

Rancang Bangun *Prototype* Sistem Pengendalian pH Pada Bejana Karbonator Dengan Skema *Batch Process* Berbasis Mikrokontroler

Roni Heru Triyanto^{1,*}, Satrio Wahyu Rachmawan², Pujiyanto³

^{1,3} Program Studi Teknik Instrumentasi Kilang, Politeknik Energi dan Mineral Akamigas, Cepu Jawa Tengah, Indonesia 55312

² PT. Control Systems Arena Para Nusa, Jl. Ampera No 9-10 Ragunan Jakarta Selatan

Info Artikel

Histori Artikel:

Diterima berkas 02/03/2023

Direvisi 22/05/2023

Disetujui terbit 30/05/2023

Keyword:

pH,
Karbonatasi,
Batch Process,
Arduino,
Labview

ABSTRAK

Prototype sistem pengendalian pH pada bejana karbonator merepresentasikan sebuah proses yang ada di industri gula. Bejana karbonator merupakan sebuah reaktor yang biasanya digunakan sebagai proses karbonatasi di industri gula yang mana prosesnya mengendalikan injeksi gas CO₂ yang masuk. Proses batch merupakan proses yang terdiri dari beberapa tahapan proses dan berjalan secara bergantian serta berurutan. Dalam hal ini kontroler yang akan mengendalikan adalah Arduino dan akan dimonitoring oleh labview. Proses ini terdiri dari proses pengisian, proses netralisasi, kemudian proses mengalirkan ke tahapan selanjutnya, dari hal tersebut dapat diketahui bahwa ada dua parameter yang dikendalikan yaitu level dan pH. Proses batch cukup bagus untuk diaplikasikan, karena nilai pH akhir mendekati dari nilai yang diinginkan. Proses ini memiliki rata-rata error hasil penetralan pH sebesar 6,5 % dan untuk rata-rata akurasi 93,7 %.

ABSTRACT

The prototype of the pH control system in the carbonator vessel represents a process in the sugar industry. The carbonator vessel is a reactor that is usually used as a carbonation process in the sugar industry in which the process controls the injection of incoming CO₂ gas. Batch process is a process that consists of several process stages and runs alternately and sequentially. In this case the controller that will control is Arduino and will be monitored by LabView. This process consists of the filling process, the neutralization process, then the process of flowing to the next stage, from this it can be seen that there are two parameters that are controlled, namely level and pH. The batch process is quite good for application, because the final pH value is close to the desired value. This process has an average pH neutralization error of 6.5% and an average accuracy of 93.7%.

This is an open access article under the [CC BY-SA](#) license.



SPESIFIKASI

Nama Alat	Prototype Sistem Pengendalian pH pada Bejana Karbonator dengan Skema Batch Process Berbasis Mikrokontroler, yaitu Arduino.
Bidang	Instrumentasi Sistem Kontrol
Kegunaan	Peraga sistem pengendalian dengan metoda <i>batch control</i>
Harga Alat	Rp. 1.299.200

*Penulis Korespondensi:

Alamat Email: roniherutriyanto@gmail.com (Roni Heru Triyanto)

1. PENDAHULUAN

Proses pengolahan yang ada di pabrik gula terdiri atas beberapa proses di unit yang berbeda yaitu stasiun penggilingan, stasiun pemurnian, dan stasiun pengemasan. Seluruh proses tersebut dijalankan secara berurutan [1]. Proses karbonatasi merupakan pengembangan dari proses sebelumnya yaitu proses sulfitasi yang mulai ditinggalkan karena kualitas produk gula yang dihasilkan berwarna kecoklatan sehingga kurang memenuhi standar untuk dilatakan sebagai gula premium. Selain itu proses sulfitasi juga menyebabkan kerusakan peralatan karena adanya kandungan sulfur yang terkandung didalamnya. [2].

Proses karbonatasi berlangsung di sebuah bejana atau reaktor bernama *Carbonator Tank* yang berbentuk silinder. Di dalam reaktor terjadi proses karbonatasi yang mana merupakan reaksi antara air tebu yang telah dicampur oleh kapur dengan gas CO₂. Gas CO₂ yang dipakai didapat dari hasil gas buang boiler yang telah melewati treatment hingga dihasilkan gas murni dan bersih. Untuk menghasilkan nilai pH yang diinginkan, maka dilakukan pengendalian pH dengan cara mengatur injeksi gas CO₂ yang masuk sehingga nilai pH yang dihasilkan bersifat netral (pH ± 7). [3].

Pengendalian proses batch adalah suatu pengendalian proses otomatis terdiri atas serangkaian loop control yang bekerja secara berurutan dan bergantian dengan durasi waktu tertentu untuk mendukung proses pereaksian suatu larutan. Sistem pengendalian ini biasa diaplikasikan dalam proses pencampuran di sebuah reaktor untuk memblending suatu produk dengan harapan dihasilkan kualitas produk yang spesifik dan sesuai. [4].

1.1 Proses Karbonasi

Proses karbonatasi terjadi di bejana karbonator yang merupakan reaktor tempat terjadinya reaksi tersebut. Reaksi karbonatasi adalah penginjeksian gas karbondioksida (CO₂) ke dalam suatu larutan yang aplikasinya biasanya bersifat basa [5]. Tujuan adanya proses karbonatasi adalah untuk menurunkan kadar keasaman suatu larutan. Proses karbonatasi dapat mereduksi warna gula menjadi putih. Reaksi karbonatasi dapat dituliskan dalam rumus kimia sebagai berikut :



Gas karbondioksida yang diinjeksikan bersifat asam, sehingga pH awal yang tadinya tinggi akan berkurang. Nilai pH yang akan dihasilkan sebesar 7,0 dan proses ini bisa dijalankan secara batch atau kontinyu. Hal ini dimaksudkan agar gas karbondioksida yang diinjeksikan mengisi ruang-ruang cairan dengan sempurna sehingga nilai pH hasil reaksi bisa memenuhi target. [6].

1.2 Proses Batch

Dalam proses batch yang biasa digunakan di industri makanan dilakukan suatu proses secara bertahap atau berurutan, misalnya pada proses pengisian, pencampuran, pemanasan, dan pengujian. Setiap proses harus melewati beberapa langkah seperti membuka katup atau *valve* ataupun menghidupkan dan mematikan pompa. Standar yang digunakan untuk proses batch ada pada ANSI/ISA-88 (IEC 61512). Pada dasarnya penggunaan *batch control* adalah untuk menjalankan suatu tahapan proses yang saling berkaitan, masing – masing proses biasanya terdiri atas satu rangkaian close loop dengan mode kontrol *on-off* untuk menghasilkan suatu produk dengan spesifikasi tertentu. Dalam aksi pengendalian ini, elemen pengendali akhir hanya ada dua keadaan operasi. Jika sinyal kesalahan timbul, controller mengirimkan sinyal hingga elemen ini (*valve*) berpindah ke satu posisi, dan jika sinyal kesalahan tidak timbul akan menyebabkan perpindahan ke posisi yang lain. [7], [10], [11].

1.3 Mikrokontroler Arduino

Arduino adalah mikrokontroler yang dilengkapi dengan software *open source* dan menggunakan chip ATmega dan didesain untuk memudahkan penggunaan projek elektronik untuk diaplikasikan di berbagai alat otomatis. Hardwarenya mempunyai jenis prosesor Atmel AVR dan bahasa pemrograman dari softwarenya menggunakan bahasa buatan sendiri dengan kata lain bahasanya merupakan penyederhanaan dari Bahasa C. Arduino mega 2560 merupakan board mikrokontroler dengan basis atmega 2560 yang terdiri dari 54 pin digital I/O, dimana 15 pinnya bisa dipakai untuk output PWM, 16 pin digunakan sebagai input analog, dan 14 pin digunakan sebagai port serial hardware dan kabel power USB. Semua komponen tersebut dapat membantu mikrokontroler dalam mengatasi case. Untuk mengaktifkan perangkat tersebut dengan cara memberinya supply dengan menyambungkannya di laptop atau PC lewat kabel USB atau *power supply* yang bisa berupa baterai. [8].

1.4 Labview

Labview adalah sebuah aplikasi berbasis grafis yang biasa dipakai sebagai *interface*. Labview dikenal dengan VI atau *virtual instruments* dikarenakan tampilan dan operasinya bisa menyerupai sebuah instrumen sebenarnya

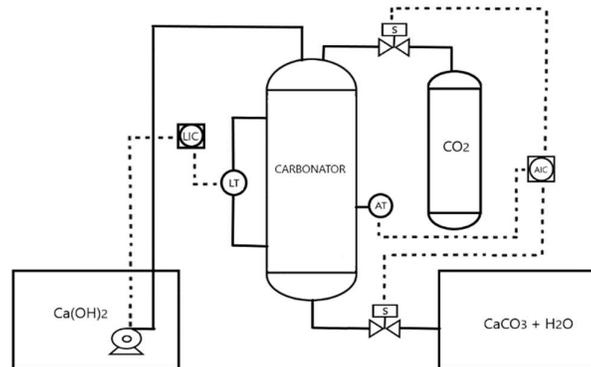
dalam bentuk dan tampilan tertentu. Software Labview terdiri dari tiga komponen utama yaitu *front panel*, *block diagram*, *function palette*, dan *control palette*. Labview bisa digunakan sebagai interfacing sebuah proses berskala prototype atau keadaan industry sebenarnya. Hal ini karena di dalam Labview terdapat banyak beberapa function programming yang bisa merancang sebuah interface yang dapat merepresentasikan sebuah gambaran nyata dilapangan dan masuk dalam kriteria dapat digunakan sebagai HMI. Kegunaan *software* ini antara lain untuk melakukan monitoring kondisi suatu proses secara realtime yang ada di lapangan, memvisualisasikan proses yang saat itu sedang berlangsung, serta mampu melakukan data logging hasil pengukuran beberapa macam variabel proses tertentu (*historical data*). [9].

1.5 Sensor pH Elektroda

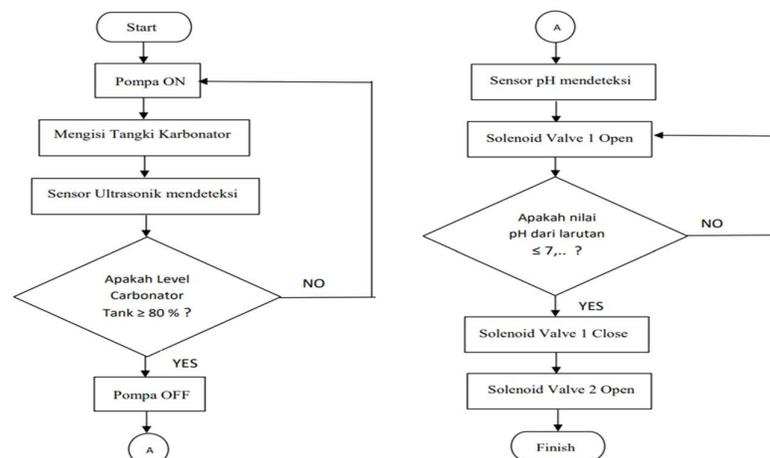
Sensor pH yang digunakan merupakan jenis elektroda yang dilengkapi dengan probe dan modul sensornya. Cara kerja sensor tersebut adalah mendeteksi beda potensial listrik yang timbul antara probe yang mengandung larutan buffer dengan cairan yang akan diuji ketika probe tersebut dialiri arus listrik. Beda potensial tersebut nantinya bisa diperoleh dan diindikasikan bahwa larutan yang diukur bersifat asam atau basa. Sensor pH yang digunakan dalam *prototype* sistem pengendalian pH ini memiliki spesifikasi seperti berikut :

2. METODA

Ketika melakukan rancang bangun sistem pengendalian pH pada bejana karbonator berbasis Arduino, dilakukan dua tahapan umum yaitu tahapan perancangan *hardware* dan tahapan perancangan *software*. Dalam melakukan perancangan disesuaikan dengan *Piping & Instrumentation Diagram (P&ID)* yang telah dirancang seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. P&ID Prototype Sistem Pengendalian pH



Gambar 2. Flowchart Cara Kerja Sistem Pengendalian pH

Sistem pengendalian pH ini terdiri atas beberapa tahapan yang menggunakan skema *batch control*. *Batch control* merupakan salah satu metode pengendalian yang terdiri dari beberapa proses yang berjalan secara

bertahap dan bergantian sesuai dengan keadaan yang diinginkan. Jadi pada skema *batch control* ini suatu proses berjalan sesuai dengan perintah dan ketika proses tersebut telah selesai kemudian dilanjutkan dengan proses berikutnya hingga suatu sistem tersebut mencapai tujuan yang diinginkan. Beberapa proses dalam sistem pengendalian pH ini terdiri atas proses awal yaitu pengisian tangki karbonator, kemudian proses pengukuran level di dalam tangki karbonator, dan dilanjutkan dengan proses pengukuran pH. Kemudian setelah itu terjadi proses karbonatasi yang merupakan proses penginjeksian larutan dengan gas karbondioksida (CO_2) untuk mengendalikan derajat keasaman (pH) dari larutan yang ada di dalam tangki hingga mencapai nilai yang diinginkan. Setelah itu jika nilai pH nya sudah terpenuhi maka larutan akan dialirkan keluar menuju tangki penampungan akhir. Dari rancangan P&ID diatas dapat dibuat sebuah blok diagram proses sistem pengendalian pH seperti Gambar 2.

Pada pembuatan *batch control* dan monitoringnya digunakan aplikasi software yang di upload ke penyedia cloud gratis link-nya di Tabel 1

Tabel 1. Link desain aplikasi/software

Nama Data	Jenis Data	Software	URL Data
Arduino	Program Batch control	Arduino IDE	https://www.arduino.cc/en/software
Labview	Monitoring pH pada Bejana Karbonator	NI Labview 2019	https://getintopc.com/software/circuit-designing/ni-labview-2019-free-download/

Bahan, material, dan komponen yang digunakan dalam pembuatan prototype dapat dijelaskan secara detail melalui Tabel 2

Tabel 2. Daftar link pembelian material

Nama Komponen	Jumlah	Fungsi	Harga	
Kalium Hidroksida ($\text{Ca}(\text{OH})_2$)	200 ml	Cairan reaksi	Rp. 45.000	https://tokopedia.link/7j14kZszb
Gas Karbondioksida (CO_2)	359 g	Gas reaksi	Rp. 95.000	https://tokopedia.link/MPyCMuGZszb
Arduino Mega 2560	1 buah	Main Board	Rp.170.000	https://tokopedia.link/CauwS91Zszb
Sensor pH DFRobot	1 buah	Main Board	Rp. 550.000	https://tokopedia.link/llx7SKg0szb
Sensor Ultrasonic HY-SRF05	1 buah	Main Board	Rp. 19.900	https://tokopedia.link/uol1SsK0szb
Solenoid Valve	1 buah	Main Board	Rp. 175.000	https://tokopedia.link/mj kf6NV0szb
Water Submersible Pump 4212 A	1 buah	Main Board	Rp. 57.900	https://tokopedia.link/ypgDqMy1szb
Single Relay 4 Ch	1 buah	Main Board	Rp. 29.500	https://tokopedia.link/lGH12tK1szb
DC Power Supply 12 Volt SPC LCD with I2C	1 buah	Main Board	Rp. 92.000	https://tokopedia.link/G7fk7PV1szb
pH Meter Digital	1 buah	Main Board	Rp. 30.000	https://tokopedia.link/mEyX71szb
	1 buah	Pengukuran pH	Rp. 34.900	https://tokopedia.link/mM6IL5i2szb
Jumlah:			Rp. 1.299.200	

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

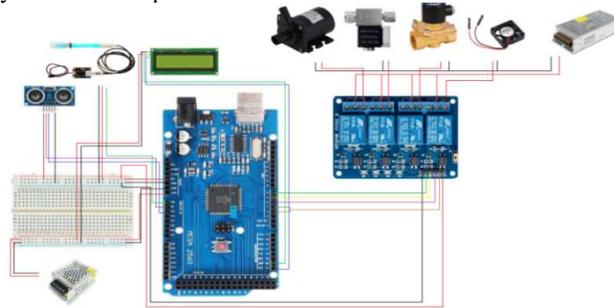
3.1 Implementasi Sistem

Pada rancang bangun sistem pengendalian pH pada bejana karbonator berbasis Arduino bertujuan untuk menerapkan skema *batch process* pada *prototype* yang dibuat yang merepresentasikan proses pengendalian pH pada bejana karbonator di industri. Rancang bangun ini terdiri dari perancangan *hardware* dan *software*, seperti yang terlihat pada Gambar 3.

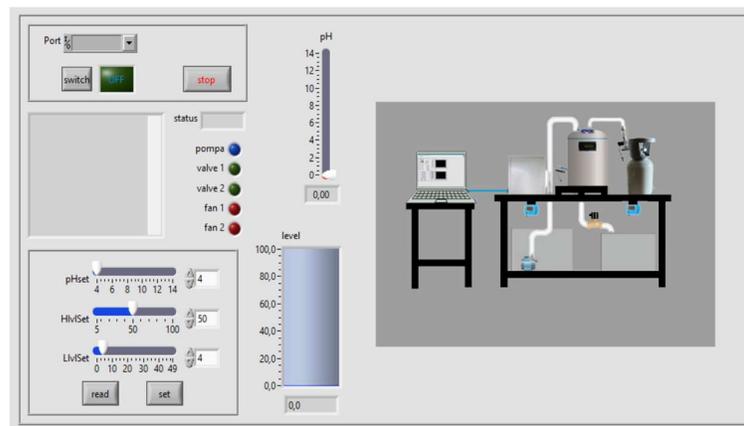


Gambar 3. Prototype Batch Proses

Prototype yang dibuat ini mengimplementasikan proses di bejana karbonator yang biasa diterapkan pada industri. Proses ini berjalan dengan mengendalikan gas karbondioksida untuk mencapai nilai pH cairan yang masuk di bejana karbonator yang biasa disebut dengan proses karbonatasi. Dalam proses ini terdapat dua pengukuran variabel proses yaitu *level* dan pH.



Gambar 4. Wiring Diagram



Gambar 5. HMI untuk monitoring *Batch Process*

Dalam rancang bangun *prototype* sistem pengendalian pH ini, menggunakan dua *software* yang diimplementasikan yaitu Arduino IDE dan NI Labview 2019. *Software* Arduino IDE digunakan untuk memprogram mikrokontroler Arduino agar bisa bekerja sesuai dengan konsep *prototype* yang akan dijalankan. Disana terdapat inisialisasi pin dari sensor dan beban yang akan digunakan serta pengkonversian nilai bacaan sensor menjadi nilai yang dapat dipahami. Sensor adalah digunakan untuk mengukur level dan pH dan ada juga untuk ada keluarannya yaitu selonoid valve, seperti yang terlihat pada Gambar 4. *Software* NI Labview 2019 dipakai untuk *user interface* pada sistem pengendalian pH agar lebih mudah dipahami. Tampilannya meliputi *monitoring* hasil pengukuran sensor dan perubahan nilai *setpoint* dari masing-masing variabel proses yang diukur, seperti yang terlihat pada Gambar 5, dari sana bisa dilihat perubahan yang terjadi dalam proses secara *real time*.

3.2 Analisis pH

Pada tahapan ini dilakukan beberapa pengamatan dari hasil *study case* yaitu mengamati seberapa lama pH berubah pada proses karbonatasi. Dilakukan pengujian pada suatu kondisi yaitu *setpoint* pH 7,0 dan dilakukan pada variasi level 40 %, 45 %, 50 %, 55 %, dan 60 %. Larutan awal yang digunakan adalah air kapur $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dengan nilai pH awal berkisar antara 11,0 – 12,0. Diharapkan nilai pH yang dihasilkan adalah pada range 7,0 sesuai dengan hasil dari proses karbonatasi yang biasa terjadi di industri gula. Berikut tabel 3, yaitu perhitungan *error* dan akurasinya.

Tabel 3. Tabel hasil perhitungan *error* akurasi pada *case setpoint* pH 7.0

No.	<i>Setpoint</i> pH	pH Akhir	<i>Error</i>	Akurasi
1	7,0	6,93	1 %	99 %
2	7,0	6,32	9,7 %	90,3 %
3	7,0	6,44	8 %	92,8 %
4	7,0	6,49	7,2 %	93,2 %
5	7,0	6,52	6,8 %	93,46 %
Rata - rata			6,5 %	93,7 %

Setelah dilakukan perhitungan *error* dan akurasi yang dilakukan, pada *case setpoint* pH 7,0 didapatkan nilai rata-rata *error* sebesar 6,5 % dan rata-rata akurasi sebesar 93,7 %. Dari perhitungan tersebut didapatkan nilai *setpoint* akhir yang mendekati dengan nilai yang diharapkan meskipun belum tepat. Hal ini menunjukkan jika sistem yang diaplikasikan cukup handal dan mampu memenuhi kebutuhan proses yang diinginkan, mengingat proses ini cukup krusial dan berpengaruh terhadap kualitas produk akhir yang akan digunakannya.

4. KESIMPULAN

Batch proses merupakan sebuah proses yang terdiri atas beberapa proses yang berjalan secara bergantian dan berurutan. Pada *prototype* sistem pengendalian pH sangat tepat digunakan Batch proses, yaitu siklusnya terdiri atas: proses pengisian, proses penetralan, dan proses pengaliran produk ke proses selanjutnya. Dan pada batch proses yang digunakannya adalah Arduino dan variabel prosesnya di *monitoring* melalui labview.

Dari percobaan yang dilakukan yaitu pada *setpoint* pH 7,0 dengan perhitungan nilai *error* dan akurasi dari perubahan nilai pH yang dibandingkan alat ukur standar yaitu pH meter digital dapat dilihat bahwa pada *case setpoint* 7,0 nilai *error* rata-rata yang dihasilkan adalah sebesar 6,5 % dan tingkat keakurasianya sebesar 93,7 %.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami sampaikan kepada mahasiswa dan dosen yang membantu untuk selesainya jurnal ini dan industri gula yang menjadikan ide untuk menulis di jurnal ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Septia Purfadila, Dwi Retno Andriani. 2018. “Analisis Peramalan Produksi dan Faktor- Faktor yang Mempengaruhi Produksi Gula Kristal Putih pada Pabrik Gula Mudjopangoong Kabupaten Tulungagung”. Prodi Agribisnis, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya.
- [2] Haris Syukra Pratama, Annisa Kesya Garside. 2021. “ Peningkatan Mutu Gula dengan Metode *DRK (Defekasi-Remelt-Karbonatasi)* pada Proyek Revitalisasi Pabrik Gula Asembagus di Situbondo.” Program Profesi Insinyur, Universitas Muhammadiyah Malang.
- [3] Baikow, Ve. 1982 “ *Manufacture and Refining of Raw Cane Sugar*”. Consulting Sugar Technologist, Miami, Florida.
- [4] Kamel, Khaled. 2020 “ *PLC Batch Process Control Design and Implementation Fundamentals.*” Computer Science Deptment, Texas Southern University.
- [5] Rhong Chen, 2017 “ *Modeling and Optimization of a Fast Fluidized Bed Reactor for Carbonation Reactions.*” Taiwan: Advanced Control Industrial Processes.
- [6] J.C.P Chen, C.Chou, 1993. “ *Cane Sugar Handbook.*”, New York : John Wiley & Sons INC.
- [7] Gunterus, Frans. 1994. “Falsafah Dasar Sistem Pengendalian Proses.” Jakarta: PT. Elex Media Komputindo
- [8] Ari Widiyantoko, Bayu Nugroho. 2019 “ Implementasi Sistem Cerdas Pengontrol dan Monitoring MCB Panel Listrik PLN Secara Terpusat pada Laboratorium IIB Darmajaya“ Fakultas Ilmu Komputer, Institut Informatika dan Bisnis Darmajaya.
- [9] Siswo Wardoyo, Ri Munarto, Vicky Pratama Putra. 2013 “ Rancang Bangun *Data Logger* Suhu Menggunakan Labview. “ Teknik Elektro, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- [10] Febrina Sarlinda, Sarto, dan Muslihin Hidayat, 2018, “ *Kinerja dan Kinetika Produksi Biohidrogen secara Batch dari Sampah Buah Melon dalam Reaktor Tangki Berpengaduk*” Jurnal Rekayasa Proses.
- [11] Salman Yasir Fakhry Putra, Noor Anis Kundari, Kris Tri Basuki, 2016, “ *Perancangan Reaktor Batch Untuk Pemisahan Perak Dari Larutan Bekas Pencucian Film Radiografi*” Jurnal Forum Nuklir (JFN).