

UNJUK KERJA OPERASI RSG GAS DENGAN ADANYA SISTEM BONGKAR MUAT DAN PRTF

Alim Tarigan, Sudiyono, Sriawan

ABSTRAK

UNJUK KERJA OPERASI RSG GAS DENGAN ADANYA SISTEM BONGKAR MUAT DAN PRTF. Sistem bongkar muat target yang dipasang di RSG-GAS adalah untuk memasukkan dan mengeluarkan kapsul iradiasi dari dan ke teras reaktor dalam keadaan reaktor operasi dan kendali otomatis. Derajat gangguan reaktivitas yang ditimbulkan tergantung atas reaktivitas dan kecepatan kapsul. Hal ini harus dikompensasi oleh sistem kontrol otomatis reaktor, yang ditentukan oleh nilai reaktivitas dan kecepatan kendali pengatur. Telah dilakukan uji coba kemampuan bongkar muat manual untuk menyusun rencana operasi reaktor dengan fasilitas bongkar muat.

ABSTRACT

THE PERFORMANCE OF RSG-GAS OPERATION AFFECTED BY LOADING UNLOADING AND PRTF ASSEMBLIES. The loading unloading system of the RSG GAS is dedicated to load and unload irradiation capsule from and to the core while the reactor still in operation and automatic controlled. The reactivity disturbance depends on the target reactivity and the speed of the capsule these have to be compensated by the reactor automatic control which depends on the speed and worth of the regulating rod. The manual loading unloading system has been tested and the loading unloading operation procedure has been proposed.

PENDAHULUAN

Sistem bongkar muat target irradiasi di PRSG terdiri dari 2 jenis yaitu sistem bongkar muat dengan menggunakan motor dan manual. Sistem bongkar muat dengan motor terdiri dari "thimble" yang terbuat dari alumunium dan dijalankan oleh motor listrik secara vertikal dengan kecepatan 1,5 mm/s. Batas reaktivitas kapsul iradiasi dan "thimble" adalah 0,5% dk/k. Sedangkan sistem bongkar muat manual terbuat dari tali baja dan target yang terikat langsung.

Apabila kapsul mulai dimasukkan/dikeluarkan dari dan ke teras saat reaktor dioperasikan secara otomatis, maka terjadi gangguan reaktivitas. Kontrol otomatis akan mendeteksi perbedaan daya dan menggerakkan batang kendali pengatur supaya dapat mengembalikan ke kondisi kritis. Jika kemampuan kompensasi reaktivitas batang kendali pengatur memadai, maka daya reaktor dapat dipertahankan stabil.

Namun sebaliknya jika batang kendali pengatur kurang mampu mengimbangi gangguan oleh reaktivitas positif, maka daya reaktor akan naik dan akhirnya "scram" oleh "Flux High"/"Short Period" mungkin saja dapat terjadi. Dari dua kejadian yang tersebut diatas faktor kedua lebih mempengaruhi operasi reaktor.

1. "AMUX-64T User Manual", National Instrument, 1994
2. "NI-DAQ Function Reference Manual for PC Compatibles", National Instrument, 1993
3. Anand Srinani, "Pemrograman Windows Visual Basic 3.0", Elex Media Komputindo, Jakarta, 1995
4. Lewis C. Eggbrecht, "Interfacing to The IBM Personal Computer", Howard W. Sams & Co., 1987
5. Douglas V. Hall, "Microprocessors ada Interfacing", McGraw-Hill Book Company, Singapore, 1987

TEORI¹⁾

1. ESTIMASI "Laju Pemasukan Reaktivitas Maksimum" OLEH KAPSUL IRADIASI

Untuk mengestimasi Laju pemasukan reaktivitas maksimum $\rho(t)$ max dilakukan pendekatan sebagai berikut;

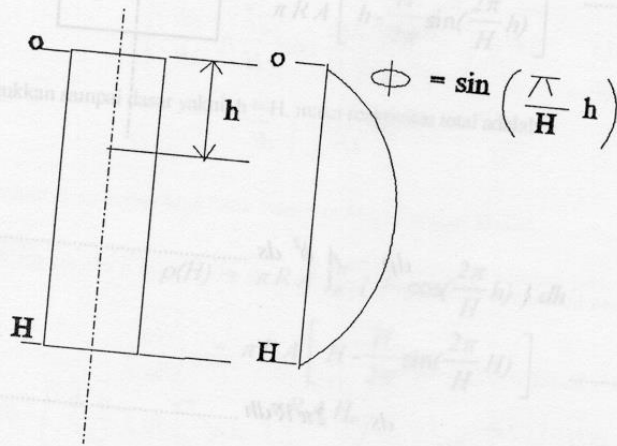
- (1) Energi neutron di dalam teras reaktor adalah 1 grup
- (2) Distribusi fluks neutron aksial di dalam posisi iradiasi dalam bentuk sinus, yaitu

$$\Phi = \sin\left(\frac{\pi}{H}\right)h \dots\dots\dots 1$$

dengan Φ = flux neutron ($/\text{cm}^2 \text{ dt}$)

H = posisi dasar tempat iradiasi (cm)

h = tinggi tempat iradiasi diukur dari atas (cm)

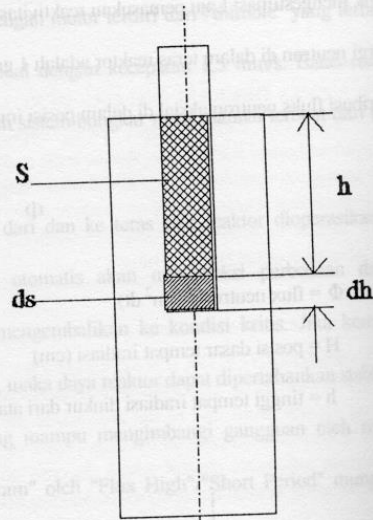


(3) Pengaruh serapan kapsul dan thimble (A) berbanding lurus dengan Φ^2 ("importance")

Apabila target (kapsul & thimble) dimasukkan dari posisi h pada posisi $h + dh$, permukaan target di dalam teras bertambah ke S pada $S + ds$, maka reaktivitas negatif ρ berubah pada $\rho + d\rho$.

Kemudian, perubahan serapan menjadi $A \cdot ds$.

Persamaan perubahan reaktivitas $d\rho$ dapat ditulis sebagai berikut:



$$d\rho = A \phi^2 ds \dots\dots\dots 2$$

dimana

$$ds = 2\pi R dh \dots\dots\dots 3$$

dengan R adalah radius target.

Dari pers. (3) dan pers. (1), $d\rho$ dapat ditulis sebagai

$$d\rho = 2\pi R A \sin^2\left(\frac{\pi}{H}h\right)dh \dots\dots\dots 4$$

Jika,

$$\sin^2\left(\frac{\pi}{H}h\right) = \frac{1}{2} \left\{ 1 - \cos\left(2\frac{\pi}{H}h\right) \right\} \dots\dots\dots 5$$

dimasukkan ke pers. (4) maka akan didapatkan

$$d\rho = \pi R A \left\{ 1 - \cos\left(\frac{2\pi}{H}h\right) \right\} dh \dots\dots\dots 6$$

Jika pers. (6) diintegrasikan terhadap h dari 0 sampai h (yakni saat target di masukkan pada kedalaman h, maka reaktivitas yang ditimbulkan adalah :

$$\begin{aligned} \rho(h) &= \pi R A \int_0^h \left\{ 1 - \cos\left(\frac{2\pi}{H}h\right) \right\} dh \\ &= \pi R A \left[h - \frac{H}{2\pi} \sin\left(\frac{2\pi}{H}h\right) \right] \dots\dots\dots 7 \end{aligned}$$

Jika dimasukkan sampai dasar yakni h = H, maka reaktivitas total adalah

$$\begin{aligned} \rho(H) &= \pi R A \int_0^H \left\{ 1 - \cos\left(\frac{2\pi}{H}h\right) \right\} dh \\ &= \pi R A \left[H - \frac{H}{2\pi} \sin\left(\frac{2\pi}{H}H\right) \right] \dots\dots\dots 8 \\ &= \pi R A H \end{aligned}$$

Perbandingan pers. (7) dan pers. (8)

$$\frac{\rho(h)}{\rho(H)} = \frac{\pi R A}{\pi R A H} \left[h - \frac{H}{2\pi} \sin\left(\frac{2\pi}{H} h\right) \right] \dots\dots\dots 9$$

$$= \frac{1}{H} \left[h - \frac{H}{2\pi} \sin\left(\frac{2\pi}{H} h\right) \right]$$

$\rho(H)$ maksimum yang diijinkan untuk satu posisi iradiasi berdasarkan Laporan Analisis Kecelakaan = 0,5 dk/k sehingga $\rho(h)$ dapat ditulis sebagai :

$$\rho(h) = \frac{\rho(H)}{H} \left[h - \frac{H}{2\pi} \sin\left(\frac{2\pi}{H} h\right) \right] \dots\dots\dots(10)$$

Untuk memperoleh laju pemasukan reaktivitas, pers. (10) diturunkan terhadap waktu t;

$$\frac{d\rho}{dt} = \frac{\rho(H)}{H} \left[\frac{dh}{dt} - \frac{H}{2\pi} \cdot \frac{2\pi}{H} \cos\left(\frac{2\pi}{H} h\right) \frac{dh}{dt} \right] \dots\dots\dots 11$$

$$= \frac{\rho(H)}{H} \left[1 - \cos\left(\frac{2\pi}{H} h\right) \right] \frac{dh}{dt}$$

Laju pemasukan reaktivitas maksimum $(d\rho/dh)_{max}$ diperoleh pada suatu posisi h dimana persyaratan $d^2\rho/dt^2 = 0$ dipenuhi atau

$$\frac{d^2\rho}{dt^2} = \frac{\rho(H)}{H} \left[\frac{2\pi}{H} \sin\left(\frac{2\pi}{H} h\right) \frac{dh}{dt} + \{ 1 - \cos\left(\frac{2\pi}{H} h\right) \} \frac{d^2h}{dt^2} \right] = 0$$

dengan dh/dt adalah kecepatan pemasukkan target yakni V_c 1,5 mm/s konstan, maka atau

$$\frac{d^2 \rho(H)}{dt^2} \frac{\rho(H)}{H} \sin\left(\frac{2\pi}{H} h\right) - \frac{2\pi^2}{H^2} \frac{2dh}{dt} \frac{dh}{dt} = 0 \dots\dots\dots(13)$$

Karena $\rho(H)$, H , dh/dt tidak nol maka pers. (12) menjadi:

$$\sin\left(\frac{2\pi}{H} h\right) = 0 \dots\dots\dots(14)$$

Selingga diperoleh $h = H/2$ sebagai jawaban dari nilai h tersebut diperoleh laju pemasakan aktivitas maksimum $(d\rho/dt)_{max}$ sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \left(\frac{d\rho}{dt}\right)_{max} &= \frac{\rho(H)}{H} \left[1 - \cos\left(\frac{2\pi}{H} \cdot \frac{H}{2}\right) \right] \frac{dh}{dt} \\ &= \frac{\rho(H)}{H} [2] \frac{dh}{dt} \dots\dots\dots(15) \\ &= \frac{2\rho(H)}{H} \frac{dh}{dt} \\ &= \frac{2V_c}{H} \rho(H) \end{aligned}$$

2. Perubahan Reaktivitas Max Oleh Bongkar Muat Dengan Motor

Substitusikan $V_c = 1,5$ mm/s, $\rho(H) = 0,5\%$ dk/k dan $H = 600$ mm kedalam pers. (16) maka akan diperoleh;

$$\left(\frac{d\rho}{dt}\right)_{max} = \frac{2 \times 1,5}{600} \times 0,5 = 0,0025\%dk / k$$

Hasil yang diperoleh pada pers.16 adalah estimasi kasar. Ralat terbesar, disebabkan karena distribusi flux neutron berubah dari distribusi sinus. Untuk mengoreksi perbedaan ini akan dicari faktor koreksi dengan menggunakan pers. (16) pada batang kendali pengatur.

Data untuk sistem bongkar muat menggunakan motor diambil pada teras ke 10 awal selama operasi sebagai berikut, harga total reaktivitas batang kendali pengatur, $\rho(H)r = 1,53 \% dk/k$ kecepatan batang kendali pengatur $Vr = 0,538 \text{ mm/s}$; harga reaktivitas diferensial maksimum $\rho_{maks} = 0,00351 \% dk/k/mm$

Laju pemasukan reaktivitas maksimum $(dp/dt)_{max}$ diperoleh

$$(14) \quad \left(\frac{dp}{dt}\right)_{max} = \frac{2Vr}{Hr} \rho(H)r = \frac{2 \times 0,0538}{600} \times 1,53$$

$$0,00274 \% dk / k / s$$

Laju pemasukan reaktivitas maksimum yang dihitung dari harga reaktivitas diferensial maksimum $(dp/dt)_{max}$ hasil pengukuran

$$(15) \quad \left(\frac{dp}{dt}\right)_{max} = \Delta\rho_{max} Vr = 0,00351 \times 0,0538$$

$$0,00189 \% dk / k / s$$

Perbandingan kedua nilai tersebut di atas adalah

$$\frac{\left(\frac{dp}{dt}\right)_{max}}{\left(\frac{dp}{dt}\right)_{max}} = \frac{0,00274}{0,00189} = 1,45$$

Jadi harga yang didekati pers. (16) diperkirakan 1,45 kali (F_k) lebih besar dari pada harga yang diukur.

Jika diambil $F_k = 1,45$ sebagai faktor koreksi, maka pers. (16) diubah menjadi;

$$\left(\frac{d\rho}{dt}\right)_{\max} = \frac{1}{fk} \cdot \frac{2Vc}{H} \rho(H) \dots\dots\dots(17)$$

atau,

$$\left(\frac{d\rho}{dt}\right)_{\max} = \frac{1}{1,45} \cdot \frac{2 \times 1,5}{600} \times 0,5 = 0,00172\%dk/k/s$$

lapat disimpulkan bahwa laju pemasukan reaktivitas maksimum yang disebabkan oleh bongkar muat kapsul adiasi dan "thimble" dengan motor sebesar 0,00172% dk/k/s.

rencangan Prosedur Operasi Reaktor Selama Bongkar Muat

Dari perbandingan laju pemasukan reaktivitas maksimum antara batang kendali pengatur dan kapsul adiasi diperoleh bahwa batang kendali pengatur lebih besar dari pada kapsul, yaitu 0,00189% dk/k/s vs. 00172% dk/k/s.

Akan tetapi reaktivitas kontrol batang kendali pengatur tergantung pada posisinya. Untuk mengindarkan gangguan daya reaktor dan untuk pengoperasian reaktor dengan lancar, maka kemampuan kontrol batang kendali pengatur harus melebihi gangguan yang diakibatkan selama Bongkar Muat berlangsung yaitu posisi pengatur harus disesuaikan sehingga laju pemasukan reaktivitasnya lebih besar 0,00172 % dk/k/s.

ada operasi reaktor ada batas perbedaan posisi "bank" dan pengatur selama daya reaktor tinggi, yaitu dalam plus dan minus 50 mm. Batas ini untuk menghindarkan seram oleh "Unbalance Load".

iasumsikan keadaan kapsul iradiasi dimasukkan ke dalam teras dan diharapkan reaktivitas negatif 0,5% dk/k. atang Kendali pengatur diatur pada posisi 50 mm lebih bawah dari pada "bank" misalnya "bank" = 350 mm in pengatur = 300 mm.

ada saat reaktivitas negatif mulai dimasukkan pengatur juga mulai naik secara otomatis. Jika posisi pengatur

mendekati posisi "bank", salah satu "shim rod" dimakkan dengan "manual" kira-kira 12 mm, yaitu sampai 362 mm untuk mengurangi kenaikan pengatur dan menahan daya reaktor supaya tetap stabil. Ulangi operasi "shim rod" satu persatu sampai posisi "bank" menjadi 362 mm.

Setelah selesai mengimbangi reaktivitas negatif 0,5% dk/k, posisi batang kendali diharapkan menjadi 362 mm "All Bank", karena perubahan reaktivitas pengatur dari 300 mm pada 350 mm adalah 0,17% dk/k positif dan perubahan reaktivitas "All Bank" dari 350 mm pada 362 mm adalah 0,33% dk/k positif.

Apabila diangkat kapsul iradiasi yang memberi reaktivitas 0,5% dk/k positif, diatur posisi pengatur 50 mm lebih atas dari pada "bank", misal nya "bank" = 350 mm dan pengatur = 400 mm. Pada saat reaktivitas positif mulai diberi, pengatur turun secara otomatis supaya dapat mengimbangi kekritisan. Jika posisi pengatur mendekati posisi "bank", turunkan salah satu "shim rod" dengan "manual" kira-kira 10 mm, yaitu sampai 340 mm sambil menahan daya reaktor tetap stabil. Ulangi operasi "shim rod" 6 yang lain sampai posisi "bank" 340 mm dengan cara yang sama.

Setelah selesai "Unloading" yang memberi reaktivitas 0,5% dk/k positif, posisi batang kendali diharapkan menjadi 340 mm "All Bank", karena perubahan reaktivitas pengatur dari 400 mm pada 350 mm adalah 0,167 % dk/k negatif dan perubahan reaktivitas "All Bank" dari 350 mm pada 340 mm adalah 0,33% dk/k negatif.

Hasil pengamatan posisi batang kendali untuk sistem bongkar muat manual

Kecepatan dan pemasakan target kedalam teras dengan menggunakan sistem bongkar muat secara manual dilakukan dengan mengamati perubahan otomatis batang kendali pengatur. Percobaan ini telah dilakukan untuk beberapa sampel seperti target LEU (Low Enriched Uranium), sulfur dan Seng.

Pemasukan dan pengeluaran target ini dilakukan pada saat reaktor beroperasi pada daya 22 s/d 25 MW. Hasil perubahan posisi batang kendali pengatur ditabelkan dalam tabel 1.

Tabel 1. : Perubahan posisi batang kendali pengatur saat memasukkan dan mengeluarkan target.

Jenis target	Daya (MW)	Posisi	Perub. batang kendali pengatur dh (mm)	keterangan/arrah target
FPM No 268 LEU	22	E-7	452 - 412	masuk
FPMK No. 269	22	E-7	469 - 739	masuk
FPM No. 242	22	E-7	466 - 484	keluar
TeO ₂ No. 257	25	E-7	350 - 367	keluar
Dummy	25	E-7	364 - 376	keluar
Sulfur	25	E-7	393 - 410	keluar
Zn	25	E-7	392 - 376	masuk
Zn	25	E-7	393 - 410	keluar
PRTF	20	luar teras	400 - 430	masuk

KESIMPULAN

Perubahan reaktivitas yang diakibatkan oleh bongkar muat yang menggunakan motor dihitung sebesar 0,0017% dk/k s dan masih lebih kecil dari kemampuan batang kendali pengatur yaitu sebesar 0,00189 % dk/k s.

Dengan diketahuinya perubahan reaktivitas akibat dari pemasukan dan pengeluaran target melalui sistem bongkar muat, maka telah diusulkan prosedur operasi reaktor selama bongkar muat.

DAFTAR PUSTAKA

1. "Estimasi Reaktivitas Pada saat Loading Unloading", Hajimu Shitomi

