

RANCANGBANGUN SISTEM KENDALI EKSTRAKSI URANIUM DENGAN MEMBRAN EMULSI CAIR SINAMBUNG

Subari Santoso, Djoko SP, Muhadi AW
P3TM - BATAN

ABSTRAK

RANCANGBANGUN SISTEM KENDALI EKSTRAKSI URANIUM DENGAN MEMBRAN EMULSI CAIR SINAMBUNG. Telah dilakukan rancangbangun perangkat keras dan lunak untuk pemisahan uranium menggunakan personal komputer. Sistem berfungsi sebagai pengendali suhu, kecepatan pengadukan dan pompa aliran pada proses ekstraksi. Rangkaian pengalamat, perantara data paralel D8255C-2, penguat arus dan motor stepper. Pengujian terhadap pengukuran suhu air pada laju aliran 10 ml/det. pada suhu proses 72 °C dan 80 °C masing-masing adalah 72,89 °C dan 81,25 °C, sedang pengujian terhadap sistem ADC dan rangkaian penguat menunjukkan linearitas yang baik terhadap nilai yang diharapkan dengan koefisien linearitas sebesar 0,999 pada kecepatan pengadukan 400 rpm. Dengan pembuatan sistem kendali ini akan meningkatkan unjuk kerja sistem proses ekstraksi uranium dengan membran emulsi cair sinambung.

ABSTRACT

DESIGN AND CONSTRUCTION OF CONTROL SYSTEM FOR EXTRACTING URANIUM BY CONTINUOUS LIQUID EMULSION MEMBRAN. The interface of computer based process control for Uranium separation has been designed and constructed. The system function is for controlling the temperature, stirring velocity and pump flow of extraction process. The interface card consist of temperature transducer, voltage amplifier, 12 bit ADC system, address decode, peripheral Paralel Interface D8255C-2, current amplifier and motor stepper. The testing on water temperature measurement with flow rate of 10 ml/sec at the process temperature of 72 °C and 80 °C are 72,89 °C and 81,25 °C respectively. The testing made to the ADC and amplifier systems shows good performance of the expected values, with linearity is 0,999. At the stirring velocity of 400 rpm the efficiency of continuous extraction system is 66,89%. By the control system the performance of uranium extraction process by continuous liquid emulsion membran can be enhanced.

I. PENDAHULUAN

Dalam pengoperasian reaktor nuklir membutuhkan bahan bakar dan pada umumnya menggunakan uranium. Bahan ini diperoleh dari alam maupun dari proses daur ulang limbah bahan bakar yang berbentuk campuran. Untuk proses pemurnian uranium dari campuran dikenal beberapa macam metode, seperti pengendapan, kristalisasi, kromatografi dan metode ekstraksi. Diantara metode pemisahan maupun pemurnian, metode dengan teknologi membran emulsi merupakan teknologi yang masih baru. Pada proses ekstraksi biasa, proses ekstraksi dan re-ekstraksi dilakukan dengan tahapan-tahapan tersendiri, namun pengembangan dari ekstraksi pelarut biasa yang kemudian dikembangkan menjadi ekstraksi membran emulsi cair dengan menyatukan proses ekstraksi dan re-ekstraksi dalam satu tahapan proses. Di Bidang Tekno Kimia P3TM BATAN sedang dikembangkan metode ekstraksi membran emulsi cair sinambung. Dengan metode ini diharapkan dapat memperbaiki

efisiensi dan mengurangi pekerjaan operator, tahapan proses pada ekstraksi emulsi cair yang biasa dilakukan selangkah demi selangkah secara manual dan telah disatukan dalam suatu sistem yang dikontrol oleh komputer. Dengan demikian diharapkan peralatan ini akan dapat melaksanakan tahapan-tahapan tersebut secara cepat dan efisien. Peralatan pendukung yang diperlukan antara lain adalah peralatan pengatur suhu pada proses pemecahan membran, pengatur posisi potensiometer untuk mengatur kecepatan motor pengaduk cairan ekstraksi, paralel interface untuk pengendali on/off relay sebagai pengendali pompa distribusi cairan ekstraksi dan membran ke sistem kolom. Dengan adanya sistem penunjang tersebut maka dapat dilakukan rancang bangun sistem pengatur suhu untuk kolom pemecah membran, membuat sistem mekanik dan membuat sistem kendali pompa distribusi cairan dalam proses tersebut. Karena penelitian ini merupakan tahap awal yang diharapkan dapat berkelanjutan maka perlu batasan permasalahan yaitu :

1. Rancang bangun yang dilakukan dilengkapi dengan sistem perekam data suhu dan dapat disimpan dalam file, kisaran suhu proses pemecah membran ekstraksi antara 70 °C – 80 °C.
2. Posisi potensiometer digerakkan oleh motor stepper 0° kecepatan minimal, 300° kecepatan maksimal melalui sistem penguat yang dikendalikan oleh perantara data paralel dan personal komputer.
3. Mengaktifkan peralatan pemanas dan pompa distribusi cairan ke kolom-kolom ekstraksi dan pemisahan.
4. Membuat perangkat lunak yang untuk mengoperasikan perangkat keras sesuai dengan proses ekstraksi sinambung.

Untuk itu perlu dibuat alat yang dapat menjalankan dan memantau proses secara otomatis dengan memanfaatkan teknologi komputer.

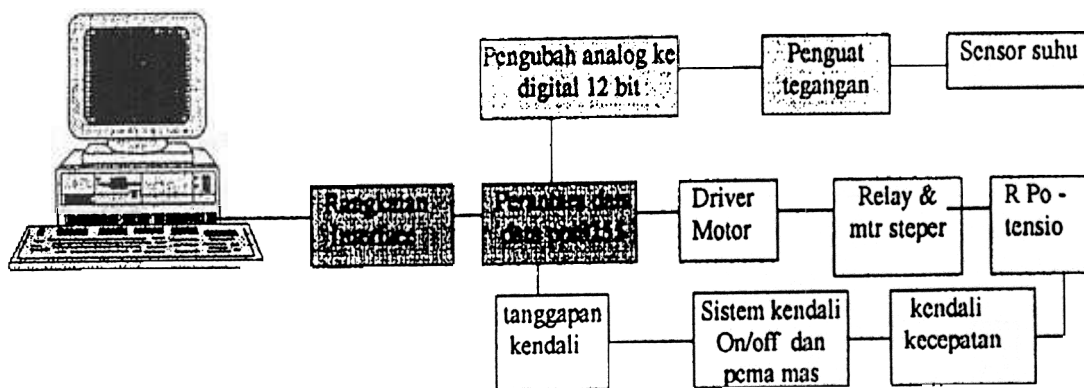
II. TATA KERJA DAN PERCOBAAN

A. Prinsip Kerja Perangkat Keras

Perancangan sistem kendali pemisahan uranium menggunakan personal komputer ditunjukkan pada Gambar 1.

Prinsip kerja Perancangan Sistem Ekstraksi Sinambung adalah sebagai berikut :

- Sensor suhu mengeluarkan sinyal analog orde (0-100) mVolt dan masuk ke sistem penguat tegangan.
- Sistem penguat tegangan mengubah tegangan masukan menjadi orde 0-5 Volt dan masuk ke ADC 12 bit type AD574.
- Masukan analog 0-10 Volt diubah oleh AD574 menjadi sinyal digital 12 bit digunakan sebagai masukan PPI8255.
- Melalui perantara data paralel 8255 dan rangkaian pengalamat data masuk ke sistem personal komputer untuk diolah sesuai dengan rancangan perangkat lunak yang dibuat.
- Pembacaan suhu oleh komputer akan menentukan langkah selanjutnya, yaitu sistem pemecah membran harus on atau off. Jika On maka komputer akan mengirimkan 4 data digital melalui PPI8255, rangkaian penguat arus, menggerakkan motor stepper untuk memutar potensio dan mengendalikan kecepatan sistem pemecah membran.
- Kecepatan putar sistem pemecah membran akan memberikan tanggapan kendali dibaca oleh komputer apakah kecepatan diperbesar ataupun diperkecil melalui pemutaran R potensio.
- Perangkat lunak akan selalu membandingkan pembacaan sensor suhu untuk menjalankan dan memantau proses secara otomatis menghidupkan atau mematikan relay untuk mengatur kecepatan putar sistem pengaduk dan sistem pemecah membran.



Gambar 1. Perancangan Sistem Ekstraksi Sinambung.

1. Rangkaian Sensor Suhu

Terdapat beberapa jenis sensor suhu diantaranya adalah *thermocouple*, *positive temperature coefficient (PTC)*, *negative temperature coefficient (NTC)*. Pada penelitian ini, untuk pengukuran suhu digunakan *NTC*, yaitu variabel resistor yang memiliki nilai resistansi yang berubah-ubah menyesuaikan suhu yang diukur.

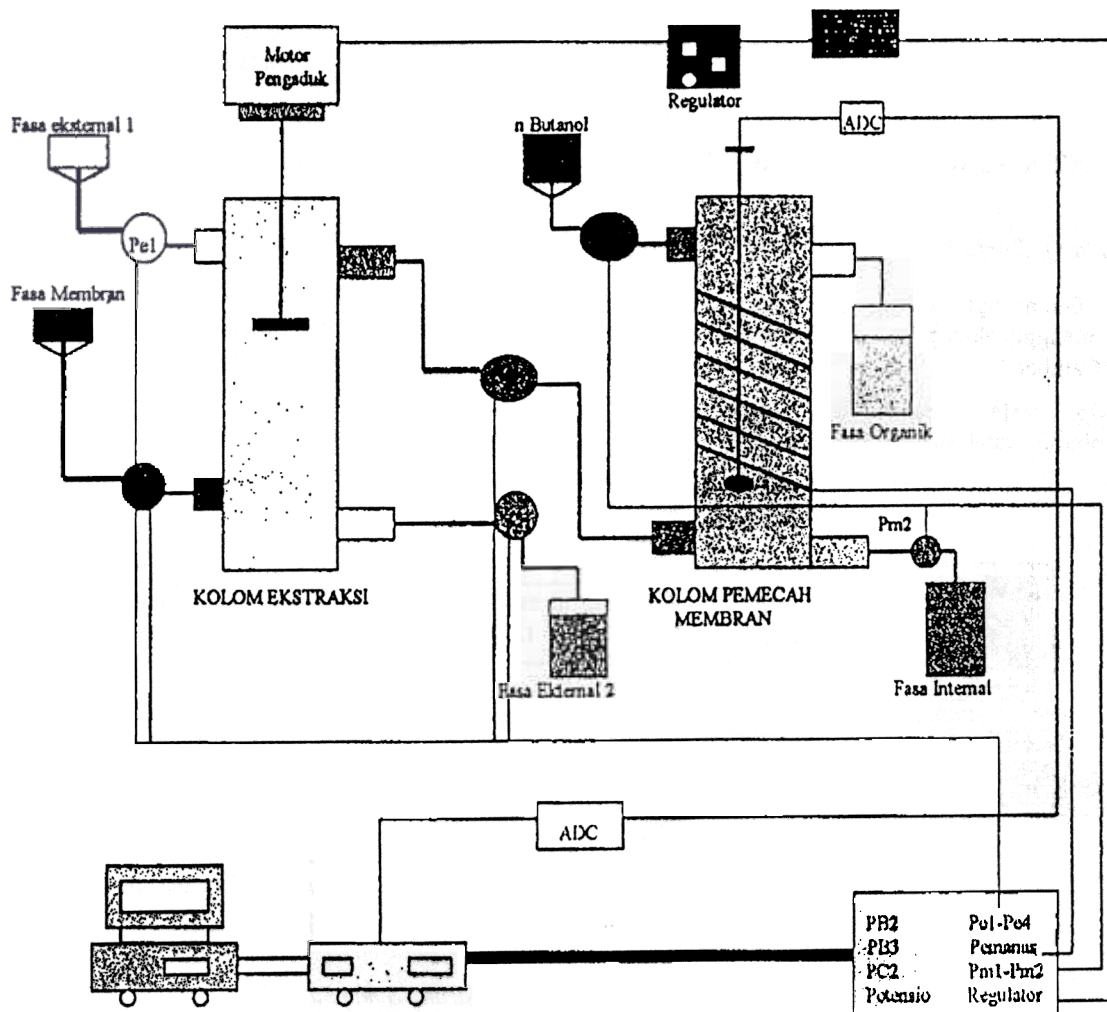
2. Penguat Tegangan

Rangkaian penguat tegangan dirancang menggunakan IC TL072 (Op-Amp), yang terdiri dari rangkaian *follower* dan rangkaian penguat 10 kali. Fungsi dari rangkaian *follower* adalah sebagai penyama impedansi antara pembacaan keluaran

dengan masukan penguat 10 kali. Penguat 10 kali merupakan rangkaian umpan balik negatif menggunakan *Op-Amp* dengan $R_i = 100 \text{ Ohm}$ dan $R_f = 1000 \text{ Ohm}$.

B. Perancangan Sistem Perangkat Keras

Perancangan sistem ekstraksi sinambung ditunjukkan pada Gambar 2. Fasa eksternal 1 (fasa umpan) dialirkan oleh pompa (Pe1) dan pompa kolom ekstraksi mengalirkan 4 aliran (Pe1-Pe4) dikendalikan oleh PPI 8255 port B2. Fasa umpan dimasukkan ke kolom ekstraksi melalui Pe1, fasa membrab masuk melalui Pe2 kedua aliran bercampur di dalam kolom.



Gambar 2. Rancangan Sistem Ekstraksi Sinambung.

Fasa membran yang lebih ringan bergerak keatas sedangkan fasa umpan yang lebih berat bergerak ke bawah kolom. Unsur Uranium pada fasa umpan akan terekstraksi kedalam membran dan air umpan sisa (fasa eksternal 2) dari proses ekstraksi keluar dari kolom melalui lubang bagian bawah Pe3. Sementara membran pengekrak dialirkan ke kolom pemecah membran melalui Pe4. Untuk memperbesar proses ekstraksi, pada kolom ekstraksi diberi pengaduk dan diatur kecepatannya menggunakan gerakan otomatis motor stepper untuk mengatur R potensio yang dikendalikan oleh komputer. Didalam kolom pemecah, membran dipanaskan dan dicampur bahan pemecah membran (butanol) dan proses pengaturan suhu pemanasan dikendalikan oleh pengatur suhu yang terdiri dari rangkaian sensor suhu dan pemanas nekelin yang diatur dengan pengendalian *on/off relay*. Aliran butanol diatur melalui Pm1. Membran yang telah pecah menjadi fasa organik dan fasa air internal dikeluarkan melalui saluran bagian atas sedangkan fasa air internal yang lebih berat dikeluarkan melalui saluran lubang bagian bawah oleh Pm2.

Efisiensi ekstraksi dari sistem dihitung dengan perbandingan konsentrasi sebagai berikut :

$$\text{Efisiensi} = \frac{(\text{fasa eksternal 1}) - (\text{fasa eksternal 2})}{(\text{fasa eksternal 1})} \times 100\%$$

fasa eksternal 1 = konsentrasi fasa eksternal 1 atau fasa umpan

fasa eksternal 2 = konsentrasi fasa eksternal 2 atau fasa umpan sisa

Efisiensi re-ekstraksi (*stripping*) dari sistem dihitung sebagai berikut :

$$\text{Efisiensi} = \frac{(\text{fasa organik}) - (\text{fasa internal})}{(\text{fasa organik})} \times 100\%$$

fasa organik = konsentrasi fasa organik

fasa internal = konsentrasi fasa air internal

KOLOM PEMECAH MEMBRAN

Kolom pemecah membran juga dianggap sebagai kolom pemisahan berbentuk tabung silinder tegak dari bahan kaca dengan panjang 25 cm, diameter 3,9 cm dengan volume 238,92 mili liter. Disekeliling tabung dililitkan kawat nikelin yang dibungkus gips sebagai sumber pemanas listrik dengan hambatan (R) = 150 Ohm menghasilkan daya 300 watt pada tegangan 220V ekivalen dengan 72 kalori/detik

yang cukup untuk proses pemanasan membran dalam kolom. Pada bagian atas dan bawah diberi lubang masukan dan lubang keluaran berdiameter 0,5 cm, jarak keluaran dan masukan 20 cm sedangkan jarak lubang keluaran bagian bawah 1.5 cm dari dasar kolom. Waktu tinggal membran dalam kolom untuk terjadinya pemisahan adalah 3 menit dan debit aliran masuk maksimal adalah 79 mili liter/menit.

KOLOM EKSTRAKSI

Pembuatan kolom ekstraksi sama dengan kolom pemecah, pada kolom bagian atas terdapat 2 lubang yaitu lubang masukan untuk umpan/air eksternal 1 dan lubang keluaran membran hasil ekstraksi. Sedangkan bagian bawah terdapat lubang masukan membran pengekrak dan air sisa umpan ekstraksi (air eksternal 2). Aliran masukan umpan dibuat dari atas sedangkan membran dari bawah, agar kedua cairan bisa saling kontak karena umpan dengan berat jenis sedikit lebih besar akan mengalir ke bawah sedangkan membran akan cenderung bergerak keatas sehingga dapat terjadi pertemuan antara 2 aliran tersebut yang memungkinkan terjadi kontak ekstraksi unsur-unsur dari umpan ke membran. Waktu tinggal air umpan dan membran dalam kolom untuk terjadinya proses ekstraksi adalah 5 menit dan debit masukan maksimal sebesar 48 mililiter/menit.

TATA KERJA PROSES EKSTRAKSI DAN PENGENDALIANNYA

1. Untuk pengambilan data efisiensi dari sistem ekstraksi sinambung dibuat umpan simulasi larutan uranium 1000 ppm.
2. Fasa membran : TBP kerosen (4%-), Span-80% = 5% (mulgator) dan natrium karbonat 2% (fasa internal), Diemulsifikasi 7500 rpm.
3. Mengatur debit aliran pompa : fasa umpan 5 ml/menit, membran 5 ml/menit dan surfactan (butanol : 0,5 ml/menit.
4. Memasukkan umpan, membran dan surfaktan pada tempat penampungnya, untuk inisialisasi isi kolom ekstraksi dengan umpan dan membran sampai melebihi lubang keluaran bagian atas dengan perbandingan 1:1, isi kolom pemecah dengan surfaktan sebanyak 1/11 dari volume kolom pemecah.
5. Menghidupkan pompa distribusi kolom ekstraksi (Pe1-Pe4) dan pengaduknya setelah diatur kecepatan motornya.

6. Setelah waktu pengisian membran dari kolom ekstraksi mencapai 10/11 dari volume kolom pemecah, menghidupkan pompa distribusi kolom pemecah (Pm1-Pm2) untuk menjaga kontinuitas aliran surfactan dan mengeluarkan hasil pemurnian.

III. ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

Untuk mengetahui karakteristik sistem telah dilakukan pengujian masing-masing unit peralatan secara terpisah agar dapat diketahui ketelitian tiap-tiap rangkaian, kemudian dilakukan pengujian secara menyeluruh terhadap sistem yang terpadu. Pengujian rangkaian tersebut meliputi : Pengujian rangkaian sensor suhu, rangkaian penguat tegangan, pengujian ADC dan pengujian penempatan posisi potensiometer. Pengujian dilakukan untuk melihat hubungan antara masukan dan keluaran terhadap hasil yang diharapkan dan hasil sesungguhnya. Metode pengujian dilakukan dengan metode regresi linear.

1. Pengujian Rangkaian Sensor Suhu

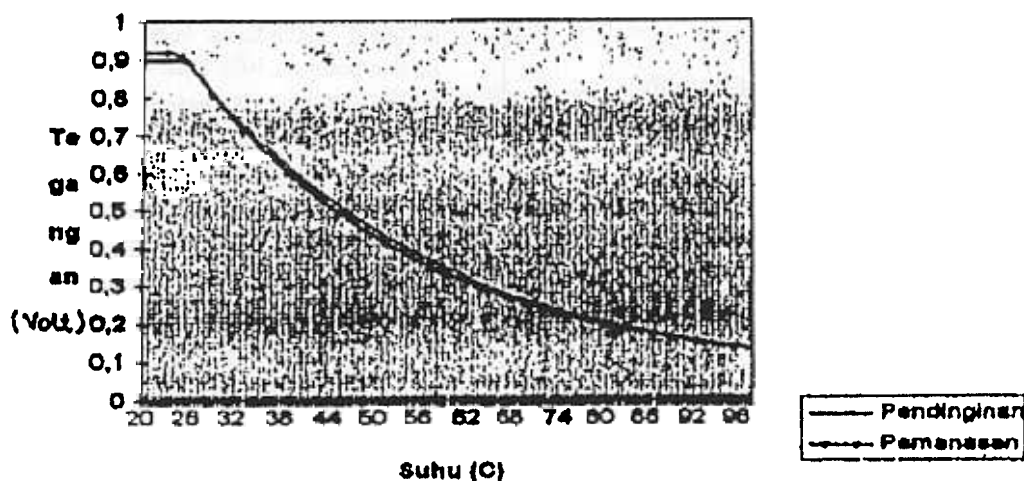
Pengujian rangkaian sensor suhu adalah untuk mengetahui perubahan tegangan yang terjadi

pada NTC sebagai akibat perubahan suhu lingkungan agar diperoleh karakteristik dari rangkaian sensor yang dibuat. Pengujian dilakukan dengan cara mencelupkan NTC pada air sebagai media pemanasan, tegangan keluaran dicatat tiap-tiap perubahan suhu 0.5°C . dan didapatkan data dan grafik seperti pada Gambar 3. Pada grafik terlihat 2 garis tegangan keluaran yang masing-masing adalah garis tegangan pemanasan dan garis tegangan pendinginan, kedua garis ini merupakan karakteristik dari sensor NTC yang memiliki kecenderungan memiliki tegangan tegangan keluaran yang berbeda pada suhu yang sama saat pemanasan dan pendinginan. Sensor memiliki daerah ambang batas bawah kepekaan suhu pada suhu sekitar 25°C hingga 20°C karena perubahan tegangan pada daerah suhu tersebut sudah tidak signifikan. Sedangkan daerah ambang batas atas adalah pada suhu sekitar $97^{\circ}\text{C} - 100^{\circ}\text{C}$.

2. Pengujian Rangkaian Penguatan

Pengujian penguatan dimaksudkan untuk mengetahui karakteristik penguatan sehingga dapat meminimalkan kesalahan dari keluaran. Rangkaian penguat digunakan untuk menguatkan sinyal keluaran dari rangkaian sensor dari 0 - 1 Volt dan perlu dikuatkan 10 kali karena digunakan sebagai masukan ADC 0 - 10 Volt. Hasil pengujian tersebut disajikan dalam bentuk Tabel 1 dan grafik Gambar 4.

Kurva Karakteristik Rangkaian

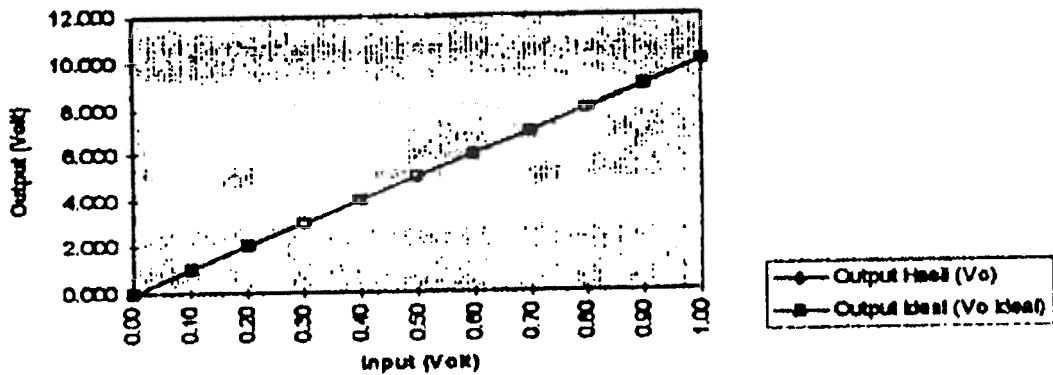


Gambar 3. Karakteristik Rangkaian Sensor Suhu.

Tabel 1. Data rangkaian penguatan.

Tegangan Masukan Vi (Volt)	Tegangan Keluaran Vo (Volt)	Teg. Kel. Seharusnya Vs (Volt)	Selisih Tegangan Vsl (Volt)
0,0	0,01	0	0,01
0,1	1,01	1	0,01
0,2	2,01	2	0,01
0,3	3,008	3	0,008
0,4	4,01	4	0,01
0,5	5,02	5	0,02
0,6	6,008	6	0,008
0,7	7,02	7	0,02
0,8	8,01	8	0,01
0,9	9,01	9	0,01
1,0	10,02	10	0,02

Kurva Linearitas Penguatan



Gambar 4. Kurva Karakteristik Penguatan.

3. Pengujian Rangkaian ADC

Pengujian ini dilakukan dengan mengumpukan tegangan pada saluran masukan 10 Volt secara langsung dan diperoleh data pada Tabel 2 dan grafik Gambar 5.

Dari data yang diperoleh terlihat bahwa masukan analog dan keluaran hasil konversi ADC memperlihatkan hubungan yang linear. Bila dari data tersebut diambil persamaan garis lurus atau persamaan regresi linear maka didapatkan persamaan : $Y = 1.0015x + 0,000967$ dengan faktor

korelasi sebesar 0,999.

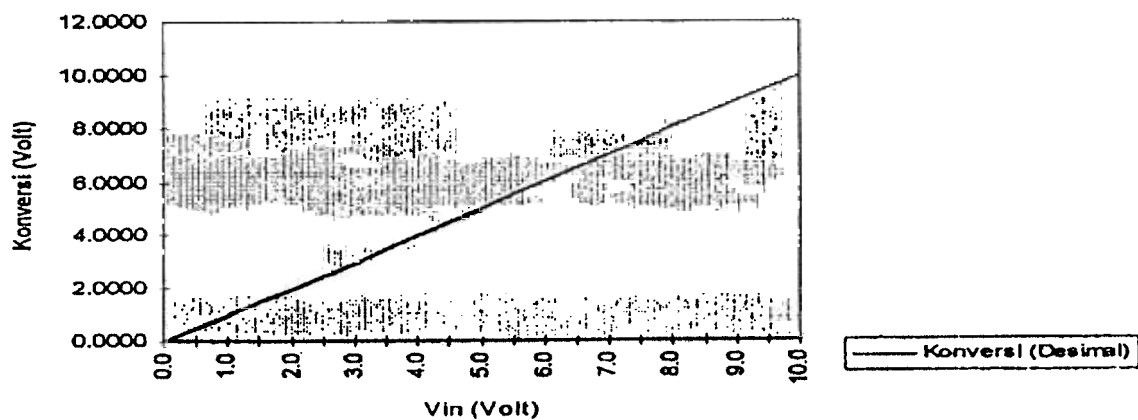
4. Pengujian Rangkaian Sensor Suhu

Pengujian dilakukan dengan mencelupkan NTC kedalam air bersama dengan termometer pengukur suhu, kemudian air dipanaskan untuk mengatur suhunya. Selama pemanasan perubahan tegangan yang terjadi diamati dan dicatat dan didapatkan grafik seperti Gambar 6. Grafik tersebut adalah kurva karakteristik pada rangkaian sensor yang telah diperkuat oleh rangkaian penguat.

Tabel 2. Data pengujian sistem ADC.

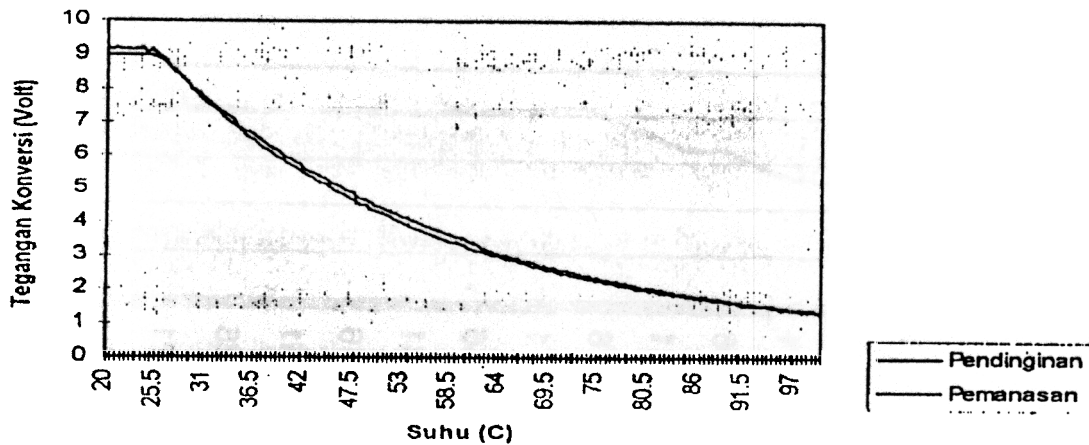
Teg. masukan V_i (Volt)	Teg. konversi Digital	Teg. konversi Desimal	Selisih Tegangan (Volt)
0,0	0	0	0,00
0,5	204	0,498	-0,002
1,0	410	1,001	0,001
1,5	613	1,496	-0,003
2,0	819	1,999	-0,001
2,5	1022	2,495	-0,004
3,0	1230	3,002	0,0028
3,5	1440	3,515	0,016
4,0	1646	4,018	0,018
4,5	1853	4,523	0,023
5,0	2050	5,004	0,004
5,5	2263	5,524	0,024
6,0	2461	6,008	0,008
6,5	2665	6,506	0,006
7,0	2870	7,006	0,006
7,5	3075	7,507	0,007
8,0	3285	8,020	0,020
8,5	3488	8,515	0,015
9,0	3693	9,016	0,016
9,5	3896	9,511	0,012
10,0	4098	10,004	0,005

Kurva Linearitas Konversi ADC



Gambar 5. Kurva Linearitas Konversi ADC.

Kurva Pembacaan Suhu



Gambar 6. Grafik pembacaan suhu.

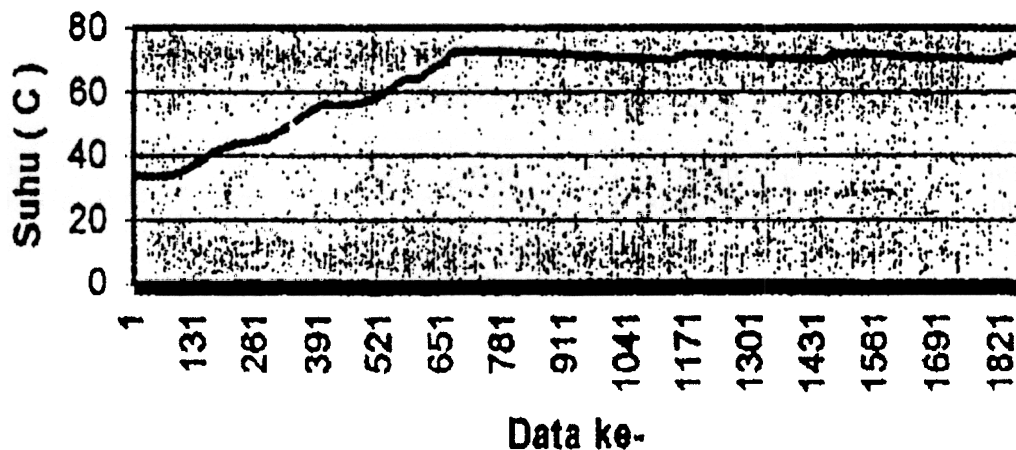
5. Pengujian Pengendalian Suhu

Pengujian pengendalian suhu bertujuan untuk melihat kemampuan peralatan dalam mengendalikan suhu cairan yang mengalir dalam kolom pemisah membran. Cairan dipompa ke dalam kolom dengan debit cairan 10 ml/menit. Pengujian dilakukan pada suhu proses masing-masing 70 °C dan 80 °C dan didapat grafik Gambar 7 dan Gambar 8. Dari grafik pengendalian suhu 70 °C, diperoleh data-data sbb :

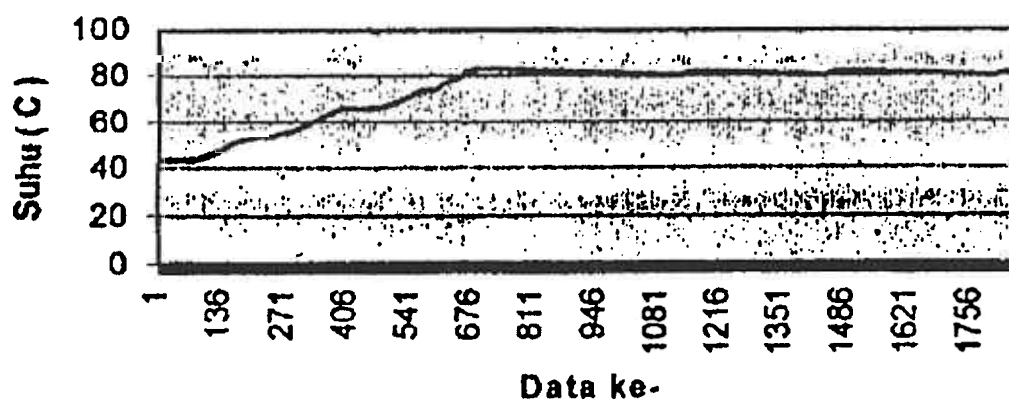
Suhu tertinggi 74,79 °C, suhu terendah 68,99 °C dan suhu rerata = 72,89 °C.

Dari grafik suhu pengendalian 80 °C diperoleh data-data sbb : Suhu terendah 79,85 °C, suhu tertinggi 82,94 °C dan suhu rerata = 81,25 °C. Pada grafik tampak bahwa pengendalian suhu melalui saklar pemanas On/Off dapat berjalan dengan baik, suhu cairan terkendali sesuai dengan batas angka yang diinginkan.

Suhu Pengendalian = 70 C



Gambar 7. Fluktuasi Suhu pada 70 °C.

Suhu Pengendalian = 80 C

Gambar 8. Fluktuasi Suhu pada 80 °C.

6. Pengujian Efisiensi Sistem Ekstraksi Sinambung

Pengujian ini bertujuan untuk mengambil data-data efisiensi yang dapat dicapai oleh sistem pengendali yang telah dibuat terhadap sistem ekstraksi sinambung. Dengan mengetahui kandungan uranium pada masing-masing fasa maka efisiensi dari masing-masing proses dapat ditentukan. Proses tersebut diulangi untuk kecepatan pengadukan yang divariasi (0-500 rpm) dan suhu proses ditetapkan pada 80 °C dan waktu operasi 1 jam. Hasil pengujian terlihat pada Tabel 3. Dari tabel terlihat bahwa efisiensi ekstraksi naik dengan makin tingginya intensitas pengadukan (0-300 rpm),

hal ini dikarenakan proses pengadukan mempengaruhi difusi Uranium didaerah antara membran dan umpan. Penambahan kecepatan pengadukan akan memperkecil daerah difusi, pada suatu harga tertentu daerah difusi akan berimpit dengan daerah reaksi dan pada kondisi tersebut dicapai kondisi optimal dimana proses perpindahan uranium ke membran hanya dipengaruhi oleh kecepatan dari reaksi kimianya saja. Sistem pengadukan yang telah dibuat memberikan harga optimal proses ekstraksi pada kecepatan 400 rpm, pada pengadukan tersebut diperoleh harga efisiensi masing-masing 66,85% untuk proses ekstraksi, 99,83% untuk proses re-ekstraksi dan 66,74% untuk efisiensi totalnya.

Tabel 3. Data hasil pengujian efisiensi ekstraksi sinambung.

Pengadukan (rpm)	Konsentrasi Umpan	Umpan Ur Organik	anium ppm internal	Efi ekstraksi	siensi Striping	Total	Kondisi membran
0	372,81	4,39	365,71	62,72	98,09	66,72	Pecah
100	495,41	1,59	490,44	64,70	98,99	64,70	Pecah
200	424,45	1,11	422,50	65,15	99,53	65,15	Pecah
300	519,76	1,67	516,76	66,14	99,42	66,14	Pecah
400	573,33	0,97	572,83	66,85	99,83	66,74	Pecah
500	623,88	7,22	623,88	66,11	99,63	66,11	Pecah

V. KESIMPULAN

Dari hasil perancangan, pembuatan dan pengujian sistem pengendalian pada proses ekstraksi membran emulsi cair sinambung maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Sistem pengendalian suhu dapat dilakukan dengan mengatur saklar On/Off secara otomatis pada proses pendinginan dan pemanasan pada kisaran suhu antara 20 °C – 98 °C.
2. Sistem ADC yang digunakan dapat membaca sensor suhu pada sistem pemecah membran secara tepat karena mempunyai hubungan masukan dan keluaran yang linear dengan persamaan : $Y = 1.0015x + 0,000967$ dengan faktor korelasi sebesar 0,999.
3. Sistem pengendalian yang dibuat telah diujikan pada proses ekstraksi sinambung dengan menggunakan umpan simulasi dan memberikan efisiensi ekstraksi optimal pada kecepatan pengadukan 400 rpm sebesar 66,86%, efisiensi reekstraksi sebesar 99,83% dan efisiensi total adalah 66,74%.
4. Perlu peningkatan software dan hardware untuk mendapatkan hasil yang maksimum diantaranya adalah : sistem animasi atau tampilan sistem dan pembuatan sistem mekanik yang dapat tampil lebih menarik.

VI. DAFTAR PUSTAKA

1. ABOU NEMEH AND VAN PATHEGEN, 1993, "Membran Cycling in the Liquid Surfactant Membrane Process Ind. Eng. Chem. Res."
2. DOEBELIN, ERNEST O, 1993, "Measurement System Application and Design", Mc Graw Hill, Inc.
3. LEWIS C. EGGBRECHT, 1992, "Interfacing to the IBM Personal Computer", Howard W. Sams & Co. Inc. Second Edition, Fifth Printing, Sams, Indiana 46032 USA.
4. WIE, YAP, Ir., "Turbo Basic dan Aplikasinya", Andi Offset, Yogyakarta, 1994.
5. IAEA, 1992, "Interfacing in Nuclear Experiment Part 2 Basic Experiment", IAEA, Chiang May University

TANYA JAWAB

Taxwin.

- Ada berapa metode pemisahan unsur yang dapat digunakan, mengapa anda menggunakan metode pemisahan membran emulsi pada proses yang anda gunakan, mohon dijelaskan?

Subari Santoso

- Untuk proses pemurnian uranium dari campuran memang dikenal beberapa macam metode, seperti pengendapan, kristalisasi, kromatografi dan metode ekstraksi. Diantara metode pemisahan maupun pemurnian, metode dengan teknologi membran emulsi merupakan teknologi yang masih baru. Pada proses ekstraksi biasa, proses ekstraksi dan reekstraksi dilakukan dengan tahapan-tahapan tersendiri, namun pengembangan dari ekstraksi dari pelarut biasa yang kemudian dikembangkan ekstraksi membran emulsi cair dengan menyatukan proses ekstraksi dan reekstraksi dalam satu tahapan proses.

Dwi Biyantoro

- Berapa kecepatan pengadukan yang paling optimal (rpm) dan berapa efisiensi dari sistem kendali otomatis yang anda buat?

Subari Santoso

- Kecepatan pengadukan divariasasi (0-500 rpm) dan suhu proses ditetapkan pada 80 oC dan waktu operasi 1 jam. Penambahan kecepatan pengadukan akan memperkecil daerah difusi, pada suatu harga tertentu daerah difusi akan berhimpit dengan daerah reaksi dan pada kondisi tersebut dicapai kondisi optimal dimana proses perpindahan uranium ke membran hanya dipengaruhi oleh kecepatan dari reaksi kimianya saja. Sistem pengadukan yang telah dibuat memberikan harga optimal proses ekstraksi pada kecepatan 400 rpm, dan diperoleh harga efisiensi masing-masing 66,85% untuk proses ekstraksi, 99,83% untuk proses re-ekstraksi dan 66,74% untuk efisiensi totalnya.