

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Beton dengan Agregat Serpentin

Beton dengan agregat serpentin merupakan struktur komposit yang terbentuk dari campuran semen portland, batuan serpentin sebagai agregat kasar dan halus, dan air. Beton penahan radiasi yang dapat memberikan perlindungan efektif terhadap radiasi neutron yaitu beton dengan menggunakan agregat kasar serpentin dan agregat halus turmalin (Departemen Pekerjaan Umum, 1990). Pada penelitian ini agregat halus yang digunakan yaitu serpentin karena agregat halus turmalin sulit didapat.

3.2 Batuan Serpentin

Batuan serpentin yaitu batuan hasil metamorfosis peridotis dan olivin yang mempunyai sifat perawakan kristalnya berserat atau menyerat. Batuan ini biasa digunakan sebagai batu hias, isolator dan untuk bahan baku industri plastik. Batuan serpentin tahan terhadap suhu yang tinggi, oleh karena itu batuan ini baik dalam menyerap radiasi neutron jika digunakan sebagai bahan campuran beton.

Batuan serpentin sulit didapat, hanya terdapat di beberapa daerah. Karena batuan langka, maka penggunaannya diawasi oleh instansi pemerintah. Batuan serpentin berwarna abu-abu kehijau-hijauan, berserat putih, dan mempunyai berat jenis $2,31 \text{ gr/cm}^3$ sebagai agregat kasar serta $2,475 \text{ gr/cm}^3$ sebagai agregat halus.

3.3 Perhitungan Campuran Beton

Perhitungan campuran beton bertujuan untuk mendapatkan beton yang sesuai dengan yang direncanakan atau yang disyaratkan, terlebih dahulu campuran beton tersebut harus dirancang, sehingga didapat jumlah masing-masing bahan campuran yang tepat.

Secara keseluruhan, perencanaan campuran beton bertujuan untuk mendapatkan campuran beton yang ekonomis, kemudahan pengerjaan pada beton segar dan kekuatan serta keawetan pada beton.

Metode perencanaan campuran beton yang digunakan dalam penelitian ini adalah Metode "DREUX". Dengan menggunakan Metode "DREUX" akan didapatkan beton dengan kepadatan tinggi yang baik sebagai perisai radiasi.

3.3.1 Campuran beton dengan agregat serpentin

Langkah-langkah dan urutan dalam perencanaan campuran beton serpentin dengan metode "DREUX" adalah :

1. Menentukan keperluan semen

Benda uji yang digunakan adalah kubus dengan ukuran 15 x 15 x 15 (cm). Kuat tekan beton yang direncanakan K-300. Dengan diameter maksimum agregat adalah 20 mm dan nilai "slump" diambil 7,5 cm.

Berdasarkan rumus (2.5), hal 22, Bab 2 :

$$\sigma \text{ silinder rata-rata} = G \cdot \sigma'c (C/E - 0,5)$$

$$0,83 \cdot 300 = 0,5 \cdot 500 (C/E - 0,5)$$

$C/E = 1,496 \approx 1,5$ dengan menggunakan gambar 2.6, hal 24, Bab 2 didapat jumlah semen (C) = 315 kg/m³.

2. Menentukan Titik Patah A (x, y)

$$\text{Absis A, } x = D/2 = 20/2 = 10 \text{ mm}$$

$$\text{Ordinat A, } y = 50 - \sqrt{D} + K + K_s$$

$$y = 50 - \sqrt{20} + 1,4 + 0$$

$$y = 46,4 \%$$

Dari analisa butiran diperoleh modulus kehalusan pasir dan kerikil seperti yang diperlihatkan pada Tabel 3.1, 3.2 dan 3.3 sebagai berikut ini.

Tabel 3.1 Analisa Butiran Pasir Serpentin Halus

Saringan No	Berat Tertahan	Σ komulatif Tertahan	% Komulatif Tertahan	% Lolos Asli	% Komulatif Lolos
30	3	3	0,8	5,1	99,2
35	19	22	5,9	10,1	94,1
40	38	60	16	10,9	84
50	41	101	26,9	6,1	73,1
60	23	124	33	7,4	67
70	28	152	40,4	9,6	59,6
80	36	188	50	20,8	50
120	78	266	70,8	29,2	29,2
Sisa	110	376	100	100	0

Tabel 3.2 Analisa Butiran Pasir Serpentin Kasar

Saringan No	Berat Tertahan	Σ komulatif Tertahan	% Komulatif Tertahan	% Lolos Asli	% Komulatif Lolos
4	11	11	0,768	20,15	99,29
6	313	324	20,86	14,88	79,14
8	231	555	35,74	15,26	64,26
10	237	792	51	6,82	49
12	106	898	57,82	7,28	42,18
16	113	1011	65,1	5,8	34,90
18	90	1101	70,9	5,92	29,1
20	92	1193	76,82	23,18	23,18
Sisa	360	1553	100	100	0

Tabel 3.3 Analisa Butiran Pasir Serpentin Halus dan Kasar

Pasir Halus	% Lolos Asli	Σ % Lolos	Pasir Kasar	% Lolos Asli	Σ % Lolos
0,100 - 0,125	29,2	29,2	0,63 - 0,85	23,18	23,18
0,125 - 0,180	20,8	50	0,85 - 1,00	5,92	29,1
0,180 - 0,212	9,6	59,6	1,00 - 1,18	5,8	34,9
0,212 - 0,250	7,4	67	1,18 - 1,70	7,28	42,18
0,250 - 0,315	6,1	73,1	1,70 - 2,00	6,82	49
0,315 - 0,425	10,9	84	2,00 - 2,36	15,26	64,26
0,425 - 0,500	10,1	94,1	2,36 - 3,35	14,88	79,14
0,500 - 0,600	5,1	100	3,35 - 4,75	20,15	100

Dari hasil analisa butiran pasir serpentin halus dan kasar maka diperoleh modulus halus butir pasir melalui Tabel 3.4 berikut ini.

Tabel 3.4 Persentase Butiran Pasir Serpentin Tertahan Saringan

DIAMETER SARINGAN	% BUTIRAN TERTAHAN SARINGAN	
	PASIR HALUS	PASIR KASAR
0,20	94	100
0,40	91,58	100
0,80	0	82,1
1,60	0	94,12
3,15	0	88,13
6,30	0	0
12,5	0	0
25,0	0	0
Jumlah	185,58	464,35

Perhitungan Modulus Halus Butir

$$\text{Pasir Halus} = Mf_1 = \frac{185,58}{100} = 1,86$$

$$\text{Pasir Kasar} = Mf_2 = \frac{464,35}{100} = 4,64$$

diinginkan $Mfs = 2,5$

$$\% \text{ Pasir Halus} = \frac{(4,64 - 2,5)}{(4,64 - 1,86)} \times 100 \% = 77 \%$$

$$\% \text{ Pasir Kasar} = \frac{(2,5 - 1,86)}{(4,64 - 1,86)} \times 100 \% = 23 \%$$

Dari hasil perhitungan modulus halus butir di atas diperoleh persentase butir pasir halus dan kasar yang diperlukan untuk campuran beton serpentin seperti terlihat pada Tabel 3.5 berikut ini.

Tabel 3.5 Persentase Butir Pasir Serpentin Halus dan Kasar

	KELAS SARINGAN (mm)	% LOLOS ASLI	% LOLOS GABUNGAN	Σ % LOLOS GABUNGAN
PASIR HALUS 77 %	0,100 - 0,125	29,2	22,48	22,48
	0,125 - 0,180	20,8	16,02	38,50
	0,180 - 0,212	9,6	7,39	45,89
	0,212 - 0,250	7,4	5,70	51,59
	0,250 - 0,315	6,1	4,7	56,29
	0,315 - 0,425	10,9	8,39	64,68
	0,425 - 0,500	10,1	7,78	72,46
	0,500 - 0,600	5,1	3,39	77
PASIR KASAR 23 %	0,630 - 0,850	23,18	5,33	82,33
	0,850 - 1,000	5,92	1,36	83,69
	1,000 - 1,180	5,80	1,33	85,02
	1,180 - 1,700	7,28	1,67	86,69
	1,700 - 2,000	6,82	1,57	88,26
	2,000 - 2,360	15,26	3,51	91,77
	2,360 - 3,350	14,88	3,42	95,15
	3,350 - 4,750	20,15	4,63	100

Selain itu dilakukan juga analisa butiran agregat kasar yaitu kerikil serpentin seperti yang terlihat pada Tabel 3.6 berikut ini.

Tabel 3.6 Analisa Butiran Kerikil Serpentin

Lubang Ayakan	Berat Tertinggal (Gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Berat Lolos Kumulatif (%)
19	0	0	0	100
16	761,5	37,3	37,3	62,7
12,5	562,5	27,6	64,9	35,1
9,5	383,5	18,7	83,6	16,4
8,0	219,5	10,8	94,4	5,6
SISA	113,5	5,6	100	0
	2040,5	100 %		

Hasil dari perhitungan persentase butiran pasir dan kerikil di atas kemudian dimasukkan ke dalam grafik analisa granulometrik dari butiran seperti terlihat pada Gambar 2.7, hal 28, Bab 2 terdahulu. Dengan menggunakan Gambar 2.7 tersebut didapat :

Pasir = 41 %

Kerikil halus (5 mm - 10 mm) = 5,9 %

Kerikil kasar (10mm - 20 mm) = 53,1 %

3. Menentukan Komposisi Campuran

Koefisien kekompakan untuk beton plastis dengan pemadatan kuat atau beton kental dengan pemadatan normal $\gamma = 0,825$, berhubung jumlah semen C \neq 350 kg/m³ beton, maka harus dikoreksi dengan harga :

$$(C - 350) / 5000 = (315 - 350) / 5000 = -0,007$$

$$\text{maka harga } \gamma \text{ sekarang} = 0,825 - 0,007 = 0,818$$

Volume absolut semen = $315 / 3,1 = 101,6$ liter

Volume absolut (pasir + kerikil) = $818 \times 101,6 = 716,4$ liter

Volume absolut pasir = $41 \% \times 716,4 = 293,724$ liter

Volume absolut kerikil halus (5 mm - 10 mm) = $5,9 \% \times 716,4 = 42,268$ liter

Volume absolut kerikil kasar (10 mm - 20 mm) = $53,1 \% \times 716,4 = 380,41$ liter

4. Menentukan Komposisi Beton dalam berat

Semen = 315 kg/m^3

Air = $315 / 1,8 = 175 \text{ kg/m}^3$

Pasir = $293,724 \times 2,475 = 726,967 \text{ kg/m}^3$

Kerikil halus (5 mm - 10 mm) = $42,268 \times 2,31 = 97,639 \text{ kg/m}^3$

Kerikil kasar (10 mm - 20 mm) = $380,41 \times 2,31 = 878,747 \text{ kg/m}^3$

3.3.2 Campuran beton dengan agregat campuran

Campuran beton dengan agregat campuran ini maksudnya campuran beton dengan agregat halus pasir yang berasal dari Kulonprogo dengan agregat kasar batuan serpentin, sedangkan unsur pembentuk beton yang lain sama seperti beton normal. Langkah-langkah dan urutan dalam perencanaan campuran beton dengan metode "DREUX" adalah sebagai berikut ini.

1. Menentukan keperluan semen

Benda uji yang digunakan, kuat tekan beton yang direncanakan dan nilai "slump" sama dengan perencanaan beton serpentin. Sehingga jumlah semen yang

digunakan sama dengan jumlah semen pada perencanaan beton serpentin, yaitu C
 $= 315 \text{ kg/m}^3$.

2. Menentukan Titik Patah A (x, y)

Absis A, $x = D/2 = 20/2 = 10 \text{ mm}$

Ordinat A, $y = 50 - \sqrt{D} + K + K_s$

$$y = 50 - \sqrt{20} + 3,4 + 0$$

$$y = 48,9 \%$$

Dari analisa butiran pasir diperoleh modulus kehalusan pasir dan kerikil seperti yang diperlihatkan pada Tabel 3.7, 3.8 dan 3.9 berikut ini.

Tabel 3.7 Analisa Butiran Pasir Kulon Progo Halus

Saringan No	Berat Tertahan	Σ komulatif Tertahan	% Komulatif Tertahan	% Lolos Asli	% Komulatif Lolos
30	2	2	0,3	3,7	99,7
35	24	26	4	5,2	96
40	34	60	9,2	8,8	90,8
50	57	117	18	11,2	82
60	73	190	29,2	11,6	70,2
70	75	265	40,8	15,1	59,2
80	48	363	55,9	20,4	44,1
120	133	496	76,3	23,7	23,7
Sisa	154	650	$\Sigma = 100$	$\Sigma=100$	0

Tabel 3.8 Analisa Butiran Pasir Kulon Progo Kasar

Saringan No	Berat Tertahan	Σ komulatif Tertahan	% Komulatif Tertahan	% Lolos Asli	% Komulatif Lolos
4	10	10	2,7	8,9	97,3
6	33	43	11,6	7,6	88,4
8	28	71	19,2	12,4	80,8
10	46	117	31,6	8,7	68,4
12	32	149	40,3	15,4	59,7
16	57	206	55,7	21,3	44,3
18	79	285	77	17,9	23
20	66	351	94,9	5,1	5,1
Sisa	19	370	$\Sigma = 100$	$\Sigma=100$	0

Tabel 3.9 Analisa Butiran Pasir Kulon Progo Halus dan Kasar

Pasir Halus	% lolos Asli	Σ % Lolos	Pasir Kasar	% Lolos Asli	Σ % Lolos
0,100 - 0,125	23,7	23,7	0,63 - 0,85	5,1	5,1
0,125 - 0,180	20,4	44,1	0,85 - 1,00	17,9	23
0,180 - 0,212	15,1	59,2	1,00 - 1,18	21,3	44,3
0,212 - 0,250	11,6	70,2	1,18 - 1,70	15,4	59,7
0,250 - 0,315	11,2	82	1,70 - 2,00	8,7	68,4
0,315 - 0,425	8,8	90,8	2,00 - 2,36	12,4	80,8
0,425 - 0,500	5,2	96	2,36 - 3,35	7,6	88,4
0,500 - 0,600	3,7	100	3,35 - 4,75	8,9	100

Dari hasil analisa butiran pasir Kulon progo halus dan kasar maka diperoleh modulus halus butir pasir melalui Tabel 3.10 berikut ini.

Tabel 3.10 Persentase Butiran Pasir Tertahan Saringan

DIAMETER SARINGAN	% BUTIRAN TERTAHAN SARINGAN	
	PASIR HALUS	PASIR KASAR
0,20	90,56	100
0,40	93,2	100
0,80	0	96,06
1,60	0	87,56
3,15	0	93,94
6,30	0	0
12,5	0	0
25,0	0	0
Jumlah	183,76	477,56

Perhitungan Modulus Halus Butir

$$\text{Pasir Halus} = Mf_1 = \frac{183,76}{100} = 1,84$$

$$\text{Pasir Kasar} = Mf_2 = \frac{477,56}{100} = 4,78$$

} diinginkan $Mfs = 2,5$

$$\% \text{ Pasir Halus} = \frac{(4,78 - 2,5)}{(4,78 - 1,84)} \times 100 \% = 77,6 \%$$

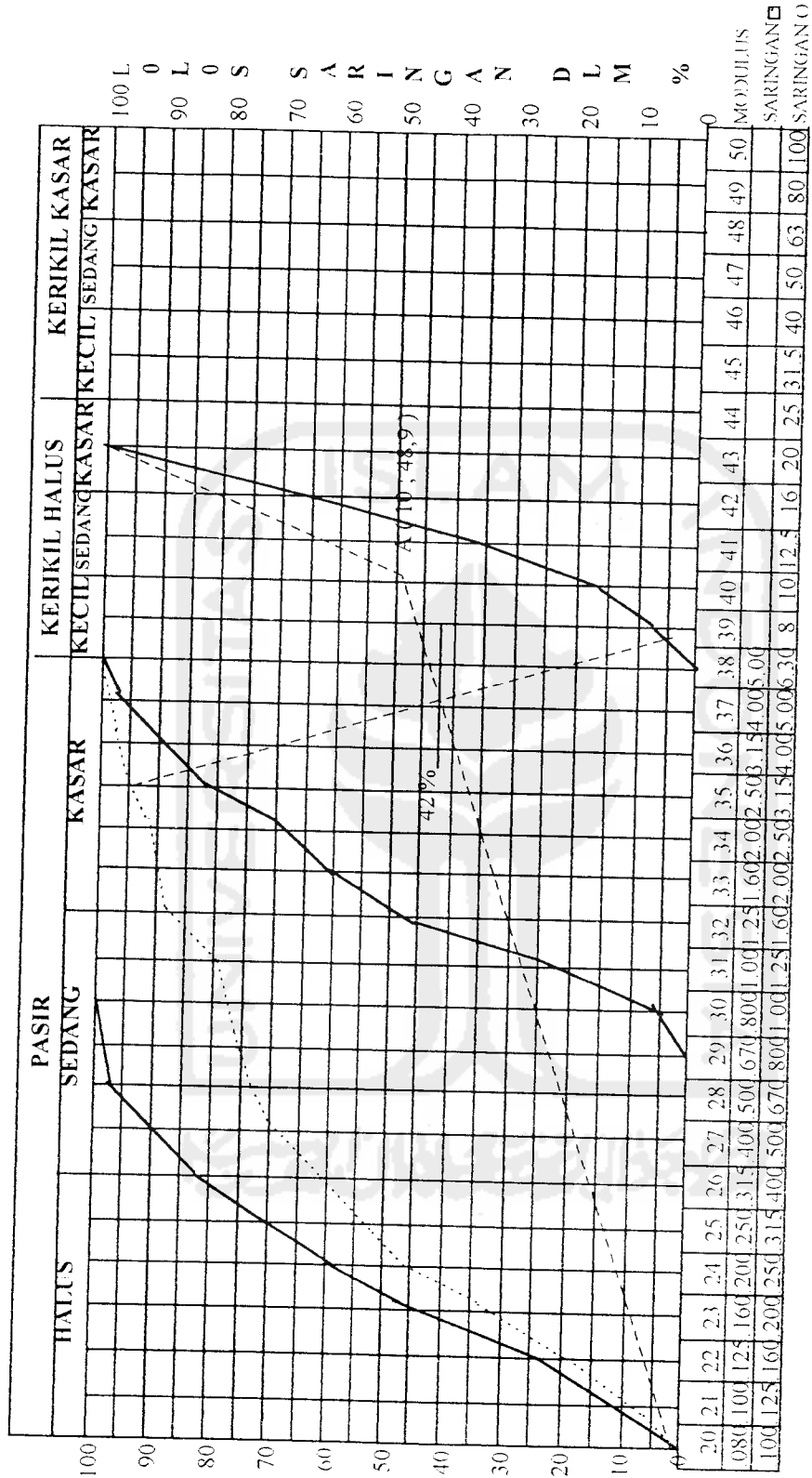
$$\% \text{ Pasir Kasar} = \frac{(2,5 - 1,84)}{(4,78 - 1,84)} \times 100 \% = 22,4 \%$$

Dari hasil perhitungan modulus halus butir di atas diperoleh persentase butir pasir halus dan kasar yang diperlukan untuk campuran beton dengan agregat campuran seperti terlihat pada Tabel 3.11 berikut ini.

Tabel 3.11 Persentase Butiran Pasir Kulon Progo Halus dan Kasar

	KELAS SARINGAN (mm)	% LOLOS ASLI	% LOLOS GABUNGAN	Σ % LOLOS GABUNGAN
PASIR HALUS 77,6 %	0,100 - 0,125	23,7	18,39	18,39
	0,125 - 0,180	20,4	15,83	34,22
	0,180 - 0,212	15,1	11,71	45,93
	0,212 - 0,250	11,6	9,00	54,93
	0,250 - 0,315	11,2	8,69	63,62
	0,315 - 0,425	8,8	6,82	70,45
	0,425 - 0,500	5,2	4,04	74,49
	0,500 - 0,600	3,7	2,87	77,36
PASIR KASAR 22,4 %	0,630 - 0,850	5,1	1,14	78,50
	0,850 - 1,000	17,9	4,01	82,51
	1,000 - 1,180	21,3	4,77	87,28
	1,180 - 1,700	15,4	3,45	90,73
	1,700 - 2,000	8,7	1,95	92,68
	2,000 - 2,360	12,4	2,78	95,46
	2,360 - 3,350	7,6	1,70	97,16
	3,350 - 4,750	8,9	1,99	100

Selain itu dilakukan juga analisa butiran agregat kasar yaitu kerikil serpentin seperti yang terlihat pada Tabel 3.6 terdahulu. Hasil dari perhitungan persentase butiran pasir dan kerikil di atas kemudian dimasukkan ke dalam grafik analisa granulometrik dari butiran seperti terlihat pada Gambar 3.1 berikut ini.



Gambar 3.1 Analisis Granulometrik (Saringan) dari Butiran



Dengan menggunakan gambar 3.1 didapat :

$$\text{Pasir} = 42 \%$$

$$\text{Kerikil halus (5 mm - 10 mm)} = 6,9 \%$$

$$\text{Kerikil kasar (10mm - 20 mm)} = 51,1 \%$$

3. Menentukan Komposisi Campuran

Koefisien kekompakan untuk beton plastis dengan pemadatan kuat atau beton kental dengan pemadatan normal $\gamma = 0,825$, berhubung jumlah semen $C \neq 350$

kg/m^3 beton, maka harus dikoreksi dengan harga :

$$(C - 350) / 5000 = (315 - 350) / 5000 = -0,007$$

$$\text{maka harga } \gamma \text{ sekarang} = 0,825 - 0,007 = 0,818$$

gabungan pasir alam dan batu pecah dikoreksi dengan $k = 0,010$

$$\text{maka } \gamma = 0,818 - 0,010 = 0,808$$

$$\text{Volume absolut semen} = 315 / 3,1 = 101,6 \text{ liter}$$

$$\text{Volume absolut (pasir + kerikil)} = 808 - 101,6 = 706,4 \text{ liter}$$

$$\text{Volume absolut pasir} = 42 \% \times 706,4 = 296,69 \text{ liter}$$

$$\text{Volume absolut kerikil halus (5 mm - 10 mm)} = 6,9 \% \times 706,4 = 48,74 \text{ liter}$$

$$\text{Volume absolut kerikil kasar (10 mm - 20 mm)} = 51,1 \% \times 706,4 = 360,97 \text{ liter}$$

4. Menentukan Komposisi Beton dalam berat

$$\text{Semen} = 315 \text{ kg/ m}^3$$

$$\text{Air} = 315 / 1,8 = 175 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Pasir} = 296,69 \times 2,747 = 815,01 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Kerikil halus (5 mm - 10 mm)} = 48,74 \times 2,31 = 112,59 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Kerikil kasar (10 mm - 20 mm)} = 360,97 \times 2,31 = 833,84 \text{ kg/m}^3$$

3.4 Radiasi

Radiasi ialah sinar atau partikel pengion yang dihasilkan oleh sumber radiasi. Reaktor nuklir merupakan perangkat nuklir yang mengandung bahan bakar nuklir yang disusun sedemikian sehingga suatu reaksi berantai (nuklir) dapat berlangsung dalam keadaan terkendali. Reaktor harus dapat dikendalikan karena reaktor merupakan sumber panas dan radiasi berenergi tinggi.

Radiasi dapat berupa radiasi partikel bermuatan (proton, elektron, positron), radiasi sinar X dan gamma serta radiasi partikel tak bermuatan (alfa, deuteron, neutron). Radiasi nuklir dapat menimbulkan bahaya radiasi. Bahaya radiasi dapat menimbulkan kontaminasi yang mengakibatkan perubahan pada sifat-sifat fisika, kimia, mekanika, optik suatu materi. Perubahan-perubahan tersebut dapat bersifat merusak akan tetapi dalam beberapa hal dapat bersifat menguntungkan, antara lain dapat memperbaiki kestabilan suhu suatu bahan. Pemahaman terhadap jenis interaksi radiasi dengan materi akan mempermudah dalam mendeteksi radiasi nuklir.

3.5 Interaksi Neutron dengan Materi

Neutron adalah partikel penyusun inti (nukleon) yang tidak bermuatan dan memiliki massa yang hampir sama dengan massa proton. Karena partikel tersebut tidak bermuatan maka selama gerakannya dalam materi tidak terpengaruh oleh medan Coulomb, dan neutron dapat dengan mudah mendekati bahkan masuk ke inti atom. Macam interaksi yang terjadi antara neutron dengan materi tergantung pada tenaga neutron. Menurut tingkat tenaganya neutron dapat diklasifikasikan seperti pada Tabel 3.12. Ada beberapa mekanisme yang terjadi apabila neutron melewati suatu bahan, diantaranya hamburan lenting, hamburan tak lenting, reaksi fisi dan reaksi tangkapan.

Tabel 3.12 Jenis dan Energi Neutron

JENIS NEUTRON	ENERGI
Neutron Termal	$0,025 \text{ eV} < E_n < 0,5 \text{ eV}$
Neutron Epithermal	$0,5 \text{ eV} < E_n < 10 \text{ KeV}$
Neutron Cepat	$10 \text{ KeV} < E_n < 10 \text{ MeV}$
Neutron Relativistik	$E_n > 10 \text{ MeV}$

3.5.1 Hamburan lenting (elastis)

Pada peristiwa ini neutron menumbuk inti dari atom-atom bahan dengan cara yang sama seperti bola kelereng yang bertumbukan satu sama lainnya. Didalam tumbukan tersebut sebagian atau seluruh tenaga gerak neutron berpindah pada inti sasaran. Proses hamburan lenting ini mengakibatkan tenaga neutron setelah proses tumbukan menjadi berkurang. Unsur yang paling efektif untuk mengurangi tenaga neutron adalah unsur-unsur ringan yang massa intinya mendekati massa neutron,

karena dapat menyerap sebagian tenaga neutron setiap kali terjadi tumbukan. Contoh bahan tersebut misalnya air, paraffin dan beton yang sering digunakan sebagai perisai radiasi.

3.5.2 Hamburan tak lenting (tak elastis)

Dalam proses ini neutron memberikan sebagian tenaganya pada bahan yang ditembusnya dengan mengeksitasi inti sasaran. Yang membedakan antara hamburan elastis dengan hamburan tak elastis adalah pada hamburan elastis walaupun inti mendapat tenaga tambahan dari neutron tapi inti atom tidak tereksitasi. Sedangkan pada hamburan tak elastis inti atom yang menerima sebagian tenaga kinetik dari neutron menjadi tereksitasi. Inti atom yang tereksitasi tidak stabil dan akan kembali ke tingkat dasar dengan memancarkan radiasi- γ . Hamburan tak lenting ini hanya mungkin terjadi untuk neutron bertenaga tinggi (neutron cepat).

3.5.3 Reaksi tangkapan

Reaksi tangkapan terjadi apabila neutron bereaksi memberikan seluruh tenaganya sehingga neutron diserap oleh inti atom. Inti akan mengalami "transmutasi" inti dalam bentuk: inti baru dengan nomor atom dan nomor massa yang berbeda dengan inti semula. Inti baru tidak stabil sehingga mengakibatkan terpancarnya radiasi seperti sinar gamma, proton, deuteron, alfa atau radiasi lainnya. Reaksi tangkapan banyak terjadi pada neutron termal.

3.5.4 Reaksi fisi

Reaksi fisi merupakan reaksi antara neutron dengan inti berat (Uranium, Thorium, Plutonium) dan menghasilkan dua buah nuklida yang mempunyai massa yang hampir sama dan disertai dengan pancaran 2-3 neutron bertenaga tinggi.

Beton sebagai salah satu perisai radiasi neutron pada saat dilalui neutron akan mengalami hamburan lenting yaitu menyerap sebagian besar tenaga neutron setiap kali terjadi tumbukan seperti yang telah dijelaskan di atas. Semakin tinggi kerapatan dan kemampatan beton, maka kemampuan menyerap radiasi akan semakin baik. Oleh karena itu penggunaan beton serpentinit dengan campuran beton menggunakan metode "DREUX" yang memerlukan agregat kasar lebih banyak akan menghasilkan beton dengan kerapatan dan kemampatan tinggi, sehingga dapat menyerap radiasi neutron lebih besar.

3.6 Neutron

Dalam penelitian ini digunakan radiasi neutron sebagai bahan penelitian, karena neutron mempunyai daya tembus yang cukup besar, dan tidak bermuatan listrik. Artinya bila telah merencanakan dan menghitung perisai radiasi terhadap neutron, berarti perisai tersebut mampu menahan partikel-partikel lainnya seperti α , β dan γ .

Dalam penelitian ini tidak digunakan neutron selektor sehingga neutron yang menumbuk dinding detektor merupakan detektor neutron termal dan neutron cepat

Untuk memisahkan neutron termal dan neutron cepat digunakan sebuah tabung Cadmium (Cd) sebagai pengganti neutron selektor.

Apabila dalam keadaan telanjang detektor mencacah neutron sebesar I_B dan dalam keadaan dihalangi oleh tabung cadmium mencacah neutron sebesar I_{CD} , maka selisih antara I_B dan I_{CD} merupakan cacah neutron termal dalam berkas neutron yang tercacah oleh detektor.

3.7 Tampang Lintang Reaksi Neutron

Interaksi yang terjadi antara gelombang elektromagnetik dengan suatu materi dapat diukur dengan suatu parameter yang sering disebut tampang lintang. Ada beberapa tampang lintang, antara lain : tampang lintang serapan, tampang lintang reaksi, tampang lintang makroskopis, tampang lintang diferensial hamburan dan lain-lain. Pengukuran tampang lintang total serapan neutron suatu bahan dilakukan dengan meletakkan bahan tersebut yang tebalnya X , didalam berkas neutron dan di belakang bahan tersebut diletakkan detektor. Diasumsikan bahwa ketika berkas neutron melewati bahan, detektor hanya mencacah berkas yang tidak mengalami interaksi. Atau dengan kata lain, neutron yang mengalami interaksi pada bahan hilang dari berkas neutron yang sampai ke detektor. Agar kondisi ini terpenuhi, detektor harus dibuat sekecil mungkin.

Ketika berkas neutron yang intensitasnya I_0 melalui bahan dengan ketebalan dX , terjadi pengurangan intensitas berkas neutron sebesar I_t . Persamaan matematik

untuk mengetahuiampang lintang serapan neutron total makroskopisnya adalah sebagai berikut :

$$I_t = N \sigma_t I_0 dX \quad (3.1)$$

$$I_t = \Sigma_t I_0 dX$$

dengan : N = jumlah pencacahan yang dilakukan,

σ_t = jumlah selisih kuadrat dari intensitas yang ditinjau dengan intensitas rata-rata dibagi jumlah pencacahan yang dilakukan.

Dengan integrasi, persamaan di atas menjadi :

$$I_t = I_0 e^{-\Sigma_t X} \quad (3.2)$$

dengan Σ_t adalah tampang lintang serapan neutron total makroskopis bahan. Nilai Σ_t ini bisa dicari dengan menerapkan aturan logaritma pada persamaan di atas, yakni :

$$\Sigma_t = (1/X) \ln (I_0/I_t) \quad (3.3)$$

Pengurangan tenaga neutron pada saat melewati bahan terjadi karena adanya proses hamburan lenting, hamburan tak lenting, dan serapan. Neutron termal dan neutron-neutron yang mempunyai tenaga mendekati tenaga termal mempunyai tampang lintang serapan yang besar, sehingga akan relatif lebih mudah terserap oleh bahan daripada neutron bertenaga tinggi (neutron cepat).

Hamburan tak lenting biasanya menghasilkan penurunan tenaga neutron yang cukup besar, tetapi proses ini hanya mungkin terjadi untuk neutron cepat dengan elemen-elemen berat yang merupakan jenis penghambur yang paling efektif. Tampang lintang hambatannya akan bertambah besar dengan bertambahnya tenaga

neutron dan nomor atom bahan perisai. Hamburan lenting diperlukan untuk menurunkan tenaga neutron ke daerah termal.

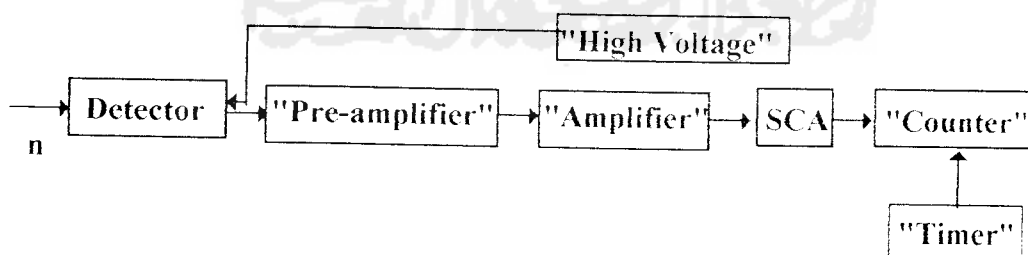
Jadi dalam hal memerisai radiasi neutron proses yang diperlukan adalah sebagai berikut ini.

1. Proses perlambatan neutron cepat dengan hamburan-hamburan tak lenting menggunakan elemen-elemen berat.
2. Proses perlambatan lebih lanjut dengan hamburan-hamburan lenting menggunakan elemen-elemen ringan.
3. Proses serapan neutron menggunakan elemen-elemen berat dan ringan.

Dengan adanya interaksi-interaksi tersebut akan menyebabkan pengurangan intensitas neutron. Perisai radiasi neutron yang baik adalah menggunakan kombinasi antara bahan elemen ringan (seperti hidrogen) dengan bahan elemen berat.

3.8 Deteksi Neutron

Secara skematis deteksi neutron bisa digambarkan sebagai berikut :



Gambar 3.2 Skema rangkaian peralatan deteksi neutron

3.8.1 Detektor

Detektor merupakan peralatan yang mempunyai peranan sangat penting dalam eksperimen-eksperimen nuklir, termasuk eksperimen pengukuranampang lintang reaksi neutron maupun atenuasi neutron. Detektor yang digunakan dalam hal ini adalah detektor jenis BF_3 .

Pada penelitian ini tidak digunakan selektor neutron sehingga neutron yang tertangkap detektor tidak hanya neutron termal, melainkan juga neutron cepat dan epitermal. Untuk memisahkan neutron termal dan neutron cepat, digunakan sebuah pelat kadmium (Cd) tipis sebagai pengganti selektor neutron. Dengan adanya pelat kadmium ini neutron termal akan tertangkap sedangkan neutron cepat atau epitermal akan diteruskan.

3.8.2 Penguat Awal ("Preampfier")

Seperti terlihat pada gambar 3.5, pulsa yang terbentuk di dalam detektor disalurkan ke penguat awal. Penguat awal ini berfungsi untuk :

1. melakukan amplifikasi awal terhadap pulsa yang keluar dari detektor,
2. melakukan pembentukan pulsa pendahuluan,
3. mencocokkan keluaran detektor dengan kabel sinyal masuk ke penguat,
4. mengadakan pengubahan muatan menjadi tegangan pada pulsa keluaran detektor,
5. menurunkan "derau".

3.8.3 Penguat ("Amplifier")

Pulsa muatan dari detektor yang telah diubah menjadi pulsa tegangan pada penguat awal disalurkan ke penguat. Biasanya penguat yang dipakai adalah penguat yang peka tegangan atau penguat linier. Di dalam penguat pulsa diperkuat sedemikian sehingga dapat dianalisis oleh penganalisis tinggi pulsa. Penguatan di dalam penguat dinyatakan dengan "gain". Penguatan yang besar diatur oleh tombol "coarse gain", sedangkan yang kecil dan kontinu diatur oleh tombol "fine gain". Selain melakukan penguatan pulsa dari penguat awal, fungsi lain dari penguat adalah untuk memberi bentuk pulsa.

3.8.4 Sumber tegangan

Sumber tegangan dalam lingkup elektronik nuklir dibagi menjadi dua bagian, yaitu sumber tegangan yang diperlukan untuk alat-alat elektronik dan sumber tegangan untuk detektor. Sumber tegangan untuk alat-alat elektronik biasa disebut "power supply", sedangkan sumber tegangan untuk detektor biasa disebut sumber tegangan tinggi ("high voltage bias supply").

Ketentuan standar Nuclear Instrument Module (NIM) untuk "power supply" adalah tegangan +6 volt, -6 volt, +12 volt, -12 volt, +24 volt, dan -24 volt. Sedangkan untuk sumber tegangan tinggi adalah sumber tegangan yang dapat diatur dengan menyesuaikan tegangan kerja detektor yang digunakan.

3.8.5 Penganalisis Saluran Tunggal (SCA)

Fungsi dari penganalisis saluran tunggal adalah untuk memisahkan pulsa hasil pencacahan dengan pulsa yang berasal dari derau. Penganalisis ini mempunyai satu saluran ("channel") pencacah yang dibatasi oleh ambang ("threshold") dan celah ("window") yang lebarnya bisa diatur. Pulsa-pulsa yang tingginya lebih besar dari harga ambang dan lebih rendah dari batas atas "window", akan diteruskan ke alat cacah ("counter"). Sedangkan pulsa yang lebih rendah dari harga ambang atau lebih tinggi dari batas atas "window" tidak diteruskan. Dengan mengatur lebar "window", pulsa yang ingin dicacah bisa dibedakan dari pulsa "derau" atau pulsa gangguan lain.

3.8.6 Pencacah ("Counter") dan Pengala ("Timer")

"Counter" dan "timer" biasanya dalam bentuk gabungan. Fungsi alat ini adalah untuk menghitung semua pulsa dari penganalisis saluran tunggal dalam jangka waktu yang telah ditentukan dengan pengala. Dengan alat inilah cacah neutron masuk ke detektor dapat diketahui.