

PERANCANGAN RUANGAN RADIOTERAPI EKSTERNAL MENGUNAKAN SUMBER Co-60

Kristiyanti, Budi Santoso, Abdul Jalil, Sukandar
Pusat Rekayasa Perangkat Nuklir (PRPN) – BATAN
E-mail : kristiyantiwst@yahoo.com

ABSTRAK

PERANCANGAN RUANGAN RADIOTERAPI EKSTERNAL MENGGUNAKAN SUMBER Co-60. Telah dilakukan perancangan ruangan radioterapi eksternal menggunakan sumber isotop Cobalt-60 (Co-60) dengan aktivitas 8.000 Ci yang memberikan radiasi gamma (γ). Tujuan dari perancangan untuk menentukan tebal dinding ruangan yang terdiri dari dinding primer dan dinding sekunder. Bahan dinding direncanakan menggunakan beton. Perhitungan ketebalan berdasarkan ketentuan keselamatan radiasi sesuai ketentuan keselamatan BAPETEN dimana ketebalan dinding tergantung dari jarak sumber isotop ke dinding, beban kerja, faktor penggunaan dan faktor pemakaian. Dari hasil perhitungan didapatkan tebal dinding primer 1300 mm dengan panjang 500 mm dan tebal dinding sekunder 610 mm. Dengan menggunakan ketebalan dinding yang telah dirancang diharapkan paparan radiasi yang keluar dinding akan sesuai dengan peraturan SK BAPETEN No 7 Th 2009.

Kata kunci: ruangan radioterapi, tebal dinding, beton, sumber Co-60, keselamatan

ABSTRACT

THE DESIGN OF EXTERNAL RADIOTHERAPY ROOM USING Co-60. Radiotherapy room design has been done using the isotope Co-60 source with activity 8000 Ci. The purpose of the design is to determine room wall thickness consisting of primary and secondary part. The material is planned to use concrete walls. The thickness calculations is based on the provision of radiation safety according to BAPETEN regulation, where the wall thickness depends on the distance of the source, workload, use factor and factor usages. From the calculation results of primary wall thickness 1300 mm, 500 mm length and 610 mm the secondary wall. By using the wall thickness that has been design the radiation exposure exit from the the wall will comply with BAPETEN regulatoion No 7, 2009

Keywords : Radiotherapy room, wall thickness, concrete, Co-60 source, safety.

1. PENDAHULUAN

Salah satu cara untuk terapi kanker adalah dengan menggunakan radiasi. Perangkat radioterapi eksternal menggunakan Cobalt-60 (Co-60) berfungsi untuk terapi kanker dengan cara memberikan radiasi gamma (γ) dari Co-60. Radiasi gamma diarahkan pada bagian tubuh sehingga dapat membunuh sel kanker namun sedikit mungkin mengenai sel tubuh yang sehat^[1]. Dalam makalah ini akan dilakukan perhitungan tebal dinding ruangan radioterapi yang terbuat dari bahan beton. Radioterapi yang digunakan adalah Radioterapi dengan sumber isotop Co-60 dengan aktivitas 8.000 Ci yang direncanakan ditempatkan di suatu ruangan di Rumah Sakit. Sumber isotop Co-60 ditempatkan pada Gantry yang terlindungi dengan perisai radiasi dengan sudut paparan yang dapat diatur dari 0° sampai 360° ^[1], sehingga sel kanker dapat diradiasi dari berbagai arah dengan tepat. Untuk memenuhi aspek keselamatan pada saat penyinaran, ruangan radioterapi ini harus memenuhi ketentuan keselamatan yang berlaku.

Ketentuan keselamatan radiasi yang mengacu pada SK. BAPETEN No 7 th 2009 tentang Keselamatan radiasi dalam penggunaan peralatan radiografi industri disebutkan bahwa ^[2]:

- Perisai dinding ruangan yang berhubungan dengan anggota masyarakat , nilai batas dosis tidak boleh melampaui 5 mSv per tahun.
- Perisai dinding ruangan yang berhubungan dengan pekerja radiasi , nilai batas dosis tidak boleh melampaui 50 mSv per tahun.

Karakteristik dinding pembatas ruangan harus disesuaikan dengan pemakaian ruangan yang berbatasan dengan ruangan radioterapi. Ketebalan dinding beton bisa ditentukan dengan menghitung beban kerja perminggu, jarak sumber ke dinding dan Nilai Batas Dosis (NBD) yang diizinkan . Dari hasil perhitungan diharapkan tebal dinding sudah memenuhi ketentuan keselamatan.

Perancangan ruangan radioterapi eksternal menggunakan sumber Co-60 merupakan bagian dari Perekayasaan Perangkat Radioterapi eksternal menggunakan Co-60 yang merupakan kegiatan PRPN untuk Program intensif Peningkatan Kemampuan Penelitian dan Perekayasaan (PI – PKPP) tahun 2012.

1.1. TEORI

Pelindung untuk proteksi radiasi terhadap radioterapi dibedakan menjadi dua katagori yaitu pelindung sumber radiasi dan pelindung struktural. Pelindung struktural yaitu dinding penahan paparan radiasi, dibedakan menjadi dinding penahan primer dan dinding penahan sekunder^[3]. Dinding primer adalah bagian dinding yang langsung terkena penyinaran radiasi, sedangkan dinding sekunder yaitu bagian dinding yang terkena radiasi dari radiasi bocor dan radiasi hambur.

Persyaratan pelindung struktural ditentukan oleh ^[3] :

1. Jarak sumber ke dinding yang akan dirancang.
2. Beban kerja (W) yang merupakan suatu ukuran dalam satuan yang sesuai dengan aktifitas sumber isotop
3. Faktor penggunaan (U).
4. Faktor pemakaian Okupansi (T).

Jarak sumber ke dinding tergantung dari besarnya ruangan yang akan ditempati. Dosis pada SAD (*source axis distance*) yaitu banyaknya dosis pada jarak sumber isotop ke pasien. Beban kerja W ditentukan berdasarkan waktu pengoperasian dalam satu minggu dimana 1 minggu dihitung 5 hari. Bisa dinyatakan :

Beban kerja pada isosenter (SAD) :

$$= (\text{banyaknya pasien per hari}) \times \text{besarnya dosis/pasien}) \times (\text{jumlah hari/minggu})$$

Beban kerja per minggu pada 1 m (W) :

$$= (\text{dosis pada SAD}) \times (\text{SAD}/1)^2 \text{ m}^2.$$

Faktor penggunaan (U) ditentukan dari :

- a. untuk lantai = 1
- b. untuk dinding = ¼
- c. untuk langit-langit = ¼.

Nilai faktor pemakaian (T) ditentukan dari :

- a. T = 1, jika terdapat seseorang yang terus menerus berada dibalik dinding.
- b. T = ¼, jika terdapat seseorang yang tidak terus menerus tetapi relatif sering.
- c. T = 1/16, jika terdapat seseorang yang sesekali berada dibalik dinding.
- d. T = 1, jika pekerja radiasi berada dibalik dinding.

1.2. Perhitungan dinding primer dihitung dengan menggunakan Persamaan [1] ^[4] :

$$B = \frac{P.(d + SAD)^2}{WUT} \dots\dots\dots (1)$$

Dengan :

- B = atenuasi
- P = dosis yang diizinkan diluar dinding (NBD) (mSv/minggu)
- d = jarak dari pasien ke dinding (m)
- SAD = jarak sumber isotop ke pasien (m)
- W = beban kerja per minggu (mGy/minggu)
- U = faktor penggunaan
- T = faktor pemakaian.

Perhitungan tebal dinding primer dilakukan dengan menggunakan Persamaan [2] ^[4]:

$$nTVLs = \log_{10}\left(\frac{1}{B}\right) \dots\dots\dots(2)$$

Dengan :

- n TVLs = jumlah nilai batas perlindungan (*Tenth Value Layer*)
- B = atenuasi
- Nilai TVL tergantung dari densitas beton ^[4]
- Untuk menentukan tebal dinding ditentukan dengan Persamaan [3]

$$\text{Tebal dinding} = nTVLs \cdot TVL \dots\dots\dots(3)$$

1.3. Perhitungan dinding sekunder.

Perhitungan tebal dinding yang dibutuhkan karena radiasi bocor ditentukan dari atenuasi untuk radiasi bocor dengan menggunakan persamaan [4] ^[4]:

$$B = \frac{1000Pd^2}{WT} \dots\dots\dots$$

(4)

Dengan :

- B = atenuasi radiasi bocor
- P = dosis yang diizinkan diluar dinding (NBD) mSv/minggu
- d = jarak dari pasien ke dinding (m)
- W = beban kerja per minggu (mGy/minggu)
- T = faktor pemakaian

Tebal dinding radiasi bocor dihitung seperti Persamaan 3 dengan atenuasi dari radiasi bocor.

Perhitungan tebal dinding yang dibutuhkan karena radiasi hamburan ditentukan dari atenuasi untuk radiasi hamburan dengan menggunakan Persamaan [5] ^[4]:

$$B = \frac{Pd_{SCA}^2 \cdot d_{SEC}^2}{a \cdot W \cdot T \cdot (F/400)} \dots\dots\dots(5)$$

Dengan :

- B = atenuasi radiasi hamburan
- P = dosis yang diizinkan diluar dinding (NBD) mSv/minggu
- d_{SCA} = jarak dari sumber ke pasien (m)
- d_{sec} = jarak dari pasien ke dinding (m)
- a = adalah fraksi hamburan
- W = beban kerja per minggu (mGy/minggu)

T = faktor pemakaian

F = luas bidang maksimum yang mengenai pasien (cm²).

Tebal dinding radiasi hamburan dihitung seperti Persamaan 3 dengan atenuasi dari radiasi hamburan.

Jika selisih tebal radiasi bocor dengan radiasi hambur < 1 TVL, maka tebal dinding diambil yang terbesar + 1 HVL^[5]

2. METODOLOGI

Pesawat radioterapi dioperasikan seminggu 5 hari, dalam sehari 8 jam operasi jika diketahui :

- jumlah pasien setiap hari 80 pasien
- Setiap pasien diberikan dosis 2 Gy.
- Jarak sumber ke pasien 80 cm

Maka jumlah dosis per minggu pada SAD = 80 x 2 x 5 = 800 Gy/minggu

Jadi beban kerja per minggu (W) pada 1 m = 800 x (0,8)² = 512 Gy/minggu
= 512.10³ mGy/minggu

NBD dinding ruangan yang berhubungan dengan anggota masyarakat 5 mSv per tahun = 0,1 mSv per minggu

2.1. Perhitungan dinding Primer

Jarak pasien ke dinding 4 m, diasumsikan faktor penghunian T = 1, dengan menggunakan Persamaan [1] dan Persamaan [2] maka :

$$nTVL_s = 4,74$$

TVL untuk beton jika digunakan sumber isotop Co-60 = 218 mm^[4]

Tebal dinding primer dengan Persamaan [3] = 4,74 x 218 mm = 1034 mm.

Untuk keamanan ditambah 25% nya.

Tebal dinding primer = 1,25 X 1034 mm = 1.292,5 mm.

Diambil tebal dinding primer 1300 mm.

2.2. Perhitungan dinding sekunder.

2.2.1. Radiasi bocor :

Dengan menggunakan persamaan [2] dan [4], diperoleh :

$$nTVL_s = 2,5$$

TVL untuk beton jika digunakan sumber isotop Co-60 = 218 mm^[4]

Jadi tebal dinding untuk radiasi bocor dengan Persamaan [3] = 2,5 x 218 mm = 545 mm.

2.2.2. Radiasi hambur :

Diasumsikan sudut hamburan 90⁰ didapat harga fraksi hamburan a = 0,0009^[4], luas bidang maksimum yang diiradiasi dan mengenai pasien (20 x 20 cm) = 400 cm².

Dengan menggunakan Persamaan [2] dan [5], diperoleh :

$$nTVL_s = 2,653$$

TVL untuk radiasi hambur pada sudut 90⁰ = 151^[4]

Tebal dinding untuk radiasi hambur dengan Persamaan [3] = 2,653 x 151 mm = 400 mm

Selisih tebal dinding radiasi bocor dengan radiasi hambur < 1 TVL, maka tebal dinding diambil yang terbesar ditambah 1 HVL. (HVL = 62 mm untuk sumber Co-60 dengan dinding beton).

Dinding sekunder = 545 mm + 62 mm = 607 mm.

Untuk keamanan maka dibulatkan menjadi 610 mm

2.3. Perhitungan lebar dinding primer

2.3.1. Lebar dinding samping

Data perhitungan yang dibutuhkan :

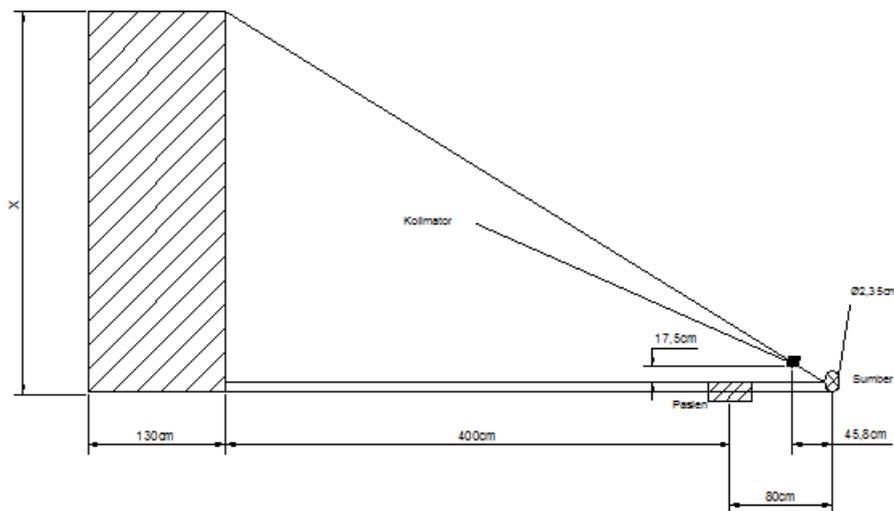
Jarak sumber ke kolimator : 45,8 cm

Diameter sumber : 2,35 cm

$\frac{1}{2}$ panjang kolimator terbuka : 17,5 cm

Jarak pasien ke dinding : 400 cm

Jarak sumber ke dinding primer seperti pada posisi sumber ke dinding primer Gambar 1.



Gambar 1. Posisi sumber dan dinding primer

Jarak diukur dari tengah sumber ke dinding primer. Lebar dinding primer dihitung dari perbandingan antara jarak sumber ke kolimator dibanding $\frac{1}{2}$ lebar kolimator terbuka ditambah $\frac{1}{2}$ diameter sumber sama dengan panjang jarak sumber ke dinding primer luar dibanding lebar dinding primer. Jika $\frac{1}{2}$ lebar dinding primer dinyatakan dengan x maka didapatkan persamaan :

Panjang dinding primer setelah melewati dinding beton :

$$45,8 \text{ cm} : (17,5 + 2,35/2) \text{ cm} = (400 \text{ cm} + 80 \text{ cm} + 130 \text{ cm}) : x$$

$$X = 248 \text{ cm}$$

$$D = 2 X = 496 \text{ cm} \approx 500 \text{ cm}$$

Jadi lebar dinding primer = 500 cm.

2.3.2. Tebal atap

Jarak pasien keatap 360 cm

$$45,8 : 18,675 \text{ cm} = (360 \text{ cm} + 80 \text{ cm} + 130 \text{ cm}) : x$$

$$X = 232 \text{ cm}$$

$$D = 2X = 464 \text{ cm} \approx 500 \text{ cm}$$

Jadi lebar atap primer = 500 cm

3. HASIL DAN PEMBAHASAN.

Perancangan tebal dinding beton yang berfungsi sebagai penahan radiasi didasarkan pada perhitungan tebal dinding primer yaitu arah penyinaran radiasi pada dinding, agar diperoleh system keselamatan yang tinggi. Arah penyinaran radiasi berputar 360° dengan arah yang sama. Lokasi ruangan berada dalam suatu *bunker* sebelah kiri dan kanan ruangan digunakan untuk ruang pemeriksaan, sebelah depan sebagai ruang tunggu sedangkan dibagian atas diharapkan orang jarang melalui.

Dari hasil perhitungan tebal dinding primer sesudah ditambah angka keamanan sebesar 25 % didapatkan 1.300 cm yang meliputi ketebalan dinding sebelah kanan dan kiri dengan lebar 500 cm keatas dan menyambung dengan tebal atap. Sedangkan untuk bagian bawah atau lantai ketebalan lantai sebagai penahan radiasi diabaikan karena disini tanah berfungsi sebagai penahan radiasi.

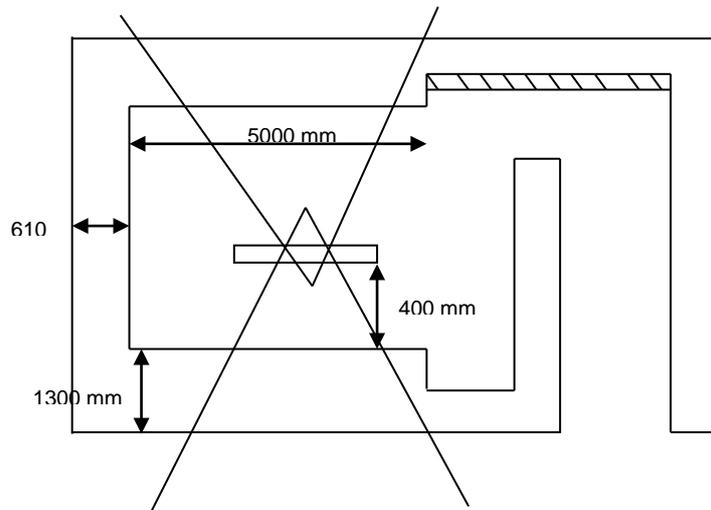
Untuk dinding sekunder yaitu dinding didalam ruangan selain dinding primer yang terkena paparan radiasi karena bocor dan hambur dari hasil perhitungan didapatkan tebal dinding karena radiasi bocor 545 cm, sedangkan tebal dinding sekunder karena radiasi hambur 400 cm. Karena selisih antara radiasi bocor dan hambur $< 1\text{TVL}$ maka tebal dinding diambil yang terbesar + 1 HVL (HVL = 62 mm untuk sumber isotop Co-60 dengan dinding beton).

Sehingga dinding sekunder menjadi :

$$= 545 \text{ mm} + 62 \text{ mm}$$

$$\approx 610 \text{ mm}$$

Tebal dinding ruangan seperti pada Gambar 2



Gambar 2. Tebal dinding ruangan

Sedangkan bagian dinding didepan pintu dilapisi dengan pelat Pb tebal 2 mm untuk menghindarkan hamburan radiasi kearah pintu. Lebar dinding primer diperhitungkan berdasarkan perbandingan antara jarak sumber ke kolimator dan lebar kolimator terbuka . Dari hasil perhitungan direncanakan paparan radiasi yang keluar dari dinding sudah memenuhi Nilai Batas Dosis yang ditentukan.

4. KESIMPULAN.

Ruangan radioterapi menggunakan sumber Co-60 direncanakan menggunakan dinding dari beton mempunyai ketebalan dinding primer 1.300 mm dan dinding sekunder 610 mm sedangkan lebar dinding primer 500 mm keatas sampai atap. Diharapkan dengan ketebalan tersebut tebal dinding bisa memenuhi ketentuan keselamatan radiasi.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. WIRANTO BUDI SANTOSO, *Disain dasar Perangkat Radioterapi eksternal menggunakan Co-60*, Proposal Program Insentif Peningkatan Kemampuan Penelitian dan Perencanaan (PI – PKPP), PRPN – BATAN, 2012.
- [2]. Anonymous, *Keselamatan radiasi dalam penggunaan peralatan radiografi industry*, SK BAPETEN No 7 Tahun 2009
- [3]. HERMAN CHAMBER, *Introduction to Health Physics*, Pergamon Press, Northwestern University, 1983.
- [4]. Anonymous, *Radiation Protection in the Design of radiotherapy Facilities*, Safety Report Series No 47, IAEA, Viena, 2006.
- [5]. Anonymous, *Ketentuan Keselamatan Radiasi*, Pusdiklat, BATAN, Jakarta, 2005.
- [6]. Anonymous, *Operation Instruction, Fcc – 8000 F Co-60 Therapy Unit*, Shandong Xinhua Medical Instrument Co, 1999.