

## PERANCANGAN PERANGKAT *EMBEDDED CONTROLLER* SEBAGAI KENDALI LAJU ALIR *DEMINERALIZED WATER AND* *BORIC ACID* UNTUK SIMULATOR PLTN TIPE PWR

Dian Fitri Atmoko, Juans, Usep Gunawan dan Sutomo Budihardjo  
Pusat Rekayasa dan Perangkat Nuklir – Badan Tenaga Nuklir Nasional  
Kawasan Puspiptek Serpong Tangerang 15314

### ABSTRAK

Perancangan perangkat *embedded controller* sebagai kendali laju alir *demineralize water and boric acid* untuk simulator PLTN tipe PWR. Telah dirancang perangkat *embedded controller* dengan kemampuan untuk kendali valve laju alir *demineralized water and boric acid* pada simulator PLTN tipe PWR. Dalam perancangan ini modul utamanya menggunakan PLC, dengan signal analog 0-5 volt dc sebagai masukannya, dan signal pwm 0-100 Khz sebagai hasil keluarannya. Untuk memperkuat signal keluaran ditambahkan modul penggerak motor dc dengan semikonduktor mosfet yang terpasang secara push pull (penguat kelas C) sebagai penguat arusnya. Hal ini diperlukan agar asupan arus ke motor dc tercukupi. Dan gerakan valve dapat membuka atau menutup. Salah satu keunggulan perangkat kendali ini adalah dengan membenamkan algoritma PID pada PLC, sehingga perangkat dapat beroperasi secara mandiri tanpa harus terkoneksi pada PC.

Kata Kunci : *emmbeded controller*, algoritma PID, signal PWM.

### I. PENDAHULUAN

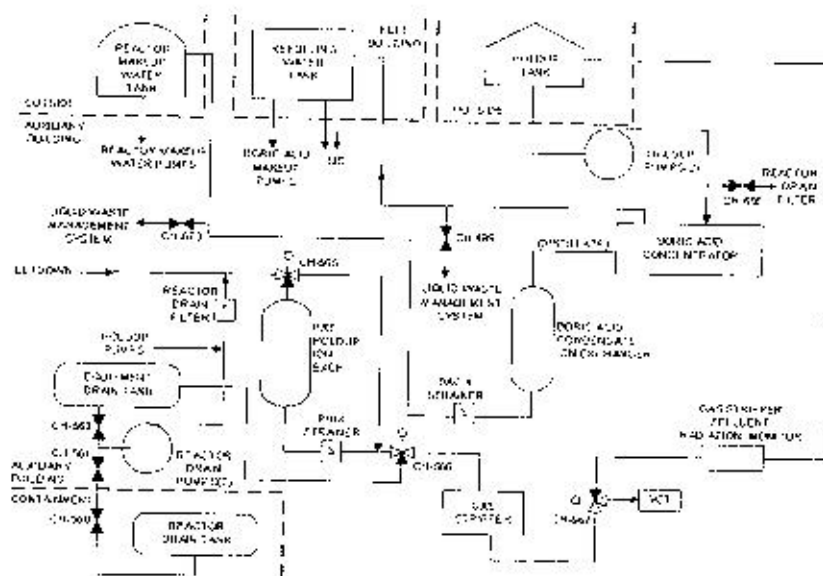
*Boric acid* disebut juga *boracic acid* atau *orthoboric* atau *acidium boricum* adalah *a mild* selama digunakan sebagai antiseptik dan insektisida. Sedangkan dalam pembangkit listrik tenaga nuklir (PLTN), digunakan sebagai pengendali reaksi fisi uranium. Bentuknya berupa *colorless crystals* atau tepung berwarna putih, kemudian di campur dengan air. Secara kimiawi akan terbentuk senyawa  $H_3BO_3$  atau  $B(OH)_3$ . Selama ini digunakan dua jenis Boron, yaitu Boron-10 dan Boron-11 dengan perbandingan 20:80 atau 1:4. Boron-10 dengan tampang lintang yang tinggi tetapi memiliki

kemampuan penyerapan energi panas neutron rendah. Dengan menambahkan lebih banyak *boric acid* ke dalam sistem sirkulasi pendingin primer reaktor menyebabkan probabilitas neutron akan tereduksi. Selama efektifitas perubahan konsentrasi *boric acid* terkendali, maka reaksi fisi akan tetap terkungkung di teras reaktor, sehingga tinggi rendahnya reaksi fisi yang terjadi sangat tergantung pada konsentasi boron, semakin tinggi konsentrasi boron, maka reaktivitas fisi akan semakin kecil/berkurang. Sebagai catatan proses ini hanya digunakan pada PLTN tipe PWR. Disamping digunakan dalam

pendingin primer, boron digunakan juga pada *spent fuel pools containing batang kendali (control rod)*

Pengendalian konsentrasi *boron acid* digunakan untuk mengendalikan reaktivitas dalam kolam teras reaktor secara perlahan-lahan dan dalam jangka waktu terus menerus. Pengendalian reaktivitas termasuk *mode reactor trip*, merupakan respon

balik terhadap adanya perubahan daya selama operasi normal. Dengan kata lain mengendalikan posisi batang kendali sama dengan mengendalikan fluks neutron, yang berdampak pada perubahan daya reaktor. Gambar 1 menunjukkan blok diagram kendali demineralized water and boric acid, yang dipresentasikan dari suatu sistem PLTN-PWR simulation milik KAERI



Sumber : KAERI 2006

Gambar 1. Blok diagram pengendalian *demineralized water and boric acid*

## II. TEORI

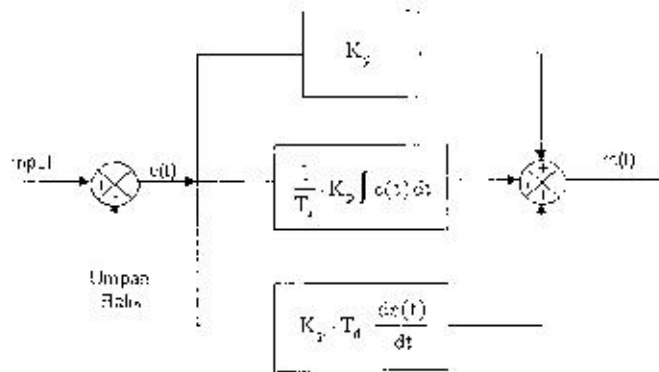
### *PID Controller*

Secara umum kendali PID (*PID controller*) terdiri atas 3 (tiga) parameter kendali, yaitu kendali *proporsional (P)* yang bersifat keluaran akan sebanding/proposional dengan besarnya sinyal kesalahan (selisih antara besaran yang diinginkan/*set-point* dengan harga aktualnya. Kemudian kendali *integral (I)* yang mampu merespon sistem

yang memiliki kesalahan keadaan mantap nol, sehingga keluaran controller sangat dipengaruhi oleh perubahan yang sebanding dengan nilai sinyal kesalahan. Kendali yang ketiga adalah *derivative (D)*, memiliki sifat seperti halnya suatu operasi derivatif. Perubahan yang mendadak pada masukan kendali, akan mengakibatkan perubahan yang sangat besar dan cepat. Dengan sifat yang berbeda-beda dari ketiga kendali tersebut, maka dapat dibuat beberapa kombinasi sistem kendali

yang sesuai dengan karakter suatu sistem Gambar 2. menunjukkan blok diagram pengendalian dengan PID

controller yang dikombinasikan secara paralel.



Gambar 2. Blok diagram kendali PID

Secara matematis, besarnya keluar-an kendali PID yang dikombinasikan secara paralel dapat dirumuskan sebagai berikut [3] :

$$\frac{M(s)}{E(s)} = (K_p + \frac{K_i}{T_i} + K_d T_d) \dots\dots(1)$$

dimana :

$M(s)$  : Keluaran kendali PID

$E(s)$  : Nilai error (Sp-Fb)

$K_p$  : Parameter kendali proporsional

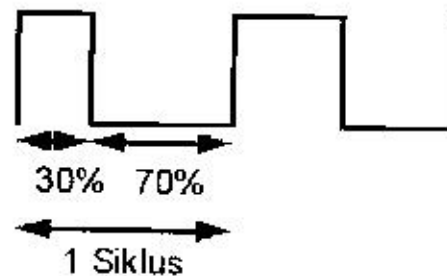
$T_i$  : Parameter kendali integral

$T_d$  : Parameter kendali derivative

Dalam menerapkan kendali PID perlu dilakukan penalaan, yaitu menyesuaikan parameter PID terhadap karakteristik sistem yang akan dikendalikannya. Maka sebelumnya perlu memodelkan sistem tersebut ke dalam persamaan matematis, atau dapat pula dilakukan dengan mengetahui kurva tanggapan/respon keluaran dari sistem tersebut.

### A. Pulse Width Modulation (PWM)

Salah satu cara yang paling mudah untuk membangkitkan sebuah tegangan analog dari sebuah nilai digital adalah dengan menggunakan *pulse-width modulation* (PWM). Dalam PWM gelombang kotak, frekuensi tinggi dibangkitkan sebagai output digital. *Duty cycle* menyatakan fraksi waktu sinyal pada keadaan logika high dalam satu siklus. Satu siklus diawali oleh transisi *low to high* dari sinyal dan berakhir pada transisi berikutnya. Selama satu siklus, jika waktu sinyal pada keadaan high sama dengan *low* maka dikatakan *sinyal mempunyai duty cycle 50 %*. *duty cycle 20 %* menyatakan sinyal berada pada logika 1 selama 1/5 dari waktu total. Gambar 3 menunjukkan bentuk signal PWM dengan *duty cycle 30%*.



Gambar 3. Bentuk signal PWM dengan *duty cycle* 30%

Dalam teknik pengendalian pulse width modulation atau PWM salah satu manfaatnya diantaranya untuk mengendalikan motor dc dengan mengatur frekuensi putarnya (rpmnya). Harapannya dengan pengendalian teknik ini diperoleh frekuensi yang berbeda dengan konsumsi daya listrik yang relatif tetap.

### III. TATA KERJA

Tahapan-tahapan perancangan modul kendali ini yaitu .

1. Melakukan studi pustaka untuk mengetahui fungsi dan karakteristik sistem pengendalian *demineralized water and boric acid*.
2. Menentukan model perangkat keras yang dibutuhkan.
3. Menentukan algoritma kendali yang akan diterapkan dan ditanamkan dalam *embedded controller* tersebut.

### IV. PEMBAHASAN

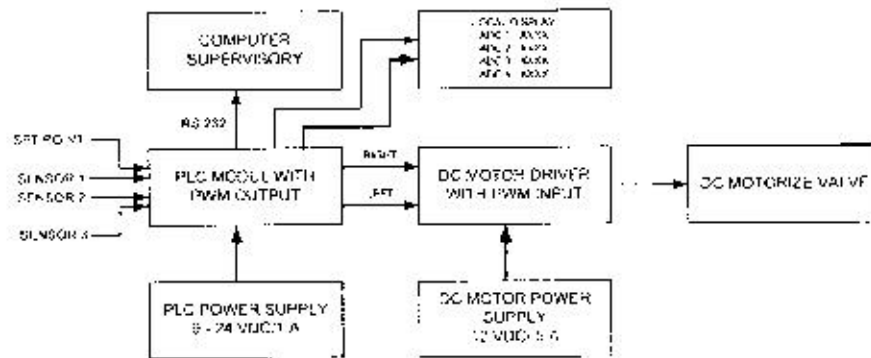
#### A. Kebutuhan Perangkat Keras

Secara umum blok diagram perangkat kendali *demineralized water and boric acid*, di tunjukkan pada gambar 3. Perangkat ini terdiri atas modul sensor, catu daya 9-14 VDC/1A dan 12 VDC/5A untuk catu daya motor dc penggerak valve, modul elektronik penggerak motor dc dengan signal PWM sebagai

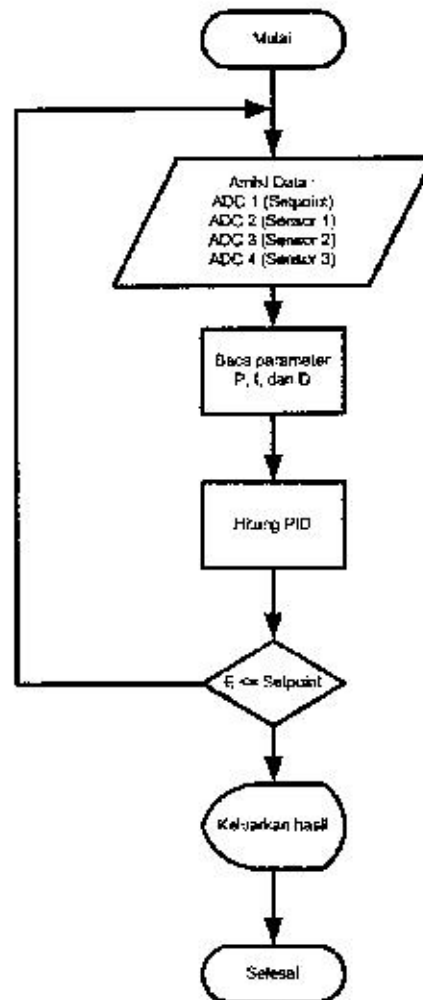
masukannya, modul LCD untuk menampilkan parameter instrumentasi, serta modul utamanya berupa *programmable logic controller* (PLC) dengan kemampuan menyimpan data dan program di dalam memori internalnya. Hasil dari rancangan perangkat ini diharapkan mampu mendeteksi konsentrasi boron dan level air dalam teras reaktor, pada prototipe ini digunakan signal analog 0-5 volt dc sebagai pengganti nilai konsentrasi boron dan level air yang sesungguhnya. Kemampuan lainnya, disamping dapat bekerja secara individu (tanpa kendali pc), perangkat ini nanti juga dapat dikendalikan melalui perangkat komputer melalui jalur komunikasi serial port, yang umum dijumpai pada pc.

#### B. Algoritma Pemrograman *Embedded Controller* dengan PLC

Perangkat lunak (*software*) yang dibuat dibagi menjadi beberapa bagian besar antara lain meliputi pengambilan data masukan, pengolahan data dan pemrograman algoritma kendali serta data keluaran berupa signal PWM (*Pulse Width Modulation*). Perangkat lunak ini akan direalisasikan dengan menggunakan *software* PLC.



Gambar 4. Blok diagram konsep *embedded controller* laju alir *demineralized water and boric acid*



Gambar 4. Diagram alir proses kerja kendali laju alir *demineralize water and boric acid*

Secara umum alur kerja dari algoritma kendali adalah sebagai berikut : data input akan diambil melalui ADC 1, ADC2, ADC3 dan ADC4 pada yang telah disediakan PLC. Kemudian data tersebut akan diproses dengan algoritma kendali PI, yang keluarannya berupa 2 buah signal PWM. Signal PWM ini akan memberikan masukan pada Driver motor DC, sehingga arus listrik searah (*dc current*) dapat mencatu motor DC, sesuai dengan lebar pulsanya. Lebar pulsa PWM berbanding lurus dengan kecepatan putar motor. Semakin besar frekuensi pulsanya, maka putaran motor akan semakin cepat. Motor penggerak ini akan membuka dan menutup katup aliran dari *demineralized water* dan *boric acid*. Bentuk diagram alir kendali ditunjukkan pada gambar 1.

### C. Rencana Uji

Perangkat ini nantinya akan diujikan pada simulator PLTN tipe PWR, yang saat ini sedang di buat prototipenya. Pengujian dilakukan dengan memanfaatkan signal analog kaluaran dari simufator PLTN, yang kemudian modul kendali melalui pin-pin masukannya akan meresopon signal tersebut dan bereaksi. Reaksi ini akan direkam dalam bentuk grafik, dan dibandingkan dengan *step respon* yang diharapkan.

### V. SIMPULAN

1. Perancangan modul kendali *demineralized water and boric acid* berbasis *embeded controller* memungkinkan modul tersebut dapat beroperasi secara on line melalui perangkat komputer dan secara off line, tanpa PC.
2. Parameter analog yang akan digunakan sebagai signal masukan adalah tegangan 0-5 volt dc dan signal analog PWM keluaran diharapkan sebesar 40 - 50 Khz.
3. Agar mampu menggerakkan aktuator (misalnya motor dc) diperlukan penguat daya untuk mencatu motor dc dengan kemampuan arus yang besar.

### VI. DAFTAR PUSTAKA

1. Anoname, *Internet Trilogi*, Triangle Research International, Inc, 2003
2. Anoname, *Nuclear Power Plant Intrumentation And Control*, IAEA, Vienna 1984
3. Ogata, Katsuhiko: *Teknik Kontrol Automatik – terjemahan: Ir. Edi Laksono, Erlangga, Jakarta, 1991.*
4. Palm J William, *Modeling Analysis Control of Dynamic Systems*, John Wiley & Sons, Inc, Newyork, 1997.
5. <http://www.mytutorialcafe.com/mikrokontroler%20bab15%20pwm.htm>