

PERHITUNGAN BUILD-UP FAKTOR BAHAN-BAHAN NON-HOMOGEN PERISAI RADIASI DENGAN MENGGUNAKAN CODE BMIX

Unggul Hartoyo, Pudjijanto MS.

ABSTRAK

PERHITUNGAN FAKTOR BUILD-UP BAHAN-BAHAN NON-HOMOGEN PERISAI RADIASI DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM BMIX. Perhitungan faktor build-up bahan-bahan non-homogen perisai radiasi dengan menggunakan program BMIX. Faktor build-up bahan-bahan non-homogen perisai radiasi dengan menggunakan program INTPL2 yang memanfaatkan subroutine INTRP pada program BMIX telah dihitung. Program BMIX sendiri merupakan suatu program yang juga dapat menentukan parameter-parameter perisai pukul rata untuk digunakan dalam suatu pendekatan matematik yang sesuai untuk faktor bangkit (build-up) bagi perisai gabungan atau campuran. Untuk perisai berlapis ganda program BMIX menghitung nilai purata atau nilai efektif dari koefisien α , yang dapat digunakan sebagai masukan bagi program CADRE. Pada penelitian ini telah diperoleh faktor build-up dari unsur-unsur H (Z=1), Be (Z=4), C (Z=6), N (Z=7), O (Z=8), Na (Z=11), Mg (Z=12), Si (Z=14), P (Z=15), S (Z=16), Ar (Z=18), K (Z=19), Ca (Z=20), Cu (Z=29), Mo (Z=42), I (Z=53), Pt (Z=78), Tl (Z=81), NaI (Z=64), Udara (Z=7), Beton biasa (Z=9), Jaringan lunak (Z=3), berdasarkan faktor-faktor bangkit dari unsur-unsur : Air (Z=10), Al (Z=13), Besi (Z=26), Stanum (Z=50), Wolfram (Z=74), Timah hitam (Z=82) dan Uranium (Z=92).

ABSTRACT

CALCULATION OF BUILD UP FACTOR FOR NON HOMOGENOUS SHEILDING MATERIALS USING BMIX CODE. The calculation of build up factor for non homogenous sheilding materials using INTPL2 code taking advantage of INTRP soubroutine in code BMIX has been undertaken. The BMIX code alone is a program which can also be used for determining shielding average parameters to be used in appropriate mathematical approach for mixed build-up factor. For duoble layered sheilding, BMIX code computes average value of effective value of the α coefficient, which may be used as an input for CADRE code. In this research, have been obtained build up factor values for elements : H (Z=1), Be (Z=4), C (Z=6), N (Z=7), O (Z=8), Na (Z=11), Mg (Z=12), Si (Z=14), P (Z=15), S (Z=16), Ar (Z=18), K (Z=19), Ca (Z=20), Cu (Z=29), Mo (Z=42), I (Z=53), Pt (Z=78), Tl (Z=81), NaI (Z=64), Air (Z=7), Concrete (Z=9), Soft tissues (Z=3), based on the build up factor of elements : Water (Z=10), Al (Z=13), Fe (Z=26), Stanum (Z=50), Wolfram (Z=74), Lead (Z=82) and Uranium (Z=92).

PENDAHULUAN

Program jangka panjang PRSG Batan di bidang pengembangan teknologi reaktor riset daya tinggi (RSG-GAS) mempunyai sasaran antara lain tersedianya data rancang bangun perisai radiasi reaktor.

Perhitungan *build-up factor* atau faktor bangkit bahan-bahan non homogen perisai radiasi dengan menggunakan program BMIX bertujuan terujinya kehandalan suatu sistem perangkat lunak yang dapat digunakan untuk menetapkan salah satu parameter yang berkaitan dengan perisai radiasi khususnya program CADRE, sehingga diperolehnya pangkalan data faktor bangkit (*build-up factor data base*) bahan-bahan homogen yang diperlukan dalam penghitungan perisai radiasi reaktor nuklir.

Dalam melakukan perhitungan ketebalan perisai radiasi diperlukan adanya data faktor bangkit dari bahan-bahan perisai yang digunakan. Pada prekteknya perhitungan banyak melakukan toleransi terhadap ralat (*error*) yang muncul sebagai pendekatan media tak berhingga sebagai media berhingga. Namun demikian, diperlukan koreksi untuk menggunakan data media homogen dalam penghitungan media non homogen (campuran).

Penelitian ini menekankan pada pemodifikasian program komputer BMIX (dalam bahasa FORTRAN) yang merupakan program untuk menghitung build-up faktor perisai berlapis. Program ini menggunakan metode nomor atom efektif (Z_{eff}) Goldstein dan aslinya ditulis oleh James Wood (University of London, Inggris) untuk main frame CDC-7600. Untuk itu perlu dilakukan modifikasi agar dapat dioperasionalkan dengan menggunakan kompiler WATFOR-77 pada IBM PC.

Program Komputer BMIX dengan memodifikasi sesuai dengan kebutuhan telah dapat dijalankan dengan baik, memberikan hasil yang benar, serta dapat diterapkan untuk perhitungan perisai radiasi reaktor riset maupun daya.

Data dan program komputer BMIX termodifikasi yang diperoleh, akan digunakan dalam program CADRE untuk mengkaji sistem perisai reaktor.

TEORI

Program BMIX adalah suatu program untuk menentukan parameter-parameter perisai yang digunakan dalam suatu pendekatan matematik yang sesuai untuk faktor bangkit (*build-up factor*) bagi perisai campuran/gabungan.

Metode yang digunakan program BMIX tersebut adalah metode Z efektif dari Goldstein. Dalam keadaan khusus program Perisai CADRE, mengandaikan adanya suatu kebergayutan linier yang sederhana dari faktor bangkit B, pada ketebalan perisai seperti dalam rumus :

$$B(\mu r) = \alpha \cdot \mu r \quad (1)$$

Untuk perisai berlapis ganda, program BMIX menghitung nilai purata/nilai efektif dari koefisien α , yang digunakan sebagai bagian dari data masukkan bagi program CADRE.

Perhitungan-perhitungan yang dilakukan program BMIX antara lain :

Nomor atom efektif Goldstein Z_{ef} , dihitung untuk susunan yang diberikan dari program perisai.

Untuk setiap satu tenaga dari foton-foton sumber, tabel data $\alpha(Z,E)$ diinterpolasi untuk mendapatkan suatu nilai purata dari α (dinotasikan dengan α_{ef}). Faktor bangkit B untuk campuran atau gabungan perisai menggunakan rumus :

$$B(R) = \alpha_{ef} \cdot R \quad (2)$$

$R \equiv$ tebal pelemahan dari bahan perisai, tanpa dimensi.

Dalam perisai radiasi berlapis ganda, Goldstein mengusulkan bahwa bahan-bahan lapisan dihomogenisasi dan nomor atom efektif Z_{ef} diatribusi untuk perisai.

Faktor bangkit untuk perisai bergantung pada banyaknya penerobosan oleh radiasi dan nomor atom tunggal Z_{ef} . Perisai campuran yang sesungguhnya digantikan oleh suatu unsur khayal bernomor atom Z_{ef} .

Faktor-faktor bangkit yang disebabkan oleh serapan fotolistrik dan hasil bentukan pasangan diperoleh untuk mendapatkan variasi reguler pada nomor atom dihitung dengan rumus :

$$Z_r = \frac{\sum_{i=1}^N Z_i \cdot \mu_r \cdot x_i}{\sum_{i=1}^N \mu_r \cdot x_i} \quad (3)$$

di mana penyebut dalam persamaan (3) adalah tebal perisai yang sesungguhnya.

Faktor bangkit untuk perisai dapat ditentukan dengan cara menginterpolasi dalam data faktor bangkit yang sesuai dan dapat diterima untuk sebuah bahan tunggal (unsur khayal) bernomor atom Z_{ef} dan tebal pelemahannya dalam jarak bebas purata adalah :

$$R_r = \sum_{i=1}^N \mu_i \cdot x_i \quad (4)$$

Fungsi dari program BMIX adalah untuk menghitung harga $\mu_{ef} = \alpha(Z_{ef}, E)$ untuk susunan perisai yang diberikan.

BAHAN DAN TATA KERJA

Bahan

Software Fortran WATFOR-77

Continuous form

Disket

Tata Kerja

Memodifikasi program BMIX agar sesuai dengan kebutuhan yaitu disesuaikan dengan bahasa pemrograman yang semula ditulis dengan bahasa Fortran pada *main frame* CDC-7600 disesuaikan

dengan WATFOR-77 pada IBM-PC.

- Melakukan perhitungan faktor build-up bahan-bahan perisai radiasi gamma.
- Pengolahan data dan pembuatan laporan akhir.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Telah diperoleh hasil perhitungan faktor *build-up* untuk bahan-bahan yang lazim digunakan sebagai perisai radiasi gamma, seperti : 1. Air ($Z=10$), 2. Al ($Z=13$), 3. Besi ($Z=26$), 4. Stanum ($Z=50$), 5. Wolfram ($Z=74$), 6. Timah hitam ($Z=82$) dan 7. Uranium ($Z=92$) dengan tebal pelemahan μ_x yang bervariasi dari 1 s.d. 20 dengan kenaikan 1 mfp [†] (20 kolom) dan rentang energi dari 0.1 s.d. 10 MeV (18 kelompok, yakni : 0,1 ; 0,15 ; 0,2 ; 0,3 ; 0,4 ; 0,5 ; 0,6 ; 0,8 ; 1,0 ; 1,25 ; 1,5 ; 2,0 ; 3,0 ; 4,0 ; 5,0 ; 6,0 ; 8,0 ; dan 10 MeV). Pengelompokan ini dimaksud agar sesuai dengan cara pengelompokan energi pada data koefisien pelemahan massa total μ_t yang tersedia di berbagai literatur yang telah dihitung dari data Grodstein oleh Blizzard, dkk. (ORNL). Sementara data basis pertama faktor build-up untuk ketujuh bahan perisai tersebut di atas diambilkan dari data Goldstein dan Wilkins yang digunakan sebagai asupan pada program, dengan tebal pelemahan μ_x yang juga bervariasi dari 1 s.d. 20, tetapi kenaikannya terdiskrit (hanya 7 kolom, yakni $\mu_x = 1, 2, 4, 7, 10, 15$ dan 20) dan rentang energi dari 0.5 s.d. 10 MeV, yang umumnya dibagi menjadi 8 kelompok, yakni : 0,5 ; 1,0 ; 2,0 ; 3,0 ; 4,0 ; 6,0 ; 8,0 ; dan 10 MeV, kecuali untuk air (ditambah 1 kelompok, yaitu pada $E = 0.255$ MeV) dan timbal (ditambah 1 kelompok, yaitu pada $E = 5.1$ MeV). [†] = *mean free path* = jalan bebas purata.

Hasil luaran program yang masih akan diperlukan sebagai data basis kedua dapat dilihat pada lembar terlampir (Tabel 1 s.d. 7). Berdasarkan data basis ini, telah dihitung build-up faktor untuk unsur-unsur : H($Z=1$), Be($Z=4$), C($Z=6$), N($Z=7$), O($Z=8$), Na($Z=11$), Mg($Z=12$), Si($Z=14$), P($Z=15$), S($Z=16$), Ar($Z=18$), K($Z=19$), Ca($Z=20$), Cu($Z=29$), Mo($Z=42$), I($Z=53$), Pt($Z=78$), Tl($Z=81$), NaI($Z=64$), Udara ($Z_{avg} \approx 7$), Beton biasa ($Z_{avg} \approx 9$), dan Jaringan lunak ($Z_{avg} \approx 3$). Bahan-bahan ini sengaja dipilih

dengan alasan yang sama seperti di atas. Metode perhitungan yang digunakan adalah cukup sederhana, yaitu teknik interpolasi ganda semi logaritmis derajat n untuk $3 \leq n \leq 7$ yang diadopsi dari subroutine INTRP dalam program BMIX. Khusus dalam perhitungan ini secara subyektif intuitif telah dipilih nilai $n = 4$. Di titik-titik tertentu yang sesuai dengan data absis, hasil perhitungannya sangat cocok dengan data ordinatnya, sehingga dapat disimpulkan bahwa harga interpolasinya untuk sembarang titik adalah benar. Sedikit deviasi hanya dijumpai pada uranium untuk energi $< 0,15$ MeV (memberikan nilai $0,9 < B(\mu \cdot x) < 1,0$) yang segera diatasi dengan mendesaknya harus sama dengan 1. Ini bukan disebabkan oleh kesalahan program, melainkan oleh batasan mengenai $B(\mu \cdot x)$ itu sendiri, yaitu minimal harus = 1. Pengolahan pada hasil hitung semua bahan untuk energi di bawah 0,5 MeV ($< 0,255$ MeV untuk air) membutuhkan bahwa program tidak hanya dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah saja, melainkan dapat digunakan untuk ekstrapolasi. Dengan demikian maka faktor bangkit untuk unsur atau bahan lain yang dihitung berdasarkan interpolasi dan ekstrapolasi terhadap nomor atom Z tersebut di atas (bahkan untuk seluruh unsur, $1 < B(\mu \cdot x) < 100$) adalah dapat dipastikan kebenarannya. Hasil perhitungan faktor build-up untuk unsur-unsur : H($Z=1$), Be($Z=4$), C($Z=6$), N($Z=7$), O($Z=8$), Na($Z=11$), Mg($Z=12$), Si($Z=14$), P($Z=15$), S($Z=16$), Ar($Z=18$), K($Z=19$), Ca($Z=20$), Cu($Z=29$), Mo($Z=42$), I($Z=53$), Pt($Z=78$), Tl($Z=81$), NaI($Z=64$), Udara ($Z_{avg} \approx 7$), Beton biasa ($Z_{avg} \approx 9$), dan Jaringan lunak ($Z_{avg} \approx 3$) terlampir.

KESIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan faktor build-up untuk unsur-unsur : H($Z=1$), Be($Z=4$), C($Z=6$), N($Z=7$), O($Z=8$), Na($Z=11$), Mg($Z=12$), Si($Z=14$), P($Z=15$), S($Z=16$), Ar($Z=18$), K($Z=19$), Ca($Z=20$), Cu($Z=29$), Mo($Z=42$), I($Z=53$), Pt($Z=78$), Tl($Z=81$), NaI($Z=64$), Udara($Z=7$), Beton biasa($Z=9$), Jaringan lunak($Z=3$), dimana metode perhitungan yang digunakan yaitu teknik interpolasi ganda semi logaritmis derajat n untuk $3 \leq n \leq 7$ yang diadopsi dari subroutine INTRP dalam program BMIX. Di titik-titik tertentu yang sesuai dengan data absis, hasil perhitungannya sangat cocok dengan data ordinatnya

