

EVALUASI KESELAMATAN RADIOLOGI DAERAH KERJA INSTALASI ELEMEN BAKAR EKSPERIMENTAL TAHUN 2010

Nudia Barenzani

Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir-Badan Tenaga Nuklir Nasional

ABSTRAK

EVALUASI KESELAMATAN RADIOLOGI DAERAH KERJA INSTALASI ELEMEN BAKAR EKSPERIMENTAL TAHUN 2010. Evaluasi keselamatan radiologi daerah kerja di laboratorium IEBE selama kurun waktu 2010 telah dilakukan. Tujuan dari evaluasi ini adalah untuk mengetahui apakah daerah kerja laboratorium IEBE ditinjau secara radiologinya aman bagi pekerja dalam melakukan penelitian dan pengembangan bahan bakar nuklir. Evaluasi dilakukan dengan cara menganalisa hasil pantauan rutin mingguan di laboratorium IEBE selama tahun 2010 yang meliputi paparan gamma, radioaktivitas alpha di udara dan kontaminasi permukaan. Hasil yang diperoleh adalah rata-rata paparan gamma tertinggi (3.213 ± 0.121) $\mu\text{Sv}/\text{jam}$ di meja-kerja-B ruang HR-05, Radioaktivitas alpha di udara tertinggi sebesar (4.980 ± 0.444) Bq/m^3 dan kontaminasi permukaannya tertinggi di ruang HR-24 sebesar (0.090 ± 0.008) Bq/cm^2 . Hasil di atas masih dibawah *Maximum Permissible Concentration* (MPC) dan di Bawah Nilai Batas Dosis (NBD) yang ditetapkan oleh badan Pengawas.

Jadi dapat disimpulkan bahwa ruang kerja laboratorium IEBE secara radiologi aman bagi pekerja dalam melaksanakan penelitian dan pengembangan bahan bakar nuklir.

Kata Kunci: Evaluasi, Keselamatan Radiologi, IEBE.

ABSTRACT

EVALUATION OF THE RADIOLOGICAL SAFETY OF THE WORKING AREA IN THE INSTALLATION OF EXPERIMENTAL FUEL ELEMENTS IN 2010. Evaluations of radiological safety in working areas in IEBE during 2010 have been conducted. The purpose of this evaluation was to determine that the working area in IEBE is safe for workers to conducting research and development of nuclear fuel. The evaluation is done by analyzing the results of routine monitoring in the laboratory of IEBE during the year 2010, such as gamma exposure, alpha radioactivity in air and surface contamination. The result is the highest gamma exposure (3.213 ± 0.121) $\mu\text{Sv} / \text{h}$ at the desk-work-B in HR-05, alpha Radioactivity in air at (4.980 ± 0.444) Bq/m^3 and the average surface contamination (0.090 ± 0.008) Bq/cm^2 . The result is still above Permissible Maximum Concentration (MPC) and in the Lower Dose Limit Value established by the Regulatory Body. So it can be concluded that IEBE laboratory is safe for workers in conducting research and development nuclear fuel.

Keywords: Evaluation, Radiological Safety, IEBE.

1. Pendahuluan

Instalasi Elemen Bakar Eksperimental (IEBE) adalah salah satu instalasi nuklir non reaktor yang dioperasikan atau dikelola oleh Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir (PTBN) yang berdasarkan Peraturan Kepala BATAN No.

392/KA/XI/2005 Pasal 267 mempunyai tugas melaksanakan pengembangan teknologi produksi bahan bakar nuklir.

IEBE di desain untuk melaksanakan dua kegiatan pokok pengembangan teknologi bahan bakar nuklir untuk reaktor daya yaitu konversi *yellow cake*

menjadi serbuk UO_2 berderajat nuklir dan Fabrikasi bahan bakar reaktor daya dengan menggunakan bahan uranium dioksida alam (UO_2 - alam). Suatu instalasi nuklir yang dalam kegiatan operasionalnya menangani bahan nuklir uranium yang bersifat radioaktif berpotensi terhadap adanya bahaya radiasi baik eksternal maupun internal. Oleh sebab itu di IEBE dilakukan kegiatan proteksi radiasi yang bertujuan untuk menjaga atau menjamin agar paparan radiasi eksternal dan internal terhadap pekerja radiasi, masyarakat umum dan lingkungan diupayakan serendah mungkin, sebagaimana prinsip *ALARA (As Low as Reasonable Achievable)*. Salah satunya adalah dengan mengendalikan daerah kerja dengan cara pemantauan secara rutin daerah kerja yang berpotensi terhadap bahaya radiasi dan kontaminasi.

2. Tinjauan Teori

Mengacu pada Visi jangka panjang BATAN, yaitu Energi Nuklir sebagai pemercepat kesejahteraan bangsa, dan mempertimbangkan potensi dan permasalahan yang ada serta melihat perkembangan iptek bahan bakar nuklir di dunia internasional, maka Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir (PTBN) sebagai unit kerja di lingkungan BATAN mempunyai kewajiban untuk

berkontribusi nyata dalam mewujudkan visi energi nuklir sebagai pemercepat kesejahteraan bangsa.^[1]

IEBE sebagai salah satu fasilitas yang ada di PTBN bertugas untuk melakukan kegiatan pengembangan teknologi produksi elemen bakar reaktor daya, didesain agar beroperasi secara aman dan selamat, baik terhadap proses kerja, personil, lingkungan kerja dan masyarakat, terhadap bahan-bahan yang digunakan dalam proses kerja, khususnya terhadap bahan uranium yang merupakan bahan strategis. Dalam Kegiatan operasional Instalasi Elemen Bakar Eksperimental (IEBE) menangani bahan nuklir uranium yang bersifat radioaktif sehingga menimbulkan adanya potensi bahaya radiologi.

Potensi bahaya radiologi yang mungkin timbul sebagai akibat pengoperasian IEBE antara lain:

- a. Kontaminasi bahan radioaktif U
Dalam proses penanganan bahan radioaktif U di IEBE dimungkinkan terjadi kontaminasi U di permukaan daerah kerja (meja kerja, peralatan, lantai dan sebagainya), permukaan kulit personil dan terdispersi ke udara ruangan kerja.

b. Paparan radiasi

Paparan radiasi gamma dalam pengoperasian IEBE tidak terlalu berbahaya terhadap personil jika dibandingkan dengan bahaya kontaminasi karena paparan radiasi gamma dari bahan radioaktif U relatif rendah.

Sejalan dengan prinsip PTBN bahwa seluruh kegiatan litbangyasa teknologi bahan nuklir dilaksanakan secara profesional untuk tujuan damai dengan

mengutamakan prinsip keselamatan dan keamanan serta kelestarian lingkungan hidup. Oleh sebab itu di IEBE dilakukan kegiatan proteksi radiasi diantaranya adalah mengendalikan daerah kerja dengan cara pemantauan secara rutin daerah kerja yang berpotensi terhadap bahaya radiasi dan kontaminasi.^[2]

Pembagian daerah kerja dan batasan keselamatan radiologi di zona kerja IEBE seperti terlihat dalam tabel 1 dan 2 berikut.

Tabel 1. Pembagian Daerah kerja dan fungsi ruangan IEBE.

Zona	Kode	Fungsi ruangan	Keterangan
Zona -I	CR (<i>Cold Room</i>)	Daerah kerja Perkantoran/administrasi	Bebas radiasi dan kontaminasi
Zona-II	CR (<i>Cold Room</i>)	Daerah Kerja menangani U tertutup seperti ruang fabrikasi atau perakitan bahan bakar	Bahaya radiasi dan bebas kontaminasi
Zona-III	HR (<i>Hot Room</i>)	Daerah kerja menangani U terbuka seperti ruang konversi dan pemurnian, peletisasi, kendali kualitas dan gudang U	Bahaya radiasi dan kontaminasi

Tabel 2. Batasan Keselamatan Radiologi di zona kerja IEBE.

Zona	Paparan- γ	Kontaminasi- α		Keterangan
		Permukaan	Udara	
I	Alamiah	Bebas	Bebas	Permukaan: lantai, meja kerja, baju, sandal kerja dan lainnya. Permukaan kulit dibatasi 0,18 Bq/cm ² .
II	$\leq 25 \mu\text{Sv/jam}$	Bebas	Bebas	
III	$\leq 25 \mu\text{Sv/jam}$	3,7 Bq/cm ²	20 Bq/m ³	

3. Metodologi

Sistem Pemantauan radiasi daerah kerja meliputi pemantauan radioaktivitas udara, paparan radiasi gamma, kontaminasi permukaan lantai dan meja. Sistem pemantauan daerah kerja tersebut diatas dilakukan secara periodik satu minggu sekali tetapi dapat juga dilakukan pemantauan khusus apabila sedang dilakukan pekerjaan khusus yang memungkinkan terjadinya kontaminasi dan paparan berlebih seperti pemindahan bahan uranium dari gudang untuk dilakukan pembuatan pelet. Ruang kerja yang secara rutin dipantau adalah ruangan yang sering dipakai untuk bekerja yang memungkinkan terjadinya kontaminasi atau yang sering dilalui personil yaitu di zona –III (Tabel1).

Pemantauan udara daerah kerja dilaksanakan dengan cara *air sampler* pada posisi sekitar 1,5 meter dari lantai atau daerah pernapasan (*breathing area*). Pencuplikan udara dengan cara ini representatif dengan kemungkinan hisapan kontaminasi oleh personil pada saat bernafas. Cuplikan kontaminan radioaktif di udara yang terkumpul pada kertas *filter* kemudian dicacah dengan pencacah radiasi - α secara total (*gross counting*). Dengan suatu perumusan yang membandingkan antara hasil cacahan terhadap volume udara yang tercuplik akan memberikan konsentrasi keradioaktifan udara di daerah kerja).^[3]

$$Au = \frac{N}{ef.D.t} \quad (1)$$

Dengan :

A_u = Aktivitas zat radioaktif di udara
(Bq/ m³)

N = Cacah netto cuplikan dalam
satuan cacah per detik (Cps)

E_f = Effisiensi pencacahan (%)

D = Debit penghisapan udara
(m³/menit)

t = Lama pencuplikan udara (menit)

Pemantauan kontaminasi permukaan adalah pengukuran tidak langsung secara cuplikan (*smear test*). Daerah yang dipantau secara rutin adalah ruangan kerja yang berpotensi terjadinya kontaminasi. Dengan suatu perumusan yang membandingkan antara hasil cacahan terhadap luas usap permukaan lantai/meja yang tercuplik akan memberikan konsentrasi keradioaktifan permukaan di daerah kerja.^[4]

$$A_p = \frac{N}{L} \times \frac{100\%}{ef} \times \frac{100\%}{F} \quad (2)$$

Dengan :

A_p = Aktivitas radioaktif zat
radioaktif di permukaan (Bq/cm²)

N = Cacah netto cuplikan dalam
satuan cacah per detik (Cps)

L = Luas permukaan yang diusap
(100 Cm²)

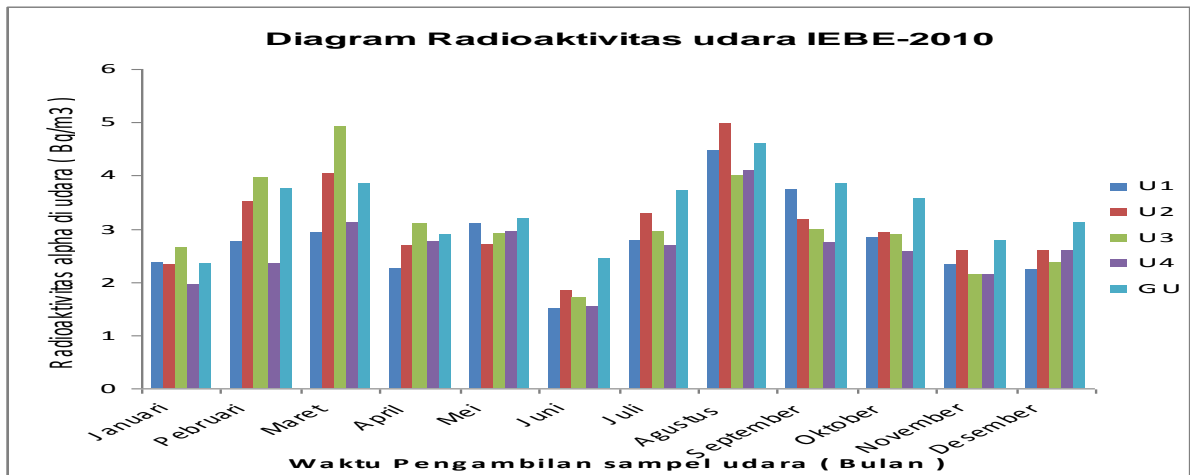
F = Fraksi yang terambil (10 %)

Pemantauan paparan radiasi-gamma dilakukan menggunakan alat surveymeter gamma dengan model *Graetz X-5-DE* mempunyai rentang pengukuran dari 0 nSv/jam sampai 19,9 mSv/jam. Pemantauan paparan radiasi di daerah kerja dilakukan dengan mengukur tingkat paparan di daerah yang terdapat sumber radiasi. Tingkat paparan tersebut dicatat pada lembar data dan dievaluasi. Jika ditemukan paparan radiasi yang tinggi dan tidak biasa melebihi batasan yang diijinkan (Tabel2) dilakukan pemagaran, diberi tanda bahaya radiasi dan dilarang masuk. Hal yang sama berlaku untuk pemantauan tingkat kontaminasi permukaan dengan cara *smear test*, kemudian direncanakan untuk dilakukan dekontaminasi.^[5]

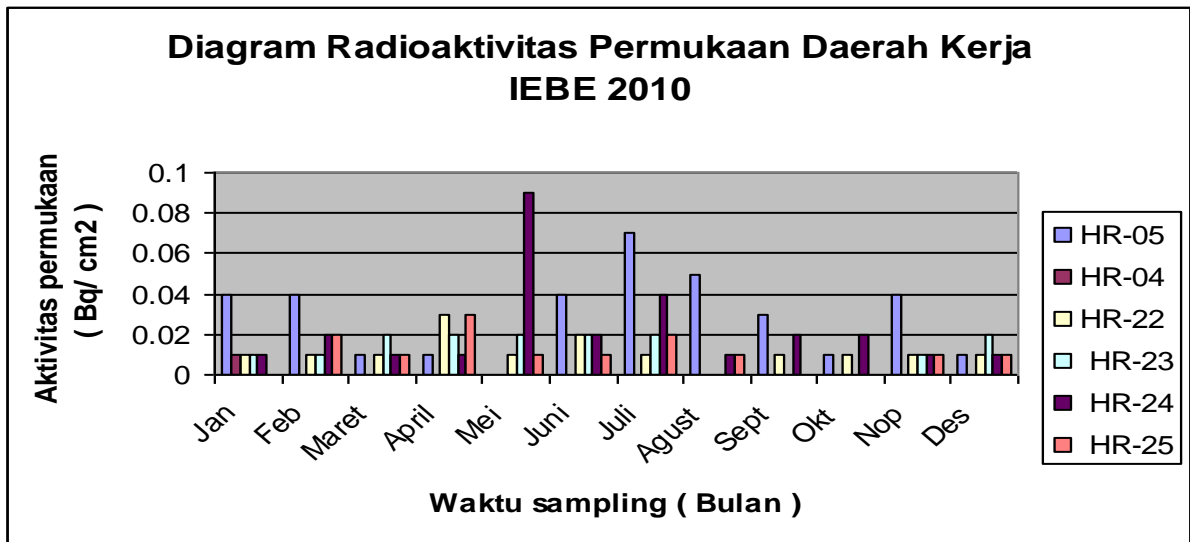
4. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan data hasil pemantauan rutin selama kurun waktu tahun 2010 yang dilakukan di laboratorium Instalasi Elemen Bakar Eksperimental – Badan

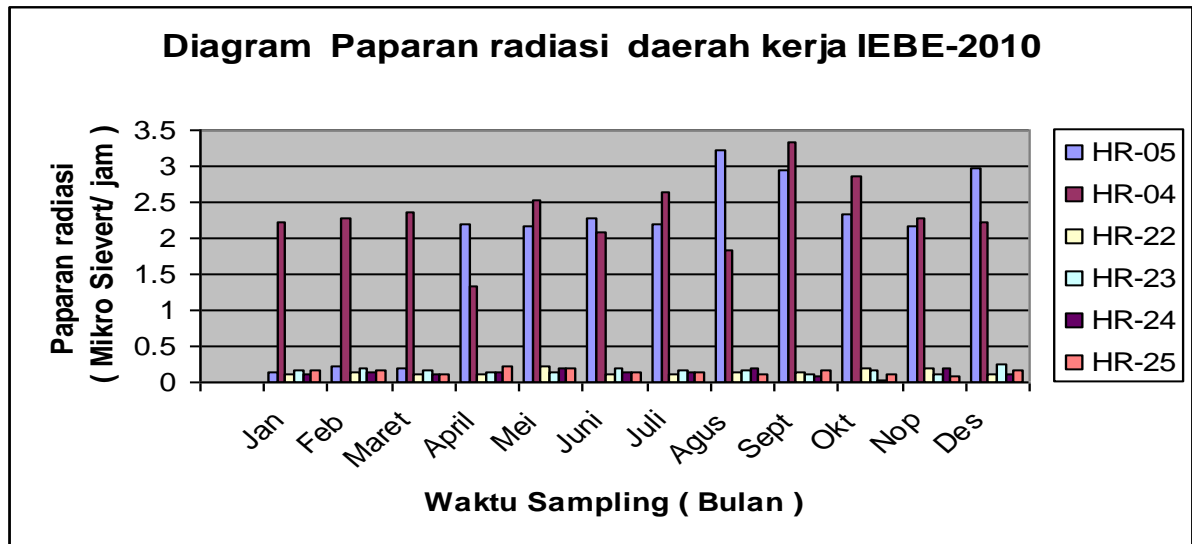
Tenaga Nuklir Nasional, seperti tampak pada gambar 1, 2 dan 3 berikut ini :



Gambar 1. Hasil pemantauan radioaktivitas alpha di udara daerah kerja tahun 2010



Gambar 2. Hasil pemantauan radioaktivitas alpha di permukaan meja dan lantai daerah kerja IEBE tahun 2010



Gambar 3. Hasil pemantauan paparan radiasi gamma di daerah kerja IEBE tahun 2010

Pemantauan daerah kerja meliputi pemantauan radioaktivitas udara untuk mengukur adanya indikasi dispersi partikulat-partikulat uranium ke udara ruangan kerja, Dari gambar 1 dapat terlihat bahwa radioaktivitas udara di daerah HR-05 ada kecenderungan kenaikan aktivitas yaitu sebesar (3.754 ± 0.919) Bq/ m³ pada bulan maret dan (4.980 ± 0.444) Bq/ m³ pada bulan Agustus. Hal tersebut dikarenakan pada bulan maret dan agustus sedang dilakukan pembuatan pelet untuk kegiatan penelitian bahan bakar nuklir sehingga menimbulkan peningkatan dispersi partikulat di dalam ruangan tersebut yang mengakibatkan peningkatan radioaktivitas alpha di udara.

Dalam hal pemantauan kontaminasi permukaan untuk mengetahui adanya indikasi kontaminasi alpha dari ceceran serbuk uranium hasil penelitian, dapat terlihat dari gambar 2 yang menunjukkan aktivitas tertinggi pada bulan Mei di daerah HR-24 sebesar (0.090 ± 0.008) Bq/cm² . Hal tersebut dikarenakan di ruang HR-24 sedang dilakukan penelitian dan pengembangan pemurnian bahan tambang thorium dan *Yellow Cake* menjadi UO₂ berderajat nuklir.

Dan pemantauan paparan radiasi untuk mengukur indikasi adanya paparan sinar gamma pada daerah kerja tempat penyimpanan pelet dapat dilihat dari gambar 3 yang menunjukkan paparan tertinggi pada bulan agustus di sekitar meja kerja B sebesar (3.213 ± 0.121)

$\mu\text{Sv/ jam}$. Pada meja kerja tersebut diletakkan beberapa puluh pelet hasil litbang yang masih dalam proses penelitian lebih lanjut sehingga pelet-pelet tersebut belum bisa dipindahkan ke gudang uranium.

5. Kesimpulan

Berdasarkan bahasan tersebut disimpulkan bahwa secara radiologi daerah kerja pada laboratorium IEBE aman bagi pekerja untuk melaksanakan kegiatan penelitian dan pengembangan bahan bakar nuklir. Hal ini dapat terlihat dari data hasil pemantauan secara rutin maupun pemantauan khusus yang dilakukan didalam laboratorium IEBE. Hasil pantauan dari kontaminasi udara tertinggi sekitar $(4.980 \pm 0.444) \text{ Bq/ m}^3$ untuk daerah HR 05 masih dibawah MPC (*Maximum Permissible Concentration*) sebesar 20 Bq/m^3 . Sedangkan pemantauan kontaminasi permukaan tertinggi

sebesar $(0.090 \pm 0.008) \text{ Bq/cm}^2$ terdapat di ruang HR-24 juga menunjukkan dibawah batas ambang yang diijinkan yaitu sebesar $3,7 \text{ Bq/cm}^2$

Dan paparan radiasi tertinggi sekitar $(3.213 \pm 0.121) \mu\text{Sv/jam}$ di daerah meja kerja B (HR-05) masih dibawah batas ambang yang diijinkan yaitu $\leq 25 \mu\text{Sv/}$

6. Daftar Pustaka

- [1] Panduan Kegiatan Tahun 2011, IEBE-TBN.
- [2] PTBN, Laporan Analisis Keselamatan IEBE, Rev, 7, No. Dok: KK20J09003.
- [3] PTBN, Prosedur Pemantauan radioaktivitas udara daerah kerja IEBE, No Dok:KK 12D11007
- [4] PTBN, Prosedur Pemantauan kontaminasi permukaan daerah kerja IEBE, No Dok:KK12D11008
- [5] PTBN, Prosedur Pemantauan paparan radiasi daerah kerja IEBE, No Dok:KK 12D110

Lampiran

Pengolahan data

Berdasarkan pengukuran saat melakukan sampling udara, data yang

diperoleh diolah dengan perhitungannya sebagai berikut : Pada bulan Januari minggu pertama dilakukan pengambilan sampel udara di dalam ruang HR-05

terdapat 5 titik dengan kode U1 sampai U4 . Sebagai contoh kertas sampel udara dengan kode U1 , waktu sampling 30 menit kemudian dicacah sebanyak tiga kali dengan waktu pencacahan 1 menit ;

Perhitungan :

$$N1 = 95 \text{ cacah per detik}$$

$$N2 = 105 \text{ cacah per detik}$$

$$N3 = 98 \text{ cacah per detik}$$

$$N_{\text{rerata}} = 103 \text{ cacah per detik}$$

$$V = 85 \% = 0,85$$

$$E = 36,95 \% = 0,3695$$

Angka-angka tersebut selanjutnya dimasukkan kedalam persamaan (1) :

$$Au = \frac{N}{ef \cdot D \cdot t}$$

$$Au = [103] \times [1/0,85] \times [1/0,3695]$$

$$Au = 2.362 \text{ Bq/ m}^3$$

Nilai Au = 2.362 ini selanjutnya dimasukkan dalam tabel. 2 (Lihat kolom Januari U1)

Pengolahan data berikutnya dilakukan dengan cara yang sama.

Sedangkan perhitungan untuk kontaminasi permukaan dihitung dengan persamaan (2.)

$$Ap = \frac{N}{L} \times \frac{100\%}{ef} \times \frac{100\%}{F}$$

Perhitungan :

$$N1= 6 \text{ cacah per detik}$$

$$N2= 5 \text{ cacah per detik}$$

$$N3 = 5 \text{ cacah per detik}$$

$$N_{\text{rerata}} = 5,888 \text{ cacah per detik}$$

$$Ap = 0.04 \text{ Bq/cm}^2$$

Hasil yang diperoleh dari persamaan diatas di masukkan dalam tabel.5 (lihat kolom Januari GB-B)

Tabel.3. Data radioaktifitas udara HR-05 laboratorium IEBE tahun 2010

BULAN	Konsentrasi Radioaktifitas udara (Bq/m ³)				Rata-rata	STDV
	U1	U2	U3	U4		
Januari	2.362	2.325	2.647	1.962	2.324	0.280
Pebruari	2.765	3.522	3.971	2.337	3.148	0.734
Maret	2.927	4.042	4.925	3.122	3.754	0.919
April	2.252	2.687	3.087	2.765	2.697	0.343
Mei	3.092	2.697	2.917	2.95	2.914	0.163
Juni	1.507	1.832	1.707	1.532	1.644	0.153
Juli	2.791	3.291	2.958	2.677	2.929	0.267
Agustus	4.473	4.98	4.007	4.089	4.387	0.444
September	3.751	3.181	2.993	2.753	3.169	0.425
Oktober	2.830	2.935	2.881	2.572	2.804	0.160
November	2.312	2.584	2.136	2.139	2.292	0.210

Desember	2.231	2.575	2.366	2.573	2.436	0.168
----------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Tabel 4. Data pemanantauan paparan radiasi daerah kerja dalam $\mu\text{Sv}/\text{jam}$ tahun 2010

Bulan/lokasi	HR-05					HR-22	HR-23	HR-24	HR-25
	Sub Lokasi								
	Gb-B	Gb-C	Mk-B	TS	TR				
Januari	0.310	0.256	0.138	0.192	0.902	0.118	0.172	0.113	0.174
Februari	0.243	0.263	0.234	0.980	0.154	0.129	0.195	0.130	0.156
Maret	0.205	0.203	0.199	0.101	0.153	0.124	0.167	0.124	0.118
April	0.138	0.217	2.205	0.123	0.165	0.120	0.145	0.151	0.215
Mei	0.282	0.187	2.165	0.134	0.150	0.210	0.146	0.185	0.190
Juni	0.197	0.184	2.280	0.992	0.175	0.110	0.185	0.151	0.145
Juli	0.247	0.258	2.197	0.142	0.153	0.099	0.170	0.150	0.143
Agustus	0.173	0.224	3.213	0.188	0.099	0.137	0.160	0.185	0.108
September	0.195	0.245	2.950	0.175	0.211	0.139	0.103	0.089	0.166
Oktober	0.210	0.234	2.341	0.997	0.197	0.196	0.169	0.250	0.122
November	0.157	0.182	2.180	2.921	0.189	0.201	0.115	0.206	0.081
Desember	0.185	0.165	2.963	0.212	0.103	0.099	0.260	0.125	0.155

Tabel 5. Data radioaktifitas permukaan laboratorium IEBE tahun 2010.

Bulan/lokasi	Radioaktivitas Permukaan (Bq/cm^2)					HR-22	HR-23	HR-24	HR-25
	HR-05								
	Gb-B	Gb-C	Mk-A	TS	TR				
Januari	0.040	0.010	0.010	0	0	0.010	0.010	0.010	0

Februari	0.040	0.010	0.011	0.010	0.010	0.010	0.010	0.020	0.020
Maret	0.011	0.020	0.010	0	0	0.010	0.010	0.010	0.010
April	0.012	0.010	0.010	0.020	0.010	0.030	0.030	0.010	0.030
Mei	0	0.020	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.090	0.010
Juni	0.040	0.030	0.040	0.010	0.010	0.020	0.020	0.020	0.030
Juli	0.070	0.010	0.050	0.010	0	0.010	0.020	0.040	0.020
Agustus	0.052	0	0.040	0.010	0	0.020	0	0.010	0.010
September	0.033	0.011	0	0	0.010	0.010	0	0.020	0
Oktober	0.011	0.011	0	0	0.010	0	0	0.020	0
November	0.043	0.020	0.020	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
Desember	0.010	0.020	0.010	0.010	0.010	0.010	0.020	0.010	0.010

