

RANCANG BANGUN SISTEM KENDALI ON-OFF DARI PLANT PENCAMPUR PADA PROSES PELINDIHAN PASIR ZIRCON DENGAN AIR

Dewita, Tunjung Indrati, Dwi Retnani I

P3TM-BATAN Yogyakarta

Ardi Pangestu

Mahasiswa Teknik –Fisika UGM

ABSTRAK

Pengelolaan suatu sumber alam didahului dengan penelitian dasar, optimasi proses dan inovasi peralatan baik secara sebagian maupun secara keseluruhan. Rancang bangun sistem kendali on-off dari plant pencampur pada proses pelindihan pasir Zircon dengan air, merupakan salah satu inovasi peralatan secara sebagian. Pengambilan ZrO_2 dari limbah penambangan timah dengan metoda basah melalui proses pelindihan dengan air. Proses pelindihan ini terdiri dari pengumpan, pencampur (dengan pengadukan) dan pemisahan. Rancang bangun sistem ini ditekankan pada sistem elektronik kendali on-off pada bagian pengumpan dan pencampur. Pengujian rangkaian sensor dan aktuator telah dilakukan. Urjuk kerja sistem telah dianalisa. Hasilnya rancangan pengumpan leburan menggunakan conveyor belt perlu diganti dengan feeding screw. Sensor leburan dengan menggunakan LDR hanya dipakai dua buah LDR yaitu pada titik maksimum dan minimum. Pengujian system kendali on-off pada proses pencampuran menunjukkan dengan amplitudo osilasi level ketinggian 2 cm menghasilkan periode osilasi terkecil 3.75 detik dan terjadi 40 kali selama satu jam proses mempertahankan level ketinggian tetap.

ABSTRACT

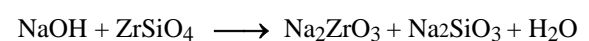
Natural resources processing were begun with basic research, process enhancement and equipment innovation and were done by partially or totally. The design of mixing plant on-off control system at Zircon molten water leaching process was one of the partially innovation. Pulling out ZrO_2 from tin mining waste by wet method using water-leaching process. The processes consist of feeding, mixing and filtering or decanting. The stressing of this paper was at the feeding and mixing part of the electronics on-off controlled system. The sensor and actuator circuits testing have been done. The system performance has been analyzed. As a result the conveyer belt had to be changed by feeding screw as solid feeding equipment. Solid level sensor using LDR were used only two LDR i.e. at maximum and minimum point. The examination of on-off controlled system at the mixing process showed that 2 cm gap or oscillation amplitude afforded minimum period 3.74 second and was occurred 40 times during one hour level stabilization processed.

PENDAHULUAN

Pasir Zirkon merupakan salah satu limbah PT Timah Bangka, didalamnya terkandung unsur ZrO_2 yang dapat dimanfaatkan lebih lanjut ZrO_2 adalah bahan yang sangat strategis dalam berbagai bidang industri baik industri nuklir maupun non nuklir misalnya bahan struktur reaktor daya bertenaga nuklir, industri keramik, cat (pigment), perangkat keras kontainer, perkapalan, galangan kapal maupun pemipaan.^[1]

Pengelolaan suatu sumber alam didahului dengan penelitian dasar, optimasi proses dan inovasi peralatan baik secara sebagian maupun secara keseluruhan. Salah satu tahapan yang akan dilakukan dalam kegiatan ini adalah inovasi

peralatan pelindihan dengan air khususnya bagian pengumpan dan pencampur. Secara keseluruhan proses kimia sbb: Peleburan pasir Zirkon merupakan langkah awal proses, pasir Zirkon dicampur dengan NaOH kemudian dilebur pada suhu 800 °C dengan waktu tertentu. Reaksi peleburan dapat dinyatakan sebagai berikut :



Hasil leburan tersebut dilindih dengan air untuk memisahkan Silikat. Silikat dalam bentuk Na_2SiO_3 tersebut larut dalam air, sedangkan Na_2ZrO_3 tidak

larut dalam air, sehingga pengambilan senyawa Silikat dapat dilakukan.^[2]

Pada penelitian terdahulu telah dilakukan dengan umpan leburan 21 gram pada tahap pelindihan H₂O menggunakan metode basah dan prosesnya dikerjakan secara *batch* didapatkan hasil sebagai berikut:

1. Waktu pelindihan 1 jam.
2. Suhu pelindihan 30° Celcius.(suhu kamar)
3. Kecepatan pengadukan 400 rpm.
4. Volume air suling 300 ml.

Konversi Silikat yang diperoleh pada keadaan ini adalah 57,11 %.^[3] Proses pelindihan dengan H₂O yang dikendalikan secara otomatis diharapkan dapat meningkatkan pelepasan Silikat. Rancang bangun ini merupakan tahapan awal dalam mewujudkan system secara keseluruhan, dilakukan dengan mempertimbangkan peralatan, komponen yang ada dan memungkinkan untuk digunakan. Pengendalian on-off dipilih karena operasionalnya sederhana. Pada penelitian ini lebih ditekankan pada rancang bangun perangkat kendali elektronik, walaupun demikian bagian mekanik pendukungnya diusahakan untuk diadakan secara sederhana.

TATA KERJA

Ada 4 bagian perancangan yang perlu dilakukan yaitu:

1. Bagian pengumpan leburan
2. Bagian pencampur

3. Bagian pengendapan

4. Bagian proses

Pada penelitian ini dengan keterbatasan alat yang ada dilakukan tahapan rancang bangun bagian 1 dan 2.

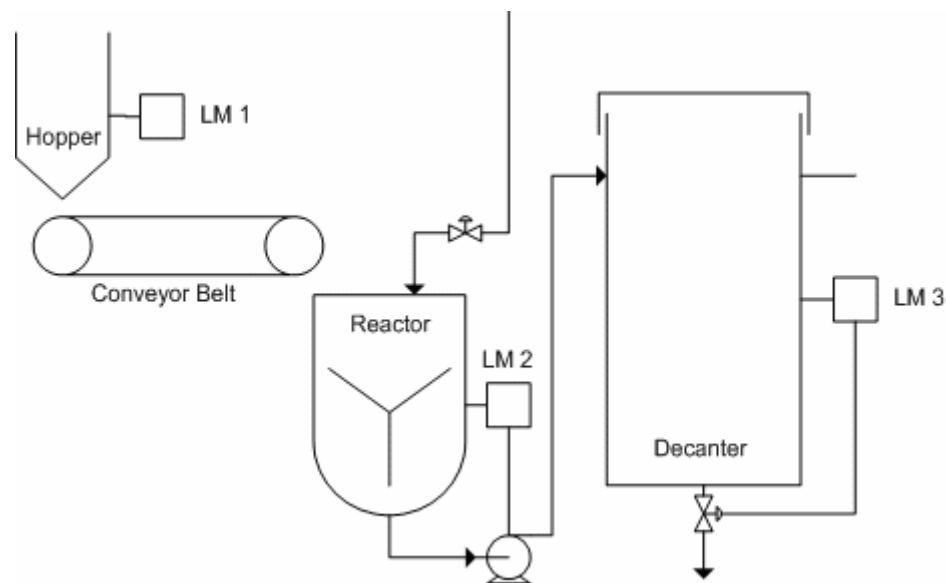
1. Bagian pengumpan leburan :

Menurut acuan 4 sebagai transmisi pengumpan leburan digunakan *conveyor belt*^[4], sedang leburan ditempatkan pada *hopper*. Perancangan perangkat pengumpan harus memperhatikan faktor *angel of repose* (sudut diam) yaitu sudut maksimum terhadap bidang horizontal dimana objek pada bidang miring akan tetap pada posisinya. Tangen dari sudut diam merupakan koefisien gesek. Pada penelitian ini pengumpan yang terdiri dari campuran Na₂SiO₃+Na₂ZrO₃ dengan densitas 2400kg/m³ dan 4560kg/m³ tangen sudut diamnya antara 0.6-1.2.^[5]

Didalam *hopper* terdapat sensor pendeteksi ketinggian level leburan Zr.

2. Bagian pencampur leburan dengan air (H₂O):

H₂O sebagai pelarutnya ditempatkan dalam tabung/bejana yang dialirkan dengan kecepatan alir tetap, dikendalikan dengan membuka dan menutup *valve*. Pengaduk digerakkan oleh motor penggerak tiga phase, kecepatan dibuat tetap 400 rpm. Nilai ini diambil berdasarkan penelitian terdahulu yang merupakan nilai optimum. Didalam tabung pencampur terdapat sensor pengukur tinggi level larutan.



Gambar 1. Bagan pelindihan dengan air.

Cara Kerja Sistem Sebagai Berikut

Leburan yang terdiri dari $\text{Na}_2\text{ZrO}_3 + \text{Na}_2\text{SiO}_3$ dimasukkan ke dalam hopper, ketinggiannya diamati dengan sensor LDR. H_2O dialirkan sampai pada ketinggian yang ditentukan pengaduk berputar. Saat umpan leburan dimasukkan dapat ditentukan oleh pemakai. Umpan pasir dimasukkan kedalam pencampur melalui *conveyer belt*, kecepatan *conveyer belt* terlebih dahulu harus diset secara manual. Ketinggian larutan ditentukan pula oleh pemakai dengan dibatasi nilai maksimum dan minimum. Bila ketinggian larutan telah mencapai nilai yang diinginkan, pompa keluaran dinyalakan. Ketinggian level larutan dipertahankan dengan membuka dan menutup valve H_2O ataupun mematikan dan menyalakan pompa.

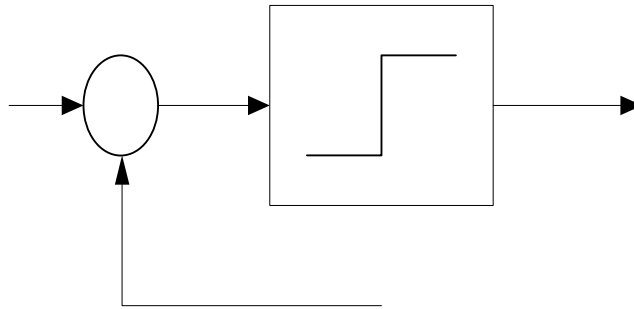
Sistem kendali model *on - off* pada *plant* ini menjaga level ketinggian yang tetap pada pencampur dengan berdasarkan nilai referensi atau *set point* yang diberikan oleh operator. Kendali model ini relatif sederhana, murah, mudah diaplikasikan serta sudah banyak digunakan dalam sistem pengendali diindustri. Anggaphlah sinyal

output adalah $u(t)$ dan sinyal ralat $e(t)$. Dalam kendali dua posisi, sinyal $u(t)$ senantiasa berada pada nilai maksimum atau minimum, tergantung pada sinyal ralat bernilai positif atau negatif, sehingga:

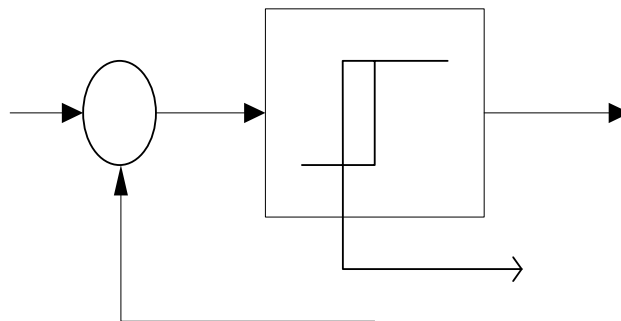
$$u(t) = \begin{cases} U_1, & \text{untuk } e(t) > 0 \\ U_2, & \text{untuk } e(t) < 0 \end{cases} \quad (1)$$

Dengan U_1 dan U_2 adalah tetapan. Nilai minimum U_2 biasanya nol. Diagram blok kendali *on - off* dapat dilihat pada Gambar 2.

Pada Gambar 3 merupakan kendali *on - off* dengan menggunakan *differential gap* atau *dead-band*. Diferensial gap adalah suatu rentang dimana sinyal ralat harus bergerak sebelum terjadi pertukaran nilai *output* kendali. Diferensial gap mengakibatkan sinyal *output* kendali $u(t)$ mempertahankan nilainya sampai sinyal ralat bergerak sedikit melampaui nilai nol dan hal ini sering kali dilakukan untuk mencegah operasi *on - off* yang terlalu sering.^[6] Uji coba yang dilakukan ujicoba aktuator, sensor dan sistem.



Gambar 2. Diagram Blok Kendali *On - Off*.



Gambar 3. Diagram Blok Kendali *On - Off* dengan Diferensial Gap.

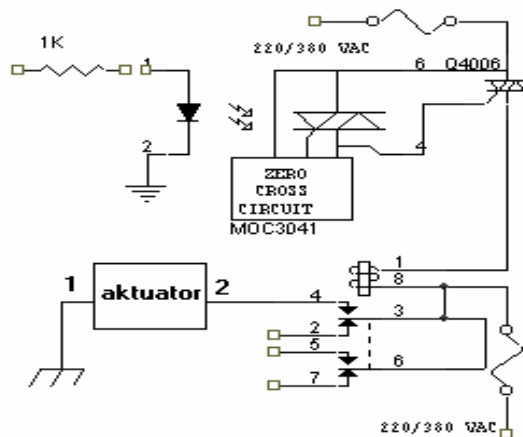
HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian pengumpan leburan, terdiri dari *hopper* dan *Conveyor*.

Kolom *hopper* dibuat dari bahan PVC berbentuk silinder tegak dengan conis 60° berjarak 5 cm dari dasar dan memiliki tinggi keseluruhan 25 cm serta berdiameter 7 cm. Pada bagian bawah tengah *hopper* terdapat sebuah lubang keluaran dengan diameter 0.8 cm. Sudut 60° telah melampaui sudut diam sehingga diharapkan leburan dapat meluncur, selain itu disiapkan pula penggetar elektrik yang bila dibutuhkan dapat diaktifkan.

Conveyor belt terdiri dari dua buah silinder berdiameter 8 cm dan tinggi 25 cm yang terbuat dari bahan aluminium. Kedua silinder tersebut berjarak 40 cm dan dihubungkan oleh sebuah *belt* yang terbuat dari kain yang dilapisi plastik sehingga leburan Zr tidak melekat pada *belt*. *Conveyor belt* digerakkan oleh sebuah motor DC. Untuk menghubungkan antara motor DC dengan *conveyor belt*, salah satu silinder dilengkapi dengan *pulley* berdiameter 10 cm dan pada as motor DC dipasang sebuah *pulley* berdiameter 5 cm.

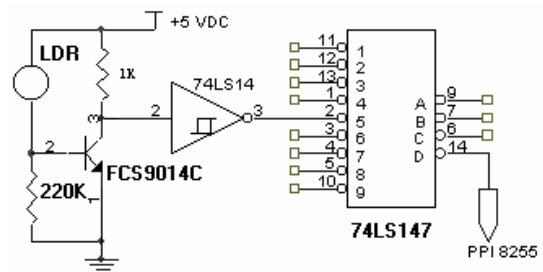
Motor DC dihubungkan dengan pengatur kecepatan merek Multifix MC 1000 FEC. Pengatur kecepatan diset pada kecepatan terendah yang masih mampu untuk menggerakkan *conveyor* yaitu 10 rpm. Motor DC dijalankan dengan mematikan dan menyalakan catu tegangan AC pengatur kecepatan dengan rangkaian seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Driver Aktuator Motor DC, Pom-pa Reaktor dan Pengaduk.

Sensor Level Ketinggian Padatan

Sebagai sensor dipakai LDR (*Light Dependent Resistor*). Jenis LDR yang dipakai jenis koefisien negatif yaitu makin besar intensitas cahaya yang diterima nilai hambatan akan mengecil rangkaiannya seperti pada Gambar 5.^[7] Dengan menggunakan rumus 3, bila $R_{atas} = R_{bawah}$ maka $V_{out} = \frac{1}{2} V_{in}$, bila LDR sebagai R_{atas} makin kecil maka V_{out} akan mendekati V_{in} . Penentuan R_{bawah} sedemikian rupa sehingga perubahan kecil pada R_{atas} cukup untuk menswitch transistor *on* atau *off*. Sehingga bila V_{out} mendekati V_{in} maka arus basis menaik dan transistor FCS9014C akan *on* $V_c = 0$ atau berlogik 0 oleh IC 74LS14 (*schmit trigger*) dibalik menjadi logik 1. Berarti pada saat pasir turun maka kondisi dari logik 0 menjadi logik 1. Apa bila dimasukkan pada enkoder IC 74LS147 masukan harus pada posisi paling atas. Sehingga saat pasir penuh kondisi 0 semua. Karena jumlah masukan enkoder 8 maka jumlah sensor terbatas hanya 8.



Gambar 5. Rangkaian sensor ketinggian level padatan.

$$V_{out} = \frac{R_{bawah}}{R_{bawah} + R_{atas}} \times V_{in} \quad (3)$$

Bagian pencampur leburan dengan air (H₂O), terdiri dari pengaduk pencampur dan pengumpan air.

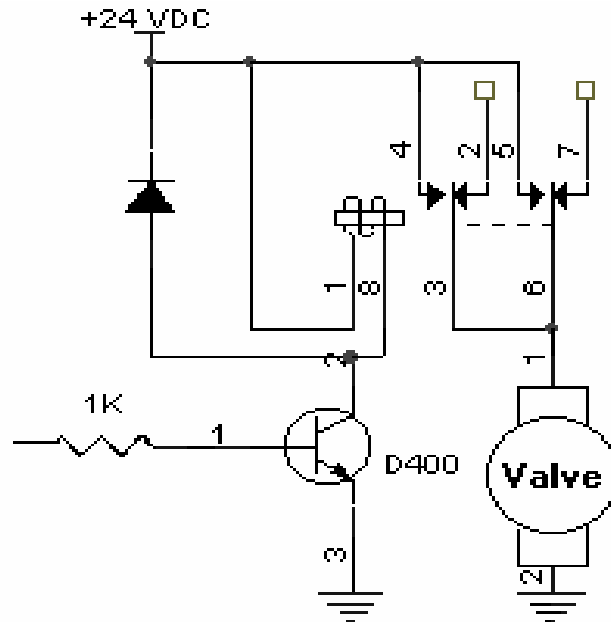
Pengaduk berupa motor 3 phase rangkaian aktuatornya seperti pada Gambar 4 dengan mengganti relay AC dengan *Magnetik Circuit Breaker* (MCB).

Pencampur terbuat dari bahan *fiberglass* berbentuk silinder tegak dengan conis 60° berjarak 5 cm dari dasar dan memiliki tinggi keseluruhan 25 cm serta berdiameter 20 cm. Didalam reaktor terdapat 1 buah *baffle* yang berfungsi sebagai pencegah *vortex* yang mungkin terjadi pada saat pengadukan. Jika *vortex* dapat dicegah pembentukannya maka proses pengadukan yang berlangsung akan lebih sempurna. Pada bagian

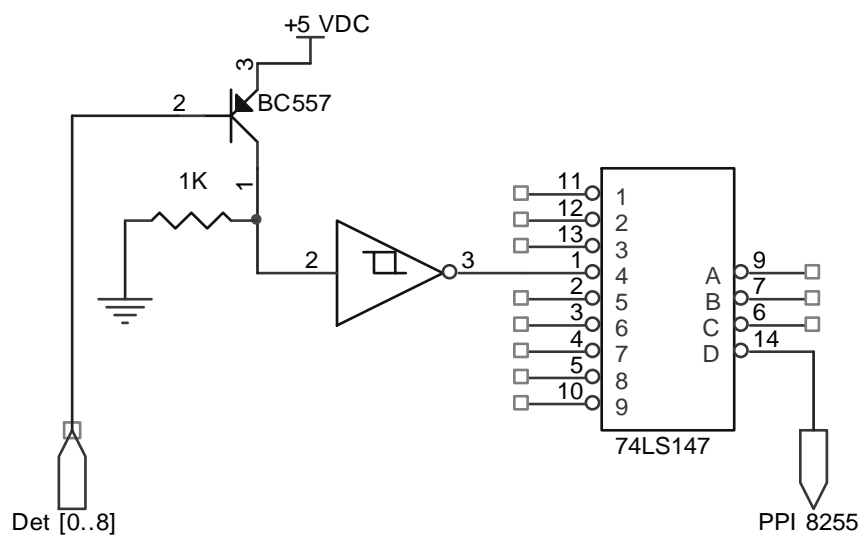
bawah tengah reaktor terdapat lubang keluaran dengan diameter 1,27 cm yang dilengkapi dengan keran, sehingga dapat diatur debit aliran keluar yang diinginkan.

Pengumpan air dilengkapi dengan keran yang dibuka pada posisi maksimum dihubungkan dengan *solenoid valve*. *Valve* pada posisi normal *off* atau aliran terhenti, untuk menyalakan dicatu dengan tegangan 24 Volt DC. Rangkaian aktuator *Driver Solenoid Valve 24 VDC* seperti pada Gambar 6.

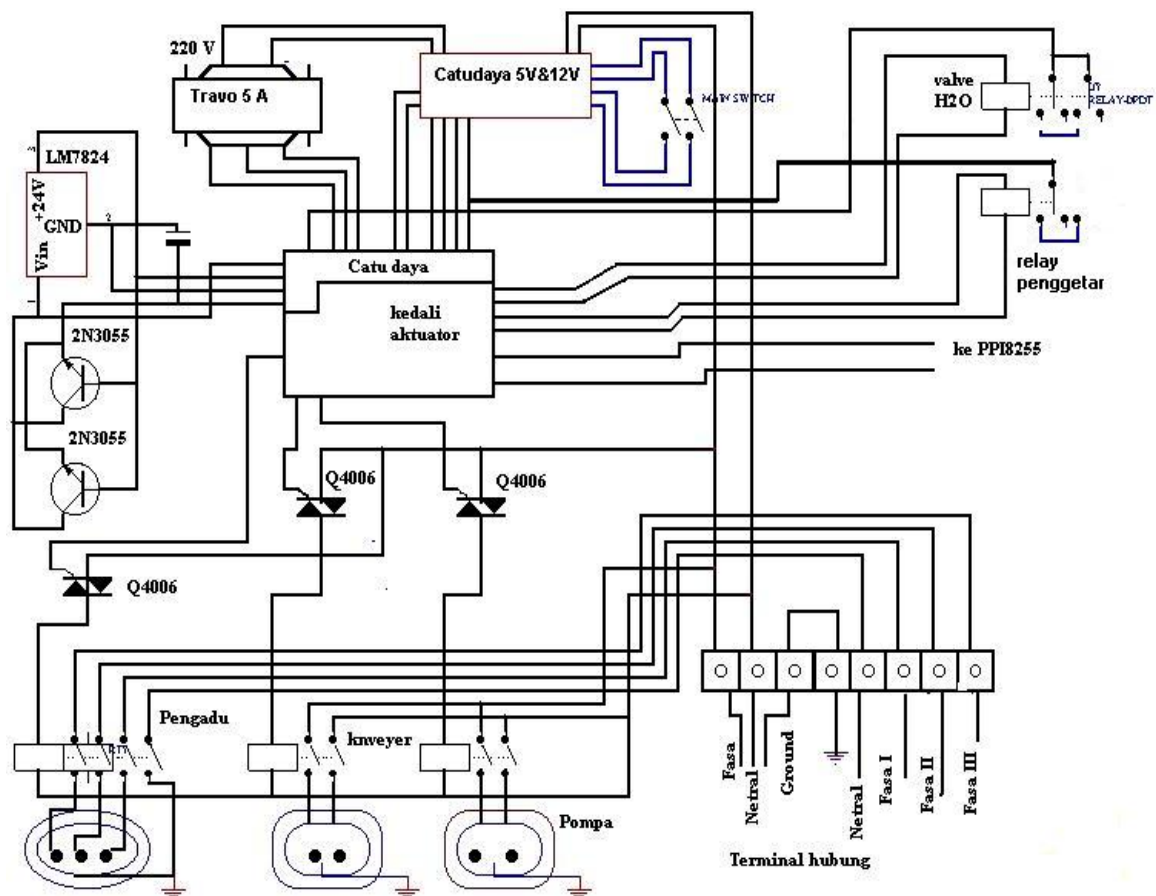
Sensor tinggi level cairan dipakai untuk memonitor tinggi level cairan sesuai dengan yang diinginkan agar dapat dipertahankan volumenya. Perancangan rangkaian sistem pendeteksi ketinggian cairan menggunakan prinsip kerja penghantaran arus. Rangkaian terdiri atas elemen konduktor sebagai sensor pendeteksi level ketinggian cairan, transistor BC557 sebagai penguat sinyal dan saklar elektrik, serta IC 74LS14 sebagai *schmitt trigger* yang berfungsi untuk membalik dan menyempurnakan bentuk sinyal keluaran.



Gambar 6. Aktuator *Driver Solenoid Valve 24 VDC*.



Gambar 7. Rangkaiansensor ketinggian level cairan.



Gambar 8. Bagan aktuator.

Secara keseluruhan bagan aktuator dapat dilihat pada Gambar 8.

Uji Sistem

Uji sistem dilakukan bertahap dimulai dengan uji coba bagian pengumpan leburan. Sensor dapat bekerja dengan baik tetapi saat diuji coba pada system beberapa sensor tidak sama kepekaannya terhadap intensitas cahaya yang masuk. Hal ini akan memberikan data yang salah pada keluaran enkoder. Oleh karena itu sebagai sensor perlu diganti berupa bandul dimana turun naiknya merupakan fungsi ketinggian level padatan. Sensor menggunakan LDR dapat digunakan sebagai indikator maksimum atau minimum level leburan.

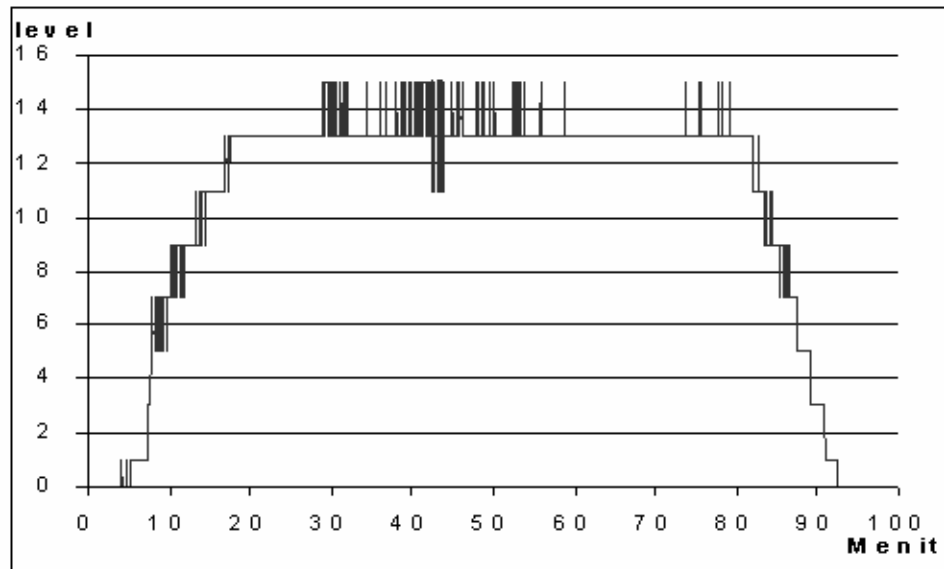
Uji coba *hopper* dan telah dilakukan, dari data pengukuran waktu rata-rata yang diperlukan leburan saat mulai keluar *hopper* sampai ke kolon pencampur 15.33 detik. Berat rata-rata leburan

selama 15.33 detik, 15.25 gram jadi kecepatan alir leburan = 1 gram/detik. Dari data yang didapat aliran leburan tidak kontinyu walaupun sudah menggunakan penggetar, kadang-kadang terhenti karena tersumbat leburan yang berukuran cukup besar. *Conveyor belt* ternyata kurang cocok untuk pengumpan leburan, perlu digunakan jenis *feeding screw* yang mendorong leburan keluar.

Pengujian pencampur leburan dengan air, debit air masuk rata-rata 6.8 ml/detik, debit pompa rata-rata = 5 ml/detik. Garfik pengujian sistem dapat dilihat pada Gambar 9. Tampak perubahan saat *valve off* lebih banyak terjadi dari pada pompa *off* karena debit air masuk lebih besar dari pada debit larutan keluar. Pompa keluaran mulai nyala pada saat ketinggian level mencapai 13 dan mati bila lebih kecil dari 13 (11). Valve mati saat ketinggian 15 dan nyala bila lebih kecil dari 15.

Interface dengan komputer menggunakan paralel port dan PPI 8255 perangkat lunak menggunakan Visual Basic 6. Dari hasil pengujian dengan umpan leburan ada batasan maksimum

konsentrasi leburan dimana pompa sudah tidak mampu mentranfer yaitu lebih besar dari 300 gram untuk volume 5 liter atau 60 g/l.



Gambar 9. Grafik unjuk kerja system pencampur dipertahankan pada level 13.

KESIMPULAN

Sistem pengumpan leburan perlu diganti dengan model *feeding screw*. Merancang *feeding screw* perlu diketahui kecepatan motor terendah yang mampu untuk memutar ulir, sehingga dapat ditentukan berapa volume ulir agar konsentrasi leburan dalam pencampur mampu dipompa (tidak melampaui 60g/l).

Kepekaan sensor masing-masing LDR terhadap intensitas cahaya yang masuk *hopper* tidak sama sehingga bila dipakai sebagai sensor ketinggian leburan lewat enkoder dapat memberikan informasi yang salah, oleh karena itu cukup dipakai 2 buah sebagai indikator tinggi maksimum (pengisian maksimum) dan minimum (tanda leburan habis).

Sistem pencampur leburan dengan air dapat dikatakan telah bekerja dengan baik. Dengan amplitudo fluktuasi 2 cm periode terpendek 3.75 detik terjadi 40 kali selama 1jam pada level ketinggian yang dipertahankan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan pada Bapak Sujimin dan Bapak Yusuf atas beberapa saran yang bermanfaat, serta Puji, Chodari dan

Endri siswa SMK Negeri 3 Yogyakarta yang telah banyak membantu pelaksanaan dan mendokumentasikan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. TUNDJUNG Y. I., DEWITA, LEGOWO, PRIHATININGSIH C. M., *Model Matematik Untuk Rancang Sistem Kendali Proses Pelindihan*, Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Penelitian dan Pengolahan Perangkat Nuklir, P3TM Batan, Yogyakarta, Indonesia, 2000.
2. LAPORAN TEKNIS, *Optimalisasi Pengolahan Pasir Zr Menjadi ZrO₂ Dengan Metoda Basah*, P3TM Batan – BPPT, Yogyakarta, Indonesia, 2003.
3. SUDJOKO, D., MUZAKKY, *Pengambilan Silikat Dari Hasil Peleburan Pasir Zr Dengan Pelindihan Memakai Air*, P3TM Batan, Yogyakarta, Indonesia, 1985.
4. WIDAYATI, W. T., *Pra Rancangan Pabrik Kimia Pembuatan Zirkon Oxychloride dari Pasir Zirkon Kapasitas 35 Ton per Hari*, Skripsi, Fakultas Teknik Kimia, Universitas Pem-bangunan Nasional, Yogyakarta, 1990.
5. CONSIDINE, M. D., *Process Instruments and Controls Handbook Third Edition*, McGraw

- Hill-Companies Inc., United States of America, 1985.
6. ECKMAN, P. DONALD., *Automatic Process Control*, John Wiley and Sons Inc., United States of America, 1967.
7. http://www.doctrionics.co.uk/ldr_sensors.htm.

TANYA JAWAB

Endiah PH

- Pemilihan alat *feeder* adalah jenis bahan yang dalam *feeder* dikuatkan, *capacity*, dll., mengapa jenis *feeder* tidak dapat ditentukan dari awal mengapa ini menjadi salah satu kesimpulan?

Dewita

- Dari segi pembuatan *Hiring Conveyor Belt* lebih mudah dan variabelnya tidak terlalu banyak (kecepatan motor). Pemilihan *konveyor belt* juga bertujuan mengaplikasikan rancangan pabrik dari literatur 4.

Saminto

- Untuk lebih menghemat/lebih ekonomisnya, bagaimana bila sistem ini menggunakan mikro kontroler atau PLC?

Dewita

- Dengan PLC secara teoritis memungkinkan demikian pula bila menggunakan mikro kontroler. Untuk mikro kontroler menurut pendapat saya lebih boros, sedang untuk PLC lebih mahal dibandingkan menggunakan PPI8255 dan paralel port.

Subari S.

- Mohon dijelaskan sistem aktuator, mengapa menggunakan 2 buah PPI 8255 padahal masing-masing terdapat 24 bit I/O?

Dewita

- PPI 8255 hanya satu buah dan tidak hanya dipakai untuk aktuator luaran (4) tetapi juga dipakai sebagai masukan (ada 3×4 masukan) jadi membutuhkan 16 jalur.