

# Desain Prototip Kontrol pH Nira Tebu dengan Konsep *Overflow* Menggunakan PLC

Akhmad Fahruzi, Andy Dwi Cahyo, Wahyu Setyo Pambudi

e-mail: [fahruziakhmad@itats.ac.id](mailto:fahruziakhmad@itats.ac.id), [andycahyo3@gmail.com](mailto:andycahyo3@gmail.com), [wahyusp@itats.ac.id](mailto:wahyusp@itats.ac.id)

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Teknik Elektro, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, Jalan Arief Rachman Hakim No.100 Surabaya, Indonesia

## Informasi Artikel

### Riwayat Artikel

Diterima 23 Mei 2025

Direvisi 29 Mei 2025

Diterbitkan 31 Mei 2025

### Kata kunci:

Nira tebu  
kontrol pH  
PID

### Keywords:

Sugarcane Sap  
pH control  
PID

### Penulis Korespondensi:

Akhmad Fahruzi,  
Program Studi Teknik Elektro,  
Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya,  
Jl. Arief Rahman Hakim No. 100, Surabaya, Jawa Timur, Indonesia, 60117.  
Email: [fahruziakhmad@itats.ac.id](mailto:fahruziakhmad@itats.ac.id)  
Nomor HP/WA aktif: +62 812-4969-4441

## ABSTRAK

Dalam proses pengolahan nira tebu menjadi gula pasir di industri gula, proses pemurnian nira tebu adalah salah satu faktor yang mempengaruhi kualitas tebu. Cara yang dilakukan pada proses pemurnian nira tebu disebut dengan defakasi yaitu mencampur dengan susu kapur. Tujuannya adalah untuk menaikkan pH nira tebu. Dari permasalahan tersebut maka penelitian ini mengajukan kontrol pH nira tebu dengan konsep *overflow* menggunakan algoritma PID. Sedangkan untuk kontrollernya memakai PLC tipe outseal nano V5 dan sensor pH memakai tipe sen0161. Kontrol PID digunakan untuk mengatur laju aliran susu kapur yang masuk ke tangki mixing melalui pompa. Setelah melakukan beberapa pengujian maka didapat bahwa sensor pH sen0161 memiliki error relative kurang dari 5% dan fluktuasi pembacaan mencapai 4,73%. Pemilihan parameter gain kontrol PID yang pada penelitian ini adalah  $K_p = 0,8$ ;  $K_i = 0,5$  dan  $K_D = 0,2$  sehingga didapat waktu yang diperlukan untuk menaikkan nilai pH nira tebu yang awalnya sekitar 4,5 – 5 sampai ke 7 membutuhkan waktu sekitar 60 detik. Sedangkan untuk nilai overshoot mencapai 19,86% dan error steady state 6,71%. Dan untuk hasil pH nira tebu setelah dikontrol atau yang mengalir (*overflow*) ke tangki pH terkontrol menunjukkan error relatif sebesar 12,28%.

## ABSTRACT

*In the process of processing sugarcane juice into granulated sugar in the sugar industry, refining sugarcane juice is a factor that affects the quality of sugarcane. The method used to refine sugarcane juice is called defakasi, which is mixing it with lime milk. The aim is to increase the pH of sugarcane juice. From this problem, a pH control of sugarcane juice is proposed with the overflow concept using the PID algorithm. For the controller using the outseal nano V5 type PLC and the pH sensor is sen0161. PID control is used to regulate the flow rate of lime milk that enters the mixing tank through the pump. The results showed that the pH sensor had a relative error of less than 5% with a fluctuation of 4.73%. The selected gain parameters were  $K_P = 0.8$ ;  $K_I = 0.5$  and  $K_D = 0.2$  so that the time required to increase the pH value of sugarcane juice which was initially around 4.5 - 5 to 7 took about 60 seconds. While the overshoot value reached 19.86% and the steady state error was 6.71%. And the results of the pH of sugarcane juice after being controlled showed a relative error of 12.28%.*



## 1. PENDAHULUAN

Tebu merupakan bahan baku utama pembuatan gula pasir. Kualitas gula pasir yang dihasilkan tergantung dari kualitas nira tebu atau perasan tebu. Kualitas nira tebu yang kurang baik dapat diidentifikasi dengan nilai pH yang asam yaitu sekitar 5,2-5,5 [1]. Kondisi nira tebu yang asam akan mempermudah proses terhidrolisis yang mengakibatkan kadar sukrosa pada nira tebu menjadi turun dan warnanya berubah menjadi keruh. Untuk mengatasi permasalahan kekeruhan nira mentah maka dilakukan proses pemurnian. Pada produksi gula pasir, proses pemurnian dilakukan dengan cara defakasi yaitu penambahan susu kapur. Penambahan susu kapur bertujuan untuk mengendalikan pH nira tebu mentah [2][3]. Hal ini dikarenakan susu kapur memiliki sifat yang dapat meningkatkan pH. Menurut [4][5], proses defakasi atau pemurnian nira tebu dengan susu kapur akan lebih optimal jika pH pencampuran kedua larutan tersebut mencapai 7. Penambahan larutan susu kapur harus dilakukan dengan tepat karena jika penambahan susu kapur yang berlebih akan meningkatkan pH nira tebu yang menyebabkan terganggunya proses pemurnian sehingga akan menghasilkan gula pasir berwarna gelap [1][6]. Menurut penulis yang telah melakukan kunjungan di salah satu industri gula di Jawa Timur, proses defakasi dilakukan didalam tangki bejana dengan konsep *overflow*.

Berdasarkan ulasan permasalahan diatas maka diperlukan sebuah sistem kontrol yang mampu menjaga ketepatan dan kestabilan nilai pH pada nira tebu agar kualitas gula pasir tetap terjaga. Penulis mengajukan sebuah sistem kontrol pH pada nira tebu dengan konsep *overflow*. Konsep *overflow* yang dipakai pada penelitian ini dimaksudkan agar mendekati konsep *real* yang dipakai di industri gula. Untuk algoritma kontrolnya, kontrol PID (*Proportional-Integral-Derivative*) akan diterapkan di penelitian ini dan PLC sebagai kontrollernya. Pemilihan algoritma kontrol PID dikarenakan algoritma tersebut banyak diterapkan didunia industri dan telah terintegrasi dengan *software compiler* PLC yang digunakan pada penelitian ini. Beberapa penelitian yang berkaitan dengan kontrol pH telah banyak dilakukan tetapi lebih banyak dilakukan pada kasus budidaya ikan, nutrisi pada tanaman hidroponik dan pH tanah [7][8][9][10]. Optimasi jumlah pencampuran susu kapur juga telah dilakukan dalam mencari nilai pH nira tebu yang optimal agar menghasilkan kualitas gula pasir yang tinggi tetapi eksperimen pencampuran susu kapur dilakukan manual secara *trial and error* [5]. Dalam [11], telah diterapkan algoritma kontrol fuzzy untuk mengendalikan pH nira tebu tetapi algoritma tersebut sulit bila ditanamkan ke PLC. Pada penelitian yang diajukan, sistem kontrol pH yang akan dibangun adalah desain prototip skala laboratorium. Algoritma PID ditanamkan ke dalam PLC yang kemudian menghasilkan sinyal kontrol yang digunakan untuk mengendalikan laju aliran susu kapur yang masuk ke tangki bejana (mixing) melalui motor pompa. Fokus penelitian yang dilakukan adalah analisa respon dinamis terhadap pH referensi nira tebu.

## 2. METODE PENELITIAN

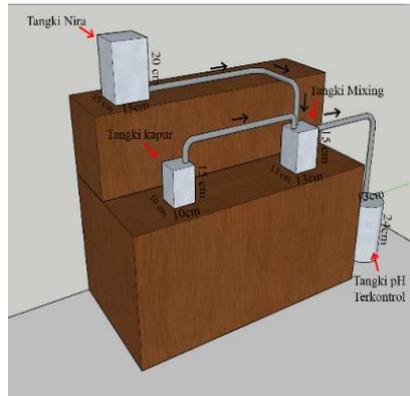
Pada bagian ini akan dijelaskan mengenai tahapan – tahapan perencanaan pembuatan alat kontrol pH dengan konsep *overflow* dengan skala laboratorium. Perencanaan yang dimaksud meliputi perancangan perangkat keras, perangkat lunak, dan perencanaan pengujian untuk melihat performansi alat.

### 2.1 Perancangan Perangkat Keras

#### A. Perancangan Mekanik

Pada bagian sebelumnya telah dijelaskan bahwa alat kontrol pH nira tebu akan dibangun dengan konsep *overflow*. Seperti yang terlihat pada gambar 1, bahwa mekanik dirancang dengan skala prototip laboratorium dimana terdapat 4 tangki yang masing-masing adalah tangki nira, kapur (susu kapur), mixing, dan tangki pH nira terkontrol. Siklus aliran pada gambar 1 ditunjukkan dengan symbol arah panah warna hitam. Awalnya nira tebu dari tangki nira dialirkan secara konstan ke tangki mixing dengan bantuan pompa. Di tangki mixing, pH air nira akan dibaca oleh sensor pH, jika pH air nira dibawah pH referensi maka susu kapur akan dialirkan ke tangki mixing melalui bantuan pompa dengan kecepatan aliran yang terkontrol. Pada saat air nira di tangki mixing sudah penuh maka terjadi *overflow* dimana air nira akan mengalir ke tangki pH terkontrol.



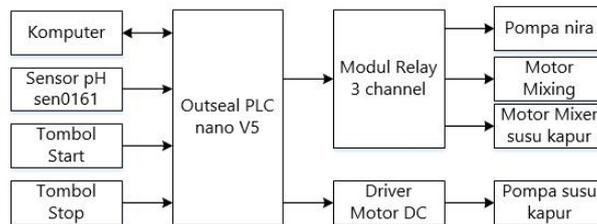


Gambar 1: Desain mekanik kontrol pH nira tebu dengan konsep *overflow*.

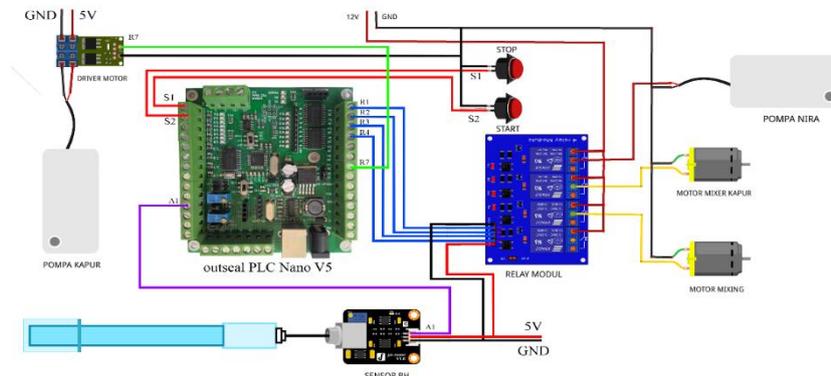
### B. Blok Diagram dan Skema Rangkaian Elektrik.

Blok diagram sistem kontrol pH nira tebu dengan konsep *overflow* ditunjukkan pada gambar 2. Pada gambar 2 dijelaskan bahwa PLC berperan sebagai controller yang mengolah data dari sensor pH yang kemudian menghasilkan sinyal kontrol untuk mengendalikan kecepatan putar dari pompa susu kapur. Untuk memaksimalkan kontrol pH nira tebu maka pada tangki mixing (lihat gambar 1) dilengkapi dengan motor mixer yang berfungsi untuk mengaduk hasil percampuran air nira tebu dengan susu kapur. Semua parameter yang meliputi nilai pH nira tebu, aksi sinyal kontrol akan ditampilkan dan disimpan di komputer (PC) agar memudahkan dalam melakukan analisa performansi alat.

Komponen-komponen yang dipakai penelitian ini ditunjukkan pada gambar 3 dimana sensor pH yang dipakai adalah tipe sen0161 yang memiliki keluaran analog 0-5V [12] dan outseal PLC nano V5 sebagai kontrollernya. Karena alat yang akan dirancang skala laboratorium maka pompa yang dipakai adalah pompa dengan suplai tegangan 5VDC. Outseal PLC nano V5 dipilih karena harganya yang tidak terlalu tinggi serta dilengkapi dengan beberapa fitur seperti analog input dan mampu menghasilkan sinyal PWM yang dapat dimanfaatkan untuk mengendalikan putaran pompa dari susu kapur melalui driver motor.



Gambar 2: Blok diagram alat control pH nira tebu dengan konsep *overflow*



Gambar 3: Skema rangkaian elektrik kontrol pH nira tebu

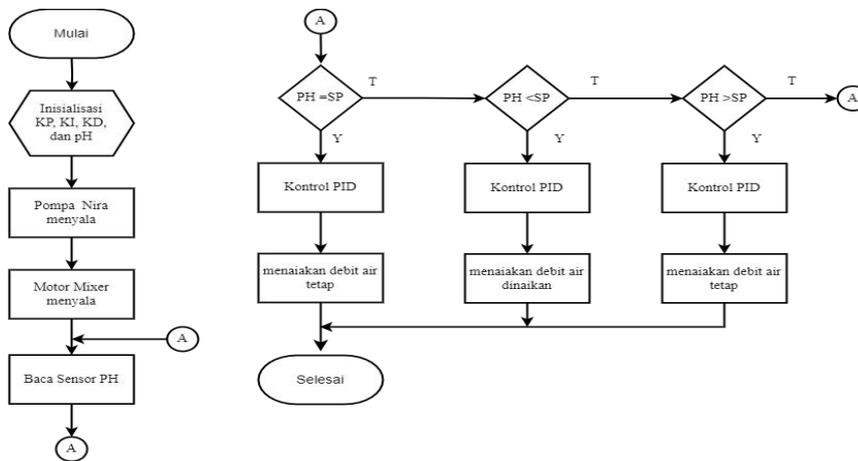


### 2.2 Perancangan Perangkat Lunak

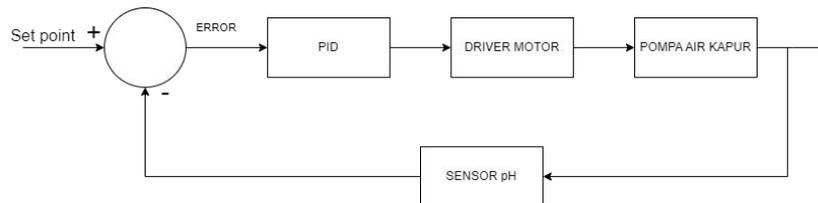
Pada tahapan ini akan dijelaskan rancangan diagram alir penelitian secara keseluruhan dan diagram blok sistem kontrol PID dalam menjaga nilai pH nira tebu sesuai dengan pH referensi. Terlihat pada gambar 4, alat mulai beroperasi ditandai dengan aktifnya pompa nira dan motor mixer. Nira tebu yang telah berada ditangki mixing akan dibaca nilai pH-nya dan kemudian dilakukan perbandingan antara nilai pH aktual dengan pH referensi. Jika pH aktual lebih kecil dari pH referensi maka susu kapur akan dicampurkan ke tangki mixing dengan dosis atau laju aliran susu kapur sesuai dengan besar kecilnya selisih antara pH actual dan pH referensi (*Error*). Dan jika nilai pH aktual lebih besar dari pH referensi maka proses pencampuran susu kapur dengan nira tebu dihentikan. Selanjutnya, jika pH aktual sama dengan pH referensi maka laju aliran susu kapur dijaga konstan.

Gambar 5 adalah diagram blok untuk bagian kontrol PID. Sinyal kontrol *U* adalah sinyal PWM yang diumpangkan ke modul driver motor DC agar kecepatan putar motor pompa susu kapur dapat dikendalikan. Selisih pH aktual dan pH referensi (*Error*) menjadi masukan dari kontrol PID yang kemudian dimanipulasi agar menghasilkan nilai *duty cycle* dari sinyal PWM. Instruksi PID telah tersedia didalam software compiler dari outseal PLC, didalam instruksi PID terdapat beberapa pengaturan parameter seperti *propotional gain*  $K_p$ , *integral gain*  $K_i$ , *derivative gain*  $K_d$ , *set point* SP (lihat gambar 6). Secara matematis, keluaran kontrol PID dirumuskan dengan [13]:

$$R_n = R_{n-1} + K_p(e_n - e_{n-1}) + K_i \frac{e_n - e_{n-1}}{2} + K_d(e_n - 2e_{n-1} + e_{n-2}) \quad (1)$$



Gambar 4: Diagram alir sistem kontrol pH nira tebu



Gambar 5: Diagram blok kontrol PID pada pH nira tebu

SETPID		
Set PID Parameters		
Memory	:	1.10
Set Point	:	102
Kp/100	:	200
Ki/100	:	50
Kd/100	:	200
Integral Err Limit	:	500
PID Out Max	:	1000
PID Out Min	:	-1000
Interval (ms)	:	1
[ Memory + 0 ]	=	PV
[ Memory + 1 ]	=	SP
[ Memory + 2 ]	=	KP
[ Memory + 3 ]	=	KI
[ Memory + 4 ]	=	KD
[ Memory + 5 ]	=	Interval
[ Memory + 6 ]	=	Integral Limit
[ Memory + 7 ]	=	Total Out -Batas Atas
[ Memory + 8 ]	=	Total Out -Batas Bawah
[ Memory + 9 ]	=	CV
[ Memory + 10 ]	=	Error Sum
[ Memory + 11 ]	=	Internal
[ Memory + 12 ]	=	Internal
[ Memory + 13 ]	=	Internal
[ Memory + 14 ]	=	Internal

Gambar 6: Instruksi PID pada software outsell studio



### 2.3 Perencanaan Pengujian

Untuk mengetahui performansi alat maka dalam melakukan pengujian diperlukan evaluasi untuk beberapa indikator yaitu:

- Akurasi dan fluktuasi sensor pH tipe sen0161. Untuk akurasi diekpresikan dalam bentuk *error* relatif dan fluktuasi diekpresikan dalam bentuk koefisien ripple yang dirumuskan sebagai berikut:

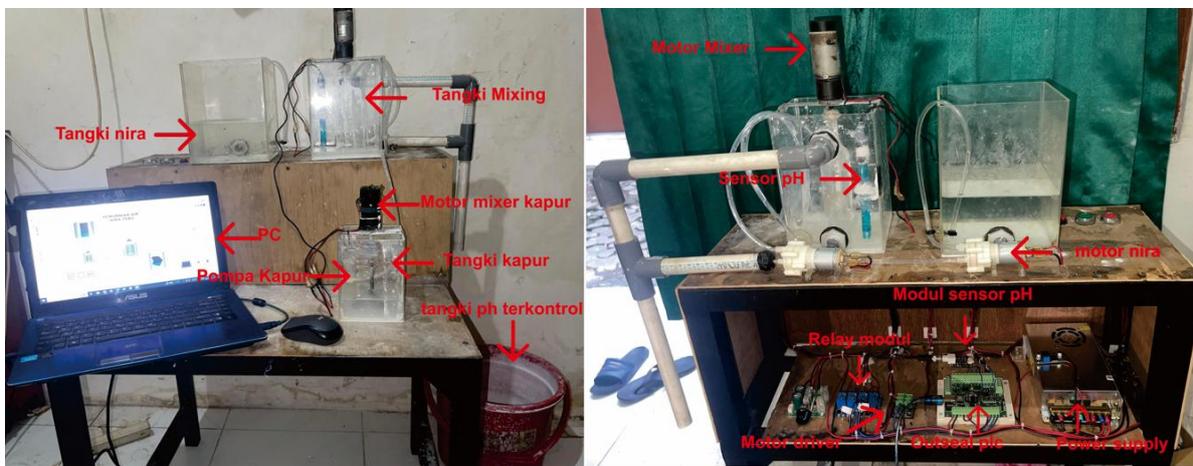
$$C_r = \frac{\Delta x_{pp}}{x_{DC}} \times 100\% \tag{2}$$

$$\Delta x_{pp} = x_{max} - x_{min} \tag{3}$$

- Analisa respon dinamik yang meliputi *overshoot*, *settling time*, *steady state error*.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Desain mekanik prototip yang telah dibuat pada penelitian ini ditunjukkan pada gambar 7. Desain yang telah dibuat memiliki bentuk dan dimensi seperti pada gambar 1. Untuk tangkinya dibuat menggunakan material akrilik dengan tujuan mempermudah pemasangan saluran pipanya.



Gambar 7: Desain mekanik prototip control pH nira tebu dengan konsep *overflow*

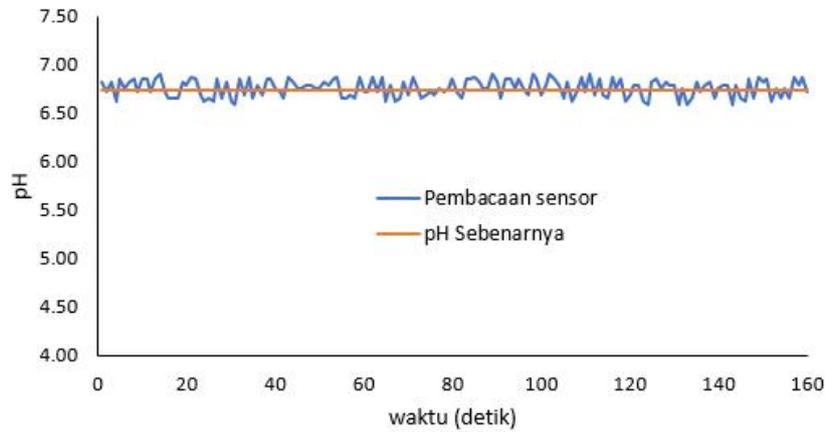
### 3.1 Pengujian Sensor pH

Pada tahap ini, sensor pH sudah terhubung ke PLC dan telah dikalibrasi sesuai dengan karakteristik dari sensor pH sen0161. Untuk melihat akurasi dan kestabilan pembacaan sensor pH tipe sen0161, maka pengujian yang dilakukan terbagi menjadi 2 tahap. Tahap yang pertama adalah melakukan perbandingan dari hasil pembacaan antara sensor pH sen0161 dengan pembacaan oleh pH meter digital. Sedangkan untuk larutan pH *buffer* yang dipakai adalah pH 4, 7 dan 9. Tingkat akurasi sensor pH yang diekpresikan dalam bentuk *error* relatif terlihat pada Tabel 1. Dalam Tabel 1 *error* relatif tidak lebih dari 5%, hal ini menunjukkan bahwa sensor pH sen0161 memiliki akurasi yang baik. Tahap kedua adalah melakukan pengujian pembacaan sesor pH pada larutan atau cairan yang mengalir. Tujuannya adalah untuk mengetahui besar fluktuasi pembacaan sensor. Hasil yang didapat bahwa sensor pH sen0161 memiliki fluktuasi sebesar 4,73%.

TABEL 1. PENGUJIAN SENSOR AKURASI PH TIPE SEN0161

pH buffer	pH meter digital	Pembacaan sensor pH	Error relatif (%)
4	3.47	3.44	0.87
7	6.69	6.39	4.69
9	8.73	8.65	0.92

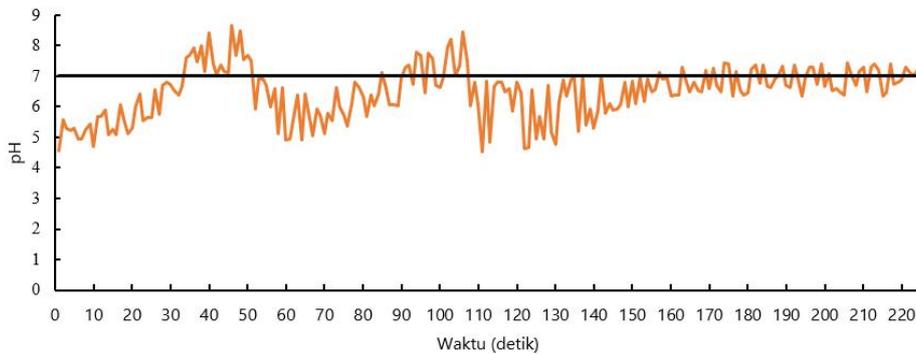




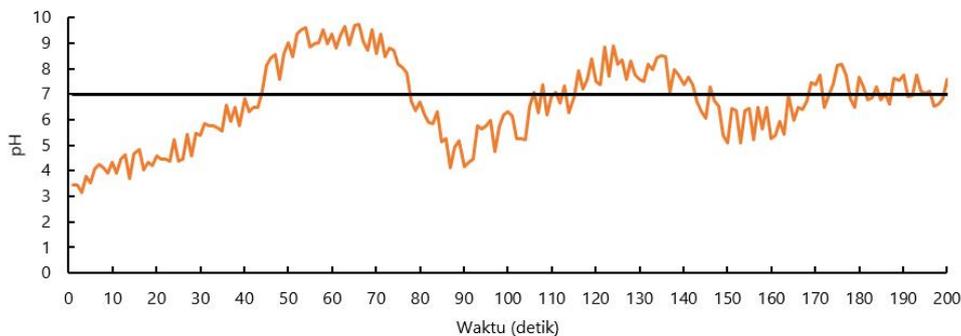
Gambar 8: Respon sensor pH dalam kondisi cairan yang mengalir

### 3.2 Pengujian Kontrol PID

Pada penelitian ini, nilai parameter gain  $K_P$ ,  $K_I$ ,  $K_D$  ditentukan dengan *trial and error* sampai mendapatkan hasil respon dinamik yang optimal. Pengujian dilakukan 4 kali dengan nilai parameter gain yang berbeda-beda. Sebagai perbandingan, beberapa indikator performansi yang dipakai meliputi *rise time*, *settling time*, *overshoot*, dan *error steady state*. Sedangkan untuk media yang dipakai adalah nira tebu dan susu kapur, dimana perbandingan susu kapurnya yang dipilih adalah 15 ml air dicampur dengan 5 gram kapur. Semua perangkat atau komponen pada penelitian ini dioperasikan dengan alur sirkulasi seperti yang dijelaskan pada seksi sebelumnya. Untuk pH referensi yang digunakan adalah 7. Hasil pengujian untuk respon dinamik kontrol PID dengan parameter gain yang berbeda-beda ditunjukkan pada gambar 9 sampai 12 dan perbandingan indikator performansi terlihat pada tabel 2. Dengan mempertimbangkan nilai *error steady state* dan *settling time* maka parameter gain pada kontrol PID yang dipilih adalah  $K_P = 0,8$ ,  $K_I = 0,5$  dan  $K_D = 0,2$ .

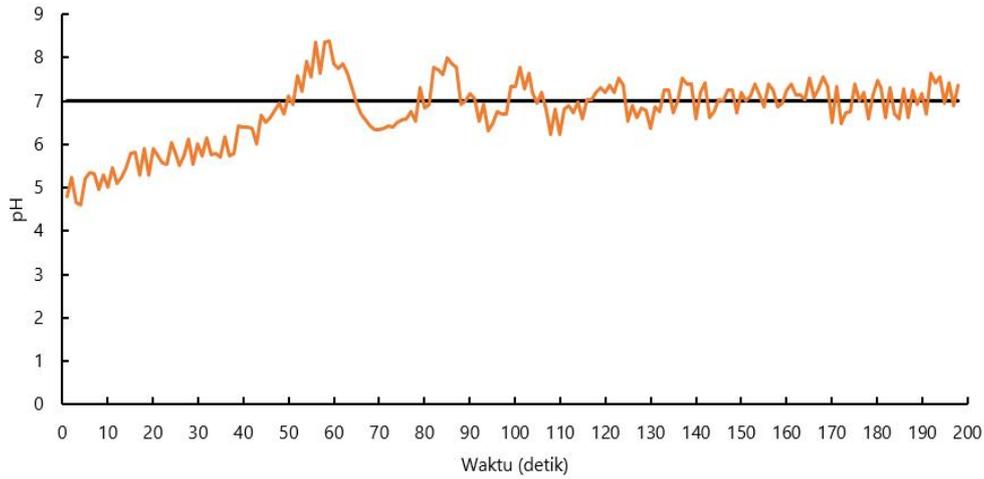


Gambar 9: Respon dinamik kontrol PID saat  $K_P = 1$ ,  $K_I = 1$ ,  $K_D = 1$

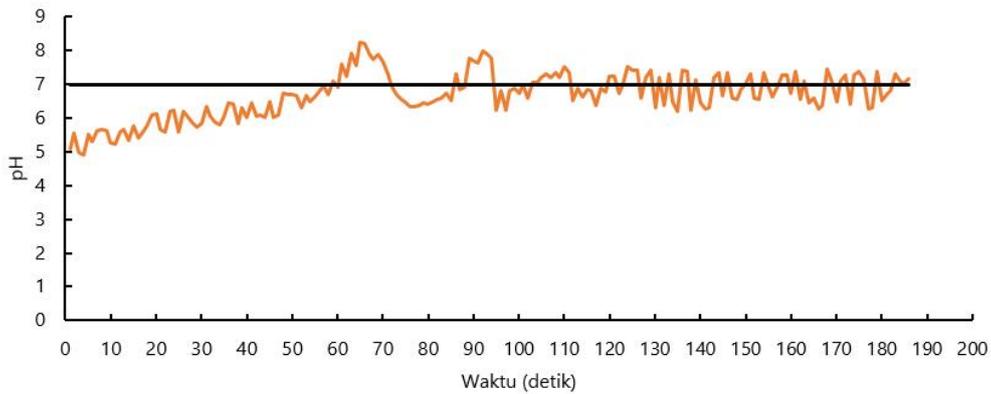


Gambar 10: Respon dinamik kontrol PID saat  $K_P = 1$ ,  $K_I = 0,75$ ,  $K_D = 0,5$





Gambar 11: Respon dinamik kontrol PID saat  $K_P = 0,8, K_I = 0,5, K_D = 0,2$



Gambar 12: Respon dinamik kontrol PID saat  $K_P = 0,5, K_I = 0,3, K_D = 0,1$

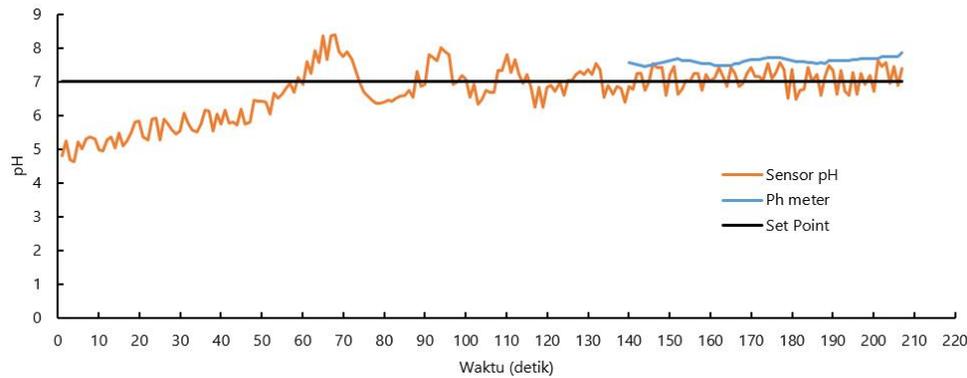
TABEL 2. INDIKATOR PERFORMANSI KONTROL PID

$K_P; K_I; K_D$	<i>Rise time</i> (detik)	<i>Settling time</i> (detik)	<i>Overshoot</i> (%)	<i>Error steady state</i> (%)
1 ; 1 ; 1	35	164	23.9	8.9
1 ; 0,75 ; 0,5	44	174	39.0	18.7
0,8 ; 0,5 ; 0,2	50	145	19.9	6.7
0,5 ; 0,3 ; 0,1	60	124	17.9	11.4

### 3.3 Pengujian Keseluruhan

Setelah parameter gain dari kontrol PID telah ditentukan, selanjutnya melakukan pengujian secara keseluruhan. Pengujian ini dilakukan hampir sama seperti pada pengujian kontrol PID tetapi pada tahap ini dilakukan pengecekan nilai pH yang mengalir (*overflow*) di tangki pH terkontrol. Pada gambar 13 pH referensi (*set point*) yang digunakan adalah 7, sedangkan kondisi pH nira tebu adalah 4,8. Hasil yang ditunjukkan gambar 13 adalah *rise time* = 61 detik, *overshoot* mencapai 19,86% dan *error steady state* 6,71% atau masih dibawah ambang batas yang telah ditentukan. Pada pengukuran tangki pH terkontrol air nira masuk pada detik 142 dengan pH 7,56. Pada pH meter digital yang diletakkan di tangki pH terkontrol menunjukkan nilai pH sekitar 7,43 – 7,86 atau *error* relatifnya sebesar 12,28%.





Gambar 13: Respon dinamik kontrol pH nira tebu

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil beberapa pengujian yang telah dilakukan pada penelitian ini maka dapat disimpulkan bahwa baik atau tidaknya performansi kontrol PID dalam mengendalikan nilai pH nira tebu dengan konsep *overflow* tidak hanya tergantung dari parameter gain kontrol PID tetapi juga diperlukan akurasi dan kestabilan pembacaan sensor pH. Dengan memilih parameter gain  $K_p = 0,8$ ;  $K_I = 0,5$  dan  $K_D = 0,2$  maka waktu yang diperlukan untuk menaikkan nilai pH nira tebu yang awalnya sekitar 4,5 – 5 sampai ke 7 (pH referensi) membutuhkan waktu sekitar 60 detik. Sedangkan untuk nilai *overshoot* mencapai 19,86% dan *error steady state* 6,71%. Dan untuk hasil pH nira tebu setelah dikontrol atau yang mengalir (*overflow*) ke tangki pH terkontrol menunjukkan error relatif sebesar 12,28%. Untuk meningkatkan performansi kontrol pH nira tebu, maka sebagai pengembangan dapat dilakukan dengan memilih sensor pH yang lebih stabil serta menambahkan teknologi IoT agar mempermudah melakukan kontrol dan monitoring.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. Milaniyah, R. D. Chrisandari, and K. D. Setyawan, "Pengaruh Penambahan Susu Kapur Terhadap Nilai Turbidity Nira Tebu Dalam Pembuatan Gula Pasir," *DISTILAT J. Teknol. Separasi*, vol. 8, no. 2, pp. 402–409, 2023, doi: 10.33795/distilat.v8i2.376.
- [2] W. F. Haloho, "Pengaruh Penambahan Larutan Susu Kapur dan Sodium Tripolyphosphate (STPP) terhadap Kualitas Gula Kelapa (*Cocos nucifera* L)," 2014, [Online]. Available: <http://repository.ub.ac.id/id/eprint/149826/>
- [3] A. T. Sudarmaji and S. Hadi, "Pengaruh Penambahan Larutan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  Terhadap Pembentukan Kerak pada Penguapan Nira Tebu," *J. Teknol. Separasi*, vol. 7, no. 2, pp. 634–641, 2021, [Online]. Available: <http://distilat.polinema.ac.id>
- [4] D. M. Erwinda and W. H. Susanto, "PENGARUH pH NIRA TEBU (*Saccharum officinarum*) DAN KONSENTRASI PENAMBAHAN KAPUR TERHADAP KUALITAS GULA MERAH The Effect of Lime Concentration Addition and Cane Juice pH Value on Brown Sugar Quality," *J. Pangan dan Agroindustri*, vol. 2, no. 3, pp. 54–64, 2014, [Online]. Available: <https://jpa.ub.ac.id/index.php/jpa/article/view/52>
- [5] Sariwahyuni, I. Amin, and Kurniawan, "Optimasi Penambahan Susu Kapur Pada Nira Mentah Terhadap Ph Dan Volume Endapan  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  Di Ptpn Xiv Unit Pabrik Gula Takalar," *J. Teknol. Kim. Miner.*, vol. 1, no. 2, pp. 86–89, 2022, doi: 10.61844/jtkm.v1i2.267.
- [6] H. M. S. Silalahi, N. Hafiza, F. M. Tiara, R. Saputri, M. Husnah, and R. Ong, "PENGARUH pH TERHADAP TURBIDITI NIRA ENCIER DAN SUHU IMBIBISI TERHADAP HASIL EKSTRAKSI NIRA SEBAGAI BAHAN PEMBUATAN GULA KRISTAL PUTIH," *CHEDS J. Chem. Educ. Sci.*, vol. 7, no. 2, pp. 174–181, 2023, doi: 10.30743/cheds.v7i2.8133.
- [7] A. Y. H. Putra and W. S. Pambudi, "Sistem Kontrol Otomatis Ph Larutan Nutrisi Tanaman Bayam Pada Hidroponik Nft (Nutrient Film Technique)," *J. Ilm. Mikrotek*, vol. 2, no. 4, pp. 11–20, 2017.
- [8] M. Gregoryan, J. Andjarwirawan, and R. Lim, "Sistem Kontrol dan Monitoring Ph Air serta Kepekatan Nutrisi pada Budidaya Hidroponik Jenis Sayur dengan Teknik Deep Flow Technique," *J. Infra*, vol. 7, no. 2, pp. 1–6, 2019.
- [9] "Perancangan Sistem Kontrol pH dan Suhu Air Menggunakan Metode Fuzzy dan Terintegrasi dengan Internet of Things (IoT) pada Budidaya Ikan Hias".
- [10] A. Rahayuningtyas, D. Sagita, and N. D. Susanti, "Rancang bangun sistem monitoring dan kontrol pH air untuk budidaya ikan lele," *Agrointek J. Teknol. Ind. Pertan.*, vol. 17, no. 1, pp. 97–105, 2023, doi: 10.21107/agrointek.v17i1.14129.
- [11] M. F. Silva Neto, A. M. B. da Silva, E. P. Teixeira, and M. Lucas, "Fuzzy pH control of sugarcane juice for sugar production," *Res. Soc. Dev.*, vol. 9, no. 9, p. e13996321, 2020, doi: 10.33448/rsd-v9i9.6321.
- [12] DFRobot, "PH meter (SKU: SEN0161)," 2021. [Online]. Available: [https://wiki.dfrobot.com/PH\\_meter\\_SKU\\_SEN0161\\_](https://wiki.dfrobot.com/PH_meter_SKU_SEN0161_)
- [13] A. Fahrudi, A. Suryowinoto, and A. Akhmad Suherman, "Rancang Bangun Mesin Penetas Burung Murai Berbasis Mikrokontroler ATMEGA16," *Inst. Teknol. Adhi Tama Surabaya*, vol. 4, no. 2, pp. 93–101, 2018.

