

Sistem Kendali Suhu Menggunakan Metode *PID* dalam Proses Deasetilasi Kitin

Mohammad Andrian *¹
Ari Kurniawan ²
Imam Saukani ³

^{1,2} Politeknik Negeri Malang, Malang
*e-mail: mohammadandrian33@gmail.com¹

Abstrak

Kitosan adalah polisakarida yang terdiri dari monomer glukosamin dengan ikatan glikosidik yang diperoleh melalui proses deasetilasi kitin. Kitin dapat dibuat dari cangkang kepiting yang tersisa. Untuk menghasilkan hasil yang berkualitas tinggi, prosedur deasetilasi melibatkan penghilangan gugus asetil dari kitin sebelum diubah menjadi kitosan menggunakan suhu tertentu. Pada penelitian ini, sebuah kontrol dibuat untuk memastikan kestabilan pada suhu 100°C dengan menggunakan mikrokontroler Arduino Uno dan metode kontrol PID. Salah satu keuntungan dari kontrol PID adalah dapat meningkatkan respon keluaran dengan waktu respon yang cepat (kurang dari 0,1 detik) terhadap nilai set point. Pada penelitian ini, teknik ziegler-nichols ditala dengan umpan balik dari sensor suhu termokopel tipe k untuk menentukan parameter PID. Pada pengujian kontrol PID dengan parameter yang di dapatkan dari metode tuning ziegler-nichols mendapatkan nilai $K_p = 33.45$, $K_i = 0.26$, $K_d = 1.06$ dengan efisiensi sensor sebesar 96%

Kata Kunci: Kitosan, Deasetilasi, Derajat Deasetilasi, Kontrol PID

Abstract

Chitosan is a polysaccharide composed of glucosamine monomers with glycosidic bonds obtained through the deacetylation process of chitin. Chitin can be made from leftover crab shells. To produce high-quality results, the deacetylation procedure involves the removal of acetyl groups from chitin before it is converted into chitosan using a specific temperature. In this study, a control was made to ensure stability at 100°C using an Arduino Uno microcontroller and PID control method. One of the advantages of PID control is that it can improve the output response with a fast response time (less than 0.1 seconds) to the set point value. In this research, the Ziegler-Nichols technique is tuned with feedback from a type k thermocouple temperature sensor to determine the PID parameters. In testing the PID control with parameters obtained from the ziegler-nichols tuning method, the values of $K_p = 33.45$, $K_i = 0.26$, $K_d = 1.06$ with sensor efficiency of 96% are obtained.

Keywords: chitosan, deacetylation, degree of deacetylation, PID control

PENDAHULUAN

Kitosan adalah polisakarida yang terdiri dari monomer glukosamin dengan ikatan glikosidik yang diperoleh melalui proses deasetilasi kitin. Kitin diperoleh dari limbah cangkang kepiting, tetapi tidak dapat digunakan secara utuh. Penelitian telah menunjukkan bahwa cangkang kepiting mengandung kitin yang sangat berharga dan memiliki banyak manfaat, dan saat ini digunakan sebagai suplemen makanan oleh Tiens, sebuah perusahaan di Tianjin, Cina. Kitin (tepung kepiting yang dihancurkan) dapat dikonversi menjadi kitosan dengan mereaksikannya dengan alkali konsentrasi tinggi dalam waktu yang lama dan pada suhu yang tinggi.[1] Kitosan memiliki berbagai macam manfaat, termasuk di bidang lingkungan, bioteknologi, pertanian, dan kesehatan [2]. Sebagai biopolimer yang memiliki karakteristik kation, kitosan bermuatan positif dengan memperlakukan kitin (tepung kepiting yang dihancurkan) dengan alkali dalam jumlah besar dan dipanaskan dalam waktu yang lama pada suhu yang sudah di tentukan [3]. Kitosan memiliki banyak manfaat, terutama di bidang pertanian, bioteknologi, lingkungan, dan kesehatan manusia [4]. Prosedur deasetilasi melibatkan penambahan NaOH 60% dengan rasio berat sampel 1:10 [5], memanaskan campuran, dan mengaduknya secara terus menerus selama tiga jam untuk mengubah gugus asem-tida pada kitin menjadi gugus amina pada kitosan [6]. Penelitian telah menunjukkan bahwa pengadukan secara terus menerus pada suhu 100°C masih mendapatkan kualitas nilai derajat deasetilasi dalam penggunaan umum [7]. Jika perlakuan tersebut di atas dilakukan secara konvensional untuk

menjaga kestabilan suhu, maka akan menjadi kurang efektif [8]. Salah satu faktor yang paling berpengaruh terhadap tingkat deasetilasi kitin adalah suhu atau panas [9]. Namun, karena tidak ada indikator suhu atau pengaturan panas, penentuan suhu dan waktu pemanasan sering kali salah. Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini mengotomatisasi perancangan sistem kontrol suhu menggunakan kontroler elektronik dengan sistem kontrol tertutup yang menggunakan umpan balik dari sensor suhu *thermocouple* tipe K sebagai tambahan untuk memberikan nilai set point agar dapat mengontrol sistem dengan baik menggunakan kontrol PID. Dalam studi [10], Dibandingkan dengan jenis pengendali lainnya, pengendali PID adalah jenis yang terbaik karena waktu tanggapnya yang lebih cepat, lewat maksimum yang lebih kecil, dan amplitudo osilasi yang lebih kecil.

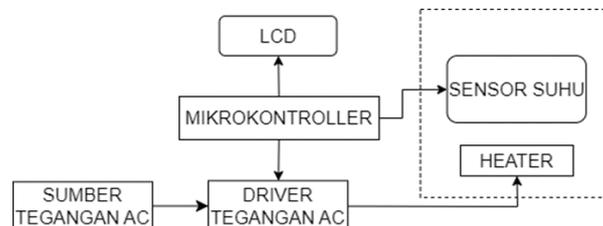
METODE

A. Pembuatan Tangki Deasetilasi

Tangki deasetilasi memiliki kapasitas 20 L dan terbuat dari baja tahan karat. Sensor suhu ke dalam air *thermocouple* tipe K adalah yang digunakan oleh *feedback* sistem kontrol. Sementara pemanas dengan daya sekitar 1800 W digunakan sebagai aktuator. Alat deasetilasi yang direncanakan digambarkan pada Gambar 1.



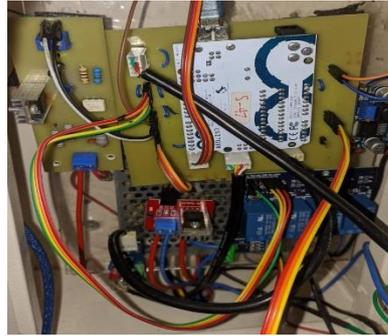
Gambar 1. Tangki Pemrosesan



Gambar 2. Blok Diagram Sistem

B. PERANCANGAN *HARDWARE* SISTEM

Mikrokontroler Arduino Uno digunakan untuk membuat sistem pengontrol, dan LCD 16x2 pada kotak panel menampilkan output dari sensor Termokopel Tipe K sebagai input. Aktuator (Pemanas) dikendalikan oleh output pengontrol, yang digabungkan ke rangkaian driver pengontrol tegangan *ac*. Rangkaian kontrol suhu listrik digambarkan pada Gambar 2.

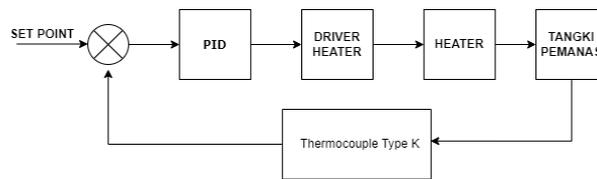


Gambar 3. Rangkain Sistem Kendali Suhu

Target sistem kendali adalah untuk memberikan profil suhu yang konsisten tanpa *overshoot* dan kesalahan kondisi tunak minimum yang memungkinkan. Seharusnya tidak ada *overrun* selama proses pemanasan, karena 100°C adalah suhu target. Tentu saja, waktu pengaturan pemanasan yang diinginkan harus secepat mungkin, tetapi waktu pengaturan ini tergantung pada daya pemanas. Semakin tinggi daya pemanas, maka waktu pengaturan akan semakin cepat, tetapi juga akan berdampak signifikan pada kebutuhan energi yang tinggi, sehingga dibuatlah waktu pengaturan untuk pemanas yang digunakan dalam penelitian ini. Tujuan sistem kontrol yang disebutkan di atas dipenuhi oleh logika kontrol.

C. PERANCANGAN LOGIKA KONTROL

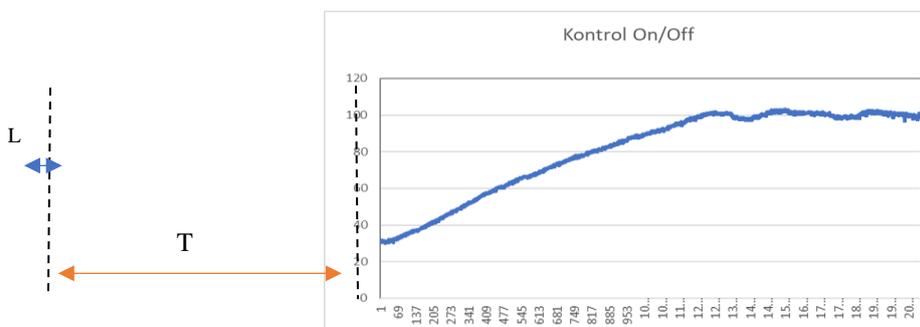
Struktur sistem pengendalian yang dipilih pada penelitian ini adalah sistem PID. Struktur sistem ini dipilih karena merupakan yang paling mudah dipahami. Blok diagram kontrol dapat ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram Blok Kontrol

Larutan Naoh 60% dan tepung kitin merupakan variabel *input* yang akan dimonitor dan dikontrol menggunakan sensor *thermocouple* tipe k. 100°C adalah *Set Point* yang digunakan pengontrol.

Kontrol PID dipilih untuk digunakan sebagai kontrol pemanas suhu tangki karena dapat mengurangi *overshoot* sistem dan mempercepat respon kenaikan suhu terhadap *setpoint*. Penalaan kurva reaksi *Ziegler-Nichlos* digunakan dalam desain kontroler ini. Respon temperatur pada tangki pemanas dengan saklar *on/off* ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Kontrol On/Off

Gambar 5. menunjukkan bahwa reaksi *plant* berbentuk kurva S, oleh karena itu teknik *Ziegler Nichlos* I diterapkan dalam desain ini. Nilai $L = 63$ dan $T = 1757$ diperoleh dengan menentukan nilai L (waktu mati) dan T (waktu tunda) dari grafik respon sistem.

Persamaan untuk menyesuaikan parameter PID berdasarkan pendekatan kurva reaksi dapat diamati. Hal ini didasarkan pada perolehan dua konstanta L dan T pada Tabel 1.

Tabel 1. Formula *Ziegler Nichols*

Tipe Pengendali	Kp	Ti	Td
P	$\frac{T}{L}$	∞	0
PI	$0.9 \frac{T}{L}$	$\frac{L}{0.3}$	0
PID	$1.2 \frac{T}{L}$	$2L$	$0.5L$

Dengan nilai L dan T yang telah diketahui, persamaan pada tabel 1 dapat digunakan untuk mendapatkan nilai K_p dan T_i . Nilai K_p , K_i , dan K_d kemudian diperoleh dengan memasukkan nilai-nilai ini.

$$K_p = K_p$$

$$K_i = \frac{K_p}{T_i}$$

$$K_d = K_p \times T_d$$

Dimana :

K_p = Konstanta *Proporsional*

T_i = Konstanta *Integral*

T_d = Konstanta *Derivatif*

L = *Dead Time*

T = *Delay Time*

Maka :

$$\begin{aligned} K_p &= 1,2 T/L \\ &= 1,2 (1757/63) \\ &= 1,2 (27,88) \\ &= 33.45 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_i &= 2 L \\ &= 2 \cdot 63 \\ &= 126 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_d &= 0,5 L \\ &= 0,5 \cdot 63 \\ &= 31,5 \end{aligned}$$

Nilai K_p , K_i , dan K_d dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan tabel di atas setelah nilai K_p , T_i , dan T_d diperoleh.

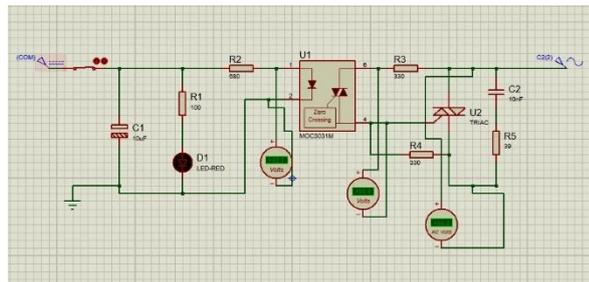
$$\begin{aligned} K_p &= K_p \\ &= 33.45 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K_i &= K_p / T_i \\ &= 33.45 / 126 \\ &= 0.26 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K_d &= K_p / T_d \\ &= 33.45 \times 31.5 \\ &= 1.06 \end{aligned}$$

Nilai $K_p = 33.45$, $K_i = 0.26$, dan $K_d = 1.06$ diperoleh melalui penghitungan nilai PID, dan nilai-nilai ini digunakan sebagai parameter kontrol suhu pemanas.

D. PERANCANGAN DRIVER TEGANGAN AC



Gambar 6. Perancangan *Driver* Tegangan AC

Arduino terhubung ke sumber daya AC 220 V menggunakan *driver* tegangan AC, yang memungkinkan Arduino mengatur tegangan AC. Kompor pemanas, sirkuit yang dapat mengatur jumlah daya yang dibutuhkan oleh elemen pemanas, dihubungkan ke modul mikrokontroler Arduino dengan menggunakan *driver* tegangan AC, perangkat penghubung. Dengan memodifikasi tegangan input *driver* 0-5 Volt untuk memproses pengontrol 0-100%, operasi pengaturan daya dilakukan. *Zero Crossing Detector* yang digunakan oleh *driver* tegangan AC ini berfungsi untuk mendeteksi gelombang sinus AC 220V ketika melewati titik tegangan nol. Perubahan dari nilai negatif ke positif merupakan titik persimpangan nol yang diamati. Titik persimpangan nol ini berfungsi sebagai titik awal. Dapat dijelaskan sesuai Gambar di atas.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Sensor *Thermocouple* Type K Dan Tampilan Pada LCD

Sensor *Thermocouple* Tipe K diuji untuk mengetahui apakah sensor tersebut dapat berfungsi dengan baik. Pengujian dilakukan dengan memvariasikan suhu tangki dari suhu kamar hingga pengaturan tertinggi, setelah itu pembacaan dari sensor *therrmocouple* tipe K dan higrometer dibandingkan yang dapat ditunjukkan pada Tabel 2 dan Gambar 7 dibawah ini.

Tabel 2. Pengujian Sensor Suhu *Thermocouple*

Higrometer	Sensor <i>Thermocouple</i>	Selisih
77.9	79	1.1
79.9	79	0.9
91.2	89.2	2
92.5	90.2	2.3
92.5	91	1.5
Rata - rata <i>Error</i> keseluruhan		3.06%

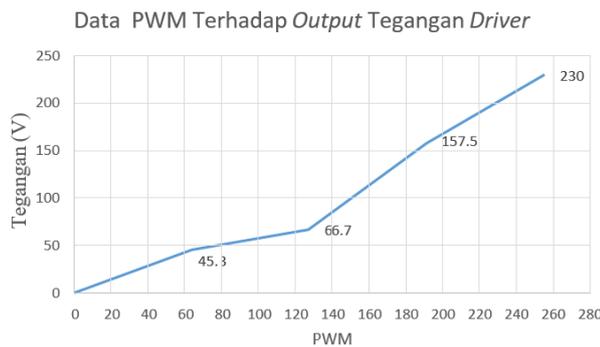


Gambar 7. Sensor Suhu Tertampil Pada LCD

Dari data di atas dapat dilihat bahwa perbedaan pengukuran suhu dengan sensor *thermocouple* dan sensor *thermometer* memiliki rentan yang kecil. Hal ini membuktikan bahwa sensor suhu *thermocouple* bekerja dengan baik pada sistem ini dengan nilai error keseluruhan mencapai 3.06% dan terjadi selisih error tertinggi pada pengujian ke-4 sebesar 2.3°C.

B. Pengujian Driver Heater

Pada pengujian rangkaian *driver Heater* 220 VAC 1800 watt, *Driver AC* digunakan untuk mengontrol tingkat kepanasan dari *heater*. Prinsipnya adalah dengan memanfaatkan suatu masukan dengan arus 15 mA untuk menghidupkan LED di MOC3041, selanjutnya LED akan mengaktifkan *triac*, akibatnya TRIAC terpicu sehingga *heater* teraliri listrik. Pengujian dilakukan dengan mengubah nilai PWM dari mikrokontroler Arduino Uno mulai dari nilai PWM = 0 sampai PWM = 255 dan *heater* diberi tegangan sebesar 220 VAC. Pengujian *Driver heater* dapat ditunjukkan pada Gambar 8.

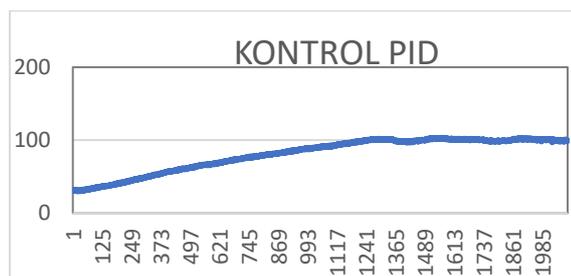


Gambar 8. Grafik PWM Terhadap Output Tegangan Driver

Berdasarkan Grafik pengujian *driver heater*, tegangan *output driver* mengalami kenaikan secara linier sesuai dengan kenaikan nilai *PWM* yang diberikan. Semakin kecil tegangan yang diterima, maka semakin kecil daya yang akan diberikan untuk penyalan *heater*.

C. Pengujian Pemanasan Menggunakan Kontrol PID

Teknik kontrol aktuator dengan *Pulse Width Modulator (PWM)* digunakan untuk menguji kontrol PID. Dengan menggunakan mode *PWM* ini, daya pemanas akan diatur sesuai dengan persentase sinyal *PWM*. Gambar 9 menampilkan kurva temperatur untuk teknik PID deasetilasi kitin.



Gambar 9. Grafik Kenaikan Suhu Menggunakan Kontrol PID

Hasil eksperimen dengan menggunakan metode PID menunjukkan waktu *rise time* sekitar 20 menit 9 detik dan *settling time* 1 menit 33 detik dari suhu 102°C hingga 100°C.

I. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan yang di peroleh dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Berdasarkan data respon sistem yang diperoleh dari pengujian menggunakan metode *Ziegler Nichols I* berdasarkan respon kurva S dengan menentukan potongan kurva S untuk menentukan parameter T dan L. Maka parameter Kontrol PID dari hasil perhitungan yang didapat adalah $K_p = 33.45$, $K_i = 0.26$, $K_d = 1.06$

- Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa pengendalian suhu pada larutan Naoh dengan metode kontrol PID menghasilkan respon yang sesuai dan mampu diaplikasikan pada sistem pengendali suhu karena error yang didapatkan 2°C.
- Pengujian pada pengendali tegangan ac juga dapat berjalan dengan baik karena sesuai dengan keluaran variable PWM.
- Pembacaan dpada sensor suhu *thermocouple* tipe k juga memiliki error keseluruhan sebesar 3.0% yang masih bagus untuk digunakan sebagai *feedback* kontrol PID.

SARAN

Saran untuk pengembangan alat yang telah dibuat adalah dengan menggunakan metode kontrol lain dan pengembangan *driver* untuk kontrol *Heater* pemanas sehingga Pemanasan lebih cepat dan konsisten dapat lebih konsisten.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih yang disampaikan penulis kepada institusi Politeknik Negeri Malang yang telah menyediakan fasilitas berupa tempat dan peralatan guna menunjang penelitian yang penulis lakukan sehingga dapat menyelesaikan artikel yang dibuat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. Ameilia and N. Herdyastuti, "Kitin dari Cangkang Rajungan yang Diperoleh Secara Enzimatik pada Tahap Deproteinasi," *UNESA J. Chem.*, vol. 6, no. 2, pp. 81–85, 2017.
- [2] T. ramadhan Zarkoni, "PRODUKSI NANOKITOSAN DARI KITOSAN RAJUNGAN (*Portunus pelgicus*) DENGAN METODE GELASI IONIK DAN," 2019.
- [3] R. Pratiwi, "MANFAAT KITIN DAN KITOSAN BAGI KEHIDUPAN MANUSIA Oleh Rianta Pratiwi "," vol. XXXIX, pp. 35–43, 2014.
- [4] R. Sarwono, "112038-ID-pemanfaatan-kitin-i-kitosan-sebagai-baha.pdf."
- [5] W. Wahyuni, A. Ridhay, and N. Nurakhirawati, "PENGARUH WAKTU PROSES DEASETILASI KITIN DARI CANGKANG BEKICOT (*Achatina fulica*) TERHADAP DERAJAT DEASETILASI," *Kovalen*, vol. 2, no. 1, 2016, doi: 10.22487/j24775398.2016.v2.i1.6039.
- [6] A. Fadli, D. Drastinawati, O. Alexander, and F. Huda, "PENGARUH RASIO MASSA KITIN/NaOH DAN WAKTU REAKSI TERHADAP KARAKTERISTIK KITOSAN YANG DISINTESIS DARI LIMBAH INDUSTRI UDANG KERING," *J. Sains Mater. Indones.*, vol. 18, no. 2, p. 61, 2018, doi: 10.17146/jsmi.2017.18.2.4166.
- [7] E. Mastuti, "PENGARUH KONSENTRASI NaOH DAN SUHU PAD A PROSES DEASETILASI KHITIN DARI KULIT UDANG," *J. Tek. Kim.*, vol. 4, no. 1, pp. 21–25, 2005.
- [8] F. W. Mahatmanti *et al.*, "Pembuatan Kitin Dan Kitosan Dari Limbah Cangkang Udang Sebagai Upaya Memanfaatkan Limbah Menjadi Material Maju," *Inov. Kim.*, no. 1, pp. 1–38, 2022, doi: 10.15294/ik.v1i1.60.
- [9] A. Setiawan *et al.*, "Pengaruh Suhu Deasetilasi terhadap Karakteristik Biokoagulan Kitosan dari Cangkang Kepiting," *Semin. MASTER*, pp. 119–122, 2019.
- [10] A. Khuriati and E. Adi Sarwoko, "Pengendalian Suhu Berbasis PengendaliHidup-Mati, P, Pi, Dan Pid," *Berk. Fis.*, vol. 8, no. 3, pp. 79–86, 2005.