

**PENGARUH KELUAR MASUK TARGET  
TERHADAP OPERASI REAKTOR  
YANG SEDANG BERLANGSUNG DI RSG GAS.**

Kusno, Pardi.

**ABSTRAK.**

**PENGARUH KELUAR MASUK TARGET TERHADAP OPERASI REAKTOR YANG SEDANG BERLANGSUNG DI RSG GAS.** Salah satu kegunaan reaktor RSG-GAS adalah sebagai sarana untuk memproduksi bahan radioisotop. Pemasukan dan pengeluaran target pada posisi iradiasi D-6 dan E-7 dilakukan secara manual. Pelaksanaan dapat dilakukan pada saat reaktor padam atau operasi, bila dilakukan disaat reaktor padam maka tidak ada masalah, tetapi bila dilakukan saat reaktor operasi maka akan mengganggu jalannya operasi reaktor. Gangguan tersebut merupakan gangguan laju alir di teras reaktor dan gangguan reaktivitas. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan perilaku hubungan antara penanganan target dan gangguan parameter tersebut. Perilaku ini akan menjadi pedoman group operasi dalam melaksanakan penanganan target iradiasi.

**ABSTRACT.**

**THE INFLUENCE OF ON POWER TARGET LOADING AT RSG-GAS REACTOR.** One of utilization purposes of the RSG-GAS reactor is to produce radioisotop. The target insertion or withdrawal on the irradiation position D-6 and E-7 in the core can be done manually, during reactor operation or shut down condition. The problem arises when the loading is under operation mode, because of flow and reactivity change the reactivity. The behavior of operation parameter changes due to target handling will be investigated in this paper. The behavior will be applied as a guidance of the operating group in handling the irradiation target.

**PENDAHULUAN**

Salah satu kegunaan reaktor RSG-GAS adalah sebagai sarana untuk mengiradiasi bahan untuk memproduksi radioisotop. Dengan meningkatnya permintaan pelayanan iradiasi bahan radioisotop, maka di RSG-GAS pelayanan iradiasi juga meningkat, sehingga pelaksanaan memasukan dan mengeluarkan target tersebut dilakukan pada waktu reaktor sedang beroperasi. Pelaksanaan ini kadang-kadang dapat mengganggu proses kelancaran operasi reaktor (reaktor *scram*), maka gangguan ini harus diamati dengan saksama sehingga kegagalan operasi dapat dihilangkan, sehingga operasi reaktor dapat berjalan dengan lancar dan aman sesuai dengan yang diharapkan. Pemasukan dan pengeluaran target bisa dilakukan pada operasi reaktor dengan daya yang stabil, dengan pengendalian daya reaktor secara otomatis.

**Pengendalian daya reaktor secara otomatis.**

Setelah reaktor beroperasi pada daya yang direncanakan maka harga parameter operasi sebagai berikut :

Kanal daya (JKT04 DX001F) : stabil pada daya yang direncanakan.

Periode (JKT02 CX811G dan CX821G): tak terhingga.

Untuk mempertahankan daya reaktor secara otomatis dilakukan cara sebagai berikut :

- Tentukan nilai prosentase penunjukan JKT04 DX001F terhadap skala penuh.
- Sesuaikan angka penunjukan pada set point dengan nilai prosentase tersebut.
- Pasang skalar *HAND-CONTROL* pada posisi *CONTROL*.

Setelah pada *CONTROL*, maka perubahan reaktivitas akan diimbangi oleh penarikan atau penyisipan batang kendali pengatur secara otomatis. Dengan demikian daya reaktor akan stabil yang ditandai penunjukan kanal daya JKT04 DX001F.

**PENANGANAN TARGET IRADIASI.**

Penanganan target yaitu memasukan ataupun mengeluarkan target pada teras reaktor dapat dilakukan pada saat reaktor dalam keadaan operasi ataupun dalam keadaan tidak operasi. Bila

pelaksanaan tersebut dalam keadaan reaktor tidak operasi tidak ada masalah, tetapi bila pelaksanaan tersebut dalam keadaan reaktor beroperasi, maka akan mengganggu kestabilan operasi reaktor. Untuk itu diperlukan suatu tindakan agar gangguan tersebut tidak mengakibatkan gangguan serius terhadap operasi reaktor selama kegiatan memasukkan atau mengeluarkan target tersebut.

Fasilitas iradiasi di RSG. GA. Siwabessy ada bermacam-macam misalnya sistem rabbit, sistem *beam tube*, sistem PRTF, sistem *loading unloading*. Fasilitas iradiasi yang mempunyai pengaruh yang paling besar terhadap operasi reaktor adalah fasilitas iradiasi *loading unloading* dengan cara manual, sehingga sistem ini dipakai sebagai pokok permasalahan dalam pembahasan ini. Fasilitas ini berada di teras reaktor pada posisi iradiasi pusat ( CIP ) yaitu pada posisi D-6 dan E-7. Pelaksanaannya dengan cara manual dan untuk mempermudah bagi operator maka dipasang alat bantu yang disebut pengarah. Fasilitas ini pada bagian bawah dipasang *stringer* dan pada bagian atas disambung dengan pipa pengarah sampai pada ketinggian tertentu untuk mempermudah operator eksperimen memasukkan atau menarik target pada posisi yang telah ditentukan, lihat Gambar 1. Dalam hal ini target dipegang oleh pengait dan pengait ini diikat dengan tali penyambung *stanless steel* sebagai alat bantu untuk memasukkan dan mengeluarkan pada posisi yang telah ditentukan kemudian tali bagian atas diikat pada kerangka pengarah bagian atas yang berada di atas kolam reaktor. Tali tersebut digunakan terus selama proses iradiasi berlangsung. Pada prinsipnya pengarah kapsul target berfungsi sebagai pengerak kapsul target ketika proses pemasangan atau pengambilan ke atau dari posisi iradiasi pada teras reaktor.

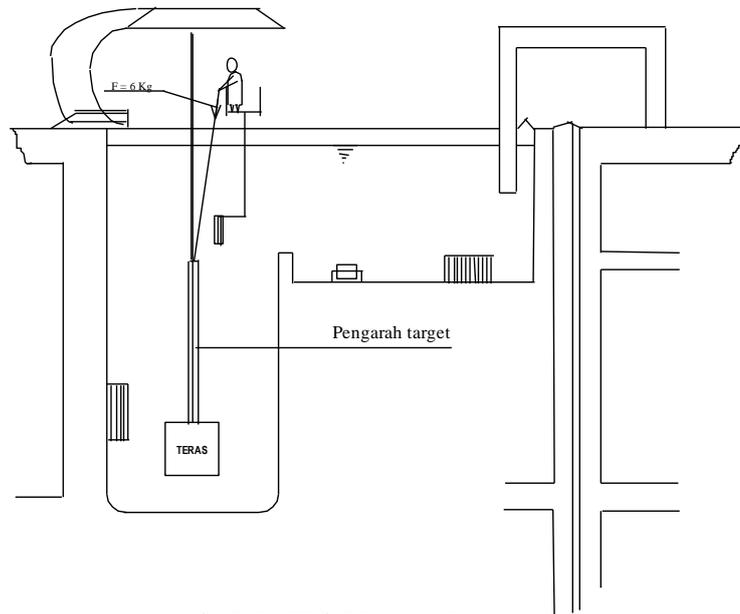
Pengarah kapsul target terdiri dari tiga bagian utama yaitu :

1. Pipa pengarah.  
Pipa pengarah ini dipasang mati pada stringer yang berfungsi sebagai tempat iradiasi target.
2. Batang pemegang bawah.  
Batang pemegang bawah menghubungkan pipa pengarah dengan pemegang atas.
3. Batang pemegang atas.  
Batang pemegang atas adalah untuk mengantungkan pengarah pada grid pengantungan dan juga berfungsi tempat mengikat tali penyambung.

Pada setiap *stringer* terdapat tiga posisi fasilitas iradiasi. Material yang digunakan untuk pengarah ini adalah alumunium, kecuali bagian-bagian yang membutuhkan kekuatan maka digunakan *stanless steel*.

Penanganan target dilakukan diskontinyu atau terputus-putus untuk menjaga kondisi kestabilan daya reaktor dengan mengamati gerakan mekanik batang kendali. Bila sudah tidak ada gerakan batang kendali maka kondisi kestabilan daya tercapai maka operator di atas kolam reaktor mengerjakan target lagi, demikian seterusnya sampai selesai.

Adapun operator yang ada di RKU bertugas menjaga kondisi kestabilan daya reaktor. Selama gerakan target, kontrol otomatis akan mendeteksi perubahan daya dan batang kendali pengatur bergerak. Setelah posisi batang kendali pengatur dan bank berbeda kurang lebih 5 mm, operator menyamakan posisi dengan mengatur batang kendali bank sambil mengamati parameter operasi reaktor lainnya.

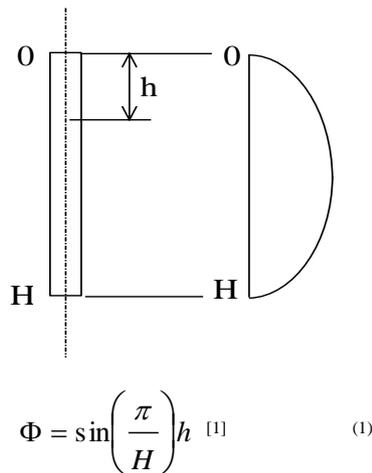


GAMBAR: 1. PENGARUH LAJU ALIR

**TEORI.**

Untuk memperkirakan reaktivitas sisipan rerata maksimum,  $\rho(t)$  maka diasumsikan sebagai berikut:

- Energi neutron di dalam teras reaktor adalah 1 grup.
- Distribusi fluks neutron aksial didalam posisi iradiasi berbentuk fungsi sinus yaitu



- dimana
- $\phi$  = fluks neutron
  - H = posisi dasar tempat radiasi
  - h = tingginya tempat iradiasi dari atas
  - Target radiasi adalah sebagai bahan homogen untuk serapan neutron berbentuk silinder dengan radius R.

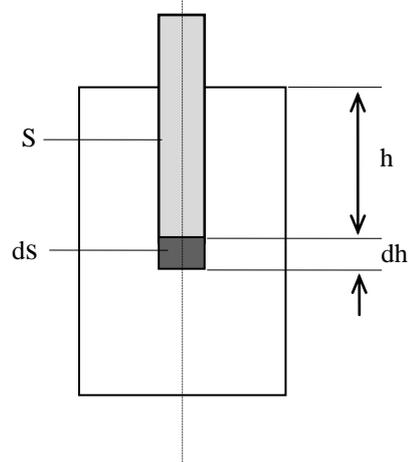
- Serapan neutron silinder atas keseimbangan dengan permukaan (s) yang telah dimasukan dan dengan faktor serapan A (konstan).
- Pengaruh serapan pada reaktivitas seimbang dengan  $\Phi^2$ .

Apabila silinder dimasukkan dari posisi h pada posisi h + dh, permukaan silinder di dalam teras ditambah dari S + ds, maka reaktivitas negatif  $\rho$  berubah pada  $\rho + d\rho$ . Kemudian perubahan penyerapan menjadi A.d.s. Maka perubahan reaktivitas  $\rho$  dapat dituliskan sebagai berikut :

$$d\rho = A \Phi^2 ds .$$

dimana

$$ds = 2 \pi R dh.$$



Dari kedua persamaan tersebut akan didapat kecepatan reaktivitas penyisipan target maks sebagai berikut :

$$\left(\frac{d\rho}{dt}\right)_{maks} = \frac{2V_t}{H} \rho(H)^{1,41} \quad (2)$$

dengan :

$V_t$  = kecepatan target

$\rho(H)$  = reaktivitas target

Untuk menghindari kegagalan operasi (*scram*)

maka harga  $\left(\frac{d\rho}{dt}\right)$  maks harus lebih kecil dari

harga  $\left(\frac{d\rho}{dt}\right)$  batang kendali pengatur.

## HASIL DAN PEMBAHASAN.

### Pengaruh laju alir pendingin primer.

Untuk mengetahui pengaruh laju alir pendingin primer terhadap pelaksanaan memasukkan dan mengeluarkan target, menurut hasil pengamatan ada beberapa gaya tarik target terhadap personil yang sedang melaksanakan memasukkan atau mengeluarkan target yang berada di atas kolam reaktor. Besarnya tarikan ini tergantung pada jenis targetnya. Dengan laju alir pendingin primer sebesar 3150 m<sup>3</sup>/jam, akan menyebabkan gaya tarik terhadap personil yang sedang melakukan memasukkan atau mengeluarkan target antara 4 sampai 6 Kg, tergantung jenis targetnya. Harga ini diperoleh dengan menimbang beberapa target padaudukannya dan keadaan reaktor beroperasi. Alat timbangan yang dipakai jenis POCKET BALANCE, ORIGINAL Re bure, buatan Jerman. Dari penimbangan tersebut diperoleh data yang paling ringan pada posisi di teras D-6 Utara dengan target *Dummy* adalah 4 Kg, sedang yang paling berat pada posisi di teras E-7 Utara dengan target FPM adalah 6 Kg. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel :1.

Dengan mengetahui besarnya tarikkan target akibat laju alir, maka petugas pelaksana akan dapat memperhitungkan hal yang akan terjadi sehingga dalam melaksanakan pekerjaan ini akan lebih hati-hati.

Tabel 1: Besar tarikkan target dari pengaruh laju alir primer.

NO	JENIS TARGET	POSISI	TARIKKAN (Kg)
1	FPM	E-7 Utara	6
2	LEU	E-7 Barat	5
3	TeO <sub>2</sub>	E-7 Timur	5
4	LEU	D-6 Barat	5
5	TeO <sub>2</sub>	D-6 Timur	5
6	Dummy target	D-6 Utara	4

### Perkiraan reaktivitas sisipan maksimum oleh target.

Kecepatan kompensasi batang pengatur dihitung siklus operasi reaktor teras 38, Data batang kendali pengatur pada teras tersebut adalah sebagai berikut :

Harga reaktivitas batang

kendali pengatur ( $\rho_R$ ) = 1,521 %.

Panjang langkah ( $H_R$ ) = 600 mm.

Kecepatan ( $V_R$ ) = 0,538 mm/s.

Kemampuan kompensasi batang kendali pengatur RSG-GAS adalah

$$\left(\frac{d\rho}{dt}\right)_{RR} = \frac{\rho_R}{H_R} V_R = \frac{1,522}{600} \times 0,538 = 0,005458 \% / s.$$

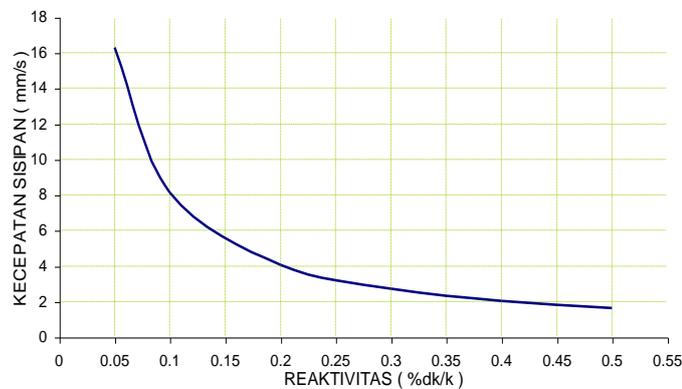
Untuk menjamin kestabilan kondisi kritis reaktor, berarti harga reaktivitas sisipan target harus lebih kecil atau sama dengan kompensasi reaktivitas batang kendali pengatur .

$$\left(\frac{d\rho}{dt}\right)_{maks} \leq \left(\frac{d\rho}{dt}\right)_{RR} \leq 0,005458 \% / s$$

Dengan menggunakan rumus ( 2 ), diturunkan kecepatan maksimum target sebagai fungsi besar reaktivitas target dari 0,05; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5 % dk/k, maka akan diperoleh kecepatan penyisipan target maksimum di teras reaktor seperti ditunjukkan Tabel : 2 dan digambarkan secara grafik dalam Gambar 2.

Tabel 2 : Hubungan reaktivitas dan kecepatan.

( pt ) % dk/k	Kecepatan sisipan maksimum ( mm/s )
0,05	16,3
0,1	8,15
0,2	4,07
0,3	2,71
0,4	2,04
0,5	1,63



GAMBAR 2 : KECEPATAN SISIPAN TARGET SEBAGAI FUNGSI REAKTIVITAS TARGET

Dari Gambar 2 akan diperoleh hubungan antara besarnya reaktivitas dan gerakan sisipan target di teras reaktor. Apabila diketahui besarnya reaktivitas target yang akan dimasukkan ke dalam teras reaktor, maka dengan melihat pada Gambar 2 pada garis mendatar pada sumbu X kemudian menarik garis tegak sampai memotong garis grafik kemudian menarik garis mendatar ke kiri hingga memotong sumbu Y akan didapat harga kecepatan sisipan target. Dengan demikian dengan Gambar 2 tersebut dapat dipergunakan oleh personil pelaksana untuk pedoman sebelum melakukan pekerjaannya.

Besar reaktivitas target dapat diketahui dengan melakukan percobaan reaktivitas target . Cara ini dilakukan dengan mengoperasikan reaktor pada daya rendah bebas sumber, kemudian target dimasukkan ke teras reaktor. Besarnya reaktivitas dapat diketahui dengan melihat perubahan posisi batang kendali. Besarnya perubahan posisi batang kendali kemudian dilihat dalam tabel reaktivitas hasil kalibrasi batang kendali, sehingga besarnya reaktivitas target dapat diketahui. Sebagai contoh pada percobaan reaktivitas target pada siklus teras 38, dapat dilihat pada Tabel 3.

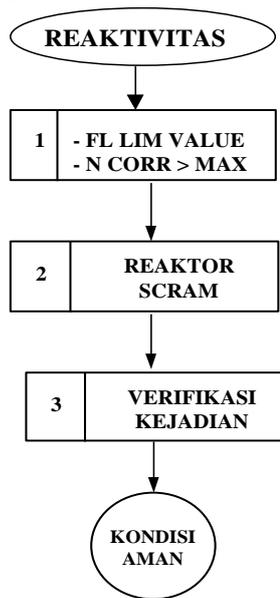
Tabel 3 : Hasil pengukuran reaktivitas target.

NO	NO TARGET	JENIS TARGET	POSISI IRADIASI	PERUBAHAN BATANG KENDALI (mm)	REAKTIVITAS % dk/k
1	997 / POLI / 2000	Sm <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ( 50 gr )	E-7 (S)	330 - 325 = 5	+ 0,0174
2	998 / POLI / 2000	U <sub>235</sub> ( 2,551 gr )	E-7 (B)	325 - 310 = 15	+ 0,0545
3	999 / POLI / 2000	Te <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ( 100+100 gr )	D - 6 (U)	310 - 306 = 4	+ 0,014

Dari hasil pengukuran menunjukkan bahwa perubahan reaktivitas untuk satu posisi iradiasi < 0,5 %. Reaktivitas target maksimum yang diizinkan untuk satu posisi iradiasi berdasarkan *Safety Analysis Report ( SAR )* MPR-30<sup>[1]</sup> adalah < 0,5 %, Dengan demikian gangguan reaktivitas yang disebabkan oleh target dibawah harga maksimum.

terjadi adalah target jatuh atau karena terlalu besar kecepatan memasukan ataupun menariknya atau kompensasi batang kendali yang terlalu cepat, sehingga penyisipan reaktivitas melebihi harga batas selanjutnya akan menyebabkan reaktor *scram* secara otomatis. Untuk mengetahui kejadian dan cara pengendaliannya dengan jelas maka dapat dilihat pada Gambar3.

Pelaksanaan penanganan target pada teras reaktor kemungkinan kecelakaan operasi yang



GAMBAR 3 : DIAGRAM ALIR GANGGUAN REAKTIVITAS

Keterangan:

1. Bila reaktor sedang operasi pada daerah daya dan terjadinya kecelakaan reaktivitas maka pada panel tegak CWJ02 di RKU akan timbul alarm sebagai berikut:

<i>FL. LIM. VALUE</i>	ON
atau	
<i>N CORR &gt; MAX</i>	ON

2. Dengan adanya harga batas di RPS yang terlampaui maka reaktor akan *scram* secara otomatis. Hal ini ditandai oleh sinyal alarm pada panel tegak CWJ02 di RKU akan menyala.

JRZ11 ER101	ON
dan JRZ11 ER202	ON
dan JRZ11 ER303	ON

3. Verifikasi kejadian. Dalam hal ini penanggung jawab operasi reaktor (supervisor reaktor) meyakinkan *scram* reaktor dengan mengamati

pada meja panel CWA01 akan timbul alarm sebagai berikut:

*Position Absorber Down 100%* ON

Setelah reaktor *scram* supervisor melakukan tindakan untuk menganalisa kejadian *scram* dan mencari apa yang menyebabkan *scram* tersebut, kemudian mengambil keputusan untuk menentukan langkah-langkah atau tindakan berikutnya yang akan dilakukan. Apabila penyebab *scram* reaktor sudah diketahui dan kemudian ditindak lanjuti sesuai dengan ketentuan, maka dengan melihat keadaan di lapangan, maka reaktor dapat dinyatakan aman untuk dioperasikan lagi.

Untuk menghindari terjadinya reaktor *scram* dan kondisi kestabilan kondisi kritis reaktor selalu tercapai, maka harus dihindari kejadian penyebab *scram* yang diakibatkan oleh gangguan reaktivitas. Harga *floating limit value* maksimum dapat dicegah dengan cara memperlambat gerakan sisipan target di dalam teras reaktor sehingga sisipan reaktivitas dapat dikompensasi oleh

gerakkan batang kendali pengatur. Ini berarti harga reaktivitas sisipan harus lebih kecil dari reaktivitas batang kendali pengatur .

$$\left(\frac{d\rho}{dt}\right)_{target} \leq \left(\frac{d\rho}{dt}\right)_{reg.rod}$$

Sedangkan untuk menghindari harga batas maksimum daya operasi reaktor, maka bila reaktor sedang beroperasi mendekati daya maksimum, maka pada saat memasukkan atau mengeluarkan target, daya reaktor diturunkan pada daerah daya yang dapat mengkompensasi fluktuasi daya selama kompensasi..

### KESIMPULAN.

Dari uraian dan data di atas maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

### DAFTAR PUSTAKA.

1. BATAN, MPR-30, *Safety Analysis Report ( SAR )*, Revisi: 7, 1989.
2. Analisis Keselamatan Iradiasi Target Iridium dan FPM di Teras Reaktor Serba Guna GA. Siwabessy, Pusat Reaktor Serba Guna. 1997.
3. BATAN, MPR-30, *Operating Manual ( OM )*, Part : III, 1988.
4. BATAN, PRSG, Estimasi Reaktivitas pada saat *Loading / Unloading* dan Usulan Prosedur Operasi Reaktor, Hajimu Shitomi, 1994.

### DISKUSI

**Pertanyaan :** (Endiah PH.)

- Bagaimana cara memperkirakan pemasukan target ke teras dengan kecepatan tertentu secara manual.
- Dari studi banding cara pemasukan target di JRR-4 (Jepang) dapatkah diterangkan bagaimana teknis pelaksanaan ditempat tersebut ?

**Jawaban :** (Kusno, BE)

Perkiraan kecepatan pemasukan target dapat diketahui dengan memberi tanda pada tali pengikat, karena dengan sistem otomatis operasi reaktor, sehingga untuk mengetahui kondisi kritis pada teras reaktor dengan mendengarkan suara gerakan batang kendali pengatur di atas kolam reaktor, bila batang kendali sudah tidak bergerak berarti kondisi kritis tercapai, kemudian penyisipan dimulai lagi, kegiatan sampai pelaksanaan selesai sehingga waktu yang dibutuhkan pelaksanaan akan lebih lama dari perhitungan..

- Penanganan target secara manual sangat tergantung kepada faktor manusia baik kondisi dan pengalaman. Semakin banyak pengalamannya maka resiko gangguan yang ditimbulkan akan semakin kecil. Agar lebih aman lagi maka sistem pengarah perlu ditambah dengan sistem baru yang dapat menggantikan tenaga manusia dalam penyisipan target di dalam teras reaktor.
- Setiap personil pelaksana harus mengetahui bahan dan berat sampel sehingga dapat mengetahui jenis dan besar reaktivitasnya. Dengan demikian di dalam melaksanakan dapat memperkirakan kecepatan pemasukan atau pengeluaran target dengan aman.
- Target yang mempunyai harga reaktivitas besar mempunyai gerakan sisipan di teras reaktor lebih lambat dan begitu sebaliknya target yang mempunyai reaktivitas kecil gerakan sisipan di teras akan lebih cepat.