

## ANALISIS PAPAN RADIASI LINGKUNGAN RUANG RADIOLOGI DI RUMAH SAKIT DENGAN PROGRAM DELPHI

Toto Trikasjono<sup>1</sup>, Kamila Hanifasari<sup>2</sup>, Budi Suhendro<sup>3</sup>

Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir – Badan Tenaga Nuklir Nasional  
Jl. Babarsari PO BOX 6101/YKBB Yogyakarta 55281  
Telp : (0274)48085; Fax : (0274)489715  
E-mail: tototrik@batan.go.id

**Abstrak** - Telah dibuat dan diuji suatu program perhitungan Borland Delphi 7 untuk menganalisis paparan radiasi lingkungan dan penahan radiasi. Program ini dibuat berdasarkan kebutuhan rumah sakit untuk mengetahui paparan radiasi lingkungan yang ada pada sekitar ruang roentgen dengan menghitung laju paparan dan penahan radiasi struktural. Untuk itu, hasil perhitungan menggunakan program ini dapat disimpan ke database dan ditampilkan menggunakan *report* sebagai dokumen untuk rumah sakit ataupun pihak yang berkaitan. Program yang dibuat telah diuji menggunakan data penelitian yang ada pada Ruang Radiografi Rumah Sakit X<sub>1</sub> dan Ruang Radiografi Rumah Sakit X<sub>2</sub>. Hasil perhitungan paparan radiasi lingkungan diperoleh nilai yang jauh dibawah dari 1 mSv/tahun sebagai standar NBD yang ditetapkan. Hasil perhitungan penahan radiasi struktural juga dinyatakan tidak memerlukan material tambahan karena penahan radiasi yang sudah ada terpasang telah melebihi dari hasil perhitungan. Berdasarkan hasil perhitungan keseluruhan tersebut, program Delphi ini sudah sesuai dengan menghitung secara manual.

Kata kunci : Paparan radiasi, Penahan radiasi, Delphi

*Abstract* - It has been designed and tested a Borland Delphi 7 application for environment radiation exposure and structural radiation shielding counter. This program built based by hospital's need to looking for environment radiation exposure by counting from radiation exposure rate and structural radiation shielding. Counting result can be stored to database and shown in report as hospital document. The program tested by using hospital X<sub>1</sub> radiology room and hospital X<sub>2</sub> radiology room datas. Environment radiation exposure count result were below 1 mSv/year as NBD standart. Structural radiation shielding counting result were unnecessary to adding an additional material because the attached shielding material were bigger than counting result. This program were suitable with manual counting.

*Keywords* : Radiation exposure, Radiation shielding, Delphi

### PENDAHULUAN

#### Latar Belakang

Radiologi merupakan ilmu cabang kedokteran yang bertujuan melihat bagian tubuh manusia dengan menggunakan pancaran atau radiasi gelombang. Radiologi dibagi menjadi dua yaitu radioagnostik dan radioterapi. Penempatan rumah sakit di suatu daerah yang sudah

dusahakan se-strategis mungkin dengan pemukiman penduduk daerah tersebut harus juga diimbangi dengan perhatian khusus terhadap aspek keselamatan masyarakat sekitar. Berdasarkan Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 8 Tahun 2011 tentang Keselamatan Radiasi Dalam Penggunaan Pesawat Sinar-X Radiologi Diagnostik dan Intervensional, rumah sakit yang menyediakan pemeriksaan menggunakan pesawat sinar-X harus

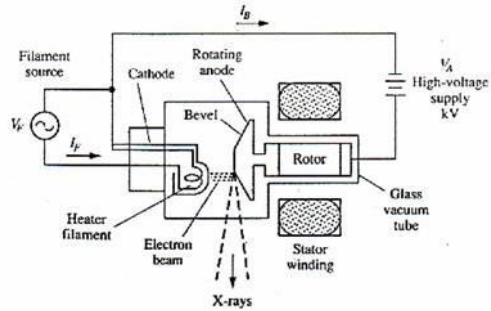
memperhitungkan denah ruangan yang meliputi ukuran, bahan, dan ketebalan dinding ruangan<sup>[1]</sup>.

Menurut Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 15 Tahun 2014, ruangan yang menggunakan pesawat sinar-X harus di desain sedemikian rupa agar dosis yang diterima tidak lebih dari setengah NBD dari pekerja radiasi dan setengah dari NBD masyarakat<sup>[2]</sup>. Perhitungan-perhitungan tersebut biasanya dilakukan secara manual menggunakan kalkulator dengan penerapan rumus-rumus yang sudah ada. Untuk itu, dilakukan pembuatan perhitungan secara otomatis dengan program Delphi. Pembuatan ini dilakukan dengan tujuan mempermudah perhitungan dan mengefisienkan waktu serta meminimalisir kesalahan pada saat perhitungan pada penelitian paparan radiasi lingkungan.

**DASAR TEORI**

**Sinar-X**

Proses pembentukan sinar-X pada pesawat sinar-X dimulai dengan pemanasan filamen yang merupakan katoda dengan mengalirinya dengan listrik. Katoda yang dipanaskan tersebut menimbulkan elektron-elektron terlepas dan membentuk awan elektron. Awan elektron tersebut akan bergerak menuju anoda (target) dengan kecepatan yang sesuai dengan beda potensial yang ada di antara katoda dan anoda. Gerakan elektron dipengaruhi oleh beda potensial. Apabila beda potensial diperbesar dengan menaikkan nilai kV-nya, maka gerakan elektron akan semakin cepat. Kemudian elektron-elektron tersebut akan membombardir anoda sehingga menghasilkan 99% panas dan 1% sinar-X<sup>[3]</sup>. Tabung pesawat sinar-X dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar. 1. Tabung Pesawat Sinar-X<sup>[4]</sup>

**Paparan Radiasi**

Paparan radiasi adalah penyinaran radiasi yang diterima oleh manusia atau materi, baik disengaja atau tidak, yang berasal dari radiasi interna maupun eksterna<sup>[5]</sup>.

$$X = \dot{X} \times t \tag{1}$$

Dengan:

- X = Paparan (mSv)
- $\dot{X}$  = Laju Paparan (mSv/jam)
- t = Waktu (jam)

**Penahan Sinar-X**

Untuk menghitung tebal dinding penahan struktural dari ruangan, perlu diketahui variabel atau faktor yang berpengaruh, diantaranya:

1. Tegangan maksimum (kV) saat tabung sinar-X dioperasikan.
2. Arus maksimum (mA) dari aliran berkasnya.
3. Jarak sumber radiasi terhadap bidang penghambur.
4. Beban kerja atau *Workload* (W). menyatakan tingkat pemakaian pesawat sinar-X dalam 1 minggu dan biasanya dinyatakan dalam mA menit/minggu.
5. Faktor penggunaan (U) yaitu faktor yang ditentukan oleh prosentase suatu dinding terkena berkas radiasi selama pemanfaatan pesawat sinar-X. Besarnya nilai U adalah:
  - a. Untuk lantai = 1.
  - b. Untuk dinding = 1/4.
  - c. Untuk langit – langit = 1/4.
6. Faktor hunian (T) ditentukan oleh seberapa sering seseorang berada dibalik dinding ruang pesawat

sinar-X.

- a.  $T = 1$  jika terdapat seseorang terus menerus berada dibalik dinding.
- b.  $T = 1/4$  jika keberadaan seseorang tidak terus menerus, tetapi relatif sering.
- c.  $T = 1/16$  jika keberadaan seseorang hanya sesekali berada dibalik dinding.
- d. Bila diketahui bahwa yang berada dibalik dinding tersebut adalah pekerja radiasi, maka nilai  $T$  dianggap 1, tidak bergantung pada tingkat keberadaannya.

- 7. Daerah terkontrol dan daerah tidak terkontrol adalah daerah yang penghuninya hanya personil yang karena pekerjaan terkena radiasi, sedangkan daerah tidak terkontrol adalah daerah yang penghuninya bisa siapa saja.
  - a.  $P = 0,1$  R/minggu untuk daerah terkontrol.
  - b.  $P = 0,01$  R/minggu untuk daerah tidak terkontrol.

**Dinding Penahan Radiasi Primer**

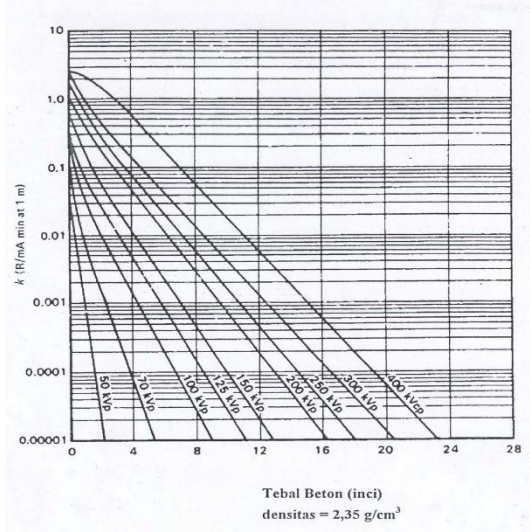
Dinding penahan radiasi primer berfungsi memberikan perlindungan terhadap sinar guna yaitu berkas sinar yang berasal dari *focal spot*. Tebal penahan primer ditentukan menggunakan nilai  $K$  yang diberikan melalui persamaan dibawah ini<sup>[6]</sup>:

$$K = \frac{P \times d^2}{W \times U \times T} \quad (2)$$

Dengan:

- $K$  = faktor transmisi (R/mA-menit)
- $P$  = penyinaran maksimum mingguan yang diijinkan (R/minggu)
- $d$  = jarak dari sumber ke penahan yang akan dirancang (m)
- $W$  = beban kerja selama 1 minggu (mA-menit/minggu)
- $T$  = faktor hunian
- $U$  = faktor penggunaan

Dari faktor transmisi  $K$ , tebal penahan radiasi primer diperoleh dari grafik faktor pelemahan sinar-X untuk penahan radiasi beton.



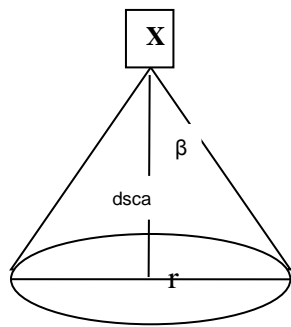
Gambar. 2. Grafik Faktor Pelemahan Sinar-X<sup>[7]</sup>

**Dinding Penahan Radiasi Sekunder Akibat Hambur**

Intesitas radiasi hambur ditentukan oleh sudut hambur, energi berkas primer dan luas bidang hambur.

Sumber	30°	45°	60°	90°	120°	135°
50 kV	0,00050	0,00020	0,00025	0,00035	0,00080	0,00100
70 kV	0,00065	0,00035	0,00035	0,00050	0,00100	0,00130
100 kV	0,00150	0,00120	0,00120	0,00130	0,00200	0,00220
125 kV	0,00180	0,00150	0,00150	0,00150	0,00230	0,00250
150 kV	0,00200	0,00160	0,00160	0,00160	0,00240	0,00260
200 kV	0,00240	0,00200	0,00190	0,00190	0,00270	0,00280
250 kV	0,00250	0,00210	0,00190	0,00190	0,00270	0,00280
300 kV	0,00260	0,00220	0,00200	0,00190	0,00260	0,00280

Untuk perhitungan luas bidang penghambur, digunakan sudut berkas sinar guna dengan menggunakan dibawah<sup>[6]</sup>:



$$r = dsca \times \tan \beta$$

$$F = \pi \times r^2$$

Dengan:

$dsca$  = jarak sumber ke pasien (m)  
 $F$  = ukuran medan sebaran ( $cm^2$ )  
 $r$  = jari-jari alas (cm)

Tebal dinding penahan radiasi hambur ditentukan dengan rumus K (untuk tegangan kurang dari 500 kV) pada persamaan dibawah ini<sup>[6]</sup>:

$$K = \frac{P \times (dsca)^2 \times (dsec)^2 \times 400}{a \times W \times T \times F \times f}$$

Dengan:

$K$  = perbandingan nilai paparan dengan beban kerja (R/mA-menit)  
 $P$  = paparan radiasi yang diperbolehkan (R/minggu)  
 $dsec$  = jarak penyebar ke titik tertentu (m)  
 $a$  = rasio radiasi hambur terhadap radiasi yang membahayakan  
 $W$  = beban kerja selama 1 minggu (mA-menit/minggu)  
 $T$  = faktor hunian di luar dinding penahan radiasi primer  
 $F$  = ukuran medan sebaran ( $cm^2$ )  
 $f$  = faktor kompensasi tegangan

**Dinding Penahan Radiasi Sekunder Akibat Hambur**

Menentukan tebal dinding radiasi bocor dengan menghitung faktor transmisi atau daya serap dinding ( $B_{LX}$ ) menggunakan rumus pada persamaan dibawah ini<sup>[6]</sup>:

$$B_{LX} = \frac{P \times d^2 \times 600 \times I}{W \times T}$$

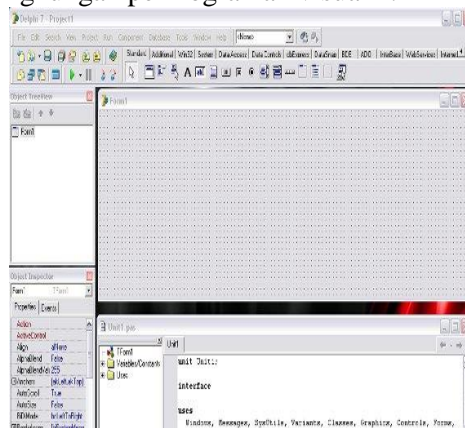
$$B_{LX} = \left(\frac{1}{2}\right)^{X_b/HVL} \tag{5}$$

Dengan:

$B_{LX}$  = paparan radiasi bocor  
 $P$  = penyinaran maksimum mingguan (R/minggu)  
 $d$  = jarak sumber ke penahan yang akan dirancang (m)  
 $W$  = beban kerja selama 1 minggu (mA-menit/minggu)  
 $T$  = faktor hunian  
 $I$  = arus tabung maksimum (mA)  
 $n$  =  $X_b / HVL$

**Delphi**

Delphi adalah suatu bahasa pemrograman (*development language*) yang digunakan untuk merancang suatu aplikasi program. Delphi termasuk pemrograman bahasa tingkat tinggi yang berarti perintah-perintah programnya menggunakan bahasa yang mudah di pahami oleh manusia. Bahasa pemrograman Delphi disebut bahasa prosedural artinya mengikuti urutan tertentu. Dalam membuat aplikasi perintah-perintah, Delphi menggunakan lingkungan pemrograman visual<sup>[8]</sup>.



Gambar. 3. Tampilan Delphi

**Microsoft Access**

*Microsoft Access* adalah aplikasi ; berguna untuk membuat, mengolah, (4) mengelola basis data atau lebih dikenal dengan *database*. Data adalah

informasi yang mengandung arti. Data diperlukan dalam segala hal, baik berupa pengukuran, pencatatan, pengambilan keputusan, pengumpulan informasi dan masih banyak lagi. Data sangat dibutuhkan karena informasi yang ada memiliki arti yang sangat penting baik untuk saat ini maupun dimasa mendatang. Sedangkan *database* adalah sebagai pengatur, pengolahan serta penyajian informasi tersebut. *Database* adalah suatu kumpulan data-data yang disusun sedemikian rupa sehingga membentuk informasi yang sangat berguna. *Database* terbentuk dari sekelompok data-data yang memiliki jenis atau sifat sama<sup>[9]</sup>.

**Microsoft Word**

*Microsoft Word* adalah salah program khusus mengolah data berupa huruf atau kata yang dibuat oleh raksasa IT dari amerika *microsoft*. Bisa dikatakan program untuk tulis menulis. Dengan *Microsoft Word* kita bisa menyelesaikan pekerjaan lebih cepat seperti membuat surat, menulis, *mail merge*, merancang peraturan, membuat *draft*, pokoknya yang ada kaitannya dengan tulis menulis. Dalam *Microsoft Word* ini ada ratusan *tool* yang sangat bermanfaat dan memudahkan kita mengolah data berupa kata atau tulisan<sup>[10]</sup>.

**METODE PENELITIAN**

Pembuatan program Delphi untuk analisis paparan radiasi lingkungan di ruang radiologi ini dilakukan pada bulan Novermber 2014 - Juni 2015 di STTN Batan Yogyakarta. Sebagai data pengujian program akan digunakan data dari 2 (dua) Ruang Radiologi Rumah Sakit di Jawa Tengah.

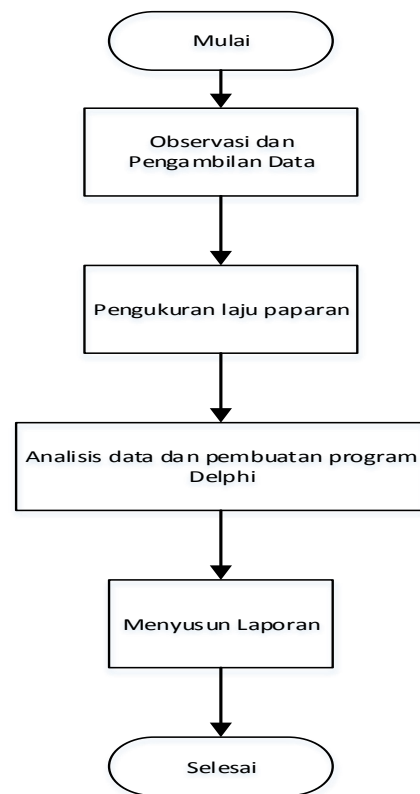
Tahapan dalam penelitian ini yaitu:

- Pengujian paparan radiasi lingkungan pesawat sinar-X di beberapa Rumah Sakit Jawa Tengah pada bulan November 2014.
- Perhitungan analisis paparan

radiasi per tahun dan penahan radiasi struktural ruang radiologi di 2 (dua) Rumah Sakit tersebut.

- Pembuatan program Delphi untuk perhitungan paparan radiasi lingkungan dan penahan radiasi struktural.
- Pengujian kesesuaian hasil perhitungan analisis manual dengan perhitungan program Delphi.

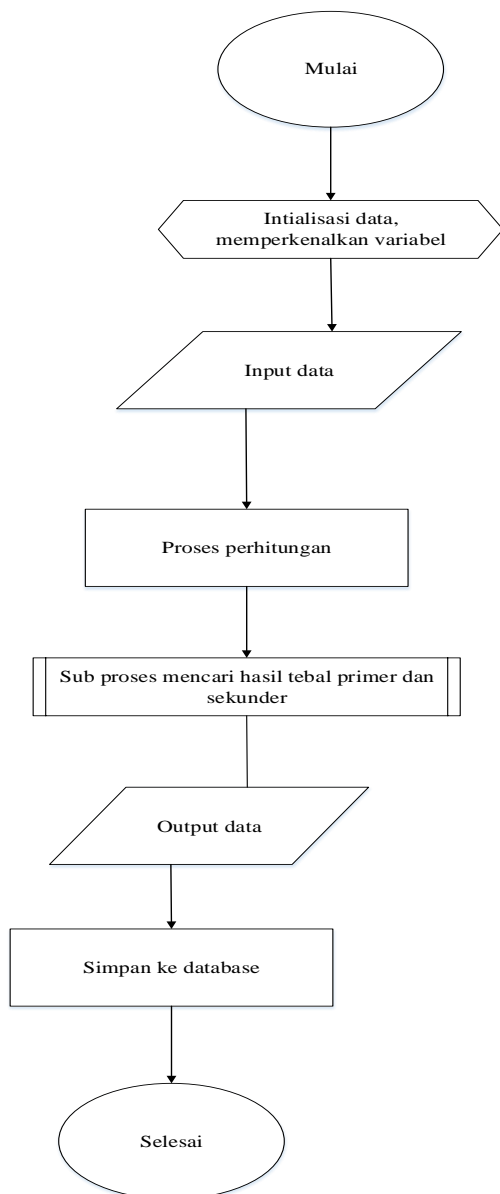
Adapun Gambar 4 dibawah ini menunjukkan diagram alir penelitian secara keseluruhan:



Gambar. 4. Diagram Alir Penelitian  
**Diagram Alir Program**

Pada program yang dirancang terdapat inialisasi data dan variabel, *input data*, proses perhitungan, sub proses perhitungan, dan *output data*. Pada inialisasi variabel, variabel yang digunakan berbentuk *real* dan *string*, variabel *real* digunakan untuk perhitungan sedangkan *string* untuk memudahkan ketika digunakan pada logika *if*. Pada

*input data*, dimasukkan data-data yang diperlukan dalam proses perhitungan. Proses perhitungan yang dilakukan oleh program adalah penjumlahan, perkalian, pembagian, logaritma, dan tan. Pada sub program perhitungan terdapat puluhan logika *if* untuk mencari nilai penahan primer dan hambur. *Output data* dari perhitungan yang dilakukan ditampilkan di Delphi 7 dan *report* pada *Microsoft Word*, serta disimpan pada *database Microsoft Access*. Diagram alir dari program seperti pada Gambar 5 sebagai berikut :



Gambar 5. Diagram Alir Program Delphi

### Pembuatan Program Delphi

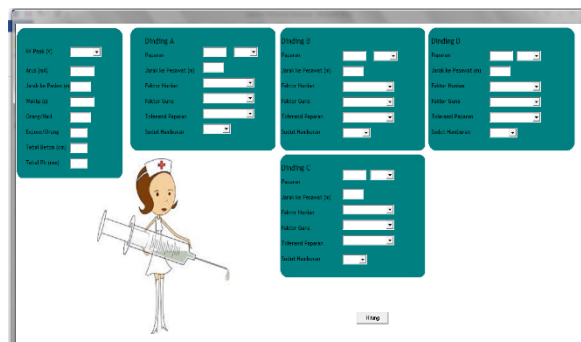
Pembuatan program Delphi bertujuan memudahkan perhitungan paparan radiasi lingkungan di setiap dinding pengukuran serta perhitungan penahan radiasi struktural di setiap dinding ruang roentgen di Rumah Sakit. Terdiri dari 4 tampilan pada program ini. Tampilan jendela utama program ini ditunjukkan pada Gambar 6 sebagai berikut :



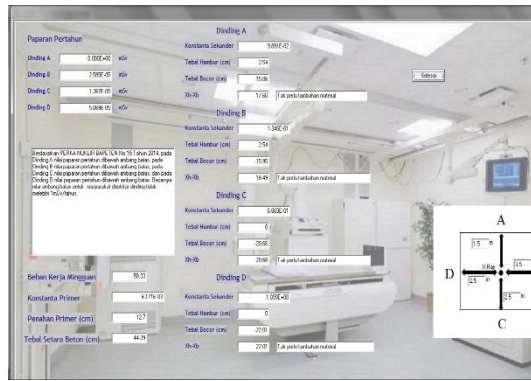
Gambar 6. Tampilan Utama Program



Gambar 7. Tampilan Registrasi Data Rumah Sakit



Gambar 8. Tampilan Input Data Perhitungan

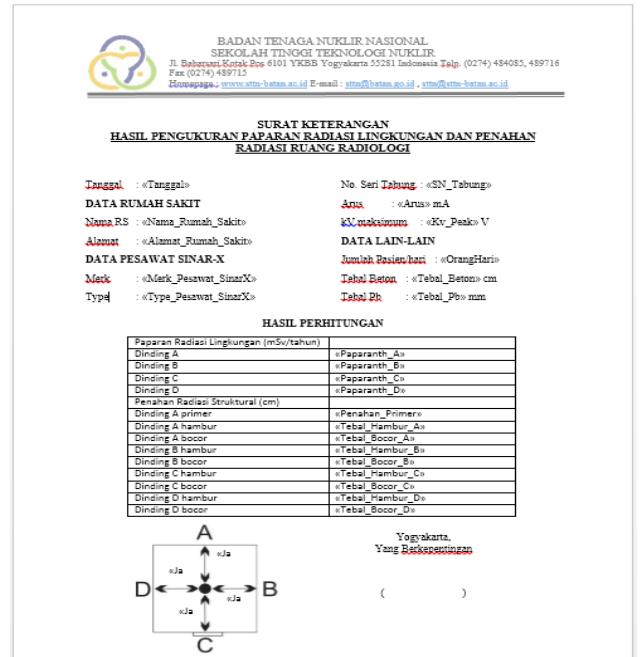


Gambar. 9. Tampilan Hasil Perhitungan

Untuk langkah penyimpanan data ke *database* dilakukan dengan menekan button ‘selesai’ agar kembali ke tampilan kedua dan menekan *navigator post* di sebelah *navigator* arah.

**Pengujian Report pada Microsoft Word**

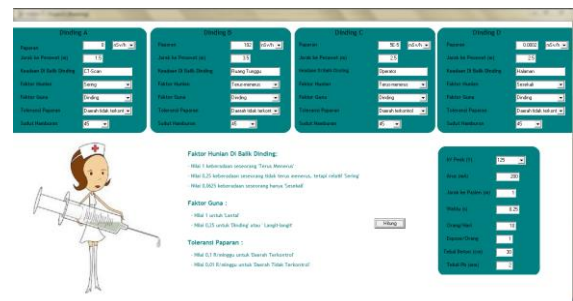
*Report* merupakan laporan hasil akhir dari perhitungan program Delphi. Pada program ini *report* berfungsi merangkum data hasil perhitungan yang disimpan pada *database* dan ditampilkan pada tampilan *report*. *Report* digunakan sebagai dokumentasi kegiatan pengujian paparan radiasi lingkungan dan diteruskan pada pihak yang mempunyai keterkaitan. *Report* yang tertampil pada *Microsoft Word* sudah diisi data yang akan dilaporkan, seperti data rumah sakit, data pesawat sinar-X, data lain-lain, dan data hasil perhitungan secara keseluruhan. Laporan tersebut dibangun dengan menggunakan *Database Microsoft Access*. Berikut tampilan *report* yang ditampilkan pada *Microsoft Word*.



Gambar. 10. Tampilan Report Hasil Perhitungan

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada pengujian program Delphi yang telah dibuat, digunakan data-data pengamatan dari Rumah Sakit X<sub>1</sub> dan Rumah sakit X<sub>2</sub>. Data tersebut sama seperti data yang digunakan dengan perhitungan secara manual. Sehingga diharapkan hasil yang sama dengan perhitungan manual. Pada gambar di bawah ini ditampilkan data pengukuran dari Rumah Sakit X<sub>1</sub>, serta hasil dari perhitungannya.




Gambar. 11. Input Data Perhitungan di Ruang Radiologi Rumah Sakit.



Gambar. 12. Hasil Perhitungan Ruang Radiologi Di Rumah Sakit X<sub>1</sub>



Gambar. 15. Hasil Perhitungan Ruang Radiologi Di Rumah Sakit X<sub>2</sub>


**BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL**  
**SEKOLAH TINGGI TEKNOLOGI NUKLIR**  
 Jl. Babarsari Komak Pos 6101 YKBB Yogyakarta 55281 Indonesia Telp. (0274) 484081, 489716  
 Fax. (0274) 489715  
 Homepage : [www.sttn-batan.ac.id](http://www.sttn-batan.ac.id) E-mail : [sttn@sttn-batan.ac.id](mailto:sttn@sttn-batan.ac.id)

**SURAT KETERANGAN**  
**HASIL PENGUKURAN PAPARAN RADIASI LINGKUNGAN DAN PENAHAN**  
**RADIASI RUANG RADIOLOGI**

Tanggal : 11/21/2014 No. Seri Tebung : 9G0661

**DATA RUMAH SAKIT** Arus : 200 mA

Nama RS : Muhammadiyah Nambangan kV maksimum : 125 V

Alamat : Jl Lama Nambangan Selogiri **DATA LAIN-LAIN**

**DATA PESAWAT SINAR-X** Jumlah Pasien/hari : 10

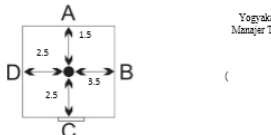
Merik : General X-Ray Tebal Beton : 30 cm

Type : B7239FX Tebal Pb : 2 mm


**HASIL PERHITUNGAN**

Paparan Radiasi Lingkungan (mSv/tahun)	
Dinding A	0.0
Dinding B	0.00003
Dinding C	0.00001
Dinding D	0.00005
Penahan Radiasi Struktural (cm)	
Dinding A primer	12.7
Dinding A hambur	2.54
Dinding A bocor	-15.08
Dinding B hambur	2.54
Dinding B bocor	-15.98
Dinding C hambur	0.0
Dinding C bocor	-30.66
Dinding D hambur	0.0
Dinding D bocor	-22.01

Yogyakarta,  
Manager Teknis



Gambar. 13. Hasil Report Perhitungan Ruang Radiologi Rumah Sakit X<sub>1</sub>


**BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL**  
**SEKOLAH TINGGI TEKNOLOGI NUKLIR**  
 Jl. Babarsari Komak Pos 6101 YKBB Yogyakarta 55281 Indonesia Telp. (0274) 484081, 489716  
 Fax. (0274) 489715  
 Homepage : [www.sttn-batan.ac.id](http://www.sttn-batan.ac.id) E-mail : [sttn@sttn-batan.ac.id](mailto:sttn@sttn-batan.ac.id)

**SURAT KETERANGAN**  
**HASIL PENGUKURAN PAPARAN RADIASI LINGKUNGAN DAN PENAHAN**  
**RADIASI RUANG RADIOLOGI**

Tanggal : 11/21/2011 No. Seri Tebung : G0700

**DATA RUMAH SAKIT** Arus : 100 mA

Nama RS : Medika Mulya kV maksimum : 125 V

Alamat : Jl Raya Wonogiri Ngadirojo km 5 **DATA LAIN-LAIN**

**DATA PESAWAT SINAR-X** Jumlah Pasien/hari : 7

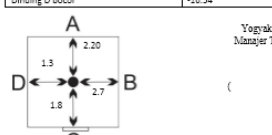
Merik : Toshiba Tebal Beton : 28 cm

Type : B7239XC Tebal Pb : 4 mm

**HASIL PERHITUNGAN**

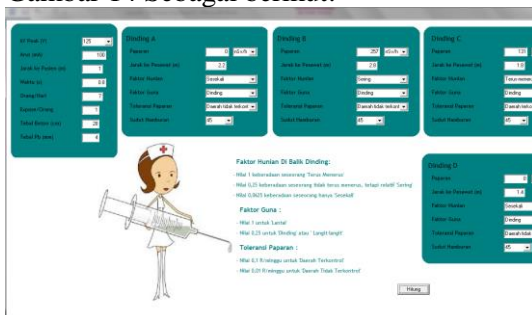
Paparan Radiasi Lingkungan (mSv/tahun)	
Dinding A	0.0
Dinding B	0.00015
Dinding C	0.00001
Dinding D	0.0
Penahan Radiasi Struktural (cm)	
Dinding A primer	7.62
Dinding A hambur	0
Dinding A bocor	-18.95
Dinding B hambur	2.54
Dinding B bocor	-18.34
Dinding C hambur	2.54
Dinding C bocor	-16.43
Dinding D hambur	2.54
Dinding D bocor	-18.34

Yogyakarta,  
Manager Teknis



Gambar. 16. Hasil Report Perhitungan Ruang Radiologi Rumah Sakit X<sub>2</sub>

Untuk hasil pengujian perhitungan data Rumah Sakit X<sub>1</sub> ditunjukkan pada Gambar 14 sebagai berikut:



Gambar. 14. Input Data Perhitungan Ruang Radiologi Rumah Sakit X<sub>1</sub>

Gambar. 17. Perbandingan hasil perhitungan paparan radiasi lingkungan dan penahan radiasi struktural Rumah Sakit X<sub>1</sub> dan Rumah Sakit X<sub>2</sub> secara manual maupun dengan program Delphi yang dibuat, ditunjukkan pada Tabel. 1. Seagai berikut :



Tabel. 1. Perbandingan antara perhitungan secara manual dengan perhitungan menggunakan program Delphi

Perbandingan Paparan Radiasi Lingkungan (mSv/tahun)	Rumah Sakit X <sub>1</sub>		Rumah Sakit X <sub>2</sub>	
	Manual	Delphi	Manual	Delphi
Dinding A	-	-	-	-
Dinding B	2,58×10 <sup>-5</sup>	2,58×10 <sup>-5</sup>	1,45×10 <sup>-4</sup>	1,45×10 <sup>-4</sup>
Dinding C	1,26×10 <sup>-5</sup>	1,26×10 <sup>-5</sup>	7,43×10 <sup>-5</sup>	7,43×10 <sup>-5</sup>
Dinding D	5,06×10 <sup>-5</sup>	5,06×10 <sup>-5</sup>	-	-

Penahan Radiasi Struktural (cm)	Rumah Sakit X <sub>1</sub>		Rumah Sakit X <sub>2</sub>	
	Manual	Delphi	Manual	Delphi
Dinding A primer	12,7	12,7	7,62	7,62
Dinding A hambur	2,54	2,54	0	0
Dinding A bocor	-15,06	-15,06	-18,95	-18,95
Dinding B hambur	2,54	2,54	2,54	2,54
Dinding B bocor	-15,95	-15,95	-16,34	-16,34
Dinding C hambur	0	0	2,54	2,54
Dinding C bocor	-20,66	-20,66	-16,43	-16,43
Dinding D hambur	0	0	2,54	2,54
Dinding D bocor	-22,01	-22,01	-16,34	-16,34

**Analisis Studi Kasus Paparan Radiasi Lingkungan**

Berdasarkan Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 15 Tahun 2014 tentang Keselamatan Radiasi Dalam Produksi Pesawat Sinar-X Radiologi Diagnostik dan Intervensional, rumah sakit berkewajiban memastikan agar Nilai Batas Dosis (NBD) tidak terlampaui dengan dua cara, yaitu melakukan pemantauan paparan radiasi dan melakukan pemantauan dosis yang diterima oleh pekerja radiasi

Dari hasil perhitungan yang dilakukan pada Rumah Sakit X<sub>1</sub> diperoleh hasil terbesar paparan radiasi lingkungan yaitu  $5,06 \times 10^{-5}$  mSv/tahun dan Rumah Sakit X<sub>2</sub> diperoleh  $1,45 \times 10^{-4}$  mSv/tahun. Dilihat dari hasil tersebut paparan radiasi lingkungan kedua rumah sakit masih di bawah 0,5 mSv/tahun untuk itu dinyatakan aman.

**Analisis Studi Kasus Penahan Radiasi Struktural**

Berdasarkan Keputusan Menkes No. 1014/MENKES/SK/2008 Tentang Standar Pelayanan Radiologi Diagnostik di Sarana Pelayanan Kesehatan, ukuran ruangan untuk alat dengan kekuatan s/d 125 kV yang ditetapkan minimal 4 m × 3 m juga sudah diterapkan pada Rumah sakit X<sub>1</sub> dan Rumah Sakit X<sub>2</sub>. Untuk tebal

beton ruang Roentgen Rumah sakit X<sub>1</sub> adalah 30 cm dan 28 cm pada Rumah Sakit X<sub>2</sub>, sehingga sudah melebihi tebal yang sudah ditetapkan yaitu 25 cm untuk beton.

Dari hasil perhitungan teoritis pada penahan primer dan penahan sekunder pada Rumah Sakit tersebut didapati hasil yang masih di bawah dari tebal penahan pada kedua rumah Sakit tersebut. Untuk itu, tidak diperlukan material tambahan pada dinding ruang pengujian dan dapat dinyatakan sebagai pelayanan kesehatan yang layak dengan menggunakan pesawat sinar-X.

**KESIMPULAN**

1. Dari hasil analisis paparan radiasi lingkungan di Ruang Radiografi Rumah Sakit X<sub>1</sub> dan Ruang Radiografi Rumah Sakit X<sub>2</sub> bahwa di sekitar ruang radiologi kedua rumah sakit tersebut adalah aman karena masih dibawah 0,5 mSv/tahun. Untuk penahan radiasi struktural kedua Rumah Sakit tersebut juga sudah aman karena tebal dinding yang sudah ada di Ruang Radiografi Rumah Sakit X<sub>1</sub> dan Ruang Radiografi Rumah Sakit X<sub>2</sub> telah melebihi perhitungan secara teori.
2. Analisis paparan radiasi lingkungan dan penahan radiasi struktural dapat dilakukan menggunakan program Delphi dan dapat disimpan ke database yang berupa *Microsoft Access*. Hasil dari perhitungan tersebut dapat dicetak dan dijadikan dokumen dengan menggunakan *report Microsoft Word*.

**SARAN**

Pada pengembangan penelitian selanjutnya dimungkinkan untuk lebih memperbaiki penyederhanaan program dan tampilan hasil sehingga akan lebih mempermudah pembacaan dan mengopersaikan program.

**DAFTAR PUSTAKA**

1. BAPETEN, Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 8 Tahun 2011 Tentang Keselamatan Radiasi Dalam Penggunaan Pesawat Sinar-X Radiologi Diagnostik dan Intervensional, 2011.
2. BAPETEN, Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 15 Tentang Keselamatan Radiasi Dalam Produksi Pesawat Sinar-X Radiologi Diagnostik dan Intervensional, 2014.
3. Saifudin, T. A, Analisis Keselamatan Radiasi di Unit Radiologi Rumah Sakit JIH, Yogyakarta, Tugas Akhir STTN-BATAN, 2014.
4. Rasyanto, Teknologi Rumah Sakit, 2013. Diambil kembali dari <http://rasyanto.blogspot.com/p/ms-ct-scan-64-slices.html>.
5. BAPETEN, Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 4 Tahun 2013 Tentang Proteksi dan Keselamatan Radiasi dalam Pemanfaatan Tenaga Nuklir, 2013.
6. BATAN, R, Desain Penahan Ruang Sinar-X, Jakarta, Pusdiklat-BATAN, 2005.
7. Cember, H. T, Introduction to Health Physics 4th Edition, Newyork,Mc-Graw Hill Companies, Inc, 2009.
8. Irmansyah, I, Pengendalian Pintu Gerbang Dan Intensitas Lampu Ruangan Berdasarkan Jam Kerja Menggunakan Delphi, Bandung, Tugas Akhir UNIKOM, 2011.
9. Trunold, Mengenal Database Dengan Microsoft Access, 2007. Diambil kembali dari [http://hack.spyrozone.net/0184\\_MENGENAL\\_DATABASE\\_DENGAN\\_MS\\_ACCESS\\_by\\_TruNOLD\\_WWW.SPYROZONE.TK\\_01\\_Februari\\_2007.html](http://hack.spyrozone.net/0184_MENGENAL_DATABASE_DENGAN_MS_ACCESS_by_TruNOLD_WWW.SPYROZONE.TK_01_Februari_2007.html).
10. Indah, S, Apa itu Microsoft Word ? 2012. Diambil kembali dari <http://microsoftwordcenter.blogspot.com/2012/12/apa-itu-microsoft-word.html>