

PAIR/P.650/94

PEMBUATAN KACA BERTANDA  $^{51}\text{Cr}$  UNTUK  
STUDI PERGERAKAN SEDIMEN

Made Sumatra, Aang Suparman,  
dan Ai Mintarsih

# PEMBUATAN KACA BERTANDA $^{51}\text{Cr}$ UNTUK STUDI PERGERAKAN SEDI-MEN

Made Sumatra, Aang Suparman, Ai Mintarsih\*\*

## ABSTRAK

**PEMBUATAN KACA BERTANDA  $^{51}\text{Cr}$  UNTUK STUDI PERGERAKAN SEDIMEN.** Telah dilakukan pembuatan kaca krom dari bahan kaca G-20 dengan kadar  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  masing-masing 0,45 %, 1,5 %, dan 2,5 %. Pembuatan dilakukan dengan cara mencampurkan bubuk kaca dengan bubuk  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  sampai diperoleh campuran yang homogen, kemudian memahaskannya di dalam tanur pada suhu  $950^\circ\text{C}$ . Aktivasi kaca krom dilakukan didalam reaktor atom di PPTN Bandung selama 6 hari pada daya reaktor 500 kw dan fluks neutron  $2,4 \times 10^{12}$  n/cm<sup>2</sup> dt. Aktivitas yang diperoleh dari 1 gram kaca krom dengan kadar 1,5 %  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  dan 2,5 %  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  masing-masing  $6,692 \times 10^6$  Bq dan  $12,524 \times 10^6$  Bq.

## ABSTRACST

**PREPARATION OF  $^{51}\text{Cr}$  LABELLED GLASSES FOR SEDIMENT TRANSPORT STUDY.**  $^{51}\text{Cr}$  Labelled glasses were prepared from G-20 glass powder mixed homogeneously with 0,45 %, 1,5 % and 2,5 % of  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  powder. The mixtures were then heated at  $950^\circ\text{C}$  in a furnace. Aktivition of the chromium glasses was conducted in a nuclear reactor at PPTN Bandung for 6 days at the reactor's power 500 kw and neutron flux  $2,4 \times 10^{12}$  n/cm<sup>2</sup> sec. The radioactivities obtained from 1 gram of mixture containing 1,5 %  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  and 2,5 %  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  were  $6.692 \times 10^6$  and  $12,524 \times 10^6$  Bq, respectively.

## PENDAHULUAN

Penggunaan perunut radioaktif telah menjadi prosedur standard dalam studi pergerakan sedimen. Mempelajari pergerakan sedimen berarti menentukan arah gerakannya selama waktu tertentu yang dimulai dari sebuah titik acuan. Banyak pilihan dalam menentukan jenis radioisotop yang cocok untuk digunakan, beberapa diantaranya adalah  $^{32}\text{P}$  yang mempunyai waktu paro ( $T_{1/2}$ ) 40 hari,  $^{46}\text{Sc}$  (84 hari),

---

\* Disampaikan dalam Pertemuan dan Prestasi Ilmiah Penelitian Dasar Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir di Pusat Penelitian Nuklir Yogyakarta, Yogyakarta, 26 - 28 April 1994

\*\* Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi

\*\*\* Pusat Penelitian Tenaga Nuklir

$^{51}\text{Cr}$  (28 hari),  $^{140}\text{La}$  (40 jam), Radioisotop apa yang hendak dipakai bergantung pada keperluan studi yang akan digunakan. Untuk studi peregerakan suspensi digunakan radioisotop yang mempunyai waktu paro kurang dari 8 hari. Radioisotop yang cocok untuk keperluan ini adalah  $^{140}\text{La}$  dan  $^{198}\text{Au}$ . Untuk studi pendahuluan pergerakan bed load pasir digunakan radioisotop dengan waktu psro yang sangat pendek, misalnya  $^{198}\text{Au}$ , sedang untuk studi yang normal, lebih cocok digunakan  $^{51}\text{Cr}$ ,  $^{192}\text{Ir}$  dan  $^{46}\text{Sc}$  (1).

Radioisotop sebagai perunut dipakai untuk menandai (*labelling*) bahan yang akan digunakan dalam studi. Ada dua jenis penandaan, yaitu :

1. Penandaan massa (*mass labelling*), menggunakan kaca yang mengandung unsur yang telah dipilih, misalnya  $^{45}\text{Sc}$  yang tidak radioaktif. kaca ditumbuk halus dengan ukuran butir-an disesuaikan dengan ukuran butiran sedimen tempat studi dilaksanakan. Bubuk kaca ini kemudian diaktivasi di dalam reaktor atom, sehingga diperoleh bubuk kaca yang mengandung  $^{46}\text{Sc}$  yang radioaktif.
2. Penandaan permukaan (*surface labelling*) yang dillakukan dengan cara melapisi permukaan sedimen dengan radioisotop. Sedimen yang digunakan biasanya berasal dari tempat studi.

Bidang Hidrologi, Industri dan Sedimentologi, Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi-Batan telah sering melaksanakan studi aperature sedimen. Dalam studi dinamika pergerakan sedimen di Pelabuhan Sunda Kelapa, SIMON PETRUS GURUSINGA dkk. (2) menggunakan perunut kaca- $^{192}\text{Ir}$ . Kaca  $^{192}\text{Ir}$  ini dibeli dari Perancis dan mempunyai komposisi kimia  $\text{SiO}_2$  48%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  19%,  $\text{TiO}_2$  5%,  $\text{CaO}$  17%,  $\text{MgO}$  5,72%,  $\text{K}_2\text{O}$  5%, dan  $\text{Iro}$  0,28%. harganya relatif mahal, sehinggaa perlu dipelajari cara pembuatannya, agar penandaan massa dapat dilakukan di dalam negeri dengan biaya yang lebih murah. Dalam makalah ini akan diuraikan cara apembuatan kaca- $^{51}\text{Cr}$  dan pengujian siifat-sifatnya.

## BAHAN DAN METODE

Bahan. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari kaca lunak G-20 dan G-28, yaitu kaca lunak yang biasa dipakai untuk pembuatan alat-alat laboratorium. Kedua jenis kaca ini mempunyai titik leleh sekitar  $800^{\circ}\text{C}$ . Sebagai pembanding digunakan kaca iridium dari Perancis. krom yang digunakan berupa senyawa  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  (E. Merck).

*Peralatan.* Peralatan yang digunakan terdiri dari Muffle Furnace Blue M model 10A-1A buatan Electric Company, yang dapat mencapai suhu maksimum  $1100^{\circ}\text{C}$ , Multichannel Analyzer Canberra Model 35 plus dengan detektor HPGe, Alat cacah Scintillation Meter model SPP-3 Saphymo-Steel dengan detektor NaI(Tl). Aktivasi dilakukan di reaktor atom Triga Mark II di PPTN Bandung. Untuk mengukur berat jenis kaca digunakan piknometer.

*Aktivasi Kaca G-20, G-28, dan Kaca Iridium.* Sebanyak masing-masing 10 mg kaca G-20, G-28, dan kaca iridium diaktivasi selama 3 hari di dalam reaktor atom di Pusat Penelitian Tenaga Nuklir (PPTN) Bandung. Daya reaktor ketika itu sebesar 500 kW, dan fluks neutronnya  $2,4 \times 10^{12}$  n/cm<sup>2</sup> detik. Aktivasi kaca G-20 dan G-28 yang tidak mengandung Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dilakukan untuk mengetahui spektrum gamma yang dihasilkannya. Pada penelitian selanjutnya hanya dipilih salah satu kaca untuk dijadikan bahan kaca krom. Spektrum gamma kaca iridium dipakai sebagai pembandingan.

*Pembuatan Kaca Krom.* Kaca krom dibuat dengan cara sebagai berikut:

Kaca (G-20 dan G-28) ditumbuk halus sehingga berukuran lebih kecil dari 60 mesh. Masing-masing serbuk kaca ini dicampur dengan serbuk Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sehingga diperoleh campuran yang homogen dengan kadar Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sebesar 0,45 %, 1,5 %, dan 2,5 %. Sebanyak 100 gram masing-masing campuran ditempatkan dalam cawan porselen, kemudian dipanaskan di dalam

tungku pada suhu  $950^{\circ}\text{C}$  selama 2 jam. Campuran tersebut meleleh, dan setelah didinginkan sampai suhu kamar diperoleh gumpalan kaca krom berwarna hijau. Kaca krom kemudian ditumbuk dan diayak sehingga diperoleh serbuk kaca krom berukuran lebih kecil dari 100 mesh. Dalam aplikasinya, ukuran partikel kaca krom perlu disesuaikan dengan kebutuhan.

*Penentuan Berat Jenis Bubuk Kaca.* Penentuan berat jenis bubuk kaca dilakukan menurut metode WESLEY (3).

*Aktivasi Kaca Krom.* Sebanyak 9 gram bubuk kaca krom dengan kadar 0,45 %  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , 1,5 %  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , dan 2,5 %  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  diaktivasi selama 6 hari di dalam reaktor. Daya reaktor pada waktu aktivasi adalah 500 kW dan fluks neutronnya  $2,4 \times 10^{12} \text{ n/cm}^2$  detik. Aktivasi menghasilkan kaca  $^{51}\text{Cr}$ .

*Penentuan Kelarutan Kaca  $^{51}\text{Cr}$  dalam air.* Kelarutan zat radioaktif kaca  $^{51}\text{Cr}$  di dalam air ditentukan dengan cara sebagai berikut :

Sebanyak masing-masing 3 gram kaca  $^{51}\text{Cr}$  dengan kadar  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  1,5 % dan 2,5 % dimasukkan ke dalam 100 ml air suling di dalam botol pereaksi lalu dikocok selama 10 menit dengan alat pengocok. Campuran tersebut kemudian dibiarkan selama 24 jam agar bubuk kaca  $^{51}\text{Cr}$  mengendap. Sebanyak 5 ml cairan yang jernih dipipet dan dimasukkan kedalam botol cacah 20 ml, lalu dicacah dengan alat Scintillation Meter. Aktivitas kaca  $^{51}\text{Cr}$  pada waktu percobaan ini dilakukan adalah  $1.089 \times 10^6 \text{ Bq/3 g}$  untuk kaca  $^{51}\text{Cr}$  dengan kadar  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  1,5 % dan  $1.647 \times 10^6 \text{ Bq/3 g}$  untuk kaca  $^{51}\text{Cr}$  dengan

kadar  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  2,5 %.

Pencacahan sampel diulangi lagi pada hari ke 1, ke 3, ke 7, dan ke 16.

#### HASIL DAN PEMBAHASAN

Aktivitas Kaca G-20, G-28 dan Kaca Iridium. Radioaktivitas hasil aktivasi kaca G-20, G-28, dan kaca iridium tertera pada tabel 1, Pencacahan kaca dilakukan setelah pendinginan selama 5 hari. Dari Tabel 1 terlihat bahwa kaca iridium memancarkan sinar gamma dengan energi : 66,83; dan 612,92 keV yang berasal dari  $^{192}\text{Ir}$ . Selain itu, kaca iridium juga memancarkan sinar gamma dengan energi 75,6 keV dari  $^{230}\text{Th}$ , 201,4 keV dan 374,79 keV dari  $^{127}\text{Xe}$ , 284,10 keV, dan 367,78 keV dari  $^{131}\text{I}$ . Dengan demikian jelaslah bahwa kaca iridium tidak semata-mata memancarkan sinar gamma dari  $^{192}\text{Ir}$ . Hasil aktivasi kaca G-20 memancarkan sinar gamma dengan energi 80,20; 284,63; 364,85; dan 367,55 keV yang berasal dari  $^{131}\text{I}$ , 159,14 keV dari  $^{123}\text{I}$ , 564,48 keV dari  $^{122}\text{Sb}$  dan 602,71 keV dari  $^{124}\text{Sb}$ . Radioisotop  $^{123}\text{I}$  mempunyai waktu paro ( $T_{1/2}$ ) 4 hari,  $^{131}\text{I}$  18 hari,  $^{122}\text{Sb}$  2,74 hari dan  $^{124}\text{Sb}$  60 hari. Kaca G-28 memancarkan sinar gamma dengan energi (keV) 80,28; 284,57; 364,82; 637,44 yang berasal dari  $^{131}\text{I}$ , 124,02 keV dari  $^{177}\text{Er}$ , 216,33 keV dari  $^{228}\text{Th}$ , 496,74 keV dari  $^{103}\text{Ru}$  dan 554,78 keV dari  $^{82}\text{Br}$ . Waktu paro  $^{177}\text{Er}$  9,5 hari,  $^{228}\text{Th}$  1,91 tahun,  $^{103}\text{Ru}$  1,0 tahun dan  $^{82}\text{Br}$  36 jam.

Secara teoritis, aktivitas  $^{51}\text{Cr}$  yang terjadi dapat dihitung menurut rumus:

$$A = \frac{WQ}{M} \times 6,023 \times 10^{23} \times v \left(1 - e^{-\frac{0,693t}{T_{1/2}}}\right)$$

A = aktivitas yang dihasilkan dalam peluruhan/detik.

W = berat sasaran dalam gram

Q = kelimpahan isotop sasaran dalam %

M = Berat atom sasaran

$6,023 \times 10^{23}$  = bilangan avogadro

O = fluks neutron dalam  $\text{n.cm}^{-2} \text{ dt}^{-1}$

v = penampang lintang penangkapan neutron dalam  $\text{cm}^2$

t = waktu penyinaran dalam hari

$T_{1/2}$  = waktu paro dalam hari

Aktivitas maksimum  $^{51}\text{Cr}$  yang dapat diperoleh dari krom adalah  $8,0 \times 10^9$  Bq/g.

Data fisika  $^{50}\text{Cr}$  adalah sebagai berikut:

Berat atom : 50

Kelimpahan isotop : 4,31 %

Penampang lintang :  $15,9 \times 10^{-24} \text{ cm}^2$

Waktu paro  $^{51}\text{Cr}$  adalah 27,7 hari.

Berdasarkan rumus aktivasi, data fisika  $^{51}\text{Cr}$ , dan lamanya aktivasi dilakukan, maka aktivitas  $^{51}\text{Cr}$  yang seharusnya terbentuk dari 1 g krom adalah  $2,7615 \times 10^9$  Bq atau 74,635 mCi.

Aktivitas yang diperoleh dari 1 g kaca krom yang mengandung 1,5% dan 2,5%  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  masing-masing adalah sebesar  $6,692 \times 10^6$  Bq dan  $12,524 \times 10^6$  Bq atau 0,18086 mCi dan 0,33846 mCi. Bila diperhitungkan terhadap 1 g unsur Cr di dalam kaca krom 1,5% dan 2,5%  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  aktivitasnya masing-masing adalah 17,576 mCi dan 19,783 mCi.

Ini berarti aktivitas yang terjadi hanya 23,55% dan 26,51 % atau rata-rata 25,03% dari perhitungan teoritis. Hal ini disebabkan karena unsur Cr didalam kaca krom terbungkus didalam partikel-partikel kaca yang dapat bersifat sebagai perisai (*shielding*) sehingga menghalangi penetrasi neutron ke dalam inti krom. Kaca G-20 juga mengandung unsur-unsur yang ikut teraktivasi (menangkap neutron) sehingga mengurangi jumlah neutron yang tersedia untuk krom. Berdasarkan rumus aktivasi, aktivitas dapat ditingkatkan dengan memperpanjang waktu aktivasi.

Kelarutan Kaca  $^{51}\text{Cr}$ . Tabel 4 menunjukkan ada sebagian kecil zat radioaktif dalam kaca  $^{51}\text{Cr}$  yang larut di dalam air (1,99% dari kaca  $^{51}\text{Cr}$  dengan 1,5%  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , dan 3,13% dari kaca  $^{51}\text{Cr}$  dengan 2,5%  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ).  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  mempunyai sifat tidak larut dalam air, sehingga diperkirakan zat radioaktif yang terkandung dalam air bukan berasal dari  $^{51}\text{Cr}$ . Seperti tertera pada Tabel 1, kaca G-20 juga menghasilkan radioisotop setelah diaktivasi di dalam reaktor. Dari Tabel 3 juga terlihat bahwa persentase radioaktivitas yang berasal dari  $^{51}\text{Cr}$  (energi 320,84 keV) hanya 97,5%. Sisanya berasal dari pengotor (*impurity*) bahan kaca yang ikut teraktivasi.

#### KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat ditarik kesimpulan:

1. Kaca G-20 dapat dipakai secara langsung untuk membuat kaca krom dan lebih baik daripada kaca G-28 berdasarkan pertimbangan umur radioisotop yang dihasilkan setelah



- diaktivasi dalam reaktor.
2. Efisiensi aktivasi dengan neutron pada kaca krom dengan kadar  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  1,5% dan 2,5% yang dilakukan selama 6 jam dengan fluks neutron  $2,4 \times 10^{12} \text{ n/cm}^2 \text{ dt}$  masing-masing sebesar 23,55% dan 26,51%.
  3. Berat jenis kaca krom hampir sama dengan berat jenis kaca iridium, sehingga diharapkan sifat pergerakannya sebagai sedimen juga sama.
  4. Kaca  $^{51}\text{Cr}$  tidak larut dalam air sehingga tidak akan terjadi penurunan radioaktivitas karena kelarutan.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala Pusat Penelitian Teknik Nuklir, Bandung atas bantuan fasilitas di dalam reaktor. Terima kasih kami ucapkan juga kepada Kepala Pusat Penelitian Standardisasi dan Keselamatan Radiasi atas bantuannya dalam menetapkan aktivitas kaca  $^{51}\text{Cr}$ . Penulis juga mengucapkan terima kasih pada Bapak Said Adam dari PPTN Bandung atas bantuannya mengiradiasi kaca krom, dan kepada Drs. Indrojono, Drs. Simon Petrus Gurusinga dan Drs. Fuguh Martiyasa, M.Eng. atas saran dan diskusi-diskusi yang telah diberikan.

DAFTAR PUSTAKA

1. ANONYMOUS, Guidebook on Nuclear Techniques in Hydrology, Technical Report Series No. 91. International Atomic Energy Agency, Vienna, (1968) 55.
2. SIMON PETRUS GURUSINGA, MURSANTO, HARYONO, TARYONO, TOMO HUTABARAT, dan DARMAN, Studi dinamika angkutan sedimen di Pelabuhan Sunda Kelapa menggunakan perunut radioisotop Iridium-192, Risalah Pertemuan Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi dalam Bidang Industri dan Hidrologi, Jakarta, 3 - 4 Desember 1991, Badan Tenaga Atom Nasional, (1972) 297.
3. WESLEY, L.D., Mekanika Tanah, Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Cetakan ke VI, Jakarta, 1977.

Tabel 1. Radioaktivitas 10 mg kaca G-20, G-28 dan kaca 192Ir setelah diaktivasi dalam reaktor selama 3 hari. Pencacahan dilakukan setelah pendinginan selama 5 hari.

Jenis kaca								
G-20			G-28			Ir-192		
Energi (keV)	Radio-isotop	Cacah/detik	Energi (keV)	Radio-isotop	Cacah/detik	Energi (keV)	Radio-isotop	Cacah/detik
80,20	I-131	6,213	80,28	I-131	7,130	66,83	Ir-192	115,642
159,14	I-123	7,140	123,92	Er-171	9,848	75,63	Os-191	36,622
284,63	I-131	6,425	159,11	I-123	8,892	143,08	Th-230	18,658
364,85	I-131	66,090	216,33	Th-228	4,467	201,44	Xe-127	8,930
564,58	Sb-122	64,768	284,57	I-131	8,203	284,10	I-131	8,623
603,23	Sb-124	25,815	364,82	I-131	84,005	296,16	Ir-192	363,202
637,55	I-131	3,347	496,74	Ru-103	4,555	308,67	Ir-192	361,875
			554,78	Br-82	4,450	316,49	Ir-192	970,133
			637,44	I-131	3,815	364,78	I-131	51,135
						374,79	Xe-127	7,633
						468,42	Ir-192	273,223
						484,94	Ir-192	23,570
						589,00	Ir-192	26,833
						604,83	Ir-192	50,377
						612,92	Ir-192	32,685

Tabel 2. Berat jenis kaca krom dan kaca iridium

Jenis kaca	Berat jenis
G-20	2,47
0,45% Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - G-20	2,49
1,5% Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - G-20	2,54
2,5% Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - G-20	2,58
Kaca iridium	2,68

Tabel 3. Radioaktivitas 10 mg kaca krom (0,45% Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) setelah diakti-  
vasi selama 6 hari. Pencacahan dilakukan setelah masa pendinginan selama 40 hari

Energi (keV)	Cacah bersih ( cps )	Persentase radioaktivitas ( % )
133,69	1,91	2,4
320,84	76,03	97,5
560,82	0,07	0,1

Tabel 4. Kelarutan kaca <sup>51</sup>Cr dalam air

Jenis kaca <sup>51</sup> Cr	Aktivitas (Bq/3g)	Aktivitas air (Bq/100ml)	Persentase kelarutan radioaktif
1,5 % Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - G-20	1,089 × 10 <sup>6</sup>	2,172 × 10 <sup>4</sup>	1,99 %
2,5 % Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - G-20	1,674 × 10 <sup>6</sup>	5,152 × 10 <sup>4</sup>	3,13 %