biogas Type Horizontal Berbahan Baku Kotoran Sapi Dengan Pengaturan Suhu dan Pengadukan," 2009.
- [2] S. Mulyanto, I. B. Dharmawan, and I. Adzanni, "Perbandingan Variasi Bakteri Starter Terhadap Nilai Kalor Biogas Dari Sampah Organik," *J. Teknol. Terpadu*, vol. 4, no. 2, pp. 88–93, 2018.
- [3] E. Mandayatma, F. Hamida, and H. H. Fawwaz, "Pengontrol Kecepatan Motor Pada Proses Pengadukan Alat Pembuat Sirup Jahe," *Pros. Serminal Nas. Teknol. Elektro Terap.*, vol. 01, no. 01, pp. 43–48, 2017.
- [4] L. F. Nizar, "Sistem Pengendali Kecepatan Motor Dc Pada Lift Barang Menggunakan Kontroler Pid Berbasis Atmega 2560," *Publ. Has. Penelit. Skripsi*, 2015.
- [5] M. Fauziyah, D. Dewatama, and M. Atisobhita, "Implementasi Kontrol PI Pada Pengaturan Kecepatan Motor DC," *Pros. Serminal Nas. Teknol. Elektro Terap.*, vol. 01, no. 01, pp. 217–222, 2017.
- [6] Rosalina, I. Qosim, and M. Mujirudin, "Analisis Pengaturan Kecepatan Motor DC Menggunakan Kontrol PID ( Proportional Integral Derivative )," *Semin. Nas. TEKNOKA*, vol. 2, no. 2502–8782, pp. 89–94, 2017.
- [7] R. A. Rakhman, "Kontrol Suhu Proses Pemasakan Bubur Kedelai Menggunakan Metode PID Pada Alat Pembuatan Tahu," pp. 4–25, 2018.