

UJI COBA IRADIASI TARGET *DISC* IRIDIUM DI RSG-GAS PADA DAYA 15 MW UNTUK PRODUKSI *BULK* IRIDIUM-192

Dicky T M*, Moeridun**, Bambang P***, Hambali**
*) RSG-GAS, **) PRR-BATAN, ***) Pt.Batan Teknologi

ABSTRAK

UJI COBA IRADIASI TARGET *DISC* IRIDIUM DI RSG-GAS PADA DAYA 15 MW UNTUK PRODUKSI *BULK* IRIDIUM-192. Telah dilakukan uji coba iradiasi target *disc* Iridium di RSG-GAS pada daya 15 MW untuk percobaan produksi *bulk* ^{192}Ir sampai diperoleh produk sumber tertutup ^{192}Ir untuk radiografi. *Bulk* ^{192}Ir merupakan bahan baku utama dalam memproduksi sumber tertutup ^{192}Ir untuk radiografi. Kebutuhan *bulk* ^{192}Ir selama ini dipasok oleh produsen dari luar negeri, karena daya reaktor yang diturunkan dari 18 MW menjadi 15 MW diperkirakan secara efektif tidak mampu memproduksi sumber tertutup ^{192}Ir . Untuk mengurangi ketergantungan bahan baku *bulk* ^{192}Ir dan mengantisipasi dampak kenaikan harga minyak terhadap harga bahan baku ini maka dilakukan uji coba iradiasi target Iridium dengan di RSG-GAS daya 15 MW. Tujuan percobaan adalah untuk memperoleh kondisi iradiasi target *disc* Iridium yang optimal sesuai dengan spesifikasi *bulk* ^{192}Ir . Metodologi percobaan meliputi penyiapan target Ir *disc* ukuran \varnothing 3.00 mm x 0.125 mm dan \varnothing 2.00 mm x 0.25 mm, iradiasi selama 1 siklus operasi pada posisi *CIP*, pembongkaran target radioaktif dalam hotcell produksi, pengukuran aktivitas setiap *disc*, perakitan ^{192}Ir *disc* dalam kapsul *inner* dan kapsul *outer*, perakitan komponen menjadi produk, pengelasan *TIG* kapsul, pengujian kualitas produk, pengukuran aktivitas keluaran, dekontaminasi dan pengemasan ke dalam kontainer transportasi. Berdasarkan hasil uji coba iradiasi target selama 43 hari efektif pada posisi D-6(B) di *CIP* yang diselingi *shutdown* diperoleh aktivitas ^{192}Ir dalam bentuk *disc* ukuran \varnothing 3.00 mm x 0.125 mm sebesar 8.59 Ci/*disc* dan ukuran \varnothing 2.00 mm x 0.25 mm mencapai 10.5 Ci/*disc*. Dari ^{192}Ir *disc* yang telah diketahui aktivitas lalu dirakit menjadi sumber tertutup diperoleh aktivitas keluaran produk BT-08617 : 86.8 Ci, BT-08618 : 76.0 Ci, BT-08619 : 76.0 Ci, BT-08620 : 76.60 dan BT-08621: 83.3 Ci. Meskipun waktu iradiasi lebih panjang dan diselingi beberapa kali *shutdown* ternyata RSG-GAS dengan daya 15 MW masih mampu untuk memproduksi sumber tertutup ^{192}Ir untuk radiografi. Manfaat hasil uji coba perlu ditingkatkan menjadi iradiasi skala penuh sesuai kondisi maksimal yang dapat dicapai oleh RSG-GAS. Dari uji coba ini diharapkan pt.batan teknologi sebagai *user* tidak terlalu menggantungkan *bulk* ^{192}Ir impor, kecuali RSG-GAS dalam masa perawatan panjang.

Kata Kunci: *bulk* ^{192}Ir , pengelasan *TIG*, radiografi

ABSTRACT

IRRADIATION TESTING OF IRIDIUM DISC TARGET USING 15 MW RSG-GAS FOR IRIDIUM-192 BULK PRODUCTION. The Iridium disc target irradiation testing has been carried out in RSG-GAS at 15 MW power reactor till sealed sources assembled for radiography. The ^{192}Ir bulk is primary raw material for ^{192}Ir sealed sources manufacture for radiography. The ^{192}Ir bulk demand recently is supplied by foreign company due power reactor of 15 MW is considered unable to effectively produce ^{192}Ir sealed source. To minimize the ^{192}Ir bulk from foreign country and to anticipate oils price jump that affect on the world to the ^{192}Ir bulk, therefore Ir disc target irradiation test should be perform at 15 MW RSG-GAS. The

purpose of experiment to obtain the optimum irradiation condition conform to ^{192}Ir bulk specification. For Ir disc metal target using 15 MW reactor power. Methodology experiments consisted of target preparation of \varnothing 3.00 mm x 0.125 mm and \varnothing 2.00 mm x 0.25 mm dimension, irradiate for 1 cycle reactor operation at CIP, dismantle target capsule in the production hot cell, disc measurement, assembly and sealed by TIG weld, quality product tests, output product activity measurement, decontamination, and package into the transportation container. According to the experiment are obtained for 43 days length time effective irradiation at D-6 (B) position discontinued by shutdown intervals time are 8.59 Ci/disc and 10.5 Ci/disc. Product assemblies are obtained BT-08617 : 86.8 Ci, BT-08618 : 76.0 Ci, BT-08619 : 76.0 Ci., BT-08620 : 76.6 Ci and BT-08621 : 83.3 Ci. However, using longtime discontinued irradiation for 15 MW reactor power are enable to produce ^{192}Ir bulk for radiography conform to product specification. The irradiation testing result is usefull data for ^{192}Ir bulk to prepare for domestic demand except during longtime maintenance period.

Keywords: ^{192}Ir bulk, TIG welding, radiography.

LATAR BELAKANG

Bulk Iridium-192 adalah bahan baku untuk pembuatan sumber tertutup ^{192}Ir untuk pengujian tak merusak atau radiografi ⁽²⁾. Peranan ^{192}Ir masih mempunyai prospek yang baik meskipun terdapat beberapa metode pengujian tak merusak non radioaktif. Penggunaan sumber radiasi tertutup mempunyai keunggulan dibandingkan dengan non radiasi antara lain tidak memerlukan sumber daya untuk mengoperasikannya, mampu menembus obyek stainless steel sampai 125 mm dan waktu paruhnya relatif lama sehingga dapat dipakai untuk inspeksi diberbagai tempat. Kelemahannya bahwa sumber radioaktif setelah tidak dipakai harus dilim-bahkan sesuai peraturan yaitu dikembalikan ke pabrik pemasok (*return sources*). Pemanfaatan RSG-GAS sebelumnya telah dilakukan ketika masih mampu beroperasi pada 20 – 22 MW dengan waktu operasi cukup panjang. Pada saat tersebut hasil iradiasi Iridium dapat dimanfaatkan langsung untuk merakit sumber tertutup untuk radiografi. Dengan makin menurunnya kemampuan komponen untuk mengoperasikan reaktor menyebabkan menurunnya daya dan waktu operasi. Agar dapat menjaga kesinambungan pengoperasian RSG-GAS maka dilakukan penurunan daya menjadi 15 MW. Dalam eksperimen ini dilakukan

iradiasi target Iridium berbentuk *disc* selama satu siklus operasi. Tujuannya adalah untuk memperoleh kondisi iradiasi yang dapat menghasilkan *bulk* ^{192}Ir sesuai dengan spesifikasi produk. Metodologi eksperimen meliputi penyiapan target, penyusunan dan penutupan target dalam grafit dan kapsul iradiasi, iradiasi target pada posisi CIP, pembongkaran target dan pengukuran aktivitas *disc*.. Berdasarkan hasil pengukuran kemudian dilakukan perakitan sumber tertutup dalam jumlah *disc* tertentu dan diukur aktivitasnya. Dari hasil ini dapat dievaluasi, mampu/ tidaknya RSG-GAS daya 15 MW untuk menyediakan *disc* radioaktif. Manfaat keberhasilan pemanfaatan RSG-GAS daya 15 MW adalah *disc* ^{192}Ir tidak perlu diimport dari negara lain tetapi dapat dilayani oleh RSG-GAS. Secara teoritis dapat dihitung aktivitas pertumbuhan aktivitas target selama iradiasi yang diselingi *shutdown*, menurut persamaan (1) berikut ⁽⁴⁾ :

$$A = \frac{N_0 \sigma \Phi [e^{-\sigma \Phi t} - e^{-(\lambda + \sigma \Phi t)}]}{3.7E+10 [1 + (\sigma' - \sigma) \Phi / \lambda]}$$

dengan A – aktivitas jenis ^{192}Ir Ci/g, N_0 – jumlah inti target per gram, σ – penampang lintang penangkapan neutron termal ^{191}Ir , barn, σ' – penampang lintang penangkapan neutron ^{192}Ir , Φ – kerapatan fluks neutron termal RSG-

GAS, $n \text{ cm}^{-2} \text{ detik}^{-1}$, lama iradiasi ,detik, λ – konstanta peluruhan ^{192}Ir

TATA KERJA

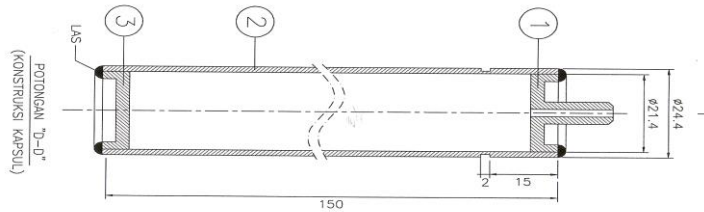
1. PERALATAN

Gamma Ionization Chamber, mesin las Century III, mesin las kapsul Idealarc,

transfer cask 7.8 ton, penguji kebocoran, penguji tarik.

2. BAHAN

Disc Iridium \varnothing 3.0 mm x 0.125 mm sebanyak 48 buah, Disc Iridium \varnothing 2.0 mm x 0.25 mm sebanyak 22 buah ,grafit mandrel, kapsul inner Al, kapsul outer Al.

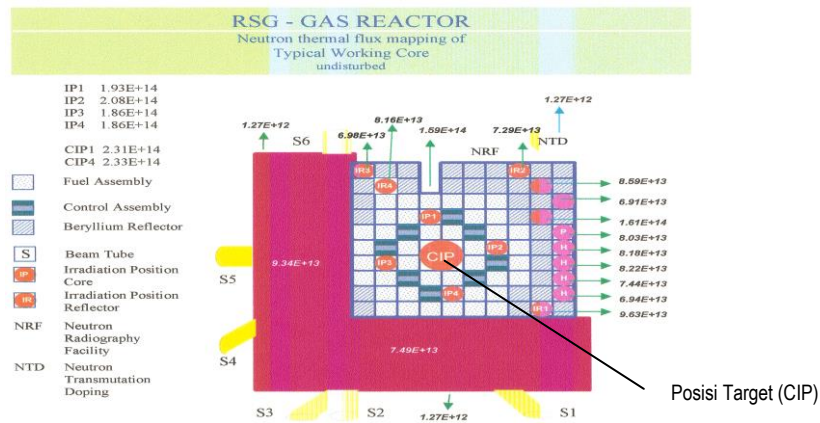


Gambar 1. Kapsul Iradiasi Target

PROSEDUR

- Penyiapan target : target disc Iridium dimasukan ke dalam mandrel grafit kemudian ditutup dengan kelongsongnya. Kelongsong dimasukan kembali ke dalam kapsul iradiasi dari bahan aluminium kemudian ditutup dengan pengelasan.
- Iradiasi di RSG-GAS pada posisi CIP di D-6 (B) selama 1 siklus operasi dengan fluks netron $> 10^{14} \text{ n/cm}^2 \text{ detik}$.
- Pembongkaran target radioaktif; target radioaktif dibuka difasilitas hotcel Gd.10, disc dimasukkan ke dalam vial lalu diukur aktivitasnya memakai Gamma Ionization Chamber satu persatu sebanyak 10 buah
- Berdasarkan hasil pengukuran kemudian disc dimasukan ke dalam kapsul inner lalu kapsul outer, dilas TIG. Setelah

- diperiksa secara visual kemudian diuji kebocoran dengan metode gelembung kapsul kemudian dirakit dengan pigtail..
- Kapsul outer lolos uji dirakit dengan pigtail khusus tipe 424-9.
- Hasil perakitan lalu diuji tarik pada 1600 psi
- Hasil perakitan didekontaminasi lalu diukur aktivitasnya memakai Gamma Counter
- Produk yang telah bersih diukur aktivitas keluarannya memakai Gamma Ionization Chamber



Gambar 2. Penempatan Kapsul Target di Teras RSG-GAS

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam percobaan produksi *bulk* ¹⁹²Ir menggunakan daya reaktor 15 MW dipergunakan dua macam ukuran target yaitu Ø 3.0 mm x 0.125 mm dan Ø 2.0 mm x 0.25 mm. Target berada dalam kapsul Al kemudian kapsul ditempatkan ke dalam keranjang kapsul (*stringer*) yang dapat menampung beberapa kapsul. Selama iradiasi kapsul dan keranjang kapsul berada didalam teras reaktor sesuai dengan lama iradiasi yang diinginkan. Setelah selesai iradiasi kapsul radioaktif dipindahkan dari kolam reaktor ke dalam kolam penyimpanan lalu ke hotcell dan selanjutnya keluar gedung reaktor. Selama iradiasi terjadi satu kali *scram* pada periode ke VI operasi. Terdapat beberapa faktor yang menyebabkan perbedaan antara aktivitas teoritis dengan aktivitas hasil pengukuran antara lain: distribusi fluks neutron pada posisi iradiasi. Sifat fisis dari suatu reaktor dinyatakan dengan distribusi

fluks neutron sebagai fungsi tenaga, ruang dan waktu serta faktor perlipatan efektif (k_{eff}). Sifat fisis tersebut dihasilkan dari adanya interaksi antara neutron dengan material penyusun teras reaktor. Bila terjadi gangguan pada interaksi tersebut maka akan terjadi perubahan pada distribusi fluks neutron serta k_{eff} teras. Gangguan dapat diakibatkan karena adanya komposisi bahan bakar/kendali maupun pemuatan material asing ke teras reaktor. Dalam kasus iradiasi target Iridium, bisa terjadi juga gangguan berupa depresi fluks neutron namun dapat dikompensasi dengan iradiasi target Uranium diperkaya secara bersamaan. Berdasarkan laporan Analisis Keselamatan RSG-GAS (Revisi 1993)⁽¹⁾ diperoleh perhitungan bahwa jumlah maksimum berat target Ir *disc* adalah 16 gram didalam teras reaktor dapat dikompensasi dengan 2 x 3 gram target HEU. Pada Tabel 1 terlihat waktu iradiasi efektif target 43 hari selama 1 siklus operasi yang terbagi menjadi 7 periode operasi.

Tabel 1. Iradiasi Efektif di RSG-GAS

PERIODE IRADIASI	IRADIASI FEKTIF (Menit)	TANGGAL	
		MULAI	SELESAI
I	16027	04-01-2008	16-01-008
II	9052	28-01-2008	05-02-2008
III	5915	08-02-2008	12-02-2008
IV	12586	15-02-2008	26-022008
V	5772	07-03-2008	11-03-2008
VI	5846	14-03-2008	18-03-2008
VII	6680	21-03-2008	26-03-2008
Total	61878	04-01-2008	26-03-2008
	1031.3	jam	
	43.0	hari	

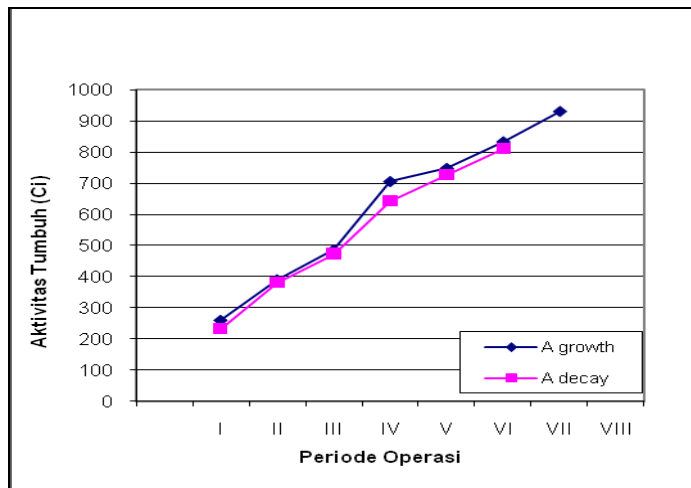
Target radioaktif ^{192}Ir dalam bentuk *disc* sebanyak 10 sampel diukur secara acak memakai Kamar Ionisasi Gamma dan hasilnya terlihat pada Tabel 3 dan Gambar 3. Dari nilai aktivitas per *disc* dapat dihitung aktivitas jenis ^{192}Ir *disc* pada kondisi iradiasi tersebut. Dari lama iradiasi efektif setiap periode dapat dihitung aktivitas tumbuh dan setelah satu siklus dapat ditentukan aktivitas total yang terbentuk. Aktivitas total merupakan kumulatif dari aktivitas setiap

periode setelah dikoreksi peluruhan. Pada Tabel 2 dan Gambar 2 dapat dilihat aktivitas tumbuh setiap periode. Aktivitas total yang terbentuk setelah 43 hari operasi efektif mencapai 930.5 Ci pada akhir iradiasi. Tetapi aktivitas yang terbentuk dari 1 gram target dihitung berdasarkan jumlah waktu iradiasi efektif ternyata hanya mencapai 627.8 Ci. Untuk berat target 1170 mg maka diperoleh aktivitas 734.5 Ci

Tabel 2. Aktivitas Tumbuh *Disc* Ir-192 Selama Satu Siklus Operasi RSG-GAS Pada 15 MW

PERIODE	LAMA IRADIASI (Detik)	AKTIVITAS TUMBUH (Ci)	LAMA PELURUHAN (Detik)	AKTIVITAS TERKOREKSI (Ci)
I	0.96E6	260.13	1.03E6	232.56
II	0.543E6	390.51	0.256E6	380.0
III	0.354E6	486.12	0.256E6	473.0
IV	0.84E6	705.5	0.864E6	642.4
V	0.35E6	747.7	0.256E6	727.9
VI	0.35E6	833.11	0.256E6	810.7
VII	0.40E6	930.5	0	0
VIII *	3.17E6	627.8	0	0

*) Hasil iradiasi total dengan perhitungan teoritis



Gambar 3. Aktivitas Tumbuh Selama Iradiasi di RSG-GAS

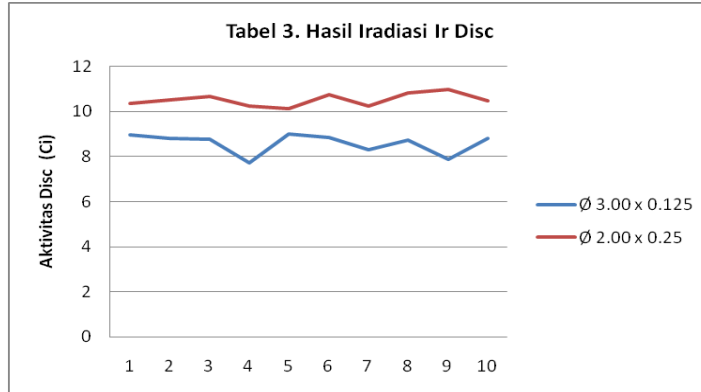
Dari Tabel 2 dan Gambar 3, diatas tampak bahwa 6 kali *shutdown* dan meluruh selama iradiasi tidak berpengaruh banyak terhadap aktivitas akhir. Kisaran pengurangan aktivitas antara 3% untuk *shutdown* pendek sampai 11 % pada *shutdown* panjang. Terdapat korelasi antara aktivitas jenis yang

tinggi dengan kualitas produk sumber tertutup untuk radiografi.yaitu ketajaman gambar hasil penembakan obyek radiografi, jumlah *disc loaded* lebih sedikit, titik fokal lebih baik dan waktu produksi menjadi lebih panjang.

TABEL 3. DATA PENGUKURAN *DISC*

NO.	AKTIVITAS /DISC (Ci)		AKTIVITAS JENIS (Ci/g)	
	Ø 3.00 mm	Ø 2.00 mm	Ø 3.00 mm	Ø 2.00 mm
1	8.97	10.34	448.5	295.4
2	8.81	10.52	440.5	300.6
3	8.78	10.66	439.0	304.6
4	7.73	10.24	386.5	292.6
5	9.01	10.12	450.5	289.1
6	8.84	10.73	442.0	306.6
7	8.33	10.23	416.5	292.3
8	8.73	10.82	436.5	309,2
9	7.89	10.97	394.5	313.4
10	8.81	10.45	440.5	298.6
X Rata2	8.59	10.508		

Dari aktivitas jenis > 425 Ci/g dapat diperoleh produk sumber tertutup yang mempunyai kualitas baik. Pada Gambar 3, tampak bahwa setiap *disc* memberikan aktivitas yang tidak jauh berbeda. Perbedaan dapat disebabkan oleh perbedaan ketebalan *disc* sehingga daya tembus neutron berbeda satu sama lain.



Gambar 3. Hasil Iradiasi Disc Ir

Berdasarkan hasil perakitan ¹⁹²Ir disc menjadi sumber tertutup untuk radiografi dapat diperoleh aktivitas setiap produk sesuai kisaran aktivitas yang menjadi kebutuhan konsumen.

Tabel 4. Data Hasil perakitan ¹⁹²Ir Untuk Radiografi

No.	No.Seri Produk*	Aktivitas Keluaran (Ci)	Jumlah Disc Loaded (buah)	Keterangan
1	BT-08617	86.8	15	Ø 3.00 mm
2	BT-08618	76.0	12	Ø 2.00 mm
3	BT-08619	76.0	12	Ø 2.00 mm
4	BT-08620	76.6	14	Ø 3.00 mm
5	BT-08621	83.3	15	Ø 3.00 mm

*) Model 424-9

Pada Tabel 3, diperoleh hasil produk dengan kisaran 80 – 90 Ci untuk ukuran Ø 3.0 mm menunjukkan bahwa RSG-GAS mampu menghasilkan bahan baku produk ¹⁹²Ir untuk radiografi. Produk sumber tertutup yang diminati pemakai umumnya berada pada kisaran 80- 90 Ci

KESIMPULAN

Telah dilakukan uji iradiasi target *disc*

Iridium dalam RSG-GAS 15 MW untuk menyediakan *bulk* ¹⁹²Ir sebagai bahan baku pembuatan sumber tertutup ¹⁹²Ir untuk radiografi. Dalam eksperimen ini dilakukan iradiasi target Iridium *disc* berukuran Ø 3.00 mm dan Ø 2.00 mm selama 1 siklus atau 7 periode operasi selama 43 hari efektif pada posisi D-6(B) yang diselingi *shutdown*. Dari iradiasi ini diperoleh aktivitas: 8.59 Ci/*disc* untuk *disc* berukuran Ø 3.00 mm dan 10.5 Ci/*disc* untuk *disc* berukuran Ø 2.00 mm.

Produk hasil rakitan yang diperoleh BT-08617 : 86.8 Ci, BT-08618 : 76.0 Ci dan BT-08619 : 76.0 Ci, BT-08620: 76.6 Ci dan BT-08621: 83.3 Ci. Meskipun waktu iradiasi lebih panjang dan diselingi beberapa kali *shutdown* ternyata RSG-GAS dengan daya 15 MW masih mampu untuk memproduksi sumber tertutup ^{192}Ir untuk radiografi. Manfaat hasil ini untuk pt.batan teknologi sebagai *user* dapat mengurangi ketergantungan bulk ^{192}Ir impor kecuali RSG-GAS dalam masa perawatan panjang.

SARAN

Bahan baku produksi sumber tertutup Ir-192 sangat penting untuk menunjang kelangsungan penyediaan sumber tertutup Ir-192 untuk kebutuhan aplikasi tehnik nuklir dalam industri (inspeksi metode radiografi). Untuk memperoleh data yang lebih optimal maka perlu dilakukan :

- iradiasi target Iridium disc dalam posisi CIP dan IP skala penuh dengan mempertimbangkan gangguan reaktivitas operasi reaktor.

- Dimensi disc Ir dapat diperluas tidak hanya untuk keperluan radiografi tetapi juga untuk medis/brakiterapi.
- Mapping distribusi fluks neutron di RSG-GAS pada daya operasi 15 MW sangat penting dalam evaluasi paska iradiasi.

DAFTAR ACUAN

1. Amersham Corp.QSA , Iridium-192 Sealed Source Manufacturing, 1992.
2. Laporan Analisis Keselamatan Target Iridium dan FPM, PRSG-BATAN, 1993.
3. KATOH H, cs, Production of Radioisotopic Gamma Radiation Sources in JAERI, JAERI-M 8810, April 1980.
4. Introduction To Non Destruction Testing, NDT-ed@cnde.iastate.edu
5. GUSARAN SINGH, H.J.PANT, Isotope Techniques in Non Destructive Testing of Dynamic Systems, Proceeding of the 14th Word Conference on Non Destructive Testing, New Delhi, 8-13 December 1996, Vol.1, pp.289-292.