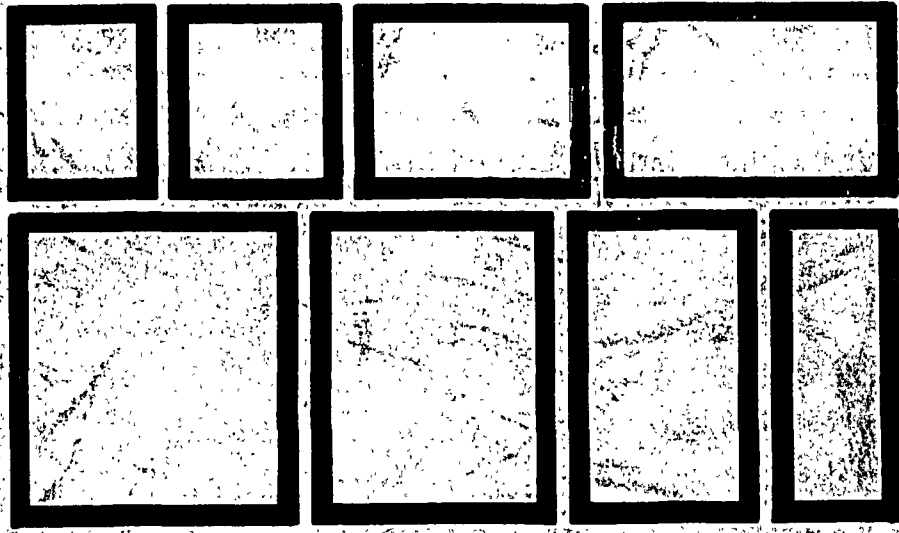


MY P700317

PPA-CR-13

LAPORAN KAJIAN MENGENAI PENGUTUSAN
SISTEM INDIKATOR DI AWANASIA



UNIT TENAGA NUKLEAR, JABATAN PERDANA MENTERI.

NUCLEAR ENERGY UNIT, PRIME MINISTER'S DEPARTMENT.

MALAYSIA

LAPORAN KAJIAN MENGENAI PENGURUSAN
SISA RADIOAKTIF DI MALAYSIA

OLEH

DR. MUHAMAT OMAR
SYED HAKIMI SAKUMA SYED AHMAD

MAC 1987
UNIT PENGURUSAN SISA
JABATAN KAWALAN SINARAN DAN KESIHATAN
UNIT TENAGA NUKLEAR
JABATAN PERDANA MENTERI

LAPORAN KAJIAN MENGENAI PENGURUSAN SISA RADIOAKTIF DI MALAYSIA

1.0 TUJUAN

Tujuan kajian ini ialah untuk mengetahui kedudukan sisa radioaktif di Malaysia bagi menentukan perkhidmatan yang boleh diberikan oleh Unit Tenaga Nuklear kepada agensi-agensi yang berkaitan dengannya.

2.0 PENGENALAN

Bahan-bahan radioaktif telah lama digunakan oleh sektor kerajaan dan sektor swasta di Malaysia yang meliputi bidang-bidang perubatan, industri dan penyelidikan. Aktiviti ini menghasilkan sisa radioaktif didalam pelbagai bentuk yang perlu diuruskan dengan baik untuk menjamin keselamatan alam sekitar dan manusia. Pengurusan sisa yang baik boleh dicapai melalui pendidikan, sikap tanggungjawab, undang-undang dan penguatkuasaan undang-undang tersebut disamping teknologi yang ekonomik.

Penyelarasan aktiviti pengurusan sisa radioaktif adalah amat perlu sekali. Oleh sebab itulah kerajaan telah mengiktiraf Pusat Rawatan Sisa Radioaktif Kebangsaan di Unit Tenaga Nuklear bagi menguruskan semua sisa radioaktif yang dihasilkan di Malaysia. Pusat ini telah mempunyai sebuah loji rawatan sisa akuous paras rendah, kabinet penjenisan sisa pepejal, kelengkapan nyahcemaran pakaian dan ruang penyimpanan sisa untuk memenuhi keperluan. Beberapa kemudahan lain seperti sistem pembakar atau pemampat sisa pepejal dan kemudahan nyahcemaran peralatan mungkin ditambah untuk mempertingkatkan kemampuannya. Perkembangan Pusat ini selanjutnya adalah bergantung kepada keperluan pengurusan sisa radioaktif diseluruh negara.

Ketiadaan data dan maklumat yang kemaskini mengenai pengurusan sisa radioaktif di Malaysia telah mendorong pusat ini untuk cuba mengumpulkan sebanyak mungkin data tersebut. Ini akan dapat membantu Pusat ini untuk merancang dan menawarkan perkhidmatan-perkhidmatan yang sesuai yang diperlukan oleh agensi-agensi yang terlibat.

3.0 METODOLOGI KAJIAN

Didalam kajian ini satu kertas soal-selidik (lihat Lampiran I) telah disiapkan dan dihantarkan kepada pelbagai agensi kerajaan dan swasta yang dijangka terlibat dengan penggunaan bahan radioaktif mulai bulan April 1986. Jawapan-jawapan yang dikembalikan kepada pusat ini sehingga bulan Julai 1986 dianalisa.

4.0 KEPUTUSAN

4.1 Sambutan terhadap kajian

Hanya 50% kertas soal selidik telah dikembalikan (lihat Jadual I). Sambutan dari agensi Kerajaan adalah menggalakkan. Terdapat 38 buah agensi menggunakan bahan radioaktif sementara dua buah agensi swasta akan menggunakannya dimasa hadapan.

Walaupun bagaimanapun, terdapat juga soalan-soalan yang tidak dijawab dan maklumat-maklumat yang diberikan yang perlu diselaraskan. Setengah-setengah agensi seperti Universiti dan Pusat Penyelidikan mungkin tidak melaporkan jenis dan jumlah punca sinaran termetri yang digunakan didalam tentukan alat. Pada keseluruhannya maklumat yang diterima adalah memuaskan.

JADUAL I: SAMBUTAN TERHADAP KAJIAN

| Aktiviti | Agensi | Bilangan Agensi Berkaitan |
|-----------------------------|----------|---------------------------|
| Soal selidik dihantar | Kerajaan | 40 |
| | Swasta | 76 |
| | Jumlah | 116 |
| Soal selidik dikembalikan | Kerajaan | 27 |
| | Swasta | 32 |
| | Jumlah | 59 |
| Guna bahan radioaktif | Kerajaan | 18 |
| | Swasta | 20 |
| | Jumlah | 38 |
| Tidak guna bahan radioaktif | Kerajaan | 9 |
| | Swasta | 12 (termasuk 2 akan guna) |
| | Jumlah | 21 |

4.2 Penggunaan Bahan Radioaktif

Bahan-bahan radioaktif digunakan didalam pelbagai bentuk iaitu punca sinaran termetri (pepejal), cecair dan gas. Ringkasan bilangan agensi pengguna bahan radioaktif ditunjukkan didalam Jadual 2. Adalah jelas bahawa kebanyakan agensi swasta menggunakan punca sinaran termetri sementara agensi kerajaan banyak menggunakan cecair radioaktif dan punca sinaran termetri. Bilangan agensi yang menggunakan gas radioaktif adalah kecil.

JADUAL 2: BILANGAN AGENSI YANG MENGGUNAKAN BAHAN RADIOAKTIF

| Jenis Radioaktif | Agensi Kerajaan | Agensi Swasta | Jumlah |
|---------------------------|-----------------|---------------|--------|
| 1. Punca Sinaran termetri | 10 | 17 | 27 |
| 2. Cecair Radioaktif | 11 | 0 | 11 |
| 3. Gas Radioaktif | 1 | 3 | 4 |

4.2.1 Punca Sinaran Termetri

Kebanyakan punca termetri digunakan didalam Ujian Tanpa Musnah seperti untuk memeriksa kimpalan dan kebocoran, pengukuran ketumpatan dan ketebalan didalam kerja-kerja Kawalan mutu. Selain dari itu, punca termetri juga digunakan didalam bidang radioterapi dan untuk tentukuran alat. Jenis dan bilangan punca termetri yang digunakan dapat dilihat didalam Jadual 3. Perlu diingatkan bahawa bilangan punca termetri yang dimiliki oleh sesebuah agensi adalah berubah-ubah dengan masa. Kita juga dapat melihat didalam Jadual 3 tersebut iaitu julat keaktifan punca termetri adalah besar. Ini adalah disebabkan oleh keperluan penggunaan yang berbeza-beza. Misalnya sebuah agensi swasta memiliki Sistem Penyinaran Co-60 (1.2 MCi) yang digunakan untuk cucikuman bagi barangan perubatan.

JADUAL 3: PUNCA SINARAN TERMETRI YANG DIGUNAKAN

| PUNCA | TEMPARUH* | KERAJAAN | | SWASTA | | JULAT KEAKTIFAN |
|---------------|----------------------|-------------|------------|-------------|------------|--------------------|
| | | Bil. Agensi | Bil. Punca | Bil. Agensi | Bil. Punca | |
| H-3 | 12x10 ³ T | 1 | 3 | - | - | - |
| Na-22 | 2.58T | 1 | 2 | - | - | 1 μ Ci-10Ci |
| Mn-54 | 280H | 1 | 2 | - | - | 1 μ Ci-1Ci |
| Fe-55 | 2.6T | 1 | 2 | - | - | 50mCi-1Ci |
| Co-57 | 270H | 3 | 4 | - | - | 0.1-10mCi |
| Co-60 | 5.2T | 5 | 9 | 3 | 5 | 1 μ Ci-1.26mCi |
| Sr-85 | 65H | 1 | 1 | - | - | 1Ci |
| Y-88 | 108H | 1 | 1 | - | - | 1Ci |
| Sr-90 | 28.5T | 2 | 6 | 1 | 11 | 10-38mCi |
| Cd-109 | 470H | 1 | 2 | - | - | 5mCi-1Ci |
| Sn-113 | 118H | 1 | 2 | - | - | 1 μ Ci-1Ci |
| Cs-137 | 30T | 5 | 10 | 3 | 4 | 1 μ Ci-25Ci |
| Pm-147 | 2.6T | - | - | 1 | 1 | 600mCi |
| Hf-181 | 45H | 1 | 1 | - | - | 20Ci |
| Ir-192 | 74H | 3 | 5 | 7 | 18 | 4.5mCi-100Ci |
| Tl-204 | 3.7T | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 μ Ci-50mCi |
| Bi-207 | 30T | 1 | 1 | - | - | 1 μ Ci |
| Pb-210 | 22.3T | 1 | 1 | - | - | 1 μ Ci |
| Po-210 | 138H | 1 | 2 | - | - | 1 μ Ci-0.25mCi |
| Ra-226 | 1600T | 1 | 280 | - | - | - |
| Th-228 | 1.9T | 1 | 2 | - | - | 10Ci |
| Am-241 | 433T | 4 | 8 | 4 | 9 | 10mCi-350mCi |
| Am-241/ Be | 433T | - | - | 1 | 1 | 8mCi |
| Cm-244 | 18T | 1 | 2 | - | - | 1mCi-1Ci |

* H = Hari T = Tahun

4.2.2 Cecair Radioaktif

Pelbagai jenis radionuklid yang digunakan didalam bentuk cecair. Ini dapat dilihat didalam Jadual 4. Kebanyakan radionuklid digunakan sebagai penyurih didalam penyelidikan. Selain dari itu, radionuklid banyak digunakan didalam bidang perubatan. Radionuklid juga digunakan didalam pelbagai bentuk kimia (lihat Jadual 5).

4.2.3 Gas Radioaktif

Hanya dua jenis gas radioaktif digunakan. 3 buah agensi swasta menggunakan gas Kr-85 didalam industri elektronik untuk memeriksa kebocoran bagi tujuan kawalan mutu. Sebuah hospital menggunakan gas Xe-133.

4.3 Penghasilan Sisa Radioaktif

Terdapat pelbagai bentuk sisa radioaktif yang dihasilkan sebagai akibat dari penggunaannya. Punca termetri biasanya mempunyai tempoh yang panjang. Hanya didalam keadaan tertentu dimana punca termetri tersebut tidak boleh digunakan lagi, ia boleh dianggap sebagai sisa. Punca termetri Ir-192 yang mempunyai tempoh yang pendek (74 hari) biasanya dihasilkan sebagai sisa selepas digunakan.

Penggunaan bahan radioaktif cecair menghasilkan pelbagai jenis sisa seperti sisa akuous, cecair organan, pepejal boleh bakar dan pepejal tak boleh bakar. Namun begitu terdapat beberapa agensi yang tidak menjelaskan bentuk sisa yang dihasilkan. Sisa-sisa cecair organan terdiri dari pelarut-pelarut toluene, dioxane, PPO, POPOP dan lain-lain. Mengenai sisa gas radioaktif lengai, biasanya ia dibiarkan terlepas keudara dan seterusnya mengalami pencairan dan penyebaran.

JADUAL 4: PENGGUNAAN CECAIR RADIOAKTIF

| <u>Jenis Radionuklid</u> | <u>Bilangan Agensi</u> | <u>Contoh penggunaan</u> |
|--------------------------|------------------------|--|
| H-3 | 6 | Penyurih, kajian lymphocyte transformation, penyakit thalassaemia, malarial parasites |
| C-14 | 5 | Penyurih |
| Na-22 | 1 | Penyurih |
| P-32 | 5 | Penyurih, rawatan polycythaemia |
| S-35 | 1 | Penyurih |
| Ca-45 | 1 | Penyurih, Pemakanan & pembiakan haiwan |
| Cr-51 | 3 | Penyurih, ujian red cell mass, red cell survival |
| Co-57 | 1 | Radiopharmaceutical |
| Co-58 | 1 | Radiopharmaceutical |
| Fe-59 | 2 | Penyurih |
| Co-60 | 1 | Penyurih |
| Zn-65 | 1 | Penyurih |
| Ga-67 | 1 | Penyurih |
| Se-75 | 1 | Radiopharmaceutical |
| Rb-86 | 1 | Penyurih |
| Tc-99m | 3 | Penyurih, radiopharmaceutical, kajian gambar scintiscan (thyroid, brain, liver, bone) |
| Ag-110m | 2 | Penyurih |
| In-111 | 1 | Penyurih |
| I-125 | 5 | Radioimmunoassay, penyukat, hormon, pemakanan dan pembiakan haiwan, thyroid hormone & tumor marker |
| I-131 | 2 | Radiopharmaceutical, rawatan cancer thyroid, thyrotoxicosis |
| Cs-137 | 1 | Penyurih |
| Ce-141 | 1 | Penyurih |
| Tm-170 | 1 | Penyurih |
| Tl-201 | 1 | Penyurih |
| Hg-203 | 1 | Penyurih |

JADUAL 5: BENTUK-BENTUK KIMIA RADIONUKLID
CECAIR YANG DIGUNAKAN

| <u>Radionuklid</u> | <u>Bentuk Kimia</u> |
|--------------------|--|
| H-3 | Progesterone, thymidine, Hypoxanthine |
| C-14 | Leucine |
| Cr-51 | Sodium chromate |
| Co-57 | Cynocobalamine |
| Co-58 | Cynocobalamine |
| Fe-59 | Citrate |
| Ga-67 | Citrate |
| Se-75 | 6-methyl 75 se-selenomethyl-19-norcholest-5(10)-en-3-ol |
| Tc-99m | Medronic acid, tin colloid, etifinin sodium, dimercapto succinic acid, calcium trisodium diethylene triamine penta acetate, human albumin macroaggregates, pyrophosphates. |
| In-111 | Oxine |
| I-125 | Progesterone, lutenizing hormone, albumin |
| I-131 | hippuran, MIBG, sodium iodide |
| TI-201 | thallous chloride |

Beberapa agensi menyatakan anggaran penghasilan sisa cecair dan pepejal setiap bulan (libat Jadual 6). Kadar sisa akuous yang dihasilkan melebihi 23 l/bulan. Sisa cecair organan yang dihasilkan ialah melebihi 30 l/bulan. Sementara sisa pepejal yang dihasilkan ialah diantara 9 - 10 kg sebulan. Kadar penghasilan sisa sebenar adalah lebih besar sekiranya semua agensi memberikan anggaran masing-masing.

JADUAL 6: ANGGARAN PENGHASILAN SISA CECAIR DAN PEPEJAL

| <u>Agensi</u> | <u>Jumlah/Bulan</u> | <u>Kandungan Sisa</u> |
|-----------------------|---------------------|--|
| <u>Sisa Akuous</u> | | |
| RRI | 0.5 l | P-32, Ag-110m, H-3 |
| JSN | 5 l | H-3, C-14, Ag-110m, Cr-51, P-30, Tc-99m, Rb-86, Na-22 |
| MARDI | 2 l | I-125' |
| PPSF | - | Tm-170, Ce-141, Hg-203 |
| JB | - | C-14, H-3 |
| UH | - | Tc-99m, I-131, I-125, Co-57, Co-58, Cr-51, Se-75, Tl-201, Fe-59, Ga-67, In-111 |
| JPKV | 4 l | ³ H-progestrone, ¹²⁵ I-progestrone |
| JST | 12 l | P-32, Fe-59 |
| IROPN | Kecil | Tc-99m, P-32, I-131, I-125, Cr-51 |
| <u>Cecair Organan</u> | | |
| RRI | 1 l | C-14, S-35, Zn-65 |
| JSN | 20 l | Toluene, dioxane, H-3, C-14 |
| IMR | 4 l | Toluene, POPOP/PPO, Triton-x, Xylene, urea, H-3, C-14. |
| JSP | 6 l | POPOP, PPO, toluene, H-3, Ca-45 |
| <u>Sisa Pepejal</u> | | |
| RRI | 0.5 kg | C-14, S-35, Zn-65 |
| JSN | 5 kg | |
| IMR | 2 kg | Charcoal, plastic tubes, filter paper H-3, C-14 |
| JPKV | 1.5-2.5 kg | ¹²⁵ I-progostrone, ¹²⁵ I-Lutenizing hormone |
| IROPN | - | Tc-99m, I-131, P-32, Cr-51 |
| UH | - | Tc-99m |

4.4 Pengurusan Sisa Radioaktif

Dari segi pengurusan sisa, masih terdapat agensi-agensi yang menyimpan sisa radioaktif ditempat masing-masing sementara menunggu keputusan tentang cara pengurusan yang sesuai. Setengah-setengah agensi menguruskan sendiri sisa radioaktif yang dihasilkan. Ada yang menyimpan sisa untuk tempoh tertentu sebelum dibuang bersama sampah yang lain. Ada juga yang membuang sisa cecair melalui sink dengan melakukan pencairan keatas sisa tersebut. Hanya 2 buah agensi sahaja yang menggunakan perkhidmatan pengurusan radioaktif yang ditawarkan oleh Pusat Rawatan Sisa Radioaktif kebangsaan.

Mengenai sisa punca termetri, terdapat 5 buah agensi yang mempunyai perjanjian untuk mengembalikan sisa kepada pembekal luar negeri setelah digunakan.

4.5 Khidmat Yang Diperlukan

Hampir semua agensi yang terlibat dengan penggunaan bahan radioaktif dan dua buah agensi yang akan menggunakannya telah menyatakan bahawa mereka memerlukan perkhidmatan yang mungkin ditawarkan oleh Unit Tenaga Nuklear. Ringkasan perkhidmatan yang diperlukan dapat dilihat didalam Jadual 7. Perkhidmatan yang perlu diberi keutamaan ialah khidmat nasihat, khidmat peralatan perlindungan sinaran, khidmat kakitangan terlatih, khidmat pengangkutan, khidmat sewaan punca termetri Ir-192, khidmat pelupusan punca termetri dan khidmat pelupusan sisa akuous. Adalah dijangkakan iaitu kira-kira 10 buah agensi memerlukan khidmat pelupusan sisa punca termetri sehingga tahun 1987. Sebuah agensi memohon khidmat sewaan punca termetri Fe-55, Cd-109 dan Pu-238. Radionuklid dalam bentuk cecair yang diperlukan ialah I-125, Na-24, Au-198 dan Br-82. Gas radioaktif Kr-85 dan Ar-41 juga diperlukan.

JADUAL 7: PERKHIDMATAN YANG DIPERLUKAN

| <u>Jenis Perkhidmatan</u> | <u>Kerajaan</u> | <u>Swasta</u> | <u>Jumlah</u> |
|---|-----------------|---------------|---------------|
| 1. Pelupusan punca termetri | 4 | 7 | 11 |
| 2. Pelupusan sisa pepejal | 6 | 1 | 7 |
| 3. Pelupusan bangkai diinjek dengan radioaktif | - | - | - |
| 4. Pelupusan sisa akuous | 10 | - | 10 |
| 5. Pelupusan cecair organan | 8 | - | 8 |
| 6. Sistem pengurusan sisa keseluruhan | 3 | 2 | 5 |
| 7. Keperluan kakitangan terlatih | 4 | 8 | 12 |
| 8. Keperluan alat-alat kemudahan pengendalian dan alat-alat keselamatan sinaran | 5 | 9 | 14 |
| 9. Khidmat nasihat | 6 | 12 | 18 |
| 10. Nyahcemar alat | 1 | 3 | 4 |
| 11. Nyahcemar pakaian | 3 | 2 | 5 |
| 12. Kawasan penyimpanan sementara | 1 | 7 | 8 |
| 13. Pengangkutan | 6 | 6 | 12 |
| 14. Punca termetri untuk sewaan: | | | |
| a) Co-60 | 2 | - | 2 |
| b) Sr-90 | - | - | - |
| c) Cs-137 | - | - | - |
| d) Ir-192 | 5 | 7 | 12 |
| e) Lain-lain | 2 | 2 | 4 |

5.0 KESIMPULAN

Kajian ini menunjukkan bahawa terdapat sejumlah besar sisa radioaktif didalam pelbagai bentuk yang dihasilkan oleh pelbagai jenis agensi yang perlu diberi perhatian sewajarnya dari segi pengurusannya. Agensi-agensi yang menghasilkan sisa radioaktif memerlukan pelbagai jenis perkhidmatan yang mungkin ditawarkan oleh Unit Tenaga Nuklear. Diantara perkhidmatan utama yang diperlukan ialah:

- i) Pelupusan sisa punca termetri dan sisa akuous.
- ii) Kakitangan terlatih dan peralatan pengawasan sinaran.
- iii) Pengangkutan.
- iv) Sewaan punca termetri Ir-192.
- v) Khidmat nasihat.

6.0 CADANGAN-CADANGAN

Adalah dicadangkan supaya:

- i) Pusat Rawatan Sisa Radioaktif Kebangsaan (PRSRK) menghubungi agensi-agensi yang memerlukan perkhidmatan untuk mengetahui keperluan sebenar.
- ii) PRSRK mempertingkatkan penyebaran maklumat dan lawatan tinjauan keagensi-agensi berkaitan untuk menawarkan perkhidmatan.
- iii) PRSRK mempertingkatkan kemampuannya didalam segala aspek pengurusan sisa sesuai dengan permintaan perkhidmatan.
- iv) Agensi-agensi luar dibenarkan untuk menguruskan sisa radioaktif mereka sendiri berdasarkan undang-undang dan peraturan-peraturan yang ditetapkan oleh pihak berkuasa. Ini adalah penting bagi pengeluar sisa yang kecil atau pengeluar sisa yang besar tetapi jauh dari PRSRK.