BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

ISLAM

2.1 Beton

Beton sangat banyak dipakai secara luas sebagai bahan bangunan. Bahan tersebut diperoleh dengan cara mencampurkan semen portland, air dan agregat (kadang-kadang dengan bahan tambah yang sangat bervariasi, mulai dari bahan kimia tambahan, serat hingga bahan buangan non kimia) dengan perbandingan tertentu. Campuran tersebut bila dituang dalam cetakan kemudian dibiarkan, maka akan mengeras seperti batuan. Pengerasan ini terjadi karena peristiwa reaksi kimia antara air dan semen. Reaksi kimia ini terjadi pada waktu yang panjang yang berakibat campuran tersebut bertambah keras sesuai dengan umurnya. Beton yang sudah mengeras dapat dianggap sebagai batu tiruan, dengan rongga-rongga antara butiran yang besar (agregat kasar, kerikil atau batu pecah) diisi oleh butiran yang lebih kecil (agregat halus, pasir) dan pori-pori antar agregat halus ini diisi oleh semen dan air (pasta semen).

Campuran air dan semen dalam adukan beton disebut pasta semen. Selain mengisi pori-pori antara agregat halus, pasta semen juga bersifat sebagai perekat atau pengikat dalam proses pengerasan, sehingga butiran agregat saling terikat dengan kuat. Dengan terikatnya butiran agregat, maka terbentuklah suatu massa yang kompak dan padat. Beton terdiri atas material-material penyusun, yaitu semen, agregat dan air.

2.1.1 Semen

Semen adalah suatu jenis bahan yang memiliki sifat adesif dan kohesif yang memungkinkan melekatnya fragmen-fragmen mineral menjadi suatu massa yang padat. Meskipun definisi ini ditetapkan untuk banyak jenis bahan, semen yang dimaksudkan untuk konstruksi beton bertulang adalah bahan jadi yang mengeras dengan adanya air (hydration) dan dinamakan semen hidrolis.

Semen semacam ini terdiri dari silikat dan lime yang terbuat dari batu kapur dan tanah liat (batu tulis) yang digiling halus, dicampur dan dibakar didalam pembakaran kapur (kiln), kemudian dihancurkan menjadi tepung.

Semen hidrolik yang biasa dipakai untuk beton bertulang dinamakan semen portland, karena setelah mengeras mirip dengan batu portland yang ditemukan di dekat Dorset, Inggris. Nama ini diawali dengan sebuah hak paten yang diperoleh oleh Joseph Aspdin dari Leeds. Inggris pada tahun 1824.

Beton yang dibuat dengan semen portland umumnya membutuhkan sekitar 14 hari untuk mencapai kekuatan yang cukup agar acuan dapat dibongkar dan beban-beban mati serta konstruksi dapat dipikul. Kekuatan ren-

cana beton yang demikian dalam waktu sekitar 28 hari. Semen portland biasa diidentifikasikan oleh ASTM C150 (8) sebagai type I. Type lain dari semen portland berikut penggunaannya dicantumkan dalam tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Jenis-jenis Semen Portland

JENIS	PENGGUNAAN	
I	Konstruksi biasa, dimana sifat yang khusus tidak diperlukan	
II	Konstruksi biasa, dimana diinginkan perlawanan terhadap sulfur atau panas dari hidrasi	
III	lika diinginkan kekuatan permulaan yang tinggi	
IV	Jika diinginkan panas yang rendah dari hidrasi	
V	Jika diinginkan daya tahan yang tinggi terhadap sulfat	

Sumber: Desain Beton Bertulang, 1993

Campuran semen hidrolis (ASTM C595) terdiri atas beberapa kategori, misalnya semen bara portland yang dikeringkan dalam dapur api, semen portland pozzolan, semen bara dan semen portland yang dimodifisir dengan bara.

Semen portland bara yang dikeringkan dalam dapur api mempunyai panas hidrasi yang lebih rendah dibandingkan dengan semen biasa dari type I dan digunakan untuk konstruksi beton masif seperti bendungan, karena daya lawannya yang tinggi terhadap sulfat, maka lazim digunakan untuk konstruksi didalam air.

Semen portland-pozzolan adalah campuran dari semen type I biasa dengan pozzolan. Semen campuran dengan pozzolan ini memperoleh kekuatan lebih lambat dibandingkan dengan semen tanpa pozzolan dan mengeluarkan

suhu yang lebih rendah sewaktu hidrasi. Semen jenis ini dipakai secara luas untuk konstruksi semen yang masif²⁾.

Fungsi semen adalah untuk melekatkan butir-butir agar terjadi suatu massa yang kompak dan padat. Selain itu juga untuk mengisi rongga-rongga di antara butir agregat. Semen mengisi kira-kira 10 % dari volume beton³⁾. Apabila dicampur dengan air dan membentuk adukan yang halus, bahan tersebut lambat laun akan mengeras dan menjadi padat. Proses tersebut dikenal sebagai proses pemadatan dan pengerasan. Semen dikatakan telah memadat apabila telah mencapai kekuatan yang cukup untuk memikul suatu tekanan tertentu yang diberikan. Proses akan terus berlanjut dalam jangka yang cukup lama hingga mengeras, yaitu untuk mendapatkan kekuatan yang lebih besar. Air didalam adukan melarutkan material pada permukaan butir-butir semen dan membentuk suatu koloida yang secara berangsur-angsur bertambah volume dan kekuatannya. Proses ini mengakibatkan terjadinya suatu proses pengakuan yang cepat dari adukan, yaitu sekitar 2 hingga 4 jam setelah air bercampur dengan semen. Proses hidrasi akan berlangsung lebih dalam ke dalam butir-butir semen dengan kecepatan makin lama makin berkurang sesuai dengan berlangsungnya suatu proses pengakuan dan pengerasan dari massa tersebut.

^{2.} Wang, Chu-Kia, Salmon, Charles. G, 1993, DESAIN BETON BERTULANG, Edisi Keempat Jilid I, Penerbit Erlangga.

^{3.} Kardiono Tjokrodimulyo, 1992 TEKNOLOGI BETON, Pusat Antar Universitas (PAU) UGM, Yogyakarta.

Pada beton biasa, semen mungkin tidak pernah mengalami proses hidrasi secara lengkap. Struktur koloida dari adukan yang mengeras tampaknya merupakan alasan utama terjadinya perubahan volume pada beton yang disebabkan oleh variasi kelembaban yang ada, seperti terjadinya penyusutan pada beton sewaktu mengering.

Agar terjadi proses hidrasi secara lengkap pada sejumlah semen, H. Rusch menyatakan bahwa secara kimiawi diperlukan jumlah air yang beratnya kurang lebih 25 % dari jumlah semen. Diperlukan suatu tambahan air sebanyak 10 % - 15 % untuk memungkinkan gerak air dalam adukan semen selama berlangsungnya proses hidrasi, sehingga air tersebut bisa tercampur merata dengan partikel-partikel semen. Hal tersebut menyebabkan perbandingan berat minimum air terhadap semen adalah 0,35-0,45. Kekuatan adukan yang telah mengeras akan berkurang dan berbanding terbalik dengan volume total yang diisi oleh pori-pori. Dengan kata lain dapat dinyatakan bahwa kekuatan akan bertambah dan berbanding lurus dengan bagian volume yang padat, karena bagian padat beton akan memikul tegangan dan bukan bagian berongga. Hal ini yang menyebabkan kekuatan ditentukan oleh pengaturan perbandingan antara semen, agregat kasar, agregat halus dan berbagai jenis campuran.

2.1.2 Agregat

Agregat adalah bahan campuran beton yang akan saling diikat oleh semen. Dalam struktur beton biasa, agregat menempati kurang lebih 70-75 % dari volume massa yang telah mengeras. Agregat pada umumnya diklasifikasikan sebagai agregat halus dan agregat kasar.

Agregat halus adalah pasir alam, yaitu hasil disintegrasi alami batuan atau pasir yang dihasilkan oleh mesin pemecah batu, dengan ukuran terbesar 5,0 mm. Pasir alam dapat digolongkan menjadi 3 macam, yaitu :

1. Pasir Galian

Pasir ini diperoleh langsung dari permukaan tanah atau dengan ca-ra penggalian. Pasir jenis ini biasanya berbentuk tajam, berpori, bersudut dan bebas dari kandungan garam. Biasanya harus dicuci terlebih dahulu untuk membersihkan dari kotoran tanah.

2. Pasir Sungai

Pasir ini diperoleh langsung dari dasar sungai. Umumnya berbutir halus dan berbentuk bulat akibat proses gesekan. Daya ikat antar butir agak kurang karena bentuk butiran yang bulat.

3. Pasir Laut

Pasir laut adalah pasir yang diambil dari pantai, butirannya halus dan bulat karena gesekan. Pasir jenis ini merupakan pasir jelek karena

mengandung garam-garaman. Garam ini menyerap kandungan air dari udara dan mengakibatkan pasir akan selalu agak basah dan akan menyebabkan pengembangan. oleh sebab itu pasir jenis ini sebaiknya tidak dipergunakan.

Agregat kasar dapat berupa kerikil sebagai hasil disintegrasi alam atau berasal dari mesin pemecah batu, dengan ukuran 5-40 mm⁴). Berdasarkan berat jenisnya, agregat kasar dibedakan atas tiga golongan, yaitu agregat normal, berat dan ringan.

1. Agregat Normal

Agregat normal ialah agregat dengan berat jenisnya antara 2,5-2,7 gr/cm³. Agregat ini biasanya berasal dari agregat basalt, granit, kwarsa dan sebagainya. Beton yang dihasilkan oleh agregat ini mempunyai berat jenis sekitar 2,3 gr/cm³.

2. Agregat Berat

Agregat berat adalah agregat dengan berat jenis lebih dari 2,8 gr/cm³. Agregat jenis ini misalnya adalah serbuk besi, barit dan limonit. Beton yang dihasilkan oleh agregat ini mempunyai berat jenis hingga sampai 5 gr/cm³, biasa dipergunakan sebagai dinding penahan radiasi sinar X.

^{4.} Gideon Kusuma, 1993, PEDOMAN PENGERJAAN BETON BERDASARKAN SKSNI T-15-1991-03, Penerbit Erlangga.

3. Agregat Ringan

Agregat ringan ialah agregat dengan berat jenisnya kurang dari 2,0 gr/cm³. Biasa dipakai untuk beton non struktur, namun dapat juga untuk beton struktural atau blok dinding tembok. Agregat ringan umumnya mempunyai daya serap air tinggi. sehingga mempercepat pengerasan adukan beton. Kebaikan beton dengan agregat ringan adalah menghasilkan struktur ringan, sehingga dapat mempergunakan pondasi yang kecil. Beton ringan selain berbobot rendah juga tahan api dan dapat dipergunakan sebagai bahan isolasi panas yang baik.

Gradasi yang baik adalah hal yang penting pada penggunaan agregat kasar. Bila agregat bergradasi sama atau seragam, maka volume pori akan besar dan sebaliknya jika gradasi bervariasi, maka volume pori akan kecil. Hal ini diakibatkan karena butiran yang kecil akan mengisi pori antara butiran yang lebih besar, sehingga pori menjadi sedikit dan kemampatannya tinggi. Kemampatan yang tinggi diperlukan untuk pembuatan mortar dan beton, karena berarti hanya memerlukan bahan ikat yang relatip lebih sedikit.

Agregat untuk bahan bangunan sebaiknya memenuhi persyaratan sebagai berikut :

- 1. Butir-butirnya tajam, kuat dan bersudut. Ukuran kekuatan agregat dilakukan dengan pengujian ketahanan aus (abration test) dengan menggunakan mesin uji Los Angeles atau bejana Rudellof. Syarat maksimum bagian hancur lolos saringan 1,7 mm adalah 50 %.
- 2. Tidak mengandung tanah atau kotoran lain yang lewat ayakan 0,075 mm. Pada agregat halus, jumlah kandungan kotoran tidak boleh lebih dari 5%. Pada agregat kasar, kandungan kotoran dibatasi hingga 1 %. Jika kandungan kotoran melebihi batas maksimum, harus dilakukan proses pencucian terlebih dahulu.
- 3. Tidak mengandung garam yang menghisap air dari udara.
- 4. Tidak mengandung zat organik.
- 5. Mempunyai variasi besar butir (gradasi) yang baik, sehingga rongganya sedikit. Modulus halus butir (MHB) pasir berkisar antara 1,5 3,8 sehingga hanya memerlukan sedikit pasta semen.
- 6. Bersifat kekal, tidak hancur karena pengaruh cuaca.
- 7. Untuk beton dengan tingkat keawetan tinggi, agregat harus mempunyai tingkat keawetan reaktif yang negatif terhadap alkali.
- 8. Untuk agregat kasar, tidak boleh mengandung butiran-butiran yang pipih dan panjang.

2.1.3 Air

Air merupakan bahan dasar pembuatan beton yang penting dan harganya paling murah. Air diperlukan untuk reaksi dengan semen, serta berfungsi sebagai pelumas antara butir-butir agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan. Untuk bereaksi dengan semen, diperlukan air sekitar 30 % dari berat semen. Namun dalam kenyataan, nilai faktor air semen (fas) yang dipakai sulit kurang dari 0,35. Kelebihan air tersebut dipergunakan untuk pelumas, namun tambahan air sebagai pelumas tersebut tidak boleh terlalu banyak karena akan menyebabkan kekuatan beton menjadi rendah dan beton porous. Kelebihan air akan menyebabkan air dan semen bersama-sama naik ke permukaan adukan beton segar yang baru saja dituang (bleeding) yang akan menjadi buih dan merupakan suatu lapisan tipis yang dikenal sebagai selaput tipis (laitance). Selaput tipis tersebut akan mengurangi lekatan antara lapis-lapis beton dan merupakan bidang sambungan yang lemah.

Air yang memenuhi persyaratan sebagai campuran beton adalah air minum, namun tidak berarti air pencampur beton harus memenuhi standar persyaratan air minum. Secara umum air yang dipakai sebagai bahan pencampur beton adalah air yang jika dipakai akan menghasilkan beton dengan kekuatan lebih dari 90 % kekuatan beton yang mempergunakan air suling. Kekuatan beton dan daya tahannya akan berkurang jika mempergunakan air yang me-

ngandung kotoran, sehingga berpengaruh pada lama waktu ikatan awal adukan serta kekuatan setelah mengeras. Pemakaian air untuk beton sebaiknya memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- Tidak mengandung lumpur atau benda melayang lainnya lebih dari 2 gram/liter.
- Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter.
- 3. Tidak mengandung chlorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter.
- 4. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

Air yang dipakai untuk perawatan sebaiknya adalah air yang dipakai untuk pengadukan, namun tidak boleh yang dapat menimbulkan noda atau endapan yang dapat merusak warna permukaan, sehingga tidak sedap dipandang. Besi dan zat organik dalam air umumnya adalah penyebab utama pengotoran dan perubahan warna, terutama jika dipergunakan peralatan yang cukup lama.

2.2 Limbah Terak Tanur Tinggi

Limbah terak tanur tinggi (slag) yang dipergunakan berasal dari PT.

Purna Baja Heckett dan Chemical Laboratory Superintendent PT. Krakatau Steel
di Cilegon Jawa Barat. Data density rata-rata dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.2 Data Density Terak

UKURAN (mm)	BERAT ISI (kg/dm³)	
0 - 10	1,90	
10 - 35	1,95	
35 - 70	1,87	
70 - 280	1,84	

Sumber: Data Primer PT. Krakatau Steel, Agustus 1996

Sedangkan hasil analisis kimia terak yang dipergunakan sebagai pengganti agregat selengkapnya dapat dilihat pada lampiran C-9.

Dalam penelitian ini dipergunakan terak dalam bentuk agregat halus dengan ukuran rata-rata 0,15 mm - 4 mm (lolos saringan 4,75 mm) dan agregat kasar dengan ukuran rata-rata adalah yang lolos saringan 20 mm. Dengan pemakaian terak ini diharapkan akan menaikkan kuat tekan beton jika dibandingkan beton dengan agregat split.

2.3 Kuat Tekan Beton

Beton yang baik adalah beton yang mempunyai kuat tekan tinggi, kuat lekat tinggi, rapat air, susut kecil, tahan aus, tahan terhadap pengaruh cuaca serta tahan terhadap zat-zat kimia yang akan merusak mutu beton. Apabila kuat tekan beton tinggi, maka sifat-sifat lainnya cenderung baik. Peninjauan secara kasar biasanya hanya ditujukan pada kuat tekan saja.

Kuat tekan beton dipengaruhi oleh sejumlah faktor. Selain perbandingan air semen dan tingkat pemadatannya, faktor-faktor lain yang berpengaruh adalah sebagai berikut ini :

1. Jenis semen dan kualitasnya.

Jenis semen dan kualitasnya sangat mempengaruhi kekuatan rata-ra-ta dan kuat batas beton.

2. Jenis dan bentuk permukaan agregat.

Penggunaan agregat kasar dengan permukaan kasar pada kenyataannya akan menghasilkan beton dengan kuat desak yang lebih be-sar daripada agregat kasar dengan permukaan halus.

3. Efisiensi perawatan (curing).

Pengeringan yang dilakukan sebelum waktunya akan dapat menghilangkan kekuatan beton hingga sekitar 40 %.

4. Faktor umur.

Kekuatan beton pada keadaan normal akan bertambah sesuai dengan umurnya. Pengerasan beton berlangsung terus secara lambat sampai beberapa tahun.

5. Mutu agregat.

Pada umumnya, kekuatan dan ketahanan terhadap aus (abrasi) agregat kasar sangat berpengaruh besar terhadap kuat tekan beton, disamping faktor lainnya.

2.4 Radiasi

Radiasi adalah Sinar yang dihasilkan oleh sumber radiasi misalnya nuklir. Reaktor nuklir adalah suatu pesawat yang mengandung bahan nuklir yang dapat membelah, yang disusun sedemikian sehingga suatu reaksi berantai dapat berjalan dalam keadaan dan kondisi terkendali⁵). Diharapkan terkendali karena reaktor tersebut merupakan sumber panas dan radiasi berenergi tinggi.

Radiasi yang terjadi dapat berupa radiasi partikel bermuatan (alfa, deuteron, proton dan meson), radiasi sinar X dan gamma, radiasi elektron dan positron serta radiasi neutron.

Radiasi dan zat radioaktif mengandung bahaya luar dan dalam. Bahaya luar diakibatkan oleh pemaparan luar ("eksternal exposure") sedang bahaya dalam diakibatkan oleh pemaparan dari dalam ("internal exposure"). Bahaya radiasi yang terjadi akan menimbulkan perubahan pada sifat-sifat fisika, kimia dan mekanika bahan dari suatu materi. Perubahan tersebut dapat memperburuk sifat berbagai komponen, akan tetapi dalam beberapa hal dapat memperbaiki kestabilan suhu suatu zat.

Pemahaman terhadap interaksi jenis-jenis radiasi dengan materi akan mempermudah dalam mendeteksi radiasi nuklir.

^{5.} Muhammad Ridwan, 1978, Pengantar ILMU PENGETAHUAN DAN TEKNOLOGI NUKLIR, Badan Tenaga Atom Nasional, Jakarta

2.5 Interaksi Radiasi Neutron dengan Materi

Neutron adalah partikel penyusun inti (nukleon) yang tak bermuatan dan memiliki massa yang hampir sama dengan massa proton. Oleh karena partikel tersebut tidak bermuatan maka dalam gerakannya tidak terpengaruh oleh medan coulumb, dan dapat dikatakan bahwa neutron bebas mendekati bahkan masuk ke inti atom atau menembusnya.

Macam interaksi yang terjadi antara neutron dengan materi tergantung dari besar kecilnya tenaga neutron.

Menurut tingkat tenaganya neutron dapat diklasifikasikan seperti yang tercantum pada tabel 2.3.

Tabel 2.3 Jenis dan Energi Neutron

JENIS NEUTRON	ENERGI
Neutron thermal	0,025 eV < En < 0,5 eV
Neutron Epithermal	0,5 eV < En < 10 eV
Neutron Cepat	10 Kev < En < 10 MeV
Neutron Relativistik	En > 10 MeV

Sumber: Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir, 1978

Ada beberapa mekanisme yang terjadi apabila neutron melewati suatu bahan diantaranya hamburan lenting, hamburan tak lenting, reaksi fisi dan reaksi tangkapan.

2.5.1 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. Di dalam tumbukan tersebut neutron kehilangan sebagian tenaganya yang berpindah pada inti sasaran. Seluruh tenaga pindah ini menjadi tenaga kinetik inti sasaran dan walaupun inti mendapat tenaga dari luar, tetapi tambahan tersebut tidak mampu membuat inti tereksitasi. Proses hamburan lenting ini mengakibatkan tenaga neutron setelah proses tumbukan menjadi berkurang. Unsur yang paling baik untuk merendahkan tenaga neutron adalah unsur-unsur ringan yang massa intinya mendekati massa neutron. Karena material ini dapat menyerap sebagian besar tenaga neutron setiap kali terjadi tumbukan. Bahan dengan inti demikian itu misalnya: air, parafin, dan beton, sering digunakan sebagai penahan radiasi.

2.5.2 Hamburan tak lenting (tak elastis)

Dalam proses ini neutron memberikan sebagian tenaganya pada bahan yang ditembusnya dengan mengeksitasi inti sasaran⁶). Yang membedakan antara hamburan elastis dengan hamburan tak elastis adalah pada hamburan elastis meskipun inti mendapat tenaga tambahandari neutron tapi inti atom tidak tereksitasi, sedangkan pada hamburan tak elastis inti atom yang menerima

^{6.} Kumpulan Proteksi Radiasi Tingkat Teknisi, PUSDIKLAT BATAN

sebagian tenaga kinetik dari neutron menjadi tereksitasi dan akan kembali ke tingkat dasar dengan memancarkan radiasi-γ. Hamburan tak lenting ini hanya mungkin terjadi untuk neutron bertenaga tinggi (neutron cepat).

2.5.3 Reaksi tangkapan

Reaksi tangkapan adalah reaksi dimana neutron 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 dan mengakibatkan terpancarnya radiasi lain seperti sinar gamma. proton, deuteron, alpha atau radiasi lainnya. Radiasi gamma merupakan faktor yang amat menentukan dalam pembuatan perisai, oleh karena itu perlu unsur dengan bilangan atom yang tinggi dalam perisai untuk menahan pancarann radiasi gamma tersebut.

Salah satu contoh reaksi tangkapan neutron adalah : 10 B(n. α) 7 Li.

2.5.4 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.

Nuklida yang dihasilkan dari reaksi fisi dinamakan petilan fisi. Petilan fisi ini mempunyai tenaga kinetik yang sangat tinggi dan merupakan bagian terbesar dari seluruh tenaga yang dilepas pada proses reaksi fisi.

2.6 Tampang Lintang Neutron

Untuk neutron dengan tenaga tunggal, kemungkinan jenis mekanisme interaksinya adalah konstan. Pengukuran tampang lintang total serapan neutron suatu bahan dilakukan dengan meletakkan bahan tersebut yang tebalnya X, di dalam berkas neutron arah tunggal, dan dibelakang 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 di buat sekecil mungkin.

Ketika berkas neutron yang intensitasnya Io melalui bahan dengan ketebalan dX, terjadi pengurangan intensitas berkas neutron sebesar dI. Persamaan matematisnya adalah sebagai berikut:

$$dI = N \sigma_t I(X) dX$$

$$= \sum_t I(X) dX \qquad (2.1)$$

Dengan integrasi, persamaan diatas menjadi :

$$I(X) = Io e^{-\sum t X}$$
(2.2)

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

ISLAM

$$\sum_{i} = (1/X) \ln (Io/I)$$
(2.3)

2.7 Atenuasi Neutron

Pengurangan tenaga neutron pada saat melewati bahan terjadi karena adanya proses hamburan lenting, hamburan tak lenting dan serapan. Neutron thermal dan neutron-neutron yang mempunyai tenaga mendekati tenaga thermal 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 hamburannya akan bertambah besar dengan bertambahnya tenaga neutron dan nomor atom bahan perisai, atom-atom yang ringan seperti hidrogen tidak dapat menghasilkan hamburan tak lenting, karena

hidrogen tidak memiliki tingkat eksitasi. Hamburan lenting diperlukan untuk menurunkan tenaga neutron ke daerah thermal.

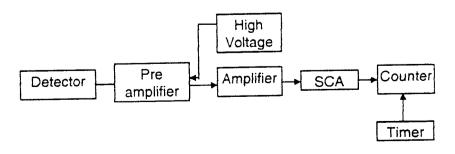
Jadi dalam hal menahan radiasi neutron proses yang diperlukan adalah:

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

Dengan adanya interaksi-interaksi tersebut akan menyebabkan pengurangan intensitas neutron, sehingga apabila memungkinkan maka perisai terhadap radiasi neutron yang baik adalah perisai yang merupakan kombinasi antara bahan dengan atom-atom (seperti hidrogen) dengan elemen-elemen berat.

2.8 Deteksi Neutron

Secara skematis deteksi neutron bisa digambarkan sebagai berikut:

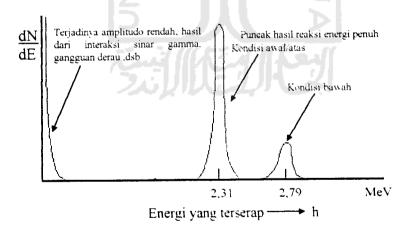


Gambar 2.1 Skema rangkaian peralatan deteksi neutron

2.8.1 Detektor

Detektor merupakan peralatan lain yang mempunyai peranan sangat menentukan dalam eksperimen-eksperimen nuklir, termasuk di dalam pengukuran tampang lintang. Tanpa adanya detektor neutron, tesedianya sumber neutron tidak ada artinya. Detektor yang digunakan dalam penelitian ini adalah detektor jenis BF₃.

Ketika neutron thermal bereaksi dengan BF3 produk yang terjadi adalah 7 Li yang berada pada keadaan dasar atau dalam keadaan tereksitasi dengan disertai pemancaran partikel alfa. Apabila seluruh energi 7 Li dan α hasil reaksi tersebut seluruhnya diserap oleh medium gas detektor, maka spektrum pulsa idealnya menunjukkan dua puncak seperti yang ditunjukkan oleh gambar 2.2. 70

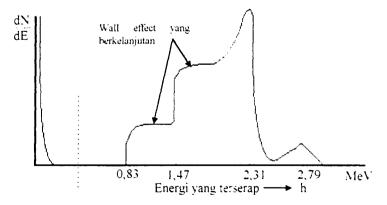


Gambar 2.2 Bentuk pulsa yang diharapkan dari tabung ${\rm BF}_3$ berukuran besar dengan seluruh energi reaksi terserap

Didin Nasiruddin, 1994, RADIOGRAFI GAMMA DAN PENGUKURAN TAMPANG LINTANG TOTAL MAKROSKOPIS NEUTRON BAHAN DENGAN MENGGUNAKAN BEAMPORT REAKTOR KARTINI, Badan Tenaga Atom Nasional, Yogyakarta.

Dalam kenyataannya ternyata tidak didapat gambar seperti itu. Didalam detektor, 7 Li dan α tidak selalu memberikan seluruh energinya kepada gas medium detektor. Ada kalanya 7 Li dan α menumbuk dinding kontainer gas sehingga sebagian energinya diberikan kepadadinding kontainer gas tersebut. Hal ini menjadikan pulsa yang dihasilkan menjadi lebih rendah. Fenomena semacam ini dinamakan *wall-effect*.

Kemungkinan yang bisa terjadi di dalam *wall-effect* ini pertama adalah partikel α menumbuk dinding setelah memberikan sebagian energinya kepada gas pengisi detektor, sedangkan energi yang berasal dari Li seluruhnya diserap oleh gas. Kedua, ⁷Li-lah yang menumbuk dinding setelah memberikan sebagian energinya setelah memberikan sebagian energinya setelah memberikan sebagian energinya ke dalam gas pengisi detektor, dan energi partikel alfa diserap seluruhnya di dalam medium gas. Kedua kemungkinan di dalam *wall-effect* ini menghasilkan spektrum yang terbentuk adalah seperti pada gambar 2.3.89



Gambar 2.3 Spektrum dari tabung BF₃ berukuran besar saat wall effect terjadi

^{8.} Didin Nasiruddin, 1994, RADIOGRAFI GAMMA DAN PENGUKURAN TAMPANG LINTANG TOTAL MAKROSKOPIS NEUTRON BAHAN DENGAN MENGGUNAKAN BEAMPORT REAKTOR KARTINI, Badan Tenaga Atom Nasional, Yogyakarta.

BF3 juga mampu membedakan pulsa-pulsa yang bersasal dari interaksi dengan sinar gamma dengan pulsa-pulsa yang berasal dari interaksi dengan neutron thermal.

2.8.2 Penguat Awal (Preamplifier)

Seperti terlihat pada gambar 2.1, pulsa yang terbentuk di detektor di salurkan ke penguat awal. Penguat awal ini berfungsi untuk:

- 1. Melakukan amplifikasi aawal 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.

2.8.3 Penguat (Amplifier)

Pulsa muatan 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 penguat, pulsa dipertinggi sampai bisa dianalisis oleh penganalisis tinggi pulsa. Penguatan di dalam penguat dinyatakan dengan gain. Penguatan yang besar diatur oleh tombol coarse gain, sedangkan yang kecil dan kontinyu diatur oleh tombol fine gain.

Selain melakukan penguatan pulsa dari penguat mula, fungsi lain dari penguat adalah untuk memberi bentuk pulsa.

2.8.4 Sumber Tegangan

Sumber tegangan dalam ruang lingkup alat elektronik pembantu alat nuklir dibagi dalam dua bagian. Pertama adalah sumber tegangan yang diperlukan untuk alat-alat elektronik dan kedua adalah sumebr tegangan untuk detektor.

Sumber tegangan untuk alat-alat elektronik biasa disebut *power supply* sedangkan sumber tegangan untuk detektor biasa disebut *bigh voltage bias supply* (sumber tegangan tinggi).

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.

2.8.5 Penganalisis Saluran Tunggal (SCA)

Fungsi dari penganalis 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(*treshold*) 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.

2.8.6 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 sebelumnya. Dari alat inilah jumlah cacah neutron masuk ke detektor bisa diketahui.

2.9 Studi Hasil Penelitian

2.9.1 Penelitian Laboratorium Analisis Daya Serap Beton Terhadap Radiasi Sinar Neutron

Pada laporan penelitian laboratorium tentang Analisis Daya Serap Beton terhadap Radiasi Sinar Neutron⁹⁾ yang pernah dilaksanakan, disebutkan bahwa lingkup penelitian yang dipakai antara lain :

 Meninjau dan membandingkan penggunaan barit serta mangan sebagai pengganti agregat kasar dengan split.

^{9.} RA. Yudianingtiyas, 1996, PENELITIAN LABORATORIUM ANALISIS DAYA SERAP BETON TERHADAP RADIASI SINAR NEUTRON, Yogyakarta.

- 2. Metode yang dipakai adalah metode "Road Note No. 4" yang secara teoritis campuran beton direncanakan terlebih dahulu dengan mutu K_{225} .
- 3. Sumber Neutron yang dipakai adalah Pu-Be (Plutonium Berilium) yang diperlambat dengan adanya parafin.

Hasil penelitian yang diperoleh antara lain seperti pada tabel berikut.

Tabel 2.4 Hasil Uji Kuat Tekan Beton

No.	Beton Normal (Kg/cm ²)	Beton Barit (Kg/cm²)	Beton Mangan (Kg/cm ²)
1, <	271,897	262,992	235,081
2.	307,883	279,708	253,989
3.	315,539	288,984	247,307

Tabel 2.5 Laju Cacah Neutron Fungsi Ketebalan Beton (Cacah/Menit)

(C	acan/Menit)		
Tebal	Beton	Beton	Beton
beton	Normal	Barit	Mangan
(Cm)	(Cch/mnt)	(Cch/mnt)	(Cch/mnt)
	18412	18412	18412
6	10710	11080	6729
12	7728	8692	4365
18	6317	6959	3330
24	5252	5939	2841
30	4745	5166	2557
36	4112	4620	2220

Tabel 2.6 Hubungan Nilai Σt (Tampang Lintang Serapan) Neutron dalam satuan cm $^{-1}$ Terhadap Ketebalan Beton

Tebal	Beton	Beton	Beton
beton	Normal	Barit	Mangan
(Cm^{-1})	(Cm ⁻¹)	(Cm ⁻¹)	(Cm ⁻¹)
6	0,0903	0,0846	0,1678
12	0,0723	0,0625	0,1199
18	0,0594	0,0541	0,0950
24	0,0523	0,0471	0,0779
30	0,0452	0,0424	0,0658
36	0.0416	0,0384	0,0588

Kesimpulan peneliti antara lain adalah sebagai berikut :

- Kekuatan desak beton tidak berpengaruh terhadap kemampuan menyerap radiasi Neutron.
- Beton yang mengandung unsur mangan adalah yang paling baik dalam menyerap radiasi neutron.
- 3. Semakin tebal beton maka makin baik kemampuan beton untuk menyerap radiasi neutron.

2.9.2 Penelitian Laboratorium Barit sebagai agregat Kasar untuk Campuran Beton Tahan Radiasi¹⁰⁾

Lingkup penelitian ini antara lain sebagai berikut :

- Metode yang digunakan adalah metode ACI yang berdasarkan perbandingan berat, dengan barit sebagai pengganti agregat kasar dengan split.
- 2. Penelitian hanya meninjau pengujian terhadap kekuatan tekan beton tanpa meninjau sifat beton barit terhadap radiasi sinar neutron.
- 3. Perhitungan campuran beton direncanakan untuk mutu beton dengan kekuatan tekan antara 300 kg/cm² sampai dengan 350 kg/cm².

Hasil penelitian yang diperoleh antara lain adalah mutu kuat tekan beton pada umur 28 hari sekitar 350 kg cm², yang dianggap memenuhi syarat kekuatan tekan bagi beton penahan radiasi.

^{10.} Essy Ariyuni, 1994, Makalah Seminar BARIT SEBAGAI AGREGAT KASAR UNTUK CAMPURAN BETON TAHAN RADIASI, Yogyakarta.