

**TUGAS AKHIR**  
**ANALISIS DAYA SERAP BETON**  
**DENGAN AGREGAT LIMBAH TERAK TANUR**  
**TINGGI TERHADAP RADIASI NEUTRON**



Disusun Oleh :

**TUNIEK ENDAH BARNASSITAH**

No. Mhs. : 90310051  
NIRM : 900051013114120042

**HERMAWAN IRDHIJANTO H.**

No. Mhs. : 91310185  
NIRM : 910051013114120180

**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**  
**YOGYAKARTA**

**1997**

**TUGAS AKHIR**

**ANALISIS DAYA SERAP BETON  
DENGAN AGREGAT LIMBAH TERAK TANUR  
TINGGI TERHADAP RADIASI NEUTRON**

Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia  
untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh  
derajat sarjana Teknik Sipil

Disusun Oleh :

**TUNIEK ENDAH BARNASSITAH**

*No. Mhs* : 90310051

*Nirm* : 900051013114120042

**HERMAWAN IRDHIJANTO H.**

*No. Mhs* : 91310185

*Nirm* : 910051013114120180

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA  
1997**

# LEMBAR PENGESAHAN

## TUGAS AKHIR ANALISIS DAYA SERAP BETON DENGAN AGREGAT LIMBAH TERAK TANUR TINGGI TERHADAP RADIASI NEUTRON

**N a m a** : TUNIEK ENDAH BARNASSITAH  
**No. Mhs** : 90 310 051  
**Nirm** : 900051013114120042

**N a m a** : HERMAWAN IRDHIJANTO H.  
**No. Mhs** : 91 310 185  
**Nirm** : 910051013114120180

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Ir. H. M. Samsudin

Pembimbing I

Ir. Ilman Noor, MsCE

Pembimbing II

  
tanggal : 21-7-97

  
tanggal : 21-7-97

## HALAMAN MOTTO

*“....., hendaklah kamu menjadi orang-orang yang selalu menegakkan (kebenaran) karena Allah, menjadi saksi dengan adil. Dan janganlah sekali-kali kebencianmu terhadap sesuatu kaum, mendorong kamu untuk berlaku tidak adil.”*

(QS. Al Maa-idah (5) : 8)

*“....., Katakanlah: “Adakah sama orang-orang yang mengetahui dengan orang-orang yang tidak mengetahui ?, Sesungguhnya orang yang berakallah yang dapat menerima pelajaran.”*

(QS. Az Zumar (39) : 9)

*“Rasa takut adalah naluri, rasa berani adalah kemenangan. Kemauan membungkam rasa takut dan menyembunyikannya di bawah rasa berani.”*

(Contesse Diane (1829-1899), Berpikir dan Berjiwa Besar)

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

*Kupersembahkan kepada :*  
*Keluarga Besar (almarhum)    Mohammad Bardjo tercinta*

## KATA PENGANTAR



*Assalamu 'alaikum Wr. Wb.*

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan hidayahNya sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.

Tugas Akhir ini merupakan salah satu prasyarat yang harus dipenuhi oleh mahasiswa dalam memperoleh derajat kesarjanaan dalam bidang ilmu Teknik Sipil program Strata I (S-I) pada jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dalam penelitian yang kami sajikan dalam Tugas Akhir ini, kami ba-nyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini kami ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. *Ir. Susastrawan MS*, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil UII yang telah memberikan persetujuan dalam mengadakan penelitian.
2. *Ir. Bambang Sulistiono MSCE*, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
3. *Ir. H. M. Samsudin*, selaku pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
4. *Ir. Ilman Noor MSCE*, selaku pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan dorongan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
5. *Soehadi*, selaku General Manager P.T Krakatau Steel, Cilegon, Jawa Barat, atas bantuan penyediaan bahan dalam penelitian ini.
6. *Ir. Sukarman Aminjoyo*, selaku Kepala Pusat Nuklir Yogyakarta yang telah memberikan kesempatan sehingga kami dapat melaksanakan

penelitian ini.

7. *Ir. Triwulan Tjiptono*, selaku pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
8. *Ir. Tochrul Binowo*, selaku pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan dorongan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
9. *Ayabanda* dan *Ibunda* tercinta yang telah memberikan dukungan moril dan material tak terhingga.
10. *Mas Ivan*, *Mas Ilham*, dan *Adik Inow* tersayang atas pengertian, dukungan, dan spiritnya yang sangat besar dari awal hingga selesainya tugas akhir ini.
11. *Agus Chalid* atas komputernya, *Toto Nurwanto* dan *Iwan A. D.* atas printernya serta teman-teman angkatan 90 dan 91 untuk dorongan dan spiritnya.
12. Rekan-rekan yang tak disebut satu persatu yang telah membantu dalam penyusunan tugas akhir ini.

Kami menyadari bahwa penyusunan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan dan jauh dari sempurna. Kritik dan saran sangat kami harapkan demi kesempurnaan laporan ini.

Akhirnya kami berharap semoga hasil penelitian yang kami sajikan dalam Tugas Akhir ini dapat membawa manfaat bagi pembaca, khususnya bagi diri penyusun.

*Wassalamu 'alaikum Wr. Wb.*

Yogyakarta, Muharram 1418 H  
Juni 1997 M

Penyusun

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGESAHAN .....	ii
HALAMAN MOTTO .....	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiii
NOTASI YANG DIGUNAKAN .....	xiv
INTISARI .....	xv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan dan Batasan Masalah .....	2
1.3. Tujuan Penelitian .....	3
1.4. Manfaat Penelitian .....	3
1.5. Lingkup Penelitian .....	4
1.6. Metode Penelitian .....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	7
2.1. Beton .....	7
2.1.1. Semen .....	8
2.1.2. Agregat .....	12
2.1.3. Air .....	16
2.2. Limbah Terak Tanur Tinggi .....	17
2.3. Kuat Tekan Beton .....	18
2.4. Radiasi .....	20
2.5. Interaksi Radiasi Neutron dengan Materi .....	21
2.5.1. Hamburan Lenting (Elastis) .....	22
2.5.2. Hamburan Tak Lenting (Tak Elastis) .....	22
2.5.3. Reaksi Tangkapan .....	23
2.5.4. Reaksi Fisi .....	23
2.6. Tampang Lintang Neutron .....	24
2.7. Atenuasi Neutron .....	25



2.8. Deteksi Neutron .....	26
2.8.1. Detektor .....	27
2.8.2. Penguat Awal (Preamplifier) .....	29
2.8.3. Penguat (Amplifier) .....	29
2.8.4. Sumber Tegangan .....	30
2.8.5. Penganalisis Saluran Tunggal (SCA) .....	30
2.8.6. Pencacah (Counter) dan Pengala(Timer) .....	31
2.9. Studi Hasil Penelitian .....	31
BAB III PELAKSANAAN PENELITIAN .....	34
3.1. Urutan Kerja .....	34
3.2. Persiapan dan Pemeriksaan Bahan Material .....	35
3.2.1. Persiapan Bahan Material .....	35
3.2.2. Pemeriksaan Material (Agregat) .....	35
3.2.2.1. Pemeriksaan Kadar Lumpur .....	36
3.2.2.2. Pemeriksaan Kandungan Zat Organik Agregat Halus .....	36
3.2.2.3. Pemeriksaan Keausan Agregat Kasar .....	37
3.2.2.4. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat .....	38
3.3. Perhitungan Campuran Beton .....	38
3.4. Pembuatan Benda Uji .....	42
3.5. Perawatan Beton .....	43
3.6. Pengujian Sampel .....	43
3.6.1. Alat yang Digunakan .....	44
3.6.2. Skema Percobaan Radiasi Neutron .....	45
3.6.3. Pelaksanaan aktivasi dan Pencacahan Sampel Tanpa Cadmium (Cd) .....	46
3.6.4. Pelaksanaan aktivasi dan Pencacahan Sampel Menggunakan Cadmium (Cd) .....	46
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....	48
4.1. Hasil Uji Kuat Tekan Beton .....	48
4.1.1. Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Kubus Beton .....	48
4.1.2. Hasil Uji Kuat Tekan Kubus Beton .....	50
4.1.3. Perhitungan Kuat Tekan Beton Karakteristik .....	51
4.2. Hasil Uji Penyerapan Neutron Oleh Beton .....	56
4.2.1. Hasil Uji Penyerapan Neutron Campuran Oleh Beton .....	56

4.2.2. Hasil Uji Penyerapan Neutron Cepat Oleh Beton .....	58
4.2.3. Hasil Uji Penyerapan Neutron Termal Oleh Beton .....	59
4.3. Pembahasan .....	63
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....	68
5.1. Kesimpulan .....	68
5.2. Saran .....	70
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skema Rangkaian Peralatan Deteksi Neutron .....	26
Gambar 2.2 Bentuk Pulsa yang Diharapkan Dari Tabung BF <sub>3</sub> Berukuran Besar dengan Seluruh Energi Reaksi Terserap .....	27
Gambar 2.3 Spektrum yang Diperoleh Dari Tabung BF <sub>3</sub> Berukuran Besar pada Saat Wall Effect Terjadi .....	28
Gambar 3.1 Grafik Empat Gradasi dengan Agregat Maksimum 20 mm .....	41
Gambar 3.2 Skema Penempatan Benda Uji Radiasi Neutron.....	45
Gambar 4.1 Diagram Kuat Tekan Beton Rata-Rata pada fas Tertinggi = 0,60 .....	56
Gambar 4.2 Diagram Kuat Tekan Karakteristik Beton pada fas Tertinggi = 0,60 .....	56
Gambar 4.3 Grafik Penyerapan Neutron Campuran pada Beton .....	62
Gambar 4.4 Grafik Penyerapan Neutron Cepat pada Beton .....	62
Gambar 4.5 Grafik Penyerapan Neutron Termal pada Beton .....	63

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Jenis-jenis Semen Portland .....	9
Tabel 2.2	Data Density Terak .....	18
Tabel 2.3	Jenis dan Energi Neutron .....	21
Tabel 2.4	Hasil Uji Kuat Tekan Beton Normal, Barit dan Mangan .....	32
Tabel 2.5	Laju Cacah Neutron Fungsi Ketebalan Beton .....	32
Tabel 2.6	Hubungan Nilai Tampang Lintang Neutron terhadap Ketebalan Beton .....	32
Tabel 3.1	Hasil Uji Kandungan Lumpur Agregat .....	36
Tabel 3.2	Hasil Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat .....	38
Tabel 3.3	Analisis Saringan Agregat Halus yang Dipakai .....	39
Tabel 3.4	Analisis Saringan Agregat Kasar yang Dipakai .....	40
Tabel 3.5	Kombinasi Agregat .....	41
Tabel 4.1	Beton Terak Umur 28 Hari Berdasarkan Simulasi fas 0,60 yang menghasilkan Kerapatan Beton Segar Tertinggi 3017,4118 kg .....	48
Tabel 4.2	Beton Campuran Umur 28 Hari Berdasarkan Simulasi fas 0,60 yang menghasilkan Kerapatan Beton Segar Tertinggi 2726,6859 kg .....	49
Tabel 4.3	Beton Normal Umur 28 Hari Berdasarkan Simulasi fas 0,55 yang menghasilkan Kerapatan Beton Segar Tertinggi 2455,0468 kg .....	49
Tabel 4.4	Hasil Pemeriksaan Kuat Tekan Kubus Beton Terak Umur 28 Hari Berdasarkan Simulasi fas 0,60 yang menghasilkan Kerapatan Beton Segar Tertinggi 3017,4118 kg .....	50
Tabel 4.5	Hasil Pemeriksaan Kuat Tekan Kubus Beton Campuran Umur 28 Hari Berdasarkan Simulasi fas 0,60 serta Kerapatan Beton Tertinggi 2726,6859 kg .....	50
Tabel 4.6	Hasil Pemeriksaan Kuat Tekan Kubus Beton Normal Umur 28 Hari Berdasarkan Simulasi fas 0,55 yang menghasilkan Kerapatan Beton Segar Tertinggi 2455,0468 kg .....	51
Tabel 4.7	Hasil Pemeriksaan Kuat Tekan Karakteristik Beton Terak Umur 28 Hari Berdasarkan Simulasi fas 0,60 yang menghasilkan Kerapatan Beton Segar Tertinggi 3017,4118 kg .....	53
Tabel 4.8	Hasil Pemeriksaan Kuat Tekan Kubus Beton Campuran Umur 28 Hari Berdasarkan Simulasi fas 0,60 yang menghasilkan Kerapatan Beton Segar Tertinggi 2726,6859 kg .....	54

Tabel 4.9 Hasil Pemeriksaan Kuat Tekan Kubus Beton Normal Umur 28 Hari Berdasarkan Simulasi fas 0,55 yang menghasilkan Kerapatan Beton Segar Tertinggi 2455,0468 kg .....	55
Tabel 4.10 Laju Cacah Neutron Campuran Fungsi Ketebalan Beton Terak .....	56
Tabel 4.11 Laju Cacah Neutron Campuran Fungsi Ketebalan Beton Campuran ...	57
Tabel 4.12 Laju Cacah Neutron Campuran Fungsi Ketebalan Beton Normal .....	57
Tabel 4.13 Hubungan Nilai Tampang lintang Serapan Neutron Campuran Terhadap Tebal Beton .....	57
Tabel 4.14 Laju Cacah Neutron Cepat Fungsi Ketebalan Beton Terak .....	58
Tabel 4.15 Laju Cacah Neutron Cepat Fungsi Ketebalan Beton Campuran .....	58
Tabel 4.16 Laju Cacah Neutron Cepat Fungsi Ketebalan Beton Normal .....	58
Tabel 4.17 Hubungan Nilai Tampang lintang Serapan Neutron Cepat Terhadap Tebal Beton .....	59
Tabel 4.18 Laju Cacah Neutron Termal Fungsi Ketebalan Beton Terak .....	59
Tabel 4.19 Laju Cacah Neutron Termal Fungsi Ketebalan Beton Campuran .....	59
Tabel 4.20 Laju Cacah Neutron Termal Fungsi Ketebalan Beton Normal .....	60
Tabel 4.21 Hubungan Nilai Tampang lintang Serapan Neutron Termal Terhadap Tebal Beton .....	60
Tabel 4.22 Perbedaan Standar Penelitian antara Beton Terak dengan Beton Barit dan Mangan .....	65
Tabel 4.23 Perbedaan Standar Penelitian antara Beton Terak dengan Beton Barit .....	66

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A	Diagram Alir Penelitian .....	A-1
Lampiran B	Pemeriksaan Agregat Halus .....	B-1
	Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus .....	B-1
	Pengujian Gradasi Agregat Halus .....	B-2
	Penelitian Berat Jenis Agregat Halus .....	B-2
Lampiran C	Pemeriksaan Agregat Kasar .....	C-1
	Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Kasar .....	C-1
	Penelitian Berat Jenis Agregat Kasar .....	C-2
	Pemeriksaan Absorpsi Agregat Kasar .....	C-2
	Pemeriksaan Keausan Agregat Kasar Terak .....	C-6
	Hasil Analisis Kimia Terak .....	C-9
Lampiran D	Design Beton Normal “Metode Road Note No. 4” .....	D-1
	Design Beton Terak “Metode Road Note No. 4” .....	D-7
	Design Beton Campuran “Metode Road Note No. 4” .....	D-13
Lampiran E	Perhitungan Nilai Tampang Lintang Neutron .....	E-1
	Hasil Uji Kuat Desak Kubus Beton Terak .....	D-11
	Hasil Uji Kuat Desak Kubus Beton Campuran .....	D-12
	Hasil Uji Kuat Desak Kubus Beton Normal .....	D-13

## NOTASI YANG DIGUNAKAN

$e$	= 2,718281828
$\sigma_b'$	= kuat tekan beton dari masing-masing benda uji ( $kg/cm^2$ )
$\sigma_{bk}'$	= kuat tekan karakteristik beton ( $kg/cm^2$ )
$\sigma_{bm}'$	= kuat tekan beton rata-rata ( $kg/cm^2$ )
$\sigma_{ds}'$	= kuat tekan beton ( $kg/cm^2$ )
$A_s$	= berat benda uji SSD ( $gr$ )
$B$	= berat picnometer berisi air ( $gr$ )
$B_a$	= berat benda uji + air ( $gr$ )
$B_J$	= berat jenis beton ( $kg/m^3$ )
$B_i$	= berat benda uji agregat kasar SSD ( $gr$ )
$*B_K$	= berat pasir setelah dioven ( $gr$ )
$B_o$	= berat benda uji setelah dioven ( $gr$ )
$B_t$	= berat picnometer berisi air dan benda uji
$B_u$	= berat benda uji agregat kasar ( $gr$ )
$C$	= berat pasir SSD ( $gr$ )
$L$	= kandungan lumpur (%)
MHB	= modulus halus butir
$n$	= jumlah benda uji
$N$	= beban maksimum ( $kN$ )
$S$	= deviasi standar ( $kg/cm^2$ )
$W_1$	= berat pasir lolos saringan ( $gr$ )
$W_2$	= berat pasir setelah dioven ( $gr$ )
$I_o$	= laju cacah awal tanpa shielding ( $cacab/menit$ )
$I_t$	= laju cacah akhir dibelakang shielding ( $cacab/menit$ )
$x$	= ketebalan shielding ( $cm$ )
$\Sigma$	= tampang lintang neutron ( $cm^{-1}$ )
$\Delta\Sigma$	= faktor koreksi tampang lintang neutron ( $cm^{-1}$ )

## INTISARI

Telah dilakukan penelitian daya serap beton dengan bahan susun limbah terak tanur tinggi terhadap radiasi neutron baik neutron campuran, cepat maupun termal. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kemampuan beton terak, beton campuran dan beton normal dalam menyerap radiasi sinar neutron.

Perencanaan campuran adukan beton didasarkan pada simulasi fas yang menghasilkan kerapatan beton segar tertinggi, kemudian pada umur 28 hari beton ini diuji daya perisainya terhadap radiasi neutron.

Sumber neutron yang digunakan pada penelitian ini adalah sumber Neutron Pu-Be (Plutonium Berillium). Sampel yang digunakan pada masing-masing variasi bahan susun sebanyak enam buah, keenam buah beton ini disusun diantara sumber neutron dengan detektor  $\text{BF}_3$  (Boron Flourida) dan setiap ketebalan beton akan memberikan informasi laju cacah yang berbeda.

Menurut hasil penelitian ternyata beton campuran (campuran antara pasir sungai dan kerikil terak) mempunyai kemampuan yang lebih baik dalam menyerap radiasi neutron campuran dan termal dibanding beton terak (campuran antara pasir terak dan kerikil terak) dan beton normal (campuran antara pasir sungai dan kerikil sungai). Sedangkan beton normal mempunyai kemampuan yang lebih baik dalam menyerap radiasi neutron cepat dibanding beton campuran ataupun beton terak.



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Konsumsi energi dunia semakin meningkat, hal ini disebabkan karena kenaikan jumlah penduduk dan kenaikan produktivitas perkapita. Perkembangan dalam kenaikan pola konsumsi energi dunia ini dibarengi dengan suatu pergeseran pola konsumsi energi. Pergeseran ini terjadi dari kayu ke arah batu bara kemudian ke arah minyak dan gas bumi, hingga ada kecenderungan sekarang pergeseran ke arah tenaga nuklir. Tenaga nuklir diharapkan mampu menyeimbangkan produksi tenaga listrik dan mampu memperluas pemakaian tenaga listrik dalam kebutuhan energi nasional. Berdasarkan Hasil-hasil Seminar Energi Nasional 1974 (SEN-1974) diperkirakan bahwa pada tahun 2000, kapasitas listrik terpasang mungkin akan mencapai 64.000 MW dan sepertiganya dibangkitkan dari tenaga nuklir guna menyeimbangkan bahan bakar fosil yang memikul sebagian besar kebutuhan

tenaga di dunia hingga saat ini<sup>1)</sup>. Sementara itu “Nuclear Power Planning Study” (NPPS) pada awal tahun 1975 memproyeksikan kapasitas nuklir terpasang pulau Jawa pada tahun 1997 sebagai berikut :

Rendah	=	17.400 MW	atau	62,8 %	dari	27.702 MW.
Tinggi	=	34.200 MW	atau	68 %	dari	50.302 MW.

Teknologi nuklir yang pemanfaatannya luas di berbagai bidang terkadang menimbulkan dampak negatif, sehingga perlu diwaspadai. Dampak negatif ini bersumber dari radiasi yang dipancarkan oleh energi nuklir. Salah satu cara untuk mengurangi pengaruh negatif tersebut adalah dengan memberikan perisai pada daerah radiasi.

Alternatif menggunakan agregat limbah terak tanur tinggi dengan berbagai macam variasi campuran beton diharapkan mempunyai kemampuan yang baik terhadap sinar radiasi khususnya neutron dan menghasilkan kekuatan yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan beton biasa.

## **1.2 Rumusan dan Batasan Masalah**

Sesuai dengan judul “Analisis Daya Serap Beton dengan Agregat Limbah Terak Tanur Tinggi Terhadap Radiasi Sinar Neutron”, maka rumusan

---

1. Muhammad Ridwan ,1978, PENGANTAR ILMU PENGETAHUAN DAN TEKNOLOGI NUKLIR, Badan Tenaga Atom Nasional, Jakarta.

dan batasan masalah yang digunakan sebagai acuan dalam penelitian ini adalah:

1. Membandingkan kuat tekan beton yang menggunakan agregat terak tanur tinggi dengan beton yang menggunakan split.
2. Membandingkan daya serap beton terhadap radiasi dengan bahan agregat terak tanur tinggi dan beton yang menggunakan split.

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui tentang sifat beton terhadap radiasi, dengan demikian dapat diketahui ketebalan, jenis maupun variasi bahan susun beton yang berpengaruh terhadap daya serap radiasi sinar neutron.

### **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah untuk pengembangan ilmu pengetahuan bahan struktur khususnya struktur beton, yaitu mencari alternatif penggunaan agregat sebagai bahan perisai radiasi dari sinar neutron guna mengurangi bahaya radiasi yang ditimbulkan serendah mungkin, sehingga tingkat radiasinya cukup aman bagi makhluk hidup disekitarnya. Dari penelitian

ini diharapkan ada tindak lanjut, baik pengembangan ataupun aplikasi dari hasil penelitian ini.

### **1.5 Lingkup Penelitian**

Lingkup penelitian yang dilakukan pada penelitian ini meninjau dan membandingkan penggunaan limbah terak tanur tinggi sebagai pengganti agregat kasar dengan split. Lingkup penelitian yang digunakan dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Membandingkan kuat tekan beton yang menggunakan agregat terak tanur tinggi dengan beton yang menggunakan split.
2. Membandingkan daya serap beton terhadap radiasi dengan bahan agregat terak tanur tinggi dan beton yang menggunakan split.
3. Sampel yang dipergunakan untuk uji desak adalah kubus beton dengan ukuran 15x15x15 cm sedang untuk uji radiasi dengan ukuran plat beton 25x25x6 cm.
4. Penelitian ini hanya meninjau penggunaan limbah terak tanur tinggi sebagai pengganti agregat tanpa memperhitungkan keawetannya.
5. Semen yang digunakan adalah semen type I dengan merek Nusantara.
6. Pasir yang digunakan berasal dari kali Krasak.

7. Limbah terak tanur tinggi berasal dari PT. Krakatau Steel Cilegon, Jawa Barat.
8. Air yang digunakan berasal dari laboratorium Bahan Konstruksi Teknik JTS FTSP UII, jalan Kaliurang km 14,4 Yogyakarta.

### **1.6 Metode Penelitian**

Metode penelitian menggunakan metode "Road Note No. 4" berdasarkan perbandingan berat pada umur benda uji 28 hari. Metode yang digunakan dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Penelitian ini merupakan studi eksperimental/laboratorium.
2. Benda uji desak beton yang digunakan sebanyak 35 buah kubus beton dengan ukuran 15x15x15 cm.
3. Benda uji beton untuk radiasi sebanyak 18 buah.
4. Sinar radiasi yang digunakan adalah radiasi sinar neutron yang berasal dari sumber radiasi neutron Pube (Plutonium Berillium) dengan detektor BF<sub>3</sub> (Boron Flourida) beserta alat cacahnya.
5. Pengujian kuat tekan beton dan uji radiasi dilaksanakan pada saat benda uji berumur 28 hari.
6. Perencanaan campuran beton didasarkan atas simulasi hubungan antara faktor air semen yang menghasilkan kerapatan beton tertinggi.

7. Campuran beton tidak direncanakan berdasarkan slump, tetapi nilai slump akan diperoleh berdasarkan faktor air semen yang sudah direncanakan.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **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 umumnya. 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 di dalam pembakaran kapur (kiln), kemudian dihancurkan menjadi tepung.

Semen hidrolis 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 diidentifikasi 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	Jika 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 masif<sup>2)</sup>.

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 beton<sup>3)</sup>. 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 cara 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 mm<sup>4)</sup>. 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/cm<sup>3</sup>. Agregat ini biasanya berasal dari agregat basalt, granit, kwarsa dan sebagainya. Beton yang dihasilkan oleh agregat ini mempunyai berat jenis sekitar 2,3 gr/cm<sup>3</sup>.

#### 2. Agregat Berat

Agregat berat adalah agregat dengan berat jenis lebih dari 2,8 gr/cm<sup>3</sup>. Agregat jenis ini misalnya adalah serbuk besi, barit dan limonit. Beton yang dihasilkan oleh agregat ini mempunyai berat jenis hingga sampai 5 gr/cm<sup>3</sup>, 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/cm<sup>3</sup>. 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 relatif 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 (abrasion test) dengan menggunakan mesin uji Los Angeles atau bejana Rudeloff. 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 :

1. Tidak mengandung lumpur atau benda melayang lainnya lebih dari 2 gram/liter.
2. 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/dm <sup>3</sup> )
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 pematatannya, faktor-faktor lain yang berpengaruh adalah sebagai berikut ini :

1. Jenis semen dan kualitasnya.

Jenis semen dan kualitasnya sangat mempengaruhi kekuatan rata-rata 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 besar 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 umumnya. 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 terkendali<sup>5)</sup>. 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 Neutron Epithermal Neutron Cepat Neutron Relativistik	$0,025 \text{ eV} < E_n < 0,5 \text{ eV}$ $0,5 \text{ eV} < E_n < 10 \text{ eV}$ $10 \text{ Kev} < E_n < 10 \text{ MeV}$ $E_n > 10 \text{ MeV}$

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 sasaran<sup>6)</sup>. Yang membedakan antara hamburan elastis dengan hamburan tak elastis adalah pada hamburan elastis meskipun inti mendapat tenaga tambahan dari 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- $\gamma$ . 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 transmudasi 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 :  $^{10}\text{B}(n,\alpha)^7\text{Li}$ .

### **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  $I_0$  melalui bahan dengan ketebalan  $dX$ , terjadi pengurangan intensitas berkas neutron sebesar  $dI$ . Persamaan matematisnya adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} dI &= N \sigma_t I(X) dX \\ &= \sum_t I(X) dX \end{aligned} \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

Dengan integrasi, persamaan diatas menjadi :



$$I(X) = I_0 e^{-\Sigma_t X} \quad \dots\dots\dots (2.2)$$

dengan  $\Sigma_t$  adalah tampang lintang serapan neutron total makroskopis bahan.

Harga  $\Sigma_t$  ini bisa dicari dengan menerapkan aturan logaritma pada persamaan

diatas, yakni :

$$\Sigma_t = (1/X) \ln (I_0/I) \quad \dots\dots\dots (2.3)$$

## 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.

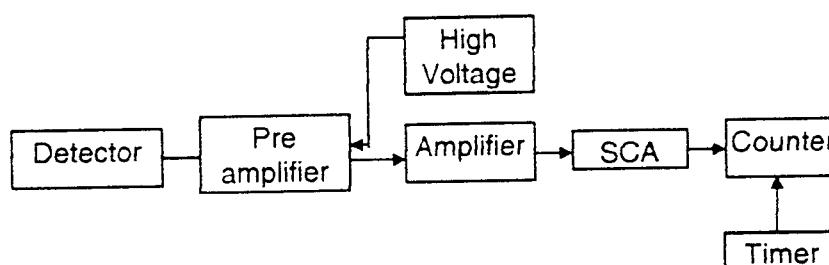
Jadi dalam hal menahan radiasi neutron proses yang diperlukan adalah:

1. Proses perlambatan neutron cepat dengan hamburan-hamburan tak lenting menggunakan elemen-elemen berat.
2. 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:

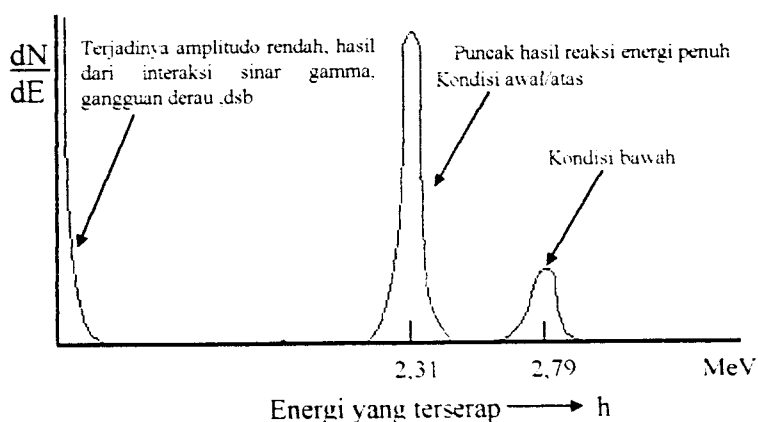


Gambar 2.1 Skema rangkaian peralatan deteksi neutron

### 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, tersedianya sumber neutron tidak ada artinya. Detektor yang digunakan dalam penelitian ini adalah detektor jenis  $\text{BF}_3$ .

Ketika neutron thermal bereaksi dengan  $\text{BF}_3$  produk yang terjadi adalah  ${}^7\text{Li}$  yang berada pada keadaan dasar atau dalam keadaan tereksitasi dengan disertai pemancaran partikel alfa. Apabila seluruh energi  ${}^7\text{Li}$  dan  $\alpha$  hasil reaksi tersebut seluruhnya diserap oleh medium gas detektor, maka spektrum pulsa idealnya menunjukkan dua puncak seperti yang ditunjukkan oleh gambar 2.2.<sup>7)</sup>

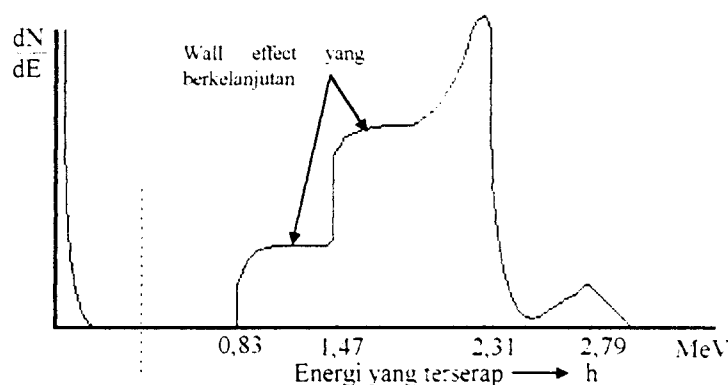


Gambar 2.2 Bentuk pulsa yang diharapkan dari tabung  $\text{BF}_3$  berukuran besar dengan seluruh energi reaksi terserap

7. 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,  ${}^7\text{Li}$  dan  $\alpha$  tidak selalu memberikan seluruh energinya kepada gas medium detektor. Ada kalanya  ${}^7\text{Li}$  dan  $\alpha$  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  $\alpha$  menumbuk dinding setelah memberikan sebagian energinya kepada gas pengisi detektor, sedangkan energi yang berasal dari  ${}^7\text{Li}$  seluruhnya diserap oleh gas. Kedua,  ${}^7\text{Li}$ -lah yang menumbuk dinding 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.<sup>8)</sup>



Gambar 2.3 Spektrum dari tabung  $\text{BF}_3$  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.

$\text{BF}_3$  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 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.

### **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 sumber tegangan untuk detektor.

Sumber tegangan untuk alat-alat elektronik biasa disebut *power supply* sedangkan sumber tegangan untuk detektor biasa disebut *high 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 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.

### **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 Neutron<sup>9)</sup> yang pernah dilaksanakan, disebutkan bahwa lingkup penelitian yang dipakai antara lain :

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

---

9. RA. Yudianingtyas, 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 <sup>2</sup> )	Beton Barit (Kg/cm <sup>2</sup> )	Beton Mangan (Kg/cm <sup>2</sup> )
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)

Tebal beton (Cm)	Beton Normal (Cch/mnt)	Beton Barit (Cch/mnt)	Beton Mangan (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  $\Sigma_t$  (Tampang Lintang Serapan) Neutron dalam satuan cm<sup>-1</sup> Terhadap Ketebalan Beton

Tebal beton (Cm <sup>-1</sup> )	Beton Normal (Cm <sup>-1</sup> )	Beton Barit (Cm <sup>-1</sup> )	Beton Mangan (Cm <sup>-1</sup> )
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 :

1. Kekuatan desak beton tidak berpengaruh terhadap kemampuan menyerap radiasi Neutron.
2. 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 Radiasi<sup>10)</sup>**

Lingkup penelitian ini antara lain sebagai berikut :

1. 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  $300 \text{ kg/cm}^2$  sampai dengan  $350 \text{ kg/cm}^2$ .

Hasil penelitian yang diperoleh antara lain adalah mutu kuat tekan beton pada umur 28 hari sekitar  $350 \text{ kg/cm}^2$ , yang dianggap memenuhi syarat kekuatan tekan bagi beton penahan radiasi.

---

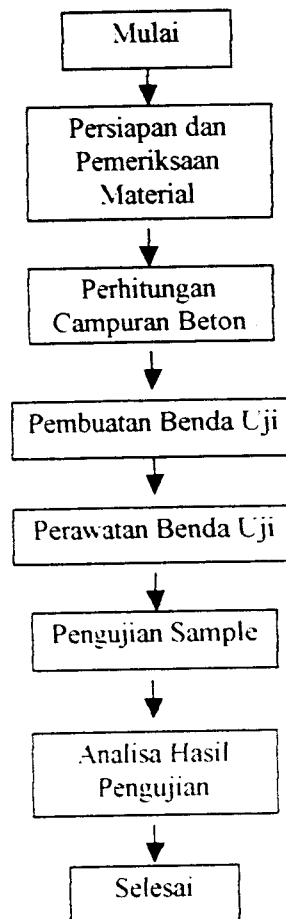
10. Essy Ariyuni, 1994, Makalah Seminar BARIT SEBAGAI AGREGAT KASAR UNTUK CAMPURAN BETON TAHAN RADIASI, Yogyakarta.

## BAB III

### PELAKSANAAN PENELITIAN

#### 3.1 Urutan Kerja

Penelitian ini dilaksanakan dengan urutan kerja sebagai berikut :



### **3.2 Persiapan dan Pemeriksaan Bahan Material**

#### **3.2.1 Persiapan Bahan Material**

Bahan pembentuk beton yang dipersiapkan pada penelitian ini adalah :

1. Semen portland merk Nusantara,
2. Agregat halus (pasir) berasal dari kali Krasak dan pasir terak yang lolos saringan 4,75 mm,
3. Agregat kasar berupa limbah terak tanur tinggi berasal dari PT. Krakatau Steel , Cilegon, Jawa Barat dan kerikil (split) yang berasal dari kali Krasak Sleman,
4. air berasal dari laboratorium Bahan Konstruksi teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

#### **3.2.2 Pemeriksaan Material (Agregat)**

Pemeriksaan agregat bertujuan supaya agregat yang digunakan memenuhi persyaratan PBI 1971 dan British Standard. Pemeriksaan agregat meliputi :

1. Pemeriksaan kadar lumpur.
2. Pemeriksaan kandungan zat-zat organik.
3. Pemeriksaan keausan agregat.
4. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat.

### 3.2.2.1 Pemeriksaan Kadar Lumpur

Tujuan pemeriksaan kadar lumpur adalah untuk mengetahui kadar lumpur yang terkandung dalam agregat halus yang akan digunakan sebagai bahan adukan beton. Kadar lumpur yang dikandung oleh agregat halus ini tidak boleh lebih dari 5 % sedang untuk agregat kasar tidak boleh lebih dari 1 %. Dari hasil penelitian didapatkan data kandungan lumpur seperti pada tabel dibawah ini.

Tabel 3.1 Hasil Uji Kandungan Lumpur Agregat

AGREGAT HALUS	AGREGAT KASAR
Pasir terak = 1,75 %	Kerikil terak = 0,05 %
Pasir sungai = 2,99 %	Pasir sungai = 0,07 %

Sumber: Data Primer bulan Januari 1997

Dari kondisi tersebut berarti agregat memenuhi persyaratan sehingga dapat langsung digunakan tanpa harus dicuci terlebih dahulu. Hasil pemeriksaan dapat dilihat pada lampiran B<sub>1</sub> dan C<sub>1</sub>.

### 3.2.2.2 Pemeriksaan Kandungan Zat Organik Agregat Halus

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan kandungan zat organik yang akan digunakan sebagai bahan campuran mortar atau beton. Dalam pemeriksaan ini digunakan larutan NaOH (natrium oksida) 3 %. Warna larutan NaOH akan berubah tergantung dari banyaknya senyawa organik pada agregat

halus. Langkah-langkah pemeriksaan kandungan zat organik adalah sebagai berikut :

1. Pasir sebanyak 100 cc dimasukkan dalam tabung.
2. Larutan NaOH dimasukkan kedalam tabung berisi pasir dan didiamkan selama 24 jam.
3. Jika warna larutan berubah menjadi kuning tua hingga coklat tua, berarti pasir banyak mengandung bahan organik. Warna jernih kekuning-kuningan menunjukkan bahwa pasir mengandung sedikit zat organik.

Dari hasil pemeriksaan didapatkan warna larutan jernih kekuning-kuningan baik pada pasir terak maupun pasir sungai, yang berarti pasir tersebut dapat digunakan.

### **3.2.2.3 Pemeriksaan Keausan Agregat Kasar**

Pemeriksaan keausan agregat dimaksudkan untuk menentukan ketahanan agregat kasar terhadap keausan dengan menggunakan mesin Los Angeles. Prosentase keausan agregat kasar yang disyaratkan PBI-71 adalah tidak boleh melebihi 50 %.

Dari hasil penelitian didapatkan bahwa tingkat keausan agregat terak tanur tinggi adalah 12,38 % sedang kerikil 21,46 % yang berarti memenuhi

persyaratan. Hasil pemeriksaan abrasi selengkapnya dapat dilihat pada lampiran C<sub>6</sub>-C<sub>8</sub>.

#### 3.2.2.4 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat

Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui berat jenis agregat kasar dan halus dalam keadaan SSD serta mengetahui tingkat penyerapan agregat terhadap air. Dari hasil penelitian diperoleh data sebagai berikut :

Tabel 3.2 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat

BERAT JENIS SSD	PENYERAPAN
Kerikil terak = 3,6129 gram/cm <sup>3</sup>	Kerikil terak = 0,60175 %
Pasir terak = 3,4246 gram/cm <sup>3</sup>	Pasir terak = 2,8806 %
Kerikil sungai = 2,67 gram/cm <sup>3</sup>	Kerikil sungai = 2,52 %
Pasir sungai = 2,66 gram/cm <sup>3</sup>	Pasir sungai = 2,67 %

Sumber: Data Primer bulan Januari 1997

### 3.3 Perhitungan Campuran Beton

Perhitungan campuran beton ini bertujuan untuk menentukan proporsi dari semen, pasir, kerikil agar didapatkan hasil campuran yang sesuai dengan yang direncanakan.

Ada beberapa metode yang bisa dipilih untuk perencanaan pembuatan beton, antara lain: ACI (American Concrete Institute), DOE (Departement of Environment) dan Road Note No. 4.

Dalam penelitian ini benda uji beton dibuat dengan menggunakan metode Road Note No.4 yang digunakan oleh Prof. Krishna Raju dari India. Metode pembuatan campuran tersebut adalah sebagai berikut:

1. Menetapkan gradasi agregat.

Dengan memasukkan nilai gradasi kurva dengan butir maksimum 20 mm. Dalam penelitian ini penggunaan agregat direncanakan termasuk dalam kurva no. 2, yaitu perbandingan agregat halus dan agregat kasar sebesar 35/65. Karena kondisi agregat yang ada terpisah antara pasir maupun kerikil maka untuk memperoleh kurva no. 2 dilakukan dengan cara coba-coba sehingga kombinasi agregat yang ada berada atau mendekati grading kurva no. 2, yaitu dengan cara menetapkan kebutuhan agregat baik halus maupun kasar pada setiap ukuran ayakan dengan tetap menjaga modulus kehalusan butir dan ketentuan dari kurva no. 2.

Tabel 3.3 Analisis saringan agregat halus yang dipakai

<i>No</i>	<i>Ayakan (mm)</i>	<i>Berat Tertahan</i>		<i>Berat Tertahan Kumulatif (%)</i>	<i>Berat Lolos Kumulatif (%)</i>	<i>Syarat BS (%)</i>
1	4,75	0	0	0	100	95 - 100
2	2,36	80	8	8	92	85 - 100
3	1,18	70	7	15	85	50 - 85
4	0,60	270	27	42	58	26 - 60
5	0,30	390	39	81	19	10 - 30
6	0,15	160	16	97	3	2 - 10
7	PAN	21,8	3	-	-	-
JUMLAH		1000	100	243	-	-

Sumber: Data Primer bulan Januari 1997

Perhitungan modulus halus butir (MHB) adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{MHB} &= \frac{\% \text{ kumulatif berat tertahan}}{\% \text{ berat tertahan}} \\ &= \frac{243}{100} \\ &= 2,43 \end{aligned}$$

Tabel 3.4 Analisis saringan agregat kasar yang dipakai

No	Ayakan (mm)	Berat Tertahan		Berat Tertahan Kumulatif (%)	Berat Lolos Kumulatif (%)	Syarat BS (%)
1	19,0	0	0	0	100	95 - 100
2	9,5	600	60	60	40	25 - 55
3	4,75	267	26,7	86,7	13,3	0 - 10
4	2,36	133	13,3	100		-
5	1,18			100		
6	0,60			100		
7	0,30			100		
8	0,15			100		
JUMLAH		1000	100	646,7	-	-

Sumber: Data Primer bulan Januari 1997

Perhitungan modulus halus butir (MHB) adalah sebagai berikut :

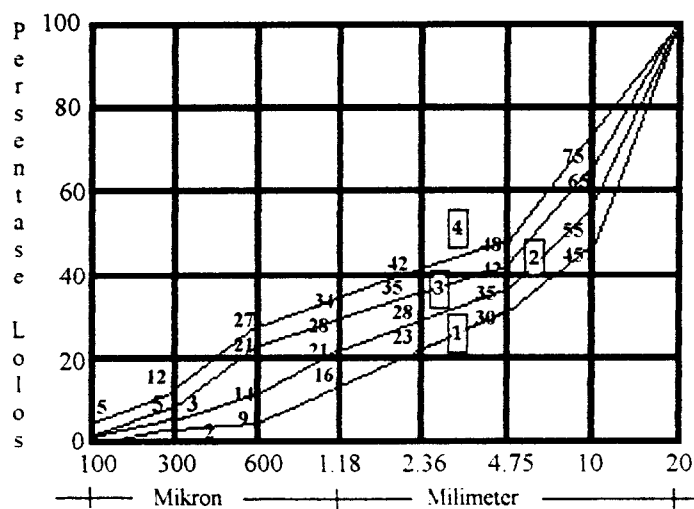
$$\begin{aligned} \text{MHB} &= \frac{\% \text{ kumulatif berat tertahan}}{\% \text{ berat tertahan}} \\ &= \frac{646,7}{100} \\ &= 6,47 \end{aligned}$$



Tabel 3.5 Kombinasi agregat yang dipakai

No	Ayakan (mm)	Prosentase Lolos		Col. (a) x1	Col. (b)x 3	Col. (c)+ Col. (d)	Col. (e): 4	Standard kurva saringan no.2
		agregat halus	agregat kasar					
1	19	100	100	100	300	400	100	100
2	9,5	100	40	100	120	220	55	55
3	4,75	100	13,3	100	39,99	140	35	35
4	2,36	92	0	92	0	92	23	28
5	1,18	85	0	85	0	85	21,25	21
6	0,60	58	0	58	0	58	14,5	14
7	0,30	19	0	19	0	19	4,75	3
8	0,15	3	0	3	0	3	3	0

Sumber: Data Primer bulan Januari 1997



Gambar 3.1 Grafik Empat Gradasi dengan Agregat maksimum 20 mm

- Menentukan sifat kemudahan dalam mengerjakan beton.

Sifat kemudahan pengerjaan beton yang direncanakan dalam penelitian ini memakai kemudahan sedang. Pada saat pelaksanaan, dilakukan

penambahan 10 % dari masing-masing bahan dan menghasilkan nilai slump antara 14 - 17 cm. Penambahan ini dimaksudkan agar tidak terjadi pengurangan campuran pada saat pencetakan.

3. Membuat simulasi faktor air semen sehingga diperoleh hubungan antara faktor air semen yang menghasilkan kerapatan beton segar tertinggi (*density fresh concrete*). Perhitungan simulasi selengkapnya dapat dilihat pada lampiran D<sub>1</sub>-D<sub>20</sub>.
4. Dari nilai faktor air semen yang menghasilkan kerapatan beton segar tertinggi maka dapat dihitung kebutuhan masing-masing bahan dari tiap m<sup>3</sup> beton.
5. Menghitung kebutuhan agregat yang harus disediakan oleh masing-masing ukuran ayakan sehingga akan diperoleh kebutuhan total agregat baik untuk 35 buah kubus maupun 6 buah plat beton. Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran D<sub>1</sub>-D<sub>20</sub>.

### **3.4 Pembuatan Benda Uji**

Benda uji dibuat dengan agregat kasar yang berbeda-beda serta berat jenis yang berbeda pula. Setelah pencampuran adukan beton selesai, beton segar dimasukkan ke dalam cetakan kubus dari plat baja dengan ukuran 15 X 15 X 15 cm untuk pengujian kuat desak. Sedangkan untuk benda uji radiasi sinar neutron digunakan cetakan dari plat baja ukuran 25 X 25 X 6 cm.

Sementara itu, untuk mempermudah dalam membuka cetakan beton, permukaan cetakan harus dilapisi pelumas sebelum digunakan. Di tempat penuangan, beton harus segera dipadatkan sebelum semen dan air mulai beraksi. Pematatan dilakukan dengan menusuk-nusukkan tongkat baja pada adukan beton yang baru saja dituang. Sesudah adukan beton dipadatkan, dilakukan perataan permukaan dari beton segar tersebut dengan menggunakan cetok.

### **3.5 Perawatan Beton**

Perawatan beton yang dimaksud ialah suatu pekerjaan menjaga agar permukaan beton segar selalu lembab, sejak adukan beton dipadatkan sampai beton dianggap cukup keras. Pada penelitian ini proses perawatan dilakukan selama 28 hari yaitu dengan cara merendam beton dalam air selama umur yang direncanakan. Sehari sebelum dilakukan pengujian, beton tersebut harus diangkat dari dalam air.

### **3.6 Pengujian**

Benda uji yang digunakan untuk uji kuat tekan berjumlah 35 buah yang terdiri atas 10 buah untuk beton terak (antara pasir terak dan kerikil terak), 10 buah untuk beton campuran (antara pasir sungai dan kerikil terak) dan 15 buah

untuk beton normal (antara pasir sungai dan kerikil sungai). Untuk uji radiasi masing-masing sample terdiri dari 6 buah benda uji.

### 3.6.1 Alat yang digunakan

Pengujian kuat tekan dilakukan dengan mesin merk *ELE*, sedangkan peralatan yang digunakan dalam percobaan untuk menentukan kemampuan atenuasi beton terhadap radiasi netron antara lain :

#### 1. Sumber Neutron

Sumber Neutron yang dipakai adalah  $\text{PuBe}_{13}$  (Plutonium Berilium). Di dalam sumber ini plutonium membuat senyawa logam dengan berilium sehingga diperoleh senyawa  $\text{PuBe}_{13}$  dengan densitas sebesar  $3,7 \text{ gr/cm}^3$ .<sup>11)</sup>

Sumber Pu-Be berbentuk silinder dengan diameter 2 cm dan tinggi 3 cm dapat menghasilkan fluks neutron sebesar  $10^6 \text{ n/s}$ .

#### 2. Detektor

Jenis detektor yang dipakai adalah  $\text{BF}_3$ , dengan panjang 25 cm dan diameter 2 cm. Spesifikasi detektor adalah sebagai berikut :

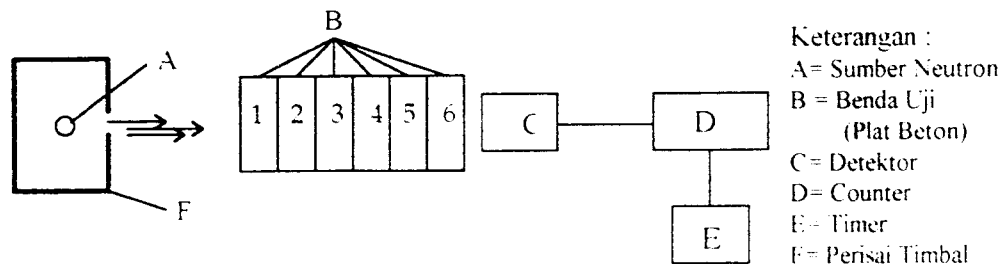
- a. Tegangan operasi : 1500 volt.
- b. Jangkauan tegangan operasi : 1400 - 1650 volt.
- c. Tinggi pulsa : 1 mV.

---

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

- d. Panjang Plateau : > 200 volt.
  - e. Kemiringan plateau : < 3%/100 volt.
  - f. Tekanan gas : 400 torr
3. Sumber tegangan tinggi (*HV*) bias ORTEC 459.
  4. Penguat mula (*preamplifier*) ORTEC 142.
  5. Penguat (*amplifier*) ORTEC 575 dengan:
    - a. *Coarse gain* : 20
    - b. *Fine gain* : 0,8
    - c. *HV*: 1300 volt.
  6. Pencacah (*counter*) ORTEC 875.
  7. SCA ORTEC 551.
  8. Pewaktu (*timer*) ORTEC 714.
  9. Satu buah tabung Cadmium (Cd) dengan panjang 30 cm dan diameter 3 cm.

### 3.6.2 Skema Percobaan Radiasi Neutron



Gambar 3.2 Skema Penempatan Benda Uji Radiasi Sinar Neutron



### **3.6.3 Pelaksanaan Aktivasi dan Pencacahan Sampel Tanpa Cadmium (Cd)**

- a. Melaksanakan pencacahan berkas-berkas neutron tanpa pelindung terlebih dahulu.
- b. Satu buah beton diletakkan pada jarak 36 cm di depan target (sumber radiasi).
- c. Detektor ditempatkan di belakang plat beton (benda uji).
- d. Hidupkan peralatan elektronik pembantu.
- e. Catat nilai cacah yang diperoleh dari *SCA*.
- f. Ulangi langkah b - e hingga semua benda uji terpasang di meja kerja.
- g. Pencacahan dilakukan masing-masing 5 kali dengan waktu 1 menit.

### **3.6.4 Pelaksanaan Aktivasi dan Pencacahan Sampel Menggunakan Cadmium (Cd)**

- a. Melaksanakan pencacahan berkas-berkas neutron tanpa pelindung terlebih dahulu.
- b. Satu buah beton diletakkan pada jarak 36 cm di depan target (sumber radiasi).
- c. Detektor ditempatkan di belakang plat beton (benda uji) dengan terlebih dahulu dimasukkan dalam tabung cadmium.
- d. Hidupkan peralatan elektronik pembantu.
- e. Catat nilai cacah yang diperoleh dari *SCA*.

- f. Ulangi langkah b - e hingga semua benda uji terpasang di meja kerja.
- g. Pencacahan dilakukan masing-masing 5 kali dengan waktu 1 menit.

## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Uji Kuat Tekan Beton

##### 4.1.1 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Kubus

Tabel 4.1 Beton Terak Umur 28 hari berdasarkan simulasi fas = 0,60 yang menghasilkan kerapatan beton segar tertinggi = 3017,4118 kg

No	VOLUME ( $cm^3$ )	BERAT ( $kg$ )	BERAT JENIS ( $kg/m^3$ )
1	3316.6864	10.20	3075.3586
2	3415.6064	10.40	3044.8473
3	3442.7282	10.40	3020.8600
4	3354.6365	10.10	3010.7584
5	3415.5612	10.40	3044.8876
6	3217.2850	10.10	3139.2929
7	3369.9028	10.40	3086.1424
8	3307.3221	10.10	3053.8302
9	3406.0358	10.40	3053.4030
10	3370.4535	10.40	3085.6382

Sumber: Data Primer bulan Maret 1997

$$BJ = \frac{\text{berat}}{\text{volume}} \text{ kg / m}^3$$
$$BJ_{\text{rata-rata}} = \frac{\sum BJ}{n} = 3061.5019 \text{ kg/m}^3$$



Tabel 4.2 Beton Campuran Umur 28 hari berdasarkan simulasi fas = 0,60 yang menghasilkan kerapatan beton segar tertinggi = 2726,6859 kg

No	VOLUME ( $cm^3$ )	BERAT (kg)	BERAT JENIS ( $kg/m^3$ )
1	3537.1841	9.80	2770.5654
2	3451.6167	9.30	2694.3896
3	3388.3991	9.30	2744.6590
4	3340.7131	9.30	2783.8368
5	3429.0162	9.40	2741.3111
6	3488.7040	9.50	2723.0742
7	3530.2000	9.80	2776.0467
8	3424.2753	9.60	2803.5129
9	3488.5990	9.40	2694.4914
10	3445.0172	9.40	2728.5785

Sumber: Data Primer bulan Maret 1997

$$BJ_{rata-rata} = \frac{\sum BJ}{n} = 2746.0460 \text{ kg/m}^3$$

Tabel 4.3 Beton Normal Umur 28 hari berdasarkan simulasi fas = 0,55 yang menghasilkan kerapatan beton segar tertinggi = 2455,0468 kg

No	VOLUME ( $cm^3$ )	BERAT (kg)	BERAT JENIS ( $kg/m^3$ )
1	3488.5990	8.30	2379.1786
2	3429.0881	8.20	2391.3063
3	3426.7526	8.10	2363.7540
4	3481.7792	8.50	2441.2806
5	3491.0418	8.40	2406.1585
6	3458.8211	8.30	2399.6615
7	3364.7632	8.20	2437.0214
8	3488.2088	8.30	2379.4447
9	3521.0085	8.60	2442.4820
10	3398.6165	8.10	2383.3227
11	3504.7947	8.50	2425.2490
12	3431.0899	8.20	2389.9111
13	3431.2962	8.30	2418.9110
14	3468.0835	8.50	2450.9214
15	3508.2855	8.30	2365.8280

Sumber: Data Primer bulan Maret 1997

$$BJ_{rata-rata} = \frac{\sum BJ}{n} = 2404.9621 \text{ kg/m}^3$$

#### 4.1.2 Hasil Uji Kuat Tekan Kubus

Tabel 4.4 Hasil Pemeriksaan Kuat Tekan Kubus Beton Terak Umur 28 hari berdasarkan simulasi fas = 0,60 yang menghasilkan kerapatan beton segar tertinggi = 3017,4118 kg

No	LUAS (cm <sup>2</sup> )	BEBAN MAX (KN)	KUAT DESAK (kg/cm <sup>2</sup> )
1	220.8180	850	384.9324
2	227.8590	715	313.7906
3	225.7476	750	332.0041
4	214.9155	760	341.6406
5	227.0824	830	367.4859
6	218.8830	790	367.5863
7	229.6720	780	343.4876
8	224.0993	785	358.6391
9	225.9008	620	269.9502
10	222.4560	765	343.8882

Sumber: Data Primer bulan Maret 1997

$$\begin{aligned}\sigma_{ds} \text{ rata-rata} &= \frac{\sum \sigma_{ds}}{n} \\ &= 342,3405 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

Tabel 4.5 Hasil Pemeriksaan Kuat Tekan Kubus Beton Campuran Umur 28 hari berdasarkan simulasi fas = 0,60 yang menghasilkan kerapatan beton segar tertinggi = 2726,6859 kg

No	LUAS (cm <sup>2</sup> )	BEBAN MAX (KN)	KUAT DESAK (kg/cm <sup>2</sup> )
1	231.0375	620	268.3547
2	231.3416	710	306.9055
3	224.5460	510	227.1250
4	227.1049	550	242.1788
5	225.1488	560	248.7244
6	229.5200	580	252.7013
7	231.9448	590	254.3709
8	227.5266	570	250.5205
9	231.8006	490	211.3886
10	228.9048	670	292.6981

Sumber: Data Primer bulan Maret 1997

$$\begin{aligned}\sigma_{ds} \text{ rata-rata} &= \frac{\sum \sigma_{ds}}{n} \\ &= 255,4968 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

Tabel 4.6 Hasil Pemeriksaan Kuat Tekan Kubus Beton Normal  
Umur 28 hari berdasarkan simulasi fas = 0,55 yang menghasilkan  
kerapatan beton segar tertinggi = 2455,0468 kg

No	LUAS (cm <sup>2</sup> )	BEBAN MAX (KN)	KUAT DESAK (kg/cm <sup>2</sup> )
1	229.0610	860	375.4458
2	227.5440	800	351.5804
3	225.1480	810	359.7634
4	228.4632	900	393.9365
5	229.6738	840	365.7361
6	227.2550	755	332.2259
7	221.3660	785	354.6163
8	228.7350	920	420.2122
9	230.5786	970	420.3966
10	222.1318	900	405.1649
11	230.5786	1020	442.3654
12	225.7296	730	323.3958
13	225.2985	785	348.4266
14	229.0676	890	388.5316
15	231.5700	720	310.9211

Sumber: Data Primer bulan Maret 1997

$$\begin{aligned}\sigma_{ds} \text{ rata-rata} &= \frac{\sum \sigma_{ds}}{n} \\ &= 372.8479 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

#### 4.1.3 Perhitungan Kuat Tekan Beton Karakteristik

Perhitungan kekuatan tekan beton karakteristik dimaksudkan untuk mengetahui mutu beton dan mutu pelaksanaan. Cara perhitungan kekuatan beton karakteristik dipergunakan rumus sebagai berikut<sup>12)</sup>.

$$\sigma_{bm}' = \frac{\sum \sigma_b'}{n} \dots\dots\dots (4.1)$$

12. \_\_\_\_\_, 1971, PERATURAN BETON BERTULANG INDONESIA N.1-2, Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan Dirjen Cipta Karya.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\sigma_b' - \sigma_{bm}')^2}{n-1}} \dots\dots\dots (4.2)$$

Rumus untuk menghitung kuat tekan karakteristik beton adalah :

$$\sigma_{bk}' = \sigma_{bm}' - Z_n \cdot S \dots\dots\dots (4.3)$$

keterangan :

$Z_n$  = faktor pengali deviasi standar

$\sigma_{bk}'$  = kuat tekan karakteristik beton ( $kg/cm^2$ )

$\sigma_{bm}'$  = kuat tekan beton rata-rata ( $kg/cm^2$ )

$\sigma_b'$  = kuat tekan beton dari masing-masing benda uji ( $kg/cm^2$ )

$S$  = deviasi standar ( $kg/cm^2$ )

$n$  = jumlah benda uji

Hasil perhitungan kuat tekan karakteristik beton dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.7 Hasil Pemeriksaan Kuat Tekan Karakteristik Beton Terak Umur 28 hari berdasarkan simulasi fas = 0,60 yang menghasilkan kerapatan beton segar tertinggi = 3017,4118 kg

No	$\sigma_b'$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_{bm}'$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$(\sigma_b' - \sigma_{bm}')^2$ (kg/cm <sup>2</sup> )
1	384.9324	342.3405	1814.0699
2	313.7906	342.3405	815.0968
3	332.0041	342.3405	106.8412
4	341.6406	342.3405	0.4899
5	367.4859	342.3405	632.2911
6	367.5863	342.3405	637.3504
7	343.4876	342.3405	1.3158
8	358.6391	342.3405	265.6444
9	269.9502	342.3405	5240.3555
10	343.8882	342.3405	2.3954
$\Sigma$	3423.405		9515.8504

Sumber: Data Primer bulan Maret 1997

$$\sigma_{bm}' = 3423,405/10 = 342,3405 \text{ kg/cm}^2$$

$$S = \sqrt{\frac{9515,8504}{10-1}} = 32,5164 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} \sigma_{bk}' &= \sigma_{bm}' - 120^{13)} \\ &= 342,3405 - 120 \\ &= 222,3405 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

13. Kardiyo Tjokrodimulyo, 1992, TEKNOLOGI BETON, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Tabel 4.8 Hasil Pemeriksaan Kuat Tekan Karakteristik Beton Campuran Umur 28 hari berdasarkan simulasi fas = 0,60 yang menghasilkan kerapatan beton segar tertinggi = 2726,6859 kg

No	$\sigma_b'$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_{bm}'$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$(\sigma_b' - \sigma_{bm}')^2$ (kg/cm <sup>2</sup> )
1	268.3547	255.4968	165.3256
2	306.9055	255.4968	2642.8544
3	227.1250	255.4968	804.9590
4	242.1788	255.4968	177.3691
5	248.7244	255.4968	45.8654
6	252.7013	255.4968	7.8148
7	254.3709	255.4968	1.2677
8	250.5205	255.4968	24.7636
9	211.3886	255.4968	1945.5333
10	292.6981	255.4968	1383.9367
$\Sigma$	2554.9678		7199.6896

Sumber: Data Primer bulan Maret 1997

$$\sigma_{bm}' = 2554,9678/10 = 255,4968 \text{ kg/cm}^2$$

$$S = \sqrt{\frac{7199,6896}{10-1}} = 28,2837 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{bk}' = \sigma_{bm}' - 120$$

$$= 255,4968 - 120$$

$$= 135,4968 \text{ kg/cm}^2$$

Tabel 4.9 Hasil Pemeriksaan Kuat Tekan Karakteristik Beton Normal  
Umur 28 hari berdasarkan simulasi fas = 0,55 yang  
menghasilkan kerapatan beton segar tertinggi = 2455,0468 kg

No	$\sigma_b'$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_{bm}'$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$(\sigma_b' - \sigma_{bm}')^2$ (kg/cm <sup>2</sup> )
1	375.4458	372.8479	6.7490
2	351.5804	372.8479	452.3066
3	359.7634	372.8479	176.0266
4	393.9365	372.8479	444.7290
5	365.7361	372.8479	50.5777
6	332.2259	372.8479	1650.1469
7	354.6163	372.8479	332.3912
8	420.2122	372.8479	2243.3769
9	420.3966	372.8479	2260.8789
10	405.1649	372.8479	1044.3885
11	442.3654	372.8479	4832.6828
12	323.3958	372.8479	2445.5102
13	348.4266	372.8479	596.3999
14	388.5316	372.8479	245.9784
15	310.9211	372.8479	3834.9286
$\Sigma$	5592.7186		20617.0712

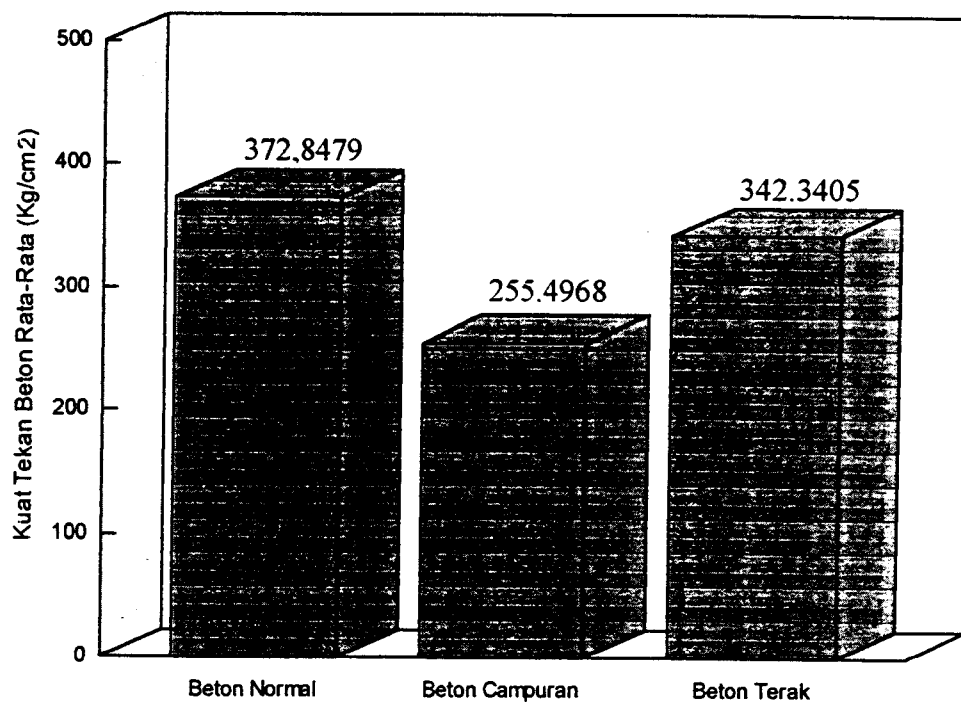
Sumber: Data Primer bulan Maret 1997

$$\sigma_{bm}' = 5592,7186/15 = 372,8479 \text{ kg/cm}^2$$

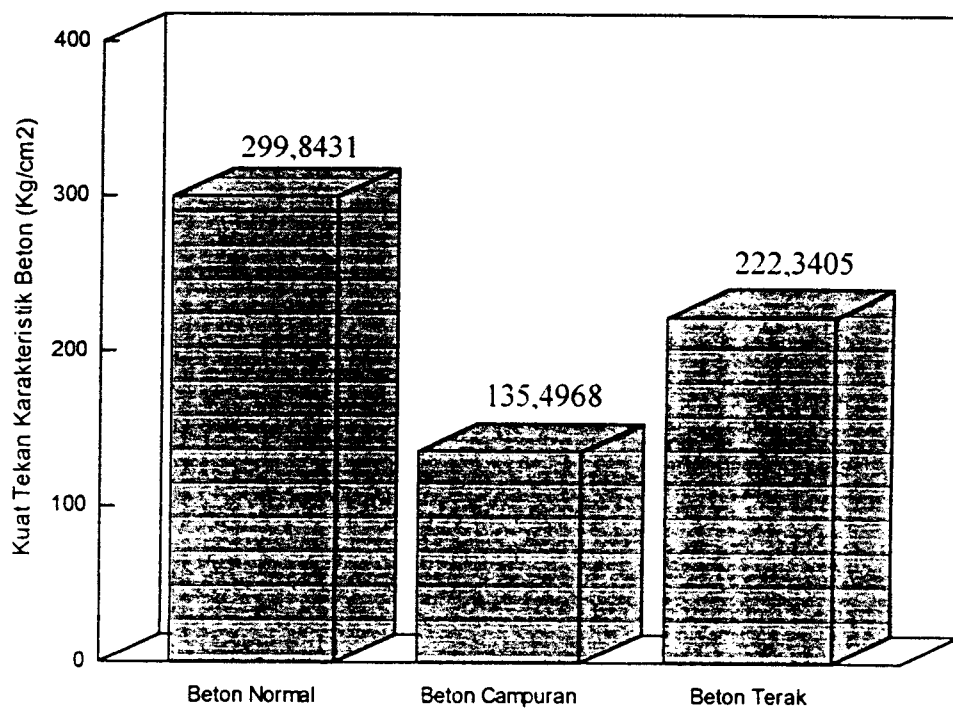
$$S = \sqrt{\frac{20617,0712}{15-1}} = 38,3751 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} \sigma_{bk}' &= \sigma_{bm}' - 1,9024 S^{14)} \\ &= 372,8479 - 1,9024 \times 38,3751 \\ &= 299,8431 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

14. Kardiyono Tjokrodimulyo, 1992, TEKNOLOGI BETON, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.



Gambar 4.1 Diagram Kuat Tekan Beton Rata-Rata pada fas Tertinggi = 0,60



Gambar 4.2 Diagram Kuat Tekan Karakteristik Beton pada fas Tertinggi = 0,60



## 4.2 Hasil Uji Penyerapan Neutron Oleh Beton

Dalam penelitian ini tidak digunakan neutron selektor sehingga neutron yang menumbuk dinding detektor merupakan detektor neutron termal dan neutron cepat (neutron campuran). Untuk memisahkan neutron termal dari neutron campuran 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.

Hasil pengamatan dan perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran E<sub>1</sub>-E<sub>10</sub>.

### 4.2.1 Hasil Uji Penyerapan Neutron Campuran Oleh Beton

Tabel 4.10 Laju Cacah Neutron Campuran Fungsi Ketebalan Beton Terak (Cacah menit)

Tebal Beton (Cm)	Laju Cacah (Cacah/menit)	
	$I_0$	$I_t$
6	13337	1948
12	16437	1693
18	18808	3234
24	17630	1591
30	17043	1638
36	16902	944

Sumber: Data Primer bulan April 1997

Tabel 4.11 Laju Cacah Neutron Campuran Fungsi Ketebalan Beton Campuran (Cacah/menit)

Tebal Beton (Cm)	Laju Cacah (Cacah/menit)	
	I <sub>0</sub>	I <sub>t</sub>
6	16891	2358
12	16891	1441
18	17182	1194
24	17388	1036
30	16858	930
36	14199	832

Sumber: Data Primer bulan April 1997

Tabel 4.12 Laju Cacah Neutron Campuran Fungsi Ketebalan Beton Normal (Cacah/menit)

Tebal Beton (Cm)	Laju Cacah (Cacah/menit)	
	I <sub>0</sub>	I <sub>t</sub>
6	25475	5382
12	28737	3594
18	27972	2840
24	28658	2370
30	28365	2150
36	30753	2147

Sumber: Data Primer bulan April 1997

Tabel 4.13 Hubungan Nilai  $\Sigma_t$  (Tampang Lintang Serapan) Neutron dalam satuan  $\text{cm}^{-1}$  terhadap Tebal Beton

Tebal Beton (Cm)	$\Sigma_t$ (Koefisien Daya Serap) dalam $\text{cm}^{-1}$		
	Beton Terak	Beton Campuran	Beton Normal
6	0.32062±0.047	0.32816±0.046	0.25911±0.038
12	0.18942±0.017	0.20512±0.018	0.17324±0.015
18	0.09781±0.012	0.14814±0.0095	0.12708±0.0082
24	0.10022±0.0052	0.11752±0.0061	0.10386±0.0054
30	0.07808±0.0038	0.09658±0.0042	0.08599±0.0038
36	0.08014±0.0031	0.07881±0.0031	0.07394±0.0029

Sumber: Data Primer bulan April 1997

#### 4.2.2 Hasil Uji Penyerapan Neutron Cepat Oleh Beton

Tabel 4.14 Laju Cacah Neutron Cepat Fungsi Ketebalan Beton Terak (Cacah/menit)

Tebal Beton (Cm)	Laju Cacah (Cacah/menit)	
	Io	It
6	426	120
12	570	263
18	2565	1465
24	1702	881
30	1257	848
36	1225	712

Sumber: Data Primer bulan April 1997

Tabel 4.15 Laju Cacah Neutron Cepat Fungsi Ketebalan Beton Campuran (Cacah/menit)

Tebal Beton (Cm)	Laju Cacah (Cacah/menit)	
	Io	It
6	477	179
12	477	121
18	493	103
24	516	104
30	612	111
36	571	120

Sumber: Data Primer bulan April 1997

Tabel 4.16 Laju Cacah Neutron Cepat Fungsi Ketebalan Beton Normal (Cacah/menit)

Tebal Beton (Cm)	Laju Cacah (Cacah/menit)	
	Io	It
6	963	305
12	996	217
18	1019	168
24	1059	123
30	1107	111
36	1041	99

Sumber: Data Primer bulan April 1997

Tabel 4.17 Hubungan Nilai  $\Sigma_t$  (Tampang Lintang Serapan) Neutron dalam satuan  $\text{cm}^{-1}$  terhadap Tebal Beton

Tebal Beton (Cm)	$\Sigma_t$ (Koefisien Daya Serap) dalam $\text{cm}^{-1}$		
	Beton Terak	Beton Campuran	Beton Normal
6	0.21116±0.031	0.16336±0.025	0.19162±0.029
12	0.06446±0.012	0.11431±0.010	0.12699±0.012
18	0.03112±0.0047	0.08699±0.0061	0.10015±0.0068
24	0.02744±0.0022	0.06674±0.0043	0.08970±0.0048
30	0.01312±0.0026	0.05691±0.0026	0.07666±0.0047
36	0.01507±0.0018	0.04333±0.0022	0.06536±0.0029

Sumber: Data Primer bulan April 1997

#### 4.2.3 Hasil Uji Penyerapan Neutron Termal Oleh Beton

Tabel 4.18 Laju Cacah Neutron Termal Fungsi Ketebalan Beton Terak (Cacah/menit)

Tebal Beton (Cm)	Laju Cacah (Cacah/menit)	
	$I_0$	$I_t$
6	12911	1828
12	15867	1430
18	16243	1769
24	15928	710
30	15786	790
36	15677	232

Sumber: Data Primer bulan April 1997

Tabel 4.19 Laju Cacah Neutron Termal Fungsi Ketebalan Beton Campuran (Cacah/menit)

Tebal Beton (Cm)	Laju Cacah (Cacah/menit)	
	$I_0$	$I_t$
6	16414	2179
12	16414	1320
18	16689	1091
24	16872	932
30	15601	819
36	12974	712

Sumber: Data Primer bulan April 1997

Tabel 4.20 Laju Cacah Neutron Termal Fungsi Ketebalan Beton Normal (Cacah/menit)

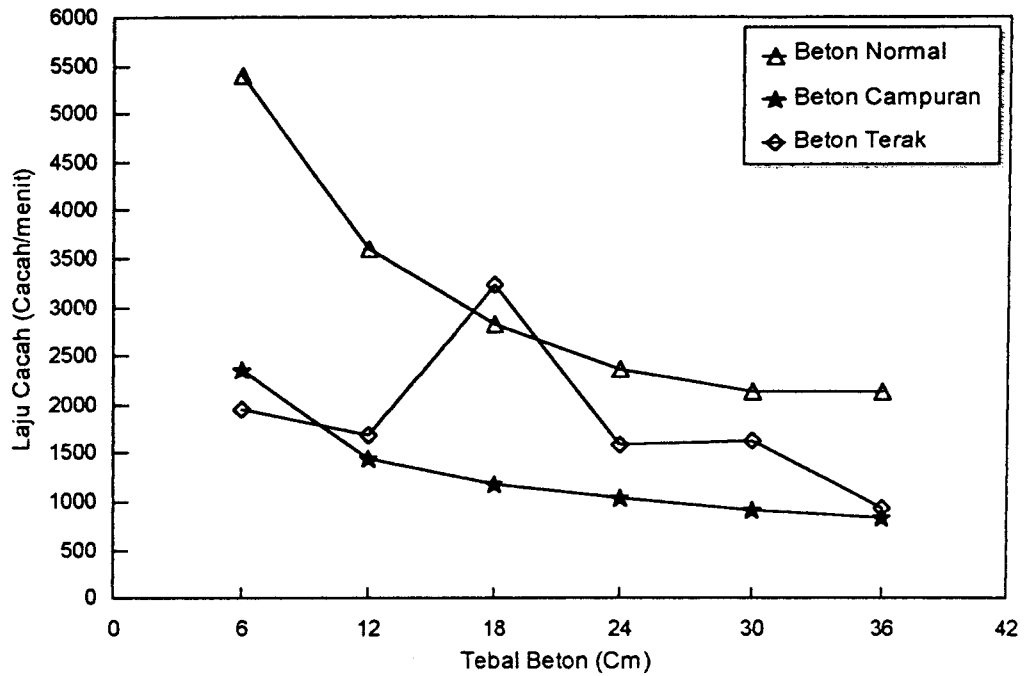
Tebal Beton (Cm)	Laju Cacah (Cacah/menit)	
	Io	It
6	24512	5077
12	27741	3377
18	26953	2672
24	27599	2247
30	27258	2039
36	29712	2048

Sumber: Data Primer bulan April 1997

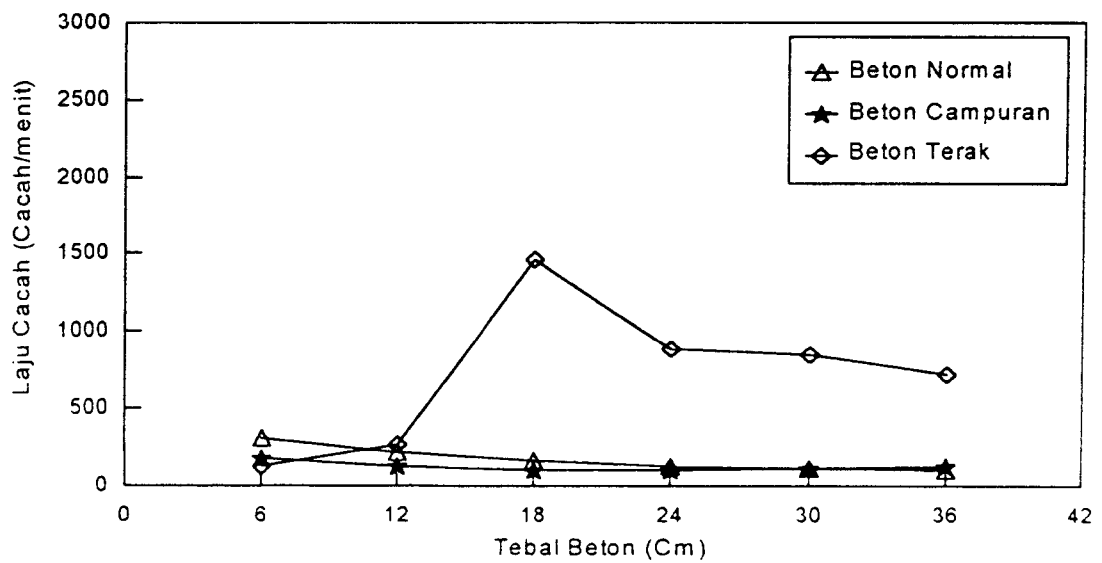
Tabel 4.21 Hubungan Nilai  $\Sigma_t$  (Tampang Lintang Serapan) Neutron dalam satuan  $\text{cm}^{-1}$  terhadap Tebal Beton

Tebal Beton (Cm)	$\Sigma_t$ (Koefisien Daya Serap) dalam $\text{cm}^{-1}$		
	Beton Terak	Beton Campuran	Beton Normal
6	$0.32581 \pm 0.048$	$0.33654 \pm 0.049$	$0.26241 \pm 0.039$
12	$0.20055 \pm 0.018$	$0.21004 \pm 0.019$	$0.17549 \pm 0.015$
18	$0.12318 \pm 0.092$	$0.15154 \pm 0.0098$	$0.12840 \pm 0.0083$
24	$0.12961 \pm 0.0069$	$0.12067 \pm 0.0063$	$0.10451 \pm 0.0056$
30	$0.09983 \pm 0.0054$	$0.09823 \pm 0.0044$	$0.08643 \pm 0.0038$
36	$0.11703 \pm 0.0057$	$0.08063 \pm 0.0032$	$0.07430 \pm 0.0030$

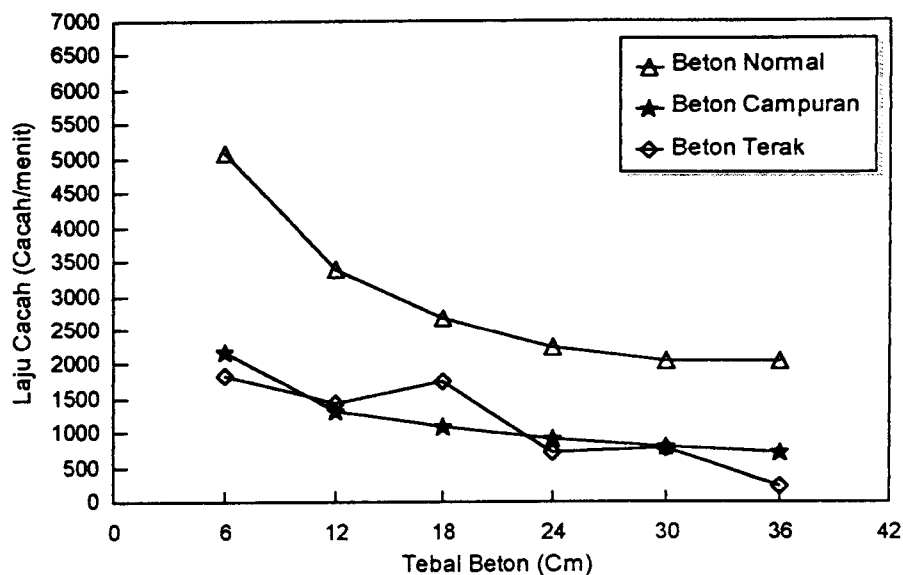
Sumber: Data Primer bulan April 1997



Gambar 4.3 Grafik Penyerapan Neutron Campuran (Termal + Cepat) pada Beton Normal, Beton Campuran dan Beton Terak



Gambar 4.4 Grafik Penyerapan Neutron Cepat pada Beton Normal, Beton Campuran dan Beton Terak



Gambar 4.5 Grafik Penyerapan Neutron Termal pada Beton Normal, Beton Campuran dan Beton Terak

### 4.3 Pembahasan

Dari hasil penelitian diperoleh kekuatan desak rata-rata yang beragam. Kuat desak tersebut antara lain untuk beton terak dengan jumlah benda uji 10 buah kuat desak rata-ratanya sebesar  $342,3405 \text{ kg/cm}^2$ , untuk beton campuran dengan jumlah benda uji 10 buah diperoleh kuat desak rata-rata sebesar  $255,4968 \text{ kg/cm}^2$ , sedang beton normal dengan 15 buah benda uji mempunyai kuat desak rata-rata sebesar  $372,8479 \text{ kg/cm}^2$ .

Berdasarkan kuat tekan rata-rata diperoleh kuat tekan beton karakteristik untuk beton terak sebesar  $222,3405 \text{ kg/cm}^2$ , untuk beton campuran  $135,4968 \text{ kg/cm}^2$ , sedang untuk beton normal sebesar  $299,8431 \text{ kg/cm}^2$ .

Kekuatan desak yang terjadi sangat bervariasi, hal ini disebabkan oleh banyak faktor antara lain bahan susun yang berbeda, variasi mutu bahan dari satu adukan ke adukan berikutnya, variasi cara pengadukan dan ketrampilan serta stabilitas pengaduk atau pekerja. Disamping hal-hal tersebut terjadinya penurunan yang besar pada kuat tekan beton karakteristik untuk beton terak dan beton campuran dari hasil kuat tekan rata-rata disebabkan karena kuat desak rata-rata mengalami pengurangan akibat adanya nilai margin sebesar 12 Mpa. Nilai margin diambil sebesar 12 Mpa karena jumlah benda uji kurang dari 15 buah.<sup>15)</sup>

Berat jenis beton yang besar ternyata tidak berpengaruh langsung terhadap kemampuan menyerap radiasi neutron. Hal ini terlihat dari hasil penelitian, bahwa beton terak dengan berat jenis rata-rata  $3,0615 \text{ gr/cm}^3$  mempunyai kemampuan menyerap radiasi lebih rendah dibanding dengan beton normal dan beton campuran yang mempunyai berat jenis rata-rata  $2,405 \text{ gr/cm}^3$  dan  $2,746 \text{ gr/cm}^3$ .

---

15. Kardiyo Tjokrodimulyo, 1992, TEKNOLOGI BETON, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.



Selain itu dalam hal perisai terhadap radiasi maka bahan yang mempunyai tampang lintang serapan yang besar adalah bahan yang paling baik untuk perisai.

Dari percobaan diperoleh bahwa beton campuran mempunyai kemampuan menyerap neutron termal lebih tinggi dibanding dengan beton terak dan beton normal, untuk menyerap neutron campuran (termal dan cepat) beton campuran juga mempunyai kemampuan yang lebih tinggi dibandingkan dengan beton terak dan beton normal, sedang untuk penyerapan neutron cepat beton normal lebih tinggi dari yang lainnya.

Beton normal mempunyai kemampuan yang lebih dalam menyerap neutron cepat disebabkan karena beberapa hal, seperti hamburan yang terjadi, yaitu hamburan elastis dimana neutron cepat sendiri mengalami perlambatan (moderasi) dulu dengan bahan yang dilalui sebelum terserap oleh bahan itu. Dalam proses perlambatan itu neutron akan kehilangan sebagian tenaganya oleh adanya tumbukan dengan inti atom bahan. Selain itu kemampuan dari beton normal sendiri cukup baik, sehingga sangat membantu proses perlambatan neutron hingga penyerapannya.

Kemampuan beton campuran lebih tinggi dalam menyerap neutron termal dan neutron campuran selain disebabkan karena faktor kemampuan beton, juga disebabkan beberapa hal seperti, kandungan terak pada beton yang banyak membantu dalam proses pengurangan jumlah cacah neutron yang

terjadi, yaitu dengan hamburan tak elastis, proses tangkapan neutron sehingga neutron menjadi bagian dari inti penyerap.

Material penyusun beton juga berpengaruh bagi perisai dalam menyerap radiasi neutron. Di dalam beton mengandung air terikat yang merupakan unsur yang baik dalam merendahkan tenaga neutron melalui hamburan elastis. Sedangkan kandungan agregat penyusun beton terbesar adalah batu-batuan (kerikil) yang mempunyai berat jenis paling besar dari semua material penyusun beton. Material ini sangat efektif dalam merendahkan tenaga neutron dengan hamburan tak elastis karena material-material ini mempunyai tampang lintang hamburan yang besar terhadap radiasi neutron.

Sementara itu untuk beton terak ternyata pada setiap ketebalan beton 18 cm terjadi kenaikan kembali baik laju cacahnya. Hal ini terjadi karena pada beton terak sebagian besar material penyusun betonnya adalah unsur Fe (tampang hamburannya besar dan tampang serapan kecil), sehingga berkas neutron yang melalui perisai sebagian besar dihamburkan dan hamburan tersebut dapat masuk kembali (bergabung) ke dalam berkas neutron yang akan keluar berikutnya, akibatnya berkas neutron yang menuju perisai mengalami kenaikan cacah.

Penelitian yang dijelaskan pada subbab 2.9.1 berbeda dengan penelitian yang dilakukan kali ini. Perbedaan tersebut dapat dilihat pada tabel 4.22.

Tabel 4.22 Perbedaan Standar Penelitian antara Bahan Terak dan Bahan Mangan serta Barit

Penelitian Beton Mangan dan Barit	Penelitian Beton dengan Bahan Terak
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Intensitas awal neutron yang terjadi dianggap sama.</li> <li>• Sinar neutron awal yang digunakan merupakan neutron campuran yang sudah diperlambat dengan adanya paraffin sehingga kemungkinan yang terjadi adalah neutron termal, tetapi termal disini belum merupakan termal murni karena pada penelitian ini tidak dirinci secara jelas alat pembeda tenaga neutron yang terjadi.</li> <li>• Beton dirancang dengan menggunakan mutu standar perencanaan K-225.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Intensitas awal yang terjadi tidak dianggap sama karena fluks neutron yang muncul berbeda-beda.</li> <li>• menggunakan detektor dan cadmium yang dapat membedakan tenaga neutron yang terjadi baik termal, cepat ataupun campuran (termal dan cepat).</li> <li>• Tidak dirancang berdasarkan mutu beton K-225, tetapi berdasarkan simulasi faktor air semen yang menghasilkan kerapatan beton segar tertinggi.</li> </ul>

Perbedaan juga terjadi dengan apa yang sudah dijelaskan pada sub bab 2.9.2.

Perbedaan tersebut dapat dilihat pada tabel 4.23.

Tabel 4.23 Perbedaan Standar Penelitian antara Bahan Terak dan Barit

Penelitian dengan Bahan Barit	Penelitian dengan Bahan Terak
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perencanaan campuran beton menggunakan metode ACI.</li> <li>• Tidak melakukan penelitian tentang sifat beton terhadap radiasi sinar neutron.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perencanaan campuran beton menggunakan metode Road Note No.4.</li> <li>• Melakukan penelitian sifat beton terhadap radiasi sinar neutron.</li> </ul>

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa :

1. Beton dengan kerapatan tinggi (*high density concrete*) tidak berpengaruh langsung terhadap kemampuan dalam menyerap radiasi sinar neutron. Hal ini terlihat dari hasil penelitian pada beton terak dengan kerapatan tertinggi, yaitu sekitar  $3019,9746 \text{ kg/m}^3$  tetapi mempunyai kemampuan dalam menyerap radiasi sinar neutron paling rendah dibanding dengan beton campuran yang mempunyai kerapatan sebesar  $2726,6859 \text{ kg/m}^3$  dan beton normal dengan kerapatan sebesar  $2455,0468 \text{ kg/m}^3$ .
2. Beton dengan agregat kasar terak tanur tinggi, berdasarkan berat jenisnya dapat dikategorikan sebagai beton berat. Berat jenis beton rata-rata dengan agregat terak adalah: untuk beton terak =  $3061,5019 \text{ kg m}^3$  dan beton

campuran =  $2746,0460 \text{ kg/m}^3$  yang berada diatas berat jenis beton normal yaitu sekitar  $2400 \text{ kg/m}^3$ .

3. Kuat tekan beton karakteristik tertinggi yang dicapai pada penelitian ini adalah pada beton normal yaitu sebesar  $299,8431 \text{ kg/cm}^2$ , sedangkan beton campuran mempunyai kuat tekan beton karakteristik terendah yaitu sebesar  $135,4968 \text{ kg/cm}^2$ . Untuk beton terak kuat tekan karakteristiknya sebesar  $222,3405 \text{ kg/cm}^2$ .
4. Kekuatan desak beton tidak berpengaruh langsung terhadap kemampuan dalam menyerap radiasi sinar neutron.
5. Semakin tebal beton maka makin baik kemampuan beton tersebut dalam menyerap radiasi sinar neutron.
6. bahan perisai radiasi neutron yang baik tidak dipengaruhi langsung oleh agregat dengan berat jenis besar.
7. Berdasarkan penelitian laju cacah ternyata beton terak mempunyai kemampuan yang rendah dalam menyerap radiasi neutron, hal ini ditunjukkan dengan adanya kenaikan kembali laju cacah pada ketebalan tertentu.

8. Beton campuran merupakan beton yang mempunyai kemampuan lebih tinggi dalam menyerap radiasi neutron *termal* dan neutron *campuran* (termal dan cepat).
9. Beton normal merupakan beton yang mempunyai kemampuan yang lebih tinggi dalam menyerap radiasi neutron *cepat*.
10. Perisai radiasi yang baik adalah memperhatikan adanya tampang lintang serapan yang besar dan tampang lintang hamburan yang kecil.

## 5.2 Saran

Dari hasil penelitian yang diperoleh maka disarankan :

1. Perlu adanya penelitian lebih lanjut dalam pembuatan perisai radiasi yang menggunakan bahan susun limbah dengan tidak mengabaikan sifat dari limbah itu sendiri sehingga pengelolaan barang bekas (limbah) dapat lebih efektif.
2. Perlu adanya penelitian tentang sifat-sifat beton terhadap radiasi neutron dengan menggunakan metode yang lain terutama dalam menghitung campuran adukan beton.

3. Penggunaan agregat kasar berupa terak tanur tinggi harus dikaji lebih lanjut karena terak tanur tinggi mengandung  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  kurang lebih sebesar 34,09 %, yang mungkin dapat berpengaruh pada beton.
4. Jumlah masing-masing sampel benda uji desak yang digunakan dalam penelitian diharapkan sama dan minimal 15 buah sehingga dapat menjamin keakuratan data.
5. Untuk desain plat radiasi diharapkan pada sisi 25 X 25 cm tertutup sehingga pengecoran beton dilakukan pada sisi 25 X 6 cm. Hal ini dilakukan guna lebih menjamin kerapatan beton pada sisi 25 X 25 cm (sisi muka yang menerima sinar neutron) sehingga letak beton saat penyinaran dalam kondisi tanpa celah diantara masing-masing ketebalan.

## DAFTAR PUSTAKA

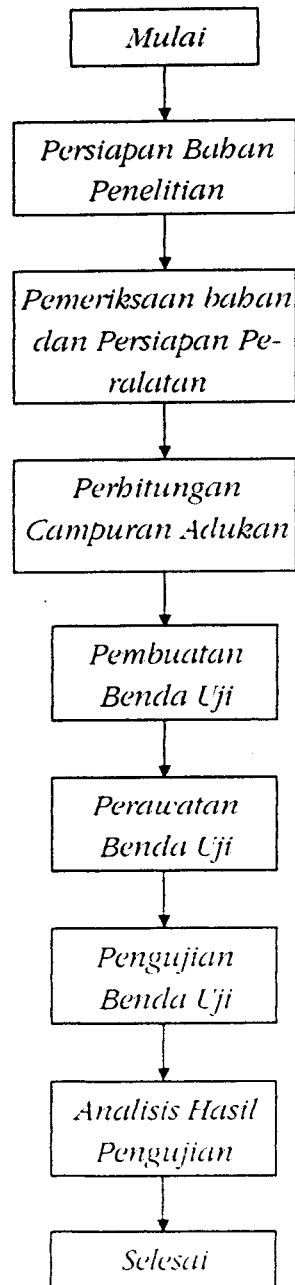
1. \_\_\_\_\_, 1979, PERATURAN BETON BERTULANG INDONESIA 1971 NI-2, Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jendral Cipta Karya, Yayasan LPMB, Bandung.
2. \_\_\_\_\_, 1991, TATA CARA PERHITUNGAN STRUKTUR BETON UNTUK BETON SK-SNI, Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jendral Cipta Karya, Yayasan LPMB, Bandung.
3. \_\_\_\_\_, 1992, PETUNJUK PRAKTIKUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK, LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan UII, Yogyakarta.
4. Didin Nasiruddin, 1994, RADIOGRAFI GAMMA DAN PENGUKURAN TAMPANG LINTANG TOTAL MAKROSKOPIS NEUTRON BAHAN DENGAN MENGGUNAKAN BEAMPORT REAKTOR KARTINI, BATAN, Yogyakarta.
5. Essy Ariyuni, 1994, Makalah Seminar BARIT SEBAGAI AGREGAT KASAR UNTUK CAMPURAN BETON TAHAN RADIASI, Yogyakarta.
6. Gideon Kusuma, 1993, PEDOMAN Pengerjaan Beton Berdasarkan SKSNI T-15-1991-03, Penerbit Erlangga.
7. Kardiyono Tjokrodimulyo, 1992, TEKNOLOGI BETON, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
8. Murdoch, L. J Brook, K. M. 1986, BAHAN DAN PRAKTEK BETON, edisi keempat. Erlangga. Jakarta.
9. Muhammad Ridwan, 1978, PENGANTAR ILMU PENGETAHUAN DAN TEKNOLOGI NUKLIR, Badan Tenaga Atom Nasional. Jakarta.



10. Krishna Raju, N, M, 1983, DESIGN OF CONCRETE MIXES, CBS, Publisher and Distributors, India.
11. RA, Yudianingtyas, 1996, Penelitian laboratorium ANALISIS DAYA SERAP BETON TERHADAP RADIASI SINAR NEUTRON, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
12. Suroto, Sunarto, 1996, PENGGUNAAN LIMBAH TERAK TANUR TINGGI SEBAGAI BAHAN PENGGANTI AGGREGAT KASAR PADA BETON, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
13. Wang, Chu Kia, Salmon, Charles G, 1993, DESAIN BETON BERTULANG, Edisi Keempat Jilid I, Penerbit Erlangga.
14. Yulizar yacob, Y. Gunawan A, 1987, PENUNTUN PRAKTIS PRAKTIKUM PADA LABORATORIUM TEKNIK SIPIL, Penerbit Intermedia.
15. \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, Kumpulan Proteksi Radiasi Tingkat Teknisi, Pusdiklat, BATAN, Yogyakarta.

LAMPIRAN  
**TUGAS AKHIR**

## DIAGRAM ALIR PENELITIAN



**1. Pemeriksaan Bahan Batuan**

**1.1 Pemeriksaan Agregat Halus (Pasir)**

**a. Cara dan Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur dalam Pasir.**

- ◆ Mengambil pasir kering oven yang lolos saringan 4,75 mm dan seberat 100 gram ( $W_1$ ).
- ◆ Pasir dimasukkan kedalam gelas ukur 250 cc kemudian menuangkan air kedalamnya sehingga tinggi air mencapai 12 cm diatas permukaan pasir. Campuran tersebut dikocok sebanyak 10 kali, kemudian air yang kotor dibuang. Diusahakan tidak ada butiran yang terbang saat membuang air kotor.
- ◆ Pasir yang telah dicuci dituangkan dalam pan alumunium, air yang terbawa diambil dengan mempergunakan pipet. Pasir tersebut dimasukkan kedalam oven dengan suhu 120°C selama 24 jam.
- ◆ Pasir dari oven dimasukkan kedalam desikator untuk mendapatkan suhu kamar, kemudian pasir ditimbang beratnya ( $W_2$ ) gram.
- ◆ Prosentase kandungan lumpur diperoleh dengan rumus :

$$L = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100 \%$$

Tabel. Hasil Uji kandungan lumpur pasir

Pasir Terak	Pasir Sungai
$W_1 = 100 \text{ gram}$ $W_2 = 98,25 \text{ gram}$ $L = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100 \%$	$W_1 = 100 \text{ gram}$ $W_2 = 97,01 \text{ gram}$ $L = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100 \%$
$L = \frac{100 - 98,25}{100} \times 100 \% = 1,75 \% < 5 \%$	$L = \frac{100 - 97,01}{100} \times 100 \% = 2,99 \%$

**b. Cara Pengujian Gradasi Agregat Halus (Pasir)**

- ◆ Menyiapkan agregat halus sebanyak 1000 gram.
- ◆ Memasang ayakan sesuai dengan urutan, yaitu 9.5 mm, 4.75 mm, 2.36 mm, 1.18 mm, 0.85 mm, 0.3 mm, 0.15 mm.
- ◆ Menuangkan contoh agregat halus (pasir) kedalam ayakan teratas dan menutupnya rapat.
- ◆ Menggoyangkan set ayakan dengan mesin selama  $\pm 15$  menit.
- ◆ Menimbang dan mencatat jumlah butiran agregat yang tertahan pada masing-masing saringan.

**c. Penelitian Berat Jenis Agregat Halus (Pasir Terak)**

- ◆ Menyiapkan agregat halus yang telah dioven pada suhu 105-110 °C.
- ◆ Mendinginkan agregat dalam suhu ruang, kemudian merendam kedalam air selama 24 jam.
- ◆ Membuang air perendam dan menjaga supaya tidak ada butiran yang terbang, Menuangkan agregat kedalam talam dan mengeringkan pada udara panas dengan cara dibalik-balikkan hingga kering permukaan jenuh.
- ◆ Memeriksa keadaan kering permukaan jenuh dengan cara memasukkan kedalam kerucut terpancung dan memadatkan dengan menumbuk sebanyak 25 kali. Keadaan permukaan jenuh adalah apabila saat kerucut tersebut diangkat, benda uji runtuh namun masih dalam keadaan tercetak.
- ◆ Mengambil pasir dalam keadaan SSD sebanyak 500 gram (C) dan memasukkan kedalam picnometer dan mengisinya dengan air suling hingga 90 % isi picnometer. Picnometer diputar dan digoncangkan hingga tidak terlihat gelembung udara didalamnya.

- ◆ Picnometer didiamkan selama 24 jam.
- ◆ Menimbang picnometer berisi air dan benda uji tersebut (BT). BT = 1021 gram
- ◆ Mengeluarkan dan mengeringkan agregat dari picnometer dan mengeringkan dalam oven pada suhu 105-110 °C selama 24 jam.
- ◆ Mengeluarkan dan menimbang benda uji (BK). BK = 486 gram.
- ◆ Menimbang picnometer berisi air (B). B = 667 gram.
- ◆ Berat jenis diperoleh dengan rumus :

$$\begin{aligned} \text{BJ SSD}_{\text{terak}} &= \frac{500}{B + 500 - BT} \\ &= \frac{500}{667 + 500 - 1021} \\ &= 3,425 \end{aligned}$$



**LABORATORIUM JALAN RAYA**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII**  
Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta 55584

**PEMERIKSAAN**  
**BERAT JENIS AGREGAT HALUS**

Contoh dari : PT. KRAKATAU STEEL Diperiksa Oleh :  
Jenis Contoh : Kerak Tanur Tinggi (Halus)  
Diperiksa tgl : 22 Januari 1997

KETERANGAN	BENDA UJI	
	I	II
BERAT BENDA UJI DALAM KEADAAN BASAH JENUH (SSD)	500	
BERAT VICNOMETER + AIR ( B )	667	
BERAT VICNOMETER + AIR + BENDA UJI (BT)	1021	
BERAT SAMPE KERING OVEN (BK)	486	
BERAT JENIS = $\frac{BK}{(B + 500 - BT)}$	3,3287	
BERAT SSD = $\frac{500}{(B + 500 - BT)}$	3,4246	
BJ SEMU = $\frac{BK}{(B + BK - BT)}$	3,6818	
PENYERAPAN = $\frac{(500 - BK)}{(BK)} \times 100 \%$	2,8806	

Yogyakarta, 23 Januari 1997



*Subarkah MT.*

**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK**  
Jalan Kaliurang Km. 14,4 telp. 895707 Yogyakarta

**PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT HALUS**

Nama benda uji : Pasir.....  
Asal : Krasak.....  
Keperluan : Penelitian.....  
Diterima tgl. : 20 Januari 1997.....  
Diperiksa tgl : 21 Januari 1997.....  
Oleh : 1. Hermawan.....  
2. Tuniek.....

KETERANGAN	BENDA UJI	
	I	II
Berat benda uji SSD (B ssd) gram	.....500.....	.....
Berat kering oven (Bk) gram	.....487.....	.....
Volume air pertama (V <sub>1</sub> )*	.....644.....	.....
Volume air kedua (V <sub>2</sub> )*	.....832.....	.....
B k Bj bk = $\frac{B k}{(V_2 - V_1)}$	.....2,59.....	.....
B ssd Bj ssd = $\frac{B ssd}{(V_2 - V_1)}$	.....2,66.....	.....

\*. Gelas ukur kapasitas 1000 cc

Yogyakarta, 21 Januari 1997  
.....  
.....  
FAKULTAS TEKNIK LAB. BKT



## 1.2 Pemeriksaan Agregat Kasar

### a. Cara dan Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur dalam Kerikil (Agregat Kasar).

- ◆ Mengambil kerikil kering oven yang lolos saringan 19,00 mm dan tertahan saringan 4,75 mm dan seberat 100 gram ( $W_1$ ).
- ◆ Kerikil dimasukkan kedalam gelas ukur 250 cc kemudian menuangkan air kedalamnya sehingga tinggi air mencapai 12 cm diatas permukaan kerikil. Campuran tersebut dikocok sebanyak 10 kali, kemudian air yang kotor dibuang. Diusahakan tidak ada butiran yang terbuang saat membuang air kotor.
- ◆ Kerikil yang telah dicuci dituangkan dalam pan alumunium, air yang terbawa diambil dengan mempergunakan pipet. Pasir tersebut dimasukkan kedalam oven dengan suhu 120°C selama 24 jam.
- ◆ Kerikil dari oven dimasukkan kedalam desikator untuk mendapatkan suhu kamar, kemudian pasir ditimbang beratnya ( $W_2$ ) gram.
- ◆ Prosentase kandungan lumpur diperoleh dengan rumus :

$$L = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100 \%$$

Tabel. Hasil Uji kandungan lumpur pasir

Kerikil Terak	Kerikil Sungai
$W_1 = 100 \text{ gram}$ $W_2 = 99,95 \text{ gram}$ $L = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100 \%$	$W_1 = 100 \text{ gram}$ $W_2 = 99,93 \text{ gram}$ $L = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100 \%$
$L = \frac{100 - 99,95}{100} \times 100 \% = 0,05 \% < 1 \%$	$L = \frac{100 - 99,93}{100} \times 100 \% = 0,07 \%$

### b. Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk mengetahui berat jenis (bulk), berat jenis kering permukaan jenuh (SSD), berat jenis semu dan penyerapan air terhadap agregat kasar.

Tahap pelaksanaan pemeriksaan adalah :

- ◆ Mencuci benda uji untuk menghilangkan debu dan bahan lain yang melekat di permukaan.
- ◆ Mengeringkan benda uji dalam oven dengan suhu 105° C.
- ◆ Mendinginkan benda uji pada suhu kamar selama 1 - 3 jam.
- ◆ Menimbang benda uji kering oven ( $B_k$ ) = 1828 gram.
- ◆ Merendam benda uji dalam air selama 24 jam.
- ◆ Mengeluarkan benda uji dari rendaman air. Benda uji dilap hingga selaput air pada permukaan hilang (SSD).
- ◆ Menimbang benda uji dalam kondisi SSD ( $B_j$  = 1839 gram). Keranjang untuk penimbangan digoncang-goncang untuk mengeluarkan udara yang terserap.
- ◆ Menimbang benda uji + air ( $B_a$  = 1330 gram).
- ◆ Menentukan berat jenis SSD terak tanur, yang diperoleh dengan rumus :

$$B_{JSSD} = \frac{B_j}{B_j - B_a} = 3,61$$

### c. Pemeriksaan Absorpsi Agregat Kasar

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui absorpsi agregat. Langkah-langkah pemeriksaan absorpsi agregat kasar adalah sebagai berikut :

- ◆ Menimbang agregat kasar sebanyak  $A_s$  gram.

- ◆ Agregat kasar dimasukkan kedalam oven selama 24 jam dengan suhu 105° Celcius.
- ◆ Mengeluarkan agregat kasar dari oven
- ◆ Menimbang agregat kasar setelah dioven ( $B_o$ )

Penyerapan (absorpsi) agregat kasar dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{Absorpsi} = \frac{(A_s - B_o)}{B_o} \times 100 \%$$

<b>TERAK TANUR TINGGI</b>	<b>KERIKIL</b>
$A_s = 1839 \text{ gram}, B_o = 1828 \text{ gram}$	$A_s = 815 \text{ gram}, B_o = 795 \text{ gram}$
$\text{Absorpsi}_{\text{terak}} = \frac{A_s - B_o}{B_o} \times 100 \%$	$\text{Absorpsi}_{\text{split}} = \frac{A_s - B_o}{B_o} \times 100 \%$
$\text{Absorpsi}_{\text{terak}} = 0,60 \%$	$\text{Absorpsi}_{\text{split}} = 2,52 \%$



**LABORATORIUM JALAN RAYA**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII**  
Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta 55584

**PEMERIKSAAN**  
**BERAT JENIS AGREGAT KASAR**

Contoh dari : PT. KRAKATAU STEEL Diperiksa Oleh :  
Jenis Contoh : Kerak Tanur Tinggi ( Kasar )  
Diperiksa tgl : 22 Januari 1997

KETERANGAN	BENDA UJI	
	I	II
BERAT BENDA UJI DALAMKEADAAN BASAH JENUH (SSD) → (BJ)	1839	
BERAT BENDA UJI DIDALAM AIR → (BA)	1330	
BERAT SAMPE KERING OVEN (BK)	1828	
BERAT JENIS (BLUK) = $\frac{BK}{(BJ - BA)}$	3,5913	
BERAT SSD = $\frac{BJ}{(BJ - BA)}$	3,6129	
BJ SEMU = $\frac{BK}{(BK - BA)}$	3,6706	
PENYERAPAN = $\frac{(BJ - BK)}{BK} \times 100\%$	0,60175	

Yogyakarta, 23 Januari 1997



Subarkah MT.

**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK**  
**Jalan Kaliurang Km. 14,4 telp. 895707 Yogyakarta**

**PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR**

Nama benda uji : KERIKIL.....  
Asal : KRASAK.....  
Keperluan : PENELITIAN.....  
Diterima tgl. : 20 Januari 1997.....  
Diperiksa tgl : 21 Januari 1997.....  
Oleh : 1. Hermawan....  
2. Tuniek.....

KETERANGAN	BENDA UJI	
	I	II
Berat benda uji SSD (B <sub>ssd</sub> )	....815....	.....
Berat kering oven (B <sub>k</sub> )	....790....	.....
Volume air pertama (V <sub>1</sub> )*	....460....	.....
Volume air kedua (V <sub>2</sub> )*	....765....	.....
B <sub>k</sub> Bj bk = $\frac{B_k}{(V_2 - V_1)}$	....2,61....	.....
B <sub>ssd</sub> Bj ssd = $\frac{B_{ssd}}{(V_2 - V_1)}$	....2,67....	.....

\*. Gelas ukur kapasitas 1000 cc

LABO Yogyakarta, 21 Januari 1997  
LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK UILAB. BKT

#### d. Pemeriksaan Ketahanan Terhadap Aus Terak Tanur Tinggi

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui daya tahan agregat terhadap aus. Pengujian ini mempergunakan mesin *Los Angeles Rattler Test* di Laboratorium Jalan Raya, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. Alat ini dilengkapi dengan sepuluh buah bola baja dengan diameter rata-rata 4,66 mm, dengan berat antara 390 hingga 445 gram.

Tahap pelaksanaan pemeriksaan adalah :

- ◆ Menyiapkan agregat kasar (kerak tanur tinggi) sebanyak 5000 gram (A), yang berasal dari agregat yang tertahan saringan ukuran 12,5 mm dan 9,5 mm masing-masing seberat 2500 gram.
- ◆ Memasukkan agregat kasar kedalam mesin *Los Angeles*.
- ◆ Mesin diputar dengan kecepatan 30-33 rpm sebanyak 500 putaran.
- ◆ Mengeluarkan agregat dari mesin *Los Angeles* dan melakukan penyaringan dengan saringan No. 12. Menimbang butiran agregat yang tertahan saringan No. 12 (B).
- ◆ Ketahanan terhadap aus diperoleh dengan rumus :

$$\text{Ketahanan Aus} = \frac{A - B}{A} \times 100 \%$$

Tabel. Hasil Test Abrasi

Hasil Pemeriksaan Keausan Agregat (Abrasi Test)	
Abrasi Terak	Abrasi Kerikil
12,38 %	21,46 %



**LABORATORIUM JALAN RAYA**  
JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
Jl. Demangan Baru No. 24 Telepon (0274) 5490 Yogyakarta 55281

**PEMERIKSAAN KEAUSAN AGREGAT (ABRASION TEST)  
AASHTO T 96 - 77**

Contoh dari : Sungai Krasak DKERJAKAN OLEH : \_\_\_\_\_  
 Jenis Contoh : Batu Pecah DIPERIKSA : \_\_\_\_\_  
 DI TEST TANGGAL 20 Nopember 1996  
 Untuk Proyek : Penelitian / Tugas Akhir

JENIS GRADASI SARINGAN		BENDA UJI	
LOLOS	TERTAHAN	I	II
72,2 mm (3")	63,5 mm (2,5")		
63,5 mm (2,5")	50,8 mm (2")		
50,8 mm (2")	37,5 mm (1,5")		
37,5 mm (1,5")	25,4 mm (1")		
25,4 mm (1")	19,0 mm (3/4")		
19,0 mm (3/4")	12,5 mm (0,5")	2500	
12,5 mm (0,5")	09,5 mm (3/8")	2500	
09,5 mm (3/8")	06,3 mm (1/4")		
06,3 mm (1/4")	4,75 mm (No 4)		
4,75 mm (No 4)	2,36 mm (No 8)		
JUMLAH BENDA UJI (A)		5000	
JUMLAH TERTAHAN DI SIEVE 12(B)		3927	
KEAUSAN = $\frac{(A - B)}{A} \times 100 \%$		21,46 %	

Yogyakarta, 20 Nopember 19 96  
Kepala Lab. Jalan Raya FT. UII



*Miftahul Fauziah*  
Miftahul Fauziah.



**LABORATORIUM JALAN RAYA**  
JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
Jl. Demangan Baru No. 24 Telepon (0274) 5490 Yogyakarta 55281

**PEMERIKSAAN KEAUSAN AGREGAT (ABRASIVE TEST)  
A A S H T O T 96 - 77**

Contoh dari : PT. KRAKATAU STEEL DKERJAKAN OLEH : \_\_\_\_\_  
 Jenis Contoh : SLAG \_\_\_\_\_  
 DI TEST TANGGAL : 20 Nopember 1996 DIPERIKSA : \_\_\_\_\_  
 Untuk Proyek : Penelitian / Tugas Akhir

JENIS GRADASI		BENDA UJI	
SARINGAN		I	II
LOLOS	TERTAHAN		
72,2 mm (3")	63,5 mm (2,5")		
63,5 mm (2,5")	50,8 mm (2")		
50,8 mm (2")	37,5 mm (1,5")		
37,5 mm (1,5")	25,4 mm (1")		
25,4 mm (1")	19,0 mm (3/4")		
19,0 mm (3/4")	12,5 mm (0,5")	2500	
12,5 mm (0,5")	09,5 mm (3/8")	2500	
09,5 mm (3/8")	06,3 mm (1/4")		
06,3 mm (1/4")	4,75 mm (No 4)		
4,75 mm (No 4)	2,38 mm (No 8)		
JUMLAH BENDA UJI (A)		5000	
JUMLAH TERTAHAN DI SIEVE 12(B)		4381	
KEAUSAN = $\frac{(A - B)}{A} \times 100 \%$		12,38 %	

Yogyakarta, 20 Nopember 1996  
Kepala Lab. Jalan Raya FT. UII



*Miftahul Fauziah*  
Miftahul Fauziah.



DIREKTORAT JENDERAL GEOLOGI DAN SUMBERDAYA MINERAL  
**DIREKTORAT VULKANOLOGI**  
SEKSI PENYELIDIKAN GUNUNG MERAPI  
Jl. Cendana No. 15, telp. (0274) 514180 - 514192, Fax. 563630 Yogyakarta-55166

LABORATORIUM GEOKIMIA

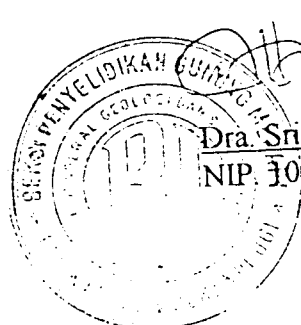
Bentuk Contoh  
Asal Contoh  
Pengirim Contoh  
No. Analisa

: Terak  
: Cilegon  
: Tuniek E. Barassitah  
: 12/24/LK/1996

HASIL ANALISIS KIMIA  
(Dalam satuan % berat)

UNSUR	Limbah Terak
SiO <sub>2</sub>	14,49
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,19
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	34,09
FeO	0,06
CaO	28,60
MgO	13,04
Na <sub>2</sub> O	0,10
K <sub>2</sub> O	0,04
MnO	1,80
TiO <sub>2</sub>	2,08
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,96
H <sub>2</sub> O	0,01
HD	0,52

Yogyakarta, 10 Desember 1996  
Lab. Geokimia,

  
Dra. Sri Sumarti  
NIP. 300010425

DESIGN BETON NORMAL PERISAI RADIASI DENGAN METODE "ROAD NOTE NO.4"

Perhitungan berdasarkan simulasi faktor air semen yang menghasilkan kerapatan beton segar tertinggi.

Bahan : Pasir sungai; kerikil sungai

Bentuk agregat : Rounded/bulat

Berat jenis pasir = 2,66

Berat jenis kerikil = 2,67

Berat jenis semen = 3,15

⊗ **Fas = 0,35** maka nilai **A/C = 3,0** ⊗

Perhitungan berdasar perbandingan berat :

Semen	:	Pasir	:	Kerikil	:	Air
1	:	$3 \times 35 / 100 = 1,05$	:	$3 \times 65 / 100 = 1,95$	:	0,35

Perhitungan berdasar perbandingan volume :

Semen	:	Pasir	:	Kerikil	:	Air
1	:	$1,05 \times 1614 / 1737 = 0,98$	:	$1,95 \times 1614 / 1543 = 2,20$	:	0,35

Kebutuhan bahan tiap m<sup>3</sup> beton berdasarkan perbandingan berat adalah :

$$(C/3,15E3) + (1,05C/2,66E3) + (1,95C/2,67E3) + (0,35C/1E3) = 1, \text{ maka } C = 557,8694 \text{ kg}$$

Semen : = 557,8694 kg

Pasir : 1,05 X C = 585,7629 kg

Kerikil : 1,95 X C = 1087,8453 kg

Air : 0,35 X C = 195,2543 kg

**Density fresh concrete = 2426,7319 kg**

⊗ **Fas = 0,40** maka nilai **A/C = 4,2** ⊗

Perhitungan berdasar perbandingan berat :

Semen	:	Pasir	:	Kerikil	:	Air
1	:	$4,2 \times 35 / 100 = 1,47$	:	$4,2 \times 65 / 100 = 2,73$	:	0,40

Kebutuhan bahan tiap m<sup>3</sup> beton berdasarkan perbandingan berat adalah :

$$(C/3,15E3) + (1,47C/2,66E3) + (2,73C/2,67E3) + (0,40C/1E3) = 1, \text{ maka } C = 436,1929 \text{ kg}$$

Semen : = 436,1929 kg

Pasir : 1,47 X C = 641,2035 kg

Kerikil : 2,73 X C = 1190,8066 kg

Air : 0,40 X C = 174,4772 kg

**Density fresh concrete = 2442,6801 kg**

⊗ **Fas = 0,45** maka nilai **A/C = 5,3** ⊗

Perhitungan berdasar perbandingan berat :

Semen	:	Pasir	:	Kerikil	:	Air
1	:	$5,3 \times 35 / 100 = 1,86$	:	$5,3 \times 65 / 100 = 3,45$	:	0,45

Kebutuhan bahan tiap m<sup>3</sup> beton berdasarkan perbandingan berat adalah :

$$(C/3,15E3) + (1,86C/2,66E3) + (3,45C/2,67E3) + (0,45C/1E3) = 1, \text{ maka } C = 362,4708 \text{ kg}$$

Semen : = 362,4708 kg

Pasir : 1,86 X C = 674,1956 kg  
Kerikil : 3,45 X C = 1250,5241 kg  
Air : 0,45 X C = 163,1118 kg  
**Density fresh concrete = 2450,3023 kg**

⊗ Fas = 0,50 maka nilai A/C = 6,3 ⊗

Perhitungan berdasar perbandingan berat :

Semen : Pasir : Kerikil : Air  
1 : 6,3X35/100=2,21 : 6,3X65/100=4,10 : 0,50

Kebutuhan bahan tiap m<sup>3</sup> beton berdasarkan perbandingan berat adalah :

$(C/3,15E3)+(2,21C/2,66E3)+(4,10C/2,67E3)+(0,50C/1E3) = 1$ , maka C = 314,0834 kg

Semen : = 314,0834 kg  
Pasir : 2,21 X C = 694,1273 kg  
Kerikil : 4,10 X C = 1287,7419 kg  
Air : 0,50 X C = 157,0417 kg  
**Density fresh concrete = 2452,9914 kg**

⊗ Fas = 0,55 maka nilai A/C = 7,3 ⊗

Perhitungan berdasar perbandingan berat :

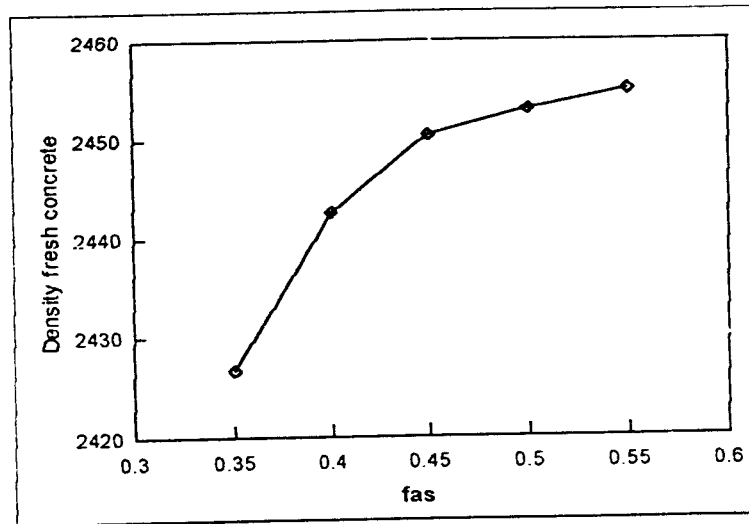
Semen : Pasir : Kerikil : Air  
1 : 7,3X35/100=2,56 : 7,3X65/100=4,75 : 0,55

Kebutuhan bahan tiap m<sup>3</sup> beton berdasarkan perbandingan berat adalah :

$(C/3,15E3)+(2,56C/2,66E3)+(4,75C/2,67E3)+(0,55C/1E3) = 1$ , maka C = 277,0933 kg

Semen : = 277,0933 kg  
Pasir : 2,56 X C = 709,3589 kg  
Kerikil : 4,75 X C = 1316,1933 kg  
Air : 0,55 X C = 152,4013 kg  
**Density fresh concrete = 2455,0468 kg**

Keterangan : nilai A/C diperoleh berdasarkan lampiran D-21



Grafik hubungan fas dan density fresh concrete  
(bahan pasir sungai dan kerikil sungai)

Berdasar grafik maka fas yang dipakai = 0,55 dengan rincian kebutuhan bahan tiap  $m^3$  beton sebagai berikut:  
Semen = 277,0933 kg, pasir = 709,3589 kg, kerikil = 1316,1933 kg dan air = 152,4013 kg serta kerapatan beton segar = 2455,0468 kg.

A. Kebutuhan cetakan Kubus

- Menghitung kebutuhan agregat halus (pasir sungai) yang dapat ditahan oleh masing-masing jenis ukuran ayakan.

Diketahui ukuran satu kubus =  $0,15 \times 0,15 \times 0,15 = 3,375 \cdot 10^{-3} m^3$

1  $m^3$  beton membutuhkan 709358,9 gram pasir maka untuk  $3,375 \cdot 10^{-3} m^3$  membutuhkan 2394,0863 gram pasir, sehingga kebutuhan tiap ayakan seperti terlihat pada tabel-tabel berikut.

Tabel Kebutuhan pasir untuk tiap ukuran ayakan

No.	ayakan (mm)	Berat Tertahan	
		Gram	Persen
1.	4,75	-	-
2.	2,36	191,5269	8
3.	1,18	167,5860	7
4.	0,60	646,4033	27
5.	0,30	933,6937	39
6.	0,15	383,0538	16
7.	Pan	71,8226	3
	Jumlah	2394,0863	100

Tabel Kebutuhan tiap ayakan setelah ditambah 10 % dari jumlah bahan

No.	ayakan (mm)	Berat Tertahan (Gram)
1.	4,75	-
2.	2,36	210,6796
3.	1,18	184,3446
4.	0,60	711,0436
5.	0,30	1027,0631
6.	0,15	421,3592
7.	Fan	79,0049
	Jumlah	2633,4949

Tabel Kebutuhan total pasir untuk 15 buah kubus

No.	ayakan (mm)	Berat Tertahan (Gram)
1.	4,75	-
2.	2,36	3160,194
3.	1,18	2765,169
4.	0,60	10665,654
5.	0,30	15405,9465
6.	0,15	6320,388
7.	Fan	1185,0735
	Jumlah	39502,4235

2. Kebutuhan agregat kasar (Kerikil sungai)

Volume satu kubus =  $3,375 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$  .  $1 \text{ m}^3$  membutuhkan 1316193,3 gram kerikil, sehingga  $3,375 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$  memerlukan 4442,1524 gram kerikil. Jadi kebutuhan tiap ukuran ayakan seperti terlihat pada tabel berikut.

Tabel Kebutuhan kerikil untuk tiap ukuran ayakan

No.	ayakan (mm)	Berat Tertahan	
		Gram	Persen
1.	19,0	-	-
2.	9,5	2665,2914	60
3.	4,75	1186,0547	26,7
4.	2,36	590,8063	13,3
5.	1,16	-	-
6.	0,60	-	-
7.	0,30	-	-
8.	0,15	-	-
	Jumlah	4442,1524	100

Tabel Kebutuhan tiap ayakan setelah ditambah 10 % dari jumlah bahan

No.	ayakan (mm)	Berat Tertahan (Gram)
1.	19,0	-
2.	9,5	2931,8205
3.	4,75	1304,6602
4.	2,36	649,8869
5.	1,18	-
6.	0,60	-
7.	0,30	-
8.	0,15	-

	Jumlah	4886,3676
--	--------	-----------

Tabel Kebutuhan total kerikil untuk 15 buah kubus

No.	ayakan (mm)	Berat Tertahan (Gram)
1.	19,0	-
2.	9,5	43977,3075
3.	4,75	19569,903
4.	2,36	9748,3035
5.	1,18	-
6.	0,60	-
7.	0,30	-
8.	0,15	-
	Jumlah	73295,514

3. Kebutuhan semen:  $3,375 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \times 277,0933 \text{ kg} = 935,1899 \text{ gram}$ . Untuk 15 sampel =  $15 \times (935,1899 + 10\% \cdot 935,1899) = 15430,6334 \text{ gram}$ .

4. Kebutuhan air:  $3,375 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \times 152,4031 \text{ kg} = 514,3544 \text{ gram}$ . Untuk 15 sampel =  $15 \times (514,3544 + 10\% \cdot 514,3544) = 8486,8476 \text{ gram}$ .

B. Kebutuhan cetakan plat radiasi

Ukuran satu plat =  $0,25 \times 0,25 \times 0,06 = 3,75 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ .

1. Kebutuhan pasir :

$1 \text{ m}^3$  pasir membutuhkan 709358,9 gram maka  $3,75 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$  membutuhkan 2660,0959 gram, sehingga kebutuhan tiap ayakan terlihat pada tabel berikut.

Tabel Kebutuhan pasir untuk tiap ukuran ayakan

No.	ayakan (mm)	Berat Tertahan	
		Gram	Persen
1.	4,75	-	-
2.	2,36	212,8077	8
3.	1,18	186,2067	7
4.	0,60	718,2259	27
5.	0,30	1037,4374	39
6.	0,15	425,6153	16
7.	Pan	79,8029	3
	Jumlah	2660,0959	100

Tabel Kebutuhan tiap ayakan setelah ditambah 10 % dari jumlah bahan

No.	ayakan (mm)	Berat Tertahan (Gram)
1.	4,75	-
2.	2,36	234,0885
3.	1,18	204,8274
4.	0,60	790,0485
5.	0,30	1141,7811
6.	0,15	468,1768
7.	Pan	87,7832
	Jumlah	2962,1055

Tabel Kebutuhan total pasir untuk 6 buah kubus

No.	ayakan (mm)	Berat Tertahan (Gram)
1.	4,75	-
2.	2,36	3511,3275
3.	1,18	1228,9644
4.	0,60	4740,2910
5.	0,30	6847,0866
6.	0,15	2809,0608
7.	Fan	526,6992
	Jumlah	17556,633

2. Kebutuhan agregat kasar (Kerikil sungai)

Volume satu plat=  $3,75 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ ,  $1 \text{ m}^3$  membutuhkan 1316193,3 gram kerikil, sehingga  $3,75 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$  memerlukan 4935,5725 gram kerikil. Jadi kebutuhan tiap ukuran ayakan seperti terlihat pada tabel berikut.

Tabel Kebutuhan kerikil untuk tiap ukuran ayakan

No.	ayakan (mm)	Berat Tertahan	
		Gram	Persen
1.	19,0	-	-
2.	9,5	2961,3435	60
3.	4,75	1317,7979	26,7
4.	2,36	656,4311	13,3
5.	1,16	-	-
6.	0,60	-	-
7.	0,30	-	-
8.	0,15	-	-
	Jumlah	4935,5725	100

Tabel Kebutuhan tiap ayakan setelah ditambah 10 % dari jumlah bahan

No.	ayakan (mm)	Berat Tertahan (Gram)
1.	19,0	-
2.	9,5	3257,4779
3.	4,75	1449,5777
4.	2,36	772,0742
5.	1,18	-
6.	0,60	-
7.	0,30	-
8.	0,15	-
	Jumlah	5429,1298

Tabel Kebutuhan total kerikil untuk 6 buah plat

No.	ayakan (mm)	Berat Tertahan (Gram)
1.	19,0	-
2.	9,5	19544,8674
3.	4,75	8697,4662
4.	2,36	4632,4452
5.	1,18	-
6.	0,60	-
7.	0,30	-
8.	0,15	-

	Jumlah	32874,7788
--	--------	------------

3. Kebutuhan semen:  $3,75 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \times 277,0933 \text{ kg} = 1039,0999 \text{ gram}$ . Untuk 6 sampel =  $6 \times (1039,0999 + 10\% \cdot 1039,0999) = 1143,0099 \text{ gram}$ .
4. Kebutuhan air:  $3,75 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \times 152,4013 \text{ kg} = 571,5049 \text{ gram}$ . Untuk 6 sampel =  $6 \times (571,5049 + 10\% \cdot 571,5049) = 3771,9323 \text{ gram}$ .

DESIGN BETON TERAK PERISAI RADIASI DENGAN METODE "ROAD NOTE NO.4"

Perhitungan berdasarkan simulasi faktor air semen yang menghasilkan kerapatan beton segar tertinggi.

Bahan : Pasir terak; kerikil terak.

Bentuk agregat : Irregular/tidak teratur.

Berat jenis pasir terak = 3,425

Berat jenis kerikil terak = 3,613

Berat jenis semen = 3,15

⊗ **Fas = 0,35** maka nilai **A/C = 2,6** ⊗

Perhitungan berdasar perbandingan berat :

Semen	: Pasir	: Kerikil	: Air
1	: $2,6 \times 35 / 100 = 0,91$	: $2,6 \times 65 / 100 = 1,69$	: 0,35
1	: $0,91 \times 3,425 / 2,7 = 1,1544$	: $1,69 \times 3,613 / 2,7 = 2,2615$	: 0,35

Kebutuhan bahan tiap  $\text{m}^3$  beton berdasarkan perbandingan berat adalah :

$(C/3,15E3) + (1,1544C/3,425E3) + (2,2615C/3,613E3) + (0,35C/1E3) = 1$ , maka  $C = 612,8405 \text{ kg}$

Semen : = 613,5292 kg

Pasir :  $1,15 \times C = 705,5586 \text{ kg}$

Kerikil :  $2,26 \times C = 1386,5760 \text{ kg}$

Air :  $0,35 \times C = 214,7352 \text{ kg}$

**Density fresh concrete = 2920,3990  $\text{kg}/\text{m}^3$**

⊗ **Fas = 0,40** maka **A/C = 3,4** ⊗

Perhitungan berdasar perbandingan berat :

Semen	: Pasir	: Kerikil	: Air
1	: $3,4 \times 35 / 100 = 1,19$	: $3,4 \times 65 / 100 = 2,21$	: 0,40
1	: $1,19 \times 3,425 / 2,7 = 1,51$	: $2,21 \times 3,613 / 2,7 = 2,95$	: 0,40

Kebutuhan bahan tiap  $\text{m}^3$  beton berdasarkan perbandingan berat adalah :

$(C/3,15E3) + (1,51C/3,425E3) + (2,95C/3,613E3) + (0,40C/1E3) = 1$ , maka  $C = 506,3629 \text{ kg}$

Semen : = 506,3629 kg

Pasir :  $1,51 \times C = 764,6080 \text{ kg}$

Kerikil :  $2,95 \times C = 1493,7707 \text{ kg}$

Air :  $0,40 \times C = 202,5452 \text{ kg}$

**Density fresh concrete = 2967,2868  $\text{kg}/\text{m}^3$**

⊗ **Fas = 0,45** maka nilai **A/C = 4,1** ⊗

Perhitungan berdasar perbandingan berat :

Semen	: Pasir	: Kerikil	: Air
-------	---------	-----------	-------



$$1 : 4,1 \times 35 / 100 = 1,44 \quad : \quad 4,1 \times 65 / 100 = 2,67 \quad : \quad 0,45$$

$$1 : 1,44 \times 3,425 / 2,7 = 1,83 \quad : \quad 2,67 \times 3,613 / 2,7 = 3,57 \quad : \quad 0,45$$

Kebutuhan bahan tiap m<sup>3</sup> beton berdasarkan perbandingan berat adalah :

$$(C/3,15E3) + (1,83C/3,425E3) + (3,57C/3,613E3) + (0,45C/1E3) = 1, \text{ maka } C = 436,6988 \text{ kg}$$

Semen	:		=	436,6988 kg
Pasir	:	1,83 X C	=	799,1589 kg
Kerikil	:	3,57 X C	=	1559,0148 kg
Air	:	0,45 X C	=	196,5145 kg
<b>Density fresh concrete</b>			=	<b>2991,3870 kg/m<sup>3</sup></b>

⊗ Fas = 0,50 maka nilai A/C = 4,8 ⊗

Perhitungan berdasar perbandingan berat :

Semen	:	Pasir	:	Kerikil	:	Air
1	:	4,8 X 35 / 100 = 1,68	:	4,8 X 65 / 100 = 3,12	:	0,50
1	:	1,68 X 3,425 / 2,7 = 2,13	:	3,12 X 3,613 / 2,7 = 4,17	:	0,50

Kebutuhan bahan tiap m<sup>3</sup> beton berdasarkan perbandingan berat adalah :

$$(C/3,15E3) + (2,13C/3,425E3) + (4,17C/3,613E3) + (0,50C/1E3) = 1, \text{ maka } C = 385,5680 \text{ kg}$$

Semen	:		=	385,5680 kg
Pasir	:	2,13 X C	=	821,2598 kg
Kerikil	:	4,17 X C	=	1607,8186 kg
Air	:	0,50 X C	=	192,7840 kg
<b>Density fresh concrete</b>			=	<b>3007,4304 kg/m<sup>3</sup></b>

⊗ Fas = 0,55 maka nilai A/C = 5,4 ⊗

Perhitungan berdasar perbandingan berat :

Semen	:	Pasir	:	Kerikil	:	Air
1	:	5,4 X 35 / 100 = 1,89	:	5,4 X 65 / 100 = 3,51	:	0,55
1	:	1,89 X 3,425 / 2,7 = 2,40	:	3,51 X 3,613 / 2,7 = 4,69	:	0,55

Kebutuhan bahan tiap m<sup>3</sup> beton berdasarkan perbandingan berat adalah :

$$(C/3,15E3) + (2,40C/3,425E3) + (4,69C/3,613E3) + (0,55C/1E3) = 1, \text{ maka } C = 348,8772 \text{ kg}$$

Semen	:		=	348,8772 kg
Pasir	:	2,40 X C	=	837,3054 kg
Kerikil	:	4,69 X C	=	1636,2343 kg
Air	:	0,55 X C	=	191,8825 kg
<b>Density fresh concrete</b>			=	<b>3014,2995 kg/m<sup>3</sup></b>

⊗ Fas = 0,60 maka nilai A/C = 6,0 ⊗

Perhitungan berdasar perbandingan berat :

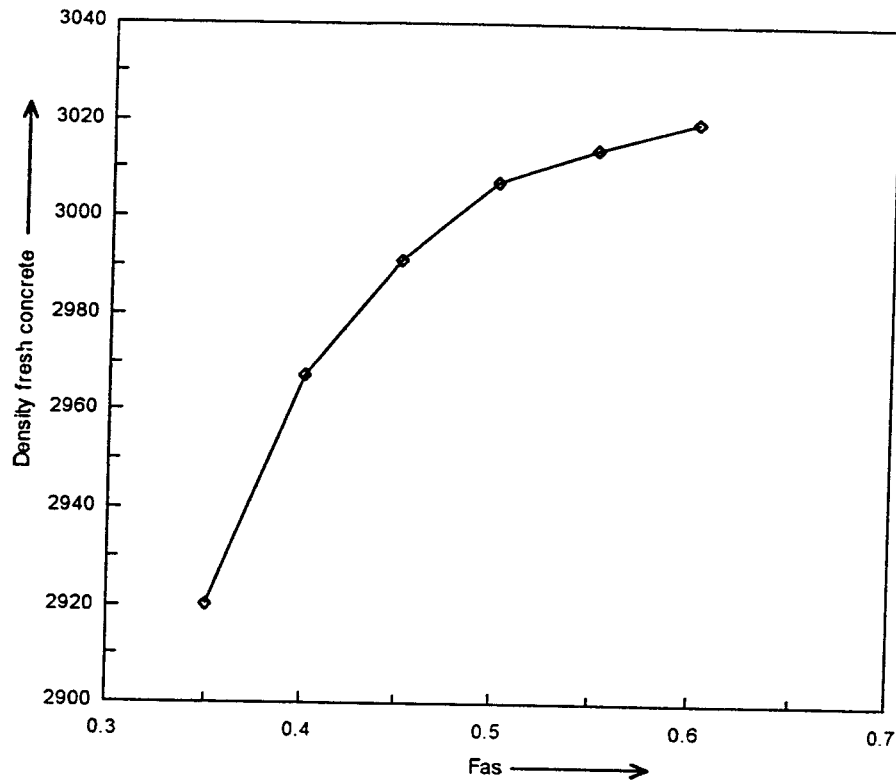
Semen	:	Pasir	:	Kerikil	:	Air
1	:	6,0 X 35 / 100 = 2,10	:	6,0 X 65 / 100 = 3,90	:	0,60
1	:	2,10 X 3,425 / 2,7 = 2,67	:	3,90 X 3,613 / 2,7 = 5,21	:	0,60

Kebutuhan bahan tiap m<sup>3</sup> beton berdasarkan perbandingan berat adalah :

$$(C/3,15E3) + (2,67C/3,425E3) + (5,21C/3,613E3) + (0,60C/1E3) = 1, \text{ maka } C = 318,5627 \text{ kg}$$

Semen	:		=	318,5627 kg
Pasir	:	2,67 X C	=	850,5625 kg

Kerikil : 5,21 X C = 1659,7118 kg  
Air : 0,60 X C = 191,1376 kg  
Density fresh concrete = 3019,9746 kg/m<sup>3</sup>  
Keterangan : nilai A/C diperoleh berdasarkan lampiran D-22



Grafik hubungan fas dan density fresh concrete  
(bahan pasir terak dan kerikil terak)

Berdasar grafik maka fas yang dipakai = 0,60 dengan rincian kebutuhan bahan tiap m<sup>3</sup> beton sebagai berikut:

Semen = 318,5627 kg, pasir = 850,5625 kg, kerikil = 1659,7118 kg dan air = 191,1376 kg serta kerapatan beton segar = 3019,9746 kg.

A. Kebutuhan cetakan Kubus

1. Menghitung kebutuhan agregat halus (pasir terak) yang dapat ditahan oleh masing-masing jenis ukuran ayakan.

Diketahui ukuran satu kubus = 0,15X0,15X0,15 = 3,375. 10<sup>-3</sup> m<sup>3</sup>

1 m<sup>3</sup> beton membutuhkan 850562,5 gram pasir maka untuk 3,375. 10<sup>-3</sup> m<sup>3</sup> membutuhkan 2870,6484 gram pasir, sehingga kebutuhan tiap ayakan seperti terlihat pada tabel berikut.

Tabel Kebutuhan pasir untuk tiap ukuran ayakan

No.	ayakan (mm)	Berat Tertahan	
		Gram	Persen
1.	4,75	-	-
2.	2,36	229,6519	8
3.	1,18	200,9454	7
4.	0,60	775,0751	27
5.	0,30	1119,5529	39
6.	0,15	459,3038	16
7.	Fan	86,1195	3
	Jumlah	2870,6484	100

Tabel Kebutuhan tiap ayakan setelah ditambah 10 % dari jumlah bahan

No.	ayakan (mm)	Berat Tertahan (Gram)
1.	4,75	-
2.	2,36	252,6171
3.	1,18	221,0399
4.	0,60	852,5826
5.	0,30	1231,5082
6.	0,15	505,2342
7.	Fan	94,7315
	Jumlah	3157,7132

Tabel Kebutuhan total pasir untuk 10 buah kubus

No.	ayakan (mm)	Berat Tertahan (Gram)
1.	4,75	-
2.	2,36	2526,171
3.	1,18	2210,399
4.	0,60	8525,826
5.	0,30	12315,082
6.	0,15	5052,342
7.	Fan	947,315
	Jumlah	31577,132

2. Kebutuhan agregat kasar (Kerikil terak)

Volume satu kubus = 3,375. 10<sup>-3</sup> m<sup>3</sup>, 1 m<sup>3</sup> membutuhkan 1659711,8 gram kerikil, sehingga 3,375. 10<sup>-3</sup> m<sup>3</sup> memerlukan 5601,5273 gram kerikil. Jadi kebutuhan tiap ukuran ayakan seperti terlihat pada tabel berikut.

Tabel Kebutuhan kerikil untuk tiap ukuran ayakan

No.	ayakan (mm)	Berat Tertahan	
		Gram	Persen
1.	19,0	-	-
2.	9,5	3360,9164	60
3.	4,75	1495,6078	26,7
4.	2,36	745,0031	13,3
5.	1,16	-	-

6.	0,60	-	-
7.	0,30	-	-
8.	0,15	-	-
	Jumlah	5601,5273	100

Tabel Kebutuhan tiap ayakan setelah ditambah 10 % dari jumlah bahan

No.	ayakan (mm)	Berat Tertahan (Gram)
1.	19,0	-
2.	9,5	3697,008
3.	4,75	1645,1686
4.	2,36	819,5034
5.	1,18	-
6.	0,60	-
7.	0,30	-
8.	0,15	-
	Jumlah	6161,68

Tabel Kebutuhan total kerikil untuk 10 buah kubus

No.	ayakan (mm)	Berat Tertahan (Gram)
1.	19,0	-
2.	9,5	36970,08
3.	4,75	16451,686
4.	2,36	8195,084
5.	1,18	-
6.	0,60	-
7.	0,30	-
8.	0,15	-
	Jumlah	61616,8

3. Kebutuhan semen:  $3,375 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \times 318,5627 \text{ kg} = 1075,1491 \text{ gram}$ . Untuk 10 sampel =  $10 \times (1075,1491 + 10\% \cdot 1075,1491) = 118266,401 \text{ gram}$ .

4. Kebutuhan air:  $3,375 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \times 191,1376 \text{ kg} = 645,0894 \text{ gram}$ . Untuk 10 sampel =  $10 \times (645,0894 + 10\% \cdot 645,0894) = 7095,9834 \text{ gram}$ .

**B. Kebutuhan cetakan plat radiasi**

Ukuran satu plat =  $0,25 \times 0,25 \times 0,25 = 3,75 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ .

1. Kebutuhan pasir :

$1 \text{ m}^3$  pasir membutuhkan 850562,5 gram maka  $3,75 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$  membutuhkan 3189,6094 gram, sehingga kebutuhan tiap ayakan terlihat pada tabel berikut.

Tabel Kebutuhan pasir untuk tiap ukuran ayakan

No.	ayakan (mm)	Berat Tertahan	
		Gram	Persen
1.	4,75	-	-
2.	2,36	255,1688	8
3.	1,18	223,2727	7
4.	0,60	861,1945	27
5.	0,30	1243,9477	39
6.	0,15	510,3375	16
7.	Fan	95,6883	3

	Jumlah	3189,6094	100
--	--------	-----------	-----

Tabel Kebutuhan tiap ayakan setelah ditambah 10 % dari jumlah bahan

No.	ayakan (mm)	Berat Tertahan (Gram)
1.	4,75	-
2.	2,36	280,6857
3.	1,18	245,6000
4.	0,60	947,3140
5.	0,30	1368,3425
6.	0,15	561,3713
7.	Fan	105,2571
	Jumlah	3508,5783

Tabel Kebutuhan total pasir untuk 6 buah kubus

No.	ayakan (mm)	Berat Tertahan (Gram)
1.	4,75	-
2.	2,36	1684,1142
3.	1,18	1473,6000
4.	0,60	5683,8840
5.	0,30	8210,055
6.	0,15	3368,2278
7.	Fan	631,5426
	Jumlah	21051,4218

2. Kebutuhan agregat kasar (Kerikil terak)

Volume satu plat=  $3,75 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$  , 1  $\text{m}^3$  membutuhkan 1659711,8 gram kerikil, sehingga  $3,75 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$  memerlukan 6223,9193 gram kerikil. Jadi kebutuhan tiap ukuran ayakan seperti terlihat pada tabel berikut.

Tabel Kebutuhan kerikil untuk tiap ukuran ayakan

No.	ayakan (mm)	Berat Tertahan	
		Gram	Persen
1.	19,0	-	-
2.	9,5	3737,3516	60
3.	4,75	1661,7865	26,7
4.	2,36	827,7813	13,3
5.	1,16	-	-
6.	0,60	-	-
7.	0,30	-	-
8.	0,15	-	-
	Jumlah	6223,9193	100

Tabel Kebutuhan tiap ayakan setelah ditambah 10 % dari jumlah bahan

No.	ayakan (mm)	Berat Tertahan (Gram)
1.	19,0	-
2.	9,5	4107,7868
3.	4,75	1827,9652
4.	2,36	910,5594
5.	1,18	-

6.	0,60	-
7.	0,30	-
8.	0,15	-
	Jumlah	6846,3112

Tabel Kebutuhan total kerikil untuk 6 buah plat

No.	ayakan (mm)	Berat Tertahan (Gram)
1.	19,0	-
2.	9,5	24646,7208
3.	4,75	10967,7912
4.	2,36	5463,3564
5.	1,18	-
6.	0,60	-
7.	0,30	-
8.	0,15	-
	Jumlah	37343,5158

3. Kebutuhan semen:  $3,75 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \times 318,5627 \text{ kg} = 1194,6101 \text{ gram}$ . Untuk 6 sampel =  $6 \times (1194,6101 + 10\% \cdot 1194,6101) = 7884,4267 \text{ gram}$ .
4. Kebutuhan air:  $3,75 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \times 191,1376 \text{ kg} = 716,7626 \text{ gram}$ . Untuk 6 sampel =  $6 \times (716,7626 + 10\% \cdot 716,7626) = 4730,6332 \text{ gram}$ .

DESIGN BETON CAMPURAN PERISAI RADIASI DENGAN METODE "ROAD NOTE NO.4"

Perhitungan berdasarkan simulasi faktor air semen yang menghasilkan kerapatan beton segar tertinggi.

Bahan : Pasir sungai; kerikil terak

Bentuk agregat : Irregular/tidak teratur

Berat jenis pasir sungai = 2,66

Berat jenis kerikil terak = 3,61

Berat jenis semen = 3,15

⊗ **Fas = 0,35** maka nilai **A/C = 2,6** ⊗

Perhitungan berdasar perbandingan berat :

Semen : Pasir : Kerikil : Air  
 1 :  $2,6 \times 35 / 100 = 0,91$  :  $2,6 \times 65 / 100 = 1,69$  : 0,35  
 1 : 0,91 :  $1,69 \times 3,61 / 2,7 = 2,26$  : 0,35

Kebutuhan bahan tiap  $\text{m}^3$  beton berdasarkan perbandingan berat adalah :

$(C/3,15E3) + (0,91C/2,66E3) + (2,26C/3,61E3) + (0,35C/1E3) = 1$ , maka  $C = 611,3948 \text{ kg}$

Semen : = 611,3948 kg

Pasir :  $0,91 \times C$  = 556,3693 kg

Kerikil :  $2,26 \times C$  = 1381,7523 kg

Air :  $0,35 \times C$  = 213,9882 kg

**Density fresh concrete = 2763,5045  $\text{kg}/\text{m}^3$**

⊗ **Fas = 0,40** maka nilai **A/C = 3,4** ⊙

Perhitungan berdasar perbandingan berat :

Semen : Pasir : Kerikil : Air

$$\begin{array}{lcl}
 1 & : & 3,4 \times 35 / 100 = 1,19 \\
 1 & : & 1,19 \\
 & & : 3,4 \times 65 / 100 = 2,21 \\
 & & : 2,21 \times 3,61 / 2,7 = 2,96 \\
 & & : 0,40 \\
 & & : 0,40
 \end{array}$$

Kebutuhan bahan tiap m<sup>3</sup> beton berdasarkan perbandingan berat adalah :

$$(C/3,15E3) + (1,19C/2,66E3) + (2,96C/3,61E3) + (0,40C/1E3) = 1, \text{ maka } C = 503,8359 \text{ kg}$$

$$\begin{array}{lcl}
 \text{Semen} & : & = 503,8359 \text{ kg} \\
 \text{Pasir} & : & 1,19 \times C = 599,5647 \text{ kg} \\
 \text{Kerikil} & : & 2,96 \times C = 1491,3542 \text{ kg} \\
 \text{Air} & : & 0,40 \times C = 201,5344 \text{ kg} \\
 \text{Density fresh concrete} & & = 2796,2891 \text{ kg/m}^3
 \end{array}$$

$$\otimes \text{ Fas} = 0,45 \text{ maka nilai } A/C = 4,1 \otimes$$

Perhitungan berdasar perbandingan berat :

$$\begin{array}{lcl}
 \text{Semen} & : & \text{Pasir} & : & \text{Kerikil} & : & \text{Air} \\
 1 & : & 4,1 \times 35 / 100 = 1,44 & : & 4,1 \times 65 / 100 = 2,67 & : & 0,45 \\
 1 & : & 1,44 & : & 2,67 \times 3,61 / 2,7 = 3,57 & : & 0,45
 \end{array}$$

Kebutuhan bahan tiap m<sup>3</sup> beton berdasarkan perbandingan berat adalah :

$$(C/3,15E3) + (1,44C/2,66E3) + (3,57C/3,61E3) + (0,45C/1E3) = 1, \text{ maka } C = 435,2115 \text{ kg}$$

$$\begin{array}{lcl}
 \text{Semen} & : & = 435,2115 \text{ kg} \\
 \text{Pasir} & : & 1,44 \times C = 626,7046 \text{ kg} \\
 \text{Kerikil} & : & 3,57 \times C = 1553,7051 \text{ kg} \\
 \text{Air} & : & 0,45 \times C = 195,8452 \text{ kg} \\
 \text{Density fresh concrete} & & = 2811,4663 \text{ kg/m}^3
 \end{array}$$

$$\otimes \text{ Fas} = 0,50 \text{ maka nilai } A/C = 4,8 \otimes$$

Perhitungan berdasar perbandingan berat :

$$\begin{array}{lcl}
 \text{Semen} & : & \text{Pasir} & : & \text{Kerikil} & : & \text{Air} \\
 1 & : & 4,8 \times 35 / 100 = 1,68 & : & 4,8 \times 65 / 100 = 3,12 & : & 0,50 \\
 1 & : & 1,68 & : & 3,12 \times 3,61 / 2,7 = 4,17 & : & 0,50
 \end{array}$$

Kebutuhan bahan tiap m<sup>3</sup> beton berdasarkan perbandingan berat adalah :

$$(C/3,15E3) + (1,68C/2,66E3) + (4,17C/3,61E3) + (0,50C/1E3) = 1, \text{ maka } C = 384,0004 \text{ kg}$$

$$\begin{array}{lcl}
 \text{Semen} & : & = 384,0004 \text{ kg} \\
 \text{Pasir} & : & 1,68 \times C = 645,1207 \text{ kg} \\
 \text{Kerikil} & : & 4,17 \times C = 1601,2817 \text{ kg} \\
 \text{Air} & : & 0,50 \times C = 192,0002 \text{ kg} \\
 \text{Density fresh concrete} & & = 2822,4029 \text{ kg/m}^3
 \end{array}$$

$$\otimes \text{ Fas} = 0,55 \text{ maka nilai } A/C = 5,4 \otimes$$

Perhitungan berdasar perbandingan berat :

$$\begin{array}{lcl}
 \text{Semen} & : & \text{Pasir} & : & \text{Kerikil} & : & \text{Air} \\
 1 & : & 5,4 \times 35 / 100 = 1,89 & : & 5,4 \times 65 / 100 = 3,51 & : & 0,55 \\
 1 & : & 1,89 & : & 3,51 \times 3,61 / 2,7 = 4,69 & : & 0,55
 \end{array}$$

Kebutuhan bahan tiap m<sup>3</sup> beton berdasarkan perbandingan berat adalah :

$$(C/3,15E3) + (1,89C/2,66E3) + (4,69C/3,61E3) + (0,55C/1E3) = 1, \text{ maka } C = 347,5655 \text{ kg}$$

$$\begin{array}{lcl}
 \text{Semen} & : & = 347,5655 \text{ kg} \\
 \text{Pasir} & : & 1,89 \times C = 656,8988 \text{ kg}
 \end{array}$$

Kerikil :  $4,69 \times C$  = 1630,0822 kg  
Air :  $0,55 \times C$  = 191,1610 kg  
*Density fresh concrete* = 2825,7074 kg/m<sup>3</sup>

⊗ **Fas = 0,60** maka nilai **A/C = 6,0** ⊗

Perhitungan berdasar perbandingan berat :

Semen : Pasir : Kerikil : Air  
1 :  $6,0 \times 35 / 100 = 2,10$  :  $6,0 \times 65 / 100 = 3,90$  : 0,60  
1 : 2,10 :  $3,90 \times 3,61 / 2,7 = 5,21$  : 0,60

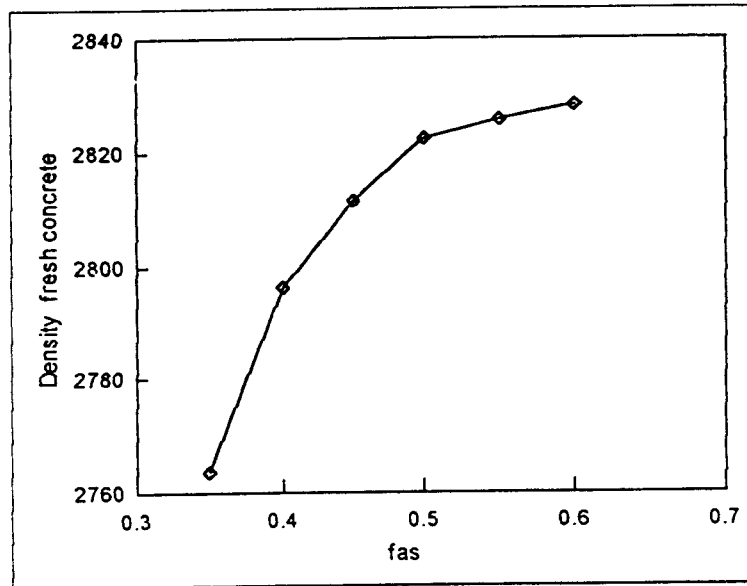
Kebutuhan bahan tiap m<sup>3</sup> beton berdasarkan perbandingan berat adalah :

$(C/3,15E3) + (2,10C/2,66E3) + (5,21C/3,61E3) + (0,60C/1E3) = 1$ , maka  $C = 317,4455$  kg

Semen : = 317,4455 kg  
Pasir :  $2,10 \times C$  = 666,6355 kg  
Kerikil :  $5,21 \times C$  = 1653,8909 kg  
Air :  $0,60 \times C$  = 190,4673 kg  
*Density fresh concrete* = 2828,4392 kg/m<sup>3</sup>

Keterangan : nilai *A/C* diperoleh berdasarkan lampiran D-22





Grafik hubungan fas dan density fresh concrete  
(bahan pasir sungai dan kerikil terak)

Berdasar grafik maka fas yang dipakai = 0,60 dengan rincian kebutuhan bahan tiap  $m^3$  beton sebagai berikut:  
Semen = 317,4455 kg, pasir = 666,6355 kg, kerikil = 1653,8909 kg dan air = 190,4673 kg serta kerapatan beton segar = 2828,4392 kg.

A. Kebutuhan cetakan Kubus

- Menghitung kebutuhan agregat halus (pasir sungai) yang dapat ditahan oleh masing-masing jenis ukuran ayakan.

Diketahui ukuran satu kubus =  $0,15 \times 0,15 \times 0,15 = 3,375 \cdot 10^{-3} m^3$

1  $m^3$  beton membutuhkan 666635,5 gram pasir maka untuk  $3,375 \cdot 10^{-3} m^3$  membutuhkan 2249,8948 gram pasir, sehingga kebutuhan tiap ayakan seperti terlihat pada tabel berikut.

Tabel Kebutuhan pasir untuk tiap ukuran ayakan

No.	ayakan (mm)	Berat Tertahan	
		Gram	Persen
1.	4,75	-	-
2.	2,36	179,9916	8
3.	1,18	157,4926	7
4.	0,60	607,4716	27
5.	0,30	877,4590	39
6.	0,15	359,9832	16
7.	Pan	67,4968	3
	Jumlah	2249,8948	100

Tabel Kebutuhan tiap ayakan setelah ditambah 10 % dari jumlah bahan

No.	ayakan (mm)	Berat Tertahan (Gram)
1.	4,75	-
2.	2,36	197,9908
3.	1,18	173,2419
4.	0,60	668,2188
5.	0,30	965,2049
6.	0,15	395,9815
7.	Fan	74,2465
	Jumlah	2474,8843

Tabel Kebutuhan total pasir untuk 10 buah kubus

No.	ayakan (mm)	Berat Tertahan (Gram)
1.	4,75	-
2.	2,36	1979,908
3.	1,18	1732,419
4.	0,60	6682,188
5.	0,30	9652,049
6.	0,15	3959,815
7.	Fan	742,465
	Jumlah	24748,843

2. Kebutuhan agregat kasar (Kerikil terak)

Volume satu kubus =  $3,375 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ ,  $1 \text{ m}^3$  membutuhkan 1653890,9 gram kerikil, sehingga  $3,375 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$  memerlukan 5581,8818 gram kerikil. Jadi kebutuhan tiap ukuran ayakan seperti terlihat pada tabel berikut.

Tabel Kebutuhan kerikil untuk tiap ukuran ayakan

No.	ayakan (mm)	Berat Tertahan	
		Gram	Persen
1.	19,0	-	-
2.	9,5	3349,1291	60
3.	4,75	1540,5994	26,7
4.	2,36	742,3903	13,3
5.	1,16	-	-
6.	0,60	-	-
7.	0,30	-	-
8.	0,15	-	-
	Jumlah	5581,8818	100

Tabel Kebutuhan tiap ayakan setelah ditambah 10 % dari jumlah bahan

No.	ayakan (mm)	Berat Tertahan (Gram)
1.	19,0	-
2.	9,5	3684,042
3.	4,75	1694,6593
4.	2,36	816,6293
5.	1,18	-
6.	0,60	-
7.	0,30	-
8.	0,15	-
	Jumlah	6140,37

Tabel Kebutuhan total kerikil untuk 10 buah kubus

No.	ayakan (mm)	Berat Tertahan (Gram)
1.	19,0	-
2.	9,5	36840,420
3.	4,75	16946,593
4.	2,36	8166,293
5.	1,18	-
6.	0,60	-
7.	0,30	-
8.	0,15	-
	Jumlah	61400,70

3. Kebutuhan semen:  $3,375 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \times 317,4455 \text{ kg} = 1071,3786 \text{ gram}$ . Untuk 10 sampel =  $10 \times (1071,3786 \times 10\% + 1071,3786) = 11785,1646 \text{ gram}$ .

4. Kebutuhan air:  $3,375 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \times 190,4673 \text{ kg} = 642,8271 \text{ gram}$ . Untuk 10 sampel =  $10 \times (642,8271 + 10\% \cdot 642,8271) = 7071,0981 \text{ gram}$ .

**B. Kebutuhan cetakan plat radiasi**

Ukuran satu plat =  $0,25 \times 0,25 \times 0,25 = 3,75 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ .

1. Kebutuhan pasir :

$1 \text{ m}^3$  pasir membutuhkan 666635.5 gram maka  $3,75 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$  membutuhkan 2499,8831 gram, sehingga kebutuhan tiap ayakan terlihat pada tabel berikut.

Tabel Kebutuhan pasir untuk tiap ukuran ayakan

No.	ayakan (mm)	Berat Tertahan	
		Gram	Persen
1.	4,75	-	-
2.	2,36	199,9907	8
3.	1,18	174,9918	7
4.	0,60	674,9684	27
5.	0,30	974,9544	39
6.	0,15	399,9813	16
7.	Pan	74,9965	3
	Jumlah	2499,8831	100

Tabel Kebutuhan tiap ayakan setelah ditambah 10 % dari jumlah bahan

No.	ayakan (mm)	Berat Tertahan (Gram)
1.	4,75	-
2.	2,36	219,9898
3.	1,18	192,4950
4.	0,60	742,4652
5.	0,30	1072,4498
6.	0,15	439,9794
7.	Pan	82,4962
	Jumlah	2749,8714

Tabel Kebutuhan total pasir untuk 6 buah plat

No.	ayakan (mm)	Berat Tertahan (Gram)
1.	4,75	-
2.	2,36	1301,9388
3.	1,18	1154,9460
4.	0,60	4454,7912
5.	0,30	6434,6988
6.	0,15	2639,8764
7.	Fan	494,9772
	Jumlah	16499,2284

2. Kebutuhan agregat kasar (Kerikil terak)

Volume satu plat =  $3,75 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot 1 \text{ m}^3$  membutuhkan 1653890,9 gram kerikil, sehingga  $3,75 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$  memerlukan 6202,0909 gram kerikil. Jadi kebutuhan tiap ukuran ayakan seperti terlihat pada tabel berikut.

Tabel Kebutuhan kerikil untuk tiap ukuran ayakan

No.	ayakan (mm)	Berat Tertahan	
		Gram	Persen
1.	19,0	-	-
2.	9,5	3721,2545	60
3.	4,75	1711,7771	26,7
4.	2,36	824,8781	13,3
5.	1,16	-	-
6.	0,60	-	-
7.	0,30	-	-
8.	0,15	-	-
	Jumlah	6202,0909	100

Tabel Kebutuhan tiap ayakan setelah ditambah 10 % dari jumlah bahan

No.	ayakan (mm)	Berat Tertahan (Gram)
1.	19,0	-
2.	9,5	4093,380
3.	4,75	1882,9548
4.	2,36	907,3659
5.	1,18	-
6.	0,60	-
7.	0,30	-
8.	0,15	-
	Jumlah	6822,3000

Tabel Kebutuhan total kerikil untuk 6 buah plat

No.	ayakan (mm)	Berat Tertahan (Gram)
1.	19,0	-
2.	9,5	24560,2800
3.	4,75	11297,7288
4.	2,36	5444,1954
5.	1,18	-
6.	0,60	-
7.	0,30	-
8.	0,15	-
	Jumlah	40933,8000

3. Kebutuhan semen:  $3,75 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \times 317,4455 \text{ kg} = 1190,4206 \text{ gram}$ . Untuk 6 sampel =  $6 \times (1190,4206 + 10\% \cdot 1190,4206) = 7856,7762 \text{ gram}$ .
4. Kebutuhan air:  $3,75 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \times 190,4673 \text{ kg} = 714,2524 \text{ gram}$ . Untuk 6 sampel =  $6 \times (714,2524 + 10\% \cdot 714,2524) = 4714,0656 \text{ gram}$ .

Tabel. Perbandingan agregat faktor air semen dengan empat mutu pengendalian pekerjaan dengan perbedaan faktor air semen dan gradasi agregat bulat maksimum ukuran 20 mm

Mutu pengendalian	Sangat rendah				Rendah				Sedang				Tinggi				
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Kurva Gradasi no.																	
Faktor Air Semen	0,35	45	45	35	32	38	36	32	31	31	30	28	27	28	28	26	25
	0,40	66	63	53	45	53	51	45	41	42	42	39	37	36	37	35	33
	0,45	80	77	67	58	69	66	59	51	53	53	50	45	46	48	45	41
	0,50	-	-	80	70	82	80	70	60	63	63	59	54	55	57	53	48
	0,55	-	-	-	81	-	-	82	69	73	73	74	64	63	65	61	55
	0,60	-	-	-	-	-	-	-	77	-	-	80	72	x	72	68	61
	0,65					-	-	-	85	-	-	-	78	x	77	74	66
	0,70					-	-	-	-	-	-	-	-	x	-	79	72
	0,75													x	-	-	76
	0,80													x	-	-	-
	0,85																
0,90																	

Sumber: "Design of Concrete Mixes" N. Krisna Raju, India

Tabel. Perbandingan agregat/faktor air semen dengan empat mutu pengendalian pekerjaan dengan perbedaan faktor air semen dan gradasi agregat tak beraturan maksimum ukuran 20 mm

Mutu pengendalian	Sangat rendah				Rendah				Sedang				Tinggi				
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Kurva Gradasi no.																	
Faktor Air Semen	0,35	37	37	35	30	30	30	30	27	26	26	27	24	24	25	25	22
	0,40	48	47	47	40	39	39	38	35	33	34	35	32	31	32	32	29
	0,45	60	58	57	50	48	48	46	43	40	41	42	39	x	39	39	35
	0,50	72	68	65	59	55	55	54	50	46	48	48	45	x	44	44	41
	0,55	83	78	73	67	62	62	60	57	x	54	54	51	x	48	49	47
	0,60	94	86	80	74	68	68	67	62	x	60	60	56	x	x	54	52
	0,65	-	-	-	80	74	74	73	68	x	x	64	61	x	x	55	56
	0,70	-	-	-	-	80	80	77	74	x	x	68	66	x	x	58	61
	0,75					-	-	-	79	x	x	72	70	x	x	62	65
	0,80					-	-	-	-	x	x	75	74	x	x	66	70
	0,85									x	x	78	78	x	x	x	74
	0,90									x	x	x	81	x	x	x	77
	0,95									x	x	x	-	x	x	x	80
1,00													x	x	x	x	

Sumber: "Design of Concrete Mixes" N. Krishna Raju, India

PERHITUNGAN NILAI  $\Sigma$  (TAMPANG LINTANG SERAPAN) NEUTRON

Rumus-rumus yang digunakan :

1.  $I_0 = I_B \cdot I_{cd}$
2.  $I_t = I_0 \cdot e^{-\Sigma \cdot x}$  atau  $\Sigma = (1/x) \ln (I_0/I_t)$
3.  $I_t = I_0 \cdot e^{-\Sigma \cdot x}$  atau  $\Sigma = (1/x) \ln (I_0/I_t)$
4.  $\Sigma = \Sigma + \Delta\Sigma$
5.  $\Delta\Sigma = \sqrt{(\partial\Sigma/\partial x)^2 \alpha_x^2 + (\partial\Sigma/\partial I_0)^2 \alpha_{I_0}^2 + (\partial\Sigma/\partial I_t)^2 \alpha_{I_t}^2}$
6.  $\partial\Sigma/\partial x = - (1/x^2) \ln (I_0/I_t)$
7.  $\partial\Sigma/\partial I_0 = 1/(xI_0)$
8.  $\partial\Sigma/\partial I_t = - (1/xI_t)$

Tabel. Laju Cacah Neutron Campuran Fungsi Ketebalan Beton Terak

No.	Tebal Beton (Cm)	Laju Cacah I <sub>0</sub> (Ccb/mm)					I <sub>0</sub> rata-rata	Laju Cacah I <sub>t</sub> (Ccb/mm)					I <sub>t</sub> rata-rata
		I <sub>01</sub>	I <sub>02</sub>	I <sub>03</sub>	I <sub>04</sub>	I <sub>05</sub>		I <sub>t1</sub>	I <sub>t2</sub>	I <sub>t3</sub>	I <sub>t4</sub>	I <sub>t5</sub>	
1.	6	12787	13262	13448	13574	13614	13337	1876	2027	1984	1882	1971	1948
2.	12	16329	16403	16578	16332	16542	16437	1521	1578	1636	1747	1982	1693
3.	18	18151	18995	19277	19397	18219	18808	3316	3528	2582	3142	3601	3234
4.	24	17750	17682	17458	-	-	17630	1588	1623	1566	1548	1628	1591
5.	30	17020	17318	16790	16622	17465	17043	1632	1870	1836	1620	1232	1638
6.	36	16902	16902	-	-	-	16902	902	864	965	971	991	944



Tabel. Ringkasan Hasil Perhitungan  $\Sigma_i$  (Tampang lintang serapan) Neutron Terhadap Ketebalan Beton Terak

Tebal (cm)	$\Sigma_i$	$\partial\Sigma_i/\partial x$	$\partial\Sigma_i/\partial t_0$	$\partial\Sigma_i/\partial t$	$\sigma x^2$	$\sigma t_0$	$\sigma t$	$\Delta\Sigma_i$	$\Sigma_i$ (cm <sup>-1</sup> )
6	0,32062	-0,053	1,25E-5	-8,56E-5	0,78	111,8034	24,6862	0,047	0,32062 ± 0,047
12	0,18942	-0,016	5,07E-6	-4,92E-5	1,10	44,0953	61,4471	0,017	0,18942 ± 0,017
18	0,09781	-5,43E-3	2,95E-6	-7,18E-5	1,34	222,8018	133,0013	0,012	0,09781 ± 0,012
24	0,10022	-4,18E-3	2,36E-6	-2,62E-5	1,55	66,2028	12,5220	0,0052	0,10022 ± 0,0052
30	0,07808	-2,60E-3	1,96E-6	-2,04E-5	1,73	124,6831	76,9207	0,0038	0,07808 ± 0,0038
36	0,08014	-2,23E-3	1,64E-6	-2,94E-5	1,90	0	19,4091	0,0031	0,08014 ± 0,0031

Tabel. Laju Cacah Neutron Campuran Fungsi Ketebalan Beton Campuran

No.	Tebal Beton (cm)	Laju Cacah I <sub>0</sub> (Cgh/mm)					I <sub>0</sub> rata-rata	Laju Cacah I <sub>i</sub> (Cgh/mm)					I <sub>i</sub> rata-rata
		I <sub>01</sub>	I <sub>02</sub>	I <sub>03</sub>	I <sub>04</sub>	I <sub>05</sub>		I <sub>11</sub>	I <sub>12</sub>	I <sub>13</sub>	I <sub>14</sub>	I <sub>15</sub>	
1.	6	16891	-	-	-	-	16891	2377	2407	2332	2393	2279	2358
2.	12	16891	-	-	-	-	16891	1457	1389	1434	1453	1471	1441
3.	18	17182	17182	-	-	-	17182	1208	1165	1217	1180	1202	1194
4.	24	17400	17376	17377	17398	17398	17388	1052	1042	999	1042	1043	1036
5.	30	16940	16775	-	-	-	16858	950	929	905	919	949	930
6.	36	13609	13527	14494	14577	14789	14199	862	862	785	840	809	832

Tabel. Ringkasan Hasil Perhitungan  $\Sigma_t$  (Tampang lintang serapan) Neutron Terhadap Ketebalan Beton Campuran

Tebal (cm)	$\Sigma_t$	$\partial \Sigma_t / \partial x$	$\partial \Sigma_t / \partial t_0$	$\partial \Sigma_t / \partial t_1$	$\sigma x^2$	$\sigma t_0$	$\sigma t_1$	$\Delta \Sigma_t$	$\Sigma_t$ (cm <sup>-1</sup> )
6	0,32816	-0,055	9,87E-6	-7,07E-5	0,78	0	18,6041	0,046	0,32816 ± 0,046
12	0,20515	-0,017	4,93E-6	-5,78E-5	1,10	0	10,4648	0,018	0,20512 ± 0,018
18	0,14814	-8,23E-3	3,23E-6	-4,65E-5	1,34	0	7,8710	0,0095	0,14814 ± 0,0095
24	0,11752	-4,90E-3	2,40E-6	-4,02E-5	1,55	4,1144	6,4399	0,0061	0,11752 ± 0,0061
30	0,09658	-3,22E-3	1,98E-6	-3,58E-5	1,73	58,3364	6,7977	0,0042	0,09658 ± 0,0042
36	0,07881	-2,19E-3	1,96E-6	-3,34E-5	1,90	225,8428	12,3431	0,0031	0,07881 ± 0,0031

Tabel. Laju Cacah Neutron Campuran Fungsi Ketebalan Beton Normal

No.	Tebal Beton (cm)	Laju Cacah I <sub>0</sub> (Cch/mm)					I <sub>0</sub> rata-rata	Laju Cacah I <sub>n</sub> (Cch/mm)					I <sub>n</sub> rata-rata
		I <sub>01</sub>	I <sub>02</sub>	I <sub>03</sub>	I <sub>04</sub>	I <sub>05</sub>		I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>3</sub>	I <sub>4</sub>	I <sub>5</sub>	
1.	6	24908	25631	25605	25600	25630	25475	5395	5396	5452	5318	5382	5382
2.	12	28555	28712	28945	-	-	28737	3767	3702	3618	3453	3432	3594
3.	18	27972	27972	-	-	-	27972	2770	2855	2811	2884	2881	2840
4.	24	28658	-	-	-	-	28658	2429	2387	2326	2358	2368	2370
5.	30	28365	-	-	-	-	28365	2155	2167	2208	2056	2162	2150
6.	36	29689	31816	-	-	-	30753	2189	2085	2144	2190	2127	2147

Tabel. Ringkasan Hasil Perhitungan  $\Sigma_t$  (Tampang lintang serapan) Neutron Terhadap Ketebalan Beton Normal

Tebal (cm)	$\bar{\Sigma}_t$	$\partial\bar{\Sigma}_t/\partial x$	$\partial\bar{\Sigma}_t/\partial l_0$	$\partial\bar{\Sigma}_t/\partial t$	$\sigma x^2$	$\sigma l_0$	$\sigma l_1$	$\Delta\Sigma_t$	$\Sigma_t$ (cm <sup>-1</sup> )
6	0,25911	-0,043	6,54E-6	-3,10E-5	0,78	101,3386	17,5308	0,038	0,25911 ± 0,038
12	0,17324	-0,014	2,90E-6	-2,32E-5	1,10	79,8668	54,3812	0,015	0,17324 ± 0,015
18	0,12708	-7,06E-3	1,99E-6	-1,96E-5	1,34	0	17,7991	0,082	0,12708 ± 0,0082
24	0,10386	-4,33E-3	1,45E-6	-1,76E-5	1,55	0	13,7742	0,0054	0,10386 ± 0,0054
30	0,08599	-2,87E-3	1,18E-6	-1,55E-5	1,73	0	16,6364	0,0038	0,08599 ± 0,0038
36	0,07394	-2,05E-3	9,03E-7	-1,29E-5	1,90	752,0081	15,2053	0,0029	0,07394 ± 0,0029

Tabel. Laju Cacah Neutron Cepat Fungsi Ketebalan Beton Terak

No.	Tebal Beton (Gm)	Laju Cacah I <sub>0</sub> (Cch/mnt)					I <sub>0</sub> rata-rata	Laju Cacah I <sub>t</sub> (Cch/mnt)					I <sub>t</sub> rata-rata
		I <sub>01</sub>	I <sub>02</sub>	I <sub>03</sub>	I <sub>04</sub>	I <sub>05</sub>		I <sub>t1</sub>	I <sub>t2</sub>	I <sub>t3</sub>	I <sub>t4</sub>	I <sub>t5</sub>	
1.	6	428	440	438	398	426	426	112	120	121	111	135	120
2.	12	471	512	516	724	583	570	122	234	295	330	332	263
3.	18	2453	2806	3172	2245	2149	2565	1743	1580	1432	1245	1327	1465
4.	24	1812	1710	1584	-	-	1702	1022	886	868	802	825	881
5.	30	1111	1200	1456	1381	1139	1257	750	1080	717	899	792	848
6.	36	1139	1310	-	-	-	1225	610	722	672	829	728	712

Tabel. Ringkasan Hasil Perhitungan  $\Sigma_t$  (Tampang lintang serapan) Neutron Terhadap Ketebalan Beton Terak

Tebal (cm)	$\Sigma_t$	$\partial \Sigma_t / \partial x$	$\partial \Sigma_t / \partial t_0$	$\partial \Sigma_t / \partial t$	$\sigma x^2$	$\sigma t_0$	$\sigma t$	$\Delta \Sigma_t$	$\Sigma_t$ (cm <sup>-1</sup> )
6	0,21116	-0,035	3,91E-4	-1,39E-3	0,78	6,2610	3,6895	0,031	0,21116 ± 0,031
12	0,06446	-5,37E-3	1,46E-4	-3,17E-4	1,10	29,7844	30,2316	0,012	0,06446 ± 0,012
18	0,03112	-1,73E-3	2,17E-5	-3,79E-5	1,34	151,6949	70,1231	0,0047	0,03112 ± 0,0047
24	0,02744	-1,14E-3	2,45E-5	-4,73E-5	1,55	45,4182	26,2962	0,0022	0,02744 ± 0,0022
30	0,01312	-4,37E-3	2,65E-5	-3,93E-5	1,73	57,6011	50,8035	0,0026	0,01312 ± 0,0026
36	0,01507	-4,19E-3	2,27E-5	-3,90E-5	1,90	60,4577	25,4912	0,0018	0,01507 ± 0,0018

Tabel. Laju Cacah Neutron Cepat Fungsi Ketebalan Beton Campuran

No.	Tebal Beton (Cm)	Laju cacah lo (Cch/mm)					lo rata-rata	Laju Cacah It (Cch/mm)					It rata-rata
		lo <sub>1</sub>	lo <sub>2</sub>	lo <sub>3</sub>	lo <sub>4</sub>	lo <sub>5</sub>		It <sub>1</sub>	It <sub>2</sub>	It <sub>3</sub>	It <sub>4</sub>	It <sub>5</sub>	
1.	6	477	-	-	-	-	477	220	151	166	178	179	179
2.	12	477	-	-	-	-	477	130	116	124	115	120	121
3.	18	488	498	-	-	-	493	110	121	92	94	96	103
4.	24	470	494	530	559	528	516	74	101	111	111	87	104
5.	30	612	612	-	-	-	612	115	109	98	111	122	111
6.	36	605	568	552	556	576	571	124	142	129	101	104	120

Tabel. Ringkasan Hasil Perhitungan  $\Sigma_t$  (Tampang lintang serapan) Neutron Terhadap Ketebalan Beton Campuran

Tebal (cm)	$\Sigma_t$	$\partial \Sigma_t / \partial x$	$\partial \Sigma_t / \partial t_0$	$\partial \Sigma_t / \partial t$	$\sigma x^2$	$\sigma t_0$	$\sigma t$	$\Delta \Sigma_t$	$\Sigma_t$ (cm <sup>-1</sup> )
6	0,16336	-0,027	3,49E-4	-9,31E-4	0,78	0	7,4238	0,025	0,16336 ± 0,025
12	0,11431	-9,53E-3	1,75E-4	-6,89E-4	1,10	0	2,1466	0,010	0,11431 ± 0,010
18	0,08699	-4,83E-3	1,13E-4	-5,39E-4	1,34	3,5355	4,6510	0,0061	0,08699 ± 0,0061
24	0,06674	-2,78E-3	8,08E-5	-4,01E-4	1,55	12,2537	5,7243	0,0043	0,06674 ± 0,0043
30	0,05691	-1,90E-3	5,45E-5	-3,00E-4	1,73	0	2,6830	0,0026	0,05691 ± 0,0026
36	0,04333	-1,20E-3	4,87E-5	-2,32E-4	1,90	6,7977	6,2610	0,0022	0,04333 ± 0,0022

Tabel. Laju Cacah Neutron Cepat Fungsi Ketebalan Beton Normal

No.	Tebal Beton (cm)	Laju cacah I <sub>0</sub> (c.c/h/mm)					I <sub>0</sub> rata-rata	Laju cacah I <sub>i</sub> (c.c/h/mm)					I <sub>0</sub> rata-rata
		I <sub>01</sub>	I <sub>02</sub>	I <sub>03</sub>	I <sub>04</sub>	I <sub>05</sub>		I <sub>11</sub>	I <sub>12</sub>	I <sub>13</sub>	I <sub>14</sub>	I <sub>15</sub>	
1.	6	924	966	1026	933	968	963	322	348	271	297	287	305
2.	12	996	995	997	-	-	996	229	209	205	225	215	217
3.	18	1034	1004	-	-	-	1019	160	152	157	194	177	168
4.	24	1059	-	-	-	-	1059	129	126	117	132	113	123
5.	30	1107	-	-	-	-	1107	117	101	113	108	115	111
6.	36	1041	1041	-	-	-	1041	106	119	79	96	95	99

Tabel. Ringkasan Hasil Perhitungan  $\Sigma_t$  (Tampang lintang serapan) Neutron Terhadap Ketebalan Beton Normal

Tebal (cm)	$\Sigma_t$	$\partial \Sigma_t / \partial x$	$\partial \Sigma_t / \partial t_0$	$\partial \Sigma_t / \partial t$	$\sigma x^2$	$\sigma t_0$	$\sigma t$	$\Delta \Sigma_t$	$\Sigma_t$ (cm <sup>-1</sup> )
6	0,19162	-0,032	1,73E-4	-5,46E-4	0,78	12,5220	10,7331	0,029	0,19162 ± 0,029
12	0,12699	-0,011	8,37E-5	-3,84E-4	1,10	0,3849	3,0411	0,012	0,12699 ± 0,012
18	0,10015	-5,56E-3	5,45E-5	-3,31E-4	1,34	10,6066	6,2610	0,0068	0,10015 ± 0,0068
24	0,08970	-3,74E-3	3,94E-5	-3,39E-4	1,55	0	3,0410	0,0048	0,08970 ± 0,0048
30	0,07666	-2,56E-3	3,01E-5	-3,00E-4	1,73	0	11,1803	0,0047	0,07666 ± 0,0047
36	0,06536	-1,82E-3	2,67E-5	-2,81E-4	1,90	0	4,8299	0,0029	0,06536 ± 0,0029

Tabel. Laju Cacah Neutron Termal Fungsi Ketebalan Beton Terak

No.	Tebal Beton (Cm)	Laju cacah lo (Ccbh/mm)					I <sub>o</sub> rata-rata	Laju Cacah It (Ccbh/mm)					It rata-rata
		I <sub>o1</sub>	I <sub>o2</sub>	I <sub>o3</sub>	I <sub>o4</sub>	I <sub>o5</sub>		I <sub>t1</sub>	I <sub>t2</sub>	I <sub>t3</sub>	I <sub>t4</sub>	I <sub>t5</sub>	
1.	6	12359	12822	13010	13176	13188	12911	1764	1907	1863	1771	1836	1828
2.	12	15858	15891	16017	15608	15959	15867	1399	1344	1341	1471	1650	1430
3.	18	15698	16189	16105	17152	16070	16243	1573	1948	1150	1897	2274	1769
4.	24	15938	15972	15874	-	-	15928	566	737	698	746	803	710
5.	30	15909	16118	15334	15241	16326	15786	882	790	1119	721	440	790
6.	36	15763	15592	-	-	-	15677	292	142	293	142	263	232

Tabel. Ringkasan Hasil Perhitungan  $\Sigma_i$  (Tampang lintang serapan) Neutron Terhadap Ketebalan Beton Terak

Tebal (cm)	$\Sigma_i$	$\partial \Sigma_i / \partial x$	$\partial \Sigma_i / \partial l_0$	$\partial \Sigma_i / \partial l_i$	$\sigma x^2$	$\sigma l_0$	$\sigma l_i$	$\Delta \Sigma_i$	$\Sigma_i$ (cm <sup>-1</sup> )
6	0,32581	-0,054	1,29E-5	-9,12E-5	0,78	114,6656	21,7346	0,048	0,32581 ± 0,048
12	0,20055	-0,017	5,25E-6	-5,83E-5	1,10	39,5337	41,7710	0,018	0,20055 ± 0,018
18	0,12318	-6,84E-3	3,42E-6	-3,14E-5	1,34	162,6963	145,5233	0,0092	0,12318 ± 0,0092
24	0,12961	-5,40E-3	2,62E-6	-5,87E-5	1,55	20,7846	27,8962	0,0069	0,12961 ± 0,0069
30	0,09983	-3,33E-3	2,11E-6	-4,22E-5	1,73	178,1699	75,1319	0,0054	0,09983 ± 0,0054
36	0,11703	-3,25E-3	1,77E-6	-1,20E-4	1,90	60,1041	29,6950	0,0057	0,11703 ± 0,0057

Tabel. Laju Cacah Neutron Termal Fungsi Ketebalan Beton Campuran

No.	Tebal Beton (cm)	Laju Cacah I <sub>0</sub> (Cch/mm)					I <sub>0</sub> rata-rata	Laju Cacah II (Cch/mm)					II rata-rata
		I <sub>01</sub>	I <sub>02</sub>	I <sub>03</sub>	I <sub>04</sub>	I <sub>05</sub>		I <sub>11</sub>	I <sub>12</sub>	I <sub>13</sub>	I <sub>14</sub>	I <sub>15</sub>	
1.	6	16414	-	-	-	-	16414	2157	2256	2166	2215	2100	2179
2.	12	16414	-	-	-	-	16414	1327	1273	1310	1338	1351	1320
3.	18	16694	16684	-	-	-	16689	1098	1044	1125	1086	1106	1091
4.	24	16930	16882	16847	16839	16861	16872	978	941	888	931	956	932
5.	30	16328	16163	-	-	-	15601	835	820	807	808	827	819
6.	36	13004	12959	13942	14021	14213	12974	738	720	656	739	705	712

Tabel. Ringkasan Hasil Perhitungan  $\Sigma_f$  (Tampang lintang serapan) Neutron Terhadap Ketebalan Beton Campuran

Tebal (cm)	$\Sigma_f$	$\partial \Sigma_f / \partial x$	$\partial \Sigma_f / \partial \rho_0$	$\partial \Sigma_f / \partial t$	$\sigma x^2$	$\sigma \rho_0$	$\sigma t$	$\Delta \Sigma_f$	$\Sigma_f$ (cm <sup>-1</sup> )
6	0,33654	-0,056	1,02E-5	-7,65E-5	0,78	0	20,3035	0,049	0,33654 ± 0,049
12	0,21004	-0,018	5,08E-6	-6,31E-5	1,10	0	10,1068	0,019	0,21004 ± 0,019
18	0,15154	-8,42E-3	3,33E-6	-5,09E-5	1,34	3,5355	9,6598	0,0098	0,15154 ± 0,0098
24	0,12067	-5,03E-3	2,47E-6	-4,47E-5	1,55	12,2537	11,0909	0,0063	0,12067 ± 0,0063
30	0,09823	-3,27E-3	2,14E-6	-4,07E-5	1,73	455,7303	4,2933	0,0044	0,09823 ± 0,0044
36	0,08063	-2,24E-3	2,14E-6	-3,90E-5	1,90	295,0715	11,0909	0,0032	0,08063 ± 0,0032

Tabel. Laju Cacah Neutron Termal Fungsi Ketebalan Beton Normal

No.	Tebal Beton (Gm)	Laju Cacah I <sub>0</sub> (Cch/mnt)					I <sub>0</sub> rata-rata	Laju Cacah I <sub>t</sub> (Cch/mnt)					I <sub>t</sub> rata-rata
		I <sub>01</sub>	I <sub>02</sub>	I <sub>03</sub>	I <sub>04</sub>	I <sub>05</sub>		I <sub>t1</sub>	I <sub>t2</sub>	I <sub>t3</sub>	I <sub>t4</sub>	I <sub>t5</sub>	
1.	6	23984	24665	24579	24667	24662	24512	5073	5048	5181	5021	5060	5077
2.	12	27659	27717	27948	-	-	27741	3538	3493	3413	3228	3217	3377
3.	18	26938	26968	-	-	-	26963	2610	2703	2654	2690	2704	2672
4.	24	27599	-	-	-	-	27599	2300	2261	2209	2206	2255	2247
5.	30	27258	-	-	-	-	27258	2038	2066	2095	1948	2047	2039
6.	36	28648	30775	-	-	-	29712	2083	1966	2065	2094	2032	2048



Tabel. Ringkasan Hasil Perhitungan  $\Sigma I$  (Tampang lintang serapan) Neutron Terhadap Ketebalan Beton Normal

Tebal (cm)	$\Sigma I$	$\partial \Sigma I / \partial x$	$\partial \Sigma I / \partial l_0$	$\partial \Sigma I / \partial t$	$\sigma x^2$	$\sigma l_0$	$\sigma t$	$\Delta \Sigma I$	$\Sigma I$ (cm <sup>-1</sup> )
6	0,26241	-0,044	6,80E-6	-3,28E-5	0,78	94,1832	18,7829	0,039	0,26241 ± 0,039
12	0,17549	-0,015	3,00E-6	-2,47E-5	1,10	60,2369	46,6333	0,015	0,17549 ± 0,015
18	0,12840	-7,14E-3	2,06E-6	-2,08E-5	1,34	4,2426	14,4002	0,0083	0,12840 ± 0,0083
24	0,10451	-4,36E-3	1,51E-6	-1,85E-5	1,55	0	68,8709	0,0056	0,10451 ± 0,0056
30	0,08643	-2,88E-3	1,22E-6	-1,64E-5	1,73	0	16,3680	0,0038	0,08643 ± 0,0038
36	0,07430	-2,06E-3	1,12E-6	-1,36E-5	1,90	752,0081	17,5308	0,0030	0,07430 ± 0,0030

Nama Benda Uji : Beton Terak fas : 0,60  
 Umur Benda Uji : 28 hari Dibuat : 25 Februari 1997  
 Metode : Road Note No. 4 Diuji : 25 Maret 1997

Tabel. Hasil Uji Kuat Desak Kubus Beton

No.	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)	BERAT (kg)	VOLUME (cm <sup>3</sup> )	BERAT JENIS (kg/m <sup>3</sup> )	BEBAN MAX (kg/cm <sup>2</sup> )	KUAT DESAK (kg/cm <sup>2</sup> )	SLUMP (cm)
1.	14.42	14.90	15.02	10.20	3316.6864	3075.3586	850	384.9324	14
2.	15.10	15.09	14.99	10.40	3415.6064	3044.8473	715	313.7906	14
3.	15.04	15.02	15.24	10.40	3442.7282	3020.8600	750	332.0041	14
4.	14.88	14.95	15.08	10.10	3354.6365	3010.7584	760	341.6406	14
5.	15.08	14.97	15.13	10.40	3415.5612	3044.8876	830	367.4859	14
6.	14.67	14.65	14.97	10.10	3217.2850	3139.2929	790	367.5863	14
7.	15.22	14.92	14.84	10.40	3369.9028	3086.1424	780	343.4876	14
8.	14.89	14.70	15.11	10.10	3307.3221	3053.8302	785	358.6391	14
9.	15.20	15.11	14.83	10.40	3406.0358	3053.4030	620	269.9502	14
10.	15.01	14.93	15.04	10.40	3370.4535	3085.6382	765	313.8882	14

Nama Benda Uji : Beton Campuran  
 Umur Benda Uji : 28 hari  
 Metode : Road Note No. 4  
 fas : 0.60  
 Dibuat : 28 Pebruari 1997  
 Diuji : 28 Maret 1997

Tabel. Hasil Uji Kuat Desak Kubus Beton

No.	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)	BERAT (kg)	VOLUME (cm <sup>3</sup> )	BERAT JENIS (kg/m <sup>3</sup> )	BEBAN MAX (kg/cm <sup>2</sup> )	KUAT DESAK (kg/cm <sup>2</sup> )	SI. UNIP (cm)
1.	15.15	15.25	15.31	9.80	3537.1841	2770.5654	620	268.3547	17
2.	15.26	15.16	14.92	9.30	3451.6167	2694.3896	710	306.9055	17
3.	15.05	14.92	15.09	9.30	3388.3991	2744.6590	510	227.1250	17
4.	15.07	15.07	14.71	9.30	3340.7131	2783.8368	550	242.1788	17
5.	15.04	14.97	15.23	9.40	3429.0162	2741.3111	560	248.7244	17
6.	15.20	15.10	15.20	9.50	3488.7040	2723.0742	580	252.7013	17
7.	15.14	15.32	15.22	9.80	3530.2000	2776.0467	590	254.3709	17
8.	14.91	15.26	15.05	9.60	3424.2753	2803.5129	570	250.5205	17
9.	15.23	15.05	15.05	9.40	3488.5990	2694.4914	490	211.3886	17
10.	15.24	15.05	15.05	9.40	3445.0172	2728.5785	670	292.6981	17

Nama Benda Uji : Beton Normal fas : 0,55  
 Umur Benda Uji : 28 hari Dibuat : 03 Maret 1997  
 Metode : Road Note No. 4 Diuji : 31 Maret 1997

Tabel. Hasil Uji Kuat Desak Kubus Beton

No.	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)	BERAT (kg)	VOLUME (cm <sup>3</sup> )	BERAT JENIS (kg/m <sup>3</sup> )	BEBAN MAX (kg/cm <sup>2</sup> )	KUAT DESAK (kg/cm <sup>2</sup> )	SLUMP (cm)
1.	15.05	15.22	15.23	8.30	3488.5990	2379.1786	860	375.4458	15
2.	15.20	14.97	15.07	8.20	3429.0881	2391.3063	800	351.5804	15
3.	15.05	14.96	15.22	8.10	3426.7526	2363.7540	810	359.7634	15
4.	15.12	15.11	15.24	8.50	3481.7792	2441.2806	900	393.9365	15
5.	15.14	15.70	15.20	8.40	3491.0418	2406.1585	840	365.7361	15
6.	15.10	15.05	15.22	8.30	3458.8211	2399.6615	755	332.2259	15
7.	14.66	15.10	15.20	8.20	3364.7632	2437.0214	785	354.6163	15
8.	15.30	14.95	15.25	8.30	3488.2088	2379.4447	920	420.2122	15
9.	15.23	15.15	15.26	8.60	3521.0085	2442.4820	970	420.3966	15
10.	15.07	14.74	15.30	8.10	3398.6165	2383.3227	900	405.1649	15
11.	15.26	15.11	15.20	8.50	3504.7947	2425.2490	1020	442.3654	15
12.	15.17	14.88	15.20	8.20	3431.0899	2389.9111	730	323.3958	15
13.	14.97	15.05	15.23	8.30	3431.2962	2418.9110	785	348.4266	15
14.	15.11	15.16	15.14	8.50	3468.0835	2450.9214	890	388.5316	15
15.	15.50	14.94	15.15	8.30	3508.2855	2365.8280	720	310.9211	15