

Perancangan Model Simulasi Sistem Kontrol pH pada pengolahan limbah di Reject Treatment Plant PT. KRAKATAU STEEL Dengan Metode Fuzzy Logic

Oktavia Djiah Pratiwi¹, Alimuddin², Ri Munarto³

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Cilegon, Indonesia

¹oktaviadjiahpratiwi@gmail.com, ³rim_munarto@yahoo.com

Abstrak – Reject Treatment Plant (RTP) CRM PT. Krakatau Steel adalah pengolahan limbah pabrik CRM yang apabila tidak dikendalikan dengan baik akan berdampak langsung kepada masyarakat sekitar pabrik. Kadar pH dari limbah tersebut dikategorikan layak di dalam daerah pH 6 sampai 9. Pengendalian pH merupakan proses titrasi antara asam dan basa yang merupakan gabungan dari model statik dan model dinamik. Model statik dibentuk dari hukum kesetimbangan elektronitas berdasarkan reaksi invarian, sedangkan model dinamik dipengaruhi oleh tempat terjadinya reaksi antara asam dan basa yaitu pada Continues Injection Pipe Mixing (CIPM). Sistem kendali menggunakan Logika Fuzzy. Berdasarkan hasil pengujian dalam daerah set point pH set point 5 sampai 10.5, keandalan sistem masih dikatakan baik sesuai batasan yang diberikan oleh pemilik plant.

Kata kunci : pengendalian pH, Continues Injection Pipe Mixing, Logika Fuzzy

Abstract – Vehicle speed estimation methods are widely applied in recent years. One of the methods that can be used is the Kalman filter. Kalman filter is an estimator that is very effective in estimating the system state dynamics involving white noise. In this study, the Kalman filter is used to estimate the variation of the speed of the vehicle. Kalman filter is designed to get input in the form of cascading images of the video recordings of the vehicle. Results of the testing showed that the minimum speed that can be estimated is 20 km / h with an error of 4.25 %. Estimation while the maximum speed is 60 km / h with an error of 0.22 %

Keywords : Estimation of speed, image, the Kalman filter.

I. PENDAHULUAN

Reject Treatment Plant (RTP) merupakan salah satu bagian dari sistem pengolahan limbah yang terdapat di Cold Rolling Mill PT. Krakatau Steel dimana sistem yang digunakan pada saat ini menggunakan pengendalian on-off. Pada sistem pengolahan limbah terdapat beberapa proses sampai akhirnya dibuang dengan syarat pH yang dimiliki limbah tersebut berkisar 6 sampai 9.[1]

Proses titrasi asam dan basa merupakan gabungan dari model statik dan model dinamik. Model statik dibentuk dari hukum kesetimbangan elektronitas berdasarkan reaksi invarian, sedangkan model dinamik dipengaruhi oleh tempat terjadinya reaksi yaitu pada Continues Injection Pipe Mixing antara asam kuat FeCl₂ dan basa kuat Ca(OH)₂.

Pengendalian digunakan Logika Fuzzy. Metode logika fuzzy ditemukan pertama kali oleh Prof. Lotfi Zadeh merupakan operasi if-then dengan menerapkan error (e) dan perubahan error atau delta error. Kendali logika fuzzy ini merupakan bagian dari proses kendali cerdas yang didasarkan atas basis data yang kaidah basis aturannya berdasarkan hasil evaluasi hubungan data masukan dan keluaran. Sistem Pengendalian Logika Fuzzy pada Reject Treatment Plant pabrik Cold Rolling Mill ini diharapkan dapat memperbaiki kinerja sistem yang ada.

Penelitian ini bertujuan untuk mendesain proses pengendalian titrasi asam-basa berdasarkan pada reaksi

invarian [11] sebagai pemodelan reaksinya untuk titrasi pada asam kuat FeCl₂ dan basa kuat Ca(OH)₂. Sedangkan tempat terjadinya reaksi digunakan Continues Injection Pipe Mixing (CIPM). Kemudian untuk sistem kendalinya Logika Fuzzy yang diharapkan menghasilkan respon yang stabil.

II. TEORI PENUNJANG

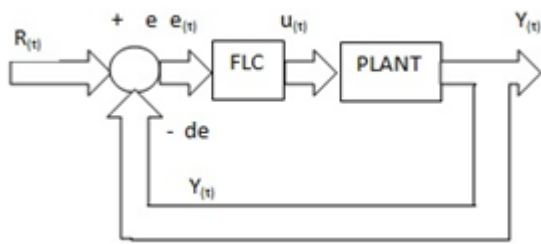
2.1. Derajat keasaman

Derajat keasaman digunakan untuk menyatakan tingkat keasamaan atau basa yang dimiliki oleh suatu zat, larutan atau benda. pH normal memiliki nilai 7 sementara bila nilai pH > 7 menunjukkan zat tersebut memiliki sifat basa sedangkan nilai pH < 7 menunjukkan keasaman. pH 0 menunjukkan derajat keasaman yang tinggi, dan pH 14 menunjukkan derajat kebasaaan tertinggi.

2.2. Kendali Logika Fuzzy

Metode logika fuzzy ditemukan pertama kali oleh Prof. Lotfi Zadeh merupakan operasi if-then dengan menerapkan error (e) dan perubahan error atau delta error. Kendali logika fuzzy ini merupakan bagian dari proses kendali cerdas yang didasarkan atas basis data yang kaidah basis aturannya berdasarkan hasil evaluasi hubungan data masukan/keluaran. Sistem kendali Fuzzy ini diharapkan dapat menyempurnakan sistem yang ada, sehingga dapat digunakan pada plant kontinyu linier maupun tak linier. Diagram blok sistem kendali lingkaran

tertutup dengan menggunakan kendali logika fuzzy seperti pa Gambar 2.1



Gambar 1. Sistem Kendali Loop tertutup dengan FLC

Parameter masukan kendali logika fuzzy berupa sinyal galat e(t) yang dihasilkan dari sinyal referensi R(t) sebagai setpoint dikurangi sinyal keluaran yang dikembalikan ke masukannya Y(t). Sehingga persamaan matematis responnya adalah:

$$e_{(t)} = R_{(t)} - Y_{(t)} \quad (1)$$

Sinyal galat e(t) ini sebagai masukan kendali fuzzy (FLC) setelah melalui proses fuzzifikasi dan defuzzifikasi yang ada didalam FLC menghasilkan keluaran u(t) sebagai masukan Plant.

2.3. Dasar-dasar Pemodelan pada Plant

Pada reaksi titrasi asam basa melibatkan laju aliran dan konsentrasi fluida. Dua hukum kesetimbangan yang berpengaruh pada proses adalah hukum kesetimbangan massa dan hukum kesetimbangan komponen/konsentrasi. Hukum kesetimbangan massa, dipakai jika keadaan massa dalam suatu sistem berubah setiap waktu karena perubahan-perubahan nilai variabel yang mempengaruhinya, biasanya berupa aliran fluida yang masuk dan yang keluar system tangki. Kesetimbangan massa ini memiliki satuan Kg/s, dan dapat dirumuskan secara umum sebagai berikut:

$$\left[\frac{\text{akumulasi suatu massa dalam sistem}}{\text{waktu}} \right] = \left[\frac{\text{total massa yang keluar dari sistem}}{\text{waktu}} \right] - \left[\frac{\text{total massa yang masuk kedalam sistem}}{\text{waktu}} \right] \quad (2)$$

Hukum kesetimbangan komponen, dipakai ketika konsentrasi berubah setiap waktu pada suatu sistem,. Kesetimbangan komponen ini memiliki satuan mol/s. Persamaan hukum kesetimbangan komponen dirumuskan secara umum sebagai berikut :

$$\left[\frac{\text{akumulasi komponen dalam sistem}}{\text{waktu}} \right] = \left[\frac{\text{total komponen yang masuk dalam sitem}}{\text{waktu}} \right] - \left[\frac{\text{total komponen yang keluar dari sistem}}{\text{waktu}} \right] \pm \left[\frac{\text{total bertambah atau berkurangnya komponen karena pengaruh lainnya}}{\text{waktu}} \right]$$

2.4. Komponen Sistem Pengendali pH

Elemen-elemen sistem pengendalian pH diantaranya adalah elemen ukur berupa sensor pengukur pH larutan 0 – 14 berupa electrode gelas, pengendali Logika Fuzzy dan aktuator biasanya dipakai valve.

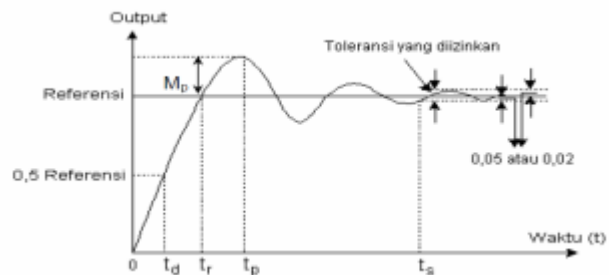
Sensor pH terdiri dari 2 elektrode, elektrode pertama untuk pengukuran dan elektrode lainnya sebagai referensi. Kedua elektrode ini dipisahkan oleh partisi yang terbuat dari gelas padat. Untk sensor pH ini, hubungan pH dengan ion hidrogen dapat dirumuskan dengan persamaan :

$$(3)$$

Perubahan konsentrasi ion hidrogen tersebut kemudian dikonversikan kedalam sinyal output listrik oleh elektrode gelas pH sensor dengan range pengukuran 0 – 14 dan sinyal keluaran 4 sampai 20 mA.

2.5. Analisa Tanggapan Transien

Karakteristik kinerja sistem kendali dinyatakan dalam bentuk tanggapan peralihan terhadap masukan tangga (step). Kurva tanggapan sistem terhadap masukan tangga dapat dilihat pada gambar 2.14



Gambar 2. Kurva Tanggapan Sistem Terhadap Masukan Tangga [2]

Karakteristik tanggapan sistemnya terdiri atas:

1. Waktu tunda, : Waktu tunda adalah waktu yang diperlukan oleh respon untuk mencapai setengah nilai akhir respon yang pertama kali.
2. Waktu naik, : Waktu naik adalah waktu yang diperlukan oleh respon untuk naik dari 10% sampai 90%, 5% sampai 95%, atau 0% sampai 100% dari harga akhirnya. Untuk sistem redaman kurang biasanya digunakan waktu naik 0% sampai 100 %.
3. Waktu puncak, : Waktu puncak adalah waktu yang diperlukan respon untuk mencapai puncak lewatan yang pertama kali.
4. Waktu penetapan, : Waktu penetapan adalah waktu yang diperlukan grafik respon untuk mencapai dan menetap dalam daerah disekitar harga akhir yang ukurannya ditentukan dengan persentase mutlak dari harga akhir (2% atau 5%).
5. Lewatan maksimum (overshoot), : lewatan maksimum adalah harga puncak maksimum dari kurva respon sistem yang diukur dari satu, jikaharga keadaan tunak respon tidak sama dengan satu, maka digunakan persen lewatan maksimum. Nilai overshoot dihitung dalam persen lonjakan maksimum yang didefinisikan :

$$\%Mp = \frac{C(t_p) - C(\text{setpoint})}{C(\text{setpoint})} \times 100\% \quad (4)$$
6. Error steady state (Ess) adalah nilai error yang terjadi setelah mencapai seting point biasa di

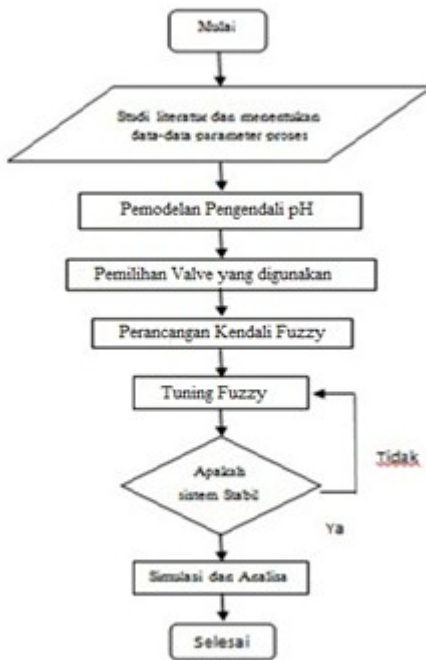
tunjukkan pada nilai osilasi stedy state ini berarti Ess dan Mp memiliki rumusan yang sama akan tetapi nilai yg berbeda pada persamaan (2.17), karena Mp adalah nilai maksimum yang pernah dicapai sedangkan Ess adalah nilai rata-rata error pada saat steady state.

$$\%Ess = \frac{C(\text{rata-rata overshoot}) - C(\text{setpoint})}{C(\text{setpoint})} \times 100\% \quad (5)$$

III. PEMODELAN SISTEM

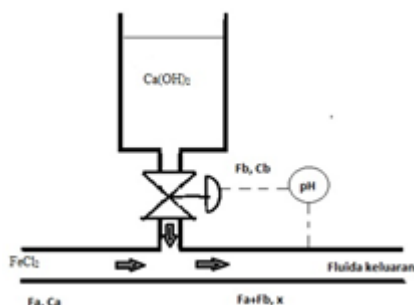
3.1. Alur Penelitian

Adapun tahapan yang dilakukan pada penelitian ini dapat dijabarkan melalui flowchart berikut :



Gambar 3. Flowchart Metodologi Penelitian

3.2. Dinamika Proses



Gambar 5. CIPM dengan dua masukan

Pada gambar 3.2 larutan basa titrasi Ca(OH)2 pada konsentrasi dan laju aliran tertentu akan menetralkan larutan limbah asam effluent FeCl2. Proses pencampuran terjadi di Continuous Injection Pipe Mixing (CIPM) menghasilkan larutan produk dengan konsentrasi tertentu. Persamaan 3.3 akan berubah menjadi :

$$x(t) = \frac{Fa.Ca}{Fa + Fb(t - \theta)} + \frac{Fb(t - \theta).Cb}{Fa + Fb(t - \theta)} \quad (6)$$

Kerangan :

Fa = Laju Aliran influent (l/s)

Fb = Laju Aliran titrasi (l/s)

Ca = Total Konsentrasi influent (M)

Cb = Total Konsentrasi Larutan titrasi (M)

x = Total konsentrasi pada keluaran

θ = Time delay

Data operasi titrasi [FeCl2] oleh [CaOH2] perancangan sesuai tabel 1.

Tabel 1. Data Operasioal Titrasi [FeCl2] oleh [CaOH2]

No	Data Operasional	Satuan
1	Ca	0,001 M
2	Cb	0,007 M
3	Fa	4,1 Liter/detik
4	Fb	0-2.1 Liter/detik

3.3. Model Matematik Elemen Pengendali

Transmitter atau sensor pH yang digunakan adalah jenis elektrode. Sensor ini terdiri dari 2 elektrode, elektrode pertama digunakan untuk pengukuran dan elektrode lainnya sebagai referensi. Kedua elektrode ini dipisahkan oleh partisi yang terbuat dari gelas padat. Hubungan pH dengan ion hidrogen dapat dirumuskan dengan persamaan 3.16. perubahan konsentrasi ion hidrogen tersebut kemudian dikonversikan kedalam sinyal keluaran listrik oleh elektrode gelas pH sensor dengan range pengukuran pH 0 sampai 14 dan sinyal keluaran 4 sampai 20 mA. Sehingga diperoleh gain sensor / transmitter pH :

$$K_{pH} = \frac{\text{span keluaran}}{\text{span variabel terukur}}$$

$$K_{pH} = \frac{20mA - 4mA}{14 - 0} = \frac{16}{14} = \frac{8}{7}$$

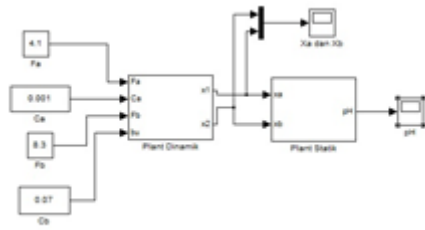
$$G_{pH} = \frac{K_{pH}}{\tau(s) + 1}$$

Diketahui bahwa keluaran dari sensor pH berupa nilai arus 4 mA sampai dengan 20 mA. Nilai ini harus dikonversi terlebih dahulu menjadi nilai tegangan. Setelah konversi dari arus menjadi tegangan kemudian sinyal ini dimasukkan ke dalam ADC (Analog to Digital Converter). Dimisalkan bahwa resolusi dari ADC ini cukup akurat dan proses konversi dari nilai arus menjadi nilai pH kembali berlangsung cepat, sehingga nilai gain dari transmitter ini adalah sama dengan 1. Dengan memberikan nilai time constant 5 detik maka fungsi alih dari transmitter adalah :

$$K_{pH} = \frac{1}{5s + 1}$$

3.4. Perancangan Sistem Lingkar Terbuka

Pemodelan sistem lingkar terbuka digunakan untuk mengetahui hasil proses titrasi tanpa adanya sistem kontrol didalamnya



Gambar 6. Diagram blok sistem lingk terbuca Pemodelan Sistem Lingk Tertutup



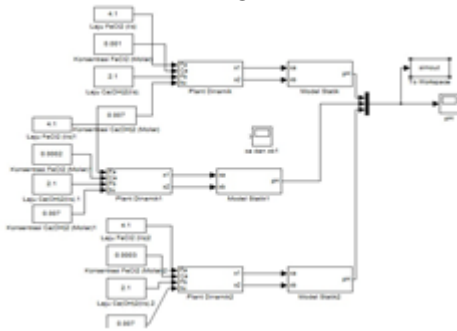
Gambar 7. Pemodelan Sistem Lingk tertutup

IV. SIMULASI DAN ANALISIS

4.1. Pengujian

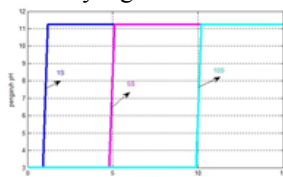
Sebelum perancangan maka di uji pengaruh dari tiap komponen.

1. Simulasi Sistem Lingk Terbuka



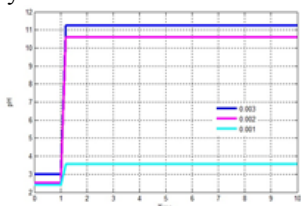
Gambar 8. Pengaruh Terhadap Perubahan Konsentrasi Ca(OH)2

Pada simulasi sistem lingk terbuca ini dijalankan dengan data operasional yang ada.



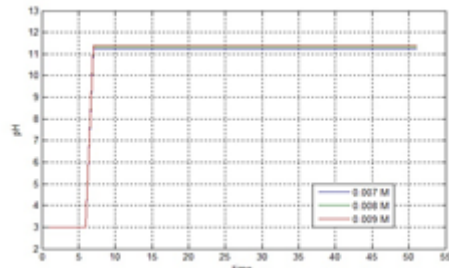
Gambar 9. Pengaruh Time Delay Terhadap Keluaran

Pengaruh waktu yaitu menunjukkan waktu permulaan terjadinya titrasi, misalkan pada saat 1 detik maka proses titrasinya terjadi pada waktu 1 detik, begitu juga untuk waktu yang lainnya.



Gambar 10. Pengaruh Konsentrasi dari FeCl2 dengan nilai konsentrasi Ca(OH)2 tetap Terhadap Keluaran Plant

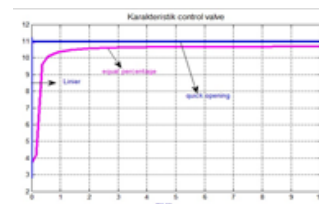
Pengaruh perubahan tingkat keasaman digunakan untuk mengetahui pengaruh perubahan molaritas effluent FeCl2 dan keasaman basa dibuat tetap dengan waktu penetapan diset 1 detik



Gambar 11. Pengaruh Konsentrasi pada Ca(OH)2 dan dengan nilai FeCL2 Tetap terhadap keluaran plant

Untuk perubahan molaritas basa Ca(OH)2 dan molaritas asam dibuat tetap didapat hasil pengujian menunjukkan tidak adanya perubahan yang signifikan pada respon keluaran pH. Dari kedua pengujian di atas, dapat disimpulkan bahwa kestabilan respon keluaran pH sangat sensitive terhadap perubahan konsentrasi atau molaritas asam, tetapi tidak berlaku sebaliknya.

Pada pengujian beberapa aktuator valve yang digunakan seperti ditunjukkan pada Gambar 11, disimpulkan respon keluaran berturut-turut dari yang paling cepat apabila digunakan valve jenis quick opening dan linier, serta jenis equal percentage.



Gambar 11. Pengaruh karakteristik Valve Terhadap Keluaran plant

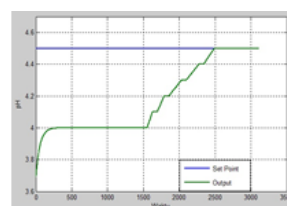
Dalam penelitian ini, digunakan actuator valve jenis linier.

2. Simulasi Closed Loop Sistem

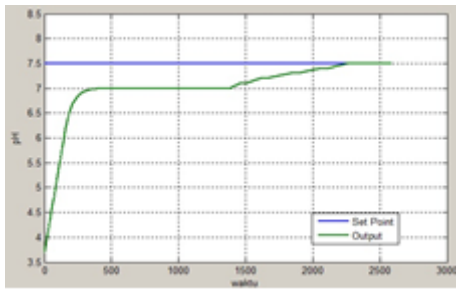


Gambar 12. Diagram blok Sistem Lingk Tertutup

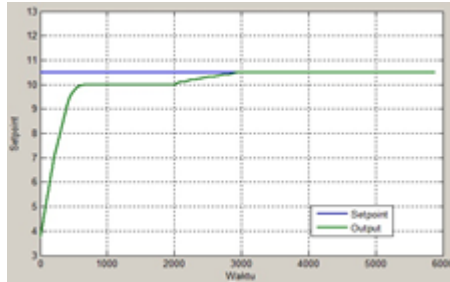
Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui keandalan sistem akibat gangguan yang diberikan pada sistem berupa perubahan set point pH dari pH 4,5 sampai 10,5.



Gambar 13. Output set point 4.5



Gambar 14. Output set point 7.5

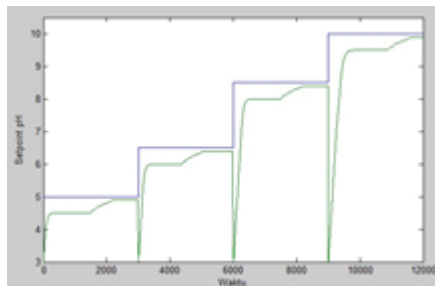


Gambar 15. Output set point 10.5

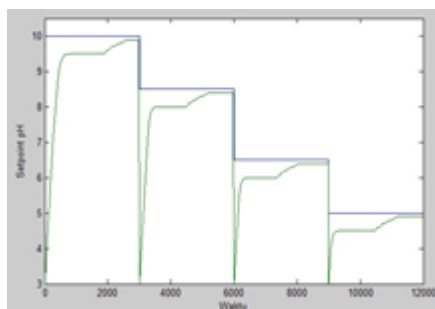
Dari hasil pengujian diketahui peningkatan nilai setting pH akan memperpanjang waktu penetapan system, sehingga akan memperlama terjadinya kestabilan. Mengingat waktu terjadinya kestabilan sistem ini masih dianggap tidak mempengaruhi operasi dari plant, maka disimpulkan bahwa sistem kendali Logika Fuzzy pengendalian pH reject treatment plant masih dapat diterima.

3. Uji Tracking Set Point

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui keandalan sistem yang digunakan terhadap gangguan yang terjadi yaitu sejauh hasil tracking apabila dilakukan gangguan kenaikan dan penurunan pH secara terus menerus



Gambar 16. Tracking Setpoint Naik (5;6.5;8.5;10.5)



Gambar 17. Tracking Setpoint Turun (5;6.5;8.5;10.5)

Dari Gambar 4.11 dan Gambar 4.12, untuk kondisi tracking naik dan turun meliputi range pH 5 sampai 10

dan kebalikannya, disimpulkan bahwa sistem dapat dikatakan andal karena mampu tracking terhadap gangguan yang terjadi yaitu perubahan setting pH dari 5 sampai 10 secara terus menerus.

V. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Penelitian telah berhasil melakukan pemodelan pengendalian pH pada pengolahan limbah di Reject Treatment plant pabrik Cold Rolling Mill PT.Krakatau Steel.
2. Direkomendasikan Valve yang digunakan yaitu valve jenis linier,karena valve cukup mampu memberikan respon yang cepat disamping harga yang reaktif lebih murah disbanding valve jenis quick response ataupun equal [percentage].
3. Penelitian telah berhasil menunjukkan dengan pemodelan sistem dengan logika fuzzy, sistem memiliki keandalan sesuai batasan yang diberikan oleh pemilik plant untuk pengendalian pH diantara 6 sampai 9 dengan waktu penetapan maksimal menit.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] SOP Reject Treatment Plant di Coil Rolling Mill PT. Krakatau Steel
- [2] Ogata, Katsuhiko, Modern Control Engineering edisi ketiga, Prentice Hall, New jersey,1997.
- [3] Kusumadewi Sri, & Purnomo Hari, Aplikasi Logika Fuzzy Untuk Pendukung Keputusan, Graha Ilmu, Yogyakarta, 2002.
- [4] Kuswandi Son, Kendali Cerdas Teori dan Aplikasi Praktisnya, Penerbit Andi, Yogyakarta, 2007.
- [5] Naba Agus, Belajar Cepat Fuzzy Logic Menggunakan MATLAB, Penerbit Andi, Yogyakarta, 2009.
- [6] Cordova, H ; 2004; PID Self-Tuning Based On Auto Switch Algorithm To Control pH; Teknik Fisika, FTI, ITS..
- [7] Peter Yien, Jean ; 2001; Measuring, Modelling And Controlling The pH Value And The Dynamic Chemical State; Helsinsky University Of Technology.
- [8] Mukhlis ; 2010; Proses Titration Asam Basa; Teknik Fisika, FTI, ITS.Rashid Muhammad H, Power Electronic Handbook, Academic Press,Canada,2001
- [9] Lee,Choi; 1999; In-Line Mixer For Feedforward Control and Adaptive Feedback Control Of pH Process; Department of Chemical Engineering, Kyungpook National University.Bejo Agus, Rahasia Kemudahan Bahasa C dalam Mikrokontroler ATMega8535, Graha Ilmu, Yogyakarta, 2008.
- [10] Jun Yuan,Michael Ryan, and James Power:Using Fuzzy Logic (Towards Intelligent System),Prentice Hall Internasional (UK) Limited,1994