

MODIFIKASI KECEPATAN BATANG KENDALI

Setyono S., Nanang S., M. Ikhsan, Tri Widiastuti

ABSTRAK

MODIFIKASI KECEPATAN BATANG KENDALI. Modifikasi kecepatan batang kendali pengatur pada Reaktor Serba Guna GA Siwabessy (RSG-GAS) bertujuan untuk meningkatkan keandalan dan kesiapan operasi RSG-GAS. Modifikasi kecepatan batang kendali dilakukan dengan mengganti motor, gear reduksi (*Reduction Gear*) dan unit kendali. Motor sebagai penggerak yang sebelumnya adalah motor AC tiga fase diganti dengan motor servo DC yang mempunyai daya yang sama dengan sebelumnya yaitu sebesar 30 Watt. Sedangkan gear reduksi dengan *reduction ratio* sebelumnya sebesar 225 diganti dengan 50. Hasil yang diperoleh dengan susunan motor dan gear reduksi yang baru adalah kecepatan bertambah menjadi 5 kali lebih besar dari kecepatan sebelumnya. Pengujian dengan pembebanan "dummy" sebesar 31 kg setara dengan beban sesungguhnya (absorber dan batang pengarah) dan dioperasikan oleh unit kendali secara otomatis naik dan turun selama 1000 kali. Waktu yang diperlukan dari bawah ke atas dan sebaliknya (0 - 600 mm) adalah 244 detik, sehingga diperoleh kecepatan batang kendali sebesar 2,46 mm/detik yang sebelum dimodifikasi hanya sebesar 0,5 mm/detik atau hampir 5 kali lebih cepat. Pengamatan secara visual pada motor dan gear reduksi menunjukkan keadaan normal tanpa menimbulkan panas yang berarti selama pengujian berlangsung.

ABSTRACT

MODIFICATION OF CONTROL ROD DRIVE SPEED. Modification of control rod drive speed of Reaktor Serba Guna GA Siwabessy (RSG-GAS) was intended to improve the reliability and availability of RSG-GAS operation. Modification of control rod drive speed have been done with change of the motor, reduction gear and drive unit. Motor as driver is AC Motor/three phase was change with DC Servo Motor which have the same power e.g. 30 watts. The reduction ratio of reduction gear was change from 225 to 50. The composition of the new motor and reduction gear provides the stroke time 244 seconds with total stroke is 600 mm. It's mean speed of the control rod drive is 2.46 mm/sec. which before modified is 0.5 mm/sec. or almost five times greater. Visual monitoring of the motor and reduction gear during testing result in good condition.

PENDAHULUAN

Untuk meningkatkan keandalan dan kesiapan operasi RSG-GAS yang direncanakan akan beroperasi pada daya tinggi dengan waktu operasi yang panjang, untuk keperluan produksi radio isotop dan eksperimen lain, perlu ditinjau kembali kemampuan sistem kendali batang kendali RSG-GAS. Ada dua parameter penting yang berhubungan dengan keandalan/ kemampuan sistem kendali batang kendali, yaitu:

1. Laju pemasukkan reaktivitas maksimum
2. Waktu tanggap sistem kendali batang pengatur,

sedangkan untuk meningkatkan kesiapan operasi yang perlu diperhatikan adalah waktu yang diperlukan untuk operasi kembali bila terjadi scram pada saat reaktor telah beroperasi daya tinggi dan waktu operasi yang panjang.

Kecepatan batang kendali saat ini 0,05 cm/ det dan nilai reaktivitas (*reactivity worth*) batang pengatur 1,9125% hanya akan mampu mengkompensasi perubahan/ laju pemasukan reaktivitas sebesar 0,27 sen/det dalam mengkompensasi cuplikan atau gangguan pemasukan reaktivitas dengan waktu tanggap yang cukup lama. Hal ini berarti pula jumlah material yang dapat diiradiasi untuk produksi radioisotop sangat kecil atau pemasukan cuplikan dengan reaktivitas besar harus dilakukan secara sangat perlahan.

Apabila reaktor telah beroperasi lama pada daya tinggi dan terjadi scram (misalnya akibat listrik berkedip), untuk dapat mengoperasikan reaktor kembali diperlukan waktu yang cukup lama. Waktu yang cukup lama dikarenakan harus mempersiapkan kembali sistem penunjang operasi dan juga kecepatan batang kendali sangat lambat, sehingga sering terjadi posisi batang kendali cukup tinggi untuk dapat beroperasi kembali karena harus mengkompensasi timbulnya Xenon. Hal ini cukup membahayakan bila posisi batang kendali melebihi batas yang diijinkan tetapi reaktor tidak bisa kritis akibat timbulnya Xenon.

Adanya fasilitas loading/ unloading menyebabkan RSG-GAS mempunyai kemampuan cukup besar memproduksi radioisotop guna keperluan ekspor. Untuk mendayagunakan fasilitas tersebut, perlu diatasi permasalahan-permasalahan di atas dengan melakukan modifikasi kecepatan batang kendali reaktor tanpa mengurangi aspek keselamatan reaktor.

Modifikasi dilakukan melalui beberapa tahap yaitu :

- Modifikasi motor dan reduction gear
- Modifikasi sistem elektronik pengendali motor dan sistem interlock

Setelah dilakukan perhitungan dan pemasangan, dilakukan uji coba satu perangkat drive unit dengan pengujian beban sama seperti keadaan sesungguhnya di dalam reaktor. Tulisan ini hanya membahas aspek elektronik dan mekanik dari modifikasi batang kendali tersebut. Sedangkan pembahasan terhadap aspek keselamatan telah dilakukan dan dilaporkan dalam tulisan lainnya.

TEORI

Pada penentuan daya motor dan gear reduksi suatu mekanisme penggerak batang kendali perlu dilakukan perhitungan mekanik berdasarkan data-data yang ada. Pada dasarnya perhitungan ini didasarkan pada perhitungan torsi yang akan berkaitan dengan penentuan daya motor dan spesifikasi unit gear. Perhitungan torsi dan penentuan daya motor dilakukan melalui langkah-langkah sebagai berikut :

- Penentuan laju putar "ball screw shaft" berdasarkan stroke total, waktu stroke dan kemiringan spindel (*spindle slope*)
 - Penentuan rasio reduksi (*reduction ratio*) berdasarkan putaran tipikal motor yang ada di pasaran dan laju putar *ball screw shaft*
 - Penentuan torsi maksimum dari shaft berdasarkan besarnya beban, kemiringan spindel dan efisiensi *ball screw*.
 - Penentuan daya total shaft berdasarkan laju putar ball screw dan torsi maksimum dari shaft.
 - Penentuan efisiensi unit gear.
 - Penentuan torsi dan daya motor berdasarkan daya total shaft dan efisiensi unit gear.
- mus-rumus serta langkah yang dijelaskan di atas dapat dirangkum seperti tampak pada gambar 1.

Modifikasi kecepatan batang kendali dilakukan melalui dua tahap yaitu tahap desain dan tahap pengujian.

A. Tahap desain

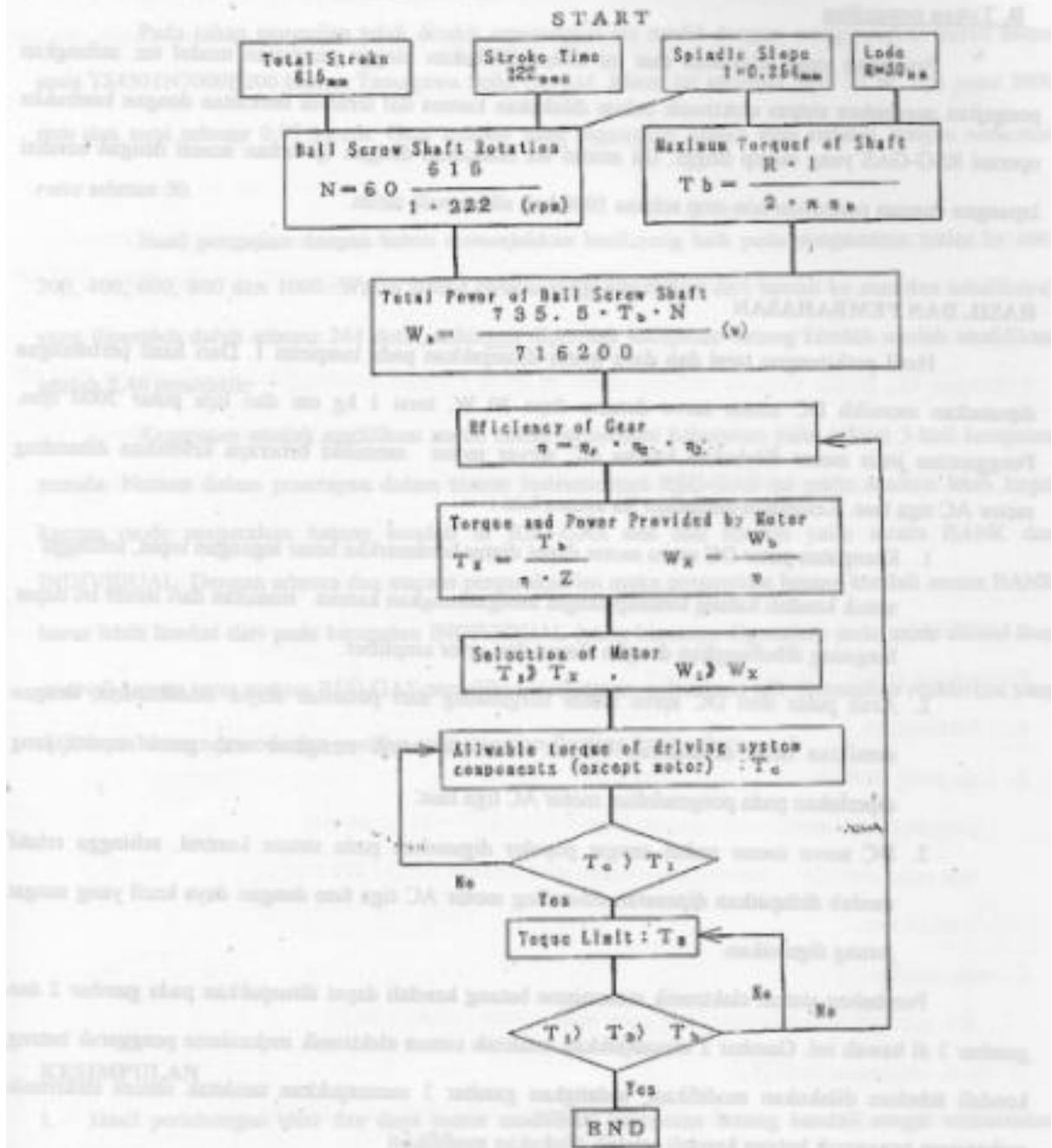
Tahap desain meliputi dua bagian yaitu :

- Perhitungan desain mekanik

Perubahan yang dilakukan pada sistem mekanik penggerak batang kendali dilakukan hanya pada penggantian motor dan unit gear reduksi. Pada tahap ini dilakukan perhitungan torsi dan daya motor. Perhitungan didasarkan kecepatan batang kendali yang diharapkan yaitu sekitar lima kali dari kecepatan semula. Selain daya motor juga ditentukan spesifikasi dari unit gear.

- Desain sistem elektronik.

Perubahan sistem elektronik yang dilakukan meliputi perubahan drive unit yang semula digunakan untuk mengontrol motor AC tiga fase (kecepatan tunggal) dirubah menjadi DC servo motor (multi kecepatan). Perubahan yang dilakukan juga diusahakan tidak mengubah sistem antar muka dengan operator dan sistem interlock yang dikendalikan melalui Programmable Logic Controller Simatic 5-5.



Gambar 1. Prosedur penentuan torsi dan daya motor penggerak batang kendali

B. Tahap pengujian

Pengujian yang dilakukan saat ini hanya dilakukan hingga pengujian modul tes, sedangkan pengujian perubahan sistem elektronik belum dilakukan karena hal tersebut berkaitan dengan kesibukan operasi RSG-GAS yang cukup tinggi. Uji modul tes dilakukan dengan uji beban sesuai dengan kondisi lapangan dengan pengujian non-stop selama 1000 kali siklus naik turun.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil perhitungan torsi dan daya motor ditunjukkan pada lampiran 1. Dari hasil perhitungan diputuskan memilih DC motor servo dengan daya 30 W, torsi 1 kg cm dan laju putar 3000 rpm. Penggantian jenis motor dilakukan karena DC servo motor memiliki beberapa kelebihan dibanding motor AC tiga fase. Kelebihan-kelebihan itu antara lain :

1. Kecepatan putar DC servo motor dapat diatur berdasarkan besar tegangan input, sehingga untuk kendali kalang tertutup sangat menguntungkan karena masukan dari motor ini dapat langsung dihubungkan dengan output dari error amplifier.
2. Arah putar dari DC servo motor bergantung dari polaritas sinyal masukannya, dengan demikian tidak dibutuhkan banyak kontaktor untuk mengatur arah gerak seperti yang diperlukan pada pengendalian motor AC tiga fase.
3. DC servo motor sudah sangat populer digunakan pada sistem kontrol, sehingga relatif mudah didapatkan dipasaran dibanding motor AC tiga fase dengan daya kecil yang sangat jarang digunakan.

Perubahan sistem elektronik mekanisme batang kendali dapat ditunjukkan pada gambar 2 dan gambar 3 di bawah ini. Gambar 2 menunjukkan tataletak sistem elektronik mekanisme penggerak batang kendali sebelum dilakukan modifikasi, sedangkan gambar 3 menunjukkan tataletak sistem elektronik mekanisme penggerak batang kendali setelah dilakukan modifikasi

Dari modifikasi sistem elektronik yang dilakukan tampak bahwa sistem interlock dan antar muka dengan operator tetap menggunakan sistem yang lama. Perubahan hanya dilakukan pada mode operasi otomatis (*Closed Loop Control*). Pada mode ini keluaran dari error amplifier langsung dikirim ke drive unit dari motor. Kecepatan motor bergantung dari besar tegangan, dan arah putaran motor

tergantung pada polaritas sinyal keluaran dari error amplifier.

Pada tahap pengujian telah dirakit seperangkat tes model dengan menggunakan Servo motor jenis TS4501N7000E200 buatan Tamagawa Seiki Co. Ltd. Motor ini memiliki daya 30 W, laju putar 3000 rpm dan torsi sebesar 0,97 kg.cm. Gear reduksi yang digunakan adalah gear reduksi dengan *reduction ratio* sebesar 50.

Hasil pengujian dengan beban menunjukkan hasil yang baik pada pengamatan siklus ke 100, 200, 400, 600, 800 dan 1000. Waktu stroke (waktu yang diperlukan dari bawah ke atas dan sebaliknya) yang diperoleh adalah sebesar 244 detik, sehingga diperoleh kecepatan batang kendali setelah modifikasi adalah 2,46 mm/detik.

Kecepatan setelah modifikasi sudah cukup memenuhi kebutuhan yaitu sekitar 5 kali kecepatan semula. Namun dalam penerapan dalam sistem instrumentasi RSG-GAS ini perlu analisis lebih lanjut karena mode pergerakan batang kendali di RSG-GAS ada dua macam yaitu secara BANK dan INDIVIDUAL. Dengan adanya dua macam pergerakan ini maka pergerakan batang kendali secara BANK harus lebih lambat dari pada kecepatan INDIVIDUAL (yang biasanya digunakan pada mode *closed loop control*) karena teras reaktor RSG-GAS memiliki keterbatasan maksimum laju pemasukan reaktivitas yang diijinkan (batasan periode dan positive serta negative floating limit value).

KESIMPULAN

1. Hasil perhitungan torsi dan daya motor modifikasi kecepatan batang kendali sangat menentukan spesifikasi motor dan gear reduksi yang digunakan.
1. Penggunaan servo motor dan gear reduksi setelah modifikasi memberikan kecepatan batang kendali sebesar 2,46 mm/ detik.
2. Modifikasi sistem elektronik hanya mengubah pada mode "automatic", sedangkan pada mode

"manual" masih tetap menggunakan sistem yang lama (dengan kendali oleh SIMATIC S-5).

3. Hasil pengujian dengan beban 31 kg selama 1000 siklus menunjukkan sistem dapat bekerja dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

1. Nakano M., JAERI Expert's Activity report in Multi Purpose Reactor RSG-GA Siwabessy BATAN Indonesia, April 1994
2. Nakano M., JAERI Expert's Activity report in Multi Purpose Reactor RSG-GA Siwabessy BATAN Indonesia, August 1995
3. -. Rod drive control system Description MPR 30, Interatom

LAMPIRAN

Perhitungan desain torsi dan daya motor

1. Perhitungan

B. Laju putar shaft (N)

$$\text{putaran total} = \text{stroke total} / \text{spindle slope} = 615 / 2,54 = 242,1 \text{ putaran}$$

$$\begin{aligned} \text{laju putar shaft (N)} &= \text{putaran total} / \text{waktu stroke total} = 242,1 / 222 \times 60 \\ &= 65,43 \text{ rpm} \end{aligned}$$

C. rasio reduksi (Z)

$$Z = \text{rpm typical servomotor} / \text{laju putar shaft} = 3000 / 65,43 = 45,85$$

D. Torsi maksimum shaft (T_b)

$$T_b = (\text{spindle slope} \cdot \text{beban}) / (2 \Pi \eta_b) = (0,254 \cdot 30) / (2 \Pi 0,8) = 1,52 \text{ kg. cm}$$

E. Total daya shaft (W_b)

$$\begin{aligned} W_b &= 735,5 \times (\text{torsi maksimum shaft} \cdot \text{laju putar shaft}) / 716200 \\ &= 735,5 \times (1,52 \cdot 45,85) / 716200 = 1,35 \text{ W} \end{aligned}$$

F. Efisiensi unit gear (η)

$$\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \\ = 0,8 \times 0,8 \times 0,8 = 0,51$$

G. Penentuan torsi dan daya motor ditentukan berdasar

· Daya motor $W_1 \gg W / \eta$

Torsi motor $T_1 \gg T_b (\eta \cdot Z)$

2. Spesifikasi motor yang dibutuhkan

Output Daya : ~30 Watt

Output torsi : ~1 kg.cm

laju putar : 3000 rpm

3. Spesifikasi unit reduksi gear

Total reduksi : 45,8

rasio gear reduksi tingkat pertama : 2

rasio gear reduksi tingkat kedua : 10

rasio gear reduksi tingkat ketiga : 2,29

