

TUGAS AKHIR

**PENGARUH VARIASI BAHAN-SUSUN BETON
TERHADAP
KUAT TEKAN DAN DAYA SERAP RADIASI**



DISUSUN OLEH :

NURUDIN ARDIYANTO

No. Mhs. : 92 310 147

AYI ISWARDHANY

No. Mhs. : 92 310 343

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
1999**

TUGAS AKHIR

**PENGARUH VARIASI BAHAN-SUSUN BETON
TERHADAP
KUAT TEKAN DAN DAYA SERAP RADIASI**

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

DISUSUN OLEH :

NURUDIN ARDIYANTO

No. Mhs. : 92 310 147

AYI ISWARDHANY

No. Mhs. : 92 310 343

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
1999**

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR PENGARUH VARIASI BAHAN-SUSUN BETON TERHADAP KUAT TEKAN DAN DAYA SERAP RADIASI

Disusun oleh :

NURUDIN ARDIYANTO

No. Mhs. : 92 310 147

Nirm : 920051013114120147

AYI ISWARDHANY

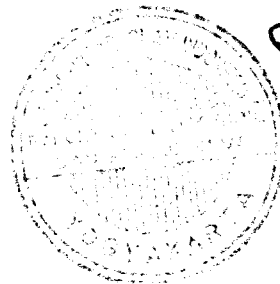
No. Mhs. : 92 310 343

Nirm : 920051013114120342

Diperiksa dan disetujui oleh :

Ir. H. Mochammad Teguh, MSCE
Dosen Pembimbing I

Ir. H. Tadjuddin, BMA, MS
Dosen Pembimbing II



A handwritten signature in black ink, appearing to read "Mochammad Teguh".

Tanggal : 30-1-1999

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Tadjuddin".

Tanggal : 1-2-99

*“....., Di antara gunung-gunung
ada jalan-jalan yang putih dan merah
dan macam-macam warnanya dan ada pula yang hitam pekat.”
(QS. Faathir : 27)*

*“....., Katakanlah : Adakah sama orang-orang yang
mengetahui dengan orang-orang yang tidak mengetahui ?
Sesungguhnya orang yang berakallah yang dapat menerima pelajaran.”
(QS. Az Zumar : 9)*



*Dipersembahkan kepada
Ayah dan Bunda tercinta*

serta

Adik-adik yang kami sayangi

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan.

Tugas akhir ini merupakan salah satu pra-syarat yang harus dipenuhi oleh mahasiswa program Strata 1 (S-1) Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, untuk memperoleh derajat kesarjanaan dalam bidang ilmu Teknik Sipil.

Bantuan dari berbagai pihak banyak membantu proses penelitian dan penyusunan Tugas Akhir ini. Pada kesempatan ini diucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. *Ir. Widodo MSc. Phd*, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan UII yang telah memberikan persetujuan penelitian,
2. *Ir. H. M. Teguh MSCE*, selaku Pembimbing I yang telah memberi bimbingan dalam penyusunan Tugas Akhir ini,
3. *Ir. H. Tadjuddin BMA. MS*, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan UII, sekaligus sebagai Pembimbing II yang telah memberi persetujuan dan bimbingan dalam penyusunan Tugas Akhir,
4. *Ir. Sukarman Aminjoyo*, selaku Kepala Pusat Penelitian Nuklir Yogyakarta yang telah memberi kesempatan pelaksanaan penelitian di reaktor Kartini,

5. Ayah dan Bunda tercinta, serta adik-adik tersayang yang telah memberi dukungan moril dan material yang tak terhingga,
6. rekan-rekan yang tidak dapat disebut satu persatu yang telah membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, segala kritik dan saran untuk penyempurnaan lebih lanjut, diterima dengan senang hati.

Akhir kata, semoga hasil bimbingan, dorongan moril, bantuan material dan kerjasama ini dapat memberi manfaat bagi pembaca.

Yogyakarta, Januari 1999

Penulis

ABSTRAK

Beton pada bangunan instalasi nuklir selain berfungsi sebagai struktur juga berfungsi sebagai perisai radiasi. Sebagai struktur kuat tekan tinggi menjadi standar kekuatan, dan sebagai perisai radiasi kemampuan serap bahan-susun serta kepadatan beton yang tinggi menjadi tolak-ukur daya serap beton terhadap radiasi. Untuk mendapatkan beton dengan kepadatan yang tinggi, pada penelitian ini menggunakan metode Road Note No.4 sebagai metode perencanaan campuran adukan beton. Pengaturan gradasi agregat yang dipergunakan pada penelitian juga bertujuan agar beton memiliki tingkat kepadatan yang tinggi. Macam dan tipe beton yang diteliti adalah beton dengan variasi agregat kasar dan variasi agregat halus yaitu beton tipe CP (Clereng dan pasir Progo), CS (Clereng dan pasir Serpentin), CB (Clereng dan pasir Besi), SP (Serpentin dan pasir Progo), SS (Serpentin dan pasir Serpentin), dan SB (Serpentin dan pasir Besi). Dengan kuat tekan rencana 250 kg/cm^2 diperoleh hasil kuat tekan dan berat jenis rata-rata beton CP ($309,272 \text{ kg/cm}^2$ dan $2,449 \text{ ton/m}^3$), CS ($258,65 \text{ kg/cm}^2$ dan $2,312 \text{ ton/m}^3$), CB ($267,566 \text{ kg/cm}^2$ dan $2,605 \text{ ton/m}^3$), SP ($190,567 \text{ kg/cm}^2$ dan $2,229 \text{ ton/m}^3$), SS ($206,807 \text{ kg/cm}^2$ dan $2,149 \text{ ton/m}^3$), SB ($223,83 \text{ kg/cm}^2$ dan $2,356 \text{ ton/m}^3$). Hasil pengukuran tampang lintang makroskopik neutron cepat untuk beton tipe CP ($0,0360 \text{ cm}^{-1}$), CS ($0,0326 \text{ cm}^{-1}$), CB ($0,0344 \text{ cm}^{-1}$), SP ($0,0402 \text{ cm}^{-1}$), SS ($0,0438 \text{ cm}^{-1}$), SB ($0,0444 \text{ cm}^{-1}$).

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN MOTTO.....	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	iv
PRAKATA.....	v
ABSTRAK.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Batasan Masalah.....	2
1.3 Rumusan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Umum.....	6
2.2 Kuat Tekan Beton.....	6
2.3 Radiasi.....	8
2.4 Spesifikasi Umum Bahan Perisai Radiasi.....	10
2.5 Hasil Penelitian Daya Serap Beton K-300 dengan Agregat Serpentin terhadap Radiasi Neutron.....	11
BAB III LANDASAN TEORI.....	13
3.1 Bahan-susun Beton.....	13
3.1.1 Semen.....	13
3.1.2 Agregat.....	15
3.1.3 Air.....	20

	3.2 Perencanaan Metode Adukan.....	21
	3.3 Neutron.....	21
	3.3.1 Jenis dan Energi Neutron.....	21
	3.3.2 Sumber Neutron.....	22
	3.3.3 Interaksi Neutron dengan Bahan.....	23
	3.4.4 Tampang Lintang Neutron.....	24
	3.4.5 Attenuasi Neutron.....	25
BAB IV	METODE PENELITIAN.....	27
	4.1 Tempat Penelitian dan Pengujian.....	27
	4.2 Bahan Penelitian.....	27
	4.3 Peralatan Penelitian.....	28
	4.3.1 Peralatan Pembuatan dan Pengujian Beton.....	28
	4.3.2 Peralatan Pengujian Radiasi.....	29
	4.4 Perencanaan Adukan.....	31
	4.4.1 Volume Adukan.....	31
	4.4.2 Kebutuhan Adukan.....	31
BAB V	PELAKSANAAN PENELITIAN.....	33
	5.1 Persiapan Bahan.....	33
	5.2 Pencetakan Benda Uji.....	33
	5.3 Rawatan Benda Uji.....	34
	5.4 Pengujian Benda Uji.....	35
	5.4.1 Uji Kuat Tekan.....	35
	5.4.2 Uji Radiasi.....	35
BAB VI	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	39
	6.1 Bahan-susun Beton.....	39
	6.2 Workabilitas Adukan.....	40
	6.3 Kuat Tekan Beton.....	40
	6.4 Radiasi Neutron terhadap Beton.....	45
	6.5 Komparasi Hasil Penelitian.....	54
BAB VII	KESIMPULAN DAN SARAN.....	56
	7.1 Kesimpulan	56

7.2 Saran - saran.....56

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1 Skema Pendeteksi dan Pencacah Neutron	29
Gambar 5.1 Skema Eksperimen Radiasi Neutron terhadap Beton	36
Gambar 6.1 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton	42
Gambar 6.2 Berat Jenis Beton	42
Gambar 6.3 Pengaruh Berat Jenis Agregat terhadap berat Jenis Beton	44
Gambar 6.4 Diagram I/Io Beton Tipe CP	47
Gambar 6.5 Diagram I/Io Beton Tipe CS	47
Gambar 6.6 Diagram I/Io Beton Tipe CB	48
Gambar 6.7 Diagram I/Io Beton Tipe SP	48
Gambar 6.8 Diagram I/Io Beton Tipe SS	49
Gambar 6.9 Diagram I/Io Beton Tipe SB	49
Gambar 6.10 Nilai Tampang Lintang Makroskopik Neutron Campuran, Cepat dan Thermal	51

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Komposisi Beton.....	3
Tabel 1.2 Ukuran Agregat	3
Tabel 1.3 Ukuran dan Jumlah Benda Uji	4
Tabel 3.1 Susunan Unsur Kimia Semen Biasa	13
Tabel 3.2 Persyaratan Kekerasan Agregat untuk Beton	17
Tabel 3.3 Gradasi Rencana	18
Tabel 3.4 Jenis dan Kandungan Utama Senyawa Kimia Agregat Beton Perisai Radiasi	20
Tabel 3.5 Jenis dan Energi Neutron	21
Tabel 4.1 Volume Benda Uji	31
Tabel 4.2 Kebutuhan Bahan Tiap Komposisi Beton dalam kg per m ³ beton	32
Tabel 4.3 Kebutuhan Bahan Tiap Komposisi Beton dalam kg per Adukan (0,130 m ³)	32
Tabel 6.1 Hasil Pengujian Agregat	39
Tabel 6.2 Nilai Slump Untuk setiap Komposisi	41
Tabel 6.3 Cacah Intensitas Radiasi Neutron Campuran terhadap Komposisi Beton	45
Tabel 6.4 Cacah Intensitas Radiasi Neutron Cepat terhadap Komposisi Beton	46
Tabel 6.5 Cacah Intensitas Radiasi Neutron Thermal terhadap Komposisi Beton	46
Tabel 6.6 Nilai Tampang Lintang Makroskopik terhadap Neutron Campuran	50
Tabel 6.7 Nilai Tampang Lintang Makroskopik terhadap Neutron Cepat	50
Tabel 6.8 Nilai Tampang Lintang Makroskopik terhadap Neutron Thermal	50
Tabel 6.9 Perbedaan Standart Penelitian	54
Tabel 6.10 Perbedaan Hasil Penelitian	55

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran A Persiapan dan Hasil Pemeriksaan
- Lampiran B Perhitungan Komposisi Adukan
- Lampiran C Perhitungan Jumlah Kebutuhan Bahan Susun Beton
- Lampiran D Hasil Pengujian Kuat Tekan
- Lampiran E Hasil Cacah Neutron terhadap Matrik Beton
- Lampiran F Perhitungan Regresi Linier Tampang Lintang Makroskopik
- Lampiran G Analisa Pengaruh Jenis Neutron, Tebal Benda Uji terhadap Radiasi dengan Metode Simple Faktorial Anova

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan perkembangan penggunaan teknologi nuklir dalam kehidupan, baik sebagai sumber energi alternatif maupun sebagai pendukung teknologi kedokteran, dituntut adanya penyediaan fasilitas gedung yang mampu melindungi pekerja dan lingkungan di sekitarnya dari persoalan yang selalu menyertai penggunaan teknologi nuklir yaitu radiasi.

Akibat negatif yang ditimbulkan oleh radiasi dan pencemaran radioaktif karena adanya penggunaan teknologi nuklir sangat mengancam kesehatan dan keselamatan manusia. Oleh karena itu sangat diperlukan suatu sistem pertahanan berlapis yang mampu menahan produk fisi dan radiasi yang dihasilkan selama reaktor beroperasi. Beton adalah elemen utama yang dapat digunakan sebagai dinding, lantai, dan atap bangunan pada reaktor nuklir. Fungsi penggunaan beton pada reaktor nuklir adalah sebagai perlindungan/perisai terhadap radiasi agar tidak sampai keluar dari sistem reaktor. Sistem reaktor meliputi kelongsongan bahan bakar nuklir, moderator, sistem pendingin, perisai biologis, sistem pendukung berupa plat baja serta bagian yang terluar adalah beton. Karena itu pada bangunan reaktor nuklir dibutuhkan beton yang juga memenuhi syarat nuklir, yaitu mampu menyerap radiasi sebanyak mungkin tanpa mengalami kerusakan bilamana terjadi interaksi antara radiasi dengan bahan beton dalam jangka waktu selama reaktor beroperasi.

Penggunaan beton pada reaktor nuklir selama ini masih mempunyai kelemahan yaitu ketebalan beton terlalu besar sehingga bangunan reaktor nuklir boros dalam penggunaan ruang dan material, sehingga biaya yang harus dikeluarkan untuk pembangunan gedung reaktor sangat besar.

Keanekaragaman batuan dan mineral yang ada di Indonesia menjadi menarik untuk dijadikan obyek penelitian. Berbagai macam kekayaan batuan dan mineral telah dimanfaatkan, baik yang baru dalam tahap penelitian maupun yang telah dimanfaatkan langsung sebagai material dalam gedung instalasi nuklir. Penelitian batuan/mineral tertentu terhadap daya serap radiasi, antara lain adalah penggunaan serpentin sebagai agregat pada beton yang diuji terhadap daya serap radiasi (Dwi dan Yulia, 1997) dan diperoleh hasil yang cukup memberi gambaran akan prospek penggunaan batuan serpentin sebagai material beton perisai radiasi untuk bangunan reaktor nuklir.

Karena penggunaan beton dalam bangunan instalasi nuklir memiliki dua standar yaitu standar teknik sipil (kuat tekan) dan standar nuklir (daya serap terhadap radiasi), maka diperlukan variasi penggunaan bahan-susun beton, sehingga beton direncanakan sesuai dengan kebutuhan. Ketika kekuatan struktur menjadi prioritas pada gedung instalasi nuklir, maka diperlukan beton dengan bahan-susun yang menghasilkan kuat tekan tinggi dengan tetap memperhatikan daya serap beton terhadap radiasi. Sebaliknya ketika beton berfungsi sebagai perisai radiasi yang menuntut kemampuan serap radiasi tinggi, maka diperlukan beton dengan bahan-susun yang menghasilkan daya serap radiasi yang tinggi dan kekuatan beton sedang. Saat beton diperlukan sebagai perisai radiasi sekaligus sebagai struktur yang kokoh pada bangunan instalasi nuklir, maka diperlukan bahan-susun beton yang menghasilkan beton dengan kuat tekan dan daya serap radiasi yang tinggi. Atas dasar uraian di atas, maka dilakukan penelitian tentang pengaruh variasi bahan-susun beton terhadap kuat tekan dan daya serap radiasi neutron.

1.2 Batasan Masalah

Untuk memperoleh hasil yang maksimal, maka pada penelitian ini ruang lingkup penelitian dibatasi sebagai berikut ini.

1. Macam beton yang akan diteliti terdiri dari 6 komposisi campuran, yaitu seperti tercantum dalam tabel 1.1.

Tabel 1.1 Komposisi Beton

KOMPOSISI	SEMEN	AGREGAT KASAR	AGREGAT HALUS	KODE
I	PC	Split Clereng	Pasir Progo	CP
II			Pasir Serpentin	CS
III			Pasir Besi	CB
IV	PC	Split Serpentin	Pasir Progo	SP
V			Pasir Serpentin	SS
VI			Pasir Besi	SB

2. Agregat yang digunakan adalah :
- a. standar ukuran agregat berdasarkan ayakan seperti dalam tabel 1.2 sebagai berikut :

Tabel 1.2. Ukuran agregat

Lolos saringan (mm)	19	9,6	4,75	2,36	1,18	0,6	0,3
Tertahan saringan (mm)	9,6	4,75	2,36	1,18	0,6	0,3	0,15
Ukuran agregat (mm)	20	10	5	2,4	1,2	0,6	0,3

- b. modulus halus butir agregat campuran direncanakan sebesar 5,24 atau gradasi yang dipakai adalah gradasi antara kurva 2 dan kurva 3 dari gradasi standar agregat dengan butir maksimum 20 mm,
- c. dipilih agregat yang keras berdasarkan penampakan visual dan dicuci,
- d. agregat yang dipergunakan untuk perhitungan campuran adukan beton dalam kondisi kering,
- e. agregat yang dipergunakan untuk pelaksanaan campuran beton dalam kondisi SSD yang diperoleh dengan menambahkan sejumlah air sesuai kemampuan agregat menyerap air.
3. Kuat tekan beton karakteristik umur 28 hari untuk semua komposisi adalah 250 kg/cm².
4. Desain campuran beton menggunakan Metode Road Note No.4. Pemilihan metode ini didasari oleh pengaruh pengaturan gradasi agregat terhadap kemudahan pengerjaan adukan beton dan pengaruh berat jenis agregat yang berlainan dari masing-masing jenis agregat.

5. Masing-masing komposisi beton diuji kuat tekan dan daya serap terhadap radiasi dengan ukuran dan jumlah benda uji seperti tercantum dalam tabel 1.3.

Tabel 1.3. Ukuran dan Jumlah Benda Uji

Bentuk	Kegunaan	Ukuran	Jumlah
Silinder	Uji kuat tekan	diameter 15 cm h = 25 cm	3
Plat	Uji daya serap	6 cm x 25 cm x 25 cm	6

6. Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur 28 hari, dan pengujian daya serap radiasi terhadap beton dilakukan pada umur 28 hari atau lebih.

1.3 Rumusan Masalah

Dari latar belakang masalah sebelumnya dapat dirumuskan beberapa pokok masalah yang dapat dipecahkan antara lain berikut ini.

1. Berapa kuat tekan dan daya serap radiasi beton dengan variasi bahan-susun yang berbeda.
2. Variasi bahan-susun beton manakah yang dikategorikan beton dengan kuat tekan tertinggi, beton dengan daya serap tertinggi, dan beton dengan kuat tekan serta daya serap tertinggi.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian diuraikan berikut ini.

1. Mengetahui sifat-sifat beton dari bahan dasar penyusun beton yang berbeda-beda agar dapat diperoleh beton yang memenuhi standar bangunan teknik sipil dan nuklir.
2. Mendapatkan beton dengan berbagai komposisi campuran beton yang tepat sesuai dengan fungsi beton pada bangunan instalasi nuklir.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberi manfaat pada perancangan instalasi nuklir di masa yang akan datang dengan mendapatkan rancangan yang maksimal untuk sebuah instalasi nuklir. Tidak terjadi lagi inefisiensi pemanfaatan ruang maupun penggunaan material yang berlebih pada gedung instalasi nuklir, karena standar perancangan bukan lagi ketebalan beton tetapi variasi bahan-susun beton.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Beton adalah campuran antara semen portland, air, agregat halus, dan agregat kasar dengan atau tanpa bahan-tambah sehingga membentuk massa padat. Dalam adukan beton, semen dan air membentuk pasta yang akan mengikat agregat, yang terdiri dari agregat halus (pasir) dan agregat kasar (kerikil) (Kardiyono, 1992).

Dalam suatu perencanaan diusahakan membuat campuran yang ekonomis namun tetap diusahakan untuk mencapai kekuatan yang disyaratkan dan kemudahan dalam pelaksanaan serta keawetannya, oleh karena itu terlebih dahulu harus diketahui sifat-sifat beton dan bahan-bahan penyusun dari beton tersebut.

Pemilihan bahan-bahan dasar penyusun beton yang sesuai, dicampur dan digunakan sedemikian rupa sangat penting untuk menghasilkan beton dengan sifat-sifat khusus yang diinginkan untuk tujuan tertentu dengan cara yang paling ekonomis. Misalnya sifat-sifat yang dibutuhkan dalam bangunan teknis ialah umumnya tahan cuaca dan kekuatannya memenuhi karakteristik perencanaannya, serta sifat-sifat lain yang diperlukan untuk keadaan khusus seperti beton yang tahan terhadap radiasi atau hasil-hasil reaksi (Murdock & Brook, 1991).

2.2 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah salah satu sifat beton yang dapat menunjukkan kualitas atau mutu dari beton itu sendiri. Banyak faktor yang mempengaruhi untuk mendapatkan kuat tekan beton seperti yang dikehendaki antara lain faktor air semen, umur beton, jumlah semen, jenis semen dan sifat agregat (Kardiyono, 1992)

1. Faktor Air Semen

Faktor air semen (fas) adalah perbandingan antara berat air dan berat semen didalam adukan beton. Agar semen dapat berreaksi secara sempurna dibutuhkan air sekitar 25 % dari berat semen. Semakin kecil nilai fas dalam adukan beton, semakin tinggi kuat tekannya. Namun dalam kenyataannya, bila digunakan nilai fas kurang dari 0,35 mengalami kesulitan dalam pengerjaannya (tingkat workabilitas rendah). Kekuatan beton sangat dipengaruhi oleh fas. Fas menentukan porositas dari pengerasan pasta semen pada tahap hidrasi. Kemudian tingkat pemadatan juga dipengaruhi volume pori adukan beton yang mana beton dengan kandungan pori sedikit mempunyai kuat tekan lebih tinggi. Nilai fas yang kecil menyebabkan kenaikan kuat tekan beton. Namun pada fas yang kecil adukan beton mengalami kesulitan dalam pengerjaan terutama dalam pemadatan. Akibat pemadatan yang kurang sempurna ini menjadikan beton keropos sehingga kuat tekannya rendah atau menurun. Beton akan mencapai kuat tekan maksimum bila digunakan nilai fas yang minimum, karena semen masih dapat berhidrasi secara sempurna dan dengan pengerjaan yang sempurna dapat tercapai massa beton yang kompak.

2. Umur Beton

Kekuatan beton akan bertambah sejalan dengan bertambahnya umur beton. Laju kenaikan beton mula-mula cepat, kemudian semakin lambat. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi laju kekuatan beton, antara lain fas dan suhu perawatan. Semakin tinggi fas, semakin lambat kenaikan kekuatan beton dan semakin tinggi suhu perawatan semakin cepat kenaikan kekuatan beton. (Kardiyono. 1992).

3. Jumlah Semen

Jumlah kandungan agregat yang normal dengan menggunakan fas yang sama, beton dengan kandungan semen lebih sedikit mempunyai kekuatan yang lebih tinggi. Hal ini disebabkan oleh jumlah semen yang sedikit yang berarti pastinya sedikit, dengan demikian pori juga sedikit dan tentu akan menaikkan

kuat tekan beton. Namun pada umumnya rasio agregat terhadap semen tidak lebih dari 10. Pada kondisi lain jika nilai *slump* sama (nilai fas berubah), beton akan mempunyai kekutan lebih tinggi jika kandungan semen lebih banyak. Hal ini disebabkan oleh nilai *slump* banyak ditentukan oleh jumlah air dalam adukan, sehingga variasi hanya terjadi pada jumlah semen dan agregat saja. Jika jumlah semen banyak berarti pengurangan nilai fas yang berakibat penambahan kuat tekan beton (Kardiyono, 1992)

4. Jenis Semen

Faktor terpenting yang mempengaruhi sifat-sifat semen adalah komposisi unsur-unsur utama dan kehalusan butirnya. Menurut PUBI, 1982 bahwa semen portland di Indonesia ada 5 jenis yaitu jenis I-V. Penggolongan ini berdasarkan pada perubahan komposisi utama semen dengan perbandingan tertentu. Dari jenis ini mempunyai tujuan pemakaian yang berbeda-beda.

5. Sifat Agregat

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam adukan beton. Beton akan mempunyai kuat tekan tinggi, jika terbentuk dari bahan-bahan pengisi yang berkualitas dan membentuk massa yang kokoh dan kuat serta pori yang terbentuk sekecil mungkin. Ada beberapa kemungkinan keruntuhan beton pada kondisi beban maksimum yaitu pecah pada agregat kasar atau agregat halus, lekatan antara semen dan agregat kurang atau pasta semen hancur.

2.3 Radiasi

1. Tipe Radiasi

Radiasi adalah sinar yang dihasilkan oleh sumber radiasi. Tipe radiasi yang dipancarkan oleh suatu sumber radiasi adalah sinar x , α , β , γ , neutron thermal, neutron cepat dan partikel-partikel lainnya. Partikel α mempunyai daya ionisasi yang kuat, sehingga mempunyai range yang sangat kecil. Partikel β tidak mempunyai range yang pasti. Range untuk β bertenaga 5 Mev di dalam air. Neutron thermal adalah neutron yang mengalami pengurangan tenaga sehingga neutron thermal mudah diserap. Plat Cadmium atau boron

yang tebalnya 1 mm sudah cukup untuk menahan neutron thermal. Sinar x , γ , dan neutron cepat mempunyai daya tembus yang besar. Oleh karena itu standar perencanaan perisai radiasi adalah bahan yang dapat menahan neutron cepat dan γ , karena perisai ini dapat menahan partikel-partikel lainnya.

2. Sumber Radiasi

Sumber radiasi dihasilkan didalam fasilitas-fasilitas berikut :

- a. Reaktor Nuklir, merupakan sumber radiasi nuklir yang paling besar adalah reaktor nuklir, menghasilkan sejumlah sinar x , α , β , γ , produk fisi dan neutron.
- b. *Reprocessing Plants*, merupakan sumber radiasi yang besar, Zat-zat radioaktif bisa berbentuk padat, cair maupun gas. Aktivitas terutama adalah β dan γ .
- c. Akselerator, mesin ini mempercepat partikel bermuatan ke energi yang sangat tinggi. Aktivitas umumnya terdiri dari sinar x , β , γ , meson.
- d. Elemen Bakar Bekas (*Spent Fuel Elements*), adalah bahan bakar yang diambil kembali dari suatu reaktor mempunyai aktivitas yang tinggi sekitar $10^5 - 10^6$ curie. Bahan bakar bekas harus ditempatkan dalam suatu kolam atau tanki penyimpanan air untuk memperkecil aktivitas sebelum dibawa ke *Reprocessing Plants*. Elemen ini memancarkan β dan γ .
- e. Sumber Radiasi Isotop, aktivitas sumber isotop ada yang besar (mencapai 10^5 curie) dan ada yang kecil (dalam orde mikrocurie). Isotop-isotop yang tersedia adalah untuk α , β , γ , neutron maupun fragmen fisi.
- f. Sumber Daya Isotop, digunakan untuk memproduksi listrik. Pada umumnya sumber ini merupakan sumber α , β , dan γ .
- g. Deposit dan Pertambangan Uranium, pertambangan uranium mengandung zat Rn-222 yang berupa gas dan anak-anaknya yang berupa zat padat. Zat Rn-222 ini mudah dihirup, gas ini merupakan sumber α . Perisai didalam pertambangan ini kurang praktis dan tidak begitu diperlukan karena aktivitas spesifiknya yang kecil.

- h. Paparan oleh alat-alat pengobatan, alat radiasi yang digunakan untuk diagnosis yaitu berupa sinar x dan sinar β untuk pengobatan dan (β dan γ) untuk diagnosis/pengobatan. Penggunaan yang paling umum adalah sinar Rontgen, perlu ditekankan bahwa bagian badan yang perlu saja untuk mendapatkan paparan, sedangkan bagian tubuh yang lain harus dilindungi dan diberi perisai radiasi.
 - i. Radiasi Latar (*Background*), radiasi yang terdapat dalam lingkungan yaitu zat-zat radioaktif yang terdapat di bumi, air, udara, juga debu-debu radioaktif, sinar kosmis, zat-zat radioaktif yang terdapat didalam badan (termasuk C-14 dan K-14).
3. Akibat Radiasi

Manusia menerima paparan radiasi dapat berasal dari alam (sinar kosmik dan zat radioaktif), medik (kedokteran), industri (reaktor-PLTN) dan pekerjaan yang melibatkan pemakaian radiasi. Radiasi ini membahayakan karena sangat efektif merusak sel-sel tubuh dan dapat menyebabkan kanker, tumor, perubahan sel darah, abortus, katarak, kemandulan dan kematian (Suratman, 1996). Untuk menghindari penerimaan dosis radiasi yang berlebihan ada tiga hal yang dapat mengurangi radiasi (Tjipta Suhaemi, 1982) yaitu:

- a. waktu, apabila bekerja atau berada di dalam medan radiasi dalam waktu sesingkat mungkin,
- b. jarak, diusahakan berada pada jarak sejauh mungkin dari sumber radiasi,
- c. perisai, menempatkan satu atau beberapa material sebagai perisai diantara kita dan sumber radiasi.

2.4 Spesifikasi Umum Bahan Perisai Radiasi

Menurut Tjipta Suhaemi (1982), spesifikasi umum bahan perisai radiasi adalah sebagai berikut ini.

1. Kandungan hidrogen hendaklah sebanyak mungkin.
2. Berat perisai haruslah seminimum mungkin.
3. Bahan haruslah tahan api.

4. Bahan haruslah bukan beracun atau dapat menimbulkan gas racun bila dipanaskan.
5. Bahan janganlah berbau.
6. Bahan haruslah tahan sinar, tahan terhadap air.
7. Permukaan bahan haruslah licin.
8. Bahan perisai jangan membuat efek korosi terhadap zat material reaktor disekelilingnya.
9. Bahan haruslah stabil.
10. Perisai seyogyanya mudah dipindahkan dan mudah direparasi.
11. Bahan seyogyanya mudah dibuat horizontal maupun vertikal.
12. Bahan haruslah mempunyai konduktivitas yang tinggi.
13. Bahan haruslah mempunyai sifat ketahanan yang tinggi terhadap bahaya radiasi.
14. Bahan haruslah mempunyai sifat-sifat nuklir yang baik, yaitu mempunyai tampang lintang yang tinggi, koefisien attenuasi gamma yang tinggi dan energi produk gamma sebagai hasil tangkapan dan hamburan lenting neutron yang rendah.

2.5 Hasil Penelitian Daya Serap Beton K-300 dengan Agregat Serpentin terhadap Radiasi Neutron

Penelitian Yulia dan Dwi (1997), adalah membandingkan kuat tekan antara beton serpentin (agregat kasar serpentin, agregat halus serpentin) dengan beton campuran (agregat kasar serpentin, agregat halus progo). Metode perencanaan adukan beton menggunakan metode Dreux. Sumber radiasi yang digunakan adalah radiasi sinar neutron yang berasal dari sumber radiasi neutron Pu-Be dengan detektor BF₃.

Hasil kuat tekan dan berat jenis beton yang diperoleh untuk beton serpentin ($92,3717 \text{ kg/cm}^2$ dan $2209,2046 \text{ kg/m}^3$) dan beton campuran ($163,3731 \text{ kg/cm}^2$ dan $2438,8079 \text{ kg/m}^3$). Pengujian daya serap radiasi neutron untuk beton serpentin sebesar $0.25557 \pm 0.038 \text{ cm}^{-1}$ dengan tebal perisai 6 cm dan $0.24756 \pm 0.037 \text{ cm}^{-1}$.

Beton Serpentin merupakan beton yang mempunyai kemampuan lebih tinggi dalam menyerap radiasi neutron campuran dan neutron cepat, sedangkan beton campuran mempunyai kemampuan menyerap neutron thermal. Beton perisai radiasi yang baik adalah beton yang memiliki tampang lintang serapan yang besar dan tampang lintang hamburan yang kecil.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Bahan-susun Beton

3.1.1 Semen

Bahan baku semen terdiri dari empat komponen yaitu batu kapur, tanah liat, pasir silika dan pasir besi. Semen Portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terutama terdiri dari kalsium silikat hidrat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan-tambah yang biasa digunakan yaitu gypsum. Semen yang digunakan untuk bahan-susun beton berfungsi sebagai bahan perekat antara butiran-butiran agregat dan mengisi rongga-rongga antara butiran agregat agar terbentuk massa beton yang kompak, padat dan kuat. Sifat-sifat semen portland adalah sebagai berikut ini.

1. Susunan Kimia Semen

Faktor terpenting yang mempengaruhi sifat-sifat semen ialah komposisi kimiawi yang terkandung didalam semen, seperti tercantum dalam tabel 3.1.

Tabel 3.1 Susunan unsur semen biasa

Oksida	Persen
Kapur, CaO	60 - 65
Silika, SiO ₂	17 - 25
Alumina, Al ₂ O ₃	3 - 8
Besi, Fe ₂ O ₃	0,5 - 6
Magnesia, MgO	0,5 - 4
Sulfur, SO ₃	1 - 2
Soda/potash, Na ₂ O + K ₂ O	0,5 - 1

Sumber : M L Gambhir, 1986

Hasil proses peleburan oksida-oksida tersebut membentuk empat unsur yang paling penting. Keempat unsur itu adalah (Murdock & Brook, 1991) :

a. Tricalcium Aluminate (tiga molekul kapur terikat pada satu alumina) C₃A.

Senyawa ini mengalami hidrasi sangat cepat disertai pelepasan sejumlah

besar panas, menyebabkan pengerasan awal tetapi kurang tahan terhadap agresi kimiawi yang dapat menimbulkan retak beton.

- b. Tricalcium Silikat (tiga molekul kapur pada satu silikat) C_3S . Senyawa ini mengeras dalam beberapa jam, dengan melepas sejumlah panas. Selain itu berpengaruh terhadap kekuatan beton pada awal umurnya, terutama dalam 14 hari pertama.
- c. Dicalcium Silikat (dua molekul kapur pada satu silikat) C_2S . Senyawa ini berlangsung perlahan dengan melepaskan panas yang lambat. Senyawa ini berpengaruh terhadap proses peningkatan kekuatan yang terjadi dari umur 14 hari sampai umur 28 hari, dan seterusnya. Semen yang memiliki proporsi C_2S banyak mempunyai ketahanan terhadap agresi kimia yang relatif tinggi oleh karenanya merupakan semen portland yang paling awet.
- d. Tetracalcium aluminoferrite (empat molekul kapur pada satu alumina dan satu besi oksida) C_4AF . Untuk senyawa C_4AF kurang begitu besar pengaruhnya terhadap kekerasan semen.

Komposisi semen dan senyawa kimia yang ada berpengaruh terhadap sifat-sifat semen sehingga menghasilkan 5 jenis semen yang berbeda-beda yang disesuaikan dengan tujuan penggunaannya masing-masing. Jenis I untuk penggunaan umum, jenis II untuk penggunaan yang memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang, jenis III untuk penggunaan yang menuntut kekuatan awal yang tinggi, jenis IV untuk penggunaan yang menuntut persyaratan panas hidrasi yang rendah dan jenis V untuk penggunaan yang menuntut persyaratan sangat tahan terhadap sulfat.

2. Hidrasi Semen

Hidrasi adalah peristiwa terjadinya reaksi antara komponen semen portland dengan air. Reaksi hidrasi ini pada dasarnya telah mulai terjadi pada saat penyimpanan klinker, proses penggilingan, penyimpanan semen dan mendekati 100 % pada saat pembuatan adukan beton

3. Kekuatan Pasta Semen dan Faktor Air Semen

Kekuatan semen yang telah mengeras tergantung pada jumlah air yang digunakan pada waktu proses hidrasi berlangsung. Jumlah air yang diperlukan untuk proses hidrasi kira-kira 25% dari berat semen.

3.1.2 Agregat

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau adukan beton. Menurut SK SNI S-17-1990-03 agregat adalah material granular yang dipakai bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk suatu beton semen hidrolis atau adukan. Agregat ini kira-kira menempati sebanyak 70 % volume mortar atau beton. Beton mempunyai kuat tekan tinggi, jika terbentuk dari bahan-bahan yang berkualitas baik dan membentuk massa yang kokoh dan kuat serta pori yang terbentuk sekecil mungkin (Kardiyono, 1992).

Agregat pada umumnya adalah batuan, baik berupa batuan alam dengan ukuran seperti yang tersedia dilapangan atau batuan yang merupakan pecahan batuan berukuran besar. Untuk tujuan tertentu dapat digunakan bahan lain sebagai pengganti dari agregat batuan.

Sifat-sifat agregat antara lain meliputi bentuk dan tekstur permukaan, berat jenis, ukuran maksimum butiran, kekuatan agregat, gradasi dan kadar air agregat.

1. Bentuk dan tekstur permukaan butiran agregat.

Bentuk dan tekstur permukaan butiran agregat berpengaruh terhadap daya serap terhadap air, kemudahan pengerjaan dari beton segar dan daya lekat antara agregat dengan pasta semen. Kondisi permukaan agregat akan mempengaruhi ikatan antara partikel-partikel lainnya, baik sesama agregat atau dengan pasta semen. Jika bersinggungan dengan sesama agregat, adanya permukaan yang kasar akan timbul tahanan yang besar. Begitu juga kalau berhubungan dengan pasta semen akan memberikan daya lekat yang besar.

2. Berat Jenis Agregat

Berdasarkan berat jenisnya, agregat dibedakan menjadi tiga macam, berikut ini.

- a. Agregat normal, yaitu agregat yang berat jenisnya antara 2,5 sampai 2,7 ton/m³. Agregat ini biasanya berasal dari granit, basalt dan kuarsa. Beton yang dihasilkan dari agregat ini mempunyai berat jenis sekitar 2,3 ton/m³ dengan kuat desak antara 150 kg/cm² sampai 400 kg/cm².
- b. Agregat berat yaitu agregat yang mempunyai berat jenis lebih dari 2,8 ton/m³, misalnya magnetik (Fe₃O₄), barytes (BaSO₄), atau serbuk besi. Beton yang dihasilkan dari agregat ini mempunyai berat jenis sampai 5 ton/m³. Agregat jenis ini efektif sebagai dinding pelindung radiasi sinar-X.
- c. Agregat ringan, yaitu agregat yang mempunyai berat jenis kurang dari 2,0 ton/m³, yang biasanya digunakan untuk beton non struktural. Kebaikan agregat ini adalah berat sendiri yang rendah, sifat lebih tahan api dan sebagai bahan isolasi panas yang lebih baik. Agregat ringan dapat diperoleh secara alami maupun buatan. Agregat ringan alami misalnya *diatomite*, *pumice*, *vulkanic cinder*. Agregat ringan buatan misalnya tanah bakar (*bloated clay*), abu terbang (*fly Ash*), dan busa terak tanur tinggi (*foamed blast furnace slag*).

3. Ukuran Maksimum Butiran.

Penggunaan ukuran agregat sebesar-besarnya dapat mengurangi jumlah kebutuhan semen dalam adukan sehingga mengurangi biaya pembuatan betonnya. Disamping itu pengurangan jumlah semen dalam adukan berarti mengurangi resiko susut dan retak beton akibat panas hidrasi maupun akibat perubahan suhu. Namun mengingat salah satu faktor yang membatasi besar butir maksimum agregat yaitu tidak boleh lebih besar dari 1/3 kali tebal plat, dimana plat beton uji radiasi setebal kurang lebih 6 cm, maka dipakai ukuran butiran maksimum 20 mm.

4. Kekuatan Agregat

Kekuatan beton tidak lebih tinggi dari kekuatan agregat. Oleh karena itu sepanjang kuat tekan agregat lebih tinggi daripada beton yang dibuat dari agregat tersebut maka agregat tersebut dianggap cukup kuat. Butir-butir agregat dapat bersifat kurang kuat karena dua sebab, yaitu karena terdiri dari bahan yang lemah atau terdiri dari partikel-partikel yang kuat tetapi tidak

terikat dengan kuat, jadi bahan-ikat kurang kuat. Butir-butir agregat yang lemah yaitu butir agregat yang kekuatannya lebih rendah daripada pasta semen yang telah mengeras, tidak dapat menghasilkan beton yang kekuatannya dapat diandalkan. Sifat-sifat butir yang lemah dan lunak perlu dibatasi jika ketahanan terhadap abrasi yang kuat dari betonnya diperlukan. Pengujian kekuatan agregat kasar dapat dilakukan dengan mesin uji aus Los Angeles. Untuk beton struktural, agregat tidak boleh mengalami berat hancur lebih dari 50% lewat pengujian Los Angeles. Persyaratan kekerasan agregat dapat dilihat pada tabel 3.2 berikut ini.

Tabel 3.2. Persyaratan kekerasan agregat untuk beton

Kelas dan mutu beton	Bejana Rudeloff		Mesin Los Angeles Maksimum bagian yang hancur, menembus ayakan 1,7 mm (persen)
	Maksimum bagian yang hancur, menembus ayakan 2 mm (persen)		
	Ukuran butir		
	19 - 30 mm	9,5- 19 mm	
Kelas I Mutu Bo dan B1	30	32	50
Kelas II Mutu K-125 s/d K-225	22	24	40
Kelas III Mutu diatas K-225	14	16	27

Sumber : Kardiyono, 1992

5. Gradasi Agregat.

Gradasi agregat adalah distribusi ukuran butiran dari agregat. Bila butir-butir agregat mempunyai ukuran yang sama atau seragam, volume pori akan besar, sebaliknya bila butiran bervariasi maka volume pori akan kecil. Hal ini karena butiran yang kecil mengisi pori di antara butiran yang lebih besar, sehingga pori-porinya menjadi sedikit, dengan kata lain, kemampatan menjadi tinggi. Pada pembuatan mortar atau beton diperlukan suatu butiran dengan

kemampatan tinggi, karena volume pori sedikit dan ini hanya membutuhkan bahan ikat yang sedikit pula. Sebagai pernyataan gradasi dipakai nilai prosentase dari berat butiran yang tertinggal atau lewat didalam suatu ayakan. Susunan ayakan yang digunakan dengan lubang 19 mm, 9,60 mm, 4,80 mm, 2,40 mm, 1,20 mm, 0,60 mm, 0,30 mm, dan 0,15 mm.

Gradasi agregat campuran yang baik mutlak diperlukan untuk mendapatkan beton dengan kemampatan tinggi (volume rongga sedikit). Batas-batas gradasi yang baik telah dicantumkan dalam peraturan *British Standard* seperti ditunjukkan secara grafis dalam bentuk kurva gradasi standar untuk agregat butiran ukuran maksimum 20 mm gambar 1 dapat dilihat pada lampiran B. Berdasarkan kurva, gradasi agregat campuran dapat dibedakan menjadi tiga daerah, yaitu gradasi antara gradasi 1 dan gradasi 2 (daerah I), gradasi antara gradasi 2 dan gradasi 3 (daerah II), serta gradasi antara gradasi 3 dan gradasi 4 (daerah III). Gradasi daerah I akan menghasilkan beton yang kasar, sesuai untuk faktor air semen rendah, mudah dikerjakan namun mudah terjadi segregasi. Gradasi daerah III akan menghasilkan beton yang halus tetapi sulit dikerjakan sehingga memerlukan faktor air semen tinggi. Gradasi daerah II adalah gradasi optimum yang akan menghasilkan beton dengan kekasaran sedang (tidak kasar dan tidak halus) dan tingkat kemudahan pengerjaan yang sedang pula (tidak sulit dan tidak mudah). Gradasi standar pada gambar 1 (lampiran B) dapat dijelaskan dalam bentuk tabel persentase butir lolos ayakan pada gradasi standar seperti pada tabel 3.3 berikut ini.

Tabel 3.3 Gradasi Rencana

Lubang ayakan mm	Persentase berat butir lolos ayakan				
	gradasi 1	gradasi 2	gradasi rencana	gradasi 3	gradasi 4
19	100	100	100	100	100
9,6	45	55	60	65	75
4,75	30	35	38,5	42	48
2,36	23	28	31,5	35	42
1,16	16	21	24,5	28	34
0,6	9	14	17,5	21	27
0,3	2	3	4	5	12
1,5	0	0	0	0	1.5

Sumber : Kardiyono, 1992

6. Kadar Air Agregat

Kadar air pada agregat perlu diketahui untuk menghitung jumlah air yang perlu dipakai dalam campuran adukan beton, dan juga untuk mengetahui berat satuan agregat. Keadaan kandungan air didalam agregat dibedakan menjadi beberapa tingkat yaitu:

- a. kering tungku, benar-benar tidak berair dan ini berarti dapat secara penuh menyerap air,
- b. kering udara, butir-butir agregat kering permukaanya tetapi mengandung sedikit air dalam porinya,
- c. jenuh kering muka, pada tingkat ini permukaanya tidak mengandung air tetetapi butir-butirnya berisi air sejumlah yang diserap. Dengan demikian butiran-butiran agregat pada tahap ini tidak menyerap dan tidak menambah jumlah air bila dipakai dalam campuran adukan beton,
- d. basah, pada tingkat ini butiran-butiran agregat mengandung banyak air baik di permukaan maupun di dalam butirannya, sehingga bila dipakai untuk campuran akan memberi air.

7. Spesifikasi Agregat Beton Perisai Radiasi.

Untuk beton penahan radiasi persyaratan fisik agregat tidak berbeda dengan agregat normal seperti berat jenis, kekuatan, keuletan, kekekalan (ketahanan cuaca), ketahanan aus, kandungan zat kotor, gradasi, dan kadar air terikat. Dalam SK SNI S – 17 – 1990 – 03, macam dan kandungan utama senyawa kimia agregat untuk beton penahan radiasi tercantum sebagai salah satu persyaratan agregat beton perisai radiasi, seperti tercantum pada tabel 3.4.

Tabel 3.4 Jenis dan Kandungan Utama Senyawa Kimia Agregat Beton Perisai Radiasi

Agregat dengan Kandungan Utama Mineral	Jenis Agregat	Kandungan Utama Senyawa Kimia	Berat Jenis
Serpentin	Batu Pecah, Hidrat batuan beku	$Mg_3 Si_2 O_5 (OH)_4$	2,4 - 2,65
Limonit	Batu pecah, Hidrat bijih besi	$(HfFeO_2)_x (H_2O)_y$	3,4 - 3,8
Guttit	Batu pecah	$HfFeO_2$	3,5 - 4,5
Barit	Kerikil atau Batu pecah	$BaSO_4$	4,0 - 4,4
Ilemenit	Batu pecah, Bijih besi	$Fe Ti O_3$	4,2 - 4,8
Hematit	Batu pecah, Bijih besi	Fe_2O_3	4,6 - 5,2
Magnetit	Batu pecah, Bijih besi	Fe_2O_4	4,6 - 5,2
Besi	Dibuat dari besi baja	Fe	6,5 - 7,5
Ferofosforus	Sintesis	Fe_nP	5,8 - 6,3
Turmalin	Pasir	$(Na(Mg, Fe, Mn, Li, Al) (BO_3)_3 (OH, F)_4)_3$	3,03 - 3,25
Boron	Frit sintesis	$B_2 O_3, Al_2 O_3, SiO_2, Cao$	2,6 - 2,8

Sumber : SK SNI S - 17 - 1990 - 03

3.1.3 Air

Air di dalam adukan beton mempunyai dua buah fungsi, yang pertama diperlukan untuk bereaksi dengan semen sehingga menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan dan yang kedua sebagai pelumas antara campuran butiran agregat dan semen agar dapat mudah dikerjakan dan dipadatkan. Untuk berlangsungnya proses hidrasi, air yang dibutuhkan sekitar 25 % dari berat semen (Murdock & Brook, 1991).

Air yang dipakai didalam adukan beton harus bersih, tidak boleh mengandung minyak, asam alkali, garam, zat organik atau bahan-bahan lain yang bersifat merusak beton. Air yang digunakan minimal memenuhi persyaratan sebagai air minum, tetapi tidak berarti air pencampur beton harus memenuhi persyaratan sebagai air minum (Kardiyono, 1992).

3.2 Perencanaan adukan

Pada penelitian ini metode yang akan digunakan untuk perencanaan adukan beton adalah menggunakan Metode Road Note No.4. : *Design of Low and Medium Strength Concretes Mixes* (disain adukan beton kuat tekan rendah dan sedang) yang digunakan oleh Krishna Raju, India. Pemilihan metode ini didasari kuat tekan karakteristik beton pada penelitian ini sebesar 250 kg/cm^2 , bentuk dan berat jenis agregat yang berbeda-beda, serta gradasi agregat diatur. Langkah-langkah perencanaan menurut Metode Road Note No.4 selengkapnya dapat dilihat pada lampiran B.

3.3 Neutron

3.3.1 Jenis dan Energi Neutron

Neutron adalah partikel elementer yang tidak bermuatan. Neutron diklasifikasikan sesuai dengan energi yang dimiliki, karena tipe reaksi yang dialami neutron sangat tergantung pada energi. Neutron-neutron berenergi tinggi lebih besar dari sekitar 0,1 Mev, disebut sebagai neutron cepat (*fast neutrons*). Neutron-neutron thermal memiliki energi kinetik rata-rata sama dengan molekul-molekul gas dalam lingkungan neutron thermal tersebut (Herman Chamber, 1985). Tingkat tenaga neutron dapat diklasifikasikan dalam tabel 3.5.

Tabel 3.5 Jenis dan Energi Neutron

Jenis Neutron	Energi
Neutron Thermal	$0,025 \text{ eV} < E_n < 0,5 \text{ eV}$
Neutron Epithermal	$0,5 \text{ eV} < E_n < 10 \text{ KeV}$
Neutron Cepat	$10 \text{ KeV} < E_n < 0 \text{ MeV}$
Neutron Relativistik	$E_n < 10 \text{ MeV}$

Sumber : Suratman, 1996

3.3.2 Sumber Neutron

Sumber neutron yang umum dipakai diklasifikasikan menjadi empat kelompok berdasarkan reaksi yang terjadi (Didin Nasirudin, 1994), yaitu

1. Neutron dari reaksi fisi spontan

Reaksi fisi spontan terjadi pada unsur-unsur transuranium, dengan pemancaran neutron cepat. Reaksi ini paling sering terjadi pada unsur $^{98}_{252}\text{Cf}$ (Californium dengan nomor atom 98 dan massa atom 252), yang mempunyai umur paruh 2,65 tahun dan dengan fluks neutron sebesar $2,3 \times 10^6$ n/s untuk setiap mikrogram sampel.

2. Neutron dari sumber-sumber radioisotop

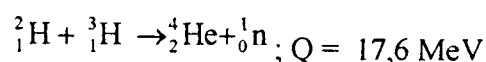
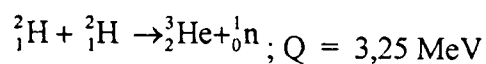
Sumber-sumber ini merupakan campuran atau senyawa yang tersusun dari sebuah bahan target dengan bahan yang mengalami peluruhan α . Reaksi partikel α dengan bahan target akan menghasilkan neutron. Sumber (α, n) merupakan sumber neutron terpenting karena biasanya memiliki ukuran yang relatif kecil, sehingga mudah dibawa kemana-mana serta dapat disesuaikan dengan jenis percobaan yang dilaksanakan. Dari seluruh sumber radioisotop (α, n) yang ada, tiga diantaranya merupakan yang terpenting yaitu Pu-Be, Am-Be, dan Ra-Be.

3. Neutron dari sumber-sumber fotoneutron

Prinsip pemancaran fotoneutron ini adalah reaksi tangkapan radiasi γ oleh inti target, yang diikuti oleh pemancaran neutron.

3. Neutron dari reaksi partikel bermuatan yang dipercepat.

Reaksi yang umum digunakan untuk menghasilkan berkas neutron jenis ini adalah sebagai berikut ini.



3.3.3 Interaksi Neutron dengan Bahan

Interaksi neutron dengan bahan tergantung pada tenaga neutron dan jenis bahan. Semua neutron pada saat terbentuk bersifat cepat. Neutron-neutron cepat melepaskan energinya melalui tumbukan secara lenting dengan atom-atom dan kemudian setelah melambat menjadi energi thermal atau mendekati energi thermal, neutron-neutron tersebut akan ditangkap oleh inti-inti bahan penyerap. Walaupun terdapat sejumlah tipe reaksi yang mungkin, namun reaksi-reaksi yang utama ialah penghamburan elastis (lenting) dan penangkapan yang diikuti oleh pemancaran foton atau partikel lain dari inti bahan penyerap (Yuda Dwiatmoko, 1998).

Berikut ini diuraikan tentang beberapa mekanisme yang terjadi apabila neutron melewati suatu bahan.

1. Hamburan Lenting (*Elastic Scattering*)

Peristiwa hamburan lenting diumpamakan seperti tumbukan bola bilyar. Dalam peristiwa ini berlaku hukum kekekalan momentum dan energi kinetik yaitu jumlah energi kinetik neutron dan inti atom sebelum tumbukan sama dengan jumlah energi kinetik sesudah tumbukan. Sesudah tumbukan energi neutron akan berkurang, karena pada saat tumbukan terjadi pemindahan sebagian energi kinetik dari neutron kepada inti atom. Namun penambahan energi yang diterima inti atom, tidak tereksitasi.

2. Hamburan Tak Lenting (*Inelastic Scattering*)

Energi kinetik neutron dan inti atom sesudah tumbukan lebih kecil dibanding sebelum tumbukan, sehingga dalam peristiwa hamburan tak lenting tidak berlaku hukum kekekalan momentum dan energi kinetik. Dalam hal ini neutron mengalihkan sebagian energinya kepada inti atom sehingga inti atom tereksitasi ke tingkat yang lebih tinggi. Inti atom kemudian kembali ke tingkat dasar (keadaan stabil) dengan memancarkan sinar γ . Hamburan tak lenting semakin berpeluang terjadi bila energi neutron semakin besar dan inti atomnya makin berat (nomer massa makin besar). Atom dengan nomer massa makin besar berarti makin banyak jumlah tingkat energinya sehingga memungkinkan eksitasi inti atom.

3. Tangkapan Neutron.

Reaksi jenis ini adalah yang paling sering dijumpai pada neutron thermal dan hampir semua reaksi neutron thermal dengan nuklida dari jenis ini. Peristiwa tangkapan ini merupakan peristiwa serapan neutron penuh karena neutron benar-benar masuk ke dalam dan menjadi bagian inti atom sehingga energi neutron secara penuh dimiliki inti atom.

3.3.4 Tampang Lintang Neutron (*Neutron Cross Section*)

Tampang lintang neutron adalah besaran yang mendeskripsikan interaksi neutron dengan bahan. Pada saat neutron menembus bahan, akan mengalami hamburan dan serapan dengan 3 prinsip mekanisme seperti hamburan lenting, hamburan tak lenting dan tangkapan neutron. Untuk memeriksa jenis dan kemungkinan interaksi tersebut digunakan pengertian tampang lintang (*cross section*). Tampang lintang neutron dari satu inti atom saja disebut tampang lintang mikroskopik dengan simbol ' σ ' (*sigma*).

Tampang lintang neutron ada bermacam-macam. Ada tampang lintang hamburan (σ_s), tampang lintang serapan (σ_a), tampang lintang fisi (σ_f), dan tampang lintang tangkapan (σ_γ). Jadi keseluruhan dari semua jenis tampang lintang tersebut dinamakan tampang lintang total (σ_t) atau

$$(\sigma_t) = (\sigma_s) + (\sigma_a) + (\sigma_f) + (\sigma_\gamma) \quad (3.1)$$

Apabila dalam bahan terdapat N atom per satuan volume, maka total tampang lintang menjadi N. σ 's. Hal ini sering disebut tampang lintang makroskopik dengan simbol ' Σ '. Tampang lintang makroskopik menunjukkan tampang lintang total dari seluruh atom di dalam volume 1 cm³ bahan dan mempunyai satuan panjang biasanya dinyatakan dalam cm⁻¹. Sesuai dengan berbagai macam interaksi yang mungkin terjadi. Tampang lintang makroskopik total juga merupakan penjumlahan dari tampang lintang makroskopik untuk setiap individu, yaitu tangkapan, fisi, hamburan dan serapan.

$$\Sigma_t = \Sigma_s + \Sigma_a + \Sigma_f + \Sigma_\gamma \quad (3.2)$$

Pengukuranampang lintang total suatu bahan diperoleh dari eksperimen transmisi (*transmission experiment*) yaitu dengan melewati berkas sempit radiasi neutron melalui bahan dengan tebal x cm sambil dilakukan pengukuran intensitas awal dan intensitas akhir radiasi neutron dengan alat detektor. Intensitas awal dapat dari pengukuran radiasi neutron menggunakan detektor tanpa benda uji, sedangkan intensitas akhir dapat dari pengukuran radiasi neutron menggunakan detektor yang diletakkan di belakang benda uji. Dengan anggapan intensitas berkas neutron adalah konstan dan inti atom bahan tidak saling menutupi satu dengan yang lain sehingga semua inti atom dapat berinteraksi. Intensitas neutron yang datang I_0 dan intensitas neutron sesudah menembus bahan setebal x cm adalah I , maka penambahan intensitas neutron adalah dI .

$$-dI = N \cdot \sigma \cdot I \cdot dx \quad (3.3)$$

$$-\frac{dI}{I} = N \cdot \sigma \cdot dx = \Sigma dx \quad (3.4)$$

dengan cara integrasi persamaan 3.4 menjadi

$$I = I_0 \cdot e^{-\Sigma x} \quad (3.5)$$

dengan : I = intensitas neutron akhir, setelah melewati bahan (neutron/menit)

I_0 = intensitas neutron awal (neutron/menit)

Σ = tampang lintang makroskopik (cm^{-1})

x = tebal bahan (cm)

3.3.5 Attenuasi Neutron

Radiasi neutron diserap oleh bahan melalui dua tahap yaitu pertama neutron berenergi tinggi ketika melewati bahan kemudian akan mengalami perlambatan (*slowing down*) oleh hamburan lenting atau hamburan tak lenting, sehingga energinya turun sampai ke daerah thermal.

Proses perlambatan neutron cepat sampai ke daerah thermal disebut moderasi. Bahan yang digunakan untuk memperlambat laju neutron disebut moderator. Bahan yang umum dipakai sebagai moderator adalah bahan yang banyak

mengandung hidrogen seperti air dan paraffin. Jadi proses yang diperlukan untuk menahan radiasi neutron adalah :

1. proses perlambatan neutron cepat dengan hamburan tak lenting menggunakan elemen-elemen berat.
2. proses perlambatan lebih lanjut dengan hamburan lenting dengan menggunakan elemen-elemen ringan.
3. tangkapan neutron lambat (diserap).

Dengan demikian untuk memperoleh perisai radiasi yang memenuhi ketiga proses di atas adalah bahan yang tersusun dari kombinasi unsur ringan dan unsur berat sehingga diperoleh daya serap neutron yang paling baik. Beton adalah salah satu bahan yang dapat digunakan untuk perisai radiasi karena terdiri dari berbagai unsur.

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Tempat Penelitian dan Pengujian

Tempat penelitian adalah di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia untuk pembuatan benda uji dan uji kuat tekan beton, sedangkan Laboratorium BATAN-PPNY Yogyakarta untuk pengujian daya serap beton terhadap radiasi neutron.

4.2 Bahan Penelitian

Bahan-susun beton terdiri dari :

1. Semen Portland, merk Gresik dalam kemasan 40 Kg.
2. Agregat halus yang digunakan yaitu :
 - a. Pasir Progo, Yogyakarta
 - b. Pasir Serpentin, Karangsembung Kebumen.
 - c. Pasir Besi, Cilacap
3. Agregat kasar yang digunakan yaitu :
 - a. Clereng, Yogyakarta.
 - b. Serpentin, Karangsembung Kebumen.
4. Air, yang digunakan adalah air bersih yang tersedia di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

4.3 Peralatan Penelitian

4.3.1 Peralatan Pembuatan dan Pengujian Beton

1. Keranjang, digunakan sebagai wadah bahan-bahan adukan beton pada saat pencucian, penimbangan, pengadukan dan pencoran.
2. Timbangan, digunakan untuk menimbang bahan-susun beton maupun benda uji secara akurat.
3. Gelas ukur, digunakan sebagai takaran air sewaktu pengadukan beton.
4. Cetok, digunakan untuk memasukkan adukan ke dalam cetakan.
5. Kerucut Abrams, tongkat baja, digunakan untuk mengukur kelecakan atau konsistensi slump (workabilitas) adukan beton.
6. Penggaris dan kaliper, digunakan untuk mengukur slump dan dimensi benda uji.
7. Palu, digunakan untuk membantu pemadatan pada waktu pencetakan benda uji.
8. Mesin pengaduk beton, digunakan untuk mencampur bahan-susun beton agar menjadi campuran yang rata dan homogen.
9. Cetakan silinder dengan diameter 15 cm, tinggi 30 cm, digunakan untuk mencetak benda uji kuat tekan jumlah 3 buah.
10. Cetakan matrik beton uji radiasi berbentuk kotak dengan ukuran panjang dan lebar 25x25x6 cm jumlah 6 buah.
11. Satu set ayakan, digunakan untuk memisahkan diameter-diameter butiran untuk pembuatan gradasi agregat campuran yang dikehendaki terdiri dari serangkaian susunan ayakan dengan ukuran lubang 19 mm, 9,6 mm, 4,75 mm, 2,36 mm, 1,18 mm, 0,6 mm, 0,3 mm dan 0,15 mm.
12. Mesin uji kuat tekan beton, digunakan untuk mengetahui hasil kuat tekan dari benda uji dengan mesin uji kuat tekan merk ELE.

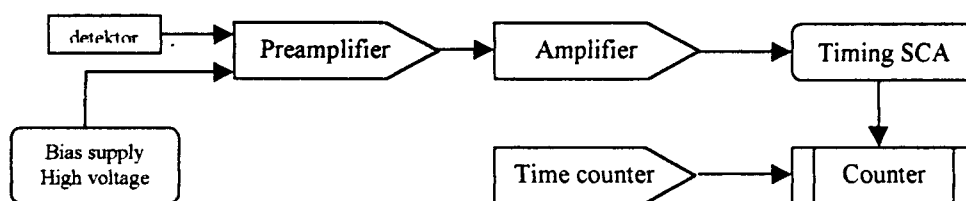
4.3.2 Peralatan Pengujian Radiasi

1. Sumber radiasi neutron

Sumber radiasi yang digunakan untuk penelitian ini adalah sumber radiasi neutron yang berasal dari radioisotop, yaitu Pu-Be (Plutonium Berilium). Berbentuk silinder diameter 2 cm dan tinggi 3 cm. Sumber radiasi neutron ini merupakan senyawa logam gabungan antara zat radioaktif pemancar α (Plutonium) dengan unsur logam ringan Berilium yang memungkinkan terjadinya reaksi inti sehingga dapat menghasilkan neutron ${}^4_2\text{He}(\alpha, n) {}^{12}_6\text{C}$. Neutron yang dipancarkan sumber neutron Pu-Be merupakan neutron campuran yang memiliki tingkat energi yang tidak sama (neutron thermal dan neutron cepat). Neutron thermal lebih dominan dibandingkan neutron cepat. Untuk membedakan jumlah neutron cepat dari neutron thermal digunakan logam cadmium (Cd). Cadmium menyerap semua neutron thermal atau menghentikan (*cutoff*) neutron yang berenergi kurang dari 0,5 eV sehingga hanya neutron cepatlah yang terdeteksi oleh detektor.

2. Instrumen pendeteksi dan pencacah radiasi neutron.

Skema kerja instrumen dijelaskan dalam gambar 4.1 berikut ini.



Gambar 4.1 Skema Pendeteksi dan Pencacah Neutron

a. Detektor

Alat untuk pengukur dan pedeteksi radiasi adalah detektor. Detektor ini berbentuk silinder dari kuningan sebagai katoda, kawat tipis di tengah anoda dan mempunyai beda tegangan 1300 volt. Keseluruhan terbungkus dalam tabung logam yang diisi gas kering Boron Triflourida (BF_3). Pancaran partikel α dan energi yang dihasilkan dari reaksi $\text{Be}^9(\alpha, n) \text{Li}^{17}$

akan diserap medium gas detektor sehingga timbul arus pulsa. Arus pulsa keluaran dari detektor sangat lemah sehingga diperbesar dengan amplifier supaya bisa dideteksi dan dicacah jumlahnya oleh pencacah (*Counter*). Untuk mengetahui intensitas neutron cepat, digunakan tabung Cadmium dengan panjang 30 cm dan diameter 3 cm. Pemakaiannya diselongsongkan pada batang silinder detektor selama pelaksanaan pencacahan.

b. *Preamplifier* (penguat awal)

Arus pulsa detektor terlebih dahulu disalurkan ke penguat awal untuk amplifikasi awal, pembentukan pulsa pendahuluan, penyesuaian dengan kabel sinyal ke penguat, perubahan dari pulsa muatan menjadi pulsa tegangan dan penurunan gangguan derau.

c. *Amplifier* (penguat)

Penguat yang dimaksud adalah penguat peka tegangan (penguat linier). Pulsa masukan dari penguat awal berupa pulsa tegangan, diseleksi dengan tombol pengatur *Coarse Gain* (penguatan besar 10, 20, 50, 100, 200) dan *Fine Gain* (penguatan kecil dan kontinyu 0,5 – 1,5) sampai dapat dianalisis penganalisa tinggi pulsa.

a. *Timing SCA/Single Channel Analyzer* (penganalisa Saluran Tunggal)

Pulsa yang telah dikuatkan oleh penguat kemudian disalurkan ke *Timing SCA* untuk dianalisa dan dipisahkan pulsa hasil cacah dari pulsa-pulsa akibat gangguan derau, dengan mengatur lebar celah dan ambang (*tershold*) oleh tombol *window* (*Upper Level* dan *Lower Level*). Hanya pulsa-pulsa yang tinggi diantaranya harga ambang dan batas atas *window* yang akan disalurkan ke *Counter* untuk dicacah jumlahnya, sedangkan pulsa yang lebih rendah dari harga ambang atau lebih tinggi dari batas atas *window* tidak diteruskan.

b. *Counter* (Pencacah) dan *Time Counter* (Pencacah waktu)

Semua pulsa yang lolos dari penganalisa saluran tunggal dicacah jumlahnya oleh *Counter* dan jangka waktu pencacahannya dibatasi selama 60 detik (1 menit) dengan *Time Counter*. Banyaknya cacah/menit menunjukkan intensitas yang terdeteksi oleh detektor.

c. *Power Supply* (sumber daya)

Power Supply yang digunakan adalah sumber daya tegangan rendah dengan output -6 V , $+6\text{ V}$, -12 V , $+12\text{ V}$, -24 V dan $+24\text{ V}$ digunakan dalam mengoperasikan instrumen-instrumen elektronik seperti *Amplifier*, *Timing SCA*, *Counter* dan *Time Counter*. Detektor BF_3 yang membutuhkan tegangan 1300 V disuplai oleh sumber tegangan tinggi *Bias Supply* $0\text{-}5\text{ kV}$.

4.4 Perencanaan Adukan

4.4.1 Volume Adukan

Volume adukan dari tiap komposisi beton berdasarkan ukuran dan jumlah benda uji yang digunakan dalam pengujian kuat tekan dan daya serap radiasi tercantum dalam tabel 4.1.

Tabel 4.1 Volume benda uji

Bentuk Benda Uji	Ukuran	Jumlah benda uji		Volume m ³
		Kuat Tekan	Radiasi	
Silinder	Diamater 15 cm Tinggi 30 cm	3		0,016
Plat Beton	25 x 25 x 6		1	0,00375
	25 x 25 x 12		1	0,0075
	25 x 25 x 18		1	0,01125
	25 x 25 x 24		1	0,015
	25 x 25 x 30		1	0,01875
	25 x 25 x 36		1	0,0225
				0,09475

Berdasarkan volume benda uji dan kemungkinan tercecer dalam pembuatan adukan maka volume adukan tiap komposisi dihitung sebesar $= 110\% \times 0,09475\text{ m}^3 = 0,10423\text{ m}^3 \approx 0,104\text{ m}^3$.

4.4.2 Kebutuhan Adukan

Pada penelitian ini perhitungan adukan beton menggunakan metode *Road Note No 4 : Design of Low and Medium Strength Concretes Mixes* (desain adukan beton kuat tekan rendah dan sedang). Cara dan perhitungan adukan beton

selengkapnya dapat dilihat pada lampiran B dan C dan hasil rencana adukan kebutuhan bahan-susun beton disajikan pada tabel 4.2 dan tabel 4.3.

Tabel 4.2 Kebutuhan Bahan Tiap Komposisi Beton dalam Kg per m³ beton

Bahan Susun Beton	Kebutuhan bahan dalam kilogram untuk komposisi					
	CP	CS	CB	SP	SS	SB
Semen	333,2	372,4	331,9	333,2	372,4	331,9
Pasir	619,1	443,528	511,458	619,1	443,528	511,458
Kerikil	1301,5	1239,347	1561,258	1073,237	1021,866	1287,44
Air	183,3	204,82	182,545	183,3	204,82	182,545

Tabel 4.3 Kebutuhan Bahan Tiap Komposisi Beton dalam Kg per Adukan
(0,104 m³)

Bahan Susun Beton	Kebutuhan bahan dalam kilogram untuk komposisi					
	CP	CS	CB	SP	SS	SB
Semen	34,653	38,73	34,518	34,653	38,73	34,518
Pasir	64,386	46,127	53,192	64,386	46,127	53,192
Kerikil	135,356	128,892	162,371	111,617	106,274	133,894
Air	19,063	21,301	18,985	19,063	21,301	18,985

BAB V

PELAKSANAAN PENELITIAN

5.1 Persiapan Bahan

Sebelum penelitian dilakukan terlebih dahulu dilakukan persiapan bahan sebagai berikut ini.

1. Pemeriksaan semen dengan pengamatan visual, butiran semen berwarna abu-abu, keadaan halus dan tidak menggumpal.
2. Pemeriksaan air secara visual memenuhi syarat karena air yang dipakai berasal dari aliran PDAM Sleman sehingga secara kualitas telah memenuhi syarat untuk air adukan beton.
3. Persiapan dan pemeriksaan agregat, meliputi pemilihan butiran, pencucian, penjemuran dan pemisahan butiran berdasarkan diameter butiran dengan menggunakan ayakan. Untuk mengetahui karakteristik agregat yang akan digunakan untuk penelitian maka dilakukan pemeriksaan berat jenis, kekuatan dan ketahanan aus dan analisa kimia unsur batuan. Uraian persiapan dan pemeriksaan agregat selengkapnya terdapat di lampiran A.

5.2 Pencetakan Benda Uji

Setelah semua alat pengadukan beton siap pakai, dimulai pembuatan benda uji sebagai berikut ini.

1. Penimbangan material, bahan-bahan penyusun beton ditimbang sesuai kebutuhan pada masing-masing gradasi yang direncanakan.
2. Pengadukan beton, dimulai dengan memasukkan sebagian agregat kasar dan sebagian agregat halus ke dalam mesin pencampur beton. Setelah tercampur rata sebagian semen dan air dimasukkan agar adukan dapat tercampur dengan rata. Sisa agregat kasar dimasukkan ke dalam mesin pencampur aduk lagi

hingga tercampur rata. Selanjutnya sisa semen sambil ditambahkan air dimasukkan sedikit demi sedikit ke dalam mesin pencampur sampai adukan merata kelecakannya. Pada waktu mesin pengaduk berputar diusahakan agar mesin pengaduk dalam keadaan miring, karena apabila mesin pengaduk dalam keadaan vertikal maka akan terjadi pemisahan butiran bahan penyusun beton.

3. Pemeriksaan slump, adukan beton yang sudah tercampur rata diambil sebagian untuk diukur kelecakannya. Adukan beton dimasukkan ke dalam corong kerucut sebanyak sepertiga dari tinggi corong, lalu ditusuk-tusuk sebanyak 25 kali dan corongnya dipegang erat-erat agar tidak bergerak. Kemudian proses selanjutnya sama dengan lapisan pertama sehingga corong tersebut berisi penuh dan ratakan dengan permukaan corong kerucut. Adukan dibiarkan selama kurang lebih 30 detik. Selanjutnya, corong kerucut diangkat secara perlahan-lahan vertikal ke atas. Besarnya penurunan kerucut beton segar terhadap tinggi corong kerucut adalah nilai slump yang dianggap menunjukkan tingkat kelecakan adukan beton yang dibuat.
4. Pelumasan cetakan, sebelum cetakan benda uji diisi adukan beton terlebih dahulu diolesi dengan pelumas. Pemberian pelumas pada cetakan bertujuan agar beton dan cetakan tidak lengket.
5. Pencetakan benda uji, pengisian adukan beton ke dalam cetakan dilakukan dengan cara memasukkan adukan beton sedikit demi sedikit. Setelah itu dilakukan pemadatan dengan menusuk adukan beton tersebut. Adukan beton dimasukkan ke dalam cetakan hingga terisi penuh sambil ditusuk-tusuk. Setelah pengisian dan pemadatan selesai, permukaan cetakan diratakan menggunakan plat kaca yang sudah diberi pelumas, kemudian letakkan ditempat yang teduh.

5.3 Rawatan Benda Uji

Semua cetakan benda uji dibuka sehari setelah pencoran, kemudian benda uji dimasukkan ke dalam bak perendaman sampai seluruh benda uji terendam di dalam air. Perendaman untuk perawatan benda uji dilakukan selama 27 hari, kemudian benda uji diangkat dari bak perendaman dan diletakkan di tempat yang

teduh. Pada umur 28 hari, 3 buah benda uji berbentuk silinder diuji kuat tekannya, sedangkan benda uji lainnya diuji daya serapnya terhadap radiasi.

5.4 Pengujian Benda Uji

5.4.1 Uji Kuat Tekan

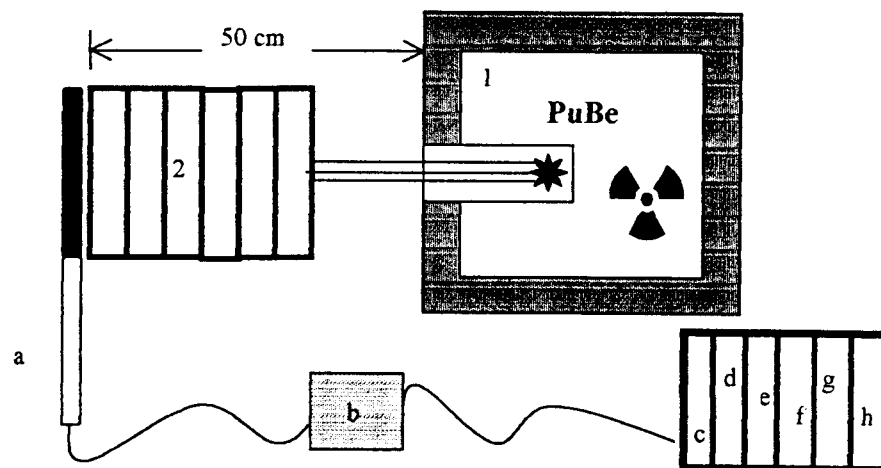
Benda uji silinder sebelum ditekan, diperiksa terlebih dahulu dimensi benda uji yang sesungguhnya (diameter dan tinggi) dengan kaliper dan ditimbang beratnya. Setelah itu permukaan benda uji diberi lapisan perata dengan bahan belerang. Belerang dipanaskan hingga mencair kemudian segera dimasukkan ke dalam cetakan yang berbentuk silinder. Benda uji diletakkan di atas cetakan silinder yang berisi cairan belerang tadi dan didiamkan beberapa saat. Setelah cairan belerang dan permukaan benda uji mengeras, lepaskan dari cetakan yang berbentuk silinder. Benda uji kemudian diletakkan di tengah-tengah mesin uji kuat tekan. Mesin uji kuat tekan dihidupkan dan pembebanan segera diberikan sampai benda uji retak atau pecah, saat itu benda uji telah mencapai beban maksimum yang ditunjukkan oleh jarum penunjuk. Nilai kuat tekan beton diperoleh dari beban maksimum (P) dibagi luas tampang silinder (A) :

$$\sigma \text{ tekan} = \frac{P}{A} \quad (5.1)$$

Nilai kuat tekan masing-masing benda uji yang diperoleh dari persamaan 5.1 dirata-rata untuk mendapatkan nilai kuat tekan rata-rata beton.

5.4.2 Uji Radiasi Neutron

1. Peralatan Uji Radiasi, peralatan eksperimen radiasi untuk menyelidiki sifat-sifat interaksi nuklir dari beton terhadap sinar neutron telah diinstalasikan pada gambar 5.1 sebagai berikut ini .



Gambar 5.1 Skema Eksperimen Radiasi Neutron terhadap Beton

Keterangan gambar :

- 1) Sumber radiasi neutron adalah Pu-Be diletakkan pada kolimator di dalam kontainer timbal (Pb) sebagai perisai sumber radiasi neutron.
- 2) Benda uji diletakkan di atas bangku panjang dan berada tepat di depan lubang kontener radiasi.
- 3) Peralatan elektronik pendeteksi radiasi neutron terdiri dari :
 - a) Detektor BF_3 dan dilengkapi selongsong Cadmium.
 - b) *Preamplifier* (penguat awal) ORTEC 142.
 - c) *Timing SCA* (penganalisa saluran tunggal) ORTEC 551 dengan harga *window 10, lower 3 dan delay 1*.
 - d) *Counter* (pencacah) ORTE875
 - e) *Time Counter* (pencacah waktu) ORTEC 719 dengan waktu terpasang 1 menit.
 - f) *Bias Supply 0-5 kV High Voltage* ORTEC 456 (pembangkit tegangan tinggi) dengan tegangan terpasang 1300 volt.
 - g) *Amplifier* (penguat sinyal) ORTEC 575 dengan harga *coarse gain 20 dan fine gain 0,8*.
 - h) *Power Supply* (sumber daya) ORTEC 456.
2. Pelaksanaan Uji radiasi, uji radiasi dilakukan dengan pencacahan neutron yang dibagi atas 2 tahap yaitu :

- a. Pencacahan neutron campuran, dilakukan dengan detektor polos (tanpa selongsong Cadmium),
- b. Pencacahan neutron cepat, dilakukan dengan detektor yang diberi selongsong Cadmium.

Pada kedua tahap pengujian tersebut cara pencacahan neutron dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut ini.

- a. Pencacahan intensitas awal (I_0), pencacahan dilakukan dengan cara meletakkan detektor di atas bangku panjang dengan arah melintang terhadap sumber radiasi. Jarak antar detektor dengan sumber radiasi neutron ± 50 cm. Jarak ini tetap untuk semua benda uji yang akan diuji daya serapnya terhadap radiasi. Setelah detektor diletakkan melintang lalu tombol reset pada *counter* ditekan hingga display (tampilan) menunjukkan 0 cacah. Kemudian tombol reset pada *time counter* ditekan, maka secara otomatis *time counter* dan *counter* bekerja bersama-sama, sampai pencacahan oleh *counter* akan berhenti pada saat *time counter* mencapai waktu 1 menit. Angka yang tertera pada display *counter* dicatat, kemudian dengan cara yang sama diulangi sampai 5 data diperoleh.
- b. Pencacahan intensitas pada ketebalan tertentu (I), dilakukan dengan cara matriks beton dengan ketebalan tertentu diletakkan di depan detektor dengan arah dan jarak sama pada waktu pencacahan intensitas awal. Kemudian alat dijalankan seperti pada pencacahan intensitas awal (I_0).

Perhitungan tampang lintang makroskopik yang menunjukkan kemampuan serapan bahan terhadap radiasi neutron yang dirumuskan :

$$I = I_0 \cdot e^{-\Sigma_t \cdot x} \quad (5.2)$$

dengan : I = intensitas neutron akhir, setelah melewati bahan (neutron/menit)

I_0 = intensitas neutron awal (neutron/menit)

Σ_t = tampang lintang makroskopik (cm^{-1})

x = tebal bahan (cm)

Untuk memperoleh nilai konstanta Σ_t , persamaan (5.2) diubah ke bentuk linier dengan dilogaritmakan menjadi :

$$\ln I = \ln I_0 + \ln e^{-\Sigma_t x} \quad (5.3)$$

$$\ln I = \ln I_0 + -\Sigma_t .x \quad (5.4)$$

$$Y = a + b.x \quad (5.5)$$

dengan $Y = \ln I$

$$b = -\Sigma_t$$

a = konstanta

Selanjutnya dilakukan perhitungan regresi linier untuk mendapatkan nilai b sebagai tampang lintang makroskopik beton terhadap radiasi neutron.

BAB VI

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

6.1 Bahan-susun Beton

1. Semen.

Semen portland yang digunakan produksi PT Semen Gresik. Pemeriksaan semen dilakukan secara visual terhadap kemasan 40 kg, butirannya halus dan tidak ada penggumpalan.

2. Air.

Dari hasil pengamatan, air yang digunakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik berasal dari PDAM Sleman, sehingga dapat dipakai sebagai air campuran beton.

3. Agregat

Agregat yang digunakan untuk pembuatan benda uji dalam penelitian ini telah diteliti keausan, penyerapan air, dan berat jenis agregat dengan hasil seperti tercantum dalam tabel 6.1 berikut ini :

Tabel 6.1. Hasil pengujian agregat

Jenis Pengujian	Agregat Kasar Clereng	Agregat Kasar Serpentin	Agregat Halus		
			Pasir serpentin	Pasir besi	Pasir Progo
Keausan	13,64%	23,02%	-	-	-
Penyerapan	1,58%	7,84%	11,358%	1,626%	2,699%
BJ	2,64	2,177	2,138	4,241	2,84
BJ Semu	2,7545	2,626	2,823	4,555	3,082
Berat SSD	2,6816	2,348	2,380	4,310	2,923

Sumber : Data Laboratorium Jalan raya, FTSP, UII

a. Agregat halus

Pasir Progo berdasarkan berat jenisnya sebesar 2,84, termasuk ke dalam kategori agregat berat karena memiliki berat jenis yang lebih besar dari 2,8. Penyerapan pasir Progo 2,699 % berada diatas penyerapan agregat

normal sekitar 1-2 %. Pasir Serpentin berdasarkan berat jenisnya sebesar 2,138, termasuk ke dalam kategori antara di bawah agregat normal dan di atas agregat ringan. Penyerapan pasir Serpentin 11,358 % sangat besar dibandingkan penyerapan normal. Pasir Besi berdasarkan berat jenisnya sebesar 4,241, termasuk ke dalam kategori agregat berat dan penyerapannya termasuk penyerapan normal 1,626 %.

b. Agregat Kasar

Kerikil Clereng berdasarkan berat jenisnya sebesar 2,64, termasuk ke dalam kategori agregat normal, penyerapannya 1,58 % termasuk penyerapan normal. Kerikil Serpentin berdasarkan berat jenisnya sebesar 2,177, termasuk ke dalam kategori di bawah agregat normal dan di atas agregat ringan. Penyerapan Serpentin 7,84 % sangat besar dibandingkan dengan penyerapan normal sekitar 1-2 %. Pada pengujian ketahanan aus dengan mesin uji Los Angeles setelah 500 kali putaran diperoleh 13,64 % bagian yang hancur untuk kerikil Clereng dan 23,02 % bagian yang hancur untuk kerikil Serpentin.

6.2 Workabilitas Adukan

Sesuai dengan perbandingan bahan-susun beton pada tabel 4.2 dan tabel 4.3, maka untuk setiap komposisi dilakukan pencampuran adukan ke dalam mesin pencampur. Untuk setiap komposisi, pengukuran workabilitas adukan diuji dan dicatat yaitu nilai slump seperti yang tercantum di dalam tabel 6.2.

Tabel 6.2 Nilai Slump untuk Setiap Komposisi

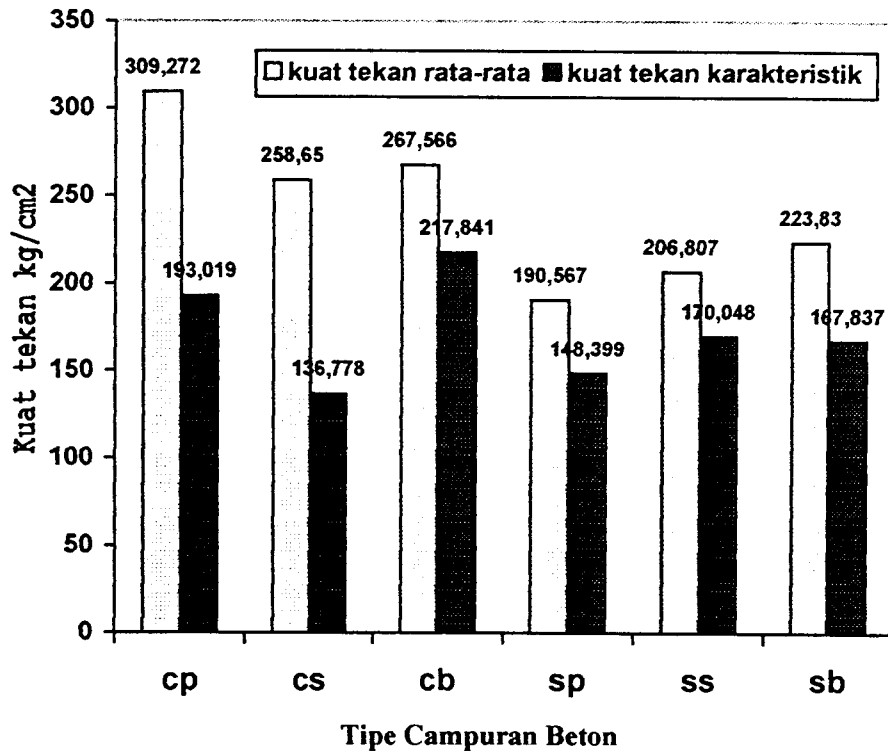
Kode Beton	Fas	Bahan Susun Beton dalam Perbandingan Berat				Slump (cm)
		Semen	Pasir	Kerikil	Air	
CP	0,55	1	1,858	3,906	0,55	8
CS	0,55	1	1,191	3,328	0,55	6
CB	0,55	1	1,541	4,704	0,55	9
SP	0,55	1	1,858	3,221	0,55	8
SS	0,55	1	1,191	2,744	0,55	5
SB	0,55	1	1,541	3,879	0,55	8

Secara keseluruhan nilai slump untuk semua komposisi memenuhi slump rencana seperti yang direkomendasikan dalam metode Road Note No.4 yaitu sebesar 5 - 10 cm. Nilai Slump yang berbeda-beda antara tipe beton yang satu dengan yang lainnya disebabkan karena serapan air yang tidak seragam antara agregat kasar dan agregat halus. Pengaruh sifat dan bentuk permukaan agregat, batu Serpentin yaitu halus dan cenderung mengkilap, dapat menurunkan daya lekatan adhesif dengan pasta semen namun untuk batu Clereng, permukaannya kasar dan tidak teratur dapat meningkatkan daya lekatan adhesif dengan pasta semen.

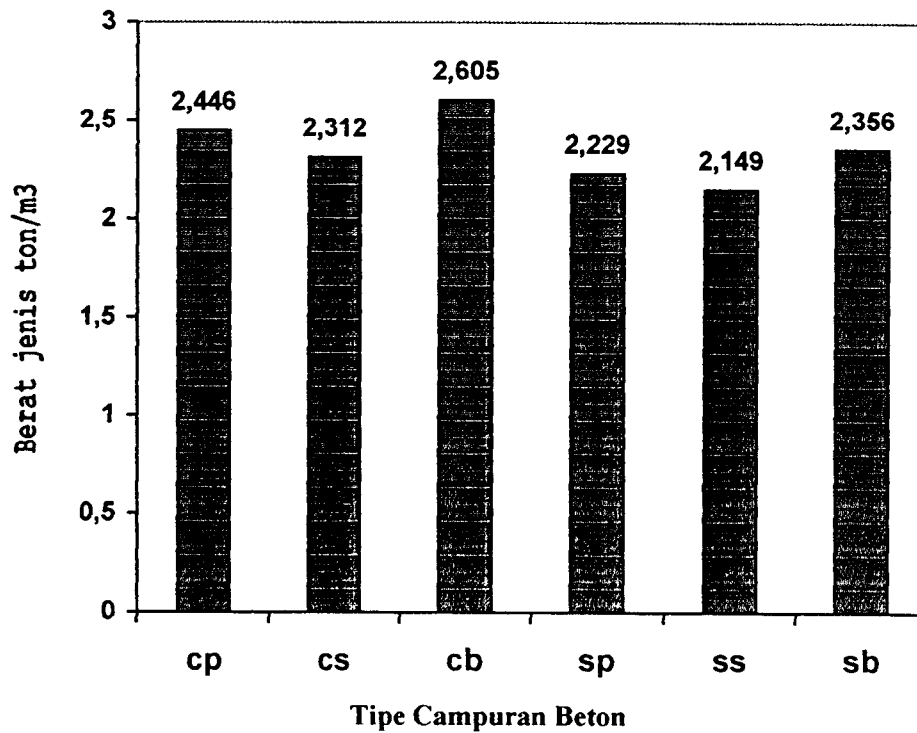
Penggunaan gradasi campuran rencana antara gradasi 2 dan gradasi 3 pada grafik gradasi (gambar 1 lampiran B) memberi pengaruh pada proses pengerjaan adukan dan pemadatan di lapangan yang optimum (tidak mudah dan tidak sulit).

6.3 Kuat Tekan Beton

Data hasil pengujian kuat tekan beton, berat jenis beton dan perhitungan kuat tekan karakteristik beton pada umur 28 hari selengkapnya dapat dilihat pada lampiran D. Hasil pengujian kuat tekan dan berat jenis bervariasi. Untuk pembahasan selanjutnya hasil kuat tekan dan berat jenis ditampilkan dalam bentuk histogram pada gambar 6.1 dan 6.2 berikut ini.



Gambar 6.1 Hasil Uji Kuat Tekan Beton



Gambar 6.2 Berat Jenis Beton

Dari gambar 6.1 diperoleh bahwa kuat tekan rata-rata dan kuat tekan karakteristik beton yang terjadi sangat bervariasi. Beberapa penyebab terjadinya kuat tekan yang bervariasi antara lain sebagai berikut ini.

1. Bahan-susun beton yang berbeda,

Bahan-susun yang digunakan pada penelitian ini mempunyai bentuk dan tekstur yang berbeda-beda. Kuat tekan rata-rata beton dengan agregat kasar Clereng lebih tinggi dari kuat tekan rata-rata beton dengan agregat kasar Serpentin. Hal ini sesuai dengan kekerasan agregat yang ditunjukkan dengan nilai keausan agregat Clereng (13,64%) lebih kecil dengan nilai keausan agregat kasar Serpentin (23,02%). Permukaan agregat Clereng yang kasar dan bersudut memberi pengaruh lekatan antara agregat dengan pasta semen lebih baik dibanding dengan lekatan antara semen dengan agregat serpentin yang permukaannya halus dan licin. Agregat kasar dan agregat halus yang digunakan mempunyai variasi berat jenis, bentuk dan tekstur permukaan, sehingga kuat tekan yang dihasilkan juga bervariasi.

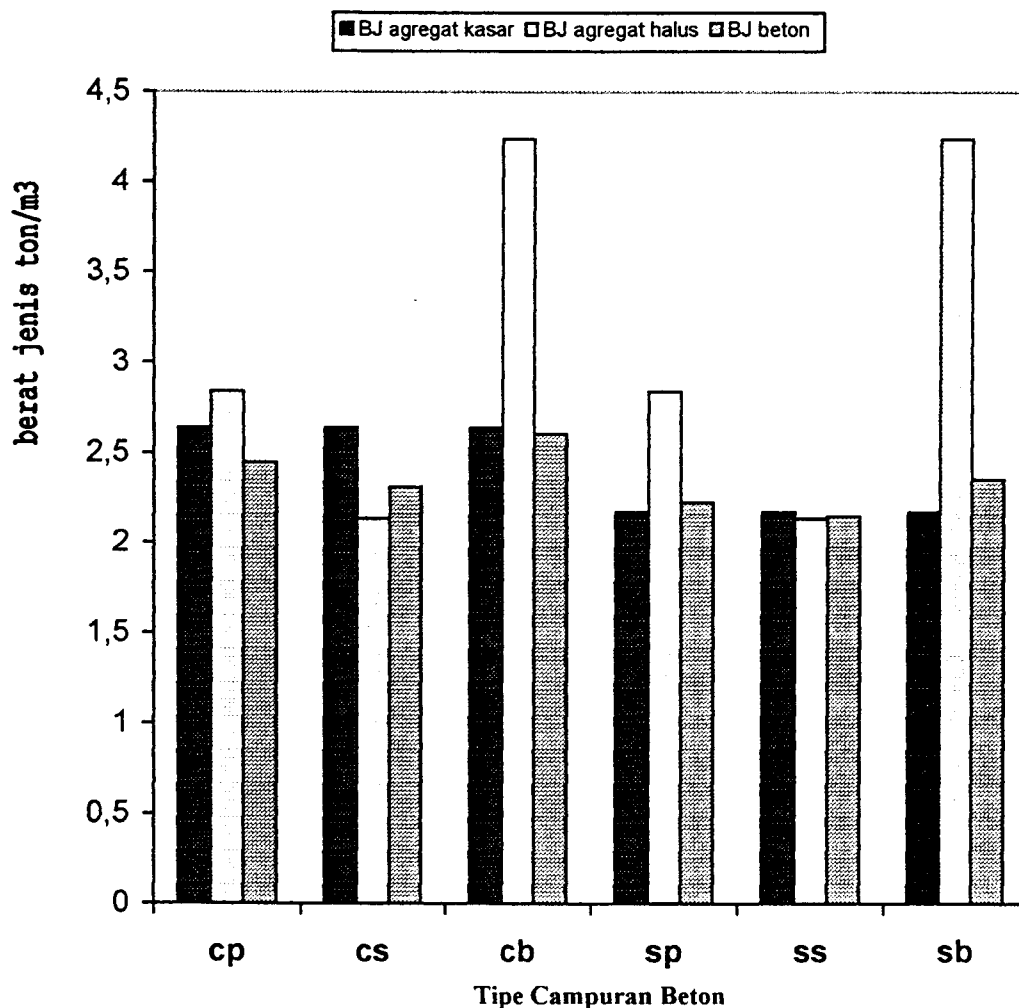
2. Variasi mutu bahan dari satu adukan ke adukan berikutnya,

Pemilihan bahan berdasarkan mutu pada penelitian ini dilakukan dengan pengamatan visual bahan, sehingga mutu bahan pilihan punya variasi yang bermacam-macam tidak tepat antara butiran yang satu dan lainnya. Ketika bahan-bahan tersebut diaduk, adukan yang terjadi akan bervariasi pula dan hasil kuat tekan masing-masing benda uji akan berbeda. Apabila perbedaan yang terjadi besar akan menyebabkan nilai kuat tekan karakteristik yang rendah

3. Keseragaman adukan dan kepadatan benda uji

Ketrampilan pengadukan dan pemadatan beton yang dimiliki oleh pekerja memegang peranan yang penting untuk menentukan keberhasilan suatu penelitian. Pekerja yang berpengalaman akan mampu menghasilkan adukan yang homogen dan benda uji yang padat serta stabil.

Dari hasil perhitungan berat jenis beton terlihat pengaruh berat jenis agregat penyusunnya. Beton dengan variasi bahan-susun agregat kasar Clereng (BJ = 2,64 ton/m³) dan agregat halus Pasir Besi (BJ = 4,555 ton/m³) mempunyai berat jenis beton 2,605 ton/m³, sedangkan beton dengan variasi agregat halus dengan nilai berat jenis yang kecil (Agregat kasar Serpentin BJ = 2,177 ton/m³, Agregat halus Pasir Serpentin BJ = 2,138 ton/m³) mempunyai berat jenis beton yang kecil yaitu sebesar 2,149 ton/m³. Pengaruh tersebut ditampilkan dalam histogram dalam gambar 6.3.



Gambar 6.3. Pengaruh Berat jenis agregat terhadap berat jenis beton

Dari pengujian kuat tekan dan perhitungan berat jenis beton dalam penelitian ini tidak terdapat korelasi yang nyata antara nilai kuat tekan dan nilai berat jenis beton.

6.4 Radiasi Neutron terhadap Beton

Untuk mengetahui sifat nuklir beton yaitu kemampuan beton menahan radiasi neutron dilakukan pengujian dengan cara pencacahan intensitas radiasi neutron sebelum dan sesudah diberi perisai beton. Pada penelitian ini digunakan sumber neutron PuBe (Plutonium Berilium) sebagai sumber radiasi dan detektor BF₃ beserta peralatan cacah. Neutron yang dipancarkan PuBe merupakan neutron campuran. Untuk membedakan jenis neutron yaitu neutron thermal dan cepat digunakan selongsong Cadmium yang dipasang pada detektor. Neutron yang dideteksi dari detektor tanpa Cadmium adalah neutron campuran sedangkan neutron yang dideteksi dari detektor dengan Cadmium adalah neutron cepat. Untuk cacah neutron thermal diperoleh dengan mengurangi cacah neutron campuran dengan neutron cepat.

Hasil pencacahan neutron untuk setiap komposisi beton selengkapnya dapat dilihat pada lampiran E. Untuk kepentingan analisa data lebih lanjut, data-data hasil pencacahan neutron tersebut dirata-rata. Hasil cacah rata-rata tiap jenis neutron masing-masing tipe beton dapat dilihat pada tabel 6.3 - 6.5.

Tabel 6.3 Cacah Intensitas Radiasi Neutron Campuran terhadap Komposisi Beton

Tebal Benda Uji (cm)	Nilai cacah neutron (cacah/menit) Komposisi Beton					
	CP	CS	CB	SP	SS	SB
0	4386	4690	4580	4457	4754	4459
6x1	2559	2760	3097	2674	2725	2635
6x2	1841	2315	1786	2346	2408	2245
6x3	1554	1751	1631	1966	1931	1823
6x4	1387	1530	1400	1608	1551	1550
6x5	1230	1317	1232	1370	1367	1401
6x6	1117	1193	1116	1207	1222	1272



Tabel 6.4 Cacah Intensitas Radiasi Neutron Cepat terhadap Komposisi Beton

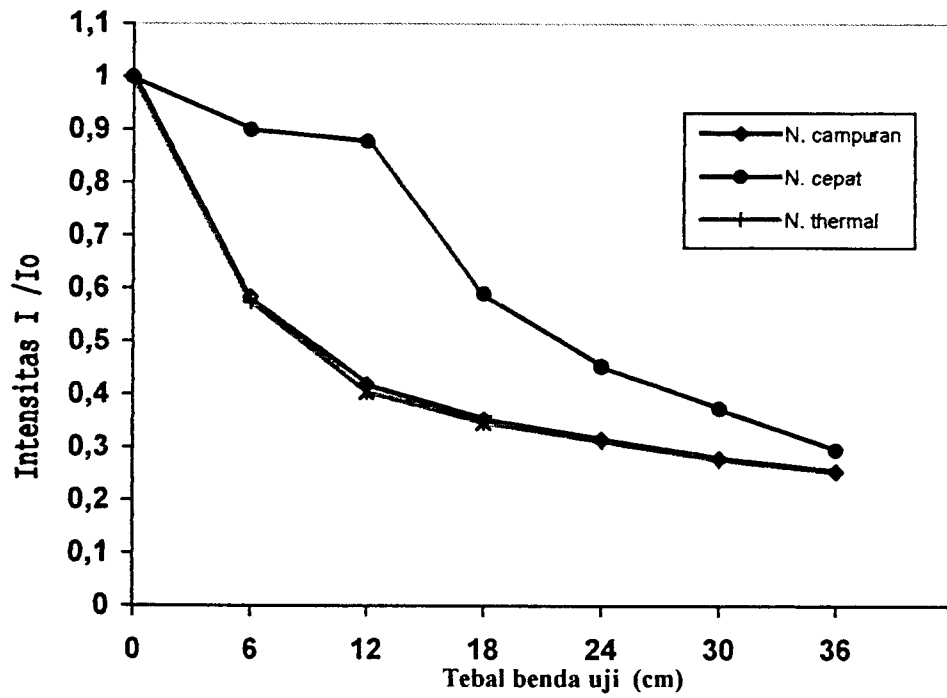
Tebal Benda Uji (cm)	Nilai cacah neutron (cacah/menit)					
	Komposisi Beton					
	CP	CS	CB	SP	SS	SB
0	139	174	277	150	149	159
6x1	125	147	240	131	142	142
6x2	122	141	170	114	105	105
6x3	82	89	139	80	71	71
6x4	63	80	113	56	56	60
6x5	52	64	106	50	45	42
6x6	41	59	80	38	34	36

Tabel 6.5 Cacah Intensitas Radiasi Neutron Thermal terhadap Komposisi Beton

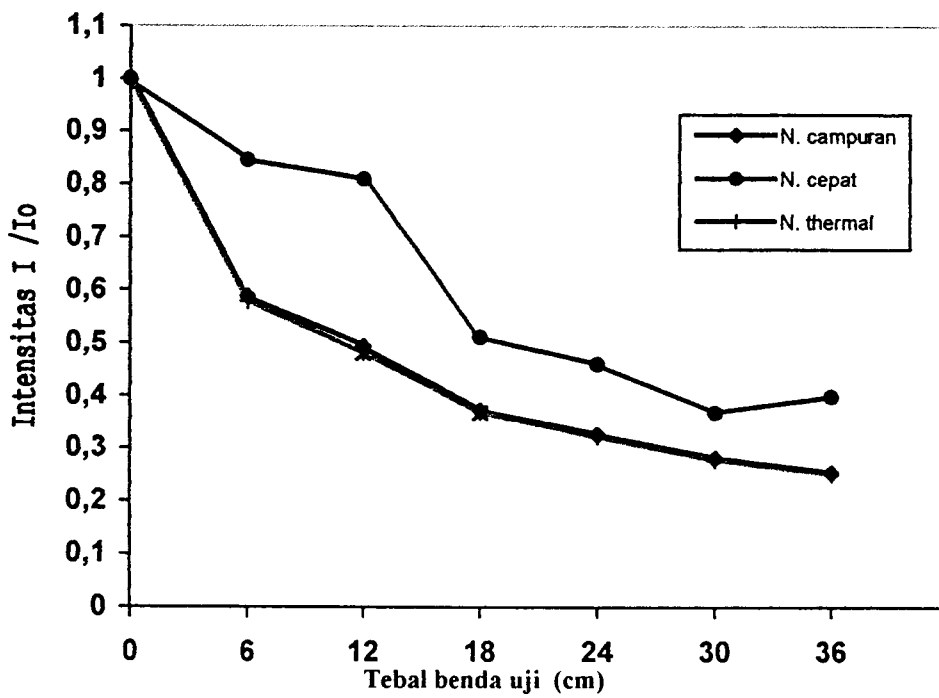
Tebal Benda Uji (cm)	Nilai cacah neutron (cacah/menit)					
	Komposisi Beton					
	CP	CS	CB	SP	SS	SB
0	4247	4517	4303	4308	4606	4300
6x1	2433	2613	2857	2543	2583	2490
6x2	1719	2174	1616	2232	2304	2314
6x3	1472	1661	1492	1886	1860	1748
6x4	1324	1451	1287	1552	1496	1490
6x5	1178	1253	1126	1320	1322	1358
6x6	1077	1135	1037	1169	1188	1235

Dengan intensitas neutron dari pancaran sumber neutron awal (I_0) selama pengujian dianggap tetap, maka dibuat diagram I/I_0 terhadap ketebalan benda uji dengan maksud untuk membandingkan tipikal kemampuan memerisai radiasi dari setiap komposisi beton terhadap radiasi neutron campuran, cepat dan thermal, yang hasilnya ditampilkan dalam grafik pada gambar 6.4 – 6.9.

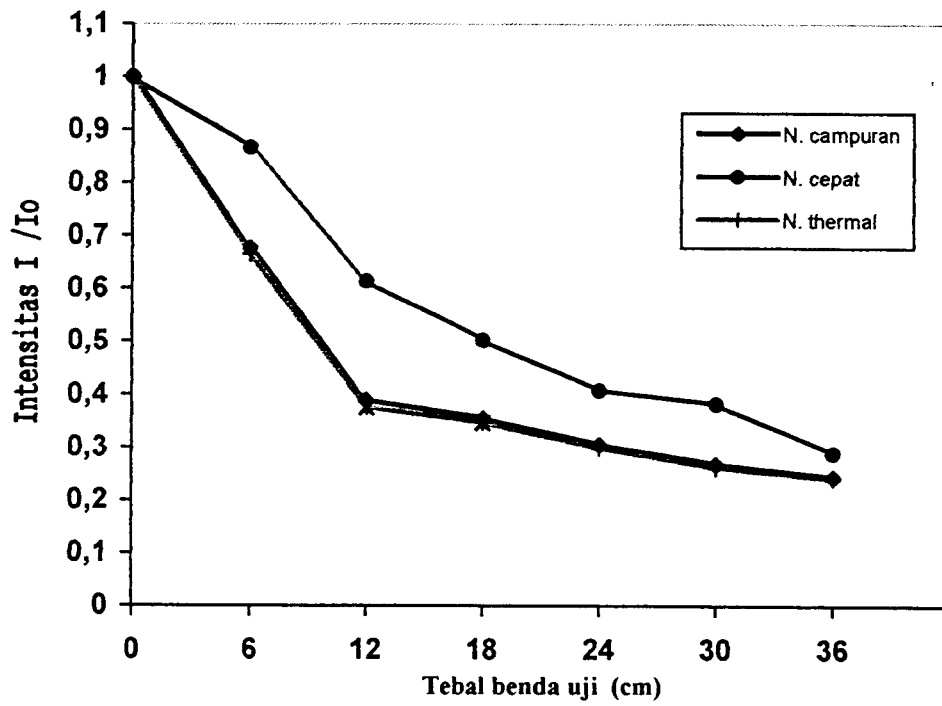
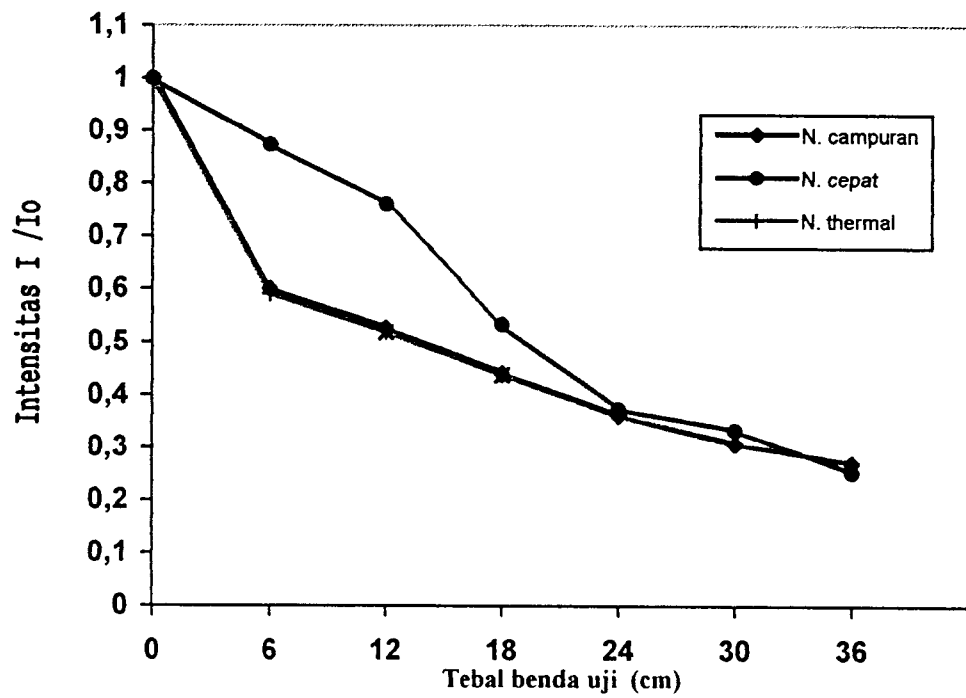
Untuk melihat interaksi neutron terhadap beton dilakukan perhitungan nilai tampang lintang makroskopik (Σ_t) dari masing-masing tipe beton terhadap neutron campuran, neutron thermal dan neutron cepat dengan menggunakan operasi regresi linier program SPSS (*Statistical Program for Social Science*). Data dan hasil eksekusi program terdapat pada lampiran F 1 – F 36 dengan nilai Σ_t masing-masing tipe beton ditulis dalam tabel 6.6 – 6.8 dan gambar 6.10.

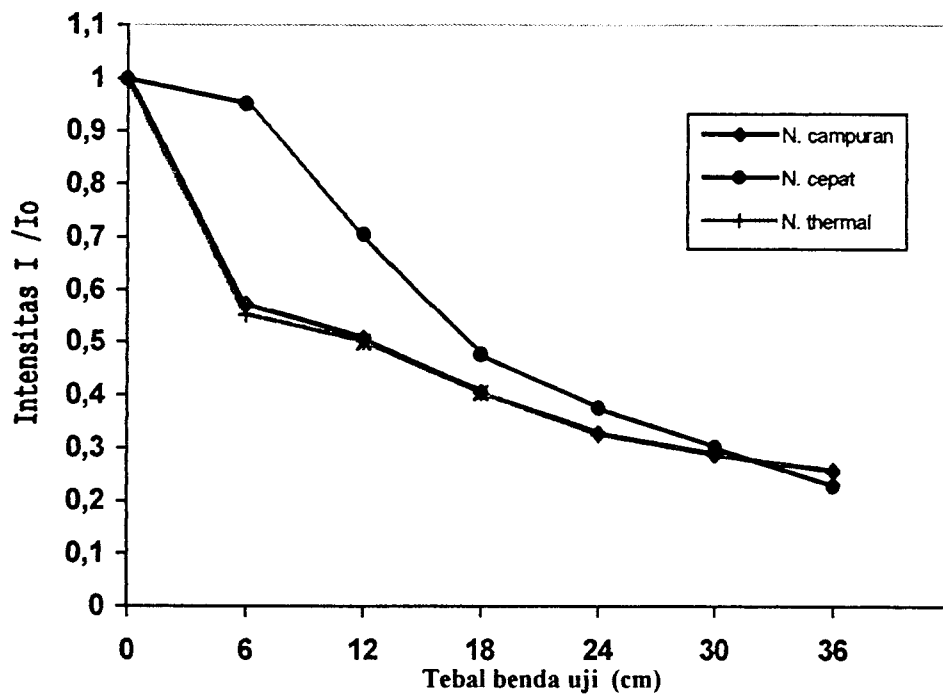
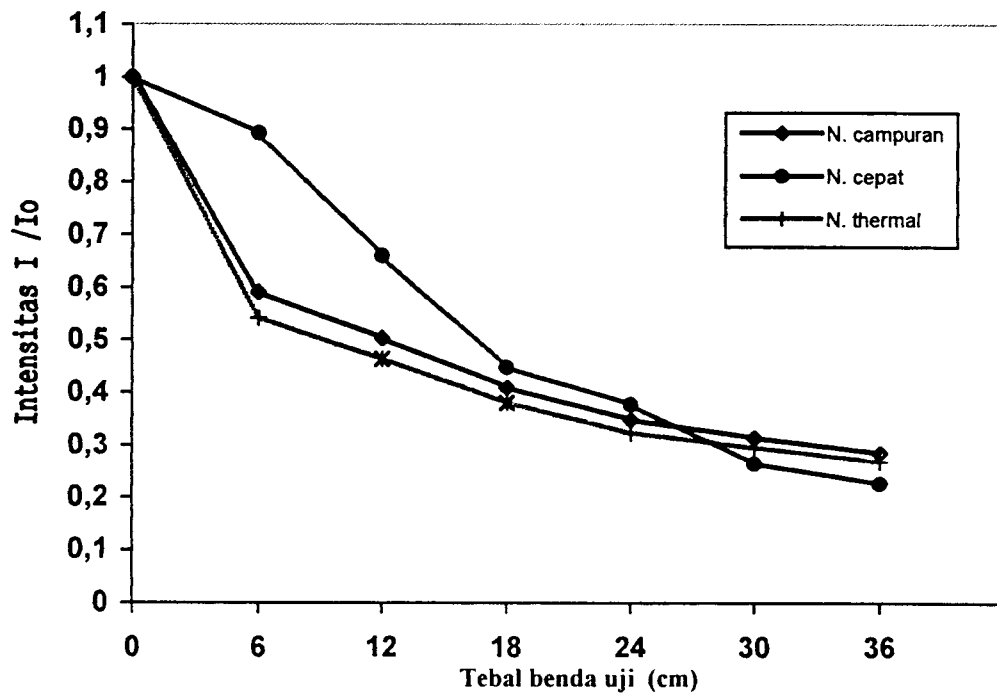


Gambar 6.4 Diagram I / Io Beton tipe CP



Gambar 6.5 Diagram I / Io Beton Tipe CS

Gambar 6.6. Diagram I/I_0 Beton Tipe CBGambar 6.7. Diagram I/I_0 Beton Tipe SP

Gambar 6.8. Diagram I/I_0 Beton Tipe SSGambar 6.9. Diagram I/I_0 Beton Tipe SB

Tabel 6.6. Nilai Tampang Lintang Makroskopik terhadap Neutron Campuran

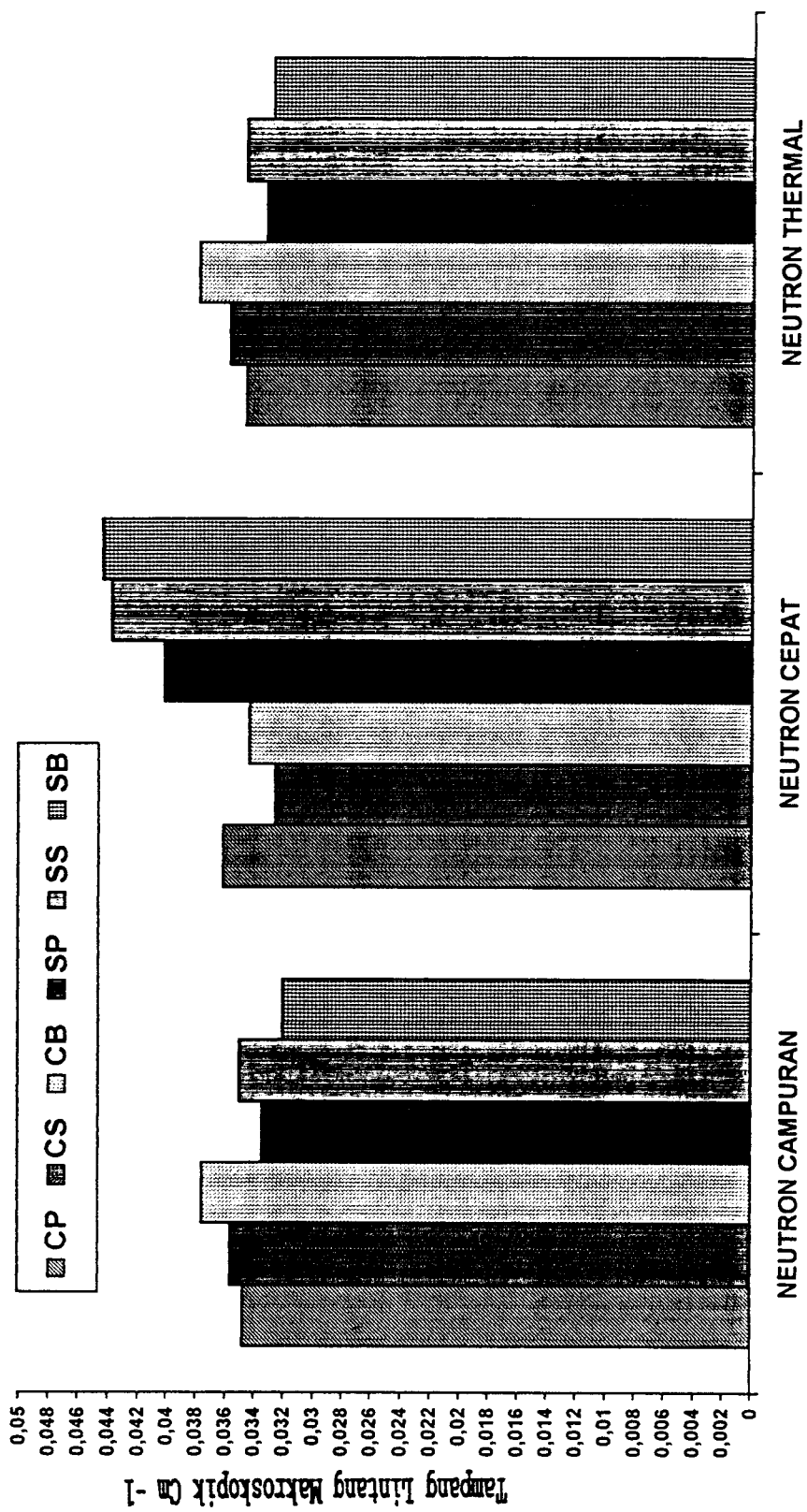
TIPE BETON	PERSAMAAN REGRESI	NILAI Σ	R^2
CP	$Y = 8,122 - 0,0348X$	0,0348	0,887
CS	$Y = 8,242 - 0,0357X$	0,0357	0,930
CB	$Y = 8,210 - 0,0376X$	0,0376	0,891
SP	$Y = 8,223 - 0,0335X$	0,0335	0,948
SS	$Y = 8,261 - 0,0351X$	0,0351	0,935
SB	$Y = 8,185 - 0,0321X$	0,0321	0,915

Tabel 6.7. Nilai Tampang Lintang Makroskopik Beton terhadap Neutron Cepat

TIPE BETON	PERSAMAAN REGRESI	NILAI Σ	R^2
CP	$Y = 5,048 - 0,0362X$	0,0362	0,962
CS	$Y = 5,187 - 0,0326X$	0,0326	0,961
CB	$Y = 5,611 - 0,0344X$	0,0344	0,980
SP	$Y = 5,092 - 0,0402X$	0,0402	0,979
SS	$Y = 5,108 - 0,0438X$	0,0438	0,983
SB	$Y = 5,135 - 0,0444X$	0,0444	0,987

Tabel 6.8. Nilai Tampang Lintang Makroskopik Beton terhadap Neutron Thermal

TIPE BETON	PERSAMAAN REGRESI	NILAI Σ	R^2
CP	$Y = 8,073 - 0,0347X$	0,0347	0,871
CS	$Y = 8,192 - 0,0358X$	0,0358	0,924
CB	$Y = 8,132 - 0,0379X$	0,0379	0,880
SP	$Y = 8,178 - 0,0333X$	0,0333	0,942
SS	$Y = 8,217 - 0,0347X$	0,0347	0,927
SB	$Y = 8,166 - 0,0328X$	0,0328	0,884



Gambar 6.10 Nilai Tampang Lintang Makroskopik Neutron Campuran, Cepat dan Thermal

Dari tabel 6.3 – 6.5 dan gambar 6.4 – 6.9 dapat dilihat bahwa jenis neutron dominan yang dihasilkan sumber radiasi PuBe adalah neutron thermal ($\pm 96 \%$). Hal ini ditunjukkan dengan nilai cacah neutron pada neutron campuran dan neutron thermal yang hampir sama pada tabel 6.3 dan tabel 6.5, atau ditunjukkan dengan kurva I/I_0 neutron campuran dan neutron thermal yang hampir berhimpit pada gambar 6.4 – 6.9. Hal ini juga memperlihatkan kemampuan Cadmium dengan ketebalan 1 mm dalam menyerap neutron thermal yang dihasilkan sumber. Dalam penelitian ini hasil cacah neutron tanpa perisai radiasi dengan menggunakan detektor BF_3 yang diletakkan sejauh 50 cm dari sumber, diperoleh hasil deteksi detektor tanpa selongsong Cadmium neutron campuran rata-rata sebanyak = 4554,333 cacah/menit (neutron campuran), dengan selongsong Cadmium tercacah neutron cepat rata-rata sebanyak = 174,667 cacah/menit. Atau dengan kata lain Cadmium dapat menyerap neutron thermal sebanyak = 4379,666 cacah/menit.

Dari gambar 6.4 – 6.9, nilai I/I_0 neutron thermal dan neutron cepat pada tiap ketebalan berlainan antara tipe beton yang satu dan lainnya. Dari kurva-kurva dalam gambar tersebut dapat dikelompokkan dalam dua kelompok. Kelompok I adalah beton dengan nilai I/I_0 neutron cepat pada ketebalan lebih besar dari I/I_0 neutron thermal, yaitu beton tipe CP, CS, dan CB. Kelompok II adalah beton dengan nilai I/I_0 neutron cepat ketebalan 36 cm lebih kecil dari I/I_0 neutron thermal, yaitu beton tipe SP, SS dan SB. Beton kelompok I yaitu beton tipe CP, CS, dan CB dari gambar 6.4 – 6.6 terlihat kurva attenuasi I_0 neutron campuran dan thermal terletak lebih rendah daripada kurva attenuasi neutron cepat, yang berarti pada ketebalan yang sama serapan neutron campuran dan thermal lebih banyak dibandingkan neutron cepat. Sedangkan pada beton kelompok II yaitu beton tipe SP, SS, dan SB dari kurva 6.7 – 6.9 terlihat semakin tebal beton, attenuasi neutron cepat terletak lebih rendah dibandingkan neutron campuran dan thermal, yang berarti serapan neutron cepat lebih banyak daripada neutron campuran dan thermal. Dari fenomena ini terlihat bahwa beton dengan agregat kasar yang sama mempunyai tipikal sama.

Dari gambar 6.4 – 6.9 dapat dilihat bahwa pada semua jenis neutron dan ketebalan beton mempunyai pengaruh yang nyata terhadap intensitas cacah neutron. Hal ini terlihat dari nilai I/I_0 yang semakin kecil seiring dengan penambahan tebal beton. Analisa pengaruh ketebalan benda uji dan jenis neutron terhadap intensitas cacah neutron menggunakan operasi program SPSS metode Simple Faktorial Anova dengan signifikansi sebesar 0,05 diperoleh nilai kurang dari 0,05 yang berarti penambahan ketebalan benda uji dan jenis neutron memberi pengaruh yang nyata pada intensitas neutron (lampiran G1 - G6).

Dari tabel 6.6 – 6.8 nilai tampang lintang makroskopik beton terhadap 3 jenis neutron diperoleh dari operasi program SPSS metode Regresi Linier dengan nilai R^2 terendah = 0,871 dan tertinggi = 0,987. Dengan nilai R^2 diatas 0,8 berarti nilai estimasi persamaan terhadap hasil penelitian diatas 80 %. Nilai Σ_t neutron campuran tertinggi pada beton tipe CB ($0,0376 \text{ cm}^{-1}$), untuk neutron cepat nilai Σ_t tertinggi pada beton tipe SB ($0,0444 \text{ cm}^{-1}$), dan neutron thermal nilai Σ_t tertinggi pada beton tipe CB ($0,0379 \text{ cm}^{-1}$).

Dari hasil tampang lintang makroskopik tersebut terlihat bahwa beton dengan agregat halus Pasir Besi mempunyai sifat nuklir (interaksi) yang baik terhadap neutron. Hal ini dipengaruhi oleh kandungan utama Pasir Besi yaitu unsur Fe dengan kandungan sebesar 49,75 %. Unsur Fe mempunyai sifat menyerap dengan baik radiasi thermal dan relatif baik untuk melambatkan neutron cepat dengan proses hamburan tak lenting. Sifat nuklir beton semakin baik ketika agregat penyusun beton terdiri dari agregat kasar Serpentin dan agregat halus Pasir Besi. Beton dengan tipe SB berinteraksi sangat baik terhadap neutron cepat. Jenis neutron cepat merupakan jenis neutron yang menjadi standar perisai radiasi. Beton yang mampu berinteraksi baik dengan neutron cepat akan berinteraksi baik dengan jenis radiasi yang lain. Pada tipe SB, agregat kasar Serpentin dengan penyerapan air sebesar 7,84 % menjadi material yang mampu meningkatkan kadar air terikat beton. Dengan kadar air terikat yang besar, beton menjadi moderator yang baik bagi neutron. Neutron cepat akan berubah menjadi neutron lambat (thermal) sehingga ketika dideteksi dengan detektor BF_3 berselongsong Cadmium nilai cacah neutronnya menjadi kecil.

6.5 Komparasi Hasil-hasil Penelitian

Pada penelitian pendahulu seperti yang telah dijelaskan pada subbab 2.9 berbeda dengan penelitian yang dilakukan kali ini. Perbedaan standar dan hasil penelitian tersebut dapat dilihat pada tabel 6.9 –6.10.

Tabel 6.9 Perbedaan Standar Penelitian

Penelitian Pendahulu	Penelitian Sekarang
Intensitas awal yang terjadi tidak dianggap sama karena fluks neutron yang muncul berbeda-beda	Intensitas awal neutron dianggap sama
Beton dirancang dengan menggunakan mutu standart perencanaan K-300	Beton dirancang dengan menggunakan mutu beton karakteristik K-250
Perencanaan campuran beton menggunakan metode DREUX	Perencanaan campuran beton menggunakan metode Road Note No.4
Perhitungan tampang lintang makroskopik menggunakan penurunan rumus-rumus	Perhitungan tampang lintang makroskopik menggunakan metode Regresi Linier

Perbedaan penggunaan metode perencanaan campuran beton pada penelitian pendahulu yaitu metode DREUX dengan perbandingan volume sebagai perbandingan campuran betonnya dengan maksud agar beton memperoleh kepadatan yang lebih tinggi. Penggunaan metode Road Note No.4 pada penelitian ini menggunakan berat sebagai perbandingan campuran betonnya juga dengan maksud agar kepadatan beton yang diperoleh lebih tinggi.

Tabel 6.10 Perbedaan Hasil Penelitian Kuat Tekan Beton

Komposisi Beton (agregat kasar + agregat halus)	Penelitian Terdahulu			Penelitian Sekarang		
	Kuat tekan Kg/cm ²	Berat Jenis ton/m ³	Tampang Lintang cm-l	Kuat tekan Kg/cm ²	Berat Jenis ton/m ³	Tampang Lintang cm-l
Serpentin + Serpentin	92,3717	2,209	0,07526±0,0029 0,07063±0,0029 0,06985±0,0026	206,807	2,149	0,0351 0,0438 0,0347
Serpentin + Progo	163,3731	2,438	0,07557±0,0029 0,07268±0,0030 0,07565±0,0030	190,567	2,229	0,0335 0,0402 0,0333

Perbedaan hasil kuat tekan beton yang diperoleh penelitian pendahulu adalah karena batuan Serpentin yang digunakan adalah batuan Serpentin yang lapuk atau batuan Serpentin yang berwarna Hijau kekuning-kuningan. Pada saat pengujian kuat tekan beton, agregat Serpentin pecah terlebih dahulu dibandingkan pasta semennya. Perbedaan hasil berat jenis dipengaruhi oleh berat jenis agregat penyusun beton yang berbeda dengan penelitian terdahulu sehingga berat jenis beton juga berbeda. Penggunaan metode perhitungan tampang lintang makroskopik yang berbeda antara penelitian sekarang dengan penelitian terdahulu menyebabkan nilai tampang lintang makroskopik yang terjadi tidak dapat dibandingkan satu sama lain.

BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut ini :

1. Beton dengan agregat kasar Serpentin mempunyai daya serap radiasi neutron cepat yang lebih tinggi dari beton dengan agregat kasar Clereng, tetapi nilai kuat tekan rata-ratanya lebih rendah dibanding kuat tekan rata-rata beton dengan agregat kasar Clereng.
2. Penggunaan agregat halus Pasir Besi pada beton dengan agregat kasar Serpentin meningkatkan nilai kuat tekan dan tampang lintang makroskopik.
3. Tekstur bahan-susun yang berbeda, variasi mutu bahan dan proses pengadukan beton yang tidak sempurna akan berpengaruh terhadap kuat tekan.

7.2 Saran - saran

Berdasarkan pengalaman dan pengetahuan yang didapat dari awal sampai akhir penelitian disarankan berikut ini.

1. Perlu penelitian lanjut tentang beton perisai radiasi dengan agregat Serpentin yang dititik-beratkan pada upaya peningkatan kuat tekan beton.
2. Perlu dicermati cara pencampuran adukan beton, agar dihasilkan adukan dengan kualitas baik dan stabil.
3. Untuk meningkatkan akurasi hasil penelitian, jumlah benda uji kuat tekan dan daya serap radiasi perlu ditambah.
4. Pada penelitian lanjut, selain irradiasi dengan sinar neutron perlu dilakukan irradiasi dengan sinar γ .

DAFTAR PUSTAKA

1. Departemen Pekerjaan Umum, 1990, ***SPESIFIKASI AGREGAT UNTUK BETON PENAHAN RADIASI***, SK SNI S-17-1990-03, Yayasan LPMD, Bandung.
2. Didin Nasirudin, 1994, ***RADIOGRAFI GAMMA DAN PENGUKURAN TAMPANG LINTANG TOTAL MAKROSKOPIS NEUTRON BAHAN DENGAN MENGGUNAKAN FASILITAS BEAMPORT REAKTOR KARTINI***, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
3. Herman Camber, 1985, ***PENGANTAR FISIKA KESEHATAN***, edisi kedua, IKIP Semarang Press.
4. Kardiyono Tjokrodimulyo, 1992, ***TEKNOLOGI BETON***, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada.
5. Krisna Raju, 1983, ***DESIGN OF CONCRETE MIXES***, College Book Store, Srinivasnager, Delhi.
6. ML Gambhir, 1986, ***CONCRETE TECHNOLOGY***, Thapar Institute of Engineering and Technology, Patiala India.
7. Murdock, I. J, Brook, K. M, 1991, ***BAHAN DAN PRAKTEK BETON***, edisi keempat, Penerbit Erlangga, Jakarta.
8. Suratman, 1996, ***INTRODUKSI PROTEKSI RADIASI BAGI SISWA/MAHASISWA PRAKTEK***, PPNY-BATAN Yogyakarta.
9. Tjipta Suhaemi, 1982, ***PERISAI RADIASI***, Pusat Penelitian Bahan Murni dan Instrumentasi, Badan Tenaga Atom Nasional, Yogyakarta.
10. Yulia Whardani dan Dwi Cahyono, 1997, Laporan Tugas Akhir ***PENGUJIAN DAYA SERAP BETON DENGAN AGREGAT SERPENTIN TERHADAP RADIASI NEUTRON***, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
11. Yuda Dwiatmoko, 1998, Laporan Tugas Akhir ***STUDI BETON BERAT DENGAN AGREGAT BATU BARIT UNTUK PERISAI RADIASI NEUTRON***, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

PERSIAPAN DAN HASIL PEMERIKSAAN AGREGAT

A. Persiapan Agregat

1. Pemilihan agregat

Agregat yang dipilih adalah agregat yang keras menurut penampakan visual batuanya. Berdasarkan pada penampakan visual batu Serpentin dipilih yang berwarna hijau gelap sedangkan untuk batu Clereng dipilih batu yang berwarna hitam. Untuk agregat kasar batu Serpentin digunakan agregat kasar dari hasil pemecahan batuan secara manual, sedangkan untuk agregat Clereng hasil pemecahan dengan mesin. Agregat halus terdiri dari tiga macam, yaitu agregat halus Serpentin, Progo dan Pasir Besi. Agregat halus Serpentin didapat dengan cara pemecahan secara manual karena secara alami tidak terdapat pasir Serpentin.

2. Pemisahan butiran agregat berdasarkan diameter

Pemisahan butiran agregat berdasarkan diameter dilakukan dengan menggunakan ayakan dalam satu susunan ayakan. Susunan ayakan itu adalah ayakan dengan lubang 19 mm, 9,6 mm, 4,75 mm, 2,36 mm, 1,18 mm, 0,6 mm, 0,3 mm dan 0,15 mm. Pengayakan dilakukan dengan ayakan manual sampai diperoleh kebutuhan yang diperlukan untuk setiap diameter.

Lolos saringan (mm)	19	9,6	4,75	2,36	1,18	0,6	0,3
Tertahan saringan (mm)	9,6	4,75	2,36	1,18	0,6	0,3	0,15
Ukuran agregat (mm)	20	10	5	2,4	1,2	0,6	0,3

3. Pencucian agregat

Semua agregat yang digunakan dalam penelitian ini batu Serpentin, batu Clereng, pasir Serpentin, pasir Clereng dan pasir Besi dicuci sampai bersih. Pencucian dilakukan berulang-ulang sampai air cucian yang digunakan bening.

4. Pengeringan dan Penyimpanan agregat

Setelah agregat dicuci sampai bersih, agregat dikeringkan di bawah terik matahari. Setelah kering selanjutnya agregat disimpan ditempat yang teduh dan kering.

B. Pemeriksaan Agregat

1. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk mendapatkan berat jenis (*Bulk*), berat jenis jenuh kering-muka (*Saturated Surface Dry*), berat jenis semu (*Apparent*) dan penyerapan air dari agregat yang akan digunakan.

- a. Berat jenis ialah perbandingan antara berat agregat kering dan berat air yang volumenya sama dengan volume agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.
- b. Berat jenis jenuh kering muka yaitu perbandingan antara berat agregat jenuh kering muka dan berat air yang volumenya sama dengan volume agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.
- c. Berat jenis semu yaitu perbandingan antara berat agregat kering dan berat air yang volumenya sama dengan volume agregat dalam keadaan kering pada suhu tertentu.
- d. Penyerapan yaitu persentase berat air yang dapat diserap pori terhadap berat agregat kering.

1) Berat jenis agregat halus

- a) Menyiapkan agregat halus yang telah dikeringkan didalam oven pada suhu 110° C selama 24 jam, kemudian didinginkan dalam suhu ruang dan direndam dalam air selama 24 jam,
- b) Membuang air perendam setelah itu agregat halus diletakan diatas talem dan dikeringkan dengan cara dibolak-balik hingga tercapai keadaan jenuh kering-muka,
- c) Memeriksa keadaan kering jenuh-muka dengan cara memasukan 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,
- d) Pasir dalam keadaan SSD sebanyak 500 gram dimasukan ke dalam picnometer lalu diisi air sampai 90 % isi picnometer. Picnometer diputar dan digoncangkan hingga tidak terlihat gelembung udara didalamnya,

- e) Picnometer didiamkan selama 24 jam. Picnometer berisi air dan pasir ditimbang (Bt),
- f) Pasir dikeluarkan dari picnometer, lalu dikeringkan didalam oven pada suhu 110 ° C selama 24 jam, didinginkan dan ditimbang (Bk),
- g) Menimbang picnometer berisi air (B).

Perhitungan berat jenis agregat halus sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Berat Jenis} &= \frac{Bk}{(B + 500 - Bt)} \\ \text{Berat Jenis Jenuh Kering-Muka} &= \frac{500}{(B + 500 - Bt)} \\ \text{Berat Jenis Semu} &= \frac{Bk}{(B + Bk - Bt)} \\ \text{Penyerapan Air} &= \frac{(500 - Bk)}{Bk} \times 100 \% \end{aligned}$$

2) Berat Jenis agregat kasar

- a) Mencuci agregat kasar untuk menghilangkan debu,
- b) Mengeringkan agregat kasar pada oven dengan suhu 105° C kemudian direndam dalam air selama 24 jam (Bk),
- c) Setelah 24 jam tiriskan dan keringkan dengan menggunakan lap atau kain hingga sampai keadaan jenuh muka lalu ditimbang (Bj),
- d) Menimbang agregat kasar dan air (Ba).

Perhitungan berat jenis agregat kasar sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Berat Jenis} &= \frac{Bk}{(Bj - Ba)} \\ \text{Berat Jenis Jenuh Kering-Muka} &= \frac{Bj}{(Bj - Ba)} \\ \text{Berat Jenis Semu} &= \frac{Bk}{(Bk - Ba)} \\ \text{Penyerapan Air} &= \frac{(Bj - Bk)}{Bk} \times 100 \% \end{aligned}$$

2. Pemeriksaan Keausan Agregat Kasar dengan Mesin Los Angeles

Pemeriksaan keausan ini dimaksudkan untuk mengetahui daya tahan agregat terhadap aus. Kekerasan agregat kasar mempengaruhi kekuatan beton yang dihasilkan. Bagian yang hancur diisyaratkan 10 % setelah putaran ke-100 dan 40 % setelah putaran ke-500.

Tahapan pelaksanaan pemeriksaan adalah :

- a. Menyiapkan agregat kasar yang berasal dari agregat yang tertahan saringan 12,5 mm dan 9,36 mm masing-masing seberat 2500 gram (A),
- b. Masukkan agregat kasar kedalam mesin Los Angeles,
- c. Mesin diputar dengan kecepatan 30 – 33 rpm sebanyak 500 putaran,
- d. Mengeluarkan agregat dari mesin Los Angeles dan melakukan penyaringan dengan saringan no 12. Menimbang butiran agregat yang tertahan saringan no 12 (B).

Perhitungan keausan agregat adalah sebagai berikut :

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

3. Pemeriksaan Analisa Kimia Unsur dalam Batu Serpentin

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk mengetahui unsur-unsur kima yang terkandung di dalam batu tersebut. Unsur-unsur kimia yang paling banyak terdapat di dalam batu Serpentin adalah SiO_2 (35,06 %) dan MgO (47,17 %). Kandungan utama senyawa kimia batu Serpentin adalah $\text{Mg}_3 \text{Si}_2 \text{O}_5 (\text{OH})_4$.

4. Pemeriksaan Analisis Kimia Unsur dalam pasir Besi

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk mengetahui unsur-unsur kimia yang terkandung di dalam pasir Besi. Pasir Besi mengandung unsur kimia Fe sebanyak 49,75 % dan Moisture sebanyak 5,11 %.



LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

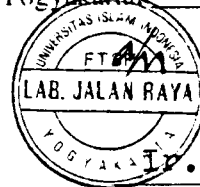
Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta 55584

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR

Contoh dari : PT. PERWITA Diperiksa Oleh : _____
Jenis Contoh : Batu Pecah/ Clereng _____
Diperiksa tgl : 03 Juli 1998 _____

KETERANGAN	BENDA UJI	
	I	II
BERAT BENDA UJI DALAMKEADAAN BASAH JENUH (SSD) → (BJ)	1676	
BERAT BENDA UJI DIDALAM AIR → (BA)	1051	
BERAT SAMPE KERING OVEN (BK)	1650	
BERAT JENIS (BLUK) = $\frac{BK}{(BJ - BA)}$	2,64	
BERAT SSD = $\frac{BJ}{(BJ - BA)}$	2,6816	
BJ SEMU = $\frac{BK}{(BK - BA)}$	2,7545	
PENYERAPAN = $\frac{(BJ - BK)}{BK} \times 100\%$	1,5757	

Yogyakarta, 4 Juli 1998



Subarkah MT.

Dr. Subarkah MT.



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 : Gombang Jawa Tengah Diperiksa Oleh :
Jenis Contoh : Serpentin Syamsudin
Diperiksa tgl : 29 Mei 1998 Sukanto HM

KETERANGAN	BENDA UJI	
	I	II
BERAT BENDA UJI DALAMKEADAAN BASAH JENUH (SSD) → (BJ)	1045 gr	
BERAT BENDA UJI DIDALAM AIR → (BA)	600 gr	
BERAT SAMPE KERING OVEN (BK)	969 gr	
BERAT JENIS (BLUK) = $\frac{BK}{(BJ - BA)}$	2,177	
BERAT SSD = $\frac{BJ}{(BJ - BA)}$	2,348	
BJ SEMU = $\frac{BK}{(BK - BA)}$	2,626	
PENYERAPAN = $\frac{(BJ - BK)}{BK} \times 100\%$	7,84 %	

Yogyakarta, 30 Mei 1998

a/n. Kepala Lab Jalan Raya

Syamsudin
Laboran.



LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta 55584

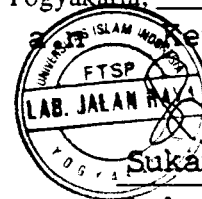
PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT HALUS

Contoh dari : Sungai Progo, Yogya Diperiksa Oleh :
Jenis Contoh : Pasir Sukanto HM.
Diperiksa tgl : 1 Juni 1998 Syamsudin.

KETERANGAN	BENDA UJI	
	I	II
BERAT BENDA UJI DALAMKEADAAN BASAH JENUH (SSD)	500 gr	
BERAT VICNOMETER + AIR (B)	669 gr	
BERAT VICNOMETER + AIR + BENDA UJI (BT)	998 gr	
BERAT SAMPE KERING OVEN (BK)	487 gr	
BERAT JENIS = $\frac{BK}{(B + 500 - BT)}$	2,84	
BERAT SSD = $\frac{500}{(B + 500 - BT)}$	2,923	
BJ SEMU = $\frac{BK}{(B + BK - BT)}$	3,082	
PENYERAPAN = $\frac{(500 - BK)}{(BK)} \times 100 \%$	2,669 %	

Yogyakarta, 1 Juni 1998

Kepala Lab. Jalan Raya



Sukanto HM.

Laboran Jalan Raya



LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta 55584

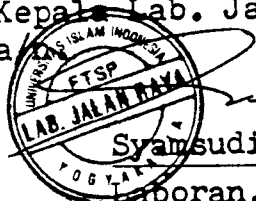
PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT HALUS

Contoh dari : Gombang Jawa Tengah Diperiksa Oleh :
Jenis Contoh : Serpentin Syamsudin
Diperiksa tgl : 29 Mei 1998 Sukanto HM

KETERANGAN	BENDA UJI	
	I	II
BERAT BENDA UJI DALAMKEADAAN BASAH JENUH (SSD)	500 gr	
BERAT VICNOMETER + AIR (B)	670 gr	
BERAT VICNOMETER + AIR + BENDA UJI (BT)	960 gr	
BERAT SAMPE KERING OVEN (BK)	449 gr	
BERAT JENIS = $\frac{BK}{(B + 500 - BT)}$	2,138	
BERAT SSD = $\frac{500}{(B + 500 - BT)}$	2,380	
BJ SEMU = $\frac{BK}{(B + BK - BT)}$	2,823	
PENYERAPAN = $\frac{(500 - BK)}{(BK)} \times 100 \%$	11,358 %	

Yogyakarta, 30 Mei 1998

Kepala Lab. Jalan Raya


Syamsudin
Laboran.



LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

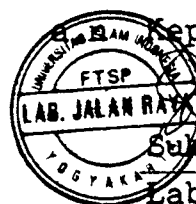
Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta 55584

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT HALUS

Contoh dari : Cilacap, Jawa Tengah Diperiksa Oleh :
Jenis Contoh : Pasir besi Sukanto HM.
Diperiksa tgl : 1 Juni 1998 Syamsudin.

KETERANGAN	BENDA UJI	
	I	II
BERAT BENDA UJI DALAMKEADAAN BASAH JENUH (SSD)	500 gr	
BERAT VICNOMETER + AIR (B)	672 gr	
BERAT VICNOMETER + AIR + BENDA UJI (BT)	1056 gr	
BERAT SAMPE KERING OVEN (BK)	492 gr	
BERAT JENIS = $\frac{BK}{(B + 500 - BT)}$	4,241	
BERAT SSD = $\frac{500}{(B + 500 - BT)}$	4,310	
BJ SEMU = $\frac{BK}{(B + BK - BT)}$	4,555	
PENYERAPAN = $\frac{(500 - BK)}{(BK)} \times 100 \%$	1,626 %	

Yogyakarta, 1 Juni 1998



Kepala Lab. Jalan Raya

Sukanto HM.

Laboran Jalan Raya



LABORATORIUM JALAN RAYA

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

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

Contoh dari : PT. PERWITA KARYA

DKERJAKAN OLEH :

Jenis Contoh : Batu Pecah

Syamsudin & Sukanto HM.

DI TEST TANGGAL 3 Juli 1998

DIPERIKSA : _____

Untuk Proyek : Penelitian Tugas Akhir (TA)

J E N I S G R A D A S I		B E N D A U J I	
S A R I N G A N		I	II
L O L O S	T E R T A H A N		
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)		4318	
KEAUSAN = $\frac{(A - B)}{A} \times 100 \%$		13.64 %	

Yogyakarta, 03 Juli 1998

Kepala Lab. Jalan Raya FT. UII



Syamsudin
Ir. Subarkah MT.



LABORATORIUM JALAN RAYA

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

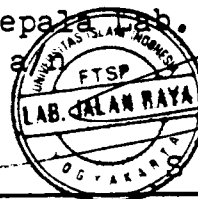
PEMERIKSAAN KEAUSAN AGREGAT (ABRASI TEST) A A S H T O T 96 - 77

Contoh dari : _____ DKERJAKAN OLEH : _____
Jenis Contoh : SERFENTIN _____
DI TEST TANGGAL 19 Mei 1998 DIPERIKSA : _____
Untuk Proyek : TUGAS AKHIR _____

J E N I S G R A D A S I		B E N D A U J I	
S A R I N G A N		I	II
L O L O S	T E R T A H A N		
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)		3849	
KEAUSAN = $\frac{(A - B)}{A} \times 100 \%$		23.02	%

Yogyakarta, 19 Mei 1998

Kepala Lab. Jalan Raya FT. UII



yamsudin

PT. ANEKA TAMBANG (PERSERO)
UNIT PERTAMBANGAN PASIR BESI CILACAP

Telepon : (0282) 31883, 31884
Telex : 25457 ATP CLP IA
Fax : 0282-31881

Alamat Kantor : Jl. Penyu, Cilacap 53211
Alamat Kawat : PASIR BESI
PO. Box : 123

CERTIFICATE OF ANALYSIS

No. : 1045/705 - FCT

Contract No. : —
~~Purchase Order~~
~~Letter of Credit~~ No. : Dated 22nd May 1998
Licence/ID. No. : —
for 1,00 metric tons of Cilacap Iron Sand.
shipped per ~~m/s~~ Truck
on May 1996 to Universitas Islam Indonesia - Yogyakarta (ex. Cilacap)

Fe	:	49,75	%
Ti O ₂	:	—	%
Moisture	:	5,11	%

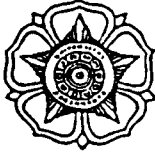
Cilacap, 23rd June 1998

PT. ANEKA TAMBANG (PERSERO)
Unit Pertambangan Pasir Besi Cilacap

Ar. Kepala Unit
Koordinator Produksi,



Abubakar, BE
No. P. 776945 1530



Laboratorium Petrografi

No. Sampel :

Jenis batuan : Batuan Metamorf

Diskripsi mikroskopis :

Dalam asahan tipis batuan tidak berwarna, granoblastik, bentuk kristal anhedral-subhedral, ukuran butir 0,05 - 0,3 mm, retak-retak, dengan komposisi mineral Antigotile; Chrysotile; dan Clotile.

Diskripsi Mineral :

Antigotile : Warna hijau muda, relief sedang, pleokroisme kuat, warna interferensi abu-abu orde I, berlempeng (platy) kelimpahan 80 %

Chrysotile : Warna mineral tak berwarna, relief rendah, warna interferensi abu-abu orde I, belahan satu arah, fibrius dengan prosentase 15 %

Clotile : Warna mineral hijau muda - tak berwarna, warna interferensi hijau hingga violet, pleokroisme lemah, belahan satu arah, fibrius, prosentase 5%

Petrogenesis

: Walaupun sulit diamati dengan baik, kristal-kristal olivin dan piroksen nampak berubah menjadi kelompok mineral serpentinit (Antigotile dan Chrysotile) serta Clotile.

Batuan tersebut di atas merupakan ubahan atau mineral sekunder dari batuan beku basa - ultra basa

Serpentinit merupakan hasil dari proses metamorfosa regional, fasies greenskist (j sekis hijau) dengan temperatur rendah dan tekanan sedang.

Nama Batuan : SERPENTIN

Yogyakarta, 27 Maret 1998

Laboratorium Petrografi,

Wahyu Sasongko, S.T.

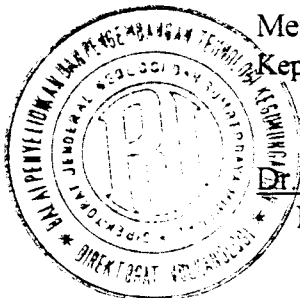
DIREKTORAT JENDERAL GEOLOGI DAN SUMBERDAYA MINERAL
DIREKTORAT VULKANOLOGI
BALAI PENYELIDIKAN DAN PENGEMBANGAN TEKNOLOGI KEGUNUNGAPIAN
Jl. Cendana No.15 Telp.(0274)514180-514192, Fax.563630 Yogyakarta 55166

LABORATORIUM KIMIA

Bentuk Conto : Padat/Batuan
Pengirim Conto : Nurudin Ardiyanto
Asal Conto : Karang Sambung
No. Analisa : 03/05/LK/1998

HASIL ANALISIS KIMIA
(Dalam satuan % berat)

Unsur	Serpentin
SiO ₂	35,06
Al ₂ O ₃	0,00
Fe ₂ O ₃	1,44
CaO	0,21
MgO	47,17
Na ₂ O	0,10
K ₂ O	0,06
MnO	0,08
TiO ₂	0,41
P ₂ O ₅	0,30
H ₂ O	0,32
H D	14,81



Mengetahui
Kepala B P P T K,
M. Atje Purbawinata
Dr. Ir. Mas Atje Purbawinata
NIP. 100006688

Yogyakarta, 12 Maret 1998
Lab. Geokimia,
N. Euis Sutaningsih
Ir. N. Euis Sutaningsih
NIP 100010995

**LABORATORIUM GEOLOGI
SEKOLAH TINGGI TEKNOLOGI NASIONAL
YOGYAKARTA**

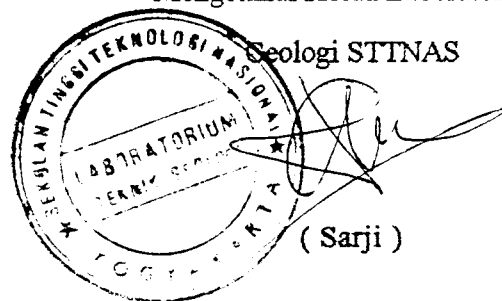
- JENIS BATUAN** : Batuan Metamorf, Tipe Metamorf Regional
- Warna** : Segar : Hijau Gelap Sampai Hitam
Lapuk : Hitam Kecoklatan
- STRUKTUR** : SKISTOSA (Terdapat Kepingan-kepingan yang jelas dan mineral-mineral pipih seperti klorit dan mineral yang bersifat serabut/ berbentuk serabut).
- TEKSTUR** : Kristaloblastik, jenis Nematoblastik (Terdiri dari Mineral berbentuk Prismatik menjarum yang memperlihatkan orientasi sejajar)
- KOMPOSISI** : Pada umumnya dari jenis mineral STRESS (Suatu mineral Stabil dalam kondisi tekanan dimana Mineral ini dapat berbentuk dan tumbuh sesuai dengan arah gaya)
1. Utama : Serpentin, jenis krisotil.
(mempunyai bentuk pipih dan berserabut warna hijau terang)
: Magnetik (Mineral opak/ opaque, warna hitam)
 2. Tambahan : Klorit (mempunyai belahan bagus, warna hijau seperti kaca)
Talk. (mempunyai belahan bagus, warna putih)
 3. Penyerta : Garnet (warna kuning kemerahan).
- NAMA BATUAN** : Serpentininit.

PETROGENESA / ASAL MULA : Berasal dari batuan beku Ultramafic yang kaya akan mineral olivin dan berubah menjadi serpentin serta piroksen yang berubah menjadi klorit. Batuan tersebut adalah merupakan batuan beku dari jenis intrusi bernama peridotit dan kemudian mengalami suatu tekanan ± 5 kb dan bertemperatur 400°C atau kurang dari 800°C kemudian menjadi batuan metamorf bernama serpentininit. Batuan ini sangat erat hubungannya dengan aktifitas orogenesis atau proses pembentukan pegunungan lipatan gunung api, meliputi daerah yang luas. Dan selalu dalam bentuk sabuk pegunungan dalam daerah Geosinklin dan hubungannya erat juga dengan tumbukan dua buah lempeng tektonik khususnya kerak samudera dengan kerak benua membentuk suatu jalur metamorfosa / jalur (subduction zone).

KEGUNAAN : Serpentininit berasosiasi dengan jebakan-jebakan penting seperti tembaga, besi, nikel, asbes, talk, potstone. Juga banyak digunakan untuk ornamen atau keramik. Dan banyak yang lain lagi.

Mengetahui Ketua Laboratorium

Geologi STNAS



(Sarji)

PERHITUNGAN KOMPOSISI ADUKAN

Perencanaan adukan beton perisai radiasi dengan Metode Road Note No.4 dengan langkah-langkah sebagai berikut ini :

1. Menentukan kuat tekan rata-rata berdasarkan kuat tekan rencana dan kondisi adukan,

- a. $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$
- b. kondisi kontrol pelaksanaan sangat baik terhadap takaran berat bahan, gradasi agregat, kadar air agregat, dan pengawasan ketat, dari tabel 3 diperoleh persentase kuat tekan minimum terhadap kuat tekan rata-rata sebesar $= 75 \% = 0,75$, maka diperoleh kuat tekan rata-rata sebagai berikut ini :

$$f'_{cr} = \frac{250}{0,75} = 333,333 \text{ kg/cm}^2$$

2. Menetapkan faktor air semen,

berdasarkan hubungan kuat tekan rata-rata dan faktor air semen yang tercantum dalam gambar 2 , dengan kuat tekan rata-rata sebesar $333,333 \text{ kg/cm}^2$ diperoleh nilai faktor air semen sebesar $= 0,55$

3. Menentukan rasio pasir terhadap agregat total ,

Tabel 1 Persentase berat butir lolos ayakan gradasi agregat campuran

Lubang ayakan mm	Persentase berat butir lolos ayakan gradasi rencana
19	100
9,6	60
4,75	38,5
2,36	31,5
1,16	24,5
0,6	17,5
0,3	4
1,5	0

Berdasarkan persentase berat butir lolos ayakan gradasi agregat campuran rencana pada tabel 1 diperoleh perhitungan rasio agregat halus terhadap agregat total sebagai berikut ini :

- a. untuk komposisi I, II, IV dan V ukuran butir agregat halus maksimum lolos ayakan 2,36 mm maka rasio agregat halus/agregat total = 31,5 %.
- b. untuk komposisi III dan VI ukuran butir agregat halus maksimum lolos ayakan 0,6 mm maka rasio agregat halus/agregat total = 17,5 %.

4. Menentukan rasio agregat/semen ,

dengan tingkat workabilitas, jenis gradasi dan faktor air semen yang ditentukan, dari tabel 4 atau tabel 5 diperoleh perhitungan rasio agregat/semen sebagai berikut ini :

- a. untuk komposisi I,III, IV dan VI dengan bentuk agregat campuran tak beraturan (*irregular*), tingkat workabilitas sedang, gradasi antara gradasi 2 dan gradasi 3, faktor air semen = 0,55 maka rasio agregat/semen =

$$\frac{5,4 + 5,4}{2} = 5,4$$

- b. untuk komposisi II dan V dengan bentuk agregat campuran bersudut (*angular*), tingkat workabilitas sedang, gradasi antara gradasi 2 dan gradasi 3, faktor air semen = 0,55 maka rasio agregat/semen

$$= \frac{4,7 + 4,5}{2} = 4,6$$

5. Menghitung perbandingan Semen : Pasir : Kerikil : Air

Berdasarkan nilai rasio agregat/semen dan distribusi agregat, disesuaikan dengan perbandingan berat jenis masing-masing agregat terhadap berat jenis agregat standar tabel rasio agregat/semen sebesar 2,5 untuk agregat kasar dan 2,6 untuk agregat halus sehingga diperoleh rasio agregat/semen baru. Perbandingan S : P : K : A adalah sebagai berikut ini :

- a. komposisi I yang terdiri dari : Semen + Pasir Progo + Kerikil Clereng + Air,

$$1 : 5,4 \times 31,5\% \times \frac{2,84}{2,6} : 5,4 \times 68,5\% \times \frac{2,64}{2,5} : 0,55$$

$$1 : 1,858 : 3,906 : 0,55$$

$$\text{rasio agregat/semen} = (1,858 + 3,906)/1 = 5,764$$

- b. komposisi II yang terdiri dari : Semen + Pasir Serpentin + Kerikil Clereng + Air,

$$1 : 4,6 \times 31,5\% \times \frac{2,138}{2,6} : 4,6 \times 68,5\% \times \frac{2,64}{2,5} : 0,55$$

$$1 : 1,191 : 3,328 : 0,55$$

$$\text{rasio agregat/semen} = (1,191 + 3,328)/1 = 4,519$$

- c. komposisi III yang terdiri dari : Semen + Pasir Besi + Kerikil Clereng + Air,

$$1 : 5,4 \times 17,5\% \times \frac{4,241}{2,6} : 5,4 \times 82,5\% \times \frac{2,64}{2,5} : 0,55$$

$$1 : 1,541 : 4,704 : 0,55$$

$$\text{rasio agregat/semen} = (1,541 + 4,704)/1 = 6,245$$

- d. komposisi IV yang terdiri dari Semen + Pasir Progo + Kerikil Serpentin + Air,

$$1 : 5,4 \times 31,5\% \times \frac{2,84}{2,6} : 5,4 \times 68,5\% \times \frac{2,177}{2,5} : 0,55$$

$$1 : 1,858 : 3,221 : 0,55$$

$$\text{rasio agregat/semen} = (1,858 + 3,221)/1 = 5,079$$

- e. komposisi V yang terdiri dari : Semen + Pasir Serpentin + Kerikil Serpentin + Air,

$$1 : 4,6 \times 31,5\% \times \frac{2,138}{2,6} : 4,6 \times 68,5\% \times \frac{2,177}{2,5} : 0,55$$

$$1 : 1,191 : 2,744 : 0,55$$

$$\text{rasio agregat/semen} = (1,191 + 2,744)/1 = 3,935$$

f. komposisi VI yang terdiri dari : Semen + Pasir Besi + Kerikil Serpentin + Air,

$$1 : 5,4 \times 17,5\% \times \frac{4,241}{2,6} : 5,4 \times 82,5\% \times \frac{2,177}{2,5} : 0,55$$

$$1 : 1,541 : 3,879 : 0,55$$

$$\text{rasio agregat/semen} = (1,541 + 3,879)/1 = 5,420$$

Tabel 2. Perbandingan Semen, Pasir, Kerikil dan Air

Komposisi	Tipe	Semen	Pasir	Kerikil	Air
Clereng + Progo	CP	1	1,858	3,906	0,55
Clereng + Serpentin	CS	1	1,191	3,328	0,55
Clereng + Pasir Besi	CB	1	1,541	4,704	0,55
Serpentin + Progo	SP	1	1,858	3,221	0,55
Serpentin + Serpentin	SS	1	1,191	2,744	0,55
Serpentin + Pasir Besi	SB	1	1,541	3,879	0,55

Tabel 3. Perkiraan kuat tekan minimum terhadap kuat tekan rata-rata

Kondisi	% kuat tekan minimum thd kuat tekan rata-rata
Kontrol pelaksanaan sangat baik thd takaran berat bahan, gradasi agregat, kadar air agregat dan pengawasan ketat.	75
Kontrol pelaksanaan sedang thd takaran berat bahan, menggunakan dua macam ukuran agregat, kadar air ditentukan sendiri, pengawasan tidak ketat.	60
Kontrol pelaksanaan tidak baik, takaran semua bahan tidak akurat, dan tanpa pengawasan.	40

Tabel 4

Rasio agregat/semen pada empat tingkat workabilitas terhadap faktor air semen dan gradasi untuk ukuran butir maksimum 20 mm dan bentuk agregat tak beraturan (*Irregular*).

Mutu Pengendalian	Kurva Gradasi	Sangat Rendah				Rendah				Sedang				Tinggi			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
faktor air semen	0,35	3,7	3,7	3,5	3,0	3,0	3,0	3,0	2,7	2,6	2,6	2,7	2,4	2,4	2,5	2,5	2,2
	0,40	4,8	4,7	4,7	4,0	3,9	3,9	3,8	3,5	3,3	3,4	3,5	3,2	3,1	3,2	3,2	2,9
	0,45	6,0	5,8	5,7	5,0	4,8	4,8	4,6	4,3	4,0	4,1	4,2	3,9	x	3,9	3,9	3,5
	0,50	7,2	6,8	6,5	5,9	5,5	5,5	5,4	5,0	4,6	4,8	4,8	4,5	x	4,4	4,4	4,1
	0,55	8,3	7,8	7,3	6,7	6,2	6,2	6,0	5,7	x	5,4	5,4	5,1	x	4,8	4,9	4,7
	0,60	9,4	8,6	8,0	7,4	6,8	6,8	6,7	6,2	x	6,0	6,0	5,6	x	x	5,4	5,2
	0,65	-	-	-	8,0	7,4	7,4	7,3	6,8	x	x	6,4	6,1	x	x	5,5	5,6
	0,70	-	-	-	-	8,0	8,0	7,7	7,4	x	x	6,8	6,6	x	x	5,8	6,1
	0,75	-	-	-	-	-	-	-	7,9	x	x	7,3	7,0	x	x	6,2	6,5
	0,80	-	-	-	-	-	-	-	-	x	x	7,5	7,4	x	x	6,6	7,0
	0,85	-	-	-	-	-	-	-	-	x	x	7,8	7,8	x	x	x	7,4
	0,90	-	-	-	-	-	-	-	-	x	x	x	8,1	x	x	x	7,7
0,95	-	-	-	-	-	-	-	-	x	x	x	-	x	x	x	8,0	
1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	x	x	x	x	

Sumber : ML. Gambhir, 1986

Keterangan : - campuran belum diuji

x campuran mengalami segregasi

Tabel ini berdasarkan berat jenis agregat halus 2,6 dan agregat kasar 2,5

Tabel 5.

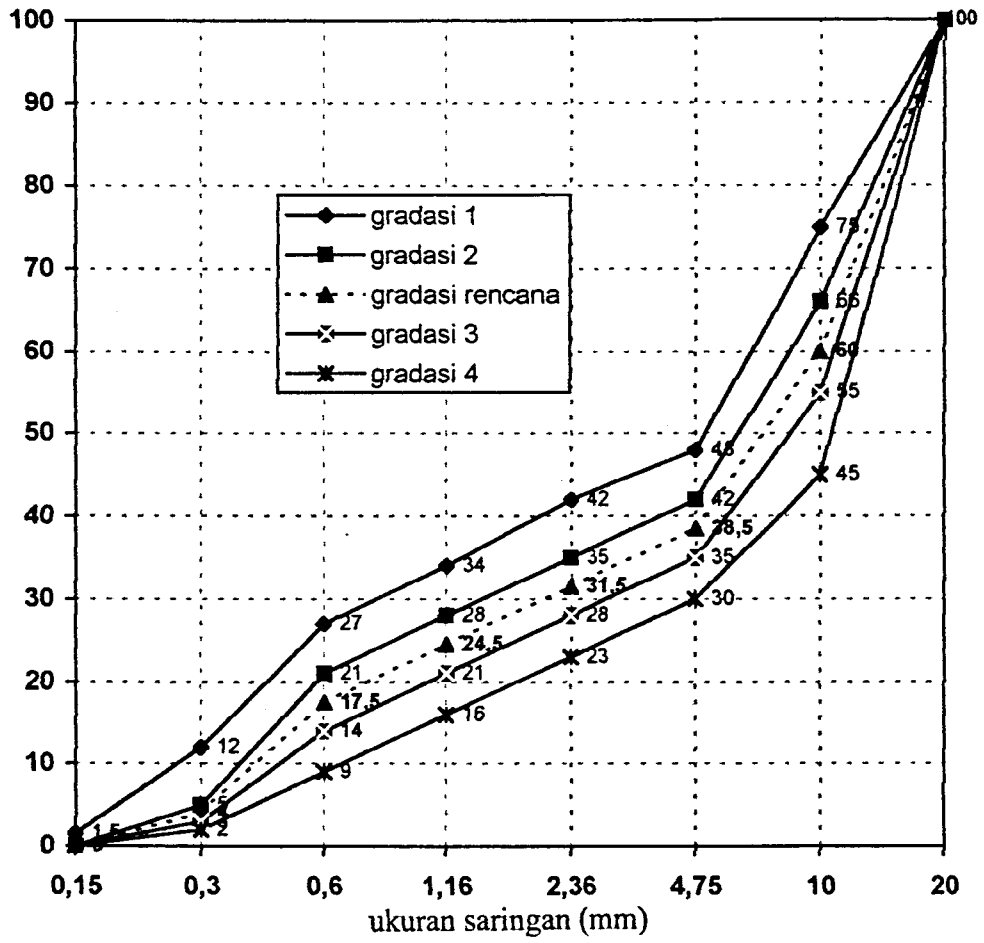
Rasio agregat/semen pada empat tingkat workabilitas terhadap faktor air semen dan gradasi untuk ukuran butir maksimum 20 mm dan bentuk agregat bersudut (*angular*).

Mutu Pengendalian		Sangat Rendah				Rendah				Sedang				Tinggi			
Kurva Gradasi		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
faktor air semen	0,35	3,2	3,0	2,9	2,7	2,7	2,7	2,5	2,5	2,4	2,4	2,3	2,2	2,2	2,3	2,1	2,1
	0,40	4,5	4,2	3,7	3,5	3,5	3,5	3,2	3,0	3,1	3,1	2,9	2,7	2,9	2,9	2,8	2,6
	0,45	5,5	5,0	4,6	4,3	4,3	4,2	3,9	3,7	3,7	3,7	3,4	3,3	3,5	3,5	3,2	3,1
	0,50	6,5	5,8	5,4	5,0	5,0	4,9	4,5	4,3	4,2	4,2	3,9	3,8	x	3,9	3,8	3,5
	0,55	7,2	6,6	6,0	5,6	5,7	5,4	5,0	4,8	4,7	4,7	4,5	4,3	x	x	4,3	4,0
	0,60	7,8	7,2	6,6	6,3	6,3	6,0	5,6	5,3	x	5,2	4,9	4,8	x	x	4,7	4,4
	0,65	8,3	7,8	7,2	6,9	6,9	6,5	6,1	5,8	x	5,7	5,4	5,2	x	x	5,1	4,9
	0,70	8,7	8,3	7,7	7,5	7,4	7,0	6,5	6,3	x	6,2	5,8	5,7	x	x	5,5	5,3
	0,75	-	-	8,2	8,0	7,9	7,5	7,0	6,8	x	x	6,2	6,1	x	x	5,8	5,7
	0,80	-	-	-	-	-	-	7,4	7,2	x	x	6,6	6,5	x	x	6,1	6,0
	0,85					-	-	7,8	7,6	x	x	7,1	6,9	x	x	6,4	6,3
	0,90									x	x	7,5	7,3	x	x	x	6,7
0,95									x	x	8,0	7,6	x	x	x	7,0	
1,00									x	x	x	x	x	x	x	7,3	

Sumber : ML. Gambhir, 1986

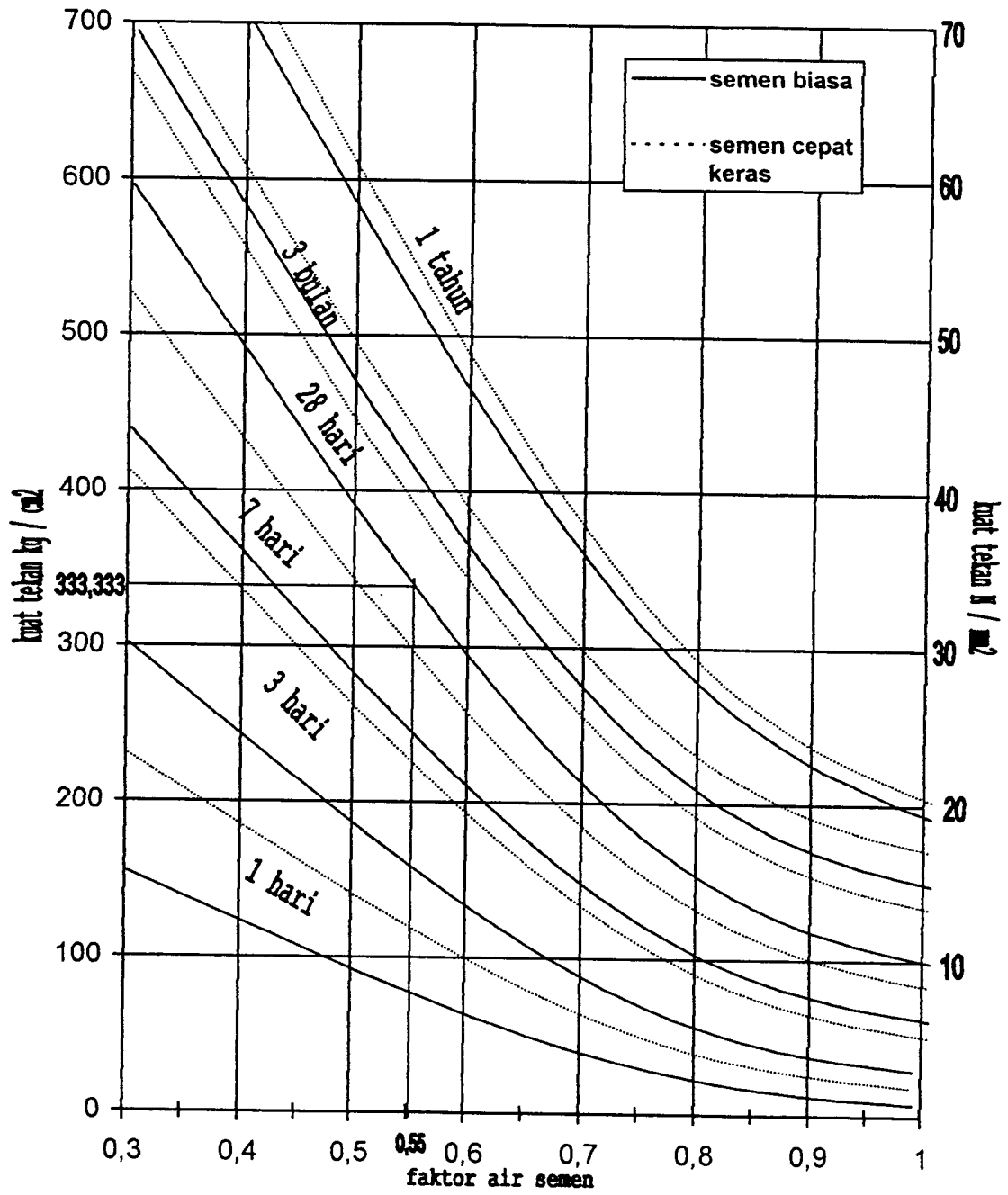
Keterangan : - campuran belum diuji
x campuran mengalami segregasi

Tabel ini berdasarkan berat jenis agregat halus 2,6 dan agregat kasar 2,5



Gambar 1

Gradasi agregat standar dengan butir maksimum 20 mm



Gambar 2.

Hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen

PERHITUNGAN JUMLAH KEBUTUHAN BAHAN SUSUN BETON**1. Komposisi I (Clereng, Progo)**

a. proporsi bahan adukan adalah :

$$\begin{array}{ccccccc} \text{Semen} & : & \text{Pasir} & : & \text{Kerikil} & : & \text{Air} \\ 1 & : & 1,858 & : & 3,906 & : & 0,55 \end{array}$$

b. kebutuhan adukan tiap 1 m³ beton bila S adalah berat semen per meter kubik :

$$\frac{S}{3150} + \frac{1,858.S}{2840} + \frac{3,906.S}{2640} + \frac{0,55.S}{1000} = 1 \text{ m}^3$$

$$3,001 S = 1, \text{ maka } S = 0,3882 \text{ ton} = 333,2 \text{ kg}$$

$$\text{Semen} = 1 \times S = 333,2 \text{ kg}$$

$$\text{Pasir} = 1,858 \times S = 619,1 \text{ kg}$$

$$\text{Kerikil} = 3,906 \times S = 1301,5 \text{ kg}$$

$$\text{Air} = 0,55 \times S = 183,3 \text{ kg}$$

c. untuk 0,104 m³ adukan beton diperlukan :

$$\text{Semen} = 0,104 \times 333,2 = 34,653 \text{ kg}$$

$$\text{Pasir} = 0,104 \times 619,1 = 64,386 \text{ kg}$$

$$\text{Kerikil} = 0,104 \times 1301,5 = 135,356 \text{ kg}$$

$$\text{Air} = 0,104 \times 183,3 = 19,063 \text{ kg}$$

Tabel 1 Kebutuhan kerikil Clereng dan pasir Progo

Ukuran Butiran	Berat	
	Persen	Kilogram
20	58,394	79,040
10	31,387	42,484
5	10,219	13,832
2,4	22,222	14,308
1,2	22,222	14,308
0,6	42,857	27,600
0,3	12,698	8,176

2. Komposisi II (Clereng, Serpentin)

a. proporsi bahan adukan adalah :

$$\begin{array}{ccccccc} \text{Semen} & : & \text{Pasir} & : & \text{Kerikil} & : & \text{Air} \\ 1 & : & 1,191 & : & 3,328 & : & 0,55 \end{array}$$

b. kebutuhan adukan tiap 1 m³ beton bila S adalah berat semen per meter kubik :

$$\frac{S}{3150} + \frac{1,191.S}{2138} + \frac{3,328.S}{2640} + \frac{0,55.S}{1000} = 1 \text{ m}^3$$

$$2,685 S = 1, \text{ maka } S = 0,3724 \text{ ton} = 372,4 \text{ kg}$$

$$\text{Semen} = 1 \times S = 372,400 \text{ kg}$$

$$\text{Pasir} = 1,191 \times S = 443,528 \text{ kg}$$

$$\text{Kerikil} = 3,328 \times S = 1239,347 \text{ kg}$$

$$\text{Air} = 0,55 \times S = 204,820 \text{ kg}$$

c. untuk 0,104 m³ adukan beton diperlukan :

$$\text{Semen} = 0,104 \times 372,4 = 38,730 \text{ kg}$$

$$\text{Pasir} = 0,104 \times 443,528 = 46,127 \text{ kg}$$

$$\text{Kerikil} = 0,104 \times 1239,347 = 128,892 \text{ kg}$$

$$\text{Air} = 0,104 \times 204,820 = 21,301 \text{ kg}$$

Tabel 2 Kebutuhan kerikil Clereng dan pasir Serpentin

Ukuran Butiran	Berat	
	Persen	Kilogram
20	58,394	75,265
10	31,387	40,455
5	10,219	13,171
2,4	22,222	10,250
1,2	22,222	10,250
0,6	42,857	19,769
0,3	12,698	5,857

3. Komposisi III (Clereng, Pasir Besi)

a. proporsi bahan adukan adalah :

$$\begin{array}{ccccccc} \text{Semen} & : & \text{Pasir} & : & \text{Kerikil} & : & \text{Air} \\ 1 & : & 1,541 & : & 4,704 & : & 0,55 \end{array}$$

b. kebutuhan adukan tiap 1 m³ beton bila S adalah berat semen per meter kubik :

$$\frac{S}{3150} + \frac{1,541.S}{4241} + \frac{4,704.S}{2640} + \frac{0,55.S}{1000} = 1 \text{ m}^3$$

$$3,013 S = 1, \text{ maka } S = 0,3292 \text{ ton} = 331,9 \text{ kg}$$

$$\text{Semen} = 1 \times S = 331,900 \text{ kg}$$

$$\text{Pasir} = 1,541 \times S = 511,458 \text{ kg}$$

$$\text{Kerikil} = 4,704 \times S = 1561,258 \text{ kg}$$

$$\text{Air} = 0,55 \times S = 182,545 \text{ kg}$$

c. untuk 0,104 m³ adukan beton diperlukan :

$$\text{Semen} = 0,104 \times 331,9 = 34,518 \text{ kg}$$

$$\text{Pasir} = 0,104 \times 511,458 = 53,192 \text{ kg}$$

$$\text{Kerikil} = 0,104 \times 1561,258 = 162,371 \text{ kg}$$

$$\text{Air} = 0,104 \times 182,545 = 18,985 \text{ kg}$$

Tabel 3 Kebutuhan kerikil Clereng dan pasir Besi

Ukuran Butiran	Berat	
	Persen	Kilogram
20	48,485	78,726
10	26,061	42,316
5	8,485	13,777
2,4	8,485	13,777
1,2	8,845	13,777
0,6	77,143	41,034
0,3	22,857	12,158

4. Komposisi IV (Serpentin, Progo)

a. proporsi bahan adukan adalah :

$$\begin{array}{ccccccc} \text{Semen} & : & \text{Pasir} & : & \text{Kerikil} & : & \text{Air} \\ 1 & : & 1,858 & : & 3,221 & : & 0,55 \end{array}$$

b. kebutuhan adukan tiap 1 m³ beton bila S adalah berat semen per meter kubik

$$\frac{S}{3150} + \frac{1,858.S}{2840} + \frac{3,221.S}{2177} + \frac{0,55.S}{1000} = 1 \text{ m}^3$$

$$3,001.S = 1, \text{ maka } S = 0,3332 \text{ ton} = 333,2 \text{ kg}$$

$$\text{Semen} = 1 \times S = 333,2 \text{ kg}$$

$$\text{Pasir} = 1,858 \times S = 619,1 \text{ kg}$$

$$\text{Kerikil} = 3,221 \times S = 1073,237 \text{ kg}$$

$$\text{Air} = 0,55 \times S = 183,3 \text{ kg}$$

c. untuk 0,104 m³ adukan beton diperlukan :

$$\text{Semen} = 0,104 \times 333,2 = 34,653 \text{ kg}$$

$$\text{Pasir} = 0,104 \times 619,1 = 64,386 \text{ kg}$$

$$\text{Kerikil} = 0,104 \times 1073,237 = 111,617 \text{ kg}$$

$$\text{Air} = 0,104 \times 183,3 = 19,063 \text{ kg}$$

Tabel 4 Kebutuhan kerikil Serpentin dan pasir Progo

Ukuran Butiran	Berat	
	Persen	Kilogram
20	58,394	65,178
10	31,387	35,033
5	10,219	11,406
2,4	22,222	14,308
1,2	22,222	14,308
0,6	42,857	27,594
0,3	12,698	8,176

5. Komposisi V (Serpentin, Serpentin)

a. proporsi bahan adukan adalah :

$$\begin{array}{ccccccc} \text{Semen} & : & \text{Pasir} & : & \text{Kerikil} & : & \text{Air} \\ 1 & : & 1,191 & : & 2,744 & : & 0,55 \end{array}$$

b. kebutuhan adukan tiap 1 m³ beton bila S adalah berat semen per meter kubik :

$$\frac{S}{3150} + \frac{1,191.S}{2138} + \frac{2,744.S}{2177} + \frac{0,55.S}{1000} = 1 \text{ m}^3$$

$$2,685 S = 1, \text{ maka } S = 0,3724 \text{ ton} = 372,4 \text{ kg}$$

$$\text{Semen} = 1 \times S = 372,400 \text{ kg}$$

$$\text{Pasir} = 1,191 \times S = 443,528 \text{ kg}$$

$$\text{Kerikil} = 2,744 \times S = 1021,866 \text{ kg}$$

$$\text{Air} = 0,55 \times S = 204,820 \text{ kg}$$

c. untuk 0,104 m³ adukan beton diperlukan :

$$\text{Semen} = 0,104 \times 372,400 = 38,730 \text{ kg}$$

$$\text{Pasir} = 0,104 \times 443,528 = 46,127 \text{ kg}$$

$$\text{Kerikil} = 0,104 \times 1021,866 = 106,274 \text{ kg}$$

$$\text{Air} = 0,104 \times 204,820 = 21,301 \text{ kg}$$

Tabel 5 Kebutuhan kerikil Serpentin dan pasir Serpentin

Ukuran Butiran	Berat	
	Persen	Kilogram
20	58,394	62,058
10	31,387	33,356
5	10,219	10,860
2,4	22,222	10,250
1,2	22,222	10,250
0,6	42,857	19,769
0,3	12,698	5,857

6. Komposisi VI (Serpentin, Pasir Besi)

a. proporsi bahan adukan adalah :

$$\begin{array}{ccccccc} \text{Semen} & : & \text{Pasir} & : & \text{Kerikil} & : & \text{Air} \\ 1 & : & 1,541 & : & 3,879 & : & 0,55 \end{array}$$

b. kebutuhan adukan tiap 1 m³ beton bila S adalah berat semen per meter kubik :

$$\frac{S}{3150} + \frac{1,541.S}{4241} + \frac{3,879.S}{2177} + \frac{0,55.S}{1000} = 1 \text{ m}^3$$

$$3,013 S = 1, \text{ maka } S = 0,3319 \text{ ton} = 331,9 \text{ kg}$$

$$\text{Semen} = 1 \times S = 331,900 \text{ kg}$$

$$\text{Pasir} = 1,541 \times S = 511,458 \text{ kg}$$

$$\text{Kerikil} = 3,879 \times S = 1287,440 \text{ kg}$$

$$\text{Air} = 0,55 \times S = 182,545 \text{ kg}$$

c. untuk 0,104 m³ adukan beton diperlukan :

$$\text{Semen} = 0,104 \times 331,900 = 34,518 \text{ kg}$$

$$\text{Pasir} = 0,104 \times 511,458 = 53,192 \text{ kg}$$

$$\text{Kerikil} = 0,104 \times 1287,440 = 133,894 \text{ kg}$$

$$\text{Air} = 0,104 \times 182,545 = 18,985 \text{ kg}$$

Tabel 6 Kebutuhan kerikil Serpentin dan pasir Besi

Ukuran Butiran	Berat	
	Persen	Kilogram
20	48,485	64,919
10	26,061	34,894
5	8,485	11,361
2,4	8,485	11,361
1,2	8,845	11,361
0,6	77,143	41,034
0,3	22,857	12,158

Tabel 7 Densitas Beton Segar

KOMPOSISI	I	II	III	IV	V	VI
Berat Semen	34,653	38,730	34,518	34,653	38,73	34,518
Berat Pasir	64,386	46,127	53,192	64,386	46,127	53,192
Berat Kerikil	135,356	128,892	162,371	111,617	106,274	133,894
Berat Air	19,063	21,301	18,985	19,063	21,301	18,985
Jumlah	253,458	235,050	269,066	229,719	212,432	240,589



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telpun : 895330 Yogyakarta

LAMPIRAN D

HASIL KUAT DESAK SILINDER BETON
NO. / / 1998

TIPE	diameter (cm)	tinggi (cm)	luas alas (cm ²)	volume (cm ³)	berat (kg)	Berat Jenis		Beban maks (kN)	Kuat Tekan			
						(ton/m ³)	(kN/m ³)		(ton/m ³)	(kg/cm ²)	Mpa	rata-rata (kg/cm ²)
CP1	15	30,267	176,625	5345,909	13,05	2,441	23,947	580	32837,933	334,739	32,838	309,272
CP2	15,053	30,483	177,875	5422,174	12,84	2,368	23,231	635	35699,156	363,906	35,699	
CP3	15,055	30,1	177,923	5355,471	13,537	2,528	24,797	400	22481,683	229,171	22,482	
CS1	15,017	30,167	177,026	5340,331	12,535	2,347	23,026	570	32198,737	328,224	32,199	258,650
CS2	15,2	30,483	181,366	5528,592	12,52	2,265	22,216	320	17643,841	179,856	17,644	
CS3	14,933	30,2	175,051	5286,530	12,285	2,324	22,797	460	26278,105	267,871	26,278	
CB1	15,067	30,117	178,206	5367,041	13,975	2,604	25,544	470	26373,916	268,847	26,374	267,566
CB2	15	30,183	176,625	5331,072	13,875	2,603	25,532	410	23213,022	236,626	23,213	
CB3	15	30,167	176,625	5328,246	13,901	2,609	25,594	515	29157,820	297,225	29,158	

Yogyakarta, 10 November 1998
Kepala Laboratorium BKT FT UII

(Ir. H. Ilman Noor, MSCE)



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telpun : 895330 Yogyakarta

LAMPIRAN D

HASIL KUAT DESAK SILINDER BETON

NO. / / 1998

TIPE	diameter (cm)	tinggi (cm)	luas alas (cm ²)	volume (cm ³)	berat (kg)	Berat Jenis		Beban maks (kN)	Kuat Tekan		rata-rata (kg/cm ²)	
						(ton/m ³)	(kN/m ³)		(kN/m ²)	Mpa		
SP1	15,05	30,15	177,804	5360,805	11,92	2,224	21,813	360	20246,961	206,391	20,247	190,567
SP2	15,017	30,3	177,026	5363,875	11,935	2,225	21,828	355	20053,599	204,420	20,054	
SP3	15,033	30	177,403	5322,090	11,91	2,238	21,953	280	15783,273	160,890	15,783	
SS1	15	30,067	176,625	5310,584	11,45	2,156	21,151	315	17834,395	181,798	17,834	206,807
SS2	15	30,117	176,625	5319,415	11,425	2,148	21,070	370	20948,337	213,541	20,948	
SS3	15	30	176,625	5298,75	11,355	2,143	21,022	390	22080,679	225,083	22,081	
SB1	15	30,05	176,625	5307,581	12,535	2,362	23,168	365	20665,251	210,655	20,665	223,830
SB2	15	30,133	176,625	5322,241	12,572	2,362	23,173	455	25760,793	262,597	25,761	
SB3	15,033	30	177,403	5322,090	12,48	2,345	23,004	345	19447,247	198,239	19,447	

Yogyakarta, 10 November 1998
Kepala Laboratorium BKT FT UII

(Ir. H. Ilman Noor, MSCE)

PERHITUNGAN KUAT TEKAN KARAKTERISTIK BETON

1. Tipe campuran beton CP (Clereng + Pasir Progo)

Kode Benda uji	σ_b' (kg/cm ²)	σ_{bm}' (kg/cm ²)	$(\sigma_b' - \sigma_{bm}')^2$ (kg/cm ²)
CP ₁	334.739	309.272	648.568
CP ₂	363.906	309.272	2984.874
CP ₃	229.171	309.272	6416.170
			$\Sigma=10049.612$

$$S = \sqrt{\frac{\sum(\sigma_b' - \sigma_{bm}')^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{10049.61}{2}} = 70.886$$

$$\sigma_{bk}' = \sigma_{bm}' - 1.64S = 309.272 - (1.64 \times 70.886) = 193,019 \text{ kg/cm}^2$$

2. Tipe campuran beton CS (Clereng + Pasir Serpentin)

Kode Benda uji	σ_b' (kg/cm ²)	σ_{bm}' (kg/cm ²)	$(\sigma_b' - \sigma_{bm}')^2$ (kg/cm ²)
CS ₁	328.224	258.650	4840.541
CS ₂	179.856	258.650	6208.494
CS ₃	267.871	258.650	85.027
			$\Sigma=11134.062$

$$S = \sqrt{\frac{\sum(\sigma_b' - \sigma_{bm}')^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{11134.062}{2}} = 74.312$$

$$\sigma_{bk}' = \sigma_{bm}' - 1.64S = 258.650 - (1.64 \times 74.312) = 136.778 \text{ kg/cm}^2$$

3. Tipe campuran beton CB (Clereng + Pasir Besi)

Kode Benda uji	σ_b' (kg/cm ²)	σ_{bm}' (kg/cm ²)	$(\sigma_b' - \sigma_{bm}')^2$ (kg/cm ²)
CB ₁	268.847	267.566	1.641
CB ₂	236.626	267.566	957.284
CB ₃	297.225	267.566	879.656
			$\Sigma=1838.581$

$$S = \sqrt{\frac{\sum(\sigma_b' - \sigma_{bm}')^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{1838.581}{2}} = 30.320$$

$$\sigma_{bk}' = \sigma_{bm}' - 1.64S = 267.566 - (1.64 \times 30.320) = 217.841 \text{ kg/cm}^2$$

4. Tipe campuran beton SP (Serpentin + Pasir Progo)

Kode Benda uji	σ_b' (kg/cm ²)	σ_{bm}' (kg/cm ²)	$(\sigma_b' - \sigma_{bm}')^2$ (kg/cm ²)
SP ₁	206.391	190.567	250.400
SP ₂	204.420	190.567	191.103
SP ₃	160.890	190.567	880.724
			$\Sigma=1322.227$

$$S = \sqrt{\frac{\sum (\sigma_b' - \sigma_{bm}')^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{1322.227}{2}} = 25.712$$

$$\sigma_{bk}' = \sigma_{bm}' - 1.64S = 190.567 - (1.64 \times 25.712) = 148.399 \text{ kg/cm}^2$$

5. Tipe campuran beton SS (Serpentin + Pasir Serpentin)

Kode Benda uji	σ_b' (kg/cm ²)	σ_{bm}' (kg/cm ²)	$(\sigma_b' - \sigma_{bm}')^2$ (kg/cm ²)
SS ₁	181.798	206.807	625.450
SS ₂	213.541	206.807	45.350
SS ₃	225.083	206.807	334.012
			$\Sigma=1004.812$

$$S = \sqrt{\frac{\sum (\sigma_b' - \sigma_{bm}')^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{1004.812}{2}} = 22.414$$

$$\sigma_{bk}' = \sigma_{bm}' - 1.64S = 206.807 - (1.64 \times 22.414) = 170.048 \text{ kg/cm}^2$$

6. Tipe campuran beton SB (Serpentin + Pasir Besi)

Kode Benda uji	σ_b' (kg/cm ²)	σ_{bm}' (kg/cm ²)	$(\sigma_b' - \sigma_{bm}')^2$ (kg/cm ²)
SB ₁	210.655	223.830	173.581
SB ₂	262.597	223.830	1502.880
SB ₃	198.239	223.830	654.899
			$\Sigma=2331.360$

$$S = \sqrt{\frac{\sum (\sigma_b' - \sigma_{bm}')^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{2331.360}{2}} = 34.142$$

$$\sigma_{bk}' = \sigma_{bm}' - 1.64S = 223.830 - (1.64 \times 34.142) = 167.837 \text{ kg/cm}^2$$

HASIL CACAH NEUTRON TERHADAP Matrik BETON

Komposisi beton : Semen + Clereng + Pasir Progo + Air

Kuat tekan rata-rata : 309,272 kg/cm²Berat Jenis rata-rata : 2,446 ton/m³

Tebal matrik cm	Netron campuran				Netron cepat				Netron thermal			
	lo cch/mnt	lo rata-rata	lt cch/mnt	lt rata-rata	lo cch/mnt	lo rata-rata	lt cch/mnt	lt rata-rata	lo cch/mnt	lo rata-rata	lt cch/mnt	lt rata-rata
0	4352 4340 4439 4413 4386	4386	-	-	136 130 150 145 136	139	-	-	4216 4210 4289 4268 4250	4247	-	-
6 x 1			2499 2551 2565 2551 2628	2559			126 126 112 131 132				2373 2425 2453 2420 2496	2433
6 x 2			1811 1765 1880 1883 1864	1841			122 130 125 113 120				1689 1635 1755 1770 1744	1719
6 x 3			1521 1571 1509 1568 1601	1554			73 78 82 79 99				1448 1493 1427 1489 1502	1472

Tebal matrik cm	Neutron campuran					Neutron cepat					Neutron thermal				
	lo cch/mnt	lo rata-rata	It cch/mnt	It rata-rata	It rata-rata	lo cch/mnt	lo rata-rata	It cch/mnt	It rata-rata	It rata-rata	lo cch/mnt	lo rata-rata	It cch/mnt	It rata-rata	It rata-rata
6 x 4			1353 1414 1403 1430 1335	1387	63,4			70 58 66 65 58					1283 1356 1337 1365 1277		1324
6 x 5			1272 1222 1229 1175 1254	1230	52			61 52 48 51 49					1211 1170 1181 1124 1205		1178
6 x 6			1117 1113 1109 1109 1139	1117	41			40 51 35 37 41					1077 1062 1074 1072 1098		1077

HITUNGAN NEUTRON TERSERAP BAHAN

TEBAL Matrik (cm)	NEUTRON CAMPURAN			NEUTRON CEPAT			NEUTRON THERMAL		
	I rata-rata (cacah/menit)	neutron terserap (cacah/menit)	persen terserap	I rata-rata (cacah/menit)	neutron terserap (cacah/menit)	persen terserap	I rata-rata (cacah/menit)	neutron terserap (cacah/menit)	persen terserap
0	4386	0	0	139	0	0	4247		
6	2559	1827	41,655	125	14	10,072	2433	1814	42,713
6 x 2	1841	2545	58,026	122	17	12,230	1719	2528	59,524
6 x 3	1554	2832	64,569	82	57	41,007	1472	2775	65,340
6 x 4	1387	2999	68,377	63	76	54,676	1324	2923	68,825
6 x 5	1230	3156	71,956	52	87	62,590	1178	3069	72,263
6 x 6	1117	3269	74,533	41	98	70,504	1077	3170	74,641

* Neutron terserap = $I_o - I_t$ ** Persen terserap = $(I_t / I_o) \times 100\%$

HASIL CACAH NEUTRON TERHADAP Matrik BETON

Komposisi beton : Semen + Clereng + Pasir Serpentin + Air

Kuat tekan rata-rata : 258,650 kg/cm²

Berat Jenis rata-rata : 2,312 ton/m³

Tebal matrik cm	Netron campuran					Netron cepat					Netron thermal				
	lo cch/mnt	lo rata-rata	lt cch/mnt	lt rata-rata	it rata-rata	lo cch/mnt	lo rata-rata	lt cch/mnt	lt rata-rata	it rata-rata	lo cch/mnt	lo rata-rata	lt cch/mnt	lt rata-rata	it rata-rata
0	4758 4727 4582 4665 4719	4690	-	-	-	167 178 176 175 172	174	-	-	-	4591 4549 4406 4490 4547	4517	-	-	-
6 x 1			2806 2699 2690 2779 2824	2760				130 163 141 137 162	147				2676 2536 2549 2642 2662		2613
6 x 2			2468 2283 2694 2121 2009	2315				134 151 147 150 121	141				2334 2132 2547 1971 1888		2174
6 x 3			1754 1805 1746 1744 1704	1751				90 90 91 83 93	89				1664 1715 1655 1661 1611		1661

Lampiran E

Tebal matrik cm	Neutron campuran				Neutron cepat				Neutron thermal			
	lo cch/mnt	lo rata-rata	It cch/mnt	It rata-rata	lo cch/mnt	lo rata-rata	It cch/mnt	It rata-rata	lo cch/mnt	lo rata-rata	It cch/mnt	It rata-rata
6 x 4			1541	1530			77	80			1464	1451
			1545	1530			84				1461	
			1548	1530			75	80			1473	1451
			1565	1530			79				1486	
			1453	1530			84				1369	
6 x 5			1394	1317			64	64			1330	
			1280	1317			68				1212	
			1380	1317			59	64			1321	1253
			1288	1317			72				1216	
			1245	1317			57				1188	
6 x 6			1223	1193			55	59			1168	1135
			1174	1193			55				1119	
			1200	1193			62	59			1138	
			1207	1193			56				1151	
			1162	1193			65				1097	

HITUNGAN NEUTRON TERSERAP BAHAN

TEBAL Matrik (cm)	NEUTRON CAMPURAN			NEUTRON CEPAT			NEUTRON THERMAL		
	I rata-rata (cacah/menit)	neutron terserap (cacah/menit)	persen terserap	I rata-rata (cacah/menit)	neutron terserap (cacah/menit)	persen terserap	I rata-rata (cacah/menit)	neutron terserap (cacah/menit)	persen terserap
0	4690	0	0	174	0	0	4517		
6	2760	1930	41,151	147	27	15,517	2613	1904	42,152
6 x 2	2315	2375	50,640	141	33	18,966	2174	2343	51,871
6 x 3	1751	2939	62,665	89	85	48,851	1661	2856	63,228
6 x 4	1530	3160	67,377	80	94	54,023	1451	3066	67,877
6 x 5	1317	3373	71,919	64	110	63,218	1253	3264	72,260
6 x 6	1193	3497	74,563	59	115	66,092	1135	3382	74,873

* Neutron terserap = $I_0 - I_t$ ** Persen terserap = $(I_t / I_0) \times 100\%$

HASIL CACAH NEUTRON TERHADAP Matrik BETON

Komposisi beton : Semen + Clereng + Pasir Besi + Air

Kuat tekan rata-rata : 267,566 kg/cm²

Berat Jenis rata-rata : 2,605 ton/m³

Tebal matrik cm	Netron campuran			Netron cepat			Netron thermal			
	lo cch/mnt	lo rata-rata	it cch/mnt	lo rata-rata	it cch/mnt	lo rata-rata	lo cch/mnt	lo rata-rata	it cch/mnt	lo rata-rata
0	4580 4582 4644 4670 4424	4580	-	270 297 272 267 279	277	-	4310 4285 4372 4403 4145	4303	-	-
6 x 1	3047 3113 3081 3164 3078	3097	3047	249 230 244 233 242	240	249 230 244 233 242	2798 2883 2837 2931 2836	2857	2798 2883 2837 2931 2836	2857
6 x 2	1729 1833 1830 1787 1750	1786	1729	186 171 157 173 163	170	186 171 157 173 163	1543 1662 1673 1614 1587	1616	1543 1662 1673 1614 1587	1616
6 x 3	1499 1500 1580 1812 1763	1631	1499	173 139 127 129 126	139	173 139 127 129 126	1326 1361 1453 1683 1637	1492	1326 1361 1453 1683 1637	1492

Lampiran E

Tebal matrik cm	Neutron campuran					Neutron cepat					Neutron thermal				
	lo cch/mnt	lo rata-rata	It cch/mnt	It rata-rata	persen terserap	lo cch/mnt	lo rata-rata	It cch/mnt	It rata-rata	persen terserap	lo cch/mnt	lo rata-rata	It cch/mnt	It rata-rata	persen terserap
6 x 4			1439	1400	1400			109	113	113			1330	1287	1287
			1442					106					1336		
			1414	1400	1400			133	113	113			1281	1287	1287
			1355					110					1245		
			1349					107					1242		
6 x 5			1252	1232	1232			114	106	106			1138	1126	1126
			1258					108					1150		
			1277	1232	1232			114	106	106			1163	1126	1126
			1193					88					1105		
			1180					105					1075		
6 x 6			1123	1116	1116			81	80	80			1042	1037	1037
			1139					78					1061		
			1148	1116	1116			72	80	80			1076	1037	1037
			1098					80					1018		
			1074					88					986		

HITUNGAN NEUTRON TERSERAP BAHAN

TEBAL Matrik (cm)	NEUTRON CAMPURAN			NEUTRON CEPAT			NEUTRON THERMAL		
	I rata-rata (cacah/menit)	neutron terserap (cacah/menit)	persen terserap	I rata-rata (cacah/menit)	neutron terserap (cacah/menit)	persen terserap	I rata-rata (cacah/menit)	neutron terserap (cacah/menit)	persen terserap
0	4580	0	0	277	0	0	4303		
6	3097	1483	32,380	240	37	13,357	2857	1446	33,604
6 x 2	1786	2794	61,004	170	107	38,628	1616	2687	62,445
6 x 3	1631	2949	64,389	139	138	49,819	1492	2811	65,327
6 x 4	1400	3180	69,432	113	164	59,206	1287	3016	70,091
6 x 5	1232	3348	73,100	106	171	61,733	1126	3177	73,832
6 x 6	1116	3464	75,633	80	197	71,119	1037	3266	75,901

* Neutron terserap = $I_0 - I_t$ ** Persen terserap = $(I_t / I_0) \times 100\%$

HASIL CACAH NEUTRON TERHADAP Matrik BETON

Komposisi beton : Semen + Serpentin + Pasir Progo + Air

Kuat tekan rata-rata : 190,567 kg/cm²

Berat Jenis rata-rata : 2,229 ton/m³

Tebal matrik cm	Netron campuran					Netron cepat					Netron thermal				
	lo cch/mnt	lo rata-rata	it cch/mnt	it rata-rata	it rata-rata	lo cch/mnt	lo rata-rata	it cch/mnt	it rata-rata	it rata-rata	lo cch/mnt	lo rata-rata	it cch/mnt	it rata-rata	it rata-rata
0	4416 4408 4516 4471 4476	4457	-	-	-	140 153 154 150 152	150	-	-	-	4276 4255 4362 4321 4324	4308	-	-	-
6 x 1			2604 2647 2744 2719 2658	2674				139 131 126 125 134	131				2465 2516 2618 2594 2524		2543
6 x 2			2332 2311 2398 2365 2325	2346				107 125 98 124 115	114				2225 2186 2300 2241 2210		2232
6 x 3			1997 1951 1938 1967 1979	1966				64 95 64 87 90	80				1933 1856 1874 1880 1889		1886

Lampiran E

Tebal matrik cm	Neutron campuran				Neutron cepat				Neutron thermal			
	lo cch/mnt	lo rata-rata	It cch/mnt	It rata-rata	lo cch/mnt	lo rata-rata	It cch/mnt	It rata-rata	lo cch/mnt	lo rata-rata	It cch/mnt	It rata-rata
6 x 4			1650				40				1610	
			1594	1608			51	56			1543	
			1605				45				1560	1552
6 x 5			1577				70				1507	
			1614				73				1541	
			1394				56				1338	
6 x 6			1439	1370			36	50			1403	
			1310				48				1262	1320
			1361				55				1306	
6 x 6			1346				53				1293	
			1234				44				1190	
			1221	1207			34	38			1187	
6 x 6			1186				32				1154	1169
			1196				36				1160	
			1196				44				1152	

HITUNGAN NEUTRON TERSERAP BAHAN

TEBAL Matrik (cm)	NEUTRON CAMPURAN			NEUTRON CEPAT			NEUTRON THERMAL		
	I rata-rata (cacah/menit)	neutron terserap (cacah/menit)	persen terserap	I rata-rata (cacah/menit)	neutron terserap (cacah/menit)	persen terserap	I rata-rata (cacah/menit)	neutron terserap (cacah/menit)	persen terserap
0	4457	0	0	150	0	0	4308		
6	2674	1783	40,004	131	19	12,667	2543	1765	40,970
6 x 2	2346	2111	47,364	114	36	24,000	2232	2076	48,189
6 x 3	1966	2491	55,890	80	70	46,667	1886	2422	56,221
6 x 4	1608	2849	63,922	56	94	62,667	1552	2756	63,974
6 x 5	1370	3087	69,262	50	100	66,667	1320	2988	69,359
6 x 6	1207	3250	72,919	38	112	74,667	1169	3139	72,864

* Neutron terserap = $lo - It$ ** Persen terserap = $(It / lo) \times 100\%$

HASIL CACAH NEUTRON TERHADAP Matrik BETON

Komposisi beton : Semen + Serpentin + Pasir Serpentin + Air

Kuat tekan rata-rata : 206,807 kg/cm²

Berat Jenis rata-rata : 2,149 ton/m³

Tebal matrik cm	Netron campuran					Netron cepat					Netron thermal					
	lo cch/mnt	lo rata-rata	it cch/mnt	it rata-rata	lo cch/mnt	lo rata-rata	it cch/mnt	it rata-rata	lo cch/mnt	lo rata-rata	it cch/mnt	it rata-rata	lo cch/mnt	lo rata-rata	it cch/mnt	it rata-rata
0	4759 4739 4747 4711 4815	4754	-	-	147 148 152 144 152	149	-	-	-	4612 4591 4595 4567 4663	4606	-	-	-	-	-
6 x 1			2733 2757 2714 2711 2712	2725			141 147 136 141 146	142					2592 2610 2578 2570 2566		2583	
6 x 2			2451 2345 2383 2377 2485	2408			108 103 103 105 104	105					2343 2242 2280 2272 2381		2304	
6 x 3			1973 1946 1945 1937 1856	1931			73 68 68 64 83	71					1900 1878 1877 1873 1773		1860	

Lampiran E

Tebal matrik cm	Neutron campuran				Neutron cepat				Neutron thermal			
	lo cch/mnt	lo rata-rata	It cch/mnt	It rata-rata	lo cch/mnt	lo rata-rata	It cch/mnt	It rata-rata	lo cch/mnt	lo rata-rata	It cch/mnt	It rata-rata
6 x 4			1578	1551			53	56			1525	1496
			1563				54				1509	
			1549	1551			63	56			1486	
			1564				59				1505	
			1503				49				1454	
6 x 5			1355				52				1303	
			1385				44				1341	
			1392	1367			45	45			1347	1322
			1376				46				1330	
			1326				39				1287	
6 x 6			1205				24				1181	
			1198				42				1156	
			1196	1222			40	34			1156	1188
			1257				32				1225	
			1254				33				1221	

HITUNGAN NEUTRON TERSERAP BAHAN

TEBAL Matrik (cm)	NEUTRON CAMPURAN			NEUTRON CEPAT			NEUTRON THERMAL		
	I rata-rata (cacah/menit)	neutron terserap (cacah/menit)	persen terserap	I rata-rata (cacah/menit)	neutron terserap (cacah/menit)	persen terserap	I rata-rata (cacah/menit)	neutron terserap (cacah/menit)	persen terserap
0	4754	0	0	149	0	0	4606		
6	2725	2029	42,680	142	7	4,698	2543	2063	44,789
6 x 2	2408	2346	49,348	105	44	29,530	2304	2302	49,978
6 x 3	1931	2823	59,382	71	78	52,349	1860	2746	59,618
6 x 4	1551	3203	67,375	56	93	62,416	1496	3110	67,521
6 x 5	1367	3387	71,245	45	104	69,799	1322	3284	71,298
6 x 6	1222	3532	74,295	34	115	77,181	1188	3418	74,208

* Neutron terserap = $Io - It$ ** Persen terserap = $(It / Io) \times 100\%$

HASIL CACAH NEUTRON TERHADAP Matrik BETON

Komposisi beton : Semen + Serpentin + Pasir Besi + Air

Kuat tekan rata-rata : 223,830 kg/cm²

Berat Jenis rata-rata : 2,356 ton/m³

Tebal matrik cm	Netron campuran				Netron cepat				Netron thermal			
	lo cch/mnt	lo rata-rata	it cch/mnt	it rata-rata	lo cch/mnt	lo rata-rata	it cch/mnt	it rata-rata	lo cch/mnt	lo rata-rata	it cch/mnt	it rata-rata
0	4446 4513 4465 4364 4509	4459	-	-	153 157 163 155 168	159	-	-	4293 4356 4302 4209 4341	4300	-	-
6 x 1			2703 2633 2582 2615 2642	2635			145 149 133 153 146	145			2558 2484 2449 2462 2496	2490
6 x 2			2192 2275 2247 2246 2264	2245			113 91 112 118 121	111			2079 2184 2135 2128 2143	2134
6 x 3			1816 1853 1826 1789 1830	1823			79 66 82 69 78	75			1737 1787 1744 1720 1752	1748

Lampiran E

Tebal matrik cm	Neutron campuran					Neutron cepat					Neutron thermal				
	lo cch/mnt	lo rata-rata	lt cch/mnt	lt rata-rata	It rata-rata	lo cch/mnt	lo rata-rata	lt cch/mnt	lt rata-rata	It rata-rata	lo cch/mnt	lo rata-rata	lt cch/mnt	lt rata-rata	It rata-rata
6 x 4			1516 1609 1516 1506 1604		1550			51 58 63 65 63		60			1465 1551 1453 1441 1541		1490
6 x 5			1390 1376 1435 1409 1394		1401			39 47 43 41 42		42			1351 1329 1392 1368 1352		1358
6 x 6			1305 1240 1244 1297 1272		1272			39 40 28 28 46		36			1266 1200 1216 1269 1226		1235

HITUNGAN NEUTRON TERSERAP BAHAN

TEBAL Matrik (cm)	NEUTRON CAMPURAN					NEUTRON CEPAT					NEUTRON THERMAL				
	I rata-rata (cacah/menit)	neutron terserap (cacah/menit)	persen terserap	I rata-rata (cacah/menit)	neutron terserap (cacah/menit)	persen terserap	I rata-rata (cacah/menit)	neutron terserap (cacah/menit)	persen terserap	I rata-rata (cacah/menit)	neutron terserap (cacah/menit)	persen terserap	I rata-rata (cacah/menit)	neutron terserap (cacah/menit)	persen terserap
0	4459	0	0	159	0	0	4606	0	0	4606	0	0	4606	0	0
6	2635	1824	40,906	142	17	10,692	2490	2116	45,940	2490	2116	45,940	2490	2116	45,940
6 x 2	2245	2214	49,652	105	54	33,962	2134	2472	53,669	2134	2472	53,669	2134	2472	53,669
6 x 3	1823	2636	59,116	71	88	55,346	1748	2858	62,050	1748	2858	62,050	1748	2858	62,050
6 x 4	1550	2909	65,239	60	99	62,264	1490	3116	67,651	1490	3116	67,651	1490	3116	67,651
6 x 5	1401	3058	68,580	42	117	73,585	1358	3248	70,517	1358	3248	70,517	1358	3248	70,517
6 x 6	1272	3187	71,473	36	123	77,358	1235	3371	73,187	1235	3371	73,187	1235	3371	73,187

* Neutron terserap = $I_0 - I_t$ **Persen terserap = $(I_t / I_0) \times 100\%$

**PERHITUNGAN REGRESI LINIER
TAMPANG LINTANG MAKROSKOPIK**

TIPE BETON : CP (Clereng+Pasir Progo)
TIPE NEUTRON : Campuran

Data

x	I	LnI
0	4386	8,386
6	2559	7,847
12	1841	7,518
18	1554	7,349
24	1387	7,235
30	1230	7,115
36	1117	7,018

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,942 ^a	,887	,864	,17692

a. Predictors: (Constant), X

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1,223	1	1,223	39,060	,002 ^a
	Residual	,157	5	3,130E-02		
	Total	1,379	6			

a. Predictors: (Constant), X

b. Dependent Variable: LNI

Coefficients^a

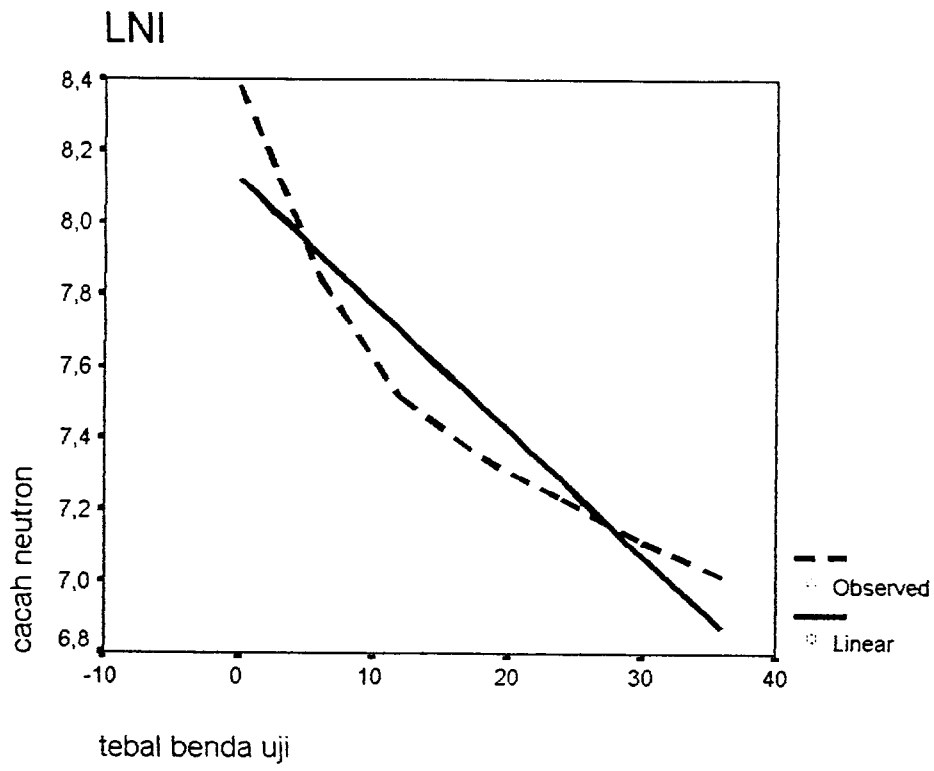
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	8,122	,121		67,376	,000
	X	-3,48E-02	,006	-,942	-6,250	,002

a. Dependent Variable: LNI

Persamaan regresi linier : $Y = 8,122 - 0,0348x$

Nilai $\Sigma = 0,0348$

Curve Estimation



**PERHITUNGAN REGRESI LINIER
TAMPANG LINTANG MAKROSKOPIK**

TIPE BETON : CP (Clereng+Pasir Progo)
TIPE NEUTRON : Cepat

Data

x	I	LnI
0	139	4,934
6	125	4,828
12	122	4,804
18	82	4,407
24	63	4,143
30	52	3,951
36	41	3,714

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,981 ^a	,962	,955	,10173

a. Predictors: (Constant), X

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1,318	1	1,318	127,370	,000 ^a
	Residual	5,174E-02	5	1,035E-02		
	Total	1,370	6			

a. Predictors: (Constant), X

b. Dependent Variable: LNI

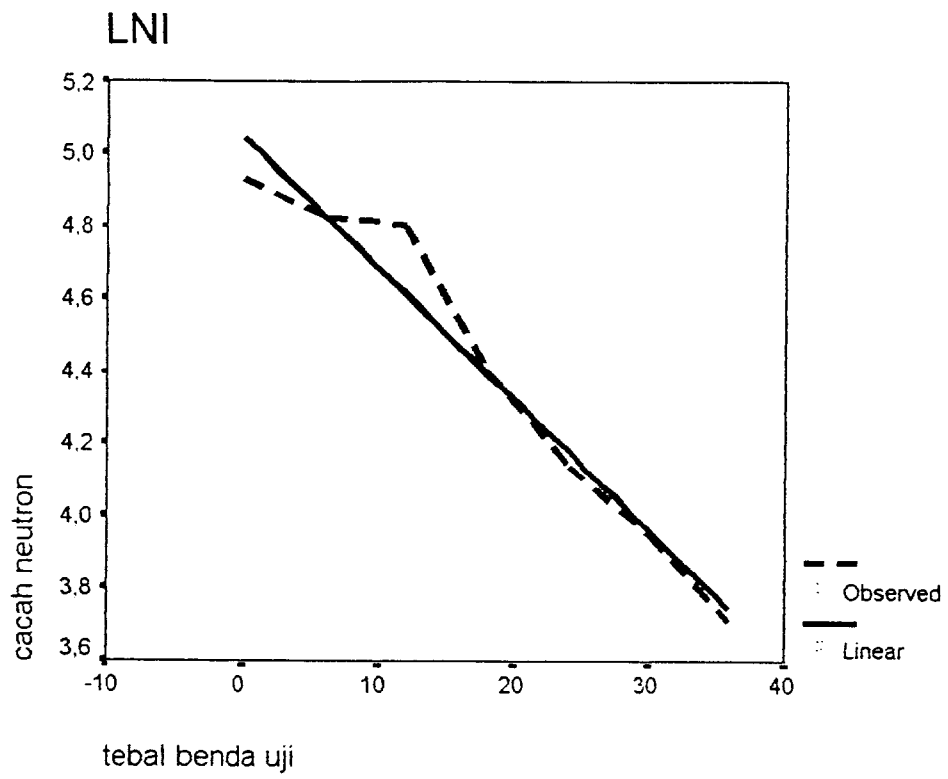
Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	5,048	,069		72,830	,000
	X	-3,62E-02	,003	-.981	-11,286	,000

a. Dependent Variable: LNI

Persamaan regresi linier : $Y = 8,122 - 0,0348x$
Nilai $\Sigma = 0,0348$

Curve Estimation



**PERHITUNGAN REGRESI LINIER
TAMPANG LINTANG MAKROSKOPIK**

TIPE BETON : CP (Clereng+Pasir Progo)
TIPE NEUTRON : Thermal

Data

x	I	LnI
0	4247	8,354
6	2433	7,797
12	1719	7,45
18	1472	7,294
24	1324	7,188
30	1178	7,072
36	1077	6,982

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,933 ^a	,871	,845	,18943

a. Predictors: (Constant), X

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1,213	1	1,213	33,804	,002 ^a
	Residual	,179	5	3,588E-02		
	Total	1,392	6			

a. Predictors: (Constant), X

b. Dependent Variable: LNI

Coefficients^a

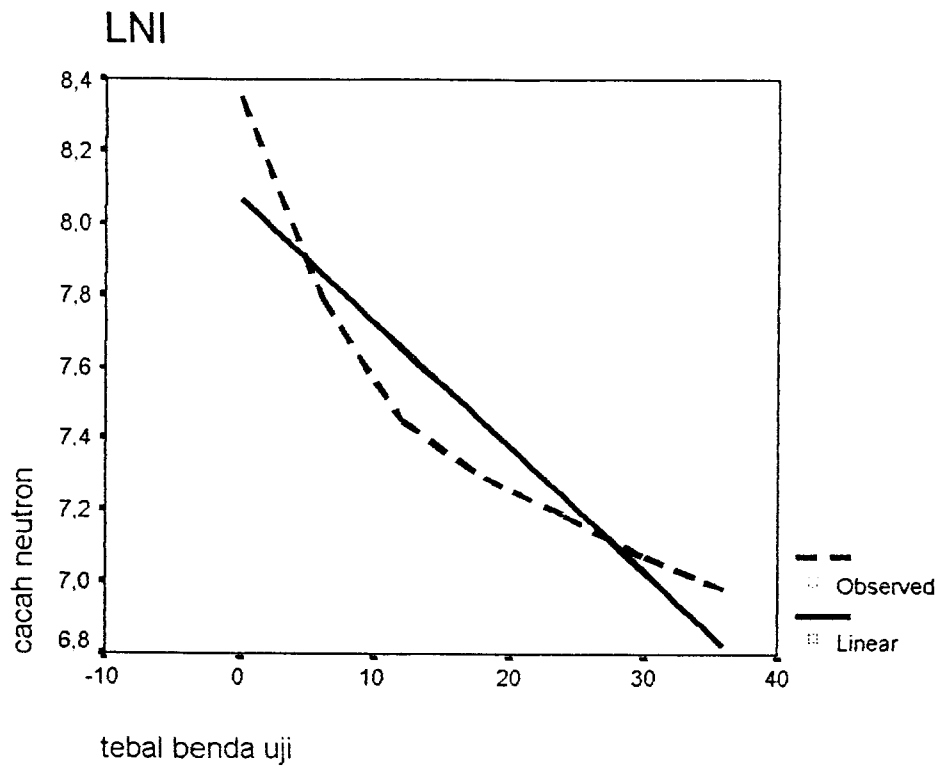
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	8,073	,129		62,541	,000
	X	-3,47E-02	,006	-,933	-5,814	,002

a. Dependent Variable: LNI

Persamaan regresi linier : $Y = 8,073 - 0,0347x$

Nilai $\Sigma = 0,0347$

Curve Estimation



**PERHITUNGAN REGRESI LINIER
TAMPANG LINTANG MAKROSKOPIK**

TIPE BETON : CS (Clereng+Pasir Serpentin)
TIPE NEUTRON : Campuran

Data

x	I	LnI
0	4690	8,453
6	2760	7,923
12	2315	7,747
18	1751	7,467
24	1530	7,333
30	1317	7,183
36	1193	7,084

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,964 ^a	,930	,916	,13893

a. Predictors: (Constant), X

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1,286	1	1,286	66,631	,000 ^a
	Residual	9,651E-02	5	1,930E-02		
	Total	1,383	6			

a. Predictors: (Constant), X

b. Dependent Variable: LNI

Coefficients^a

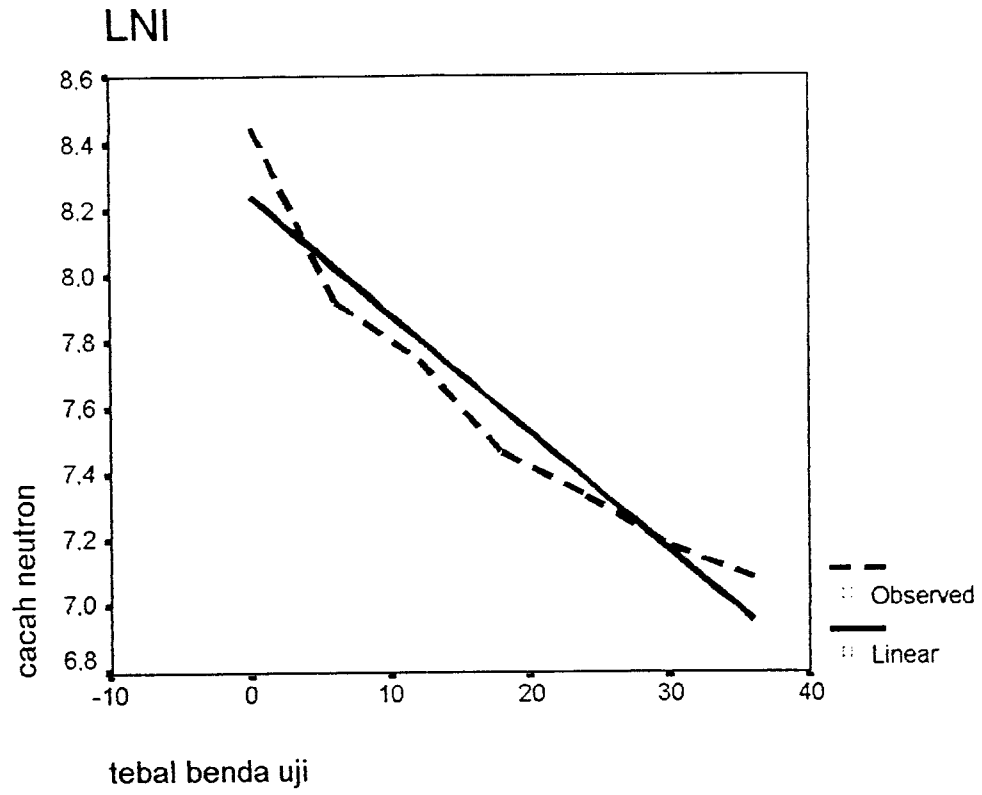
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	8,242	,095		87,058	,000
	X	-3,57E-02	,004	-,964	-8,163	,000

a. Dependent Variable: LNI

Persamaan regresi linier : $Y = 8,242 - 0,0357x$

Nilai $\Sigma = 0,0357$

Curve Estimation



**PERHITUNGAN REGRESI LINIER
TAMPANG LINTANG MAKROSKOPIK**

TIPE BETON : CS (Clereng+Pasir Serpentin)
TIPE NEUTRON : Cepat

Data

x	I	LnI
0	174	5,159
6	147	4,99
12	141	4,949
18	89	4,489
24	80	4,382
30	64	4,159
36	59	4,078

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.980 ^a	.961	.953	9,36E-02

a. Predictors: (Constant), X

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1,069	1	1,069	122,071	.000 ^a
	Residual	4,380E-02	5	8,760E-03		
	Total	1,113	6			

a. Predictors: (Constant), X

b. Dependent Variable: LNI

Coefficients^a

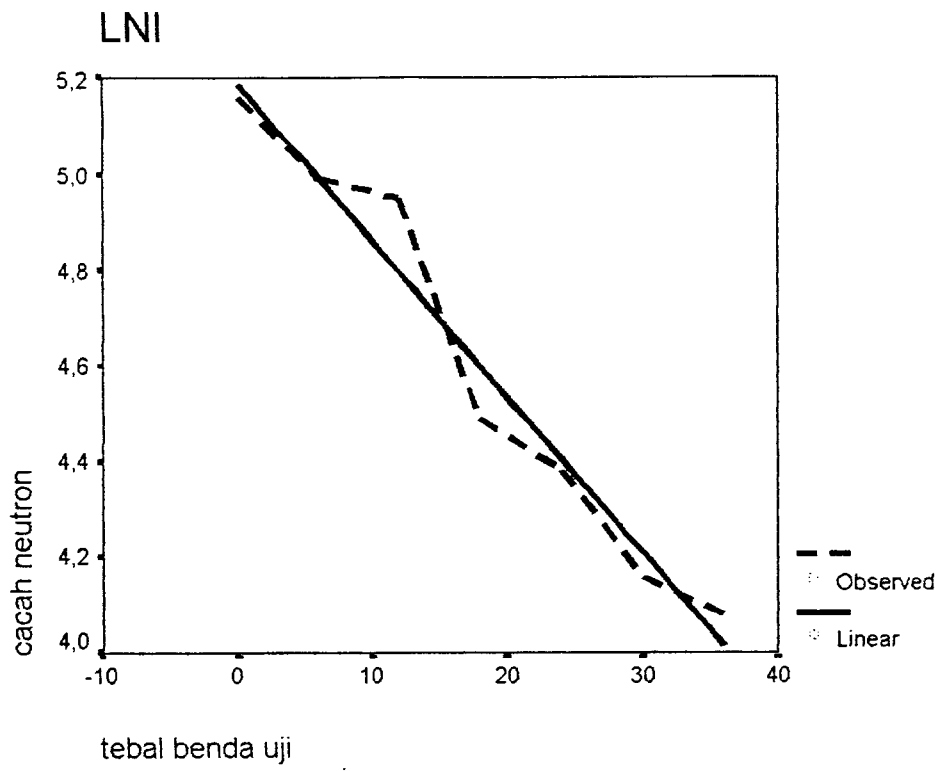
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	5,187	,064		81,335	.000
	X	-3,26E-02	,003	-,980	-11,049	.000

a. Dependent Variable: LNI

Persamaan regresi linier : $Y = 5,187 - 0,0326x$

Nilai $\Sigma = 0,0326$

Curve Estimation



**PERHITUNGAN REGRESI LINIER
TAMPANG LINTANG MAKROSKOPIK**

TIPE BETON : CS (Clereng+Pasir Serpentin)
TIPE NEUTRON : Thermal

Data

x	I	LnI
0	4517	8,416
6	2613	7,868
12	2174	7,684
18	1661	7,415
24	1451	7,28
30	1253	7,133
36	1135	7,034

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,961 ^a	,924	,909	,14557

a. Predictors: (Constant), X

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1,294	1	1,294	61,081	,001 ^a
	Residual	,106	5	2,119E-02		
	Total	1,400	6			

a. Predictors: (Constant), X

b. Dependent Variable: LNI

Coefficients^a

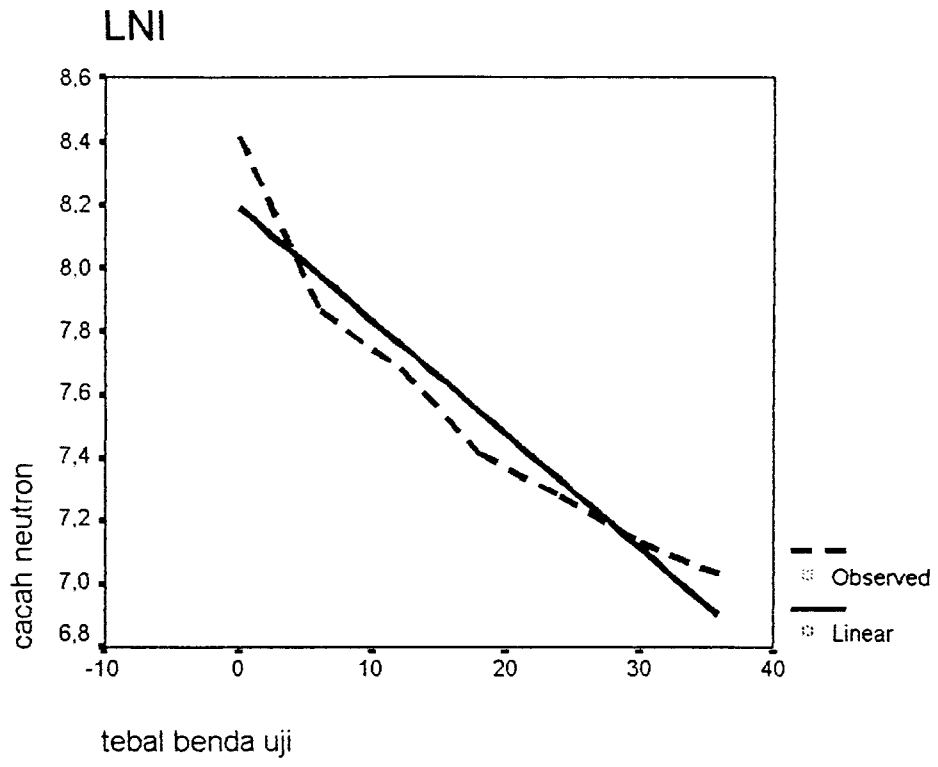
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	8,192	,099		82,593	,000
	X	-3,58E-02	,005	-.961	-7,815	,001

a. Dependent Variable: LNI

Persamaan regresi linier : $Y = 8,192 - 0,0358x$

Nilai $\Sigma = 0,0358$

Curve Estimation



**PERHITUNGAN REGRESI LINIER
TAMPANG LINTANG MAKROSKOPIK**

TIPE BETON : CB (Clereng+Pasir Besi)
TIPE NEUTRON : Campuran

Data

x	I	LnI
0	4580	8,429
6	3097	8,038
12	1786	7,488
18	1631	7,396
24	1400	7,244
30	1232	7,116
36	1116	7,018

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.944 ^a	.891	.869	.18671

a. Predictors: (Constant), X

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1,427	1	1,427	40,933	.001 ^a
	Residual	,174	5	3,486E-02		
	Total	1,601	6			

a. Predictors: (Constant), X

b. Dependent Variable: LNI

Coefficients^a

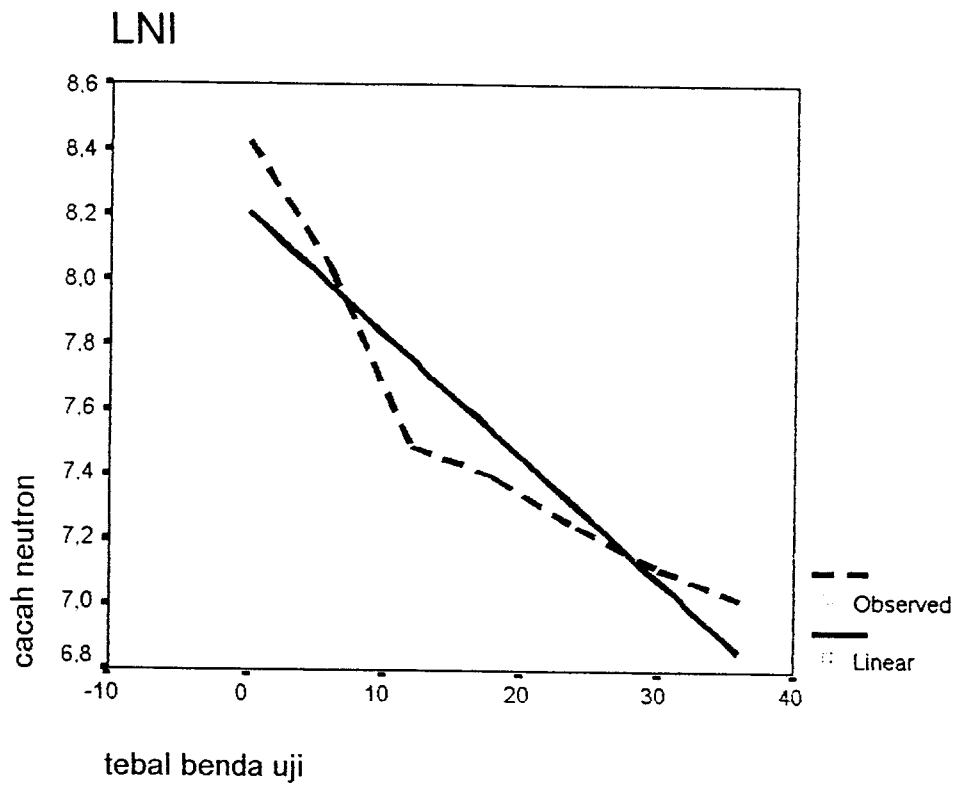
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	8,210	,127		64,533	,000
	X	-3,76E-02	,006	-.944	-6,398	,001

a. Dependent Variable: LNI

Persamaan regresi linier : $Y = 8,210 - 0,0376x$

Nilai $\Sigma = 0,0376$

Curve Estimation



**PERHITUNGAN REGRESI LINIER
TAMPANG LINTANG MAKROSKOPIK**

TIPE BETON : CB (Clereng+Pasir Besi)
TIPE NEUTRON : Cepat

Data

X	I	LnI
0	277	5,624
6	240	5,481
12	170	5,136
18	139	4,934
24	113	4,727
30	106	4,663
36	80	4,382

2. Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,990 ^a	,980	,976	6,89E-02

a. Predictors: (Constant), X

3. ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1,189	1	1,189	250,247	,000 ^a
	Residual	2,377E-02	5	4,753E-03		
	Total	1,213	6			

a. Predictors: (Constant), X

b. Dependent Variable: LNI

4. Coefficients^a

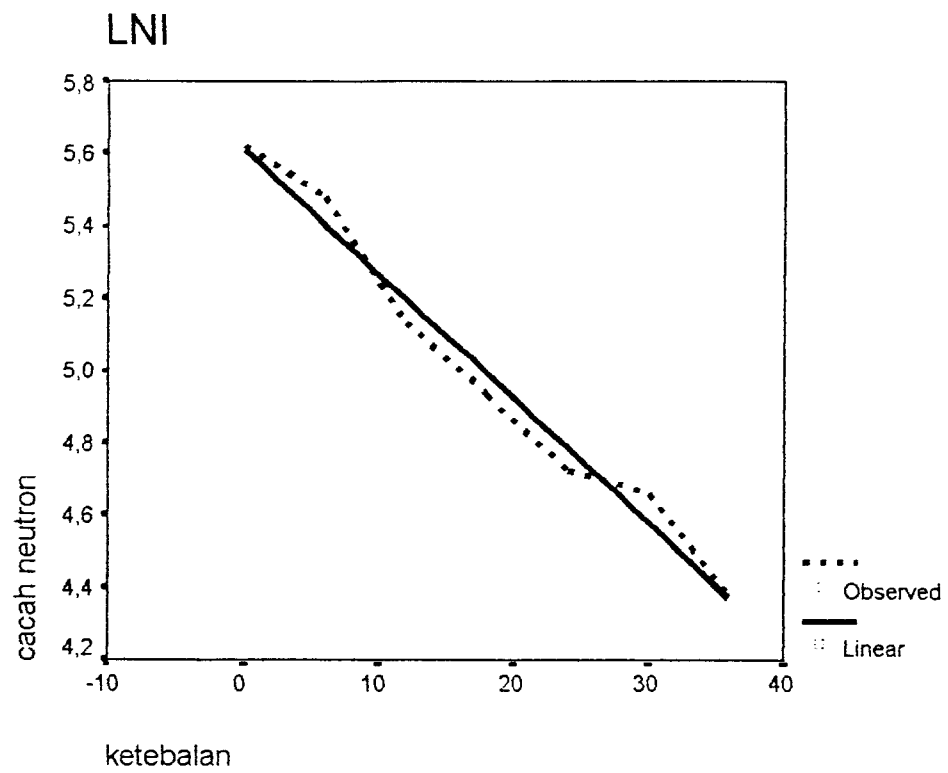
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	5,611	,047		119,438	,000
	X	-3,44E-02	,002	-.990	-15,819	,000

a. Dependent Variable: LNI

Persamaan regresi linier : $Y = 5,611 - 0,0344x$

Nilai $\Sigma = 0,0344$

Curve Estimation



**PERHITUNGAN REGRESI LINIER
TAMPANG LINTANG MAKROSKOPIK**

TIPE BETON : CB (Clereng+Pasir Besi)
TIPE NEUTRON : Thermal

Data

X	I	LnI
0	4303	8,367
6	2857	7,958
12	1616	7,388
18	1492	7,308
24	1287	7,16
30	1126	7,026
36	1037	6,944

2. Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,938 ^a	,880	,856	,19889

a. Predictors: (Constant), X

3. ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1,445	1	1,445	36,531	,002 ^a
	Residual	,198	5	3,956E-02		
	Total	1,643	6			

a. Predictors: (Constant), X

b. Dependent Variable: LNI

4. Coefficients^a

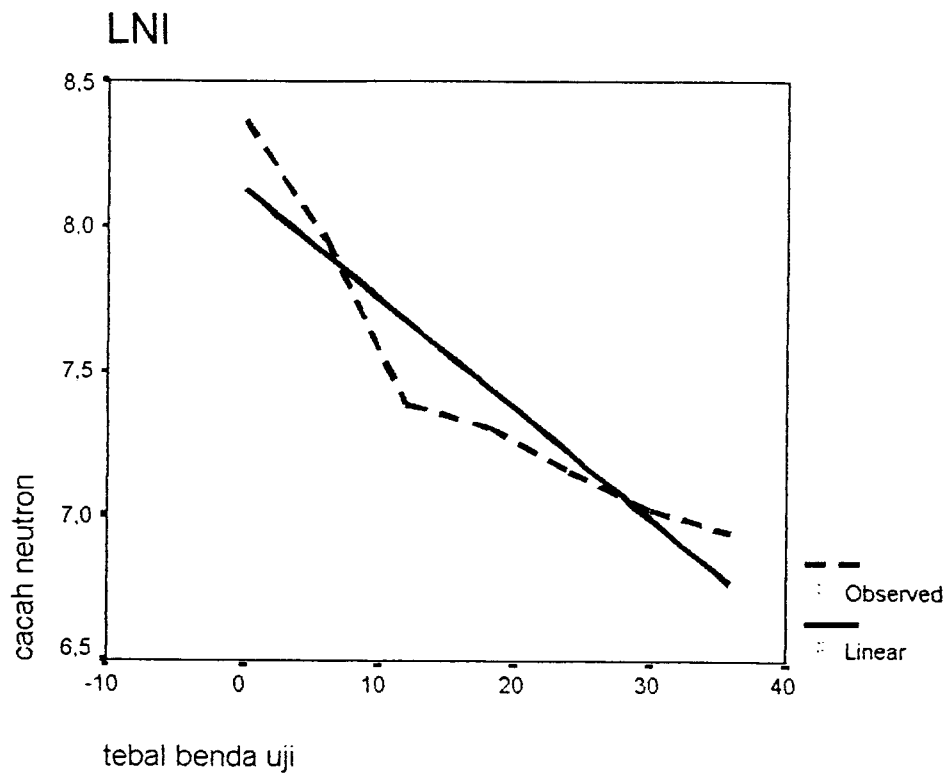
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	8,132	,136		60.003	,000
	X	-3,79E-02	,006	-,938	-6.044	,002

a. Dependent Variable: LNI

Persamaan regresi linier : $Y = 8,132 - 0,0379x$

Nilai $\Sigma = 0,0379$

Curve Estimation



**PERHITUNGAN REGRESI LINIER
TAMPANG LINTANG MAKROSKOPIK**

TIPE BETON : SP [Serpentin+Pasir Progo]
TIPE NEUTRON : Campuran

Data

x	I	LnI
0	4457	8,402
6	2674	7,891
12	2346	7,76
18	1966	7,584
24	1608	7,383
30	1370	7,223
36	1207	7,096

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,974 ^a	,948	,938	,11116

a. Predictors: (Constant), X

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1,132	1	1,132	91,650	,000 ^a
	Residual	6,178E-02	5	1,236E-02		
	Total	1,194	6			

a. Predictors: (Constant), X

b. Dependent Variable: LNI

Coefficients^a

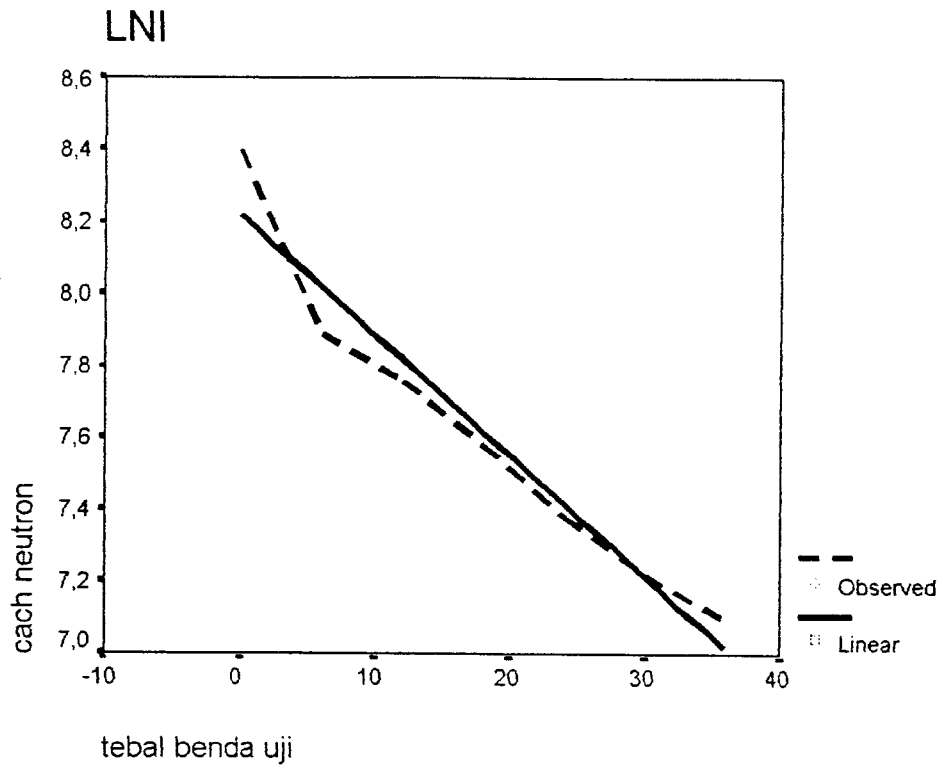
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	8,223	,076		108,569	,000
	X	-3,35E-02	,004	-,974	-9,573	,000

a. Dependent Variable: LNI

Persamaan regresi linier : $Y = 8,223 - 0,0335x$

Nilai $\Sigma = 0,0335$

Curve Estimation



**PERHITUNGAN REGRESI LINIER
TAMPANG LINTANG MAKROSKOPIK**

TIPE BETON : SP (Serpentin+Pasir Progo)
TIPE NEUTRON : Cepat

Data

x	I	LnI
0	150	5,011
6	131	4,875
12	114	4,736
18	80	4,382
24	56	4,025
30	50	3,912
36	38	3,638

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,990 ^a	,979	,975	8,30E-02

a. Predictors: (Constant), X

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1,630	1	1,630	236,419	,000 ^a
	Residual	3,448E-02	5	6,895E-03		
	Total	1,665	6			

a. Predictors: (Constant), X

b. Dependent Variable: LNI

Coefficients^a

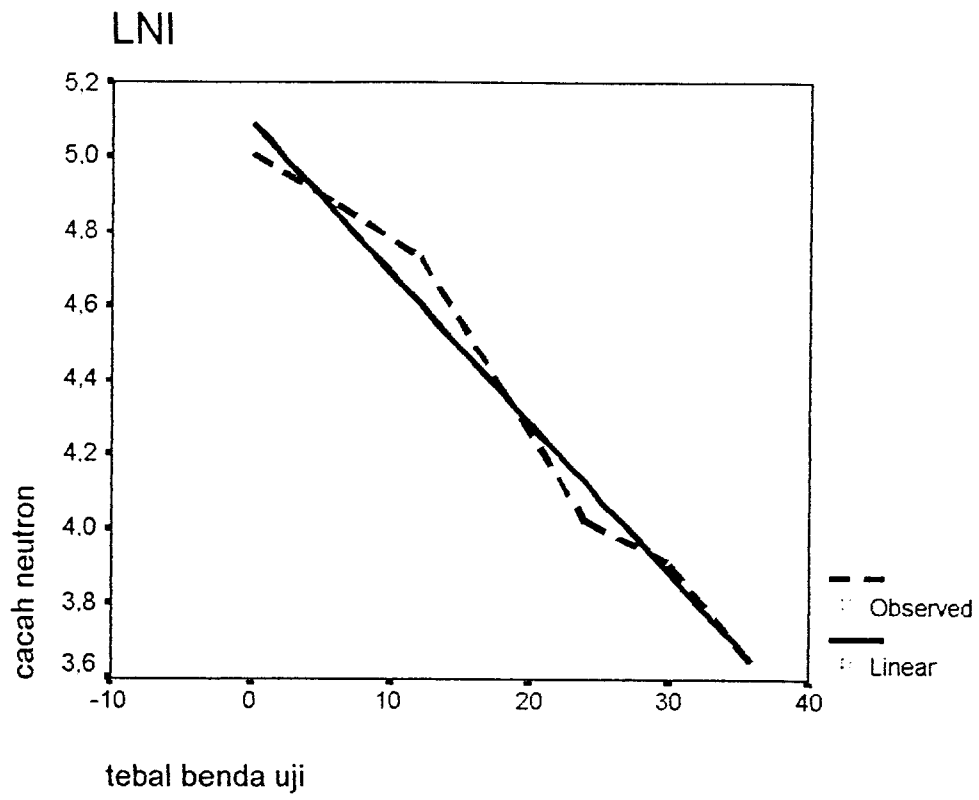
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	5,092	,057		90,002	,000
	X	-4,02E-02	,003	-.990	-15,376	,000

a. Dependent Variable: LNI

Persamaan regresi linier : $Y = 5,092 - 0,0402x$

Nilai $\Sigma = 0,0402$

Curve Estimation



**PERHITUNGAN REGRESI LINIER
TAMPANG LINTANG MAKROSKOPIK**

TIPE BETON : SP (Serpentin+Pasir Progo)
TIPE NEUTRON : Thermal

Data

x	I	LnI
0	4308	8,368
6	2543	7,841
12	2232	7,711
18	1886	7,542
24	1552	7,347
30	1320	7,185
36	1169	7,064

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,970 ^a	,942	,930	,11750

a. Predictors: (Constant), X

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1,115	1	1,115	80,772	,000 ^a
	Residual	6,903E-02	5	1,381E-02		
	Total	1,184	6			

a. Predictors: (Constant), X

b. Dependent Variable: LNI

Coefficients^a

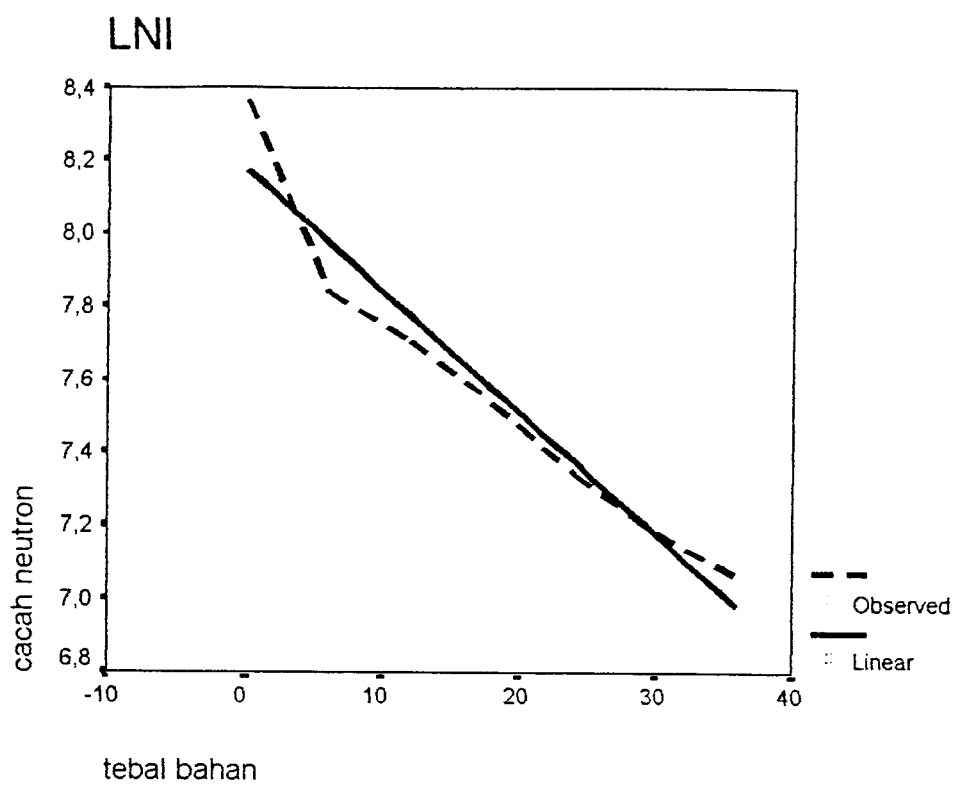
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	8,178	,080		102,148	,000
	X	-3,33E-02	,004	-.970	-8,987	,000

a. Dependent Variable: LNI

Persamaan regresi linier : $Y = 8,178 - 0,0333x$

Nilai $\Sigma = 0,0333$

Curve Estimation



**PERHITUNGAN REGRESI LINIER
TAMPANG LINTANG MAKROSKOPIK**

TIPE BETON : SS (Serpentin+Pasir Serpentin)
TIPE NEUTRON : Campuran

Data

x	I	LnI
0	4754	8,467
6	2725	7,91
12	2408	7,787
18	1931	7,566
24	1551	7,347
30	1367	7,22
36	1222	7,108

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,967 ^a	,935	,922	,13148

a. Predictors: (Constant), X

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1,242	1	1,242	71,845	,000 ^a
	Residual	8,643E-02	5	1,729E-02		
	Total	1,328	6			

a. Predictors: (Constant), X

b. Dependent Variable: LNI

Coefficients^a

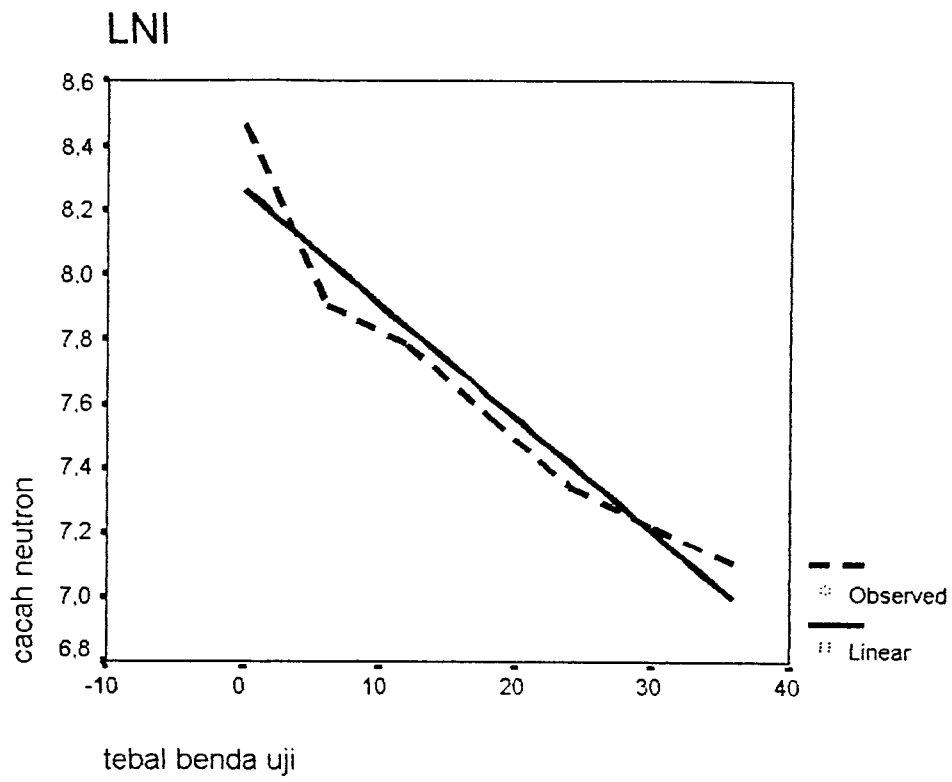
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	8,261	,090		92,213	,000
	X	-3,51E-02	,004	-,967	-8,476	,000

a. Dependent Variable: LNI

Persamaan regresi linier : $Y = 8,261 - 0,0351x$

Nilai $\Sigma = 0,0351$

Curve Estimation



**PERHITUNGAN REGRESI LINIER
TAMPANG LINTANG MAKROSKOPIK**

TIPE BETON : SS (Serpentin+Pasir Serpentin)
TIPE NEUTRON : Cepat

Data

x	I	LnI
0	149	5,004
6	142	4,956
12	105	4,654
18	71	4,263
24	56	4,025
30	54	3,807
36	34	3,526

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,992 ^a	,983	,980	8,08E-02

a. Predictors: (Constant), X

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1,935	1	1,935	296,538	,000 ^a
	Residual	3,263E-02	5	6,526E-03		
	Total	1,968	6			

a. Predictors: (Constant), X

b. Dependent Variable: LNI

Coefficients^a

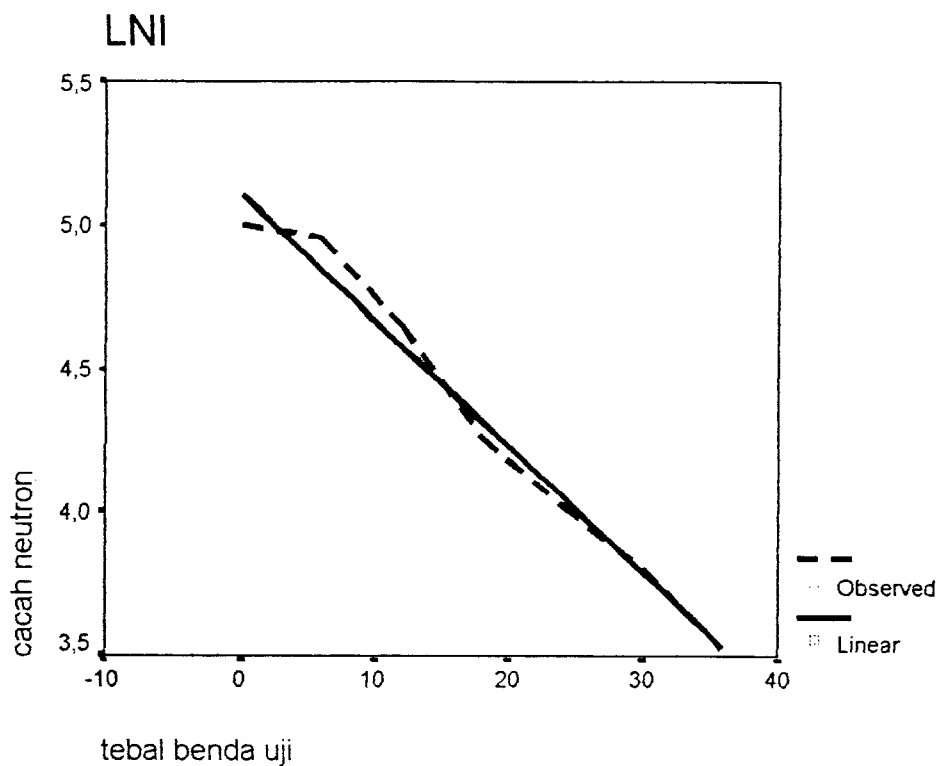
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	5,108	,055		92,798	,000
	X	-4,38E-02	,003	-.992	-17,220	,000

a. Dependent Variable: LNI

Persamaan regresi linier : $Y = 5,108 - 0,0438x$

Nilai $\Sigma = 0,0438$

Curve Estimation



**PERHITUNGAN REGRESI LINIER
TAMPANG LINTANG MAKROSKOPIK**

TIPE BETON : SS [Serpentin+Pasir Serpentin]
TIPE NEUTRON : Thermal

Data

x	I	LnI
0	4606	8,435
6	2583	7,857
12	2304	7,742
18	1860	7,528
24	1496	7,311
30	1322	7,187
36	1188	7,08

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.963 ^a	.927	.912	.13871

a. Predictors: (Constant), X

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1,216	1	1,216	63,216	.001 ^a
	Residual	9,621E-02	5	1,924E-02		
	Total	1,313	6			

a. Predictors: (Constant), X

b. Dependent Variable: LNI

Coefficients^a

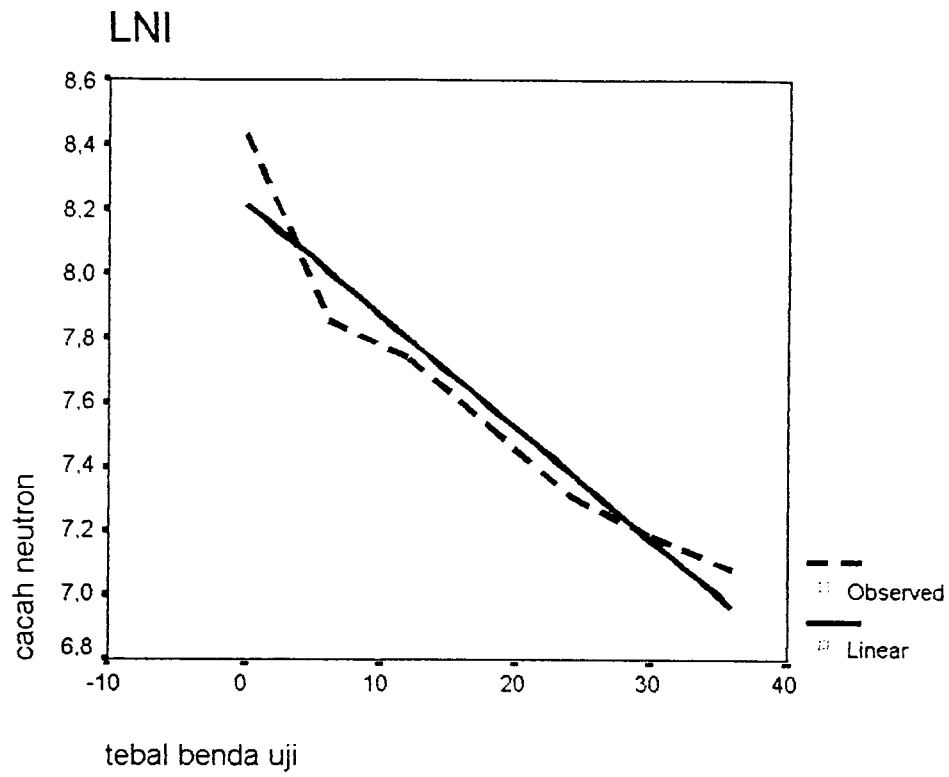
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	8,217	,095		86,933	,000
	X	-3,47E-02	,004	-.963	-7,951	,001

a. Dependent Variable: LNI

Persamaan regresi linier : $Y = 8,217 - 0,0347x$

Nilai $\Sigma = 0,0347$

Curve Estimation



**PERHITUNGAN REGRESI LINIER
TAMPANG LINTANG MAKROSKOPIK**

TIPE BETON : SB (Serpentin+Pasir Besi)
TIPE NEUTRON : Campuran

Data

x	I	LnI
0	4459	8,403
6	2635	7,877
12	2245	7,716
18	1823	7,508
24	1550	7,346
30	1401	7,245
36	1272	7,148

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.956 ^a	.915	.898	.13928

a. Predictors: (Constant), X

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1,041	1	1,041	53,664	.001 ^a
	Residual	9,700E-02	5	1,940E-02		
	Total	1,138	6			

a. Predictors: (Constant), X

b. Dependent Variable: LNI

Coefficients^a

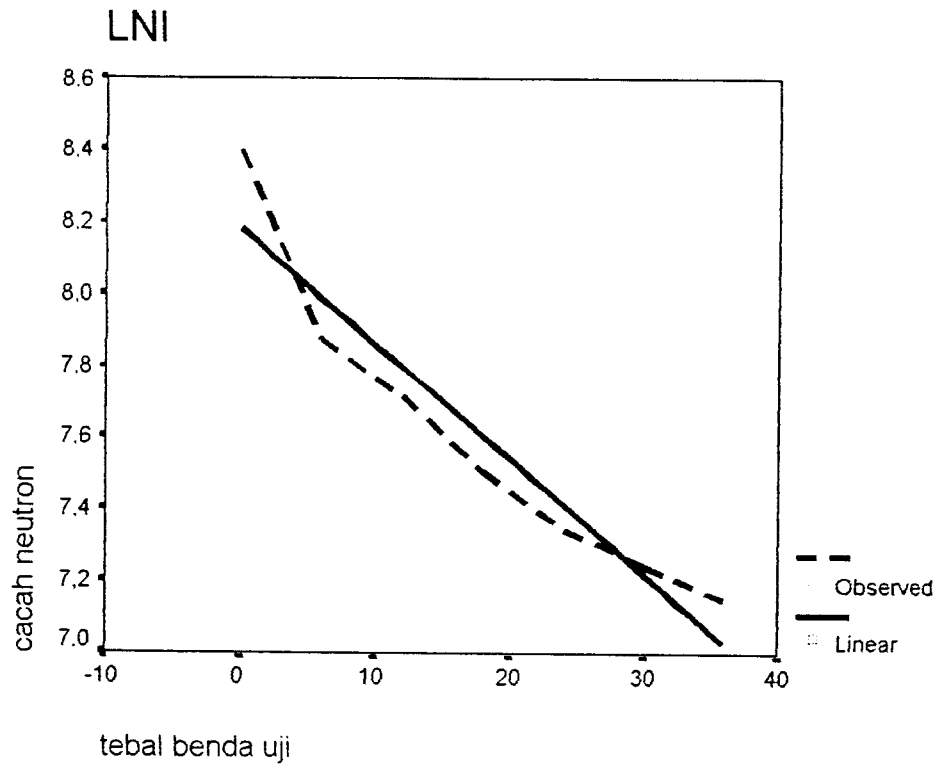
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	8,185	,095		86,241	.000
	X	-3,21E-02	,004	-.956	-7,326	.001

a. Dependent Variable: LNI

Persamaan regresi linier : $Y = 8,185 - 0,0321x$

Nilai $\Sigma = 0,0321$

Curve Estimation



**PERHITUNGAN REGRESI LINIER
TAMPANG LINTANG MAKROSKOPIK**

TIPE BETON : SB (Serpentin+Pasir Besi)
TIPE NEUTRON : Cepat

Data

x	I	LnI
0	159	5.069
6	142	4.956
12	105	4.654
18	713	4.263
24	60	4.094
30	42	3.738
36	36	3.584

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.993 ^a	.987	.984	.07355

a. Predictors: (Constant), X

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1,983	1	1,983	366,574	.000 ^a
	Residual	2,704E-02	5	5,409E-03		
	Total	2,010	6			

a. Predictors: (Constant), X

b. Dependent Variable: LNI

Coefficients^a

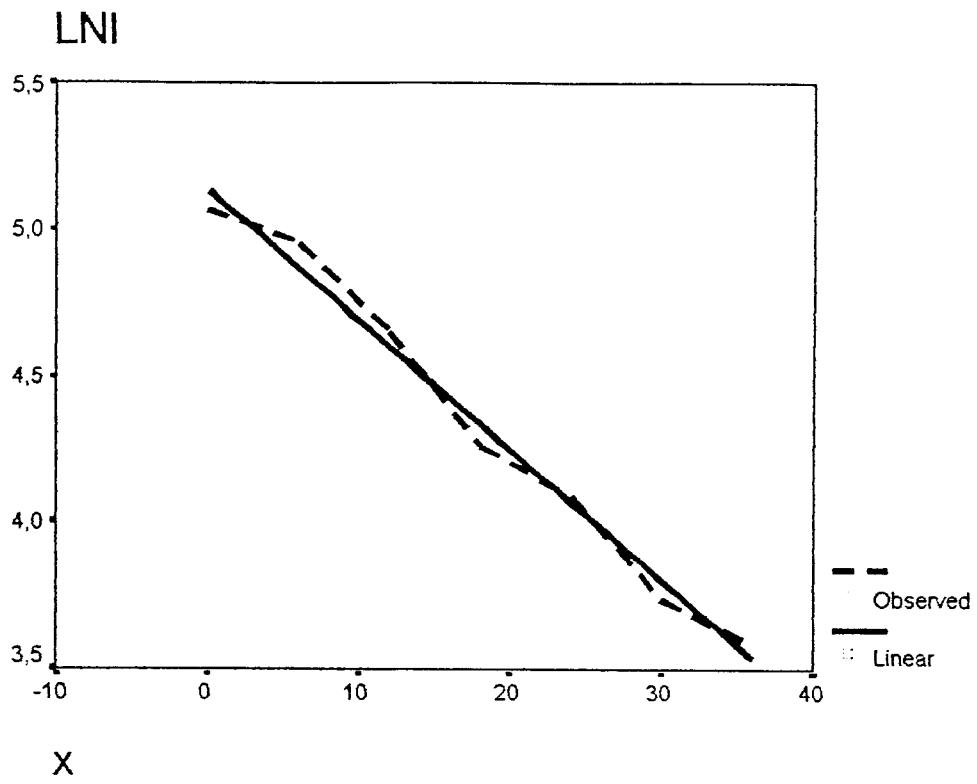
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	5,135	,050		102,473	,000
	X	-4,44E-02	,002	-,993	-19,146	,000

a. Dependent Variable: LNI

Persamaan regresi linier : $Y = 5,135 - 0,0444x$

Nilai $\Sigma = 0,0444$

Curve Estimation



**PERHITUNGAN REGRESI LINIER
TAMPANG LINTANG MAKROSKOPIK**

TIPE BETON : SB (Serpentin+Pasir Besi)
TIPE NEUTRON : Thermal

Data

x	I	LnI
0	4606	8,435
6	2490	7,820
12	2134	7,666
18	1748	7,466
24	1490	7,307
30	1358	7,217
36	1235	7,119

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.940 ^a	.884	.861	.16866

a. Predictors: (Constant), X

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1,085	1	1,085	38,157	,002 ^a
	Residual	,142	5	2,845E-02		
	Total	1,228	6			

a. Predictors: (Constant), X

b. Dependent Variable: LNI

Coefficients^a

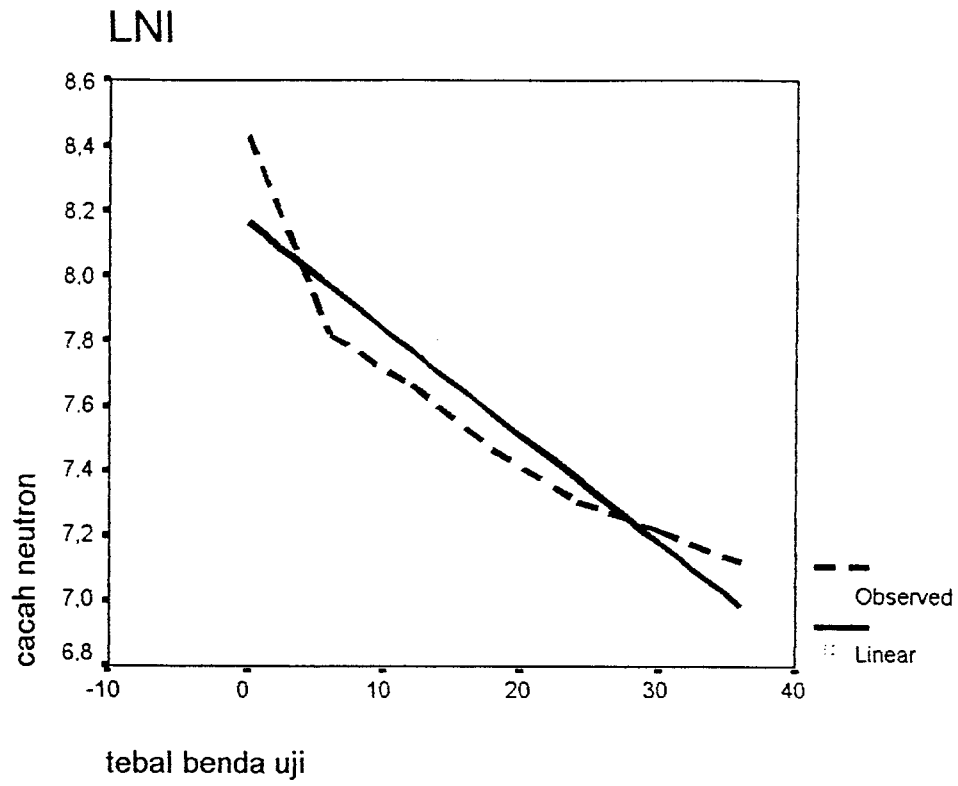
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	8,166	,115		71,059	,000
	X	-3,28E-02	,005	-.940	-6,177	,002

a. Dependent Variable: LNI

Persamaan regresi linier : $Y = 8,166 - 0,0328x$

Nilai $\Sigma = 0,0328$

Curve Estimation



TIPE BETON : CP (Clereng + Pasir Progo)

DATA

Tebal	Neutron	Radiasi
1	1	4386
1	2	139
1	3	4247
2	1	2559
2	2	125
2	3	2433
3	1	1841
3	2	122
3	3	1719
4	1	1554
4	2	82
4	3	1472
5	1	1387
5	2	63
5	3	1324
6	1	1230
6	2	52
6	3	1178
7	1	1117
7	2	41
7	3	1077

**ANALISA PENGARUH JENIS NEUTRON DAN TEBAL BENDA UJI TERHADAP RADIASI
DENGAN METODE SIMPLE FAKTORIAL ANOVA**

ANOVA^{a,b}

			Unique Method				
			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
RADIASI	Main Effects (Combined)		2.7E+07	8	3387624	8,317	.001
	NEUTRON		1.6E+07	2	8233289	20,214	.000
	TEBAL		1.1E+07	6	1772402	4,351	.015
	Model		2.7E+07	8	3387624	8,317	.001
	Residual		4887739	12	407311,6		
	Total		3.2E+07	20	1599436		

a. RADIASI by NEUTRON, TEBAL

b. All effects entered simultaneously

TIPE BETON : CS (Clereng + Pasir Serpentin)

DATA

Tebal	Neutron	Radiasi
1	1	4690
1	2	174
1	3	4517
2	1	2760
2	2	147
2	3	2613
3	1	2315
3	2	141
3	3	2174
4	1	1751
4	2	89
4	3	1661
5	1	1530
5	2	80
5	3	1451
6	1	1317
6	2	64
6	3	1253
7	1	1193
7	2	59
7	3	1135

ANALISA PENGARUH JENIS NEUTRON DAN TEBAL BENDA UJI TERHADAP RADIASI DENGAN METODE SIMPLE FAKTORIAL ANOVA

ANOVA^{a,b}

			Unique Method				
			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
RADIASI	Main Effects	(Combined)	3,2E+07	8	3977361	8,850	,001
		NEUTRON	2,0E+07	2	9930172	22,095	,000
		TEBAL	1,2E+07	6	1993090	4,435	,014
	Model		3,2E+07	8	3977361	8,850	,001
	Residual		5393139	12	449428,2		
	Total		3,7E+07	20	1860601		

a. RADIASI by NEUTRON, TEBAL

b. All effects entered simultaneously

TIPE BETON : CB (Clereng + Pasir Besi)

DATA

Tebal	Neutron	Radiasi
1	1	4580
1	2	277
1	3	4303
2	1	3097
2	2	240
2	3	2857
3	1	1786
3	2	170
3	3	1616
4	1	1631
4	2	139
4	3	1492
5	1	1400
5	2	113
5	3	1287
6	1	1232
6	2	106
6	3	1126
7	1	1116
7	2	80
7	3	1037

**ANALISA PENGARUH JENIS NEUTRON DAN TEBAL BENDA UJI TERHADAP RADIASI
DENGAN METODE SIMPLE FAKTORIAL ANOVA**

ANOVA^{a,b}

			Unique Method				
			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
RADIASI	Main Effects	(Combined)	2,9E+07	8	3683241	8,122	.001
		NEUTRON	1,7E+07	2	8285788	18,272	.000
		TEBAL	1,3E+07	6	2149058	4,739	.011
	Model		2,9E+07	8	3683241	8,122	.001
	Residual		5441600	12	453466.7		
	Total		3,5E+07	20	1745376		

a. RADIASI by NEUTRON, TEBAL

b. All effects entered simultaneously

TIPE BETON : SP (Serpentin + Pasir Progo)

DATA

Tebal	Neutron	Radiasi
1	1	4457
1	2	150
1	3	4308
2	1	2674
2	2	131
2	3	2543
3	1	2346
3	2	114
3	3	2232
4	1	1966
4	2	80
4	3	1886
5	1	1608
5	2	56
5	3	1552
6	1	1370
6	2	50
6	3	1320
7	1	1207
7	2	38
7	3	1169

ANALISA PENGARUH JENIS NEUTRON DAN TEBAL BENDA UJI TERHADAP RADIASI
DENGAN METODE SIMPLE FAKTORIAL ANOVAANOVA^{a,b}

			Unique Method				
			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
RADIASI	Main Effects (Combined)		3,0E+07	8	3811745	10,316	,000
	NEUTRON		2,1E+07	2	1,0E+07	27,886	,000
	TEBAL		9886678	6	1647780	4,460	,013
	Model		3,0E+07	8	3811745	10,316	,000
	Residual		4433975	12	369497,9		
	Total		3,5E+07	20	1746397		

a. RADIASI by NEUTRON, TEBAL

b. All effects entered simultaneously

TIPE BETON : SS (Serpentin + Pasir Serpentin)

DATA

Tebal	Neutron	Radiasi
1	1	4754
1	2	149
1	3	4606
2	1	2725
2	2	142
2	3	2543
3	1	2408
3	2	105
3	3	2304
4	1	1931
4	2	71
4	3	1860
5	1	1551
5	2	56
5	3	1496
6	1	1367
6	2	45
6	3	1322
7	1	1222
7	2	34
7	3	1188

**ANALISA PENGARUH JENIS NEUTRON DAN TEBAL BENDA UJI TERHADAP RADIASI
DENGAN METODE SIMPLE FAKTORIAL ANOVA**

ANOVA^{a,b}

		Unique Method				
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
RADIASI	Main Effects (Combined)	3.3E+07	8	4182881	9.337	,000
	NEUTRON	2.2E+07	2	1,1E+07	24.065	,000
	TEBAL	1.2E+07	6	1983483	4.427	,014
	Model	3.3E+07	8	4182881	9.337	,000
	Residual	5375945	12	447995.4		
	Total	3.9E+07	20	1941950		

a. RADIASI by NEUTRON, TEBAL

b. All effects entered simultaneously

TIPE BETON : SB (Serpentin + Pasir Besi)

DATA

Tebal	Neutron	Radiasi
1	1	4459
1	2	159
1	3	4606
2	1	2635
2	2	142
2	3	2490
3	1	2245
3	2	105
3	3	2134
4	1	1823
4	2	71
4	3	1748
5	1	1550
5	2	60
5	3	1490
6	1	1401
6	2	42
6	3	1358
7	1	1272
7	2	36
7	3	1235

**ANALISA PENGARUH JENIS NEUTRON DAN TEBAL BENDA UJI TERHADAP RADIASI
DENGAN METODE SIMPLE FAKTORIAL ANOVA**

ANOVA^{a,b}

		Unique Method				
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
RADIASI	Main Effects (Combined)	3,1E+07	8	3886747	9,679	,000
	TEBAL	1,1E+07	6	1793878	4,467	,013
	NEUTRON	2,0E+07	2	1,0E+07	25,314	,000
	Model	3,1E+07	8	3886747	9,679	,000
	Residual	4818852	12	401571,0		
	Total	3,6E+07	20	1795641		

a. RADIASI by TEBAL, NEUTRON

b. All effects entered simultaneously