

**TUGAS AKHIR
PENELITIAN LABORATORIUM**

**PENGARUH VARIASI GRADASI AGREGAT
DAN PERBANDINGAN SEMEN-AIR (C/E)
TERHADAP KEKUATAN BETON**



Disusun Oleh :

ACHMAD KUSNO

**No.Mhs : 92 310 046
NIRM : 92 0051013114120 046**

AMBAR IRAWAN

**No.Mhs : 93 310 362
NIRM : 93 0051013114120 355**

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

TUGAS AKHIR
PENELITIAN LABORATORIUM
PENGARUH VARIASI GRADASI AGREGAT
DAN PERBANDINGAN SEMEN – AIR (C/E)
TERHADAP KEKUATAN BETON

Disusun oleh :

Nama : Achmad Kusno
No. Mhs : 92 310 046
NIRM : 920051013114120046
Nama : Ambar Irawan
No. Mhs : 93 310 362
NIRM : 930051013114120355


Telah diperiksa dan disetujui oleh :

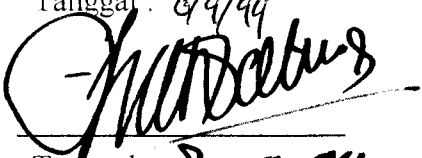
Ir. H. Sarwidi, MSCE, Ph.D

Dosen Pembimbing I

Ir. Suharyatmo, MT

Dosen Pembimbing II


Tanggal : 8/9/99


Tanggal : 8.9.99

HALAMAN PERSEMBAHAN

Skripsi ini kupersembahkan kepada :

Bapak dan Ibu

Kakak dan Adikku tercinta

serta

Teman-teman yang banyak membantu

HALAMAN MOTTO

“ Allah meninggikan orang-orang yang beriman diantara kamu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat“ (Q.S. Mujadillah : 11)

“ Sebuah sukses lahir bukan karena kebetulan atau keberuntungan semata. Sebuah sukses terwujud karena diikhtiarkan melalui perencanaan yang matang, ... keyakinan, kerja keras, keuletan, ketabahan, dan niat baik karena Allah “.

(Prof. Dr. Koesnadi Hardja Sumantri, SH)

KATA PENGANTAR

Bismillahirrohmaannirrohiim

Assalaamu'alaikum Wr.Wb.

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rohmat dan hidayah-Nya kepada kita semua, khususnya kepada kami, sehingga kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Tugas Akhir ini tentang penelitian laboratorium yang berjudul “ PENGARUH VARIASI GRADASI AGREGAT DAN PERBANDINGAN SEMEN – AIR (C/E) TERHADAP KEKUATAN BETON “ diajukan sebagai syarat guna memperoleh derajat Strata 1 (S1) pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

Hal ini tidak terlepas dari dukungan, motivasi dan sumbangan pikiran yang sangat membantu dalam menyelesaikan semua hambatan yang terjadi selama penulisan hingga selesainya Tugas Akhir ini. Untuk itu dengan segala keikhlasan hati kami ucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada :

1. Bapak Ir. H. Sarwidi , MSCE , PhD selaku Dosen Pembimbing I
2. Bapak Ir. Suharyatmo , MT selaku Dosen Pembimbing II
3. Bapak Ir. Widodo , MSCE , PhD selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta
4. Bapak Ir. H. Tadjuddin BMA , MS selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta

5. Para sahabat , teman , dan semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu, yang telah banyak membantu kami dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

Penyusun menyadari dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini banyak kekurangan dan kesalahan karena keterbatasan ilmu serta kemampuan yang kami miliki dalam pelaksanaan penelitian Tugas Akhir ini, mulai dari proses penelitian sampai dengan pembuatan laporan ini. Untuk itu kritik dan saran yang sifatnya membangun sangat kami harapkan untuk perbaikan dan pengembangan dimasa mendatang.

Akhir kata, penyusun sangat berharap semoga penulisan kami ini bermanfaat bagi kita semua. Semoga Allah SWT memberkati kita semua. Amin.

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

Yogyakarta, September 1999

Penyusun

A. Kusno / A. Irawan

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR GRAFIK	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
ABSTRAKSI	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.2 Bahan Penyusun Beton	6
2.2.1 Semen Portland	6
2.2.2 Agregat	8

2.2.3	Air	8
2.3	Faktor-faktor yang Berpengaruh terhadap Kuat Tekan Beton ...	9
2.3.1	Sifat Agregat	10
2.3.2	Jenis Semen	11
2.3.3	Jumlah Semen	12
2.3.4	Faktor Air Semen	13
2.3.5	Umur Beton	14
BAB III	LANDASAN TEORI	16
3.1	Tinjauan Umum	16
3.2	Desain Campuran Beton Metode Dreux	17
3.2.1	Perencanaan Komposisi Campuran Beton	17
3.3	Hipotesis	27
BAB IV	METODOLOGI PENELITIAN	28
4.1	Tinjauan Umum	28
4.2	Persiapan Bahan dan Alat	28
4.2.1	Persiapan Bahan	29
4.2.2	Peralatan	29
4.3	Benda Uji yang Digunakan	29
4.4	Metode Perancangan Adukan Beton	30
4.5	Pembuatan Benda Uji	31
4.6	Perawatan Benda Uji	32
4.7	Pengujian Benda Uji	32
BAB V	PELAKSANAAN DAN HASIL PENELITIAN	34

5.1	Umum	34
5.2	Persiapan dan Pemeriksaan Bahan	34
5.3	Penentuan Proporsi Campuran Beton dan Pembuatan Benda Uji	38
5.4	Proses Pencampuran	52
5.5	Hasil Pengukuran Slump	53
5.6	Proses Pengujian Benda Uji	54
5.7	Pengujian Benda Uji	54
BAB VI	ANALISIS HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	58
6.1	Analisis Pengendalian Mutu Pengerjaan Beton	58
6.2	Ringkasan Hasil Penelitian	61
6.3	Pembahasan	76
6.3.1	Pengendalian Mutu	76
6.3.2	Kuat tekan Beton	76
6.3.3	Pelaksanaan Pekerjaan	80
BAB VII	KESIMPULAN DAN SARAN	82
7.1	Kesimpulan	82
7.2	Saran	83

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1.	Faktor kekompakan butiran (faktor granulair)	18
Tabel 3.2.	Koreksi kadar air E sebagai fungsi dari D	20
Tabel 3.3.	Harga-harga K , K_s , K_p	23
Tabel 3.4.	Klasifikasi plastisitas beton berdasarkan nilai slump	26
Tabel 3.5.	Harga-harga koefisien kekompakan γ	26
Tabel 4.1.	Jumlah benda uji	33
Tabel 5.1.	Hasil analisa butiran halus	35
Tabel 5.2.	Hasil analisa butiran kasar berupa kerikil alam	36
Tabel 5.3.	Hasil analisa butiran kasar berupa batu pecah	36
Tabel 5.4.	Komposisi campuran tiap variasi gradasi 1 dalam satuan berat ..	41
Tabel 5.5.	Komposisi campuran tiap variasi gradasi 2 dalam satuan berat ..	45
Tabel 5.6.	Komposisi campuran tiap variasi gradasi 3 dalam satuan berat ..	48
Tabel 5.7.	Komposisi campuran tiap variasi gradasi 4 dalam satuan berat ..	52
Tabel 5.8.	Hasil pengukuran slump	53
Tabel 5.9.	Hasil pengujian umur 7 hari	55
Tabel 5.10.	Hasil pengukuran umur 14 hari	56
Tabel 5.11.	Hasil pengukuran umur 28 hari	57
Tabel 6.1.	Perhitungan kekuatan tekan beton variasi gradasi 1 dengan perbandingan jumlah semen - air 1	60
Tabel 6.2.	Hasil perhitungan deviasi standar masing-masing variasi	60

Tabel 6.3.	Kuat tekan rata-rata beton variasi gradasi 1 dengan perbandingan jumlah semen – air 1 (V1S1)	61
Tabel 6.4.	Kuat tekan rata-rata beton variasi gradasi 1 dengan perbandingan jumlah semen – air 2 (V1S2)	62
Tabel 6.5.	Kuat tekan rata-rata beton variasi gradasi 1 dengan perbandingan jumlah semen – air 3 (V1S3)	62
Tabel 6.6.	Kuat tekan rata-rata beton variasi gradasi 1 dengan perbandingan jumlah semen – air 4 (V1S4)	63
Tabel 6.7.	Kuat tekan rata-rata beton variasi gradasi 2 dengan perbandingan jumlah semen – air 1 (V2S1)	63
Tabel 6.8.	Kuat tekan rata-rata beton variasi gradasi 2 dengan perbandingan jumlah semen – air 2 (V2S2)	64
Tabel 6.9.	Kuat tekan rata-rata beton variasi gradasi 2 dengan perbandingan jumlah semen – air 3 (V2S3)	64
Tabel 6.10.	Kuat tekan rata-rata beton variasi gradasi 2 dengan perbandingan jumlah semen – air 4 (V2S4)	65
Tabel 6.11.	Kuat tekan rata-rata beton variasi gradasi 3 dengan perbandingan jumlah semen – air 1 (V3S1)	65
Tabel 6.12.	Kuat tekan rata-rata beton variasi gradasi 3 dengan perbandingan jumlah semen – air 2 (V3S2)	66
Tabel 6.13.	Kuat tekan rata-rata beton variasi gradasi 3 dengan perbandingan jumlah semen – air 3 (V3S3)	66

Tabel 6.14.	Kuat tekan rata-rata beton variasi gradasi 3 dengan perbandingan jumlah semen – air 4 (V3S4)	67
Tabel 6.15.	Kuat tekan rata-rata beton variasi gradasi 4 dengan perbandingan jumlah semen – air 1 (V4S1)	67
Tabel 6.16.	Kuat tekan rata-rata beton variasi gradasi 4 dengan perbandingan jumlah semen – air 2 (V4S2)	68
Tabel 6.17.	Kuat tekan rata-rata beton variasi gradasi 4 dengan perbandingan jumlah semen – air 3 (V4S3)	68
Tabel 6.18.	Kuat tekan rata-rata beton variasi gradasi 4 dengan perbandingan jumlah semen – air 4 (V4S4)	69
Tabel 6.19.	Variasi jumlah semen terhadap kuat tekan rata-rata beton pada variasi gradasi 1 (V1)	69
Tabel 6.20.	Variasi jumlah semen terhadap kuat tekan rata-rata beton pada variasi gradasi 2 (V2)	70
Tabel 6.21.	Variasi jumlah semen terhadap kuat tekan rata-rata beton pada variasi gradasi 3 (V3)	71
Tabel 6.22.	Variasi jumlah semen terhadap kuat tekan rata-rata beton pada variasi gradasi 4 (V4)	71
Tabel 6.23.	Variasi gradasi agregat terhadap kuat tekan rata-rata beton pada variasi jumlah semen 1 (S1)	72
Tabel 6.24.	Variasi gradasi agregat terhadap kuat tekan rata-rata beton pada variasi jumlah semen 2 (S2)	72

Tabel 6.25.	Variasi gradasi agregat terhadap kuat tekan rata-rata beton pada variasi jumlah semen 3 (S3)	73
Tabel 6.26.	Variasi gradasi agregat terhadap kuat tekan rata-rata beton pada variasi jumlah semen 4 (S4)	74
Tabel 6.27.	Kuat tekan rata-rata beton umur 7 , 14 dan 28 hari yang dikonversikan ke 28 hari	75

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Pengaruh jenis agregat pada kuat tekan beton	11
Gambar 2.2.	Kuat tekan beton untuk berbagai jenis semen	12
Gambar 2.3.	Pengaruh jumlah semen terhadap kuat tekan beton pada nilai slump sama	13
Gambar 2.4.	Hubungan faktor air – semen dan kuat tekan selinder beton	14
Gambar 2.5.	Pengaruh faktor air – semen terhadap laju kenaikan kuat tekan beton	14
Gambar 2.6.	Pengaruh suhu pada laju kenaikan kuat tekan beton	15
Gambar 3.1.	Grafik hubungan antara jumlah semen , C/E dan slump	20
Gambar 3.2.	Analisis granulometri (saringan) dari butiran	21

DAFTAR GRAFIK

Grafik 5.1.	Analisis granulometrik (saringan) dari butiran kerikil alami tanpa diolah	39
Grafik 5.2.	Analisis granulometrik (saringan) dari butiran kerikil alami yang diolah	43
Grafik 5.3.	Analisis granulometrik (saringan) dari butiran batu pecah tanpa diolah	46
Grafik 5.4.	Analisis granulometrik (saringan) dari butiran batu pecah yang diolah	50
Grafik 6.1.	Kuat tekan rata-rata beton variasi gradasi 1 dengan perbandingan jumlah semen – air 1 (V1S1)	61
Grafik 6.2.	Kuat tekan rata-rata beton variasi gradasi 1 dengan perbandingan jumlah semen – air 2 (V1S2)	62
Grafik 6.3.	Kuat tekan rata-rata beton variasi gradasi 1 dengan perbandingan jumlah semen – air 3 (V1S3)	62
Grafik 6.4	Kuat tekan rata-rata beton variasi gradasi 1 dengan perbandingan jumlah semen – air 4 (V1S4)	63
Grafik 6.5.	Kuat tekan rata-rata beton variasi gradasi 2 dengan perbandingan jumlah semen – air 1 (V2S1)	63
Grafik 6.6.	Kuat tekan rata-rata beton variasi gradasi 2 dengan perbandingan jumlah semen – air 2 (V2S2)	64

o	Grafik 6.7.	Kuat tekan rata-rata beton variasi gradasi 2 dengan perbandingan jumlah semen – air 3 (V2S3)	64
	Grafik 6.8.	Kuat tekan rata-rata beton variasi gradasi 2 dengan perbandingan jumlah semen – air 4 (V2S4)	65
	Grafik 6.9.	Kuat tekan rata-rata beton variasi gradasi 3 dengan perbandingan jumlah semen – air 1 (V3S1)	65
	Grafik 6.10.	Kuat tekan rata-rata beton variasi gradasi 3 dengan perbandingan jumlah semen – air 2 (V3S2)	66
	Grafik 6.11.	Kuat tekan rata-rata beton variasi gradasi 3 dengan perbandingan jumlah semen – air 3 (V3S3)	66
	Grafik 6.12.	Kuat tekan rata-rata beton variasi gradasi 3 dengan perbandingan jumlah semen – air 4 (V3S4)	67
	Grafik 6.13.	Kuat tekan rata-rata beton variasi gradasi 4 dengan perbandingan jumlah semen – air 1 (V4S1)	67
	Grafik 6.14.	Kuat tekan rata-rata beton variasi gradasi 4 dengan perbandingan jumlah semen – air 2 (V4S2)	68
	Grafik 6.15.	Kuat tekan rata-rata beton variasi gradasi 4 dengan perbandingan jumlah semen – air 3 (V4S3)	68
	Grafik 6.16.	Kuat tekan rata-rata beton variasi gradasi 4 dengan perbandingan jumlah semen – air 4 (V4S4)	69
	Grafik 6.17.	Variasi jumlah semen terhadap kuat tekan rata-rata beton pada variasi gradasi 1 (V1)	70

Grafik 6.18.	Variasi jumlah semen terhadap kuat tekan rata-rata beton pada variasi gradasi 2 (V2)	70
Grafik 6.19.	Variasi jumlah semen terhadap kuat tekan rata-rata beton pada variasi gradasi 3 (V3)	71
Grafik 6.20.	Variasi jumlah semen terhadap kuat tekan rata-rata beton pada variasi gradasi 4 (V4)	71
Grafik 6.21.	Variasi gradasi agregat terhadap kuat tekan rata-rata beton pada variasi gradasi 1 (V1)	72
Grafik 6.22.	Variasi gradasi agregat terhadap kuat tekan rata-rata beton pada variasi gradasi 2 (V2)	73
Grafik 6.23.	Variasi gradasi agregat terhadap kuat tekan rata-rata beton pada variasi gradasi 3 (V3)	73
Grafik 6.24.	Variasi gradasi agregat terhadap kuat tekan rata-rata beton pada variasi gradasi 4 (V4)	74
Grafik 6.25.	Jumlah semen per meter kubik beton terhadap kuat tekan rata-rata pada 4 variasi gradasi agregat (dengan regresi polinomial pangkat 2)	75

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Kartu peserta Tugas Akhir
Lampiran 2-5	Perhitungan numerik hubungan kuat desak beton dengan berbagai variasi jumlah semen pada tiap variasi gradasi
Lampiran 6-14	Perhitungan kekuatan tekan rata-rata beton pada tiap variasi gradasi dan perbandingan jumlah semen – air serta nilai deviasi standarnya

ABSTRAKSI

Beton merupakan suatu campuran antara semen, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa bahan tambah pada perbandingan tertentu. Semen merupakan bahan pengikat dalam campuran yang mempunyai peranan yang sangat besar dalam menentukan kuat tekan beton. Dari unsur-unsur penyusun beton tersebut, ternyata ada faktor-faktor lain selain semen yang mempengaruhi yaitu kekompakan antar butiran agregat dengan bahan pengikatnya. Penelitian ini dilakukan guna mengetahui seberapa besar pengaruh agregat dalam menentukan nilai kuat tekan beton.

Rumusan masalah yaitu bagaimana variasi gradasi agregat bila dikombinasikan dengan perbandingan semen-air tetap dapat mempengaruhi nilai kuat tekan beton yang diinginkan dalam suatu campuran beton.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan nilai kuat tekan beton optimum yang menggunakan variasi gradasi agregat dengan perbandingan semen-air tertentu berdasarkan nilai acuan kuat tekan rencana.

Manfaat yang hendak dicapai adalah mendapatkan beton dengan mutu tertentu sesuai kuat tekan rencana dari hasil kombinasi campuran beton yang terdiri dari variasi gradasi agregat berupa kerikil alam dan batu pecah dengan perbandingan semen-air tertentu.

Dalam pelaksanaan penelitian di laboratorium akan melalui beberapa tahapan yang meliputi persiapan bahan dan alat, pemeriksaan bahan, benda uji yang digunakan, metode penelitian, metode perancangan adukan dengan menggunakan metode Dreux dan metode perawatan benda uji.

Hasil dari penelitian ini antara lain yaitu pengaruh semen kecil pada variasi 1 (V1) dan variasi 2 (V2), jumlah semen sangat berpengaruh pada variasi 3 (V3) dan variasi 4 (V4). Kekompakan tiap variasi gradasi agregat sangat berpengaruh pada kenaikan nilai kuat tekan rata-rata beton. Beton dengan variasi gradasi 1 (V1), (V3) dan (V4) tidak ditemukan nilai kuat tekan optimum sedangkan pada variasi 2 (V2) dicapai nilai kuat tekan beton optimum pada jumlah semen 320 kg (S3) yaitu sebesar $436,8170 \text{ kg/cm}^2$.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bahan-bahan dasar campuran beton berupa batuan dan pasir adalah merupakan sumber daya alam mineral yang terbentuk akibat proses fisika dan kimia yang berlangsung terus-meneris secara alami dalam kurun waktu yang lama. Hasil dari proses pembentukan sumber daya alam mineral tersebut diantaranya adalah berupa bongkahan-bongkahan besar batuan cadas, koral, kerikil dan pasir.

Ketersediaan sumber daya alam mineral yang cukup berupa batuan-batuan dan butiran-butiran pasir tersebut secara alami merupakan suatu keuntungan tersendiri bagi perkembangan pembangunan proyek-proyek konstruksi yang sedang berlangsung di Indonesia.

Banyaknya permintaan bahan-bahan dasar campuran beton tersebut baik oleh masyarakat untuk pembangunan rumah tinggal maupun permintaan oleh proyek-proyek pembangunan konstruksi dalam skala besar merupakan suatu peluang berusaha dan terbukanya kesempatan lapangan kerja baru. Hal ini dapat dilihat dengan bermunculannya pertambangan bahan galian berupa batuan alam yang diusahakan oleh masyarakat dengan peralatan sederhana ataupun yang

diusanakan oleh industri-industri pertambangan besar dengan menggunakan peralatan modern.

Hasil produksi berupa batuan dan pasir alami dari para penambang tradisional, gradasi butirannya kurang baik dan biasanya banyak digunakan oleh masyarakat umum untuk pembangunan rumah tinggal. Sedangkan hasil produksi berupa batuan dan pasir dari industri pertambangan besar sangat diperhatikan standar gradasi butirannya, sehingga banyak digunakan oleh proyek-proyek konstruksi besar.

Gradasi butiran agregat sangat penting untuk diperhatikan karena hal tersebut merupakan salah satu faktor yang berpengaruh terhadap kuat tekan beton yang akan dihasilkan. Pada penelitian tugas akhir ini peneliti ingin mengetahui lebih jauh pengaruh dari kekompakan gradasi agregat dalam meningkatkan kuat tekan beton yang dihasilkan selain semen. Dalam desain campuran beton akan digunakan bahan – bahan pengisi berupa agregat halus yaitu pasir alami serta agregat kasar berupa kerikil alami, kerikil alam yang diolah, agregat kasar batuan pecan (*split*), dan batuan pecah yang diolah dengan perbandingan berat semen – air (C/E) tertentu. Adapun desain campuran beton yang digunakan dalam penelitian ini adalah desain campuran beton metode Dreux.

1.2 Rumusan Masalah

Dari penjelasan latar belakang di atas dapat diambil suatu rumusan masalah yaitu bagaimana variasi gradasi agregat, bila dikombinasikan dengan perbandingan semen-air (C/E) tetap dapat mempengaruhi hasil kekuatan tekan beton yang diinginkan pada suatu campuran beton tanpa menggunakan metoda Dreux

1.3 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini ditentukan batasan masalah sebagai berikut :

1. desain campuran beton digunakan metode Dreux,
2. mutu beton yang direncanakan sebesar $f_c = 30$ Mpa, yang dipakai untuk menetapkan faktor semen - air (C/E),
3. dari nilai faktor semen - air yang sudah ditetapkan, digunakan untuk menentukan jumlah semen dan air yang berbeda-beda, sehingga didapatkan slump yang berbeda-beda pula,
4. benda uji kuat tekan berbentuk silinder dengan diameter 150 mm, tinggi 300 mm,
5. dalam campuran beton dikombinasikan variasi gradasi dari agregat kasar berupa kerikil alam yang tidak diolah, kerikil alam yang diolah, batu pecah yang tidak diolah, batu pecah yang diolah, semen Nusantara (tipe -- 1) dan air dari laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia,
6. adukan beton yang dicampur dengan molen selama beberapa menit dianggap homogen, dan
7. pada setiap komposisi adukan dipakai untuk pencetakan 10 benda uji silinder.

1.4 Tujuan Penelitian

Dari proses desain campuran beton dengan beberapa kombinasi penggunaan variasi gradasi agregat dengan perbandingan semen-air (C / E) tertentu bertujuan untuk mendapatkan nilai kekuatan tekan beton optimum berdasarkan nilai acuan kekuatan tekan rencana.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang hendak dicapai dari hasil penelitian ini adalah :

1. mendapatkan beton dengan mutu tertentu sesuai rencana dari hasil kombinasi campuran beton yang terdiri dari variasi gradasi agregat berupa kerikil alam dan batu pecah dengan perbandingan semen-air tertentu, dan
2. mendapatkan hasil akhir berupa beton dengan kuat tekan yang cukup tinggi, di mana kuat tekan tersebut banyak dipengaruhi oleh kekompakan gradasi agregat dengan penggunaan semen minimum yang disyaratkan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Beton

Beton adalah campuran semen portland atau semen hidraulik lainnya, agregat kasar dan air dengan atau tanpa bahan tambah membentuk massa padat (SK SNI-T-15-1991-03,1991).

Salah satu kebaikan beton adalah termasuk bahan yang berkekuatan tekan tinggi. Bila dibuat dengan cara yang baik, kuat tekannya dapat menyamai batuan alami (Tjokrodimulyo, 1995).

Kekuatan, keawetan dan sifat beton bergantung pada sifat-sifat bahan-bahan dasar penyusunnya, nilai perbandingan bahan-bahannya, cara pengadukan maupun cara pengerjaan selama penguangan adukan beton, cara pemadatan dan cara perawatan selama proses pengerasan (Tjokrodimulyo, 1995).

Kekompakan butiran dan perbandingan berat semen terhadap berat air adalah faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan beton selain semen (Suhud, 1991).

Membuat beton sebenarnya tidaklah sesederhana hanya sekedar mencampurkan bahan-bahan dasarnya untuk membentuk campuran yang plastis sebagaimana yang sering terlihat pada pembuatan bangunan sederhana, tetapi jika ingin membuat beton yang baik, dalam arti memenuhi persyaratan yang lebih

ketat karena tuntutan yang lebih tinggi, maka harus diperhitungkan dengan seksama cara-cara memperoleh adukan beton yang baik dan beton yang dihasilkannya juga baik.

2.2 Bahan Penyusun Beton

2.2.1 Semen portland

Semen portland adalah bubuk halus dengan kandungan kapur, silika dan alumina. Semen portland dibuat dengan cara mencampur dan membakar bahan dasar semen pada suhu 1550° C dan menjadi klinker. Kemudian klinker didinginkan dan dihaluskan. Gips atau kalsium sulfat (Ca SO_4) ditambahkan kira-kira 2 sampai 4 prosen sebagai bahan pengontrol waktu pengikatan. Sedangkan kalsium klorida ditambahkan untuk pembuatan semen yang cepat mengeras.

Ketika semen dicampur dengan air akan timbul reaksi kimia antara unsur-unsur penyusun semen dengan air. Reaksi-reaksi ini menghasilkan bermacam-macam senyawa kimia yang menyebabkan ikatan dan pengerasan.

Ada empat macam senyawa kimia yang penting yaitu Tricalcium Aluminate (C_3A), Tricalcium Silicat (C_3S), Dicalcium Silicat (C_2S) dan Tetra Calcium Aluminoferrite (C_4AF) seperti yang akan dijelaskan berikut ini.

1. Tricalcium Aluminate (C_3A)

Senyawa ini mengalami hidrasi sangat cepat disertai pelepasan sejumlah besar panas, menyebabkan pengerasan awal, tetapi kurang kontribusinya pada kekuatan batas. Kurang ketahanannya terhadap agresi kimiawi. Paling

menonjol mengalami disintegrasi oleh sulfat air tanah dan tendensinya sangat besar untuk retak oleh perubahan volume,

2. Tricalcium Silicat (C_3S)

Senyawa ini mengeras dalam beberapa jam dengan melepas sejumlah panas. Kuantitas yang terbentuk dalam ikatan menentukan pengaruhnya terhadap kekuatan beton pada awal umurnya, terutama dalam 14 hari pertama,

3. Dicalcium Silicat (C_2S)

Pembentukan senyawa ini berlangsung perlahan dengan pelepasan panas yang lambat. Senyawa ini berpengaruh terhadap proses peningkatan kekuatan yang terjadi dari 14 sampai 28 hari dan seterusnya, dan

4. Tetra Calcium Aluminoferrite (C_4AF)

Senyawa ini tidak tampak pengaruhnya terhadap kekuatan dan sifat – sifat semen keras lainnya.

Reaksi – reaksi tersebut berlangsung pada formasi suatu campuran gel dan kristal dari larutan semen dengan air, di mana timbul adhesi dan daya tarik fisik antara keduanya dan terhadap agregat, secara berangsur–angsur saling ikat dan mengeras. Pengikatan dan pengerasan merupakan reaksi kimia di mana peranan air sangat penting. Pengikatan dan pengerasan tersebut berhenti segera setelah beton kering (Murdock, 1986) .

Dari uraian di atas diketahui bahwa reaksi kimia antara semen dengan air menghasilkan senyawa-senyawa yang disertai pelepasan panas. Kondisi ini mempunyai resiko besar terhadap penyusutan kering beton dan kecenderungan retak pada beton.

2.2.2 Agregat

Agregat adalah salah satu bahan penyusun beton berupa butiran mineral alami dan berfungsi sebagai bahan pengisi dalam adukan beton. Agregat sangat penting karena berpengaruh terhadap kekerasan, kekuatan, keawetan dan kepadatan beton. Sifat yang paling penting dari suatu agregat adalah kekuatan hancur dan ketahanan terhadap benturan, porositas dan karakteristik penyerapan air. Sifat-sifat tersebut dipengaruhi oleh sifat fisik agregat yaitu bentuknya, tekstur permukaannya dan ukurannya. Sifat fisik agregat ini berpengaruh pada workabilitas adukan beton maupun kekuatannya, dalam hal ini berhubungan dengan daya lekat antara agregat dan pastanya.

Pada pembuatan adukan beton, kombinasi gradasi agregat yang digunakan harus diperhatikan untuk mendapatkan beton dengan kekuatan maksimal. Selain itu ukuran maksimum agregat yang akan digunakan juga disesuaikan dengan jenis konstruksi yang akan dibuat.

2.2.3 Air

Air merupakan bahan dasar campuran beton yang penting. Di dalam campuran beton, air mempunyai dua fungsi, yang pertama untuk memungkinkan reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan dan yang kedua sebagai pelicin campuran kerikil, pasir dan semen, agar mudah dikerjakan dan dipadatkan (Murdock dan Brook, 1986).

Kekuatan semen yang telah mengeras tergantung pada jumlah air yang dipakai sewaktu proses hidrasi berlangsung. Jumlah air yang diperlukan untuk

proses hidrasi hanya kira-kira 25 % dari berat semennya, penambahan jumlah air akan mengurangi kekuatan setelah beton mengeras (Tjokrodimulyo, 1995). Tetapi dengan nilai faktor air semen (fas) yang kecil, adukan beton menjadi sulit dikerjakan. Maka diberikan kelebihan jumlah air yang dipakai sebagai pengencer campuran adukan beton.

Dalam pemakaian air untuk beton sebaiknya memenuhi syarat-syarat :

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

Untuk air perawatan dapat dipakai juga air yang dipakai untuk pengadukan, tetapi harus yang tidak menimbulkan noda atau endapan yang merusak warna permukaan sehingga tidak sedap dipandang. Zat besi dan zat organis dalam air umumnya sebagai penyebab utama pengotoran atau perubahan warna, terutama jika perawatan cukup lama.

2.3 Faktor – faktor yang Berpengaruh terhadap Kuat Tekan Beton

Beton yang kuat tekannya lebih tinggi mempunyai sifat yang lebih baik. Untuk mengetahui mutu beton dapat diketahui dengan pengujian kuat tekan di laboratorium. Faktor-faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton antara lain :

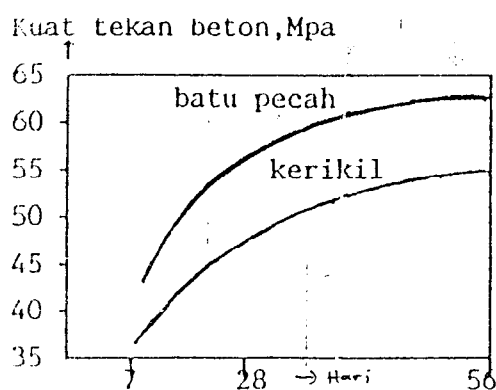
1. sifat agregat,
2. jenis semen,

3. jumlah semen,
4. faktor air semen, dan
5. umur beton.

2.3.1 Sifat agregat

Agregat yang kuat tekannya melebihi kekuatan tekan pastinya diperlukan untuk mendapatkan beton dengan kuat tekan yang tinggi. Sifat agregat yang paling berpengaruh terhadap kekuatan tekan beton adalah kekasaran permukaan dan ukuran maksimumnya.

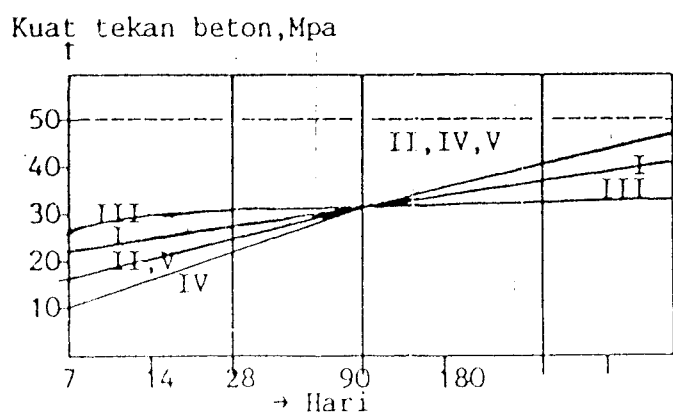
Permukaan yang halus pada kerikil dan kasar pada batu pecah berpengaruh pada lekatan dan besar tegangan saat retak-retak beton terbentuk. Pengaruh itu akan berkurang jika adukan beton didasarkan pada nilai slump yang sama besar, karena agregat yang permukaannya halus memerlukan air yang lebih sedikit. Hubungan jenis agregat terhadap kuat tekan beton dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Pengaruh jenis agregat pada kuat tekan beton
(Tjokrodimulyo, 1995)

2.3.2 Jenis semen

Semen portland mempunyai bermacam-macam tipe yaitu tipe I, tipe II, tipe III, tipe IV, dan tipe V. Semen portland tipe I ini adalah semen yang banyak digunakan untuk pekerjaan konstruksi pada umumnya yang tidak memerlukan persyaratan khusus. Semen portland tipe II yaitu semen yang memiliki ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang. Semen portland tipe III yaitu semen dengan kekuatan awal yang tinggi setelah pengikatan terjadi. Semen portland tipe IV yaitu semen yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan panas hidrasi rendah. Semen portland tipe V yaitu semen yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan sangat tahan terhadap sulfat. Hubungan kuat tekan beton untuk berbagai jenis semen dapat dilihat pada Gambar 2.2.

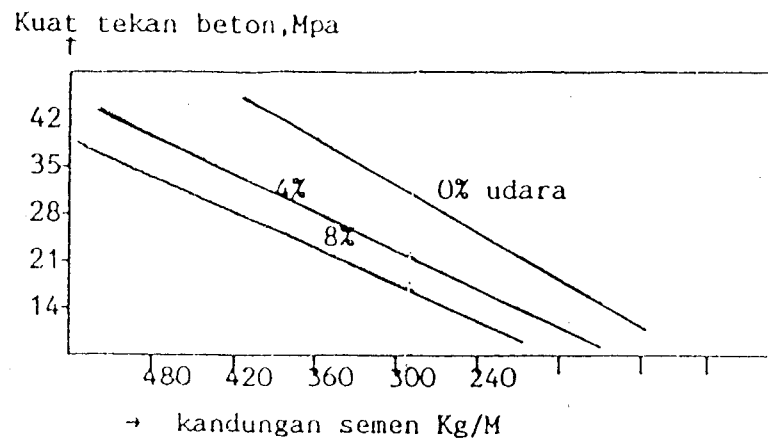


Gambar 2.2. Kuat tekan beton untuk berbagai jenis semen
(Tjokrodimulyo, 1995)

2.3.3 Jumlah semen

Jika faktor air semen sama, beton dengan kandungan semen lebih sedikit akan mempunyai kekuatan tekan yang lebih tinggi karena dengan jumlah semen lebih sedikit berarti penggunaan airpun berkurang. Hal ini artinya kandungan pori lebih sedikit daripada beton dengan kandungan semen banyak. Jika faktor air semen sama dan kandungan semen lebih sedikit akan terjadi adukan yang kental sehingga pengadukannya sulit.

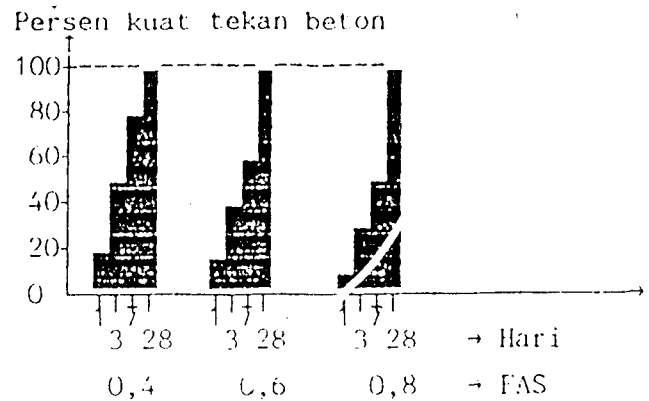
Pada kondisi nilai slump sama, beton akan mempunyai kekuatan lebih tinggi jika kandungan semen lebih banyak. Hal ini terjadi karena nilai slump ditentukan oleh jumlah air dalam adukan, sehingga variasi hanya terjadi pada jumlah semen dan agregat saja. Dengan bertambahnya jumlah semen, maka nilai faktor air semen dapat dikurangi agar terjadi penambahan kekuatan beton. Untuk kondisi seperti ini jumlah semen per meter kubik beton mempengaruhi kekuatan beton. Pengaruh jumlah semen terhadap kuat tekan beton pada nilai slump sama dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3. Pengaruh jumlah semen terhadap kuat Tekan beton pada nilai slump sama (Tjokrodimulyo, 1995)

2.3.4 Faktor air semen

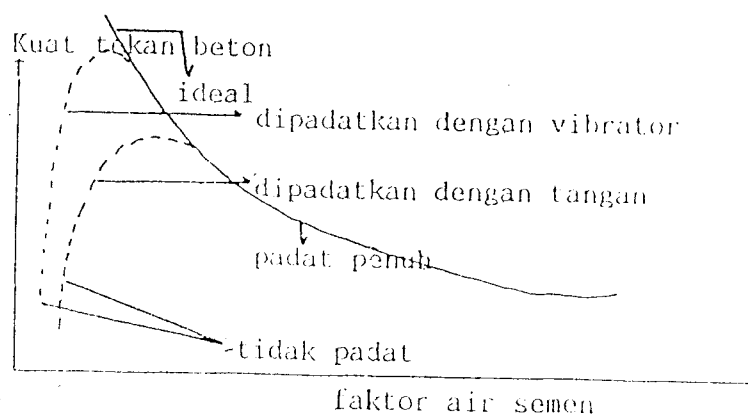
Faktor air semen adalah angka yang menyatakan perbandingan berat air dengan berat semen. Faktor air semen dinyatakan bahwa untuk suatu kombinasi bahan yang diberikan dan sudah memenuhi konsistensi tertentu untuk dikerjakan, kekuatan beton pada umur tertentu tergantung pada perbandingan berat air dan berat semen dalam campuran beton, sebagaimana tampak pada Gambar 2.4. Jika angka perbandingan air terhadap semen sudah tertentu, maka kekuatan beton yang direncanakan pada umur tertentu pada dasarnya dapat diperoleh dengan syarat bahwa campuran tersebut dapat dikerjakan, agregatnya baik, tahan lama dan bebas dari zat-zat yang merugikan.



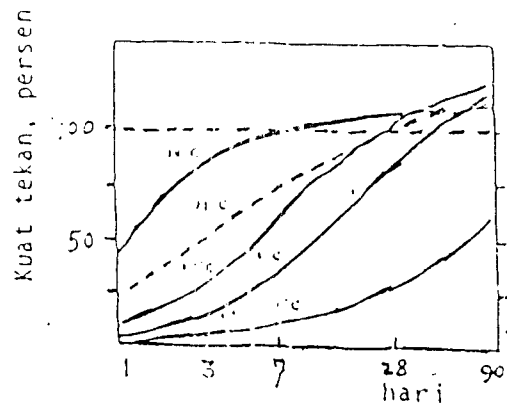
Gambar 2.4. Hubungan faktor air semen dan kuat tekan silinder beton (Tjokrodimulyo, 1995).

2.3.5 Umur beton

Kuat tekan beton akan bertambah sejalan dengan bertambahnya umur beton tersebut. Kecepatan bertambahnya kekuatan tekan beton dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain, faktor air semen dan suhu perawatan. Semakin tinggi faktor air semen semakin lambat kenaikan kekuatan tekan beton dan semakin tinggi suhu perawatan semakin cepat kenaikan kekuatannya. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 2.5. dan Gambar 2.6.



Gambar 2.5. Pengaruh faktor air semen terhadap laju kenaikan kuat tekan beton (Tjokrodimulyo, 1995)



Gambar 2.6. Pengaruh suhu pada laju kenaikan kuat tekan beton (Tjotrodimulyo, 1995)

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1. Tinjauan Umum

Beton sangat banyak dipakai secara luas sebagai bahan bangunan. Bahan yang terkandung di dalam beton tersebut merupakan campuran yang terdiri dari semen, air dan agregat. Di dalam campuran tersebut bisa juga ditambahkan bahan tambah yang bervariasi mulai dari bahan kimia tambahan, serat sampai bahan buangan non-kimia dengan perbandingan tertentu. Campuran tersebut bilamana dituang dalam cetakan kemudian dibiarkan, maka akan mengeras seperti batuan. Pengerasan itu terjadi karena peristiwa reaksi kimia antara air dan semen yang berlangsung selama waktu yang panjang, dan akibatnya campuran itu selalu bertambah keras setara dengan umurnya.

Beton yang sudah keras dapat dianggap sebagai batu tiruan dengan rongga-rongga antara butiran yang besar (agregat kasar, kerikil atau batu pecah) diisi oleh butiran yang lebih kecil (agregat halus, pasir), dan pori-pori antara agregat halus ini diisi oleh semen dan air (pasta semen).

Kekuatan, keawetan dan sifat beton yang lain tergantung pada sifat-sifat bahan-bahan dasar tersebut di atas, nilai perbandingan bahan-bahannya, cara pengadukan maupun cara pengerjaan selama penuangan adukan beton, cara pemadatan dan cara perawatan selama proses pengerasan.

Kemajuan pengetahuan tentang, teknologi beton telah dapat memenuhi berbagai tuntutan tertentu, misalnya pemakaian bahan lokal yang dapat diperoleh di suatu daerah tertentu dengan mengubah perbandingan bahan dasar yang sesuai, maupun cara pengerjaan yang cocok dengan kemampuan pekerja. Salah satu cara untuk mendesain campuran beton yang memenuhi kriteria tersebut adalah dengan menggunakan desain campuran beton metode Dreux.

3.2. Desain Campuran Beton Metode Dreux

3.2.1. Perencanaan komposisi campuran beton

Langkah-langkah perencanaan komposisi campuran beton berdasarkan metode Dreux adalah sebagai berikut :

1. menentukan kuat tekan rencana berdasarkan kuat tekan rata-rata,

$$f'_{28} = G \cdot \sigma'_c \cdot (C/E \pm 0,5) \quad (1)$$

dimana :

f'_{28} = Kekuatan tekan rata-rata pada umur beton 28 hari, berdasarkan benda uji silinder.

G = Faktor kekompakan butiran (faktor granulair), yaitu angka yang menunjukkan bagian volume yang diisi oleh butiran kasar. Angka ini berkisar antara 0,35 – 0,65, tergantung pada kualitas dan diameter maksimum butiran.

σ'_c = Kekuatan semen berdasarkan data dari pabrik semen yang dipakai atau juga informasi dari Lembaga Penelitian Bahan.

C = Berat semen / m³ beton.

E = Berat air / m³ beton.

Untuk mengetahui faktor kekompakan butiran (faktor granulair) dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Faktor kekompakan butiran (faktor granulair)
(Tjokrodimulyo, 1995)

Kualitas butiran	Ukuran diameter butiran		
	Kecil ($D \leq 16\text{mm}$)	Sedang ($25 \leq D \leq 40\text{mm}$)	Besar ($D \geq 63\text{mm}$)
Baik	0,55	0,60	0,65
Cukup	0,45	0,50	0,55
Buruk	0,35	0,40	0,45

f'_{28} di dalam rumus di atas merupakan kekuatan tekan rata-rata, sedangkan yang direncanakan adalah kekuatan beton karakteristik (f'_{bk}). Hal ini tidak menjadi masalah, karena ada korelasi antara f'_{28} dan f'_{bk} sebagai berikut :

$$f'_{bk} = f'_{28} - 1,64 \cdot S_d \quad (2)$$

dimana :

S_d = deviasi standar.

f'_{28} = kuat tekan rata-rata pada umur 28 hari berdasarkan benda uji silinder.

f'_{bk} = kuat tekan beton karakteristik.

2. menentukan jumlah (dosis) semen dan air ;

Di dalam persamaan (1) harga-harga yang ditetapkan lebih dahulu adalah :

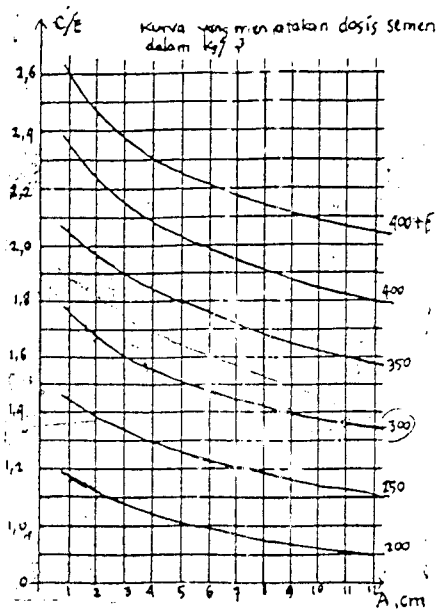
- kekuatan tekan rata-rata f'_{28} yang ditetapkan berdasarkan f'_{bk} yang direncanakan,
- koefisien granulair dari butiran C , untuk yang umum harga G ini dapat diambil sama dengan 0,5,

- c. kekuatan semen σ'_c , dalam hal ini dipakai semen Nusantara kekuatan semennya $\sigma'_c = 500 \text{ kg/cm}^2$.

Berdasarkan harga-harga yang ditetapkan lebih dahulu di atas, maka persamaan (1) akan menghasilkan harga $C = E$, akan tetapi baik C maupun E belum diketahui harganya masing-masing. Untuk menentukan harga C , maka dipakai grafik pada Gambar 3.1, yang menyatakan hubungan antara harga C dan besarnya angka slump untuk setiap jumlah semen tiap m^3 beton. Harga C dapat ditetapkan berdasarkan besarnya slump yang diinginkan, yang menunjukkan kemudahan pengerjaan (workability) dari beton yang kita rencanakan. Meskipun demikian perlu diingat, bahwa semen merupakan komponen yang paling mahal dalam campuran, karena itu jika dikehendaki beton dengan kekuatan tinggi dengan jumlah semen yang ekonomis (tidak kurang dari harga minimum), maka slumpnya harus diambil sekecil mungkin selagi masih dapat dikerjakan (workable). Jika adukan beton akan diperlembakan (supaya lebih workable) dengan mempertahankan agar kekuatannya tetap, maka dapat ditempuh dua jalan, mana yang lebih ekonomis :

- dengan menambah air, tetapi juga harus menambah jumlah semen agar harga $C = E$ tetap atau,
- dengan tidak menambah air, tetapi dengan menambah admixture (retarder).

Perlu diketahui bahwa grafik pada Gambar 3.1. tersebut berlaku untuk bahan butiran alam (pasir dan kerikil sungai), jika bahan butiran yang dipakai merupakan batu pecah, maka harga slumpnya harus dikurangi kira – kira 2 cm.



Gambar 3.1. Grafik hubungan antara jumlah semen, C/E dan slump (Suhud, 1991)

Dengan ditemukannya kuantitas semen yang akan digunakan, maka kuantitas air juga dapat ditentukan. Jumlah air ini dengan anggapan bahwa bahan butiran dalam keadaan kering udara. Jadi jika bahan butiran sudah mengandung air dengan kadar yang melebihi kering udara harus diperhitungkan. Untuk mengetahui jumlah air yang dibutuhkan, dapat dicari dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Berat air} = \text{berat semen} / (C/E) \quad (3)$$

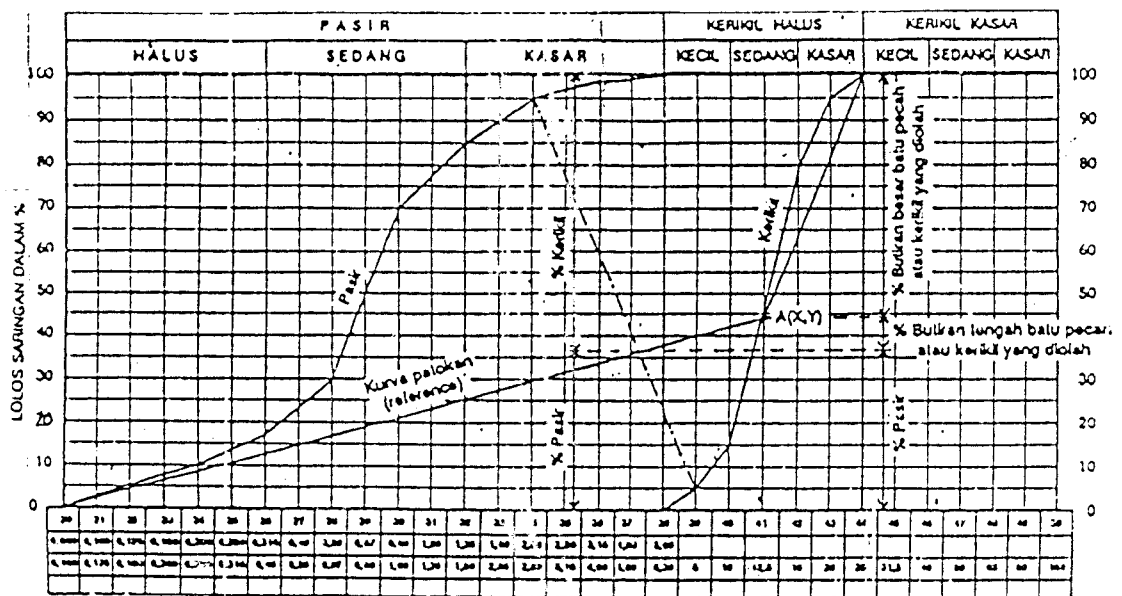
Berat air tersebut di atas harus dikoreksi, besarnya koreksi disesuaikan dengan diameter maksimum agregat kasar yang digunakan. Hubungan koreksi air dan diameter maksimum agregat yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2. Koreksi kadar air E sebagai fungsi dari D (Suhud, 1991)

D,mm	5	10	16	25	40	63	100
Koreksi E1%	+15	+9	+4	0	-4	-8	-12

- menentukan perbandingan antara butiran halus (pasir) dan butiran kasar (kerikil / batu pecah),

Setiap ongkongan atau kerikil yang tercapat di lingkungan alam, distribusi butirannya dapat digambarkan sebagai sebuah kurva. Kurva ini dibuat berdasarkan analisa saringan dengan sumbu ordinat merupakan persentase yang lolos saringan dan sumbu absisnya antara 0,1 – 5 mm. Secara umum bentuk kurva distribusi butiran pasir atau kerikil ini (granulometri) merupakan garis cembung, seperti terlihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2. Analisis granulometri (saringan) dari butiran (Suhud, 1991)

Jika didapati ukuran saringan yang tidak sama dengan skala absis, maka dapat diambil harga yang berdekatan dengan ukuran saringan tersebut.

Campuran beton yang merupakan gabungan dari pasir dan kerikil yang direncanakan harus mempunyai kurva yang cekung. Untuk keperluan tersebut harus dicari dulu kurva patokan (reference) yaitu kurva yang sedapat mungkin harus didekati oleh granulometri gabungan. Kurva gabungan ini merupakan bilinear yang menghubungkan titik 0 % pada diameter 0,100 mm dan titik 100 % pada diameter maksimum (D) dengan titik patah (A). Cara untuk mendapatkan kurva patokan dimaksud adalah sebagai berikut ini.

a. Menentukan X ,

X merupakan absis yang dinyatakan dengan besarnya diameter, dengan ketentuan sebagai berikut :

- a. jika diameter maksimum butiran (D) = 25 mm, maka X diambil sama dengan $\frac{1}{2}D = 12,5$ mm,
- b. jika diameter maksimum butiran (D) lebih besar dari 25 mm, maka X diambil absis tengah antara $\phi = 5,0$ mm dan $\phi = D_{\text{maksimum}}$,

b. Menentukan Y ,

Y merupakan ordinat dalam %.

$$Y = 50 - \sqrt{D} + K + K_s \quad (4)$$

D = diameter maksimum butiran.

K = angka koreksi yang tergantung dari jumlah semen / m^3 beton, bentuk butiran dan caranya pemadatan. Harga- harga ini dapat diambil dari Tabel 3.3.

K_s = angka koreksi jika Mhb pasir (Mf_s) $\neq 2,5$.

Jika Mhb pasir (Mf_s) $\neq 2,5$ maka $K_s = 6 Mf_s - 15$.

Tabel 3.3. Harga -- harga K , K_s , K_p
(Suhud, 1991).

Pemadatan		Lemah		Normal		Kuat	
Macam butiran		Alam	pecah	Alam	Pecah	alam	pecah
Dosis semen (kg / m ³)	400+fluid	-2	0	-4	-2	-6	-4
	400	0	+2	-2	0	-4	-2
	350	+2	+4	0	+2	-2	0
	300	+4	+6	+2	+4	0	+2
	250	+6	+8	+4	+6	+2	+4
	200	+8	+10	+6	+8	+4	+6
Koreksi -- K_s : jika $Mf \neq 2,5$ $K_s = 6 Mf - 15$ Koreksi -- K_p : untuk beton yang dipompa $K_p = + 5a + 10$							

Selanjutnya cara menentukan kurva patokan (reference) di atas dipakai untuk menentukan perbandingan persentase butiran halus dan butiran kasar yang terdiri dari :

- gabungan pasir alam dengan kerikil alam yang tidak diolah, besarnya persentase untuk masing-masing dapat diperoleh dengan menarik garis lurus yang menghubungkan titik 95 % pada kurva pasir dan titik 5 % pada kurva kerikil. Ordinat titik potong antara garis tersebut dengan kurva patokan (reference) merupakan persentase pasir dan titik potong ini sampai 100 % merupakan persentase kerikil,
- gabungan antara pasir alam dengan kerikil yang diolah. Yang dimaksud dengan kerikil yang diolah adalah kerikil yang dipisahkan antara diameter 5 mm sampai absis titik patah A dan antara absis patah A dengan diameter maksimum D. Dengan demikian susunan butiran gabungan akan mendekati kurva patokan (reference) campuran yang tersebut pada (a), maka

kekompakannya juga akan lebih baik. Jadi sekarang ada tiga fraksi sebagai berikut (Lihat Gambar 3.2.) :

- a. fraksi pasir, yaitu fraksi yang diameternya antara 0,08 mm sampai 5 mm. Persentasenya antara 0 sampai ordinat titik potong antara garis penghubung 95 % kurva pasir dan 5 % kurva kerikil dengan kurva patokan (*reference*),
 - b. fraksi tengah (kerikil halus), yaitu kerikil dengan diameter antara 5 mm sampai absis titik patah A. Persentasenya adalah antara ordinat titik potong garis penghubung 95 % kurva pasir dan 5 % kurva kerikil dengan kurva *reference* sampai ordinat titik patah A, dan
 - c. fraksi besar (kasar), yaitu kerikil dengan diameter antara absis titik patah A dan diameter maximum D. Prosentase antara ordinat titik patah A sampai 100 %.
- c. gabungan pasir alam dengan batu pecah yang tidak diolah, besarnya persentase untuk masing-masing dapat diperoleh dengan menarik garis lurus yang menghubungkan titik 95 % pada kurva pasir dan titik 5 % pada kurva batu pecah. Ordinat titik potong antara garis tersebut dengan kurva patokan (*reference*) merupakan persentase pasir dan titik potong ini sampai 100 % merupakan persentase batu pecah,
- d. gabungan antara pasir alam dengan batu pecah yang diolah. Gabungan ini cara sama dengan gabungan (b), hanya saja oleh karena besar butirannya memang dibuat (direncanakan), maka pemisahan fraksi batu pecah dengan diameter antara 5 mm sampai absis titik patah, antara absis titik patah sampai

diameter maksimum D kemungkinan lebih mudah dilakukan dari pada kerikil sungai.

4. menentukan proporsi pasir dan kerikil untuk tiap m^3 beton.

Sampai disini sudah diketahui berapa jumlah semen dan air untuk campuran per meter kubik beton, tetapi belum diketahui jumlah pasir dan kerikil yang akan dipakai. Jumlah pasir dan kerikil yang dipakai tergantung pada kekompakan butiran. Kekompakan butiran dinyatakan dengan γ , yang maksudnya bagian dari volume absolut beton yang diisi oleh bahan-bahan padat (semen, pasir dan kerikil). Jadi koefisien kekompakan γ berarti jumlah volume absolut dari semen ditambah butiran dengan γm^3 untuk $1 m^3$ beton (volume absolut) atau 1000γ liter untuk 1000 liter volume absolut beton. Harga koefisien kekompakan γ ini dapat diambil dari tabel 3.4., yang besarnya tergantung pada besarnya diameter maksimum D , cara pemadatan dan kekentalan (besarnya slump) dari beton. Angka-angka dari Tabel 3.4. berlaku untuk pasir dan kerikil sungai (alam), serta jumlah semen sama dengan $350 \text{ kg} / m^3$ beton. Jika memakai campuran yang lain, maka angka-angka tersebut harus dikoreksi sebagai berikut :

- a. untuk campuran pasir alam dengan batu pecah, dikoreksi dengan $0,01$,
- b. untuk campuran pasir pecah dengan batu pecah, dikoreksi dengan $0,03$,
- c. untuk jumlah semen yang tidak sama dengan $350 \text{ kg} / m^3$ beton dikoreksi dengan $(C - 350) / 5000$, C adalah berat semen tiap m^3 beton,
- d. untuk bahan butiran ringan dikoreksi dengan $-0,03$.

Dengan demikian di dalam 1000 liter volume absolut beton terdapat 1000 γ liter volume absolut (semen + pasir + kerikil). Di dalam beton tersebut terdapat C kg semen yang mempunyai volume absolut sama dengan $C / B_{j\text{semen}}$.

Jadi volume absolut (pasir + kerikil) = (1000 γ - $C/B_{j\text{semen}}$) liter. Sebelumnya sudah dihitung perbandingan antara pasir dan kerikil, sehingga volume absolut untuk masing-masing dapat dihitung.

Tabel 3.4. Klasifikasi plastisitas beton berdasarkan nilai slump (Suhud, 1991).

Plastisitas Beton	Slump (mm)	Pemadatan
Sangat kental	0 - 20	Penggetaran sangat kuat
Kental	30 - 50	Penggetaran sangat baik
Plastis	60 - 90	Penggetaran normal
Lembek	100 - 130	Tusukan
Encer	> 130	Tusukan lemah

Tabel 3.5. Harga – harga koefisien kekompakan γ (Suhud, 1991)

Kekentalan Beton	Cara Pemadatan	Koefisien kekompakan γ						
		D=5	D=10	D=16	D=25	D=40	D=60	D=100
Lembek	Tusukan	0,750	0,780	0,795	0,805	0,810	0,815	0,820
	Pemadatan lemah	0,755	0,785	0,800	0,810	0,815	0,820	0,825
	Pemadatan normal	0,760	0,790	0,805	0,815	0,820	0,825	0,830
Plastis	Tusukan	0,760	0,790	0,805	0,815	0,820	0,825	0,830
	Pemadatan lemah	0,765	0,795	0,810	0,820	0,825	0,830	0,835
	Pemadatan normal	0,770	0,800	0,815	0,825	0,830	0,835	0,840
	Pemadatan kuat	0,775	0,805	0,820	0,830	0,835	0,840	0,845
Kental	Pemadatan lemah	0,775	0,805	0,820	0,830	0,835	0,840	0,845
	Pemadatan normal	0,780	0,810	0,825	0,835	0,840	0,845	0,850
	Pemadatan kuat	0,785	0,815	0,830	0,840	0,845	0,850	0,855

Harga-harga diatas berlaku untuk butiran alam, jika tidak γ dikoreksi :
 - 0,01 untuk pasir alam + batu pecah
 - 0,03 untuk butiran dari batu pecah
 Butiran ringan : dikurangi dengan 0,03
 Untuk C \neq 350 kg / m³ koreksi dengan (C - 350) / 1000

Dalam kenyataannya perbandingan proporsi dalam volume absolut tidak dapat dilakukan, hanya dapat dihitung secara teoritis. Maka untuk dapat

dilaksanakan secara praktis, perbandingan proporsi dilakukan dalam perbandingan berat. Untuk keperluan tersebut volume absolut tiap-tiap bahan dikalikan dengan berat jenis (B_j) masing- masing.

3.3 **Hipotesis**

Pada penelitian ini yang menggunakan desain perencanaan metoda Dreux, dengan nilai faktor semen-air (C/E) tertentu dan variasi gradasi agregat kasar diharapkan menghasilkan campuran beton dengan kuat desak optimum.

BAB IV METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Tinjauan Umum

Dalam penelitian ini akan didesain suatu campuran beton dengan variasi gradasi agregat dan faktor semen-air (C/E). Penelitian akan dilakukan di laboratorium dengan membuat beberapa kombinasi benda uji silinder untuk diuji kekuatan tekannya. Dari pengujian tersebut untuk mendapatkan nilai kuat tekan beton optimum berdasarkan nilai acuan kekuatan tekan rencana.

Dalam pelaksanaan penelitian di laboratorium tersebut akan melalui beberapa tahapan yang meliputi persiapan bahan dan alat, pemeriksaan bahan, benda uji yang digunakan, metode penelitian, metode perancangan adukan, dan metode perawatan benda uji.

4.2 Persiapan Bahan dan Alat

Bahan-bahan dan alat-alat yang akan dipergunakan dalam penelitian sebaiknya dipersiapkan dengan cermat. Hal ini dimaksudkan agar dalam pelaksanaannya nanti berjalan sesuai dengan perencanaan yang sudah dibuat.

Penempatan bahan-bahan yang akan dipakai hendaknya dijaga dari hal-hal yang dapat mengurangi kualitas dan bahkan merusakkanya sehingga tidak dapat dipakai lagi.

4.2.1 Pemeriksaan Bahan

Pemeriksaan bahan meliputi hal-hal sebagai berikut :

1. berat jenis,
2. analisa saringan dan modulus halus butir agregat halus dan kasar, dan
3. pemeriksaan kadar lumpur agregat halus.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari:

1. semen yang digunakan adalah semen portland merk Nusantara tipe I,
2. agregat halus diambil dari Kali Boyong, Yogyakarta,
3. agregat kasar berupa kerikil alam diambil dari Kali Boyong Yogyakarta, sedangkan agregat kasar berupa batu pecah diambil dari dusun Clereng Kulon Progo, dan
4. Air yang digunakan diambil dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia.

4.2.2 Peralatan

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini antara lain : cetakan silinder, oven, bak pengaduk beton kedap air, satu set alat pemeriksaan slump, mesin uji desak beton, ayakan, timbangan kapiler dan peralatan bantu lainnya.

4.3 Benda uji yang di gunakan

Benda uji yang digunakan berbentuk silinder, kuat tekan pengujian dilakukan pada umur 7, 14, dan 28 hari dengan perincian sebagai berikut:

1. beton dengan campuran pasir alami dan kerikil alami tanpa diolah (V1),
2. beton dengan campuran pasir alami dan kerikil alami yang diolah (V2),

3. beton dengan campuran pasir alami dan batu pecah tanpa diolah (V3), dan
4. beton dengan campuran pasir alami dan batu pecah yang diolah (V4).

Dalam tiap campuran beton masing-masing variasi gradasi, dengan perbandingan jumlah semen-air yang bervariasi sebagai berikut (faktor semen-air tetap = 1,8):

1. variasi perbandingan jumlah semen-air 1 (S1),
2. variasi perbandingan jumlah semen-air 2 (S2),
3. variasi perbandingan jumlah semen-air 3 (S3), dan
4. variasi perbandingan jumlah semen-air 4 (S4).

Jadi variasi V1S1 berarti beton dengan variasi gradasi agregat berupa pasir alami dan kerikil alami tanpa diolah dengan perbandingan jumlah semen-air 1 dan V4S3 berarti beton dengan variasi gradasi agregat berupa batu pecah yang diolah dengan perbandingan jumlah semen-air 3.

4.4 Metoda Perancangan Adukan Beton

Perencanaan beton bertujuan untuk menentukan proporsi semen, agregat halus, agregat kasar dan proporsi air. Metoda perencanaan beton yang dipakai adalah metoda Dreux. Tahapan-tahapan perencanaan beton akan dijelaskan seperti berikut ini:

1. menghitung perbandingan berat semen dan air,
2. menentukan berat semen dari grafik "*slump*" dan *C/E*,
3. menghitung berat air berdasarkan langkah (2),
4. menentukan perbandingan antara butiran halus (pasir), dan butiran kasar (kerikil atau batu pecah),

5. menentukan proporsi agregat dan semen (volume absolut) tiap m^3 beton,
6. menghitung volume semen, pasir, dan kerikil, dan
7. menghitung berat masing-masing bahan untuk $1 m^3$ beton.

4.5 Pembuatan Benda Uji

Setelah perhitungan proporsi campuran beton didapat, maka selanjutnya adalah pembuatan benda uji melalui tahapan-tahapan sebagai berikut :

1. bahan-bahan disiapkan dan ditimbang dengan proporsi yang telah ditentukan sesuai dengan rencana. Pada tahap ini dilakukan pemeriksaan kandungan lumpur, kandungan zat organik, berat jenis dan gradasi agregat. Saat penimbangan agregat kasar dan halus dalam keadaan jenuh kering permukaan (SSD),
2. pengadukan campuran dilakukan dengan memasukkan bahan-bahan campuran secara bertahap. Proporsi bahan-bahan yang dimasukkan disesuaikan dengan kapasitas molen yang digunakan,
3. adukan yang telah merata segera dituangkan ke dalam bak penampung beton segar untuk diuji slumpnya dengan menggunakan kerucut Abrams,
4. beton segar segera dituangkan ke dalam cetakan yang telah diolesi oli sebelumnya,
5. bersamaan dengan masuknya beton ke dalam cetakan, dilakukan pemadatan dengan cara ditusuk-tusuk menggunakan tongkat besi pada adukan beton dan diketuk-ketuk sisi luar cetakan dengan palu kayu agar gelembung udara terperangkap bisa keluar,

6. setelah penuh dan padat, bagian atas diratakan lalu ditutup dengan kaca dan didiamkan pada tempat yang terlindung dari panas dan hujan, dan
7. setelah satu hari cetakan dibuka, kemudian dilakukan perawatan beton.

4.6 Perawatan Benda Uji

Perawatan benda uji adalah suatu upaya menjaga permukaan beton segar selalu lembab, sejak beton dipadatkan sampai beton dianggap cukup keras pada umur yang direncanakan. Kelembaban permukaan beton harus dijaga dengan baik untuk menjamin proses hidrasi semen berlangsung dengan sempurna. Bila hal tersebut tidak dilakukan nantinya akan didapatkan beton yang kurang kuat dan timbul retak-retak. Kelembaban permukaan beton juga dimaksudkan agar lebih tahan terhadap cuaca dan lebih kedap air.

Perawatan beton akan dilakukan dengan cara merendam benda uji ke dalam bak yang terisi air atau dengan cara menyelimuti permukaan beton dengan karung basah selama umur yang direncanakan.

4.7 Pengujian Benda Uji

Setelah beton berumur 7, 14, 28 hari, maka akan dilakukan pengujian beton dengan menggunakan alat tekan beton. Pengujian tersebut akan dilakukan di laboratorium BKT, Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia. Banyaknya benda uji yang akan dibuat untuk pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Jumlah benda uji

No.	$\frac{C}{E}$	$\frac{\text{Semen}}{\text{Air}}$	Gradasi Agregat												JUMLAH BENDA UJI
			<i>PA + KA</i>			<i>PA + KAD</i>			<i>PA + KP</i>			<i>PA + KPD</i>			
			<i>(V1)</i>			<i>(V2)</i>			<i>(V3)</i>			<i>(V4)</i>			
			Umur Beton			Umur Beton			Umur Beton			Umur Beton			
7	14	28	7	14	28	7	14	28	7	14	28				
1	1,8	S1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	36
2	1,8	S2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	36
3	1,8	S3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	36
4	1,8	S4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	36
JUMLAH TOTAL														144	

BAE V

PELAKSANAAN DAN HASIL PENELITIAN

5.1 Umum

Dalam pelaksanaan penelitian ini pembuatan beton K_{300} dengan metode *Dreux* dilaksanakan di laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Benda uji dibuat sebanyak 160 buah silinder beton, yang meliputi 4 (empat) macam campuran beton, yang dikombinasikan antara 4 (empat) variasi gradasi agregat dengan perbandingan faktor semen-air (C/E) tetap sehingga didapatkan nilai slump yang berbeda.

Setiap variasi campuran beton dibuat benda uji sebanyak 10 (sepuluh) buah silinder yaitu 9 (sembilan) sample percobaan dan 1 (satu) sample cadangan dengan waktu pengujian 7, 14 dan 28 hari.

5.2 Persiapan dan Pemeriksaan Bahan

Bahan yang digunakan untuk pembuatan benda uji dalam penelitian ini adalah :

1. Semen Portland

semen portland yang digunakan merk Nusantara dengan data-data sebagai berikut :

- a. semen tipe I, dan
 - b. berat jenis semen $3,15 \text{ g/cm}^3$.
2. Agregat Halus
- agregat halus yang digunakan adalah pasir alami dengan data-data sebagai berikut :
- a. pasir alami yang digunakan berasal dari kali Boyong, kabupaten Sleman,
 - b. berat jenis pasir $2,67 \text{ g/cm}^3$, dan
 - c. hasil analisa butiran halus dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Hasil analisa butiran halus

Diameter saringan (mm)	Berat tertahan (gram)	Berat tertahan (%)	Berat tertahan komulatif (%)	Berat lolos komulatif (%)
4,75	0,65	0,0325	0,0325	99,9675
2,36	55,20	2,7600	2,7925	97,2075
1,18	179,7	8,9850	11,7775	88,2225
0,60	775,35	38,7675	50,5450	49,4550
0,30	625,65	31,2825	81,8275	18,1725
0,15	287,12	14,3560	96,1835	3,8165
sisa	76,33	3,8165	-	-
Jumlah % komulatif berat tertahan		= 243,1585		

$$\text{Modulus halus butir (} Mhb \text{) pasir} = \frac{243,1585}{100} = 2,43$$

3. Agregat kasar
- agregat kasar yang digunakan berupa kerikil alami dan batu pecah (*Split*) dengan data-data sebagai berikut :
- a. kerikil alami berasal dari kali Boyong, kabupaten Sleman,
 - b. berat jenis kering permukaan (SSD) kerikil alami adalah $2,5 \text{ g/cm}^3$,
 - c. hasil analisa butiran kasar dapat dilihat pada Tabel 5.2,

Tabel 5.2 Hasil analisa butiran kasar berupa kerikil alam

Diameter saringan (mm)	Berat tertahan (gram)	Berat tertahan (%)	Berat tertahan komulatif (%)	Berat lolos komulatif (%)
25,00	-	-	-	100
19,00	876,95	29,2317	29,2317	70,7683
12,50	1423,30	47,4433	76,6750	23,3250
9,50	526,00	17,5333	94,2083	5,7917
4,75	53,90	1,7967	96,0050	3,9950
2,36	105,00	3,5000	99,5050	0,4950
1,18	0,60	0,0200	99,5250	0,4750
0,60	0,90	0,0300	99,5550	0,4450
0,30	1,15	0,0383	99,5933	0,4067
0,15	2,00	0,0667	99,6600	0,3400
sisa	10,20	0,3400	-	-
Jumlah % komulatif berat tertahan		= 793,9583		

$$\text{Modulus halus butir (} M_{hb} \text{) kerikil} = \frac{793,95843}{100} = 7,94$$

- d. batu pecah berasal dari Clereng, kabupaten Kulonprogo,
- e. berat jenis kering permukaan (SSD) adalah $2,67 \text{ g/cm}^3$, dan
- f. hasil analisa butiran kasar dapat dilihat pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Hasil analisa butiran kasar berupa batu pecah.

Diameter saringan (mm)	Berat tertahan (gram)	Berat tertahan (%)	Berat tertahan komulatif (%)	Berat lolos komulatif (%)
25,00	-	-	-	100
19,00	977,80	32,5933	32,5933	67,4067
12,50	1432,85	47,7617	80,3550	19,6450
9,50	405,70	13,5233	93,8783	6,1217
4,75	156,80	5,2267	99,1050	0,8950
2,36	0,70	0,0233	99,1283	0,8717
1,18	0,50	0,0167	99,1450	0,8550
0,60	0,70	0,0233	99,1683	0,8317
0,30	0,75	0,0250	99,1933	0,8067
0,15	1,60	0,0534	99,2467	0,7533
sisa	22,60	0,7533	-	-
Jumlah % komulatif berat tertahan		= 801,832		

$$\text{Modulus halus butir (} M_{hb} \text{) batu pecah} = \frac{801,832}{100} = 8,02$$

Gradasi agregat kasar masing-masing, dari kerikil alam dan batu pecah yang digunakan dalam penelitian ini dibuat dalam 4 (empat) variasi, yaitu:

1. kerikil alam yang lolos saringan 25 mm dan tertahan saringan 5mm (V1),
2. kerikil alami yang diolah yaitu terdiri dari fraksi yang lolos saringan 25 mm tertahan saringan 12,5 mm dan fraksi yang lolos saringan 12,5 mm tertahan saringan 5 mm (V2),
3. batu pecah yang lolos saringan 25 mm dan tertahan saringan 5mm (V3), dan
4. batu pecah yang diolah yaitu terdiri dari fraksi yang lolos saringan 25 mm tertahan saringan 12,5 mm dan fraksi yang lolos saringan 12,5 mm tertahan saringan 5 mm (V4).

Agregat kasar yang digunakan dalam proses pencampuran adalah agregat dalam keadaan jenuh kering permukaan ("*Saturated surface dry*", SSD), karena:

1. merupakan keadaan kebasahan agregat yang hampir sama dengan agregat didalam beton, sehingga agregat tidak akan menambah atau mengurangi air dari pastinya, dan
 2. kadar air dilapangan lebih banyak yang mendekati keadaan SSD dari pada yang kering tungku.
4. Air.

Air yang digunakan untuk pembuatan benda uji dalam penelitian ini adalah air yang diambil dari laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Jurusan

Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

5.3 Penentuan Proporsi Campuran Beton dan Pembuatan Benda Uji

Perhitungan campuran beton dimaksudkan untuk mengetahui proporsi bahan susun yang akan dipakai dalam 1 meter kubik beton. Urutan perhitungan campuran beton dengan variasi gradasi agregat kasar dan perbandingan semen-air menggunakan metode *Dreux* adalah sebagai berikut :

a. Variasi gradasi 1 campuran beton pasir alami dan kerikil alami yang tidak diolah.

a. $B_{j\text{pasir}} (\text{SSD}) = 2,67 \text{ g/cm}^3$

b. $B_{j\text{kerikil alami}} (\text{SSD}) = 2,5 \text{ g/cm}^3$

c. $B_{j\text{semen}} = 3,15$ (semen Nasional, $\sigma'_c = 500 \text{ kg/cm}^2$).

d. Diameter maksimum agregat kasar (D_{maks}) = 25 mm.

e. Kuat tekan rencana yang diinginkan $f'_c = 30 \text{ MPa}$.

f. Volume beton ditetapkan setiap 1 m^3 .

1. menghitung perbandingan jumlah semen-air berdasarkan kuat tekan rata-rata.

$$f'_{cr \text{ kubus}} = f'_c + 1,64 \cdot S_d \quad (S_d = 60)$$

$$\begin{aligned} f'_{cr \text{ kubus}} &= 300 + 1,64 \cdot 60 \quad (f'_c = 300 \text{ kg/cm}^2) \\ &= 398,4 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$f'_{cr \text{ silinder}} = 0,83 \cdot f'_{cr \text{ kubus}}$$

$$f'_{cr \text{ silinder}} = 0,83 \cdot 398,4$$

$$f'_{cr \text{ silinder}} = 330,672 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{cr} = G \cdot \sigma'_c \cdot (C/E - 0,5) \quad (G \text{ diambil sebesar } 0,5)$$

$$330,672 = 0,5 \cdot 500 \cdot (C/E - 0,5) \Rightarrow C/E = 1,8$$

Berdasarkan faktor semen-air (C/E) di atas dari gambar 3.1 ditentukan :

variasi perbandingan jumlah semen-air 1, jumlah semen 300 kg/m^3 diperoleh jumlah air 167 kg/m^3 .

- membuat kurva patokan (*reference*);

Tentukan titik patah $A (X_a, Y_a)$:

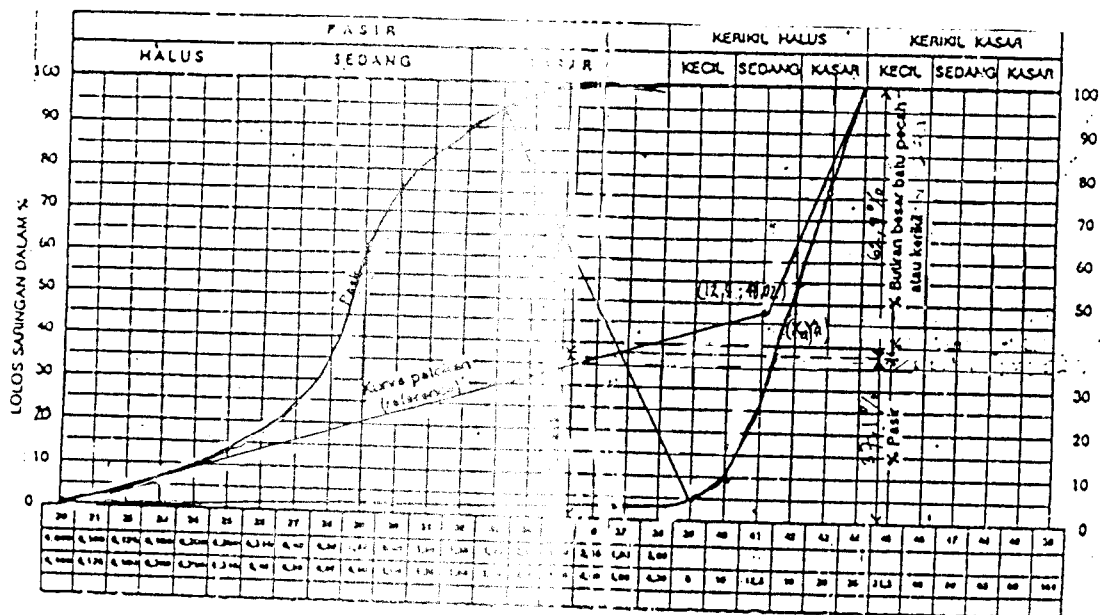
$$X_a = D/2 = 12,5 \text{ cm} \quad (\text{Diameter maksimum butiran } (D) = 25 \text{ mm})$$

$$Y_a = 50 - \sqrt{D} + K \quad (\text{Lihat Tabel 3.3, didapat } K = +2, K_s = 1,02)$$

$$= 50 - 5 + 2 + 1,02$$

$$= 48,02 \%$$

didapat koordinat titik patah $A (12,5, 48,02 \%)$, dan kurva patokan dapat digambarkan.



Grafik 5.1 Analisis granulometrik (saringan) dari butiran kerikil alami tanpa diolah (Suhud, 1991)

3. menentukan persentase pasir dan kerikil.

Karena butiran berasal dari pasir alam dan kerikil alam yang tidak diolah, maka didapat :

- a. pasir = 37 %
- b. kerikil = 63 %

4. menentukan koefisien kekompakan (γ).

Dari Tabel 3.5. dengan beton kental dan pemadatan normal didapat

$$\gamma = 0,835.$$

Harga $C = 300 \text{ kg/m}^3$, sehingga nilai γ harus dikoreksi sebesar :

$$(C - 350) / 5000 = (300 - 350) / 5000 = -0,01$$

$$\gamma_k = 0,835 - 0,01 = 0,825$$

5. menentukan berat semen, pasir, kerikil dan air.

a. $\gamma_k = 0,825$, berarti volume absolut bahan butiran ditambah volume absolut semen adalah = 825 liter untuk 1 m^3 beton.

b. Volume absolut semen = $C/B_{j_{\text{semen}}} = 300 / 3150 = 0,9524 \text{ m}^3 = 95 \text{ lt.}$

c. Volume absolut (pasir + kerikil) = $825 - 95 = 730 \text{ lt.}$

d. Volume absolut pasir = $37 \% \times 730 = 270 \text{ lt/m}^3$ beton.

e. Volume absolut kerikil = $63 \% \times 730 = 460 \text{ lt/m}^3$ beton.

Hasil di atas dikalikan dengan berat jenisnya, didapat berat masing-masing material dalam tiap 1 m^3 beton, yaitu.

a. Semen (C) = 300 kg

b. Pasir (P) = $270 \times 2,67 = 721 \text{ kg}$

$$c. \text{ Kerikil } (K) = 460 \times 2,5 = 1150 \text{ kg}$$

$$d. \text{ Air } (E) = 300/1,8 = 167 \text{ kg}$$

Jadi didapatkan dalam satu variasi campuran untuk 10 sample silinder beton perbandingan berat masing –masing bahan susun adalah sebagai berikut :

$$\text{Semen : Pasir : Kerikil : Air} = 17,5 \text{ kg} : 42 \text{ kg} : 67 \text{ kg} : 9,7 \text{ kg}$$

Dari variasi gradasi agregat kasar berupa krikil alami yang tidak diolah dengan perhitungan seperti di atas , maka variasi gradasi 1 selanjutnya dengan jumlah semen yang berbeda komposisi campurannya dalam satuan berat dapat dilihat pada Tabel 5.4.

Tabel 5.4 Komposisi campuran tiap variasi dalam satuan berat

Variasi	Semen (kg)	Air (kg)	Pasir (kg)	Kerikil (ϕ 5 –25mm) (kg)
V1S2	18,1	10	42	66,5
V1S3	18,7	10,4	41	66
V1S4	19	10,6	41	65,5

2. Variasi campuran beton pasir alami dan kerikil alami yang di olah .

$$a. B_{j\text{pasir}} (\text{SSD}) = 2,67 \text{ g/cm}^3$$

$$b. B_{j\text{kerikil alami}} (\text{SSD}) = 2,5 \text{ g/cm}^3$$

$$c. B_{j\text{semen}} = 3,15 \text{ (semen Nusantara } \sigma'_c = 500 \text{ kg/cm}^2 \text{)}.$$

$$d. \text{ Diameter maksimum agregat kasar } (D_{maks}) = 25 \text{ mm}.$$

$$e. \text{ Kuat tekan rencana yang disyaratkan } f'_c = 30 \text{ MPa}.$$

$$f. \text{ Volume beton ditetapkan setiap } 1 \text{ m}^3.$$

1. menghitung perbandingan jumlah semen-air berdasarkan kuat tekan rata-rata.

$$f'_{cr} \text{ kubus} = f'_c + 1,64 \cdot S_d \quad (S_d = 60)$$

$$\begin{aligned} f'_{cr} \text{ kubus} &= 300 + 1,64 \cdot 60 & (f'_c = 300 \text{ kg/cm}^2) \\ &= 398,4 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$f'_{cr} \text{ silinder} = 0,83 \cdot f'_{cr} \text{ kubus}$$

$$f'_{cr} \text{ silinder} = 0,83 \cdot 398,4$$

$$f'_{cr} \text{ silinder} = 330,672 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'_{cr} = G \cdot \sigma'_{c,0} \cdot (C/E - 0,5) \quad (G \text{ diambil sebesar } 0,5)$$

$$330,672 = 0,5 \cdot 500 \cdot (C/E - 0,5) \Rightarrow C/E = 1,8$$

Berdasarkan faktor semen-air (C/E) atau dari gambar 3.1 ditentukan :
 variasi perbandingan jumlah semen-air 1, semen 300 kg/m^3 diperoleh
 jumlah air 167 kg/m^3

1. membuat kurva patokan (*reference*).

Tentukan titik patah $A (X_a, Y_a)$:

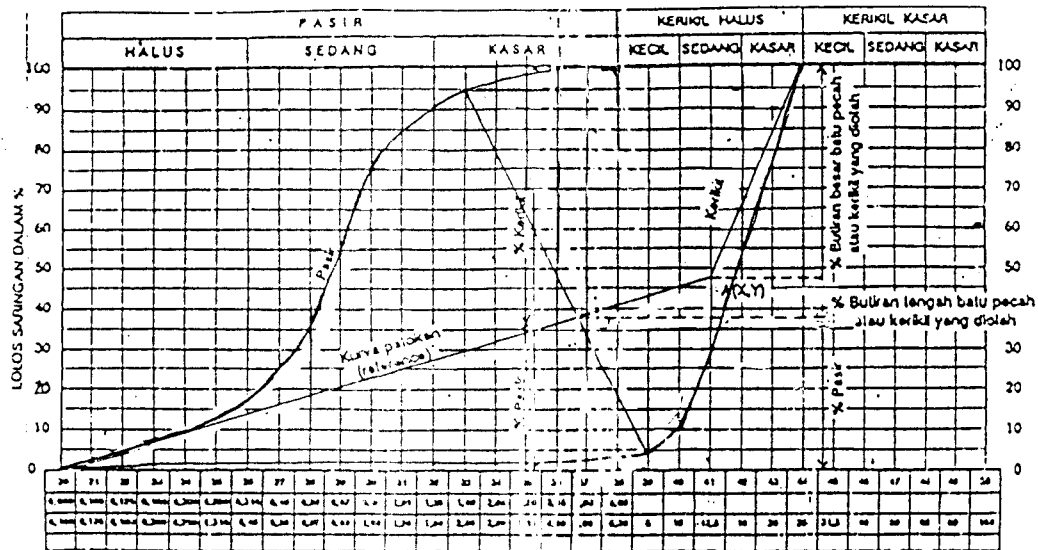
$$X_a = D/2 = 12,5 \text{ cm} \quad (\text{Diameter maksimum butiran } (D) = 25 \text{ mm})$$

$$Y_a = 50 - \sqrt{D} + K + K_s \quad (\text{Lihat Tabel 3.3, didapat } K = +2, K_s = 1,02)$$

$$= 50 - 5 + 2 + 1,02$$

$$= 48,02 \%$$

didapat koordinat titik patah $A (12,5 ; 48,02 \%)$, dan kurva patokan dapat digambarkan.



Grafik 5.2 Analisis Granulometrik (Saringan) Dari Butiran Kerikil Alami Yang Diolah (Suhud, 1991).

2. menentukan persentase pasir dan kerikil.

Karena butiran berasal dari pasir alam dan kerikil alam yang diolah, maka didapat :

- a. pasir = 37 %
- b. kerikil diameter 5 - 12,5 mm = 9 %
- c. kerikil diameter 12,5 - 25 mm = 54 %

3. menentukan koefisien kekompakan (γ)

Dari tabel 3.5 dengan beton kental dan pemadatan normal didapat

$$\gamma = 0,835$$

Harga $C = 300 \text{ kg/m}^3$, sehingga nilai γ harus dikoreksi sebesar :

$$(C - 350) / 5000 = (300 - 350) / 5000 = -0,01$$

$$\gamma_k = 0,835 - 0,01 = 0,825$$

4. menentukan berat semen, pasir, kerikil dan air.
 - a. $\gamma_k = 0,825$, berarti volume absolut bahan butiran ditambah volume absolut semen adalah = 825 liter untuk 1 m^3 beton.
 - b. Volume absolut semen = $C/P_{\text{semen}} = 300 / 3150 = 0,9524 \text{ m}^3 = 95 \text{ lt}$.
 - c. Volume absolut (pasir + kerikil) = $825 - 95 = 730 \text{ lt}$.
 - d. Volume absolut pasir = $37 \% \times 730 = 270 \text{ lt/m}^3$ beton.
 - e. Volume absolut kerikil ($\phi 5 - 12,5 \text{ mm}$) = $9 \% \times 730 = 66 \text{ lt/m}^3$ beton
 - f. Volume absolut kerikil ($\phi 12,5 - 25 \text{ mm}$) = $54 \% \times 730 = 394 \text{ lt/m}^3$ beton

Hasil di atas dikalikan dengan berat jenisnya, didapat berat masing- masing material dalam tiap 1 m^3 beton, yaitu :

- g. Semen (C) = 300 kg
- h. Pasir (P) = $270 \times 2,67 = 721 \text{ kg}$
- i. Kerikil (K) ($\phi 5 - 12,5 \text{ mm}$) = $66 \times 2,5 = 165 \text{ kg}$
- j. Kerikil (K) ($\phi 12,5 - 25 \text{ mm}$) = $394 \times 2,5 = 985 \text{ kg}$
- k. Air (E) = $300/1,8 = 167 \text{ kg}$

Jadi didapatkan dalam satu variasi campuran untuk 10 sample silinder beton perbandingan berat masing -masing bahan susun adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} & \text{Semen : Pasir : Kerikil } (\phi 5 - 12,5 \text{ mm}) : \text{Kerikil } (\phi 12,5 - 25 \text{ mm}) : \text{Air} \\ & = 17,5 \text{ kg} : 42 \text{ kg} : 10 \text{ kg} : 57 \text{ kg} : 9,7 \text{ kg} \end{aligned}$$

Dari variasi gradasi agregat kasar berupa kerikil alami yang tidak diolah dengan perhitungan seperti di atas , maka variasi gradasi 2 selanjutnya dengan jumlah

semen yang berbeda komposisi campurannya dalam satuan berat dapat dilihat pada Tabel 5.5 adalah sebagai berikut :

Tabel 5.5 Komposisi campuran tiap variasi dalam satuan berat

Variasi	Semen (kg)	Air (kg)	Pasir (kg)	Kerikil ($\phi 5 - 12,5$ mm) (kg)	Kerikil ($\phi 12,5 - 25$ mm) (kg)
V2S2	18,1	10	42	10	56,5
V2S3	18,7	10,4	41	10	56
V2S4	19	10,6	41	10	55,5

3. Variasi campuran beton pasir alami dan batu pecah tanpa diolah.
 - a. $B_{j\text{pasir}} (\text{SSD}) = 2,67 \text{ g/cm}^3$
 - b. $B_{j\text{ batu pecah}} (\text{SSD}) = 2,67 \text{ g/cm}^3$
 - c. $B_{j\text{semen}} = 3,15$ (semen Nusantara $\sigma'_c = 500 \text{ kg/cm}^2$).
 - d. Diameter maksimum agregat kasar (D_{maks}) = 25 mm.
 - e. Kuat tekan rencana yang diisyaratkan $f'_c = 30 \text{ MPa}$.
 - f. Volume beton ditetapkan setiap 1 m^3 .
1. menghitung perbandingan jumlah semen-air berdasarkan kuat tekan rata-rata.

$$f'_{cr} \text{ kubus} = f'_c + 1,64 \cdot S_d \quad (S_d = 60)$$

$$\begin{aligned} f'_{cr} \text{ kubus} &= 300 + 1,64 \cdot 60 & (f'_c = 300 \text{ kg/cm}^2) \\ &= 398,4 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$f'_{cr} \text{ silinder} = 0,83 \cdot f'_{cr} \text{ kubus}$$

$$f'_{cr} \text{ silinder} = 0,83 \cdot 398,4$$

$$f'_{cr} \text{ silinder} = 330,672 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'_{cr} = G \cdot \sigma'_c \cdot (C/E - 0,5) \quad (G \text{ diambil sebesar } 0,5)$$

$$330,672 = 0,5 \cdot 500 \cdot (C/E - 0,5) \Rightarrow C/E = 1,8$$



Berdasarkan faktor semen-air (C/E) di atas dari gambar 3.1 ditentukan :
 variasi perbandingan semen-air 1 , semen 300 kg/m^3 didapat jumlah air 167 kg/m^3 .

2. membuat kurva patokan (reference).

Tentukan titik patah $A (X_a, Y_a)$:

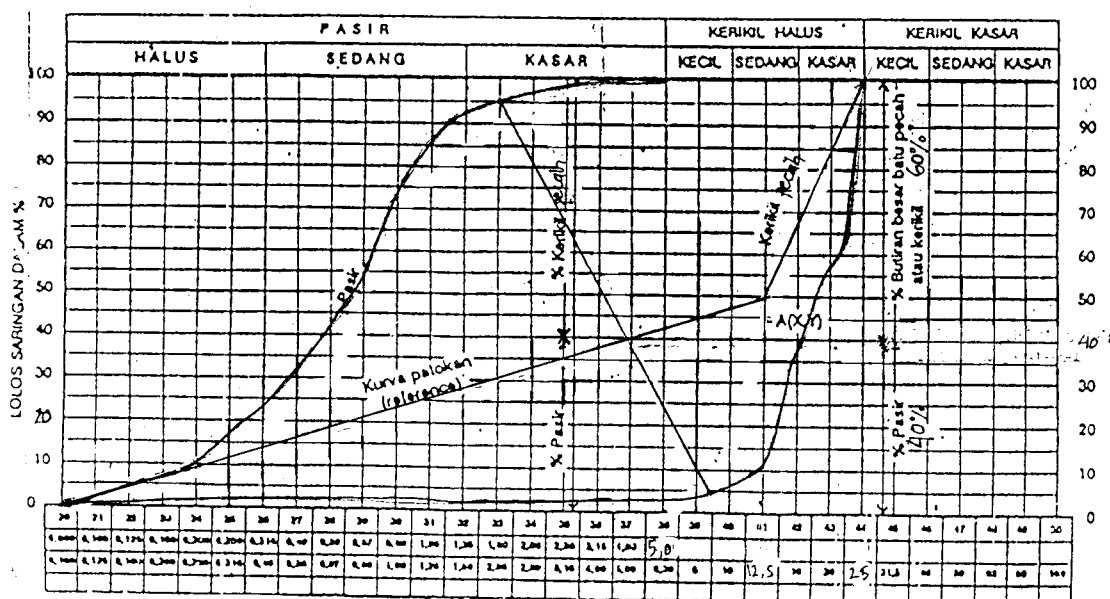
$$X_a = D/2 = 12,5 \text{ cm} \quad (\text{Diameter maksimum butiran (D) = 25 mm})$$

$$Y_a = 50 - \sqrt{D} + K \quad (\text{Lihat Tabel 3.3, didapat } K = +4, K_s = 1,02)$$

$$= 50 - 5 + 4 + 1,02$$

$$= 50,02 \%$$

didapat koordinat titik patah $A (12,5, 50,02 \%)$, dan kurva patokan dapat digambarkan.



Grafik 5.3 Analisis Granulometrik (Saringan) Dari Butiran Batu Pecah Tanpa Diolah (Suhud, 1991).

3. menentukan persentase pasir dan batu pecah.

Karena butiran berasal dari pasir alam dan batu pecah yang tidak diolah, maka didapat :

- a. pasir = 40 %
- b. Batu pecah = 60 %
4. menentukan koefisien kekompakan (γ).

Dari Tabel 3.5 dengan beton kental dan pemadatan normal didapat

$$\gamma = 0,835.$$

Harga $C = 300 \text{ kg/m}^3$, sehingga nilai γ harus dikoreksi sebesar :

$$(C - 350) / 5000 = (300 - 350) / 5000 = -0,01$$

Gabungan Pasir alam + Batu pecah, $K = 0,01$

$$K \text{ total} = -0,01 - 0,01 = -0,02$$

$$\gamma_k = 0,835 - 0,02 = 0,815$$

5. menentukan berat semen, pasir, batu pecah dan air.
 - a. $\gamma_k = 0,815$, berarti volume absolut bahan butiran ditambah volume absolut semen adalah = 815 liter untuk 1 m^3 beton.
 - b. Volume absolut semen = $C / B_{\text{semen}} = 300 / 3150 = 0,9524 \text{ m}^3 = 95 \text{ lt.}$
 - c. Volume absolut (pasir + batu pecah) = $815 - 95 = 720 \text{ lt.}$
 - d. Volume absolut pasir = $40 \% \times 720 = 288 \text{ lt/m}^3$ beton.
 - e. Volume absolut batu pecah = $60 \% \times 720 = 432 \text{ lt/m}^3$ beton.

Hasil di atas dikalikan dengan berat jenisnya, didapat berat masing-masing material dalam tiap 1 m^3 beton, yaitu :

- f. Semen (C) = 300 kg
- g. Pasir (P) = $288 \times 2,67 = 769 \text{ kg}$

h. Batu pecah (KP) = $432 \times 2,67 = 1153$ kg

i. Air (E) = $300/1,8 = 167$ kg

Jadi didapatkan dalam satu variasi campuran untuk 10 sample silinder beton perbandingan berat masing-masing bahan susun adalah sebagai berikut:

$$\text{Semen : Pasir : Batu pecah : Air} = 17,5 \text{ kg} : 45 \text{ kg} : 67 \text{ kg} : 9,7 \text{ kg}$$

Dari variasi gradasi agregat kasar berupa krikil alami yang tidak diolah dengan perhitungan seperti di atas , maka variasi gradasi 3 selanjutnya dengan jumlah semen yang berbeda komposisi campurannya dalam satuan berat dapat dilihat pada Tabel 5.6.

Tabel 5.6 Komposisi campuran tiap variasi dalam satuan berat

Variasi	Semen (kg)	Air (kg)	Pasir (kg)	Batu pecah (ϕ 5–25mm) (kg)
V3S2	18,1	10	45	66,5
V3S3	18,7	10,4	44	66
V3S4	19,2	10,7	44	65,5

4. Variasi campuran beton pasir alami dan batu pecah yang di olah.

- $B_{j_{pasir}} (SSD) = 2,67 \text{ g/cm}^3$
- $B_{j_{batu\ pecah}} (SSD) = 2,67 \text{ g/cm}^3$
- $B_{j_{semen}} = 3,15$ (semen Nusantara $\sigma'_c = 500 \text{ kg/cm}^2$).
- Diameter maksimum agregat kasar (D_{maks}) = 25 mm.
- Kuat tekan rencana yang disyaratkan $f'_c = 30$ MPa.
- Volume beton ditetapkan setiap 1 m^3 .
- menghitung perbandingan jumlah semen-air berdasarkan kuat tekan rata-rata.

$$f'_{cr \text{ kubus}} = f'_c + 1,64 . S_d \quad (S_d = 60)$$

$$f'_{cr} \text{ kubus} = 300 + 1,64 \cdot 60 \quad (f'_c=300 \text{ kg/cm}^2)$$

$$= 398,4 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'_{cr} \text{ silinder} = 0,83 \cdot f'_{cr} \text{ kubus}$$

$$f'_{cr} \text{ silinder} = 0,83 \cdot 398,4$$

$$f'_{cr} \text{ silinder} = 330,672 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'_{cr} = G \cdot \sigma'_c \cdot (C/E - 0,5) \quad (G \text{ diambil sebesar } 0,5)$$

$$330,672 = 0,5 \cdot 500 \cdot (C/E - 0,5) \Rightarrow C/E = 1,8$$

Berdasarkan faktor semen-air (C/E) di atas dari gambar 3.1 ditentukan :
 variasi perbandingan semen-air I, jumlah semen 300 kg/m^3 didapat jumlah
 air 167 kg/m^3 .

1. membuat kurva patokan (reference).

Tentukan titik patah $A (X_a, Y_a)$:

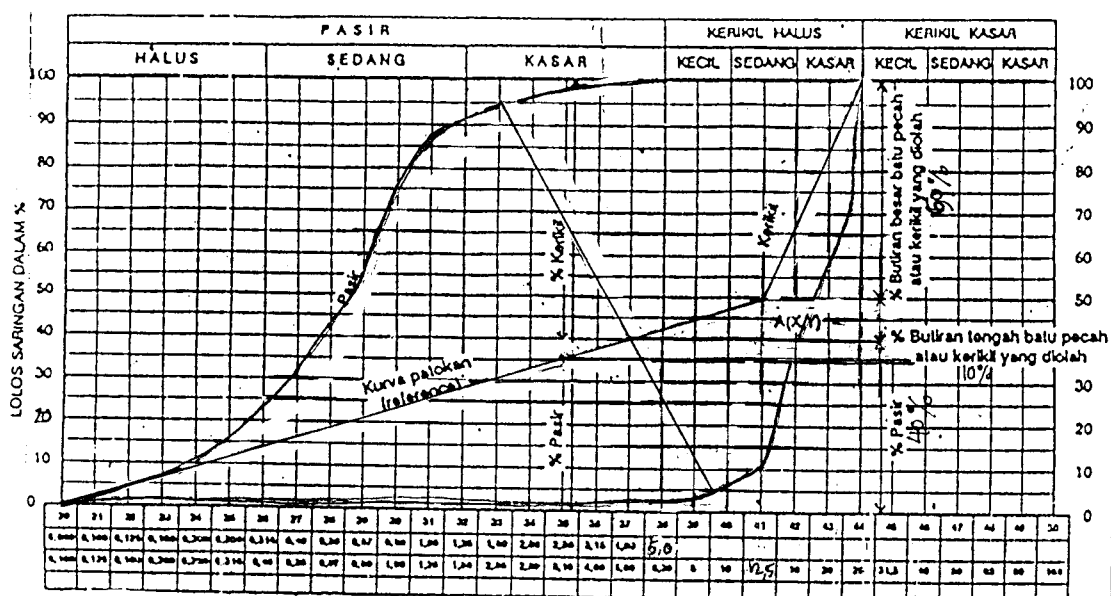
$$X_a = D/2 = 12,5 \text{ cm} \quad (\text{Diameter maksimum butiran } (D) = 25 \text{ mm})$$

$$Y_a = 50 - \sqrt{D} + K + K_s \quad (\text{Lihat Tabel 3.3, didapat } K = +4, K_s = 1,02)$$

$$= 50 - 5 + 4 + 1$$

$$= 50,02 \%$$

didapat koordinat titik patah $A (12,5, 50,02 \%)$, dan kurva patokan dapat digambarkan.



Grafik 5.4 Analisis Granulometrik (Saringan) Dari Butiran Batu Pecah Yang Diolah (Suhud, 1991).

2. menentukan persentase pasir dan batu pecah.

Karena butiran berasal dari pasir alam dan batu pecah yang diolah, maka didapat :

- pasir = 40 %
 - batu pecah diameter 5 - 12,5 mm = 10 %
 - batu pecah diameter 12,5 – 25 mm = 50 %
3. menentukan koefisien kekompakan (γ).

Dari tabel 3.5. dengan beton kental dan pemadatan normal didapat

$$\gamma = 0,835$$

Harga $C = 300 \text{ kg/m}^3$, sehingga nilai γ harus dikoreksi sebesar :

$$(C - 350) / 5000 = (300 - 350) / 5000 = -0,01$$

gabungan pasir alam + batu pecah , $K= 0,01$

$$K \text{ total} = - 0,01 - 0,01 = - 0,02$$

$$\gamma_k = 0,835 - 0,02 = 0,815$$

4. menentukan berat semen, pasir, batu pecah dan air.

a. $\gamma_k = 0,815$, berarti volume absolut bahan butiran ditambah volume absolut semen adalah = 815 liter untuk 1 m³ beton.

b. Volume absolut semen = $C / B_{j\text{semen}} = 300 / 3150 = 0,9524 \text{ m}^3 = 95 \text{ lt.}$

c. Volume absolut (pasir + batu pecah) = $815 - 95 = 720 \text{ lt.}$

d. Volume absolut pasir = $40 \% \times 720 = 288 \text{ lt/m}^3 \text{ beton.}$

e. Volume absolut batu pecah ($\phi 5-12,5 \text{ mm}$) = $10 \% \times 720 = 72 \text{ lt/m}^3$
beton

f. Volume absolut batu pecah ($\phi 12,5 - 25 \text{ mm}$) = $50 \% \times 720 = 360 \text{ lt/m}^3$
beton

Hasil di atas dikalikan dengan berat jenisnya, didapat berat masing-masing material dalam tiap 1 m³ beton, yaitu :

a. Semen (C) = 300 kg

b. Pasir (P) = $288 \times 2,67 = 769 \text{ kg}$

c. Batu pecah (KP)($\phi 5- 12,5 \text{ mm}$) = $72 \times 2,67 = 192 \text{ kg}$

d. Batu pecah (KP)($\phi 12,5 - 25 \text{ mm}$) = $360 \times 2,67 = 961 \text{ kg}$

e. Air (E) = $300/1,8 = 167 \text{ kg}$

Jadi didapatkan dalam satu variasi campuran untuk 10 sample silinder beton perbandingan berat masing –masing bahan susun adalah sebagai berikut :

Semen : Pasir : batu pecah ($\phi 5 - 12,5$ mm): batu pecah ($\phi 12,5 - 25$ mm):

Air = 17,5 kg : 45 kg : 11 kg : 56 kg : 9,7 kg

Dari variasi gradasi agregat kasar berupa batu pecah yang diolah dengan perhitungan seperti di atas , maka variasi gradasi 4 selanjutnya dengan jumlah semen yang berbeda komposisi campurannya dalam satuan berat dapat dilihat pada Tabel 5.7.

Tabel 5.7 Komposisi campuran tiap variasi dalam satuan berat

Variasi	Semen (kg)	Air (kg)	Pasir (kg)	Batu pecah ($\phi 5 - 12,5$ mm) (kg)	Batu pecah ($\phi 12,5 - 25$ mm) (kg)
V4S2	18,1	10,03	45	11	55,5
V4S3	18,7	10,4	44	11	55
V4S4	19,24	10,7	44	11	54,5

5.4 Proses Pencampuran

Langkah pembuatan benda uji adalah sebagai berikut :

1. semua bahan dan alat untuk campuran beton disiapkan dan di bersihkan,
2. bahan susun beton ditimbang sesuai perbandingan berat diatas , kemudian diaduk menjadi satu berturut-turut, agregat kasar , agregat halus, semen dan air,
3. sementara itu cetakan silinder diatur dan di olesi oli sebagai pelumas serta kunci silinder dikencangkan,
4. setelah adukan beton benar-benar bercampur, segera dilakukan pengukuran slump dengan kerucut abrams dengan diameter atas 10 cm diameter bawah 10 cm dan tinggi 30 cm,

Langkah pengukuran slump sebagai berikut :

- a. isi kerucut 1/3 bagian ,
- b. tusuk-tusuk sebanyak 25x,
- c. begitu seterusnya sampai bagian atas kerucut penuh,
- d. angkat kerucut secara vertikal dan ukur penurunannya .

hasil pengukuran slump selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.8.

5. kemudian dilakukan pengisian kedalam cetakan secara bertahap , pengisian beton 1/3 cetakan dan ditusuk –tusuk dengan tongkat baja, begitu juga tahap selanjutnya sampai cetakan penuh, ratakan permukaannya dan ketuk-ketuk,
6. biarkan beton dalam cetakan selama 24 jam dan letakan pada tempat yang lembab dan bebas dari getaran, dan
7. setelah 24 jam cetakan dapat dibuka untuk perawatan beton dapat dimasukkan dalam air atau ditutup karung yang basah sampai satu hari sebelum pengujian.

5.5 Hasil Pengukuran Slump

Hasil pengukuran slump untuk masing – masing variasi adalah sebagai berikut :

Tabel 5.8. Hasil pengukuran slump

Variasi Gradasi dan perbandingan jumlah semen-air	Slump (cm)
V1S1	9,5
V1S2	10,2
V1S3	13,3
V1S4	10,1
V2S1	6,8
V2S2	7,5
V2S3	7,1
V2S4	7,4
V3S1	5,5
V3S2	5,6
V3S3	5,1
V3S4	6,5
V4S1	6,6
V4S2	6,9
V4S3	5,5
V4S4	6,2

5.4 Proses Pengujian Benda Uji.

Untuk mengetahui kekuatan beton yang telah di buat dilakukan pengujian desak beton dengan menggunakan alat uji desak merk “ *Controls* ” yang dilakukan setelah benda uji berumur 7 , 14 dan 28 hari. Pengujian dengan memberi beban pada silinder dengan tingkatan tertentu sampai terjadi keruntuhan (“ *Failure* ”). Benda uji diletakkan pada alat uji tepat ditengah agar penekanan dapat mencapai maksimal. Kekuatan uji desak dapat dihitung dengan cara membagi beban maximum yang diterima dengan luas permukaan benda uji atau mengikuti rumus sebagai berikut :

$$\tau_b = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(5.1.)$$

Dimana : τ_b adalah kuat tekan beton
 P adalah beban maximal yang diterima silinder beton
 A adalah luas penampang silinder beton.

5.5 Pengujian Benda Uji

Faktor konversi 1 kN = 101,971 kg.

Hasil pengujian kuat tekan silinder beton berdasarkan variasi gradasi dengan perbandingan semen- air tetap dilihat pada Tabel 5.9, Tabel 5.10, dan Tabel 5.11.

Tabel 5.9. Hasil pengujian umur 7 hari.

Variasi		No.	Kuat tekan (kg/cm ²)	Kuat tekan rata-rata (kg/cm ²)
V1	V1S1	1	256,566	251,274
		2	243,843	
		3	253,392	
	V1S2	1	227,021	242,969
		2	241,642	
		3	260,244	
	V1S3	1	256,782	251,573
		2	232,631	
		3	265,306	
	V1S4	1	207,408	224,913
		2	231,534	
		3	235,797	
V2	V2S1	1	298,367	278,536
		2	295,989	
		3	241,253	
	V2S2	1	298,367	308,168
		2	323,141	
		3	302,995	
	V2S3	1	332,020	308,132
		2	246,153	
		3	346,223	
	V2S4	1	300,861	315,090
		2	312,851	
		3	331,559	
V3	V3S1	1	233,791	233,915
		2	208,166	
		3	259,787	
	V3S2	1	274,963	243,025
		2	235,217	
		3	245,896	
	V3S3	1	273,935	283,529
		2	287,938	
		3	288,711	
	V3S4	1	285,253	277,311
		2	270,182	
		3	276,498	
V4	V4S1	1	253,669	259,429
		2	248,126	
		3	276,493	
	V4S2	1	250,728	244,957
		2	234,261	
		3	249,883	
	V4S3	1	281,362	308,821
		2	319,510	
		3	325,592	
	V4S4	1	303,754	308,468
		2	323,141	
		3	298,509	

Tabel 5.10 Hasil pengujian umur 14 hari

Variasi		No.	Kuat tekan (kg / cm ²)	Kuat tekan rata-rata (kg / cm ²)
V1	VIS1	1	324,569	292,542
		2	287,938	
		3	265,120	
	VIS2	1	255,768	278,537
		2	326,296	
		3	253,558	
	VIS3	1	282,749	262,382
		2	245,896	
		3	258,502	
	VIS4	1	273,373	321,942
		2	329,381	
		3	363,072	
V2	V2S1	1	384,068	346,151
		2	288,904	
		3	365,480	
	V2S2	1	365,480	366,248
		2	389,795	
		3	343,469	
	V2S3	1	362,565	372,788
		2	373,425	
		3	382,377	
	V2S4	1	349,108	365,474
		2	364,425	
		3	274,459	
V3	V3S1	1	281,566	282,159
		2	290,452	
		3	290,452	
	V3S2	1	294,513	270,071
		2	272,296	
		3	243,399	
	V3S3	1	392,110	362,913
		2	349,945	
		3	346,685	
	V3S4	1	332,646	314,144
		2	305,319	
		3	304,486	
V4	V4S1	1	309,954	297,902
		2	295,233	
		3	288,518	
	V4S2	1	308,705	279,594
		2	248,457	
		3	281,621	
	V4S3	1	352,389	364,133
		2	389,501	
		3	350,509	
	V4S4	1	366,419	351,864
		2	378,726	
		3	310,446	

Tabel 5.11. Hasil pengujian umur 28 hari

Variasi		No.	Kuat tekan (kg / cm ²)	Kuat tekan rata-rata (kg / cm ²)
V1	V1S1	1	324,005	344,741
		2	349,574	
		3	360,643	
	V1S2	1	337,828	341,649
		2	343,192	
		3	343,926	
	V1S3	1	343,926	338,153
		2	337,405	
		3	333,128	
	V1S4	1	386,615	373,573
		2	366,415	
		3	367,684	
V2	V2S1	1	392,635	422,283
		2	435,664	
		3	438,545	
	V2S2	1	429,316	433,753
		2	435,098	
		3	436,846	
	V2S3	1	435,640	446,640
		2	436,219	
		3	468,059	
	V2S4	1	432,195	410,385
		2	367,342	
		3	431,618	
V3	V3S1	1	328,211	335,808
		2	354,918	
		3	324,295	
	V3S2	1	341,500	334,319
		2	316,805	
		3	344,113	
	V3S3	1	450,303	451,365
		2	434,516	
		3	469,276	
	V3S4	1	346,565	367,164
		2	347,029	
		3	407,899	
V4	V4S1	1	296,923	339,021
		2	348,542	
		3	371,598	
	V4S2	1	364,038	344,349
		2	344,715	
		3	324,295	
	V4S3	1	365,480	388,284
		2	403,926	
		3	395,445	
	V4S4	1	415,467	428,918
		2	410,526	
		3	460,762	

BAH VI

ANALISIS HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

6.1 Analisis Pengendalian Mutu Pekerjaan Beton

Penelitian ini menggunakan 4 (empat) variasi gradasi agregat kasar lolos saringan dengan variasi sebagai berikut ini.

1. Variasi 1 (V1), variasi gradasi agregat kasar berupa kerikil alam tanpa diolah yang lolos saringan 25 mm dan tertahan saringan 5 mm sebesar 63 %.
2. Variasi 2 (V2), variasi gradasi agregat kasar berupa kerikil alam diolah yang lolos saringan 25 mm tertahan saringan 12,5 mm sebesar 54 % dan lolos saringan 12,5 mm tertahan saringan 5 mm sebesar 9 %.
3. Variasi 3 (V3), variasi gradasi agregat kasar berupa batu pecah tanpa diolah yang lolos saringan 25 mm dan tertahan saringan 12,5 mm sebesar 62 % .
4. Variasi 4 (V4), variasi gradasi agregat kasar berupa batu pecah diolah yang lolos saringan 25 mm tertahan saringan 12,5 mm sebesar 53 % dan lolos saringan 12,5 mm tertahan saringan 5 mm sebesar 9 %.

Faktor semen-air (C/E) tetap sebesar 1,8 dengan 4 (empat) variasi perbandingan jumlah semen-air yaitu :

1. variasi perbandingan jumlah semen-air 1 (S1),
2. variasi perbandingan jumlah semen-air 2 (S2),
3. variasi perbandingan jumlah semen-air 3 (S3), dan
4. variasi perbandingan jumlah semen-air 4 (S4).

Perhitungan kekuatan tekan beton rata-rata dimaksudkan untuk mencari mutu beton dan tingkat mutu pelaksanaan. Adapun cara perhitungan kekuatan tekan beton rata-rata dapat digunakan rumus berikut ini :

kuat tekan umur 28 hari = kuat tekan benda uji (f'_c) / faktor umur

$$\text{kuat tekan rata-rata } (f'_{cr}) = \frac{\sum f'_{c28}}{N}$$

$$\text{Deviasi Standar } (S_d) = \sqrt{\frac{\sum (f'_{c28} - f'_{cr})^2}{N - 1}}$$

Dimana:

$$f'_{cr} = \text{kuat tekan beton rata-rata (kg/cm}^2 \text{)}$$

$$S_d = \text{Deviasi standar (kg/cm}^2 \text{)}$$

$$f'_{28} = \text{kuat tekan beton rata-rata pada umur 28 hari (kg/cm}^2 \text{)}$$

Perhitungan deviasi standart, kuat tekan beton rata-rata dapat dilihat pada Tabel dan hitungan berikut :

Tabel 6.1 Perhitungan kekuatan tekan beton pada variasi gradasi 1 dengan perbandingan jumlah semen-air 1 (VIS1)

No.	Umur	Faktor Umur	f'_c (kg/cm ²)	f'_{28} (kg/cm ²)	f'_{cr} (kg/cm ²)	$(f'_{28}-f'_{cr})^2$ (kg/cm ²)
1	7	0,65	256,566	366,523	345,379	447,0602
2	7	0,65	243,863	348,376	345,379	8,98081
3	7	0,65	253,392	361,989	345,379	275,8855
4	14	0,88	324,569	368,828	345,379	549,8462
5	14	0,88	287,938	327,202	345,379	330,4106
6	14	0,88	265,120	301,273	345,379	1945,3569
7	28	1,00	324,005	324,005	345,379	456,856
8	28	1,00	349,574	349,574	345,379	17,5963
9	28	1,00	360,643	360,643	345,379	232,9836
				3108,413		4264,9761

$$S_d = \sqrt{\frac{(f'_{28} - f'_{cr})^2}{N - 1}}$$

$$S_d = \sqrt{\frac{4264,9761}{9 - 1}} = 23,0894 \text{ kg / cm}^2$$

Dengan langkah seperti diatas, perhitungan kuat tekan beton rata-rata dan deviasi standar pada variasi gradasi lainnya dapat dilihat dalam lampiran.

Hasil perhitungan deviasi standar dapat dilihat pada Tabel 6.2 berikut ini:

Tabel 6.2 Hasil perhitungan deviasi standar masing-masing variasi

No	Variasi gradasi agregat dan perbandingan jumlah semen-air	Deviasi standar (kg / cm ²)
1	V1S1	23,0894
2	V1S2	29,9384
3	V1S3	31,4979
4	V1S4	37,4991
5	V2S1	41,3520
6	V2S2	19,5397
7	V2S3	41,4630
8	V2S4	27,9330
9	V3S1	21,9550

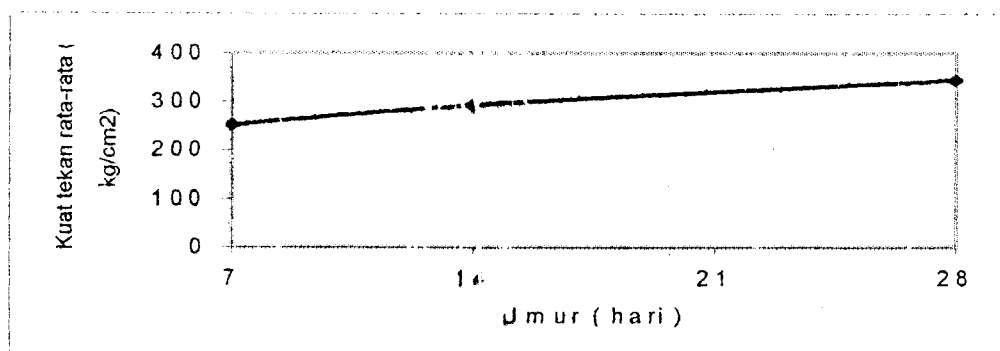
10	V3S2	24,6896
11	V3S3	27,2960
12	V3S4	27,0760
13	V4S1	27,8090
14	V4S2	25,6680
15	V4S3	32,8050
16	V4S4	32,1950

6.2 Ringkasan Hasil Penelitian

Dari hasil pengujian kuat tekan beton dengan variasi gradasi agregat kasar dan perbandingan semen-air diatas, pada tabel dan grafik berikut ini dapat dilihat laju kenaikan kuat tekan rata-rata dengan variasi umur 7, 14, dan 28 hari dari masing-masing variasi :

Tabel 6.3 Kuat tekan rata-rata beton variasi gradasi 1 dengan perbandingan jumlah semen-air 1 (V1S1)

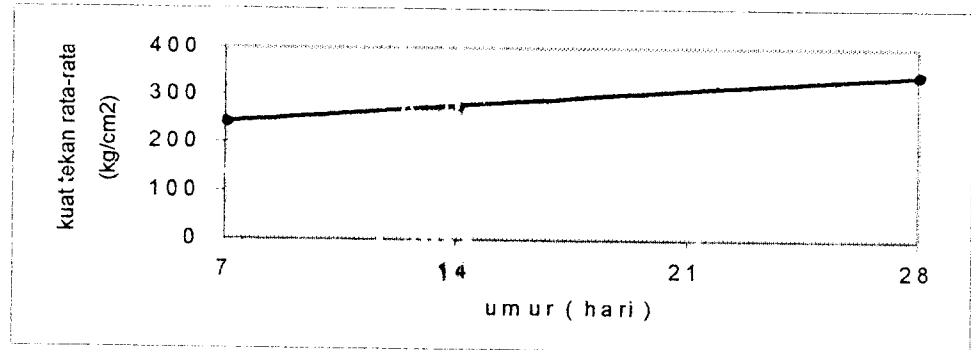
Umur (hari)	Kuat Tekan Rata-Rata (kg/cm^2)
7	241,274
14	292,542
28	334,741



Grafik 6.1 Kuat tekan rata-rata beton variasi gradasi 1 dengan perbandingan jumlah semen-air 1 (V1S1)

Tabel 6.6 Kuat tekan rata-rata beton variasi gradasi 1 dengan perbandingan jumlah semen-air 4 (V1S4)

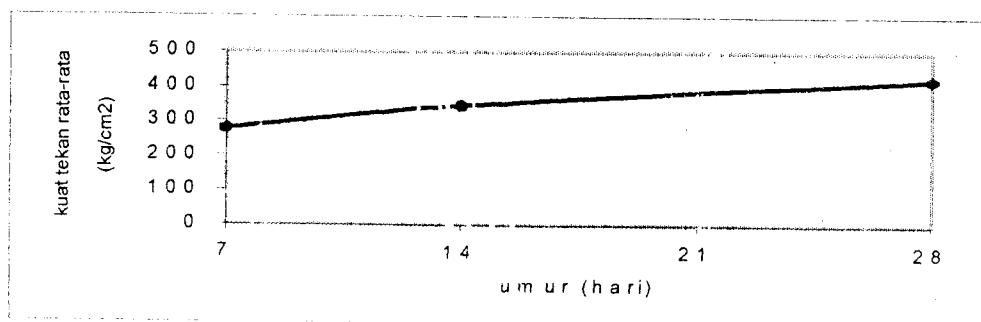
Umur (hari)	Kuat Tekan Rata-Rata (kg/cm^2)
7	224,913
14	321,942
28	373,573



Grafik 6.4 Kuat tekan rata-rata beton variasi gradasi 1 dengan perbandingan jumlah semen-air 4 (V1S4).

Tabel 6.7. Kuat tekan rata-rata beton variasi gradasi 2 dengan perbandingan jumlah semen-air 1 (V2S1)

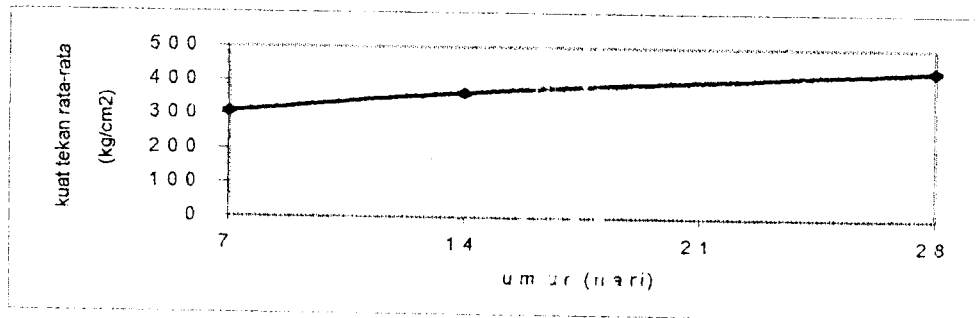
Umur (hari)	Kuat Tekan Rata-Rata (kg/cm^2)
7	278,536
14	346,151
28	422,283



Grafik 6.5 Kuat tekan rata-rata beton variasi gradasi 2 dengan perbandingan jumlah semen-air 1 (V2S1)

Tabel 6.8 Kuat tekan rata-rata beton variasi gradasi 2 dengan perbandingan jumlah semen-air 2 (V2S2).

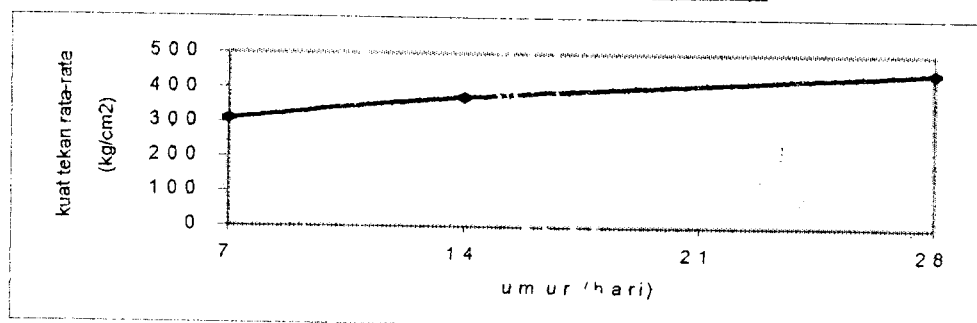
Umur (hari)	Kuat Tekan Rata-Rata (kg/cm^2)
7	308,168
14	365,248
28	433,753



Grafik 6.6 Kuat tekan rata-rata beton variasi gradasi 2 dengan perbandingan jumlah semen-air 2 (V2S2).

Tabel 6.9 Kuat tekan rata-rata beton variasi gradasi 2 dengan perbandingan jumlah semen-air 3 (V2S3).

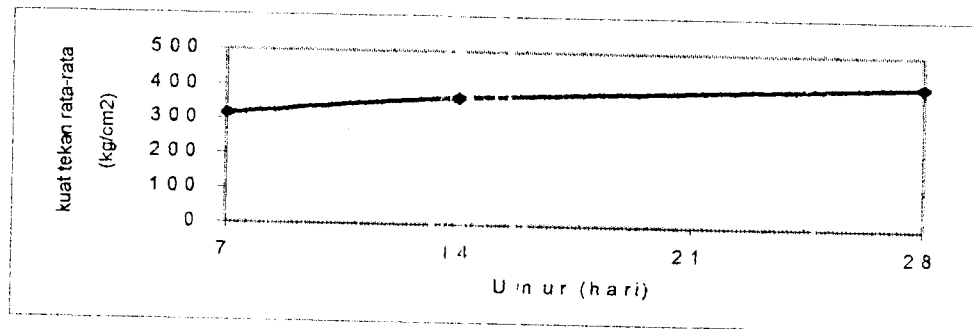
Umur (hari)	Kuat Tekan Rata-Rata (kg/cm^2)
7	308,132
14	372,788
28	446,640



Grafik 6.7 Kuat tekan rata-rata beton variasi gradasi 2 dengan perbandingan jumlah semen-air 3 (V2S3).

Tabel 6.10 Kuat tekan rata-rata beton variasi gradasi 2 dengan perbandingan jumlah semen-air 4 (V2S4).

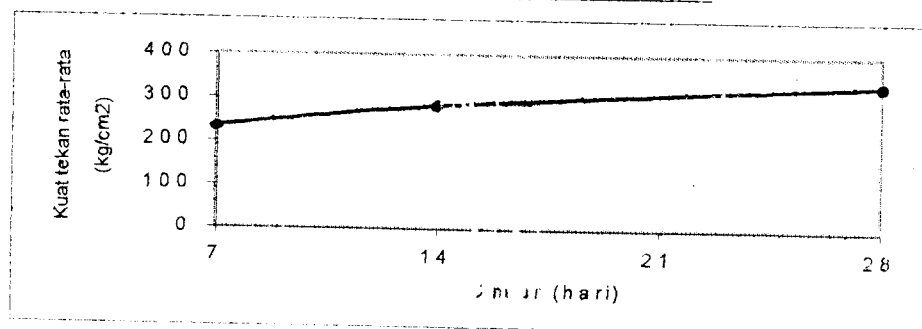
Umur (hari)	Kuat Tekan Rata-Rata (kg/cm^2)
7	315,090
14	365,474
28	410,385



Grafik 6.8 Kuat tekan rata-rata beton variasi gradasi 2 dengan perbandingan Jumlah semen-air 4 (V2S4).

Tabel 6.11 Kuat tekan rata-rata beton variasi gradasi 3 dengan perbandingan jumlah semen-air 1 (V3S1)

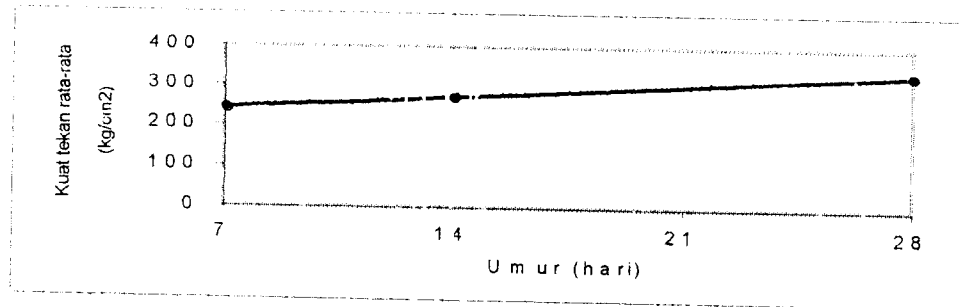
Umur (hari)	Kuat Tekan Rata-Rata (kg/cm^2)
7	233,915
14	262,159
28	335,808



Grafik 6.9 Kuat tekan rata-rata beton variasi gradasi 3 dengan perbandingan jumlah semen-air 1 (V3S1).

Tabel 6.12 Kuat tekan rata-rata beton variasi gradasi 3 dengan perbandingan jumlah semen-air 2 (V3S2).

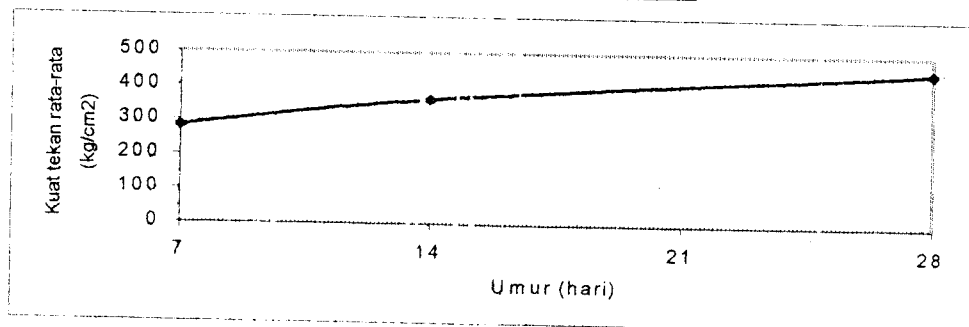
Umur (hari)	Kuat Tekan Rata-Rata (kg/cm^2)
7	243,025
14	270,071
28	334,139



Grafik 6.10 Kuat tekan rata-rata beton variasi gradasi 3 dengan perbandingan jumlah semen-air 2 (V3S2).

Tabel 6.13 Kuat tekan rata-rata beton variasi gradasi 3 dengan perbandingan jumlah semen-air 3 (V3S3).

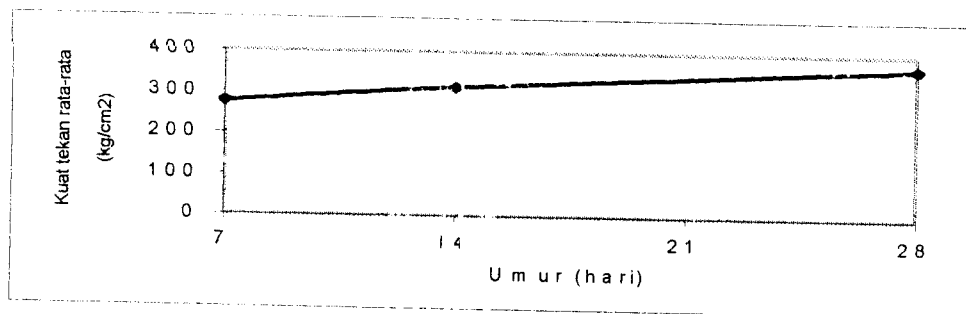
Umur (hari)	Kuat Tekan Rata-Rata (kg/cm^2)
7	283,529
14	352,913
28	451,365



Grafik 6.11 Kuat tekan rata-rata beton variasi gradasi 3 dengan perbandingan jumlah semen-air 3 (V3S3).

Tabel 6.14 Kuat tekan rata-rata beton variasi gradasi 3 dengan perbandingan jumlah semen-air 4 (V3S4).

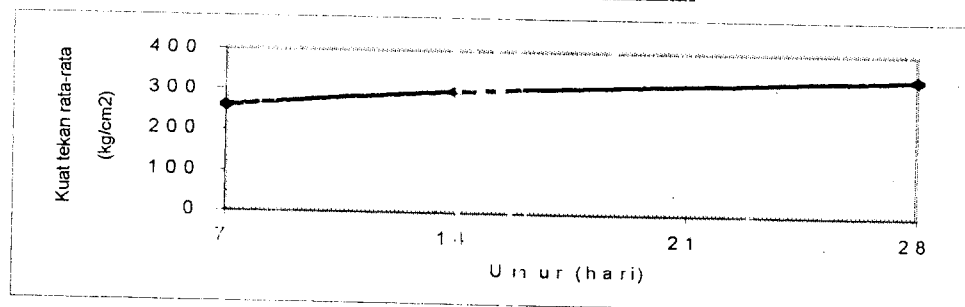
Umur (hari)	Kuat Tekan Rata-Rata (kg/cm^2)
7	277,311
14	314,144
28	367,164



Grafik 6.12 Kuat tekan rata-rata beton variasi gradasi 3 dengan perbandingan jumlah semen-air 4 (V3S4).

Tabel 6.15 Kuat tekan rata-rata beton variasi gradasi 4 dengan perbandingan jumlah semen-air 1 (V4S1).

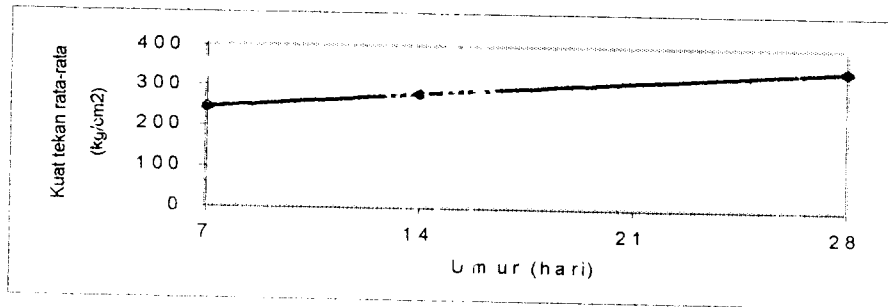
Umur (hari)	Kuat Tekan Rata-Rata (kg/cm^2)
7	259,429
14	297,902
28	339,021



Grafik 6.13 Kuat tekan rata-rata beton variasi gradasi 4 dengan perbandingan jumlah semen-air 1 (V4S1).

Tabel 6.16 Kuat tekan rata-rata beton variasi gradasi 4 dengan perbandingan jumlah semen-air 2 (V4S2).

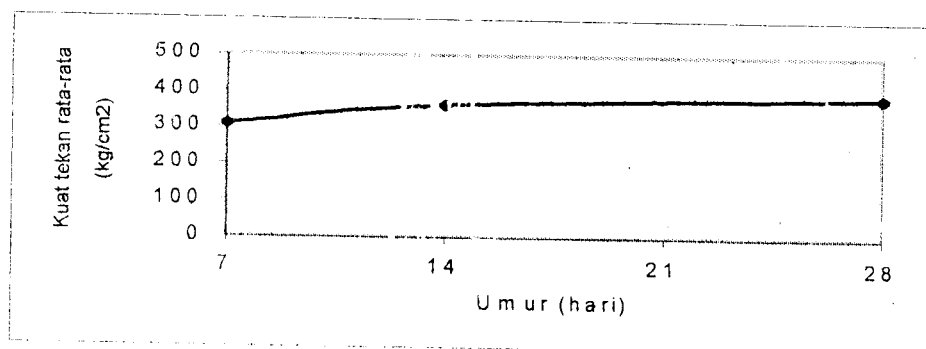
Umur (hari)	Kuat Tekan Rata-Rata (kg/cm^2)
7	244,957
14	279,594
28	344,349



Grafik 6.14 Kuat tekan rata-rata beton variasi gradasi 4 dengan perbandingan jumlah semen-air 2 (V4S2).

Tabel 6.17 Kuat tekan rata-rata beton variasi gradasi 4 dengan perbandingan jumlah semen-air 3 (V4S3)

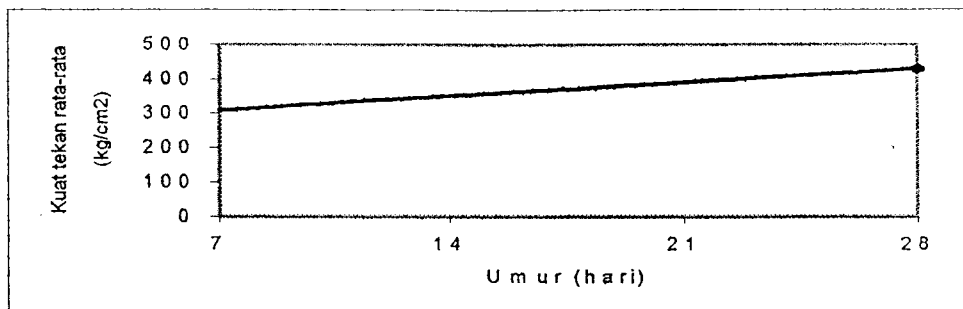
Umur (hari)	Kuat Tekan Rata-Rata (kg/cm^2)
7	308,821
14	364,133
28	333,284



Grafik 6.15 Kuat tekan rata-rata beton variasi gradasi 4 dengan perbandingan jumlah semen-air 3 (V4S3).

Tabel 6.18 Kuat tekan rata-rata beton variasi gradasi 4 dengan perbandingan jumlah semen-air 4 (V4S4).

Umur (hari)	Kuat Tekan Rata-Rata (kg / cm ²)
7	308,468
14	351,864
28	428,918

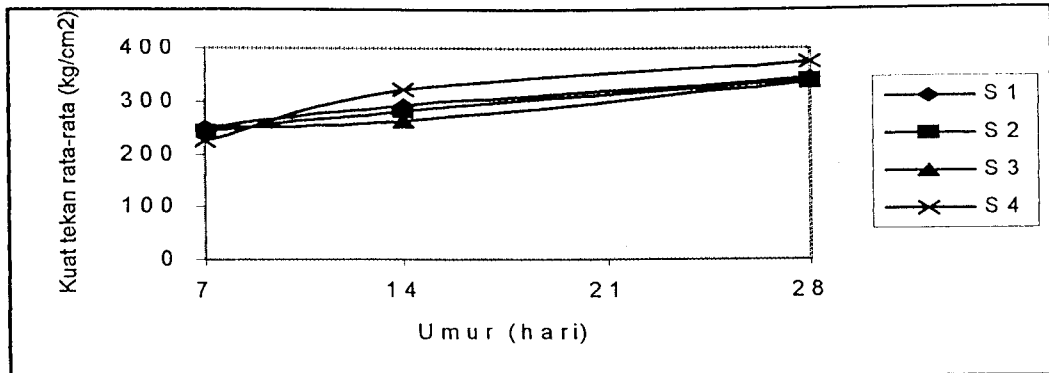


Grafik 6.16 Kuat tekan rata-rata beton variasi gradasi 4 dengan perbandingan jumlah semen-air 4 (V4S4).

Dari 4 macam variasi gradasi agregat kasar dan perbandingan semen-air bila kita bandingkan kuat tekan rata-rata yang dihasilkan pada umur 7,14, dan 28 hari , maka dapat kita lihat pengaruh dari variasi perbandingan jumlah semen sebesar 300 kg, 310 kg, 320 kg, dan 330 kg per meter kubik beton terhadap kuat tekannya pada tiap-tiap variasi gradasi agregat seperti terlihat pada Tabel dan Grafik berikut ini:

Tabel 6.19 Variasi jumlah semen terhadap kuat tekan rata-rata beton pada variasi gradasi 1 (V1)

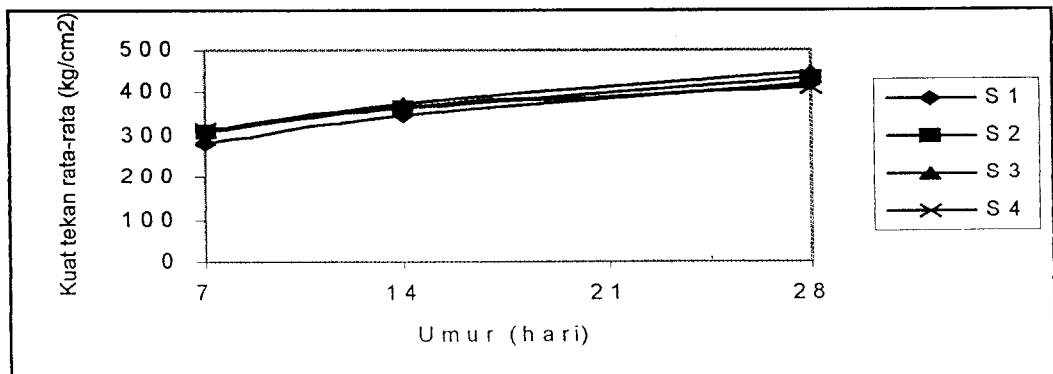
No	Jumlah Semen (kg) (/m ³ beton)	Kuat tekan rata-rata beton (kg / cm ²)		
		Umur 7 hari	Umur 14 hari	Umur 28 hari
1	S1	251,274	292,542	344,741
2	S2	242,969	278,537	341,649
3	S3	251,573	262,382	338,153
4	S4	224,913	321,942	373,573



Grafik 6.17. Variasi jumlah semen terhadap kuat tekan rata-rata

Tabel 6.20 Variasi jumlah semen terhadap kuat tekan rata-rata beton pada variasi gradasi 2 (V2)

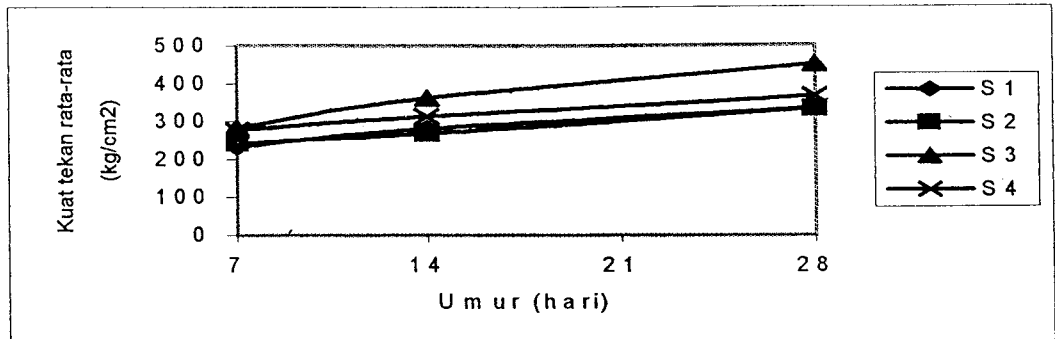
No	Jumlah Semen (kg) (/m ³ beton)	Kuat tekan rata-rata beton (kg / cm ²)		
		Umur 7 hari	Umur 14 hari	Umur 28 hari
1	S1	278,536	346,151	422,283
2	S2	308,168	366,248	433,753
3	S3	308,132	372,788	446,640
4	S4	315,090	365,474	410,385



Grafik 6.18. Variasi jumlah semen terhadap kuat tekan rata-rata

Tabel 6.21 Variasi jumlah semen terhadap kuat tekan rata-rata beton pada variasi gradasi 3 (V3)

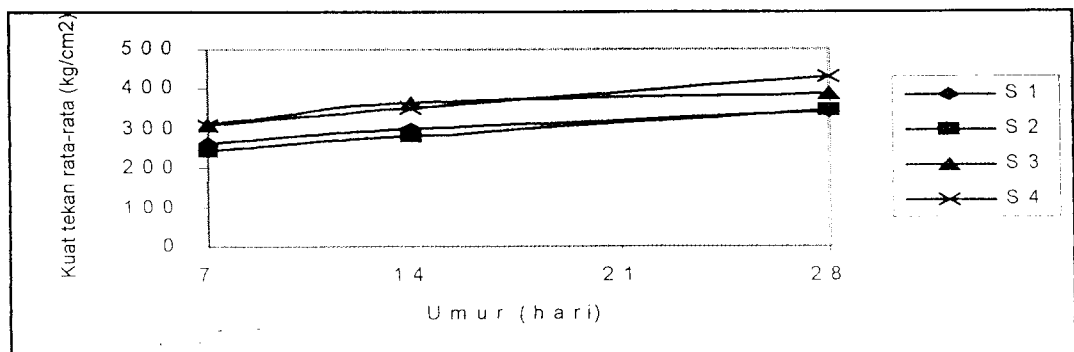
No	Jumlah Semen (kg) (/m ³ beton)	Kuat tekan rata-rata beton (kg / cm ²)		
		Umur 7 hari	Umur 14 hari	Umur 28 hari
1	S1	233,915	282,159	335,808
2	S2	243,025	270,071	334,139
3	S3	283,529	362,913	451,365
4	S4	277,311	314,144	367,164



Grafik 6.19. Variasi jumlah semen terhadap kuat tekan rata-rata

Tabel 6.22. Variasi jumlah semen terhadap kuat tekan rata-rata beton pada variasi gradasi 4 (V4)

No	Jumlah Semen (kg) (/m ³ beton)	Kuat tekan rata-rata beton (kg / cm ²)		
		Umur 7 hari	Umur 14 hari	Umur 28 hari
1	S1	259,429	297,902	339,021
2	S2	244,957	279,594	344,349
3	S3	308,821	364,133	388,284
4	S4	308,468	351,864	428,918

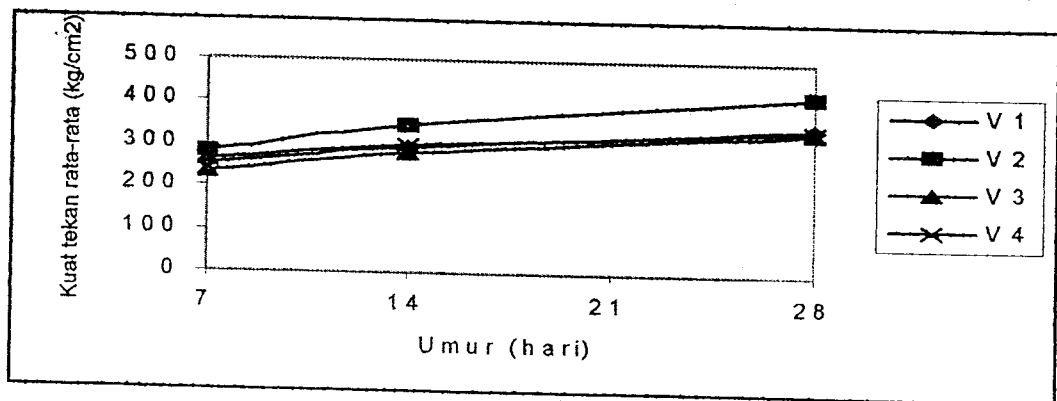


Grafik 6.20. Variasi jumlah semen terhadap kuat tekan rata-rata

Dari 4 macam variasi gradasi agregat kasar dan perbandingan semen air bila kita bandingkan kuat tekan rata-rata yang dihasilkan pada umur 7,14, dan 28 hari , maka dapat kita lihat pengaruh dari variasi gradasi agregat kasar terhadap kuat tekannya pada tiap-tiap variasi jumlah semen seperti terlihat pada Tabel dan Grafik berikut ini:

Tabel 6.23. Variasi gradasi agregat terhadap kuat tekan rata-rata beton pada variasi jumlah semen I (S1 = 300 kg / m³ beton)

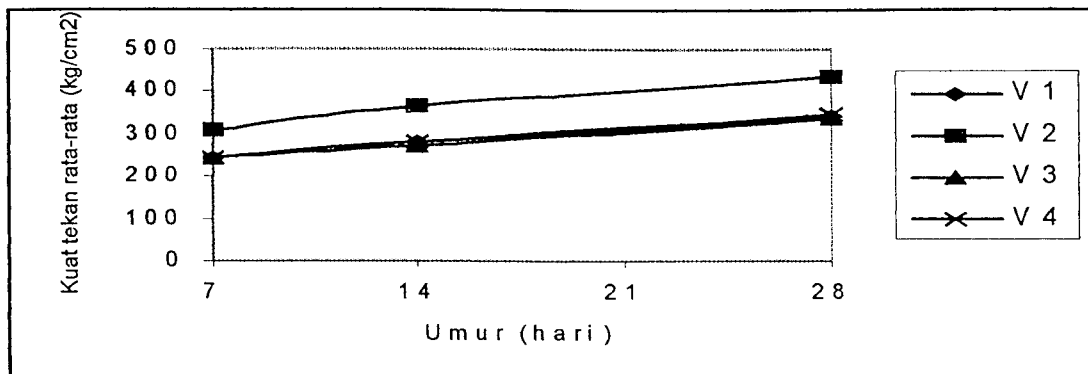
No	Variasi gradasi agregat kasar	Kuat tekan rata-rata beton (kg / cm ²)		
		Umur 7 hari	Umur 14 hari	Umur 28 hari
1	V1	251,274	292,542	344,741
2	V2	278,536	346,151	422,283
3	V3	233,915	282,159	335,808
4	V4	259,429	297,902	339,021



Grafik 6.21. Variasi gradasi agregat terhadap kuat tekan rata-rata

Tabel 6.24 Variasi gradasi agregat terhadap kuat tekan rata-rata beton pada variasi jumlah semen II (S2 = 310 kg / m³ beton)

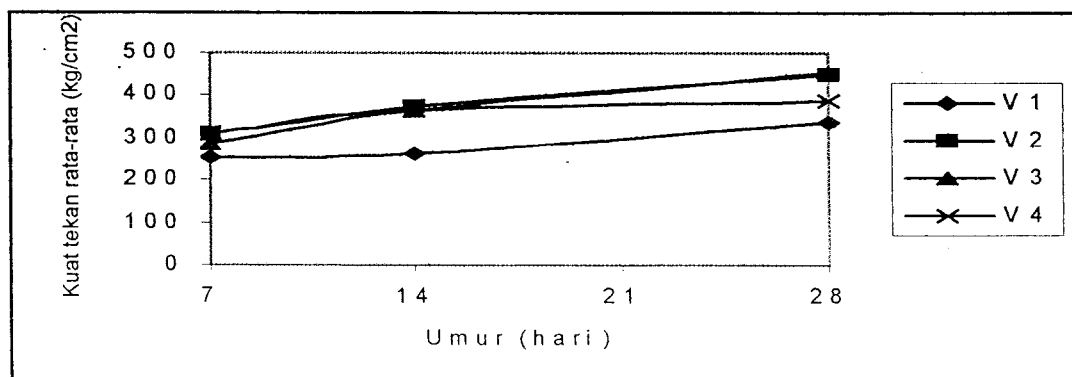
No	Variasi gradasi agregat kasar	Kuat tekan rata-rata beton (kg / cm ²)		
		Umur 7 hari	Umur 14 hari	Umur 28 hari
1	V1	241,969	278,537	341,649
2	V2	308,168	366,248	433,753
3	V3	243,025	270,071	334,139
4	V4	244,957	279,594	344,349



Grafik 6.22. Variasi gradasi agregat terhadap kuat tekan rata-rata

Tabel 6.25. Variasi gradasi agregat terhadap kuat tekan rata-rata beton pada variasi jumlah semen III ($S_3 = 320 \text{ kg / m}^3$ beton)

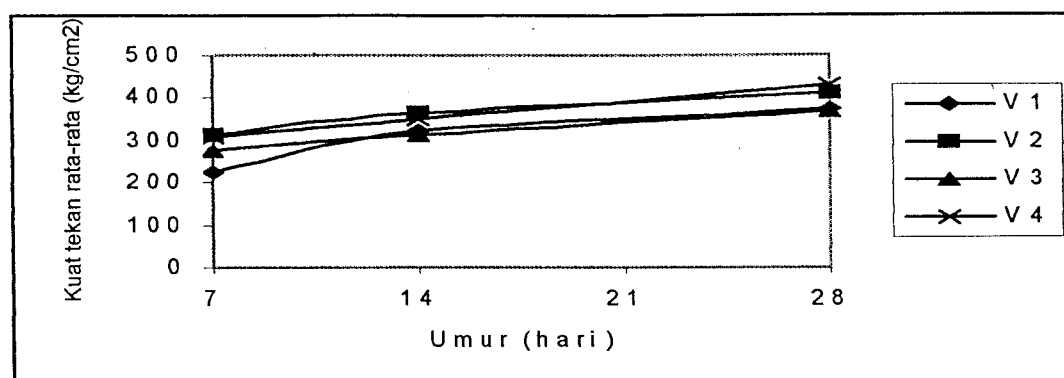
No	Variasi gradasi agregat kasar	Kuat tekan rata-rata beton (kg / cm^2)		
		Umur 7 hari	Umur 14 hari	Umur 28 hari
1	V1	251,573	262,382	338,153
2	V2	308,132	372,788	446,640
3	V3	283,529	362,913	451,365
4	V4	308,821	364,133	388,284



Grafik 6.23. Variasi gradasi agregat terhadap kuat tekan rata-rata

Tabel 6.26. Variasi gradasi agregat terhadap kuat tekan rata-rata beton pada variasi jumlah semen 4 ($S_4 = 330 \text{ kg / m}^3$ beton)

No	Variasi gradasi agregat kasar	Kuat tekan rata-rata beton (kg / cm^2)		
		Umur 7 hari	Umur 14 hari	Umur 28 hari
1	V1	224,913	321,942	373,573
2	V2	315,090	365,474	410,385
3	V3	277,311	314,144	367,164
4	V4	308,468	351,864	428,918

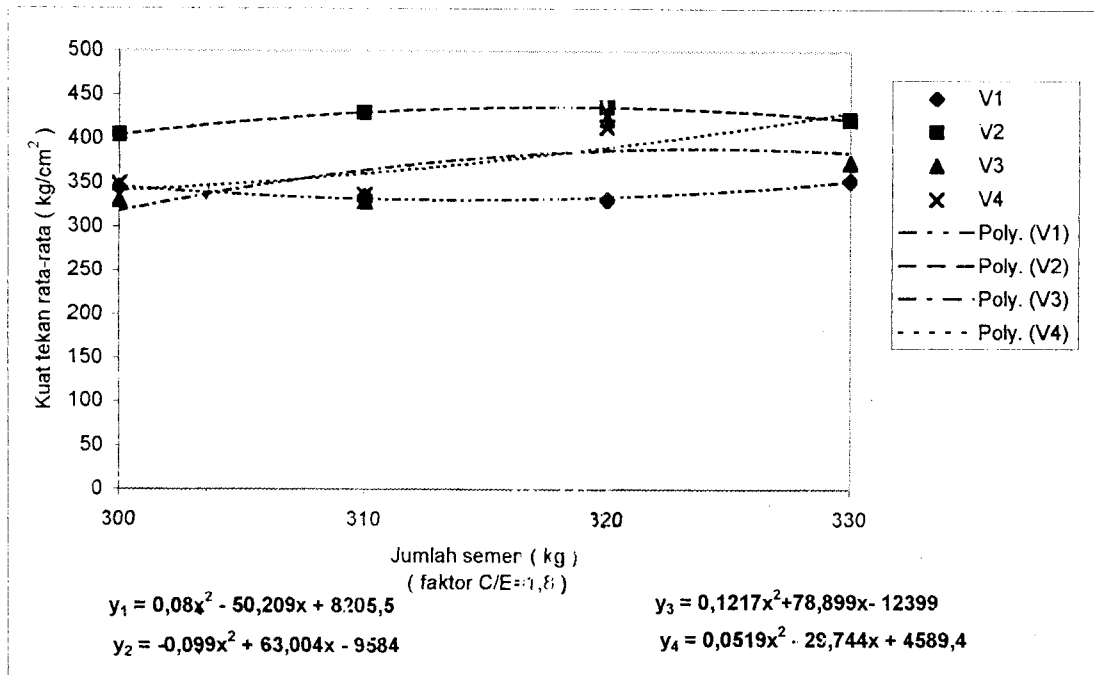


Grafik 6.24. Variasi gradasi agregat terhadap kuat tekan rata-rata

Dari 4 macam variasi gradasi agregat kasar dan perbandingan jumlah semen-air bila kita bandingkan kuat tekan rata-rata yang dihasilkan pada umur 7,14, dan 28 hari yang dikonversikan ke 28 hari seperti terlihat pada Tabel 6.27, maka pengaruh dari variasi jumlah semen 300 kg, 310 kg, 320 kg, dan 330 kg per meter kubik beton terhadap kuat tekannya dapat dibuat perhitungan Numerik dengan metode regresi polinomial pangkat dua seperti tercantum dalam lampiran 1, lampiran 2, lampiran 3, dan lampiran 4. Dari hasil perhitungan tersebut diperoleh persamaan kurva yang dapat digambarkan dalam bentuk Grafik seperti terlihat Grafik 6.25 berikut ini:

Tabel 6.27 Kuat Tekan Rata-Rata Beton Umur 7,14, dan 28 Hari yang yang dikonversikan ke 28 hari.

Variasi gradasi dan perbandingan jumlah semen-air	Kuat tekan rata-rata (kg / cm ²)
(V1S1)	345,3792
(V1S2)	335,0890
(V1S3)	331,9013
(V1S4)	353,6270
(V2S1)	404,5147
(V2S2)	430,0600
(V2S3)	436,8170
(V2S4)	422,7500
(V3S1)	330,2023
(V3S2)	329,3807
(V3S3)	422,9360
(V3S4)	373,4370
(V4S1)	349,3870
(V4S2)	337,3363
(V4S3)	414,4150
(V4S4)	423,1440



Grafik 6.25 Jumlah semen per meter kubik beton terhadap kuat tekan rata-rata pada 4 variasi gradasi agregat (dengan regresi polynomial pangkat 2).

6.3 Pembahasan

6.3.1 Pengendalian mutu

Beton dari hasil pengujian perlu diperiksa dengan perkiraan variasi kuat tekan beton dari keseluruhan sample beton yang diuji. Makin baik mutu pelaksanaan makin kecil nilai deviasi standarnya.

Dari hasil penelitian diperoleh nilai deviasi standar pada 4 variasi gradasi agregat dengan 4 macam variasi perbandingan jumlah semen-air seperti tercantum pada Tabel 6.2 menunjukkan bahwa nilai deviasi standar yang diperoleh apabila disesuaikan dengan nilai-nilai yang terdapat dalam Tabel hal 7.16 (Tjokrodimulyo,1995), maka mutu pelaksanaan pekerjaan pada penelitian ini masuk kategori baik karena nilai deviasi standar kurang dari 4,2 MPa.

Nilai deviasi standart pada penelitian ini tidak diperhitungkan dalam menentukan nilai kuat tekan rata-rata beton, karena data hasil uji pada tiap variasi kurang dari 15 buah (Tjokrodimulyo, 1995).

6.3.2 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan rata-rata beton pada salah satu variasi gradasi agregat kasar dengan nilai faktor semen-air (C / E) tetap sebesar 1,8 pada Grafik 6.25 dengan variasi jumlah semen 300 kg, 310 kg, 320 kg, dan 330 kg permeter kubik campuran beton kecil pengaruhnya terhadap kenaikan nilai kuat tekan rata-rata beton pada variasi 1 yaitu gradasi kerikil alami tanpa diolah (V1) dan variasi 2 yaitu kerikil

alami yang diolah (V2), sedangkan pada variasi 3 yaitu batu pecah tanpa diolah (V3) dan variasi 4 yaitu batu pecah yang diolah (V4) jumlah semen sangat berpengaruh terhadap kenaikan nilai kuat tekannya. Hal ini dibuktikan dengan hasil penelitian yang menunjukkan bahwa dengan penambahan jumlah semen pada salah satu variasi gradasi agregat tidak selalu menunjukkan peningkatan nilai kuat tekan rata-rata beton.

Dari Tabel 6.27 dan Grafik 6.25 dapat dilihat bahwa beton dengan variasi gradasi agregat kasar berupa kerikil alami yang diolah (V2) yaitu gradasi agregat yang dipisahkan antara ukuran diameter 5 mm - 12,5 mm dan diameter 12,5 mm - 25 mm, menunjukkan kenaikan nilai kuat tekan rata-rata beton yang terus meningkat sampai mencapai nilai optimum pada jumlah semen 320 kg sebesar $436,8170 \text{ kg/cm}^2$, kemudian menunjukkan penurunan nilai kuat tekan rata-rata pada jumlah semen yang lebih besar dari 320 kg. Pada variasi gradasi kerikil alami tanpa diolah (V1) menunjukkan nilai kuat tekan rata-rata pada jumlah semen 300 kg yang cukup tinggi, kemudian mengalami penurunan pada jumlah semen 310 kg dan 320 kg, lalu pada jumlah semen 330 kg nilai kuat tekan rata-ratanya menunjukkan kenaikan kembali sehingga pada variasi ini tidak ditemukan nilai optimumnya. Pada variasi gradasi batu pecah tanpa diolah (V3) menunjukkan kenaikan nilai kuat tekan rata-rata yang terus meningkat, kemudian menunjukkan penurunan kembali nilai kuat tekan rata-rata sampai batas jumlah semen 330 kg sehingga tidak ditemukan nilai optimumnya. Pada variasi gradasi batu pecah yang diolah (V4) pada jumlah semen 300 kg

menunjukkan kenaikan nilai kuat tekan yang terus meningkat sampai batas jumlah semen 330 kg, sehingga tidak ditemukan nilai optimumnya.

Kuat tekan rata - rata beton dengan variasi gradasi agregat kasar berupa kerikil alami tanpa diolah, kerikil alami yang diolah, batu pecah tanpa diolah, dan batu pecah yang diolah pada penelitian ini dengan jumlah semen-air tertentu sangat berpengaruh terhadap kenaikan kuat tekan rata-rata beton. Pengaruh tersebut pada tiap variasi gradasi agregat antara lain di dikarenakan oleh sebab-sebab sebagai berikut ini.

1. Pada variasi gradasi 1 yaitu kerikil alami tanpa diolah (V1) terlihat pada awal pemeriksaan bahan diperoleh berat jenis kerikil sebesar $2,5 \text{ g/cm}^3$ dan dari hasil analisa butiran diperoleh ukuran agregat yang cukup bervariasi, namun karena pada variasi ini agregat yang dipakai acak yaitu ukuran yang lolos saringan 25 mm dan tertahan saringan 5 mm sebesar 63 % dan 37 % sisanya adalah pasir sehingga gradasinya kurang kompak membentuk ikatan dalam campuran beton, yang pada akhirnya akan mengurangi nilai kuat tekan rata-rata betonnya.

2. Pada variasi gradasi 2 yaitu kerikil alam yang diolah (V2) berat jenisnya sama dengan gradasi 1 yaitu $2,5 \text{ g/cm}^3$. dari hasil analisa butiran diperoleh ukuran agregat yang cukup bervariasi, sama dengan gradasi 1, namun pada variasi gradasi 2 ini gradasi butiran yang dipakai diperhatikan ukurannya yaitu ukuran yang lolos saringan 25 mm tertahan saringan 12,5 mm sebesar 54 %, ukuran yang lolos saringan 12,5 mm tertahan saringan 5 mm sebesar 9 % dan 37 % sisanya adalah pasir sehingga

gradasinya cukup baik membentuk ikatan antar butiran dalam campuran beton dan ikatan ini sangat berpengaruh terhadap kenaikan nilai kuat tekan beton.

3. Pada variasi gradasi 3 yaitu batu pecah yang tidak diolah (V3) berat jenis agregat ini sebesar $2,67 \text{ g/cm}^3$ lebih besar dari berat jenis kerikil alam yang diolah dan dari hasil analisa butiran diperoleh ukuran agregat yang kurang bervariasi (kurang landai), disamping gradasi agregat yang dipakai ukurannya adalah yang lolos saringan 25 mm tertahan saringan 5 mm sebesar 62 % dan 38 % dan sisanya adalah pasir, sehingga gradasinya kurang kompak membentuk ikatan antar butiran dalam campuran beton yang mengurangi nilai kuat tekan rata-rata betonnya.

4. Variasi gradasi 4 yaitu batu pecah yang diolah (V4) berat jenis agregat sebesar $2,67 \text{ g/cm}^3$ lebih besar dari berat jenis agregat kerikil alam yang diolah, dari hasil analisa butiran diperoleh ukuran agregat yang kurang bervariasi sama dengan gradasi 3 yaitu batu pecah tanpa diolah terlihat gradasinya kurang baik (kurang landai). Namun pada variasi gradasi ini ukuran agregatnya diperhatikan yaitu ukuran yang lolos saringan 25 mm tertahan saringan 12,5 mm sebesar 53 %, ukuran yang lolos saringan 12,5 mm tertahan saringan 5 mm sebesar 9 % dan 38 % sisanya adalah pasir, sehingga dibandingkan gradasi 3 (V3) nilai kuat tekannya lebih baik, tetapi bila dibandingkan dengan gradasi 2 (V2) yaitu kerikil alami yang diolah nilai kuat tekan gradasi 4 ini kurang baik karena distribusi ukuran gradasinya dari analisis saringan kurang bervariasi sehingga mengurangi nilai kuat tekan betonnya.

Karena pengaruh tersebut yaitu distribusi ukuran agregat pada tiap variasi gradasi agregat sehingga membedakan hasil akhir nilai kuat tekan beton. Hal ini membuktikan semakin proporsional (kompak) perbandingan gradasi agregat kasar maka kuat tekan yang dihasilkan semakin tinggi.

Laju kenaikan nilai kuat tekan rata-rata beton pada Grafik 6.1 sampai Grafik 6.16 dengan variasi umur 7,14, dan 28 hari pada tiap variasi gradasi agregat dan perbandingan semen-air adalah sama.

6.3.3 Pelaksanaan Pekerjaan

Pada pelaksanaan penelitian di laboratorium ditemukan beberapa kendala antara lain :

1. jumlah cetakan yang terbatas sehingga dalam melaksanakan penelitian diperlukan waktu yang lebih lama ,
2. kapasitas mixer yang terbatas sehingga untuk mencetak lebih banyak sample dalam setiap variasi diperlukan dua kali pencampuran ,
3. permukaan benda uji yang tidak rata sehingga dalam pengujian desak dapat menurunkan mutu/kuat tekan beton , dan
4. cuaca yang tidak konstan dan sering terjadi hujan sehingga syarat kering permukaan pada agregat kasar kurang sempurna.

Kendala-kendala tersebut dapat di atasi dengan cara meratakan permukaan benda uji yang masih basah pada cetakan silinder, kemudian ditutup dengan menggunakan kaca atau dapat juga dilapisi dengan belerang pada permukaan beton yang telah mengeras.

BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan pada bab-bab sebelumnya maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut ini.

1. Variasi penggunaan jumlah semen 300 kg, 310 kg, 320 kg dan 330 kg pada variasi gradasi V1 dan V2 kecil pengaruhnya terhadap kenaikan nilai kuat tekan beton. Sedangkan pada variasi gradasi V3 dan V4 kenaikan nilai kuat tekan betonnya sangat dipengaruhi oleh variasi penggunaan jumlah semennya.
2. Beton dengan jumlah semen tertentu dengan variasi gradasi agregat kasar berupa kerikil alam, kerikil alam yang diolah, batu pecah, dan batu pecah yang diolah pada campuran beton menentukan kuat tekan rata-rata yang akan dicapai. Semakin baik variasi gradasi agregat atau semakin kompak ikatan antar butiran (proporsional) maka kuat tekan yang dihasilkan akan semakin tinggi.
3. Beton dengan variasi gradasi kerikil alami tanpa diolah (V1) pada penelitian ini tidak ditemukan nilai kuat tekan optimumnya. Pada beton dengan variasi gradasi agregat kasar berupa kerikil alami yang diolah (V2) mencapai nilai kuat tekan optimum pada jumlah semen 320 kg sebesar $436,8170 \text{ kg/cm}^2$.

4. Beton dengan variasi gradasi agregat kasar berupa batu pecah tanpa diolah (V3) pada penelitian ini tidak ditemukan nilai kuat tekan optimumnya. Pada variasi gradasi batu pecah yang diolah (V4) juga tidak ditemukan nilai kuat tekan optimumnya.
5. Laju kenaikan nilai kuat tekan rata-rata beton dalam kg/cm^2 dengan variasi umur 7,14,dan 28 hari, pada tiap variasi gradasi agregat dengan perbandingan semen-air tertentu adalah sama.
6. Desain campuran dengan metode Dreux relatif baik digunakan untuk mendapatkan nilai kuat tekan beton sesuai rencana yang menekankan pada kekompakan gradasi agregat. Hal ini hanya berlaku bila didasarkan pada asumsi jumlah sampel diatas 15 buah dan nilai standar deviasi relatif sama setiap variasi.

7.2 Saran

Dari hasil penelitian yang dilaksanakan, penulis dapat memberikan beberapa saran yang diharapkan dapat berguna bagi penelitian selanjutnya antara lain :

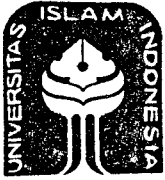
1. untuk mendapatkan kuat tekan yang optimal selain dari variasi gradasi agregat kasar dapat juga digunakan variasi faktor air-semen dan kalau diperlukan dapat digunakan bahan tambah berupa "admixture" agar tingkat pengerjaan tinggi dan kuat tekan yang diperoleh juga lebih tinggi,

2. pengeringan agregat setelah mencapai SSD hendaknya diperhatikan sehingga kondisi agregat tidak berubah. Perubahan tersebut dapat mengakibatkan penyerapan air yang terlalu banyak oleh agregat pada waktu pengadukan,
3. pengadukan hendaknya dilakukan lebih kurang selama lima belas (15) menit, karena bila terlalu lama dapat menyebabkan pecahnya butiran agregat,
4. beton muda diusahakan terlindung dari air hujan dan sengatan matahari. Hal ini dapat menyebabkan kadar air bertambah atau terjadi penguapan, sehingga hasil-hasil percobaan tidak mencerminkan kekuatan struktur yang direncanakan, dan
5. metode untuk mendesain campuran beton dapat digunakan metode lain selain metode Dreux sehingga bisa dilihat metode apa yang paling sesuai untuk tiap jenis variasi agregat pada tiap kondisi.

DAFTAR PUSTAKA

1. Tjokrodimulyo , K , 1995 , “ TEKNOLOGI BETON “, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UGM , Yogyakarta.
2. Yayasan LPMB, 1989, Standar SK-SNI-14 –1989-F METODA PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.
3. Suhud , R , 1991, “ DESAIN CAMPURAN BETON ”, Jurnal Teknik Sipil, Institut Teknologi Bandung.
4. Yayasan Dana Normalisasi Indonesia, 1977, PERATURAN BETON BERTULANG INDONESIA N.I.-2 1971 , Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan DPU, Bandung.
5. Murdock, L.J. dan K.M. Brook, 1986 , BAHAN DAN PRAKTEK BETON, (diterjemahkan oleh Ir. Stefanus Hendarko) Edisi keempat, Penerbit Erlangga, Jakarta.
6. Chapra, S.C. dan R.P.Canale, 1991, “ METODE NUMERIK “ , (alih bahasa oleh I Nyoman S) Edisi Kedua, Penerbit Erlangga, Jakarta.

LAMPIRAN



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL
Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

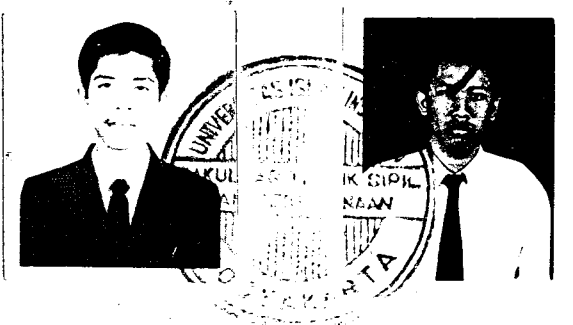
No.	Nama	No. Mhs.	N.I.R.M.	Bidang Studi
1.	ACHMAD KUSNO	92 310 046		STRUKTUR
2.	AMBAR IRAWAN	93 310 362		STRUKTUR

JUDUL TUGAS AKHIR : PENGARUH VARIASI GRADASI AGREGAT & PERBANDINGAN SEMEN AIR (C/E) TERHADAP KEKUATAN BETON.

Dosen Pembimbing I : IR. IR. H. SARWIDI, MSc, PhD
Dosen Pembimbing II : IR. SUHARYATMO, MT

1

2



Yogyakarta,

D e k a n 09 JANUARI 1999

An.
Ketua Jurusan Teknik Sipil.

IR. H. TADJUDDIN BMA, MS

Hasil perhitungan numerik hubungan kuat desak beton dengan berbagai variasi jumlah semen pada variasi gradasi 1 (V1)

x_i	y_i	\bar{y}	x_i^2	x_i^3	x_i^4	$x_i y_i$	$x_i^2 y_i$
300	345,3792	341,4991	90000	27000000	810000000	103613,76	31084128
310	335,089	341,4991	96100	29791000	923521000	103877,59	32202052,9
320	331,9013	341,4991	102400	32768000	1048576000	106208,416	33986693,12
330	353,627	341,4991	108900	35937000	1185921000	116696,91	38509980,3
1260	1365,997		397400	125496000	39680180000	430396,676	135782854,3

Persamaan regresi polinomial pangkat 2 adalah :

$$a_0 n + \sum x_1 a_1 + \sum x^2 a_2 = \sum y_i$$

$$\sum x_1 a_0 + \sum x_1^2 a_1 + \sum x_1^3 a_2 = \sum x_1 y_i$$

$$\sum x_1^2 a_0 + \sum x_1^3 a_1 + \sum x_1^4 a_2 = \sum x_1^2 y_i$$

$$4 a_0 + 1260 a_1 + 397400 a_2 = 1365,9965$$

$$1260 a_0 + 397400 a_1 + 125496000 a_2 = 430369,676$$

$$397400 a_0 + 125496000 a_1 + 39680180000 a_2 = 135782854,3$$

Dengan cara eliminasi gauss diperoleh nilai a_0 , a_1 , a_2 sebagai berikut:

$$a_0 = 8205,53 \quad a_1 = -50,2095 \quad a_2 = 0,0800396$$

x_i	y_i	\bar{y}	$(y_i - \bar{y})^2$	$(y_i - a_0 - a_1 x_i - a_2 x_i^2)^2$
300	345,3792	341,4991	15,05498	0,747879
310	335,089	341,4991	41,0897	7,2815784
320	331,9013	341,4991	92,11824	6,9893612
330	353,627	341,4991	147,0854	0,8455906
1260	1365,997	341,4991	295,3483	15,864409

Sehingga dari persamaan kurva: $Y = a_0 + a_1 x + a_2 x^2$

Diperoleh persamaan kurva : $Y = 8205,53 - 50,2095 x + 0,0800396 x^2$

$$S_{y/x} = \sqrt{\frac{Sr}{n - (m + 1)}} = \sqrt{\frac{15,86442062}{4 - 3}} = 3,983016523$$

$$r^2 = \frac{295,3482813 - 15,86442062}{295,3482813} = 0,946285718$$

Hasil perhitungan numerik hubungan kuat desak beton dengan berbagai variasi jumlah semen pada variasi gradasi 2 (V2)

x_i	y_i	x_i^2	x_i^3	x_i^4	$x_i y_i$	$x_i^2 y_i$
300	404,5147	423,5355	90000	27000000	121354,41	36406323
310	430,06	423,5355	96100	29791000	133318,6	41328766
320	436,817	423,5355	102400	32768000	139781,44	44730060,8
330	422,75	423,5355	108900	35937000	139507,5	46037475
1260	1694,142	397400	125496000	39680180000	533961,95	168502624,8

Persamaan regresi polinomial pangkat 2 adalah :

$$a_0 n + \sum x_i a_1 + \sum x_i^2 a_2 = \sum y_i$$

$$\sum x_i a_0 + \sum x_i^2 a_1 + \sum x_i^3 a_2 = \sum x_i y_i$$

$$\sum x_i^2 a_0 + \sum x_i^3 a_1 + \sum x_i^4 a_2 = \sum x_i^2 y_i$$

$$4 a_0 + 1260 a_1 + 397400 a_2 = 1694,142$$

$$1260 a_0 + 397400 a_1 + 125496000 a_2 = 533961,95$$

$$397400 a_0 + 125496000 a_1 + 39680180000 a_2 = 168502624,8$$

Dengan cara eliminasi gauss diperoleh nilai a_0 , a_1 , a_2 sebagai berikut:

$$a_0 = -9584 \quad a_1 = 63,004 \quad a_2 = -0,099$$

x_i	y_i	$(y_i - \bar{y})^2$	$(y_i - a_0 - a_1 x_i - a_2 x_i^2)^2$
300	404,5147	361,788	7,2108361
310	430,06	42,57008	10,7584
320	436,817	176,4002	8,196769
330	422,75	0,616892	12,0409
1260	1694,142	581,3752	38,206905

Sehingga dari persamaan kurva: $Y = a_0 + a_1 x + a_2 x^2$
 Diperoleh persamaan kurva : $Y = -9584 + 63,004 x - 0,099 x^2$
 Dengan perhitungan seperti diatas diperoleh koefisien korelasi $r^2 = 0,93428$

Hasil perhitungan numerik hubungan kuat desak beton dengan berbagai variasi jumlah semen pada variasi gradasi 3 (V3)

x_i	y_i	\bar{y}	x_i^2	x_i^3	x_i^4	$x_i y_i$	$x_i^2 y_i$
300	330,2023	363,989	90000	27000000	810000000	99060,69	29718207
310	329,3807	363,989	96100	29791000	9235210000	102108,017	31653485,27
320	422,936	363,989	102400	32768000	10485760000	135339,52	43308646,4
330	373,437	363,989	108900	35937000	11859210000	123234,21	40667289,3
1260	1455,956		397400	125496000	39680180000	459742,437	145347628

Persamaan regresi polinomial pangkat 2 adalah :

$$a_0 n + \sum x_i a_1 + \sum x_i^2 a_2 = \sum y_i$$

$$\sum x_i a_0 + \sum x_i^2 a_1 + \sum x_i^3 a_2 = \sum x_i y_i$$

$$\sum x_i^2 a_0 + \sum x_i^3 a_1 + \sum x_i^4 a_2 = \sum x_i^2 y_i$$

$$4 a_0 + 1260 a_1 + 397400 a_2 = 1455,956$$

$$1260 a_0 + 397400 a_1 + 125496000 a_2 = 459742,437$$

$$397400 a_0 + 125496000 a_1 + 39680180000 a_2 = 145347628$$

Dengan cara eliminasi gauss diperoleh nilai a_0 , a_1 , a_2 sebagai berikut:

$$a_0 = -12399, \quad a_1 = 78,899, \quad a_2 = 0,1217.$$

x_i	y_i	$(y_i - \bar{y})^2$	$(y_i - a_0 - a_1 x_i - a_2 x_i^2)^2$
300	330,2023	1141,541	479325242
310	329,3807	1197,734	548762451
320	422,936	3474,749	619403783
330	373,437	89,2647	703170540
1260	1455,956	5903,289	2350666202

Sehingga dari persamaan kurva: $Y = a_0 + a_1 x + a_2 x^2$
 Diperoleh persamaan kurva : $Y = -12399 + 78,899 x + 0,1217 x^2$
 Diperoleh nilai koefisien korelasi $r^2 = 0,5225$

Hasil perhitungan numerik hubungan kuat desak beton dengan berbagai variasi jumlah semen pada variasi gradasi 4 (V4)

x_i	y_i	\bar{y}	x_i^2	x_i^3	x_i^4	$x_i y_i$	$x_i^2 y_i$
300	349,387	381,0631	90000	27000000	8100000000	104816,1	31444830
310	337,3365	381,0631	96100	29791000	9235210000	104574,315	32418037,65
320	414,415	381,0631	102400	32768000	10485760000	132612,8	42436096
330	423,114	381,0631	108900	35937000	11859210000	139627,62	46077114,6
1260	1524,253		397400	125496000	39680180000	481630,835	152376078,3

Persamaan regresi polinomial pangkat 2 adalah :

$$a_0 n + \sum x_i a_1 + \sum x_i^2 a_2 = \sum y_i$$

$$\sum x_i a_0 + \sum x_i^2 a_1 + \sum x_i^3 a_2 = \sum x_i y_i$$

$$\sum x_i^2 a_0 + \sum x_i^3 a_1 + \sum x_i^4 a_2 = \sum x_i^2 y_i$$

$$4 a_0 + 1260 a_1 + 397400 a_2 = 1365,9965$$

$$1260 a_0 + 397400 a_1 + 125496000 a_2 = 430369,676$$

$$397400 a_0 + 125496000 a_1 + 39680180000 a_2 = 135782854,3$$

Dengan cara eliminasi gauss diperoleh nilai a_0 , a_1 , a_2 sebagai berikut:

$$a_0 = 8205,53 \quad a_1 = -50,2095 \quad a_2 = 0,0800396$$

x_i	y_i	$(y_i - \bar{y})^2$	$(y_i - a_0 - a_1 x_i - a_2 x_i^2)^2$
300	349,387	1003,377	148,52297
310	337,3365	1912,018	361,51318
320	414,415	1112,348	814,24622
330	423,114	1768,276	7,160976
1260	1524,253	5796,018	1331,4434

Sehingga dari persamaan kurva: $Y = a_0 + a_1 x + a_2 x^2$

Diperoleh persamaan kurva : $Y = 8205,53 - 50,2095 x + 0,0800396 x^2$

Dengan perhitungan seperti diatas diperoleh nilai koefisien korelasi $r^2 = 0,7862$

Perhitungan kekuatan tekan beton pada variasi gradasi 1 dan perbandingan jumlah semen-air 1 (VIS1)

No	Umur (hari)	Faktor Umur	f'_c (kg/cm ²)	f'_{28} (kg/cm ²)	f'_{cr} (kg/cm ²)	$(f'_{28}-f'_{cr})^2$ (kg/cm ²)
1	7	0,65	256,566	366,523	345,379	447,0602
2	7	0,65	243,863	348,376	345,379	8,98081
3	7	0,65	253,392	361,989	345,379	275,8855
4	14	0,88	324,569	368,828	345,379	549,8462
5	14	0,88	287,938	327,202	345,379	330,4106
6	14	0,88	265,120	301,273	345,379	1945,3569
7	28	1,00	324,005	324,005	345,379	456,856
8	28	1,00	349,574	349,574	345,379	17,5963
9	28	1,00	360,643	360,643	345,379	232,9836
				3108,413		4264,9761

$$S_d = \sqrt{\frac{(f'_{28}-f'_{cr})^2}{N-1}}$$

$$S_d = \sqrt{\frac{4264,9761}{9-1}} = 23,0894 \text{ kg/cm}^2$$

Perhitungan kekuatan tekan beton pada variasi gradasi 1 dan Perbandingan jumlah semen-air 2 (VIS2)

No	Umur (hari)	Faktor Umur	f'_c (kg/cm ²)	f'_{28} (kg/cm ²)	f'_{cr} (kg/cm ²)	$(f'_{28}-f'_{cr})^2$ (kg/cm ²)
1	7	0,65	227,021	324,316	335,089	116,0575
2	7	0,65	241,642	345,203	335,089	102,2930
3	7	0,65	260,244	371,777	335,089	1346,0093
4	14	0,88	255,758	290,634	335,089	1976,2470
5	14	0,88	326,296	370,791	335,089	1274,6328
6	14	0,88	253,558	288,134	335,089	2204,7720
7	28	1,00	337,828	337,828	335,089	7,5021
8	28	1,00	343,192	343,192	335,089	64,8508
9	28	1,00	343,926	343,926	335,089	78,0926
				3015,801		7170,4571

$$S_d = \sqrt{\frac{(f'_{28}-f'_{cr})^2}{N-1}}$$

$$S_d = \sqrt{\frac{7170,4571}{9-1}} = 29,9384 \text{ kg/cm}^2$$

Perhitungan kekuatan tekan beton pada variasi gradasi 1 dan Perbandingan jumlah semen-air 3 (V1S3)

No	Umur (hari)	Faktor Umur	f'_c (kg/cm ²)	f'_{28} (kg/cm ²)	f'_{cr} (kg/cm ²)	$(f'_{28}-f'_{cr})^2$ (kg/cm ²)
1	7	0,65	256,782	366,8314	331,90	1230,112
2	7	0,65	232,631	332,3300	331,90	0,18378
3	7	0,65	265,306	379,0086	331,90	2219,098
4	14	0,88	282,749	321,3057	331,90	112,2667
5	14	0,88	245,896	279,427	331,90	2753,5522
6	14	0,88	258,502	293,752	331,90	1455,3691
7	28	1,00	343,926	343,926	331,90	144,5934
8	28	1,00	337,405	337,405	331,90	30,2907
9	28	1,00	333,128	333,126	331,90	1,49989
				2987,112		7936,9658

$$S_d = \sqrt{\frac{(f'_{28}-f'_{cr})^2}{N-1}}$$

$$S_d = \sqrt{\frac{7936,9658}{9-1}} = 31,4979 \text{ kg / cm}^2$$

Perhitungan kekuatan tekan beton pada variasi gradasi 1 dan Perbandingan jumlah semen-air 4 (V1S4)

No	Umur (hari)	Faktor Umur	f'_c (kg/cm ²)	f'_{28} (kg/cm ²)	f'_{cr} (kg/cm ²)	$(f'_{28}-f'_{cr})^2$ (kg/cm ²)
1	7	0,65	207,408	296,297	353,627	3286,7289
2	7	0,65	231,534	330,763	353,627	522,7625
3	7	0,65	235,797	336,853	353,627	281,3671
4	14	0,88	273,373	311,133	353,627	1805,740
5	14	0,88	329,381	374,2966	353,627	427,7489
6	14	0,88	363,072	412,582	353,627	3475,692
7	28	1,00	386,615	386,612	353,627	1088,08
8	28	1,00	366,419	366,419	353,627	163,6353
9	28	1,00	367,684	367,684	353,627	197,599
				3182,643		11249,4817

$$S_d = \sqrt{\frac{(f'_{28}-f'_{cr})^2}{N-1}}$$

$$S_d = \sqrt{\frac{11249,4817}{9-1}} = 37,4991 \text{ kg / cm}^2$$

Perhitungan kekuatan tekan beton pada variasi gradasi 2 dan Perbandingan jumlah semen-air 1 (V2S1)

No	Umur (hari)	Faktor Umur	f'_c (kg/cm ²)	f'_{28} (kg/cm ²)	f'_{cr} (kg/cm ²)	$(f'_{28}-f'_{cr})^2$ (kg/cm ²)
1	7	0,65	298,367	426,2386	404,515	471,928
2	7	0,65	295,989	422,841	404,515	335,853
3	7	0,65	241,253	344,647	404,515	3584,1415
4	14	0,88	384,068	436,440	404,515	1019,225
5	14	0,88	288,904	328,300	404,515	5808,680
6	14	0,88	365,480	415,318	404,515	1900,531
7	28	1,00	392,635	392,635	404,515	141,127
8	28	1,00	435,664	435,664	404,515	970,279
9	28	1,00	438,549	438,5487	404,515	1158,331
				3640,632		13680,0975

$$S_d = \sqrt{\frac{(f'_{28}-f'_{cr})^2}{N-1}}$$

$$S_d = \sqrt{\frac{13680,0975}{9-1}} = 41,352 \text{ kg/cm}^2$$

Perhitungan kekuatan tekan beton pada variasi gradasi 2 dan Perbandingan jumlah semen-air 2 (V2S2)

No	Umur (hari)	Faktor Umur	f'_c (kg/cm ²)	f'_{28} (kg/cm ²)	f'_{cr} (kg/cm ²)	$(f'_{28}-f'_{cr})^2$ (kg/cm ²)
1	7	0,65	298,367	426,238	430,06	14,603
2	7	0,65	323,141	461,63	430,06	996,665
3	7	0,65	302,995	432,85	430,06	7,7841
4	14	0,88	365,480	415,318	430,06	217,3266
5	14	0,88	389,796	442,95	430,06	166,1521
6	14	0,88	343,469	390,306	430,06	1580,381
7	28	1,00	429,316	409,316	430,06	0,05535
8	28	1,00	435,098	435,098	430,06	25,381
9	28	1,00	436,846	436,846	430,06	46,0498
				3870,553		3054,398

$$S_d = \sqrt{\frac{(f'_{28}-f'_{cr})^2}{N-1}}$$

$$S_d = \sqrt{\frac{3054,398}{9-1}} = 19,5397 \text{ kg/cm}^2$$

Perhitungan kekuatan tekan beton pada variasi gradasi 2 dan Perbandingan jumlah semen-air 3 (V2S3)

No	Umur (hari)	Faktor Umur	f'_c (kg/cm ²)	f'_{28} (kg/cm ²)	f'_{cr} (kg/cm ²)	$(f'_{28}-f'_{cr})^2$ (kg/cm ²)
1	7	0,65	332,020	474,314	436,817	1406,025
2	7	0,65	246,153	351,647	436,817	7253,929
3	7	0,65	346,223	494,604	436,817	3339,337
4	14	0,88	362,566	412,007	436,817	615,536
5	14	0,88	373,425	424,346	436,817	155,526
6	14	0,88	382,377	434,515	436,817	5,299
7	28	1,00	435,640	435,640	436,817	1,385
8	28	1,00	436,219	436,219	436,817	0,358
9	28	1,00	468,059	468,059	436,817	976,063
				3931,351		13753,462

$$S_d = \sqrt{\frac{(f'_{28}-f'_{cr})^2}{N-1}}$$

$$S_d = \sqrt{\frac{13753,462}{9-1}} = 41,463 \text{ kg/cm}^2$$

Perhitungan kekuatan tekan beton pada variasi gradasi 2 dan Perbandingan jumlah semen-air 4 (V2S4)

No	Umur (hari)	Faktor Umur	f'_c (kg/cm ²)	f'_{28} (kg/cm ²)	f'_{cr} (kg/cm ²)	$(f'_{28}-f'_{cr})^2$ (kg/cm ²)
1	7	0,65	300,861	429,801	422,750	49,717
2	7	0,65	312,851	446,93	422,750	584,672
3	7	0,65	331,559	473,656	422,750	2591,421
4	14	0,88	349,108	396,714	422,750	677,673
5	14	0,88	364,429	414,123	422,750	74,425
6	14	0,88	382,884	412,368	422,750	107,786
7	28	1,00	432,195	432,195	422,750	89,208
8	28	1,00	367,342	367,342	422,750	1988,446
9	28	1,00	431,618	431,618	422,750	78,641
				3804,747		6241,989

$$S_d = \sqrt{\frac{(f'_{28}-f'_{cr})^2}{N-1}}$$

$$S_d = \sqrt{\frac{6421,989}{9-1}} = 27,933 \text{ kg/cm}^2$$

Perhitungan kekuatan tekan beton pada variasi gradasi 3 dan Perbandingan jumlah semen-air 1 (V3S1)

No	Umur (hari)	Faktor Umur	f_c (kg/cm ²)	f_{28} (kg/cm ²)	f_{cr} (kg/cm ²)	$(f_{28}-f_{cr})^2$ (kg/cm ²)
1	7	0,65	233,791	333,9871	330,202	14,3247
2	7	0,65	208,166	297,38	330,202	1077,3034
3	7	0,65	259,787	371,1243	330,202	1674,61
4	14	0,88	274,459	311,8852	330,202	335,516
5	14	0,88	281,566	319,9614	330,202	104,876
6	14	0,88	290,452	330,059	330,202	0,0205
7	28	1,00	328,211	328,211	330,202	3,9653
8	28	1,00	354,918	354,918	330,202	610,865
9	28	1,00	324,295	324,295	330,202	34,8962
				2971,821		3856,3771

$$S_d = \sqrt{\frac{(f'_{28} - f'_{cr})^2}{N-1}}$$

$$S_d = \sqrt{\frac{3856,3771}{9-1}} = 21,955 \text{ kg} \cdot \text{cm}^2$$

Perhitungan kekuatan tekan beton pada variasi gradasi 3 dan Perbandingan jumlah semen-air 2 (V3S2)

No	Umur (hari)	Faktor Umur	f_c (kg/cm ²)	f_{28} (kg/cm ²)	f_{cr} (kg/cm ²)	$(f_{28}-f_{cr})^2$ (kg/cm ²)
1	7	0,65	274,963	354,233	329,381	617,637
2	7	0,65	235,217	336,0243	329,381	44,137
3	7	0,65	245,896	351,28	329,381	479,579
4	14	0,88	294,518	334,6795	329,381	28,077
5	14	0,88	272,296	309,4273	329,381	398,138
6	14	0,88	243,399	276,585	329,381	2786,963
7	28	1,00	341,500	341,500	329,381	146,877
8	28	1,00	316,805	316,805	329,381	158,148
9	28	1,00	344,113	344,113	329,381	217,041
				2964,266		4876,597

$$S_d = \sqrt{\frac{(f'_{28} - f'_{cr})^2}{N-1}}$$

$$S_d = \sqrt{\frac{4876,597}{9-1}} = 24,6896 \text{ kg} / \text{cm}^2$$

Perhitungan kekuatan tekan beton pada variasi gradasi 3 dan Perbandingan jumlah semen-air 3 (V3S3)

No	Umur (hari)	Faktor Umur	f'_c (kg/cm ²)	f'_{28} (kg/cm ²)	f'_{cr} (kg/cm ²)	$(f'_{28}-f'_{cr})^2$ (kg/cm ²)
1	7	0,65	273,939	391,341	422,936	998,244
2	7	0,65	287,938	411,34	422,936	134,467
3	7	0,65	288,711	412,444	422,936	110,082
4	14	0,88	392,110	445,580	422,936	512,751
5	14	0,88	349,945	397,665	422,936	638,623
6	14	0,88	346,685	393,960	422,936	839,609
7	28	1,00	450,303	450,303	422,936	310,923
8	28	1,00	434,516	434,516	422,936	134,096
9	28	1,00	469,276	469,276	422,936	2147,396
				3806,425		5960,791

$$S_d = \sqrt{\frac{(f'_{28}-f'_{cr})^2}{N-1}}$$

$$S_d = \sqrt{\frac{5960,791}{9-1}} = 27,296 \text{ kg/cm}^2$$

Perhitungan kekuatan tekan beton pada variasi gradasi 3 dan Perbandingan jumlah semen-air 4 (V3S4)

No	Umur (hari)	Faktor Umur	f'_c (kg/cm ²)	f'_{28} (kg/cm ²)	f'_{cr} (kg/cm ²)	$(f'_{28}-f'_{cr})^2$ (kg/cm ²)
1	7	0,65	285,253	407,504	373,437	1160,560
2	7	0,65	270,182	385,974	373,437	157,176
3	7	0,65	276,498	394,997	373,437	464,834
4	14	0,88	332,646	378,007	373,437	20,885
5	14	0,88	305,319	346,953	373,437	701,402
6	14	0,88	304,486	346,007	373,437	752,405
7	28	1,00	346,565	346,565	373,437	722,704
8	28	1,00	347,029	347,029	373,437	697,382
9	28	1,00	407,899	407,899	373,437	1187,629
				3360,935		5864,977

$$S_d = \sqrt{\frac{(f'_{28}-f'_{cr})^2}{N-1}}$$

$$S_d = \sqrt{\frac{5864,977}{9-1}} = 27,076 \text{ kg/cm}^2$$

Perhitungan kekuatan tekan beton pada variasi gradasi 4 dan Perbandingan jumlah semen-air 1 (V4S1)

No	Umur (hari)	Faktor Umur	f'_c (kg/cm ²)	f'_{28} (kg/cm ²)	f'_{cr} (kg/cm ²)	$(f'_{28}-f'_{cr})^2$ (kg/cm ²)
1	7	0,65	253,669	362,384	349,387	168,922
2	7	0,65	248,126	354,466	349,387	25,796
3	7	0,65	276,493	394,996	349,387	2080,181
4	14	0,88	309,954	352,220	349,387	8,0259
5	14	0,88	295,233	335,492	349,387	193,071
6	14	0,88	288,518	327,861	349,387	463,369
7	28	1,00	296,923	296,923	349,387	2752,471
8	28	1,00	348,542	348,542	349,387	0,71
9	28	1,00	371,598	371,598	349,387	493,279
				3144,482		6185,825

$$S_d = \sqrt{\frac{(f'_{28}-f'_{cr})^2}{N-1}}$$

$$S_d = \sqrt{\frac{6185,825}{9-1}} = 27,809 \text{ kg/cm}^2$$

Perhitungan kekuatan tekan beton pada variasi gradasi 4 dan Perbandingan jumlah semen-air 2 (V4S2)

No	Umur (hari)	Faktor Umur	f'_c (kg/cm ²)	f'_{28} (kg/cm ²)	f'_{cr} (kg/cm ²)	$(f'_{28}-f'_{cr})^2$ (kg/cm ²)
1	7	0,65	250,728	358,183	337,337	434,577
2	7	0,65	234,261	334,659	337,337	7,169
3	7	0,65	249,883	356,976	337,337	385,710
4	14	0,88	308,705	350,801	337,337	181,293
5	14	0,88	248,457	282,3375	337,337	3024,89
6	14	0,88	281,621	320,024	337,337	299,7823
7	28	1,00	364,038	364,038	337,337	712,970
8	28	1,00	344,715	344,715	337,337	54,442
9	28	1,00	324,295	324,295	337,337	170,081
				3036,030		5270,855

$$S_d = \sqrt{\frac{(f'_{28}-f'_{cr})^2}{N-1}}$$

$$S_d = \sqrt{\frac{5270,855}{9-1}} = 25,668 \text{ kg/cm}^2$$

Perhitungan kekuatan tekan beton pada variasi gradasi 4 dan Perbandingan jumlah semen-air 3 (V4S3)

No	Umur (hari)	Faktor Umur	f'_c (kg/cm ²)	f'_{28} (kg/cm ²)	f'_{cr} (kg/cm ²)	$(f'_{28}-f'_{cr})^2$ (kg/cm ²)
1	7	0,65	281,362	401,946	414,415	155,476
2	7	0,65	319,510	456,443	414,415	1766,153
3	7	0,65	325,592	465,131	414,415	2572,113
4	14	0,88	352,389	400,442	414,415	195,245
5	14	0,88	389,501	442,615	414,415	795,24
6	14	0,88	350,509	398,306	414,415	259,500
7	28	1,00	365,480	365,480	414,415	2394,034
8	28	1,00	403,926	403,926	414,415	110,109
9	28	1,00	395,445	395,445	414,415	359,8609
				3729,735		8067,731

$$S_d = \sqrt{\frac{(f'_{28}-f'_{cr})^2}{N-1}}$$

$$S_d = \sqrt{\frac{8067,731}{9-1}} = 32,805 \text{ kg/cm}^2$$

Perhitungan kekuatan tekan beton pada variasi gradasi 4 dan Perbandingan jumlah semen-air 4 (V4S4)

No	Umur (hari)	Faktor Umur	f'_c (kg/cm ²)	f'_{28} (kg/cm ²)	f'_{cr} (kg/cm ²)	$(f'_{28}-f'_{cr})^2$ (kg/cm ²)
1	7	0,65	303,754	433,934	423,144	116,424
2	7	0,65	323,141	461,63	423,144	1481,172
3	7	0,65	298,509	426,441	423,144	10,870
4	14	0,88	366,419	416,385	423,144	45,680
5	14	0,88	378,726	430,371	423,144	52,230
6	14	0,88	310,446	352,780	423,144	4951,092
7	28	1,00	415,467	415,467	423,144	58,996
8	28	1,00	410,526	410,526	423,144	159,214
9	28	1,00	460,762	460,762	423,144	1415,114
				3808,296		8290,792

$$S_d = \sqrt{\frac{(f'_{28}-f'_{cr})^2}{N-1}}$$

$$S_d = \sqrt{\frac{8290,792}{9-1}} = 32,192 \text{ kg/cm}^2$$