

Rancang Bangun Sistem Kontrol Kekentalan dan Temperatur pada Digester Anaerob

M. Aziz Muslim¹, Rahmadwati², Aldilo³, Gigih Gumilar⁴, Retnowati⁵

Jurusan Teknik Elektro, F. Teknik, Universitas Brawijaya

Jl. MT Haryono 167 Malang, (0341)554166

muh_aziz@ub.ac.id¹, rahma@ub.ac.id²

Abstrak – Biogas adalah salah satu sumber energi terbarukan yang prospektif. Biogas yang sebagian besar terdiri dari gas metan dan karbondioksida diproduksi pada reaktor biogas (digester) melalui proses yang berlangsung secara anaerob. Terdapat banyak faktor yang mempengaruhi efektifitas terbentuknya biogas (terutama gas metan). Dua diantaranya adalah faktor kekentalan bahan mentah yang masuk dan temperatur. Pada penelitian ini diusulkan penambahan sistem kontrol bagi pengaturan kekentalan dan suhu pada digester anaerob yang berlangsung secara thermophylic. Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa secara teknis peralatan ini dapat berjalan dengan baik. Diperoleh hasil campuran bahan mentah yang memiliki kekentalan ideal dan reaksi yang berlangsung pada suhu yang diinginkan.

Kata kunci: Biogas, digester anaerob, kontrol kekentalan, kontrol temperature

1. Pendahuluan

Dalam kurun waktu satu dasa warsa terakhir, penggunaan gas alam sebagai sumber energi mengalami peningkatan yang signifikan. Hal ini diakibatkan oleh kebijakan pemerintah yang mendorong pengalihan penggunaan minyak bumi menjadi gas alam untuk berbagai bidang, seperti rumah tangga, transportasi bahkan industri. Kebijakan pemerintah ini bukan tanpa alasan, berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh *General Electric*, jumlah simpanan gas alam di Indonesia lebih banyak hingga lima kali lipat dari simpanan sumber daya minyak bumi. Namun demikian, gas alam juga merupakan sumber daya alam yang bersifat tak terbarukan yang suatu saat juga akan habis. Hal ini disadari oleh para peneliti, sehingga terus diupayakan pengganti gas alam yang bersifat terbarukan. Biogas merupakan salah satu jawaban yang sangat prospektif sebagai sumber energi terbarukan pengganti gas alam [1], [2].

Biogas adalah gas mudah terbakar yang dihasilkan dari proses fermentasi bahan-bahan organik oleh bakteri-bakteri anaerob (bakteri yang hidup dalam kondisi kedap udara). Biogas merupakan gas campuran yang dihasilkan dari proses penguraian tanpa oksigen dari berbagai bahan organik [3]. Bahan organik penghasil biogas meliputi limbah pertanian, pupuk kandang (kotoran hewan pemakan rumput), sampah kota, bahan tanaman, limbah, limbah hijau atau sisa makanan. Campuran biogas tersusun dari 65% gas methane (CH₄) dan 35% karbondioksida (CO₂).

Proses terbentuknya biogas berlangsung secara anaerob (tanpa oksigen). Pada proses awal anaerob terdapat proses asidifikasi, yaitu proses penguraian atau dekomposisi komponen penyusun bahan organik menjadi asam-asam organik tanpa oksigen. Tahapan proses yang kedua adalah proses methanasi, yaitu proses perubahan asam-asam organik menjadi biogas. Untuk proses fermentasi anaerob ini dilakukan dalam sebuah biodigester. Pada reaktor biogas (digester), laju pembentukan gas CH₄ dipengaruhi oleh beberapa faktor lingkungan dan faktor lain, dua diantara faktor-faktor ini adalah proses pengadukan bahan umpan di dalam reaktor dan pengaruh temperatur [4]. Perubahan temperatur akan mempengaruhi kemampuan bakteri dalam memproduksi gas metana. Berdasarkan temperatur yang digunakan terdapat tiga kondisi yang

memungkinkan bakteri untuk hidup, kondisi *psychropilic* dimana bakteri dapat hidup pada temperatur dibawah 25°C, kondisi *mesophilic* dimana bakteri dapat hidup pada temperatur 32°C-42°C dan kondisi *thermophilic* dimana bakteri dapat hidup pada 43°C-55°C. Waktu retensi terpendek dimiliki pada kondisi *thermophilic* yaitu 15-20 hari. Agar temperatur pada digester berada pada kondisi optimal diperlukan pengontrolan temperatur agar bakteri dapat menguraikan limbah organik menjadi gas metana secara optimal.

Pada penelitian ini diusulkan penggunaan sistem kontrol pada proses pengadukan bahan umpan ke reaktor digester sehingga dihasilkan kekentalan campuran yang ideal. Selain itu akan dirancang suatu sistem pengendali suhu bagi digester yang menggunakan prinsip reaksi pada kondisi *thermophilic*, sehingga proses pembentukan gas akan berlangsung lebih cepat.

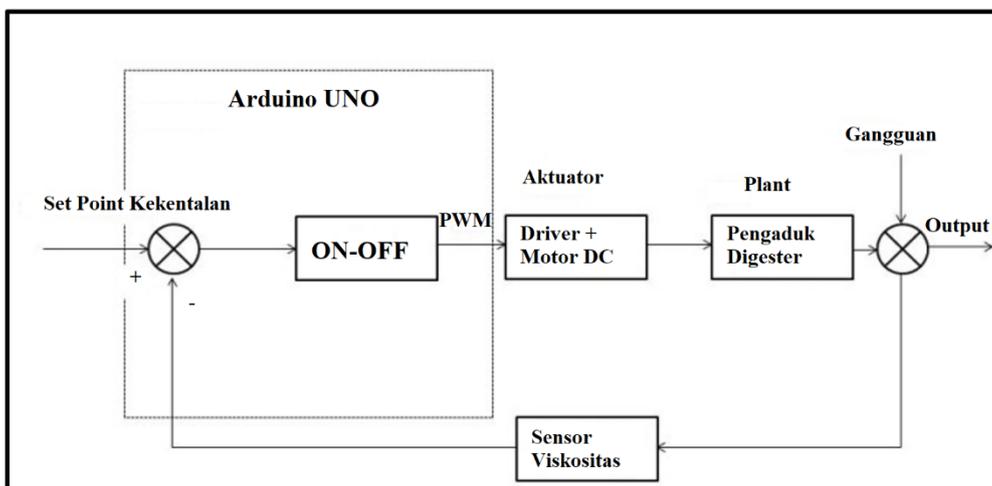
2. Rancangan Sistem Digester

Ada beberapa jenis reaktor biogas yang dikembangkan diantaranya adalah reaktor jenis kubah tetap (*Fixed-dome*), reaktor terapung (*Floating drum*), reaktor jenis balon, jenis horizontal, jenis lubang tanah, jenis *ferrocement*. Penelitian ini akan mengembangkan sebuah mini digester jenis kubah tetap dengan kapasitas 20 kg.

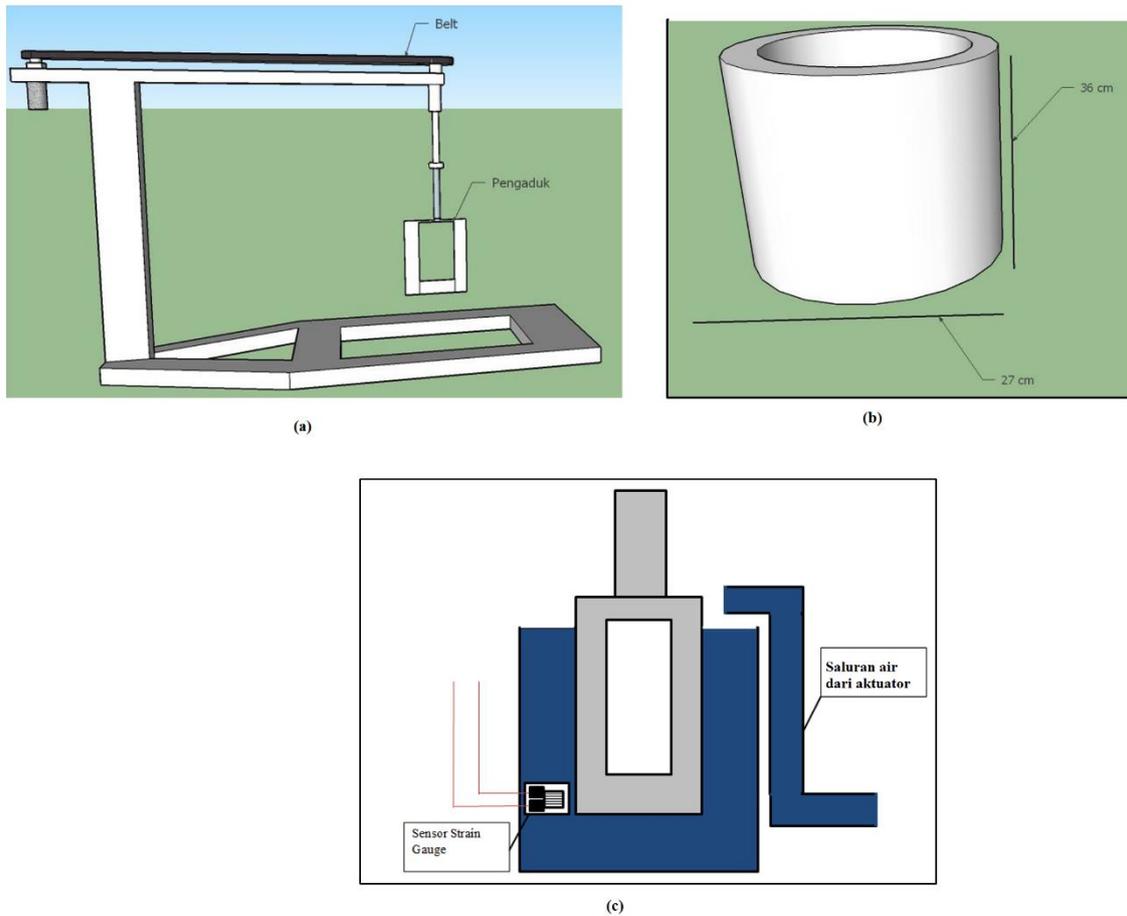
2.1. Rancangan Sistem Pengaduk

Pengadukan dalam biodigester memiliki beberapa fungsi diantaranya untuk menjaga tidak terjadinya endapan di dasar reaktor, dikarenakan hal ini bisa menyebabkan terhambatnya aliran gas yang terbentuk di dasar sehingga berpengaruh terhadap jumlah biogas yang akan dihasilkan. Selain itu dapat meningkatkan kontak antara mikroba dengan substrat sehingga bakteri mendapatkan nutrisi dengan baik.

Pengaduk yang digunakan atau yang yang disebut agitator umumnya terdiri dari rangkaian motor DC sebagai penggerak dan propeller atau blade, yang disesuaikan dengan jenis limbah atau bahan organik yang digunakan. Pada proses ini diharapkan kekentalan pada campuran limbah digester bisa merata. Sebagai aktuator dari sistem menggunakan motor DC servo yang nantinya akan menyalakan dari pompa yang mengalirkan air pada pengaduk digester. Blok diagram sistem pengendalian sistem pengaduk diberikan pada Gambar 1. Sedangkan rancangan piranti pengaduk digambarkan secara rinci pada Gambar 2. Sensor *strain gauge* digunakan sebagai pengukur kekentalan (viskositas). Sensor ini ditempatkan pada bak sehingga dikenakan pada cairan pada saat proses pengadukan. Tekanan pada cairan saat proses pengadukan akan membuat perubahan tegangan keluaran pada sensor *strain gauge*. Dalam implementasinya sensor *strain gauge* menggunakan rangkaian pengkondisi sinyal jembatan *Wheatstone*.



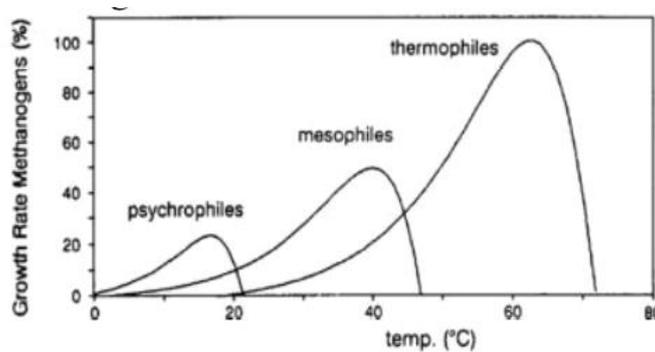
Gambar 1. Blok diagram sistem pengendalian kekentalan



Gambar 2. Perancangan piranti pengaduk digester (a) sistem pengaduk (b) dimensi penampung (c) sensor dan bak penampung

2.2. Rancangan Sistem kontrol temperatur

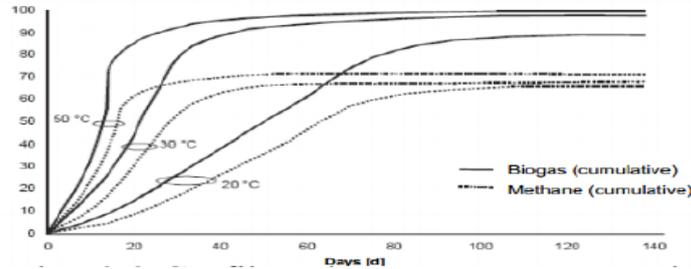
Temperatur yang ada pada reaktor biogas (digester) akan mempengaruhi kemampuan pertumbuhan mikroorganisme yang akan berdampak pada produksi gas metana. Pada Gambar 3 ditunjukkan grafik hubungan antara temperatur dengan kecepatan pertumbuhan mikroorganisme.



Gambar 3. Hubungan antara temperature dan kecepatan pertumbuhan mikroorganisme

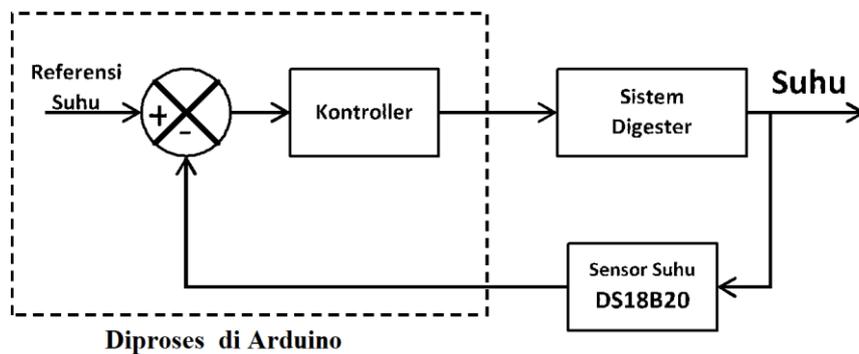
Dari Gambar 3 terlihat bahwa pertumbuhan mikroorganisme akan meningkat sesuai dengan temperatur pada digester dan akan terhenti apabila temperatur di luar kondisi mikroorganisme untuk hidup. Semakin tinggi kecepatan pertumbuhan mikroorganisme di dalam digester akan berpengaruh pada retensi waktu. Pada Gambar 4 terlihat hubungan temperatur dengan retensi

waktu. Dari gambar tersebut terlihat bahwa temperatur yang berada pada kondisi *thermophilic* mempunyai retensi waktu yang singkat dan menghasilkan biogas yang lebih banyak dibandingkan kondisi *mesophilic* dan *psychophilic*, sehingga *thermophilic* merupakan kondisi ideal dalam meningkatkan produksi biogas.

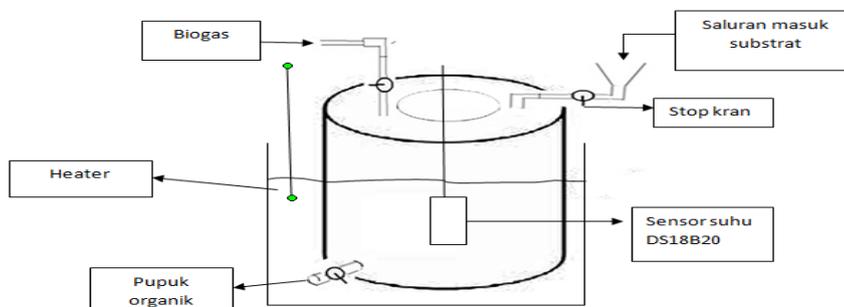


Gambar 4. Grafik Hubungan Temperatur dengan Retensi Waktu

Gambar 5 memperlihatkan blok diagram sistem pengendalian temperatur sistem digester. Sebagai sensor suhu digunakan sensor DS18B20 yang bersifat anti air sehingga tidak terpengaruh oleh cairan digester. Kontroler suhu diimplementasikan melalui mikrokontroler Arduino Mega yang merupakan pemroses utama dalam sistem pengendalian. Dengan memperhatikan kurva pada Gambar 4, maka setpoint dipilih pada kisaran suhu 52° C. Gambar 6 memperlihatkan gambar skematik reaktor digester. Pada gambar 6 tersebut, saluran masuk substrat adalah kotoran sapi yang telah dicampur air dengan menggunakan sistem yang dirancang pada subseksi 2.1. Ada 2 produk dari digester ini, yaitu biogas yang keluar dari saluran atas dan pupuk kandang yang akan keluar dari saluran bawah.



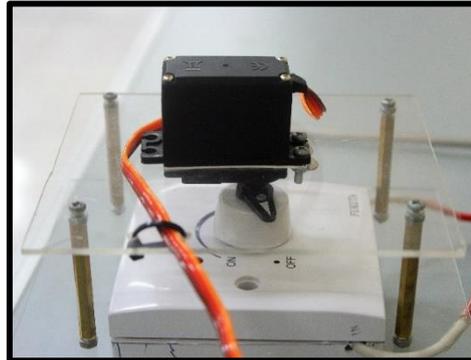
Gambar 5. Blok diagram sistem pengendalian temperatur



Gambar 6. Diagram skematik sistem digester

Aktuator sistem digester pada Gambar 6 adalah heater dengan daya 350 watt yang dihubungkan dengan rangkaian dimmer. Gambar 7 memperlihatkan modifikasi dari dimmer

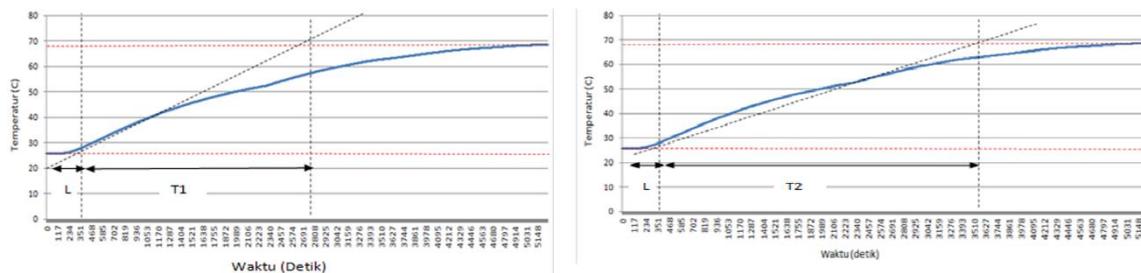
lampu yang dikopel dengan motor DC servo. Dengan menggunakan hasil modifikasi ini maka keluaran kontroler akan menggerakkan motor DC servo yang terkopel dengan rangkaian dimmer. Pada gilirannya rangkaian dimmer akan mengatur panas dari heater. Pada digester ini, respon pengaturan suhu dari reaktor tidak memerlukan ketepatan yang terlalu tinggi, sehingga nilai error steady state ditentukan pada kisaran 5%. Selain itu, dikarenakan digester memiliki respon yang menyerupai sistem berorde 1, maka dalam penelitian ini dipilih strategi kontrol proporsional. Besaran konstanta proporsional (K_p) ditentukan berdasarkan respon loop terbuka menurut aturan Ziegler Nichols-1 [5] sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 8 dan Tabel I. Besaran nilai K_p ditentukan berdasarkan nilai rata-rata untuk berbagai percobaan. Dari hasil pengujian ditetapkan besarnya K_p adalah 8.3.



Gambar 7. Rangkaian dimmer yang dimodifikasi dengan motor DC servo

Tabel 1. Parameter kontroler PID menurut aturan Ziegler-Nichols 1 [5]

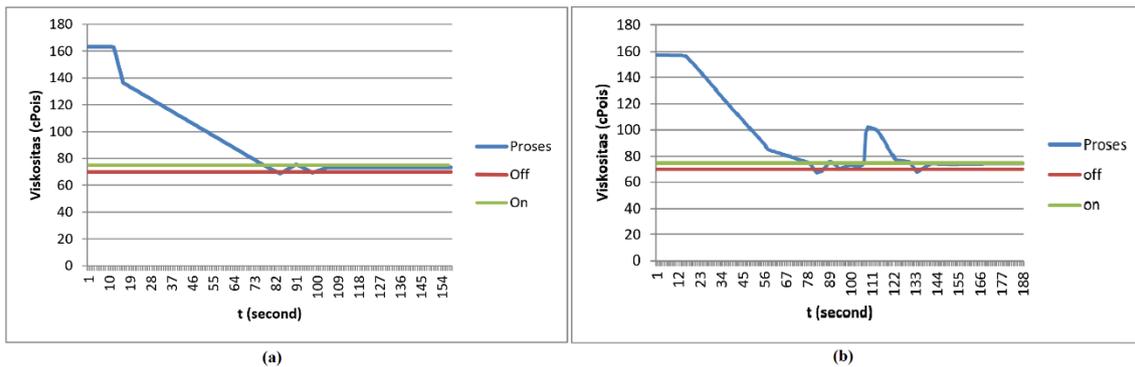
Type Kontroler	K_p	T_i	T_d
P	T/L	∞	0
PI	0.9 T/L	L/0.3	0
PID	1.2 T/L	2L	0.5 L



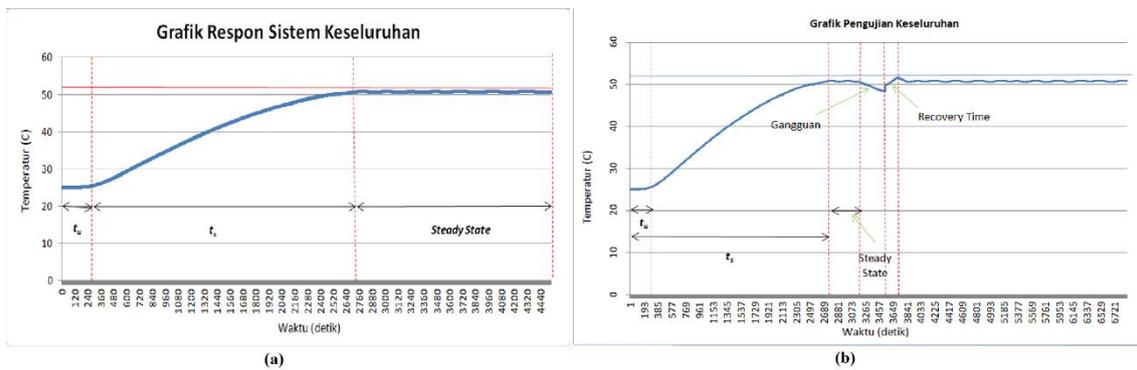
Gambar 8. Penentuan parameter kontroler dengan aturan Ziegler Nichols I

3. Hasil dan Analisa

Dari hasil perancangan sistem pengaduk diperoleh hasil sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 9 (a) dan (b). Dari gambar tersebut terlihat bahwa respon mencapai *steady* pada kekentalan 73,527 cPois dalam waktu 107 detik. Ketika terjadi gangguan, maka respon dapat kembali ke kondisi *steady* setelah 36 detik. Respon perubahan temperature digester dengan kontroler proporsional ditunjukkan pada Gambar 10 (a) dan (b). Dari gambar terlihat bahwa terdapat waktu tunda sebesar 297 detik, setelah itu temperature naik hingga mencapai kondisi *steady* setelah 2760 detik pada suhu 50.8 °C. Nilai ini masih masuk dalam rentang toleransi yang diijinkan (<5%). Ketika sistem mengalami gangguan, maka respon akan kembali ke kondisi *steady* setelah 221 detik.



Gambar 9. Respon sistem pengaduk (a) tanpa gangguan (b) dengan gangguan



Gambar 10. Respon pengendalian temperatur (a) tanpa gangguan (b) dengan gangguan

4. Kesimpulan

Hasil uji alat digester menunjukkan bahwa secara teknis peralatan ini dapat berjalan dengan baik. Berdasarkan pengujian dan analisis yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan bahwa sistem pengendalian kekentalan pada alat pengaduk digester menggunakan kontroler on-off dapat diimplementasikan dengan baik. Demikian pula dengan pengendali temperature, alat yang dirancang sudah sesuai dengan yang diharapkan, dimana heater dapat mempertahankan suhu sesuai dengan setpoint. Hasil perancangan memiliki prospek pemanfaatan yang baik, terutama ditujukan pada masyarakat di daerah pedesaan

Daftar Pustaka

- [1] I. Ullah Khan *et al.*, “Biogas as a renewable energy fuel – A review of biogas upgrading, utilisation and storage,” *Energy Convers. Manag.*, vol. 150, pp. 277–294, Oct. 2017.
- [2] I. Angelidaki *et al.*, “Biogas upgrading and utilization: Current status and perspectives,” *Biotechnol. Adv.*, vol. 36, no. 2, pp. 452–466, Mar. 2018.
- [3] S. Wahyuni, *Biogas, Sumber Biogas, Jenis Digester dan Cara Membuat Instalasi Biogas, Cara Mengoprasikan untuk Rumah Tangga dan Listrik*. Penebar Swadaya, 2011.
- [4] J. Da Costa and B. Sudarmanta, “Optimasi Produksi Biogas pada Anaerobic Digester Biogas Type Horisontal,” presented at the Seminar Nasional XIV - FTI-ITS Surabaya 2009, Kampus ITS Sukolilo Surabaya, Indonesia, 2009.
- [5] K. Ogata, *Modern control engineering*, 5th ed. Boston: Prentice-Hall, 2010.