

PROYEK AKHIR

PENGARUH SPASI TULANGAN TRANSVERSAL
BERBENTUK SPIRAL TERHADAP NILAI REGANGAN
BETON BERTULANG AKIBAT BEBAN AKSIAL

Asal :	Hadiah	Klass
	Pembelian	693.5
Terima tgl :	15 JAN 2005	wid
No. Induk :		P
Peny. katalog :	<i>fai</i>	



Oleh :

YUNI WIDHIYANINGTYAS
011903103101

PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
PROGRAM STUDI TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER

2004

HALAMAN PENGESAHAN PROYEK AKHIR

**PENGARUH SPASI TULANGAN TRANSVERSAL
BERBENTUK SPIRAL TERHADAP NILAI REGANGAN
BETON BERTULANG AKIBAT BEBAN AKSIAL**

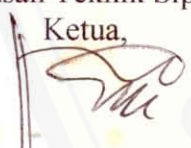
Disusun Oleh :

YUNI WIDHIYANINGTYAS
NIM. 011903103101

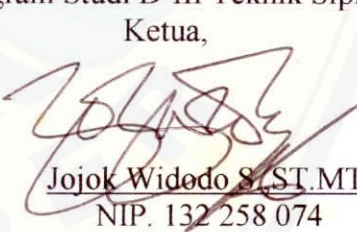
Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan mencapai derajat Ahli Madya
pada Program Studi D-III Teknik Sipil –Program Studi Teknik
Universitas Jember

Mengetahui :

Jurusan Teknik Sipil
Ketua,


Ir. Hernu Suyoso
NIP. 131 660 768

Program Studi D-III Teknik Sipil
Ketua,


Jojok Widodo S. ST. MT
NIP. 132 258 074

Pogram Studi Teknik
Universitas Jember
Ketua,



Dr. Ir. R. Sudaryanto, DEA.
NIP. 320 002 358

HALAMAN PERSETUJUAN PROYEK AKHIR

**PENGARUH SPASI TULANGAN TRANSVERSAL
BERBENTUK SPIRAL TERHADAP NILAI REGANGAN
BETON BERTULANG AKIBAT BEBAN AKSIAL**

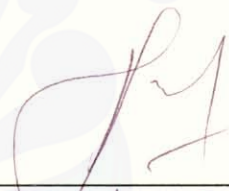
Disusun Oleh :

YUNI WIDHIYANINGTYAS
NIM. 011903103101


Telah dipertahankan di depan Sidang Tim Penguji Proyek Akhir
pada tanggal 7 Oktober 2004

Tim Penguji Proyek Akhir :

Anik Ratnaningsih, ST.MT.
Ketua / Pembimbing Utama


Tanggal : 2 4 2004

Akhmad Hasanuddin, ST.MT
Sekretaris / Pembimbing Pendamping


Tanggal :


Ir. Hernu Suyoso
Anggota


Tanggal :

Eko Walujodjati, ST.MT
Anggota


Tanggal : 1 11 2004

Jojok Widodo S., ST.MT
Anggota


Tanggal : 2 11 2004

MOTTO

“Kesuksesan, 99 Persen Dipengaruhi Oleh Kerja Keras,
1 Persen Dipengaruhi Oleh Kejeniusan”

“Biarkanlah mereka (di dunia ini) makan dan bersenang-senang dan terlena oleh
angan-angan (kosong) , maka kelak mereka akan mengetahui
(akibat perbuatan mereka) ”
(QS al-Hijr [15]:3)

“Hati Adalah Raja, Maka Berilah Ia Makanan Dengan Ilmu,
Sebab Jika Lewat Tiga Hari Ia Tidak Diisi Oleh Makanan Berupa Ilmu,
Ia Akan Mengeras Dan Akhirnya Mati” .

PERSEMBAHAN

Kado kecil ini aku persembahkan untuk kedua Orang Tuaku dan Kakakku, aku sayang kalian.

Temen-temenku yang ada di G-70 (Rika, Zully, Erna, Lely, Diah) Citra and Eva jangan lupakan yuni ya... Oh ya, jangan lupa 10 tahun lagi kiat ketemuan di Simpanq Tiqa.

Arek-arek G-12 (Bakhtiar, Pras, Edi, Ulum, Daniel, Imron, Ikhsan, ext.) Jangan bosan ya bantuin aku and inqat aku bukan mas tapi mbak OK!!

Arek-arek MAHADIPA maju terus ya. Yang terpenting dalam organisasi bukan kebersamaan, Tetapi adanya komitmen dan keterikatan hati.

Arek-arek Sipil Rongewu siji. Bravo Choy!!!

KATA PENGANTAR

Dengan mengucap puji syukur Alhamdulillah kehadiran ALLAH SWT yang telah melimpahkan Rahmad serta Hidayah-Nya dan Nabi Muhammad saw yang telah membimbing umat manusia akan kewajibannya, sehingga penulis dapat menyusun Laporan Proyek Akhir dengan judul "*Pengaruh Spasi Tulangan Transversal Berbentuk Spiral Terhadap Nilai Regangan Beton Bertulang Akibat Beban Aksial*" dapat terselesaikan.

Dengan disusunnya Laporan ini, dimaksudkan untuk memenuhi sebagian dari persyaratan untuk menyelesaikan studi di Program Studi Diploma III Teknik Universitas Jember.

Kami menyadari bahwa keberhasilan ini berkat rahmad dan petunjuk dari ALLAH SWT, serta bimbingan, dorongan, dan bantuan dari semua pihak yang telah rela dan senang hati meluangkan waktunya untuk membimbing kami.

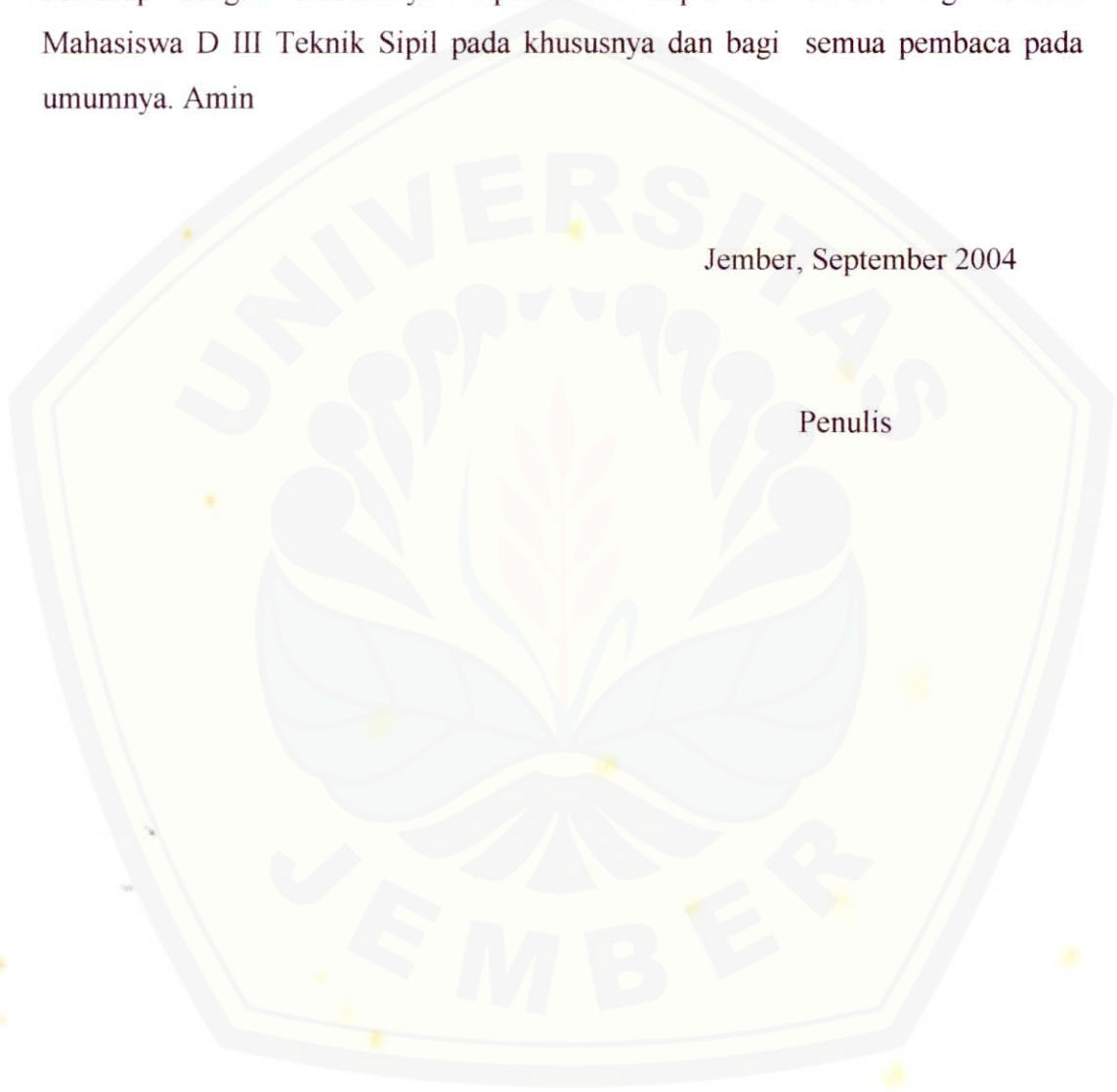
Dalam kesempatan ini kami ingin mengucapkan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Dr. Ir. Sudaryanto,DEA. Selaku Ketua Program Studi Teknik
2. Ir. Hernu Suyoso, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Jember.
3. Jajok Widodo S., ST.MT selaku Ketua Program studi DIII Teknik Sipil.
4. Anik Ratnaningsih, ST.MT, selaku pembimbing I dalam penyelesaian proyek akhir.
5. Akhmad Hasanuddin,ST.MT, selaku pembimbing II dalam penyelesaian proyek akhir.
6. Bapak dan Ibu dosen yang telah memberikan ilmu dan petuahnya.
7. Pak Akir, selaku teknisi laboratorium struktur Diploma III Teknik Sipil Universitas Jember.
8. Tim suksesku (Zully, Lutfi, Babe, Lek pras dan nano) terima kasih telah membantuku di lab. Trim's ya!.
9. Beserta semua pihak baik secara langsung maupun tidak langsung yang telah turut serta membantu dalam proses Penyusunan laporan Proyek Akhir ini.

Berbagai upaya telah kami lakukan dalam penyusunan laporan ini, Akan tetapi kami menyadari bahwa laporan ini masih perlu disempurnakan. Oleh karena itu dengan kerendahan hati kami menerima segala bentuk kritik, saran dan masukan yang konstruktif demi kesempurnaan laporan ini. Akhirnya kami berharap dengan disusunnya Laporan ini dapat bermanfaat bagi seluruh Mahasiswa D III Teknik Sipil pada khususnya dan bagi semua pembaca pada umumnya. Amin

Jember, September 2004

Penulis



DAFTAR ISI

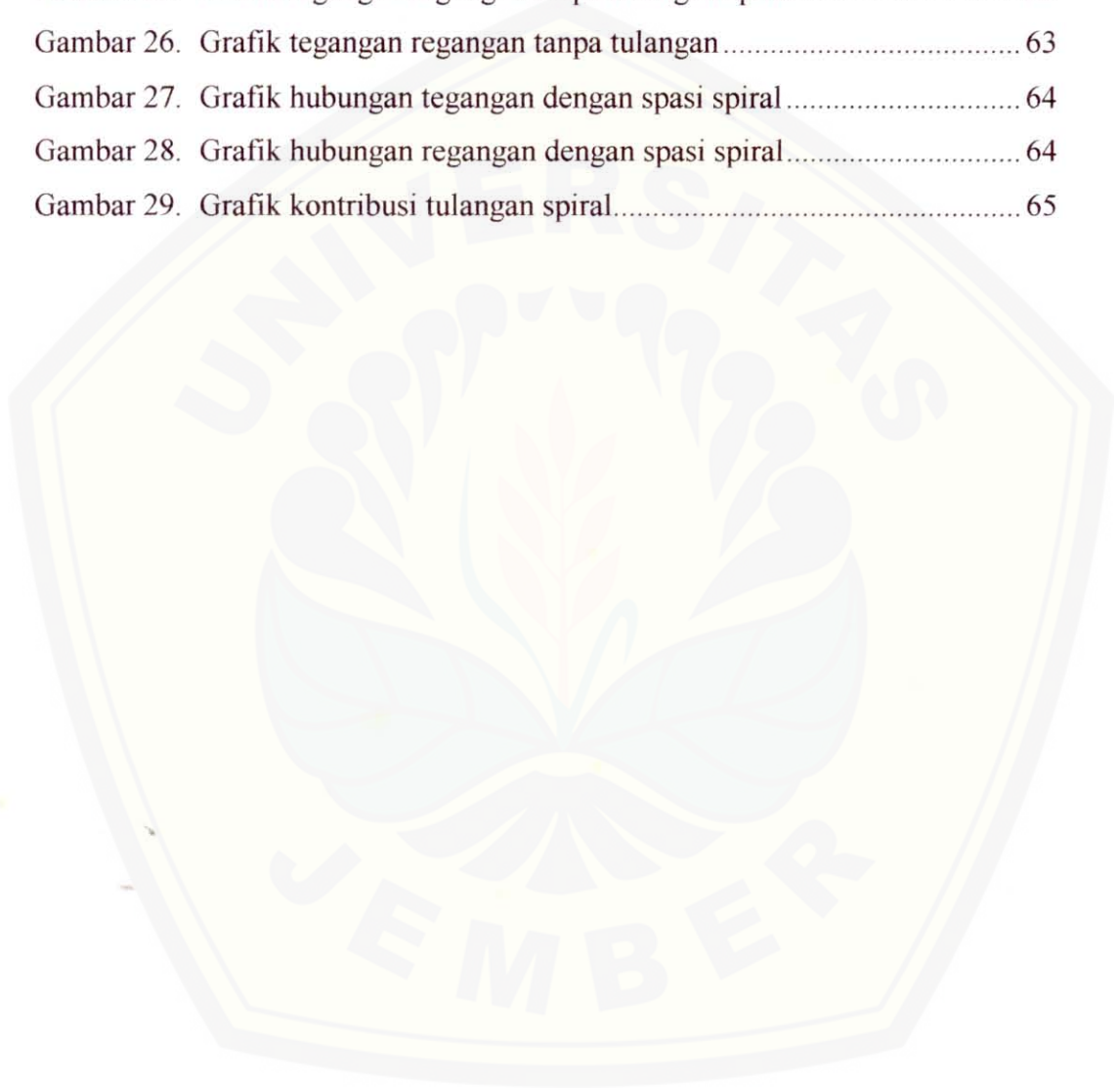
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
ABSTRAK	xv
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan.....	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Beton	4
2.1.1 Semen	4
2.1.2 Agregat	5
2.1.3 Air.....	7
2.1.4 Campuran	7
2.2 Perencanaan Campuran Adukan Beton.....	8
2.3 Tulangan (Baja Beton)	9
2.4 Kekuatan Tekan Beton	12
2.5 Distribusi Tegangan Tekan	15
2.6 Kurva Tegangan Regangan	16
2.7 Pengujian Statistik.....	17

2.8 Kajian Hipotesa	18
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Studi Literatur dan Konsultasi	20
3.2 Persiapan Bahan dan Penganyaman	20
3.3 Pengumpulan Data	22
3.3.1 Agregat Kasar	22
3.3.2 Agregat Halus	24
3.3.3 Uji Tarik	26
3.4 Mix Desain	27
3.5 Pengecoran	27
3.6 Perawatan	27
3.7 Tes Tekan	27
3.8 Analisa	27
3.9 Pembahasan	28
3.10 Kesimpulan	28
BAB IV. ANALISA DAN PEMBAHASAN	
4.1 Data Laboratorium	32
4.1.1 Agregat Halus	32
4.1.2 Agregat Kasar	35
4.2 Mix Desain	38
4.3 Uji Tarik	49
4.4 Pengujian Beton	52
4.4.1 Pengujian Slump	52
4.4.2 Kuat Tekan Beton	52
4.5 Pembahasan	57
BAB V. APLIKASI	66
BAB VI. PENUTUP	
6.1 Kesimpulan	67
6.2 Saran	68
DAFTAR PUSTAKA	69
LAMPIRAN	70

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Diagram tegangan – regangan	10
Gambar 2.	Penentuan yield dengan offset method.....	12
Gambar 3.	Pengaruh nilai perbandingan air semen – pada kekuatan tekan 28 hari	12
Gambar 4.	Kurva tegangan – regangan beton dari silinder –silinder tekan	16
Gambar 5.	Kurva tegangan – regangan pada umur 28 hari..... pada ukuran silinder 150 x 300 mm	17
Gambar 6.	Kurva deformasi beban cirian untuk kolom – kolom..... bersengkang dan bertulangan spiral	19
Gambar 7.	Contoh bentuk penganyaman untuk tiap – tiap model.....	21
Gambar 8.	Diagram alir pelaksanaan proyek akhir.....	29
Gambar 9.	Diagram alir dengan tulangan transversal.....	30
Gambar 10.	Diagram alir tanpa tulangan transversal.....	30
Gambar 11.	Diagram alir tanpa tulangan	31
Gambar 12.	Hubungan faktor air semen dan kuat tekan..... rata-rata silinder beton	40
Gambar 13.	Grafik prosentase agregat halus terhadap agregat campuran	44
	untuk ukuran butiran maksimum 10 mm	
Gambar 14.	Grafik prosentase agregat halus terhadap agregat.....	44
	campuran untuk ukuran butiran maksimum 20 mm	
Gambar 15.	Grafik prosentase agregat halus terhadap agregat	45
	campuran untuk ukuran butiran maksimum 40 mm	
Gambar 16.	Grafik hubungan kandungan air, berat jenis agregat	46
	campuran dan berat beton	
Gambar 17.	Grafik tegangan – regangan tulangan longitudinal	51
Gambar 18.	Grafik tegangan – regangan tulangan transversal	51
Gambar 19.	Grafik kuat tekan beton.....	56
Gambar 20.	Grafik tegangan regangan untuk spasi spiral 2 cm.....	58

Gambar 21. Grafik tegangan regangan untuk spasi spiral 4 cm.....	58
Gambar 22. Grafik tegangan regangan untuk spasi spiral 6 cm.....	59
Gambar 23. Grafik tegangan regangan untuk spasi spiral 8 cm.....	60
Gambar 24. Grafik tegangan regangan untuk spasi spiral 10 cm.....	61
Gambar 25. Grafik tegangan regangan tanpa tulangan spiral	62
Gambar 26. Grafik tegangan regangan tanpa tulangan.....	63
Gambar 27. Grafik hubungan tegangan dengan spasi spiral	64
Gambar 28. Grafik hubungan regangan dengan spasi spiral.....	64
Gambar 29. Grafik kontribusi tulangan spiral.....	65



DAFTAR TABEL

Tabel 1. Persyaratan metode pengujian dan pemeriksaan..... mutu baja beton	9
Tabel 2. Analisa pengujian saringan pasir.....	32
Tabel 3. Analisa pengujian pasir.....	33
Tabel 4. Analisa saringan kerikil.....	35
Tabel 5. Gradasi kerikil.....	36
Tabel 6. Analisa pengujian kerikil.....	36
Tabel 7. Nilai deviasi standar.....	38
Tabel 8. Persyaratan faktor air semen maksimum untuk..... berbagai pembetonan dan lingkungan khusus	40
Tabel 9. Penetapan nilai slump.....	41
Tabel 10. Perkiraan kebutuhan air per meter kubik beton.....	41
Tabel 11. Kebutuhan semen minimum untuk berbagai..... pembetonan dan lingkungan khusus	42
Tabel 12. Batas gradasi pasir.....	43
Tabel 13. Hasil pengujian tarik tulangan transversal.....	49
Tabel 14. Hasil pengujian tarik tulangan longitudinal.....	50
Tabel 15. Hasil pengujian slump.....	52
Tabel 16. Kuat tekan beton spasi 2 cm.....	53
Tabel 17. Kuat tekan beton spasi 4 cm.....	53
Tabel 18. Kuat tekan beton spasi 6 cm.....	54
Tabel 19. Kuat tekan beton spasi 8 cm.....	54
Tabel 20. Kuat tekan beton spasi 10 cm.....	55
Tabel 21. Kuat tekan beton tanpa tulangan transversal.....	55
Tabel 22. Kuat tekan beton tanpa tulangan transversal dan longitudinal.....	56
Tabel 23. Regangan beton spasi spiral 2 cm.....	57
Tabel 24. Regangan beton spasi spiral 4 cm.....	58
Tabel 25. Regangan beton spasi spiral 6 cm.....	59

Tabel 26.Regangan beton spasi spiral 8 cm	60
Tabel 27.Regangan beton spasi spiral 10 cm	61
Tabel 28.Regangan beton tanpa spiral	62
Tabel 29.Regangan beton tanpa tulangan	63
Tabel 30.Prosentase kontribusi tulangan spiral.....	65



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Pengujian pasir

Lampiran 2. Pengujian kerikil

Lampiran 3. Mix desain

Lampiran 4. Pengujian kuat tekan

Lampiran 5. Uji Tarik

Lampiran 6. Foto - Foto



**PENGARUH SPASI TULANGAN TRANSVERSAL BERBENTUK SPIRAL
TERHADAP NILAI REGANGAN BETON BERTULANG
AKIBAT BEBAN AKSIAL**

Oleh :

YUNI WIDHIYANINGTYAS

011903103101

ABSTRAK

Kolom banyak macamnya, seperti kolom beton biasa, kolom ikat, kolom spiral dan kolom komposit. Kolom ikat dan kolom spiral sering digunakan. Kolom spiral memiliki kelebihan dari kolom ikat yaitu pada saat beton diberi beban dan sudah mencapai titik luluh, kolom ikat segera patah sedangkan kolom spiral beraksi secara efektif bersamaan dengan deformasi yang bertambah besar yang mengikuti luluhnya baja tulangan kolom dan hilangnya selimut beton. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh dari jarak tulangan spiral terhadap nilai regangan beton bertulang.

Penelitian dilakukan di Laboratorium Struktur Jurusan Teknik Sipil Universitas Jember. Tulangan yang digunakan diameter 10 mm untuk tulangan longitudinal, dan diameter 6 mm untuk tulangan transversal. Menggunakan mutu beton K-225 dengan metode perencanaan adukan beton menggunakan metode DOE (*Department Of Environmental*).

Proporsi campuran yang di dapatkan 1 semen : 0,7 air : 1,2 pasir : 2,1 kerikil dengan mutu beton K-225. Hasil pengujian kuat tekan karakteristik sebesar 32.807 Mpa (A); 31.021 Mpa (B); 29.543 Mpa (C); 28.171 Mpa (D); 27.983 Mpa (E); 26.362 Mpa (F); 24.789 Mpa (G). Sedangkan spasi spiral berpengaruh terhadap nilai tegangan-regangan yaitu untuk spasi spiral 2 cm kontribusinya sebesar 21.726 %; spasi spiral 4 cm sebesar 17.874 %; spasi spiral 6 cm sebesar 12.151 %; spasi spiral 8 cm sebesar 9.729 %; spasi spiral 10 cm sebesar 8.849% dan 1.805 % untuk beton tanpa tulangan transversal. Jadi, spasi spiral semakin kecil semakin besar kontribusinya terhadap nilai tegangan-regangan daripada beton tanpa tulangan.

Kata Kunci : Tegangan-Regangan



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Kolom merupakan komponen struktur dengan rasio tinggi terhadap dimensi lateral terkecil sama dengan 3 atau lebih digunakan terutama untuk mendukung beban aksial tekan. Kolom banyak macamnya, seperti kolom beton biasa, kolom ikat, kolom spiral dan kolom komposit. Kolom ikat dan kolom spiral sering digunakan. Keduanya dapat berupa lingkaran, segi delapan, bujur sangkar, atau persegi panjang.

Ferguson (1991:470), Kolom spiral memiliki kelebihan dari kolom ikat yaitu pada saat beton diberi beban dan sudah mencapai titik luluh, kolom ikat segera patah yaitu patah dalam arah diagonal karena geseran beton dan patah tekuk pada baja tulangan kolom di antara sengkang – sengkang. Pada kolom spiral, beban titik luluh mengakibatkan retak – retak atau hancurnya selimut beton diluar spiral. Spiral baru beraksi secara efektif bersamaan dengan deformasi yang bertambah besar yang mengikuti luluhnya baja tulangan kolom dan hilangnya selimut beton. Baja tulangan spiral didapatkan dari 2.0 sampai 2.4 kali sama efektifnya dengan baja tulangan longitudinal dan menyumbang pada kekuatan ultimit beton. Tulangan spiral tidak benar – benar efektif sampai selimut beton rusak.

Dengan menggunakan tulangan spiral yang besar dan rapat dapat menambah lebih banyak kekuatan pada kolom daripada kerugian dengan lepas

atau terkelupasnya selimut beton, maka kolom akan menahan beban ultimit yang lebih besar dari pada beban titik luluh. Dari latar belakang tersebut peneliti ingin mengetahui pengaruh spasi tulangan spiral terhadap hubungan tegangan-regangan akibat beban aksial.

1.2 RUMUSAN MASALAH

Dari penelitian ini dapat dirumuskan suatu masalah yaitu : Bagaimana pengaruh spasi tulangan transversal terhadap nilai regangan beton bertulang akibat beban aksial ?

1.3 BATASAN MASALAH

Dari rumusan masalah diatas, penelitian ini kami batasi sebagai berikut :

1. Pengaruh tulangan transversal terhadap nilai regangan beton bertulang akibat beban aksial.
2. Pengamatan dilakukan dengan menggunakan 7 variasi, 5 variasi untuk spasi tulangan transversal yang berbeda-beda (2 cm, 4 cm, 6cm, 8 cm,10 cm), variasi hanya dengan tulangan longitudinal dan variasi tanpa tulangan longitudinal dan tulangan transversal.
3. Menggunakan diameter 6 mm untuk tulangan transversal (tulangan sengkang) dan 10 mm untuk tulangan longitudinal (tulangan pokok).
4. Menggunakan mutu beton K-225 dan mutu baja U-24.
5. Menggunakan Mix Desain cara DOE
6. Standart yang digunakan menggunakan standart SKSNI-15-1991 dan PBI

7. Pengamatan kuat tekan beton dilakukan saat beton berumur 14 hari.
8. Jumlah benda uji 10 buah tiap model dengan menggunakan benda uji silinder 150 x 300 mm.

1.4 TUJUAN

Pengujian Uji Tekan Beton dengan menambahkan tulangan longitudinal dan transversal dilakukan untuk mencapai beberapa tujuan sebagai berikut :

1. Dapat membuat mix desain campuran beton dengan mutu beton K – 225.
2. Dapat mengetahui kuat tekan beton untuk masing – masing variasi spasi tulangan spiral yaitu jarak 2 cm, 4 cm, 6 cm, 8 cm, 10 cm, tanpa tulangan spiral dan tanpa tulangan.
3. Dapat mengetahui hubungan tegangan regangan beton dari masing-masing variasi spasi tulangan.

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah dapat mengetahui regangan ideal dari bermacam-macam variasi spasi spiral dan dapat digunakan sebagai acuan untuk perencanaan tulangan transversal.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 BETON

Beton adalah campuran antara semen Portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan membentuk masa padat. Beton untuk beton bertulang terdiri dari partikel-partikel agregat yang dilekatkan oleh pasta yang terbuat dari semen portland dan air. Campuran pasir semen dan air akan mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel agregat dan setelah beton segar (*fresh*) dicor, beton mengeras sebagai akibat dari reaksi-reaksi kimia eksotermis antara semen dan air, membentuk suatu bahan struktur yang padat dan tahan lama.

2.1.1 Semen

Semen adalah suatu jenis bahan yang memiliki sifat adhesif (*adhesive*) dan kohesif (*cohesive*) yang memungkinkan melekatnya fragmen-fragmen mineral menjadi suatu masa yang padat. Semen yang dimaksudkan untuk konstruksi beton bertulang adalah bahan yang jadi dan mengeras dengan adanya air atau disebut juga semen hidraulis (*hidraulic semen*).

Walaupun terdapat sejumlah semen portland standar, kebanyakan beton untuk gedung-gedung terbuat dari semen standar atau semen biasa Tipe I (untuk beton dimana kekuatan kritis dibutuhkan dalam jangka waktu 28 hari) atau dari semen dengan kuat awal yang tinggi Tipe III (untuk beton dimana kekuatan diperlukan dalam jangka waktu beberapa hari saja).

semen dengan kuat awal yang tinggi Tipe III (untuk beton dimana kekuatan dipelukan dalam jangka waktu beberapa hari saja).

Karena tegangan-tegangan susut dan temperatur adalah penting dalam desain, perubahan volume yang berhubungan dengan perbedaan-perbedaan panas tersebut menjadi hal yang penting. Semen gelembung udara atau bahan-bahan pembantu untuk menambah gelembung-gelembung udara dalam beton sering digunakan untuk mendapatkan sifat dapat dikerjakan (workability) dan sifat tahan lama (durability) yang lebih besar. Semen ekspansif untuk membatasi susut juga terdapat dalam pasar.

2.1.2 Agregat

Agregat adalah suatu batuan yang mengandung senyawa-senyawa kimia sehingga mempunyai suatu karakteristik kekuatan dan berat jenis yang berbeda-beda. Agregat menempati sekitar 75% dari isi total beton, sifat-sifat agregat mempunyai pengaruh yang besar terhadap perilaku dari beton yang sudah mengeras. Sifat agregat bukan hanya mempengaruhi sifat beton, akan tetapi juga mempengaruhi ketahanan (durability, daya tahan terhadap kemunduran mutu akibat siklus dari pembekuan pencairan).

Agregat terdiri dari :

1. Agregat halus adalah agregat yang lolos dari ayakan No.4 (lebih kecil dari 3/16 inci). Pasir merupakan agregat halus yang mempunyai kandungan serpih, batu tulis dan tanah.

2. Agregat kasar (kerikil) adalah bahan yang tertahan dalam saringan No.4 dan ukuran nominal maksimum agregat kasar yang diijinkan ditentukan oleh jarak bersih antara sisi dari acuan dan antara batangan baja yang bersebelahan dan tidak melebihi dari :
 - a. $1/5$ dari dimensi yang paling sempit antara sisi dari acuan.
 - b. $1/3$ tinggi dari slab.
 - c. $3/4$ jarak bersih antara baja tulangan

Ukuran agregat mempunyai pengaruh yang penting terhadap jumlah semen dan air yang diperlukan untuk membuat satu-satuan beton. Ukuran agregat juga sangat mempengaruhi *bleeding*, penyelesaian akhir, susut dan sifat dapat tembus (*permeability*).

Agregat yang akan digunakan untuk konstruksi bangunan harus memenuhi persyaratan antara lain sebagai berikut :

1. Sifatnya kekal tidak berubah dan hancur oleh udara. Sifat kekal itu dapat dilarutkan melalui uji larutan, untuk pasir menggunakan natrium sulfat dan yang hancur maximum 10%, untuk kerikil menggunakan natrium sulfat dan yang hancur maximum 12%.
2. Agregat mempunyai variasi gradasi butir yang baik dengan modulus halus butir antara 2,50 – 3,80.
3. Agregat tidak boleh mengandung butiran pipih dan panjang lebih dari 20% (dari berat keseluruhan) untuk kerikil.
4. Untuk beton dengan tingkat keawetan tinggi, agregat yang harus digunakan harus memiliki tingkat reaktif yang negatif terhadap alkali.

5. Agregat tidak mengandung zat organik bila direndam dalam larutan 3% NaOH.
6. Agregat tidak mengandung garam yang mengisap air dari udara.
7. Agregat tidak mengandung tanah atau kotoran yang berat ayakannya 0,075 mm. Untuk pasir maksimal 5% untuk beton sampai 10 Mpa, dan 2,5% untuk beton yang lebih tinggi dari 10 Mpa.
8. Agregat memiliki butiran yang tajam, kuat, dan bersudut, persyaratan dilakukan dengan mesin uji Los Angeles dan dengan bejana Rudelhoff.

2.1.3 Air

Dalam campuran beton, diharapkan menggunakan jenis air yang tidak mengandung senyawa-senyawa kimia, karena sangat berpengaruh terhadap kekuatan beton pada saat semen beraksi. Ada beberapa persyaratan air sebagai pencampur konstruksi beton antara lain :

1. Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter
2. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter
3. Tidak mengandung Lumpur lebih dari 2 gram/liter
4. Tidak mengandung zat organik, asam, dan garam – garam yang dapat merusak beton lebih dari 15 gram/liter.

Air yang digunakan untuk campuran beton biasanya sesuai dengan yang dipakai untuk air minum. Untuk menghasilkan beton dengan kekuatan lebih dari 90 persen biasanya digunakan air suling.

2.1.4 Campuran (*admixture*)

Disamping semen, agregat kasar, agregat halus dan air, bahan-bahan lain yang dikenal sebagai campuran (*admixture*) dapat ditambahkan kepada campuran beton pada saat mencampur beton. Campuran dapat dipakai untuk merubah sifat dari beton agar dapat berfungsi lebih baik atau agar lebih ekonomis.

Pada pengujian ini, tidak menggunakan bahan campuran (*admixture*). Proses pencampuran hanya menggunakan semen, agregat kasar, agregat halus dan air dengan komposisi yang disesuaikan dengan pelaksanaan dilapangan.

2.2 PERENCANAAN CAMPURAN ADUKAN BETON

Perencanaan campuran adukan beton dimaksudkan untuk mendapatkan beton yang sebaik-baiknya untuk itu harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :

1. Memenuhi ketentuan tekan karakteristik atau kekuatan tekan minimum yang dikehendaki.
2. Memenuhi keawetan terhadap pengaruh-pengaruh serangan agresif lingkungan.
3. Memenuhi kemudahan pengerjaan dilapangan.
4. Seekonomis mungkin.

Dalam penelitian yang dilakukan, perencanaan adukan beton digunakan metode yang dikembangkan oleh Department Of Environment dari kerajaan Inggris yang dikenal dengan metode DOE. Beton terdiri dari campuran air,

semen, pasir, dan bahan kerikil/batu pecah. Dalam penggunaan metode DOE ini ada 2 anggapan dasar yaitu :

1. Mudahnya pengerjaan adukan beton bergantung dari jumlah air bebas dan tidak tergantung dari kadar semen dan faktor air semen.
2. Kekuatan beton tergantung dari faktor air semen (FAS) dan tidak tergantung dari banyaknya air dan kadar semen.

2.3 TULANGAN (BAJA BETON)

Tulangan merupakan satu fungsi yang sangat penting untuk struktur beton karena daya dukung struktur beton bertulang didapatkan dari kerja sama antara beton dan tulangan. Baja beton yang dipakai dalam bangunan harus memenuhi persyaratan terhadap metode pengujian dan pemeriksaan untuk bermacam-macam mutu baja beton. Di samping mutu baja beton Bj.Tp 24 dan Bj.Td 40, terdapat pula mutu baja yang lain misalnya Bj.Tp 30.

Tabel 1. Persyaratan Metode pengujian dan Pemeriksaan Mutu Baja Beton

Keterangan	Mutu Baja	Batas Luluh Mpa (kg/cm ²)	Kuat Tarik Mpa (kg/cm ²)	Regangan pada beban maksimal
Polos	Bj.Tp 24	240 (2400)	390 (3900)	3%
Deform	Bj.Td 40	400 (4000)	500 (5000)	5%

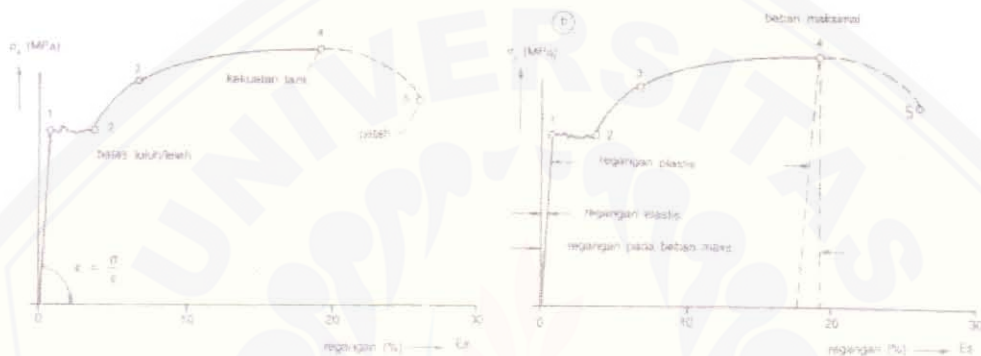
Sumber : Pedoman Pengerjaan Beton (1997:96)

Sifat-sifat dari baja beton yang dapat ditentukan dengan pengujian tarik adalah :

1. Kuat tarik
2. Batang luluh atau leleh

3. Regangan pada beban maksimal
4. Modulus elastisitas

Pengujian tarik batang baja beton dilakukan hingga batang patah. Sifat-sifat dari pengujian tarik diatas dapat digambarkan dengan diagram tegangan-regangan (*Stress – strain diagram*) atau disebut juga diagram tarik.



Sumber : Gideon Kusuma,dkk (1993:97)

Gambar 1. Diagram tegangan-regangan

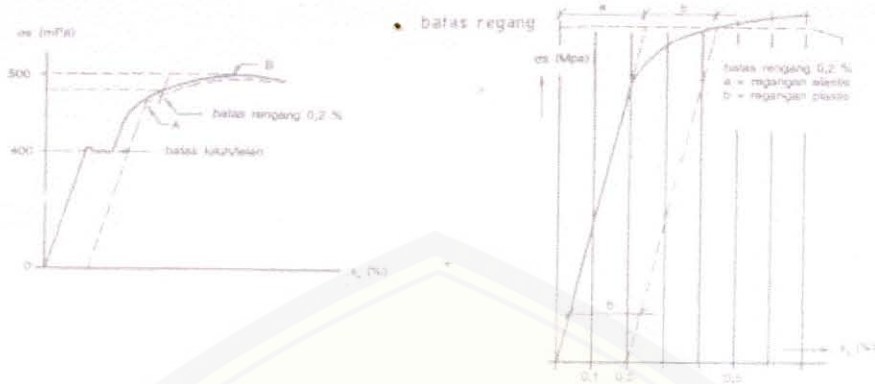
Keterangan :

- 0 – 1 daerah plastis
- 1 – 2 daerah dimana (besar tegangan hampir tak berubah) terjadi plastis deformasi yang besar (meluluh)
- 2 – 3 di daerah ini, untuk memperbesar regangan dibutuhkan pertambahan tegangan (daerah penguatan)
- 3 – 4 daerah dimana regangan membesar sampai 15% - 20% tanpa memberi pertambahan tegangan yang berarti

4 – 6 terjadi penyempitan (kontraksi) – perubahan bentuk setempat yang besar, dimana suatu penampang batang mengecil sedemikian, sehingga batang akan patah ditempat ini.

Sumbu vertikal menyatakan tegangan σ_s dalam Mpa dan sumbu horizontal regangan ϵ_s dalam %. Regangan ϵ_s adalah perubahan panjang batang dibagi panjang batang semula. Dari diagram diatas didapatkan garis lurus yang artinya regangan yang timbul akibat tegangan yang kecil berbanding lurus dengan besarnya tegangan yang bekerja (Hukum Hook). Kesebandingan ini berlangsung hingga penambahan beban tidak lagi berbanding lurus, penambahan beban tetap tetapi penambahan panjang semakin besar. Kondisi ini disebut batang uji mengalami luluh (*yield*) kondisi ini hanya bersifat sementara setelah itu beban naik lagi sampai beban maksimum dan turun lagi (tetapi penambahan panjang terus berlangsung) sampai akhirnya batang uji putus.

Diagram tegangan-regangan dapat dibagi menjadi dua daerah yaitu daerah elastis dan daerah plastis. Untuk logam – logam yang ulet dapat memperlihatkan terjadinya luluh (*yield*) dengan jelas, tetapi untuk logam – logam yang getas *yield* tidak tampak dengan jelas atau sama sekali tidak terlihat. Jadi untuk memperoleh nilai yield digunakan metode offset atau disebut juga dengan *offset yield method* (*kekuatan luluh*). Yield dianggap mulai terjadi bila sudah timbul regangan plastik sebesar 0,2% atau 0,35%. Secara grafik, offset yield strength dapat dicari dengan menarik garis sejajar dengan garis elastik dari titik regangan 0,2% atau 0,35% hingga memotong kurva. Titik perpotongan ini menunjukkan yield. (lihat gambar 2).

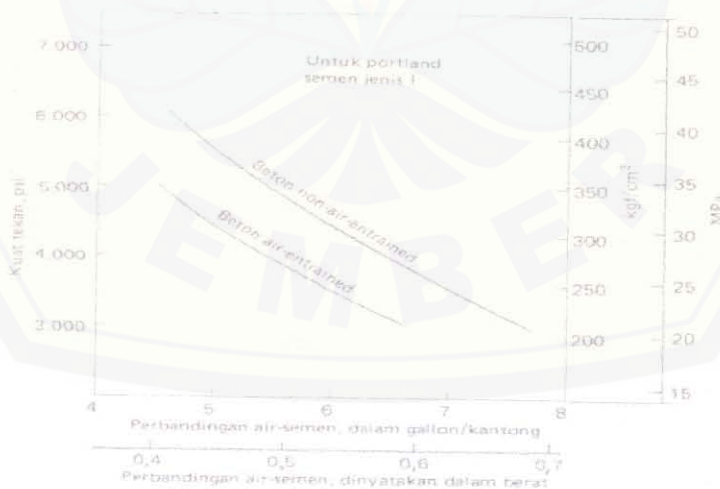


Sumber : Gideon Kusuma, dkk, (1993:98).

Gambar 2. Penentuan yield dengan offset method

2.4 KEKUATAN TEKAN BETON

Kekuatan tekan beton ditentukan oleh pengaturan dari perbandingan semen, agregat kasar, agregat halus dan air. Perbandingan air terhadap semen merupakan faktor utama didalam penentuan kekuatan beton, seperti dalam gambar 3 :



Sumber : Chu Kia Wang, 1985: 9

Gambar 3. Pengaruh nilai perbandingan air - semen pada kekuatan tekan 28 hari

Semakin rendah perbandingan air semen, semakin tinggi kekuatan tekan. Suatu jumlah tertentu air diperlukan untuk memberikan aksi kimiawai didalam proses pengerasan beton, kelebihan air meningkatkan kemampuan pengerjaan (*Service ability*) akan tetapi menurunkan kekuatan. Suatu ukuran dari pengerjaan beton ini diperoleh dengan percobaan slump.

Kekuatan tekan beton didapatkan dari uji tekan beton yang disesuaikan dengan waktu mengerasnya beton. Dalam peraturan uji tekan beton dapat dilakukan untuk waktu 3, 7, 14, 21, dan 28 hari.

Kuat tekan adalah kemampuan benda uji untuk menahan gaya tekan atau kemampuan maksimum benda uji dalam menahan gaya tersebut yang menyebabkan kehancuran. Kuat tekan beton dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain :

1. Jenis semen dan kualitas
2. Jenis dan tekstur permukaan agregat
3. Perawatan
4. Suhu

Dimana kuat tekan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$F_c' = \frac{\text{pembacaan dial} \times 1000}{A \times \text{kalibrasi}} \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana : f_c' = Kuat tekan beton

A = luas benda uji (silinder)

Kalibrasi :

- a. beton umur 7 hari = 0.65
- b. beton umur 14 hari = 0.88
- c. beton umur 21 hari = 0.95
- d. beton umur 28 hari = 1.00

Kuat Tekan rata – rata adalah nilai rata-rata kuat tekan beton dari sejumlah beton yang sama jenisnya. Dimana kuat tekan rata-rata dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$F_c' m = \frac{\sum f_c'}{n} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana : $f_c' m$ = kuat tekan rata-rata

$\sum f_c$ = jumlah nilai kuat tekan

n = jumlah benda uji untuk satu jenis perlakuan

Kuat tekan karakteristik beton adalah kuat tekan dimana dari sejumlah pemeriksaan ada kemungkinan kuat tekan yang kurang dari kuat tekan yang disyaratkan terbatas sampai 5 % (Samekto, 2001). Dimana kuat tekan karakteristik dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$F_c' k = f_c' m - 1.64S \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana : $f_c' k$ = kuat tekan karakteristik

$F_c' m$ = kuat tekan rata-rata

S = standart deviasi

Untuk menentukan besarnya batas bawah dan batas atas dari kuat tekan karakteristik maka dilakukan perhitungan $f_c' up$ dan $f_c' down$. $F_c' up$ adalah suatu

garis yang menyatakan penyimpangan paling tinggi dari nilai baku, sedangkan f_c' down adalah garis yang merupakan batas kontrol bawah yang merupakan penyimpangan paling rendah yang diijinkan. Dimana f_c' up dan f_c' down dihitung dengan menggunakan rumus :

$$F_c'k = f_c'm \pm 1.64 S \dots\dots\dots(2.4)$$

Dan apabila semua titik-titik pengujian berada didaerah yang dibatasi oleh garis f_c' up dan f_c' down dikatakan proses. Ini berarti bahwa proses berlangsung atau beroperasi dibawah penyebab wajar sebagaimana yang diharapkan. Dan apabila terdapat suatu titik jauh berada dibawah f_c' up dan f_c' down, maka dikatakan bahwa diduga telah terjadi hal yang tidak wajar dan perlu diadakan suatu perbaikan.

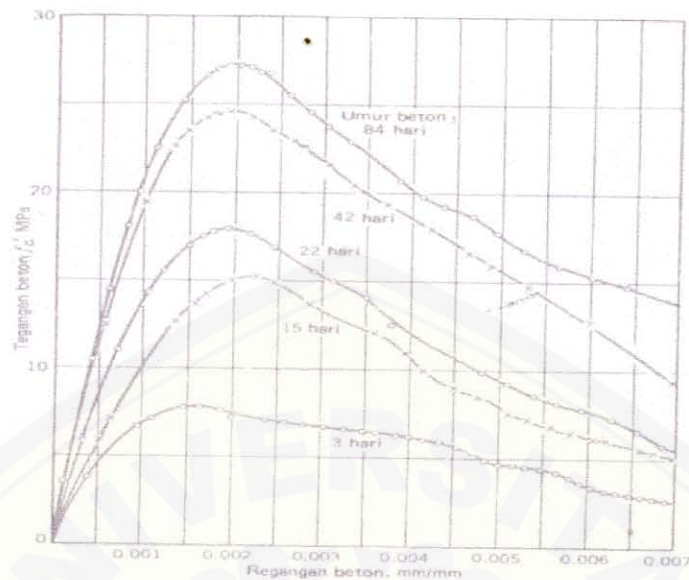
2.5 DISTRIBUSI TEGANGAN

Dalam balok-balok beton bertulang, tegangan bervariasi dari nol di sumbu netral sampai maksimum pada serat ekstrim. Variasi tegangan dipengaruhi oleh beberapa faktor :

1. Jarak dan kedalaman dari retakan tarik akibat dari pembebanan.
2. Pengaruh susut dan rayapan beton terhadap distribusi tegangan
3. Kurva tegangan – regangan beton yang sebenarnya tidak linier.

2.6 KURVA TEGANGAN – REGANGAN

Kurva tegangan – regangan tipikal untuk silinder – silinder beton pada pembebanan – pembebanan awal diperlihatkan pada gambar 4 :



Sumber : Phil M. Ferguson, (1986:13)

Gambar 4. Kurva tegangan-regangan beton dari silinder-silinder tekan.

Bagian pertama dari setiap kurva hampir merupakan garis lurus, tetapi terdapat kelengkungan setelah f_c' mencapai separuh dari nilai maksimum. Tegangan maksimum dinyatakan dengan f_c' . Untuk beton dengan kekuatan yang rendah kurvanya mempunyai puncak yang panjang dan relatif datar. Untuk beton dengan kekuatan yang tinggi, puncaknya lebih tajam. Besarnya nilai regangan dapat dicari dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} \dots\dots\dots(2.5)$$

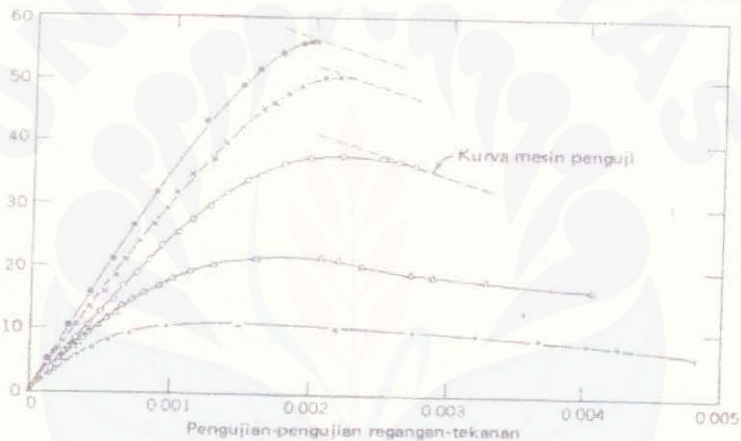
dimana : ε = regangan beton bertulang

σ = tegangan beton bertulang

E = modulus elastisitas beton bertulang ($4700\sqrt{f_c'}$)

Pada regangan-regangan yang melebihi nilai tertinggi tegangan, tetap terdapat kekuatan yang besar. Regangan silinder yang terjadi didekat tegangan maksimum adalah hampir sama untuk semua kekuatan beton, kurang lebih 0,002

mm/mm. Dalam sebuah silinder, regangan maksimum sebesar 0,0025 mm menunjukkan batas kegunaan untuk semua beton kecuali beton berkekuatan rendah. Dalam balok-balok beton bertulang biasa, bentuk penampang merupakan suatu faktor dan makin curam gradien regangan, makin besar regangan pinggir yang dapat digunakan untuk suatu f_c' yang diberikan. Pengamat menunjukkan bahwa regangan-regangan sebesar 0,003 sampai 0,0045 pada umumnya terjadi sebelum balok gagal.



Sumber : Phil M. Ferguson, 1986 : 14

Gambar 5. Kurva tegangan – regangan pada umur 28 hari pada ukuran silinder 150 x 300 mm

2.7 PENGUJIAN STATISTIK

Dari hasil penelitian maupun pengamatan diperlukan suatu laporan yang berupa uraian atau kesimpulan dari hasil penelitian tersebut. Sebelum kesimpulan dibuat, data yang diperoleh dianalisa dan diolah setelah itu dibuat kesimpulan. Jadi statistik adalah suatu alat, teknik untuk mengumpulkan, mengolah, menganalisa bahan – bahan berupa data serta mengambil kesimpulan berdasarkan analisa yang telah dilakukan.

2.8 KAJIAN HIPOTESA

Beban diatas daerah beban layan (beban kerja), terjadi perpindahan beban dari beton ke tulangan. Unsur – unsur struktur yang dibebani aksial tekan, dengan atau tanpa kombinasi dengan lentur sering memikul bagian yang lebih besar dari beban tetap. Akibatnya pengalihan beban dari beton ke tulangan akibat deformasi yang tergantung pada waktu, lebih menyolok dalam unsur-unsur ini dibandingkan dengan dalam balok. Namun, sekalipun tegangan sebenarnya dibawah beban layan tidak dapat dihitung secara berarti, kekuatan dapat ditentukan. Sehingga kekuatan nominal P_n dari kolom yang dibebani gaya aksial dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut :

$$P_n = k_c \cdot f_c' \cdot A_c + f_y \cdot A_{st} + k_s \cdot f_{sy} \cdot A_{sp} \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana :

P_n = Kekuatan nominal untuk kolom dengan pengikat (dengan suku ketiga dihilangkan, bila tidak ada spiral) atau kekuatan leleh dari kolom dengan tulangan spiral

k_c = koefisien (=0.85) untuk memperhitungkan perbedaan beton dalam kolom dengan beton uji silinder

f_c' = kekuatan beton silinder standart yang berumur 28 hari

A_c = luas beton bersih, berdasarkan luas kasar beton untuk kolom dengan pengikat, dan luas inti kolom yang bertulangan spiral

A_{st} = luas tulangan memanjang

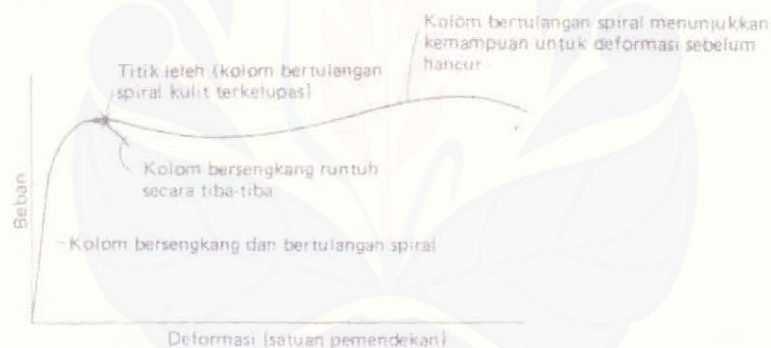
f_y = tegangan leleh dari tulangan memanjang

k_s = konstanta yang bervariasi dari 1,5 sampai 2,5 dengan rata-rata 1,95

f_{sy} = tegangan leleh dari tulangan spiral

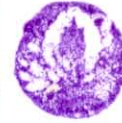
A_{sp} = volume dari tulangan spiral per satuan panjang kolom

Dari persamaan 2.6 menyatakan beban leleh (yield load) untuk kolom dengan tulangan spiral yang menunjukkan keadaan leleh dan kemudian diikuti oleh deformasi yang besar sebelum keruntuhan total seperti pada gambar 6. Pada saat dicapainya titik leleh, selimut beton dan spiral mulai bekerja untuk membungkus (confine) beton yang hancur di dalam inti. Sehingga tulangan spiral menyumbangkan hanya sedikit terhadap kekuatan sebelum titik leleh, namun memberikan daktilitas. (*Chu Kia Wang., 1990:401*).



Sumber : *Chu-Kia Wang, 1990:401*

Gambar 6. Kurva deformasi beban cirian untuk kolom-kolom bersengkang dan bertulangan spiral



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 STUDI LITERATUR DAN KONSULTASI

Studi literatur dilakukan untuk memperoleh data-data dan informasi yang ada di buku maupun jurnal dan literatur-literatur lainnya yang berhubungan dengan penelitian proyek akhir. Studi literatur ini nantinya akan dipakai sebagai landasan atau dasar dari penelitian proyek akhir.

Konsultasi dilakukan dengan dosen pembimbing untuk mendapatkan pencapaian hasil yang sempurna, baik tentang proses kegiatan penelitian maupun dalam penyusunan laporan proyek akhir.

3.2 PERSIAPAN BAHAN DAN PENGANYAMAN

Bahan yang digunakan dalam penelitian terdiri dari :

1. Semen Portland type I yaitu semen gresik.
2. Agregat kasar yaitu batu pecah yang berasal dari daerah jember.
3. Agregat halus yaitu pasir yang berasal dari daerah jember.
4. Tulangan baja :
 - tulangan longitudinal dengan diameter 10 mm
 - tulangan transversal dengan diameter 6 mm
5. Air PDAM.

Penganyaman dilakukan sesuai dengan model yaitu jarak tulangan spiral yang berbeda-beda antara lain :

Model 1 (A) : - 4 tulangan pokok

- spasi spiral 2 cm

Model 2 (B) : - 4 tulangan pokok

- spasi spiral 4 cm

Model 3 (C) : - 4 tulangan pokok

- spasi spiral 6 cm

Model 4 (D) : - 4 tulangan pokok

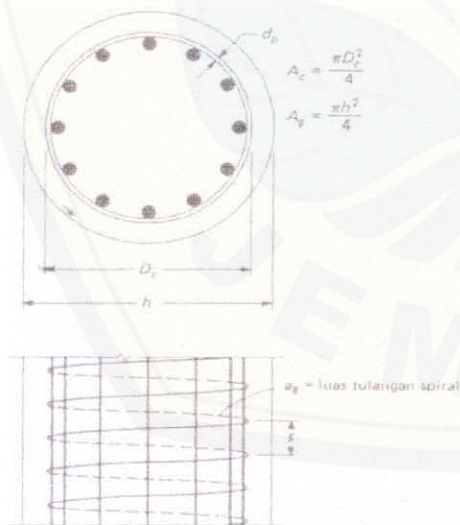
- spasi spiral 8 cm

Model 5 (E) : - 4 tulangan pokok

- spasi spiral 10 cm

Model 6 (F) : - 4 tulangan pokok tanpa tulangan transversal

Model 7 (G) : tanpa tulangan pokok dan tulangan transversal



Keterangan :

d_b : diameter tulangan transversal

D_c : diameter inti beton

s : spasi tulangan spiral

Sumber : Chu Kia Wang, 1985:411

Gambar 7. contoh bentuk penganyaman untuk tiap-tiap model

3.3 PENGUMPULAN DATA

Pengumpulan data dimulai dari penelitian terhadap bahan – bahan yang digunakan untuk mix desain antara lain :

3.3.1 Agregat Kasar

Dalam pengujian agregat kasar dilakukan beberapa pengujian, meliputi :

1. Analisa saringan

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui keanekaragaman butiran dari agregat kasar (gradasi). Prinsip pengujian ini adalah untuk mengetahui persentase kelolosannya dan modulus kehalusan dari kerikil.

$$\text{ModulusKehalusan} = \frac{\text{JumlahBeratTertahan}}{100} \dots\dots\dots(3.1)$$

2. Berat Jenis Kerikil

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui berat jenis kerikil dalam kondisi SSD (kering permukaan).

$$\text{BeratJenis} = \frac{W1}{W1 - W2} \dots\dots\dots(3.2)$$

dimana : W1 = Berat kerikil diudara (gram)

W2 = Berat kerikil di air (gram)

3. Air Resapan Kerikil

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan kerikil untuk menyerap air (absorpsi).

$$KAR = \frac{W1 - W2}{W2} \times 100\% \dots\dots\dots(3.3)$$

dimana : $W1$ = Berat kerikil SSD (gram)

$W2$ = Berat kerikil oven (gram)

4. Berat Volume Kerikil

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui besarnya berat volume/isi kerikil yaitu perbandingan berat kerikil dengan volume cetakan. Berat volume kerikil dapat diketahui dengan dua cara yaitu dengan rojokan dan tanpa rojokan.

$$\text{BeratVolume} = \frac{W2 - W1}{V} \dots\dots\dots(3.4)$$

dimana : $W1$ = Berat silinder (gram)

$W2$ = Berat silinder + kerikil (gram)

V = Volume silinder (cm^3)

5. Kelembaban Kerikil

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kadar air kerikil dengan cara kering.

$$\text{Kelembaban} = \frac{W1 - W2}{W2} \times 100\% \dots\dots\dots(3.5)$$

dimana : $W1$ = Berat kerikil asli (gram)

$W2$ = Berat kerikil oven (gram)

6. Kebersihan Kerikil dengan Cara Kering

Pengujian ini dilakukan untuk menentukan kadar Lumpur dalam kerikil (ditentukan terhadap berat kering).

$$\text{KadarLumpur} = \frac{W1 - W2}{W1} \times 100\% \dots\dots\dots(3.6)$$

dimana : $W1$ = Berat kerikil kering (gram)

$W2$ = Berat kerikil bersih (gram)

7. Ketahanan Agregat

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui ketahanan agregat yang mengalami beban kejut yaitu tingkat kehancuran agregat.

$$\text{Nilai impact} = \frac{A - B}{A} \times 100\% \dots\dots\dots(3.7)$$

dimana : A = Berat agregat (gram)

B = Berat agregat yang tertahan saringan no.8 (gram)

3.3.2 Agregat Halus

Pengujian yang dilakukan untuk pasir antara lain :

1. Analisa Saringan Pasir

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui gradasi dari pasir dan juga modulus kehalusan.

$$\text{ModulusKehalusan} = \frac{\text{JumlahBeratTertahan}}{100} \dots\dots\dots(3.8)$$

2. Berat Jenis Pasir

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui berat jenis pasir dalam kondisi SSD (kering permukaan).

$$\text{BeratJenis} = \frac{W1}{(W2 - W1 + W3)} \dots\dots\dots(3.9)$$

dimana : $W1$ = Berat picnometer + pasir + air (gram)

$W2$ = Berat pasir SSD (gram)

$$W3 = \text{Berat picnometer} + \text{air (gram)}$$

3. Air Resapan Pasir

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan pasir untuk menyerap air (absorpsi).

$$KAR = \frac{W1 - W2}{W2} \times 100\% \dots\dots\dots(3.10)$$

dimana : $W1 = \text{Berat pasir SSD (gram)}$

$W2 = \text{Berat pasir oven (gram)}$

4. Berat Volume Pasir

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui besarnya berat volume/isi pasir yaitu perbandingan berat pasir dengan volume cetakan. Berat volume pasir dapat diketahui dengan dua cara yaitu dengan rojokan dan tanpa rojokan.

$$\text{BeratVolume} = \frac{W2 - W1}{V} \dots\dots\dots(3.11)$$

dimana : $W1 = \text{Berat silinder (gram)}$

$W2 = \text{Berat silinder + pasir (gram)}$

$V = \text{Volume silinder (cm}^3 \text{)}$

5. Kelembaban Pasir

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kadar air pasir dengan cara kering.

$$\text{Kelembaban} = \frac{W1 - W2}{W2} \times 100\% \dots\dots\dots(3.12)$$

dimana : $W1 = \text{Berat pasir asli (gram)}$

$W2 = \text{Berat pasir oven (gram)}$

6. Kebersihan Pasir dengan Cara Kering dan Cara Basah

Pengujian ini dilakukan untuk menentukan kadar Lumpur dalam pasir.

- Cara Kering

$$\text{KadarLumpur} = \frac{W1 - W2}{W1} \times 100\% \dots\dots\dots(3.13)$$

dimana : W1 = Berat pasir kering (gram)

 W2 = Berat pasir bersih (gram)

- Cara Basah

$$\text{KadarLumpur} = \frac{h}{H} \dots\dots\dots(3.14)$$

dimana : h = tinggi lumpur (cm)

 H = tinggi pasir (cm)

7. Kebersihan Pasir terhadap Bahan Organik

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengukur kebersihan pasir terhadap bahan – bahan organik. Prinsip pengujian ini adalah dengan memasukkan larutan NaOH kedalam botol yang sudah diisi pasir, kocok dan diamkan selama 24 jam, lalu perhatikan warnanya.

3.3.3 Uji Tarik

Karena tulangan yang ada dipasaran tidak diketahui mutu bajanya maka perlu diketahui tegangan lelehnya dengan uji tarik. Uji tarik dilakukan untuk mengetahui tegangan leleh dari tulangan. Tegangan leleh dapat diketahui dari diagram tegangan – regangan.

$$\sigma = \frac{P_i}{\frac{1}{4}\pi d_o^2} \dots\dots\dots(3.15)$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_o} \times 100\% \dots\dots\dots(3.16)$$

3.4 PEMBETONAN

Dalam pekerjaan pembetonan yang pertama dilakukan adalah :

1. Mix Desain

Mix desain yang digunakan adalah metode DOE (*Department Of Environment*) berdasarkan SK SNI T-15-1990-03. Mix desain dilakukan agar dapat menghasilkan mutu beton yang direncanakan.

2. Pengecoran

Dalam satu kali pengecoran setiap model diwakili satu buah benda uji.

3. Perawatan

Perawatan dilakukan untuk mendapatkan mutu beton yang kuat dan awet. Perawatan dilakukan dengan cara perendaman selama 14 hari. Beton pada saat umur 14 hari sudah dianggap mampu menahan bebannya sendiri.

4. Tes Tekan

Tes tekan dilakukan untuk mengetahui kuat tekan masing-masing benda uji beton. Pengujian ini dilakukan pada alat *Compression Machine*.

3.5 ANALISA

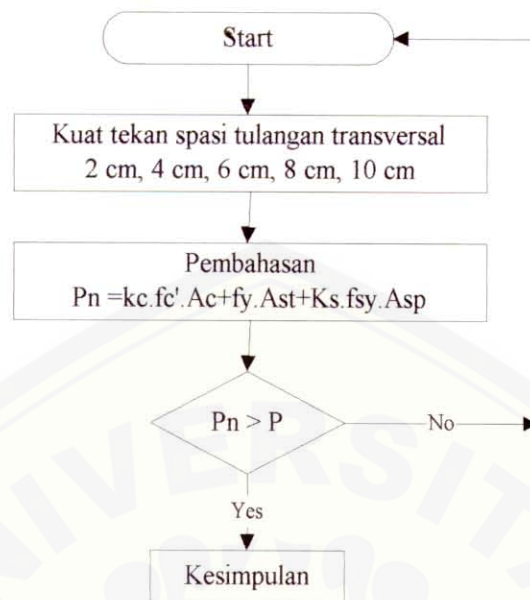
Hasil dari tes tekan dianalisa untuk mengetahui apakah kuat tekan beton untuk benda uji tersebut sudah memenuhi atau tidak sesuai dengan mutu beton yang direncanakan yaitu K-225. Untuk mencari penyimpangan dari hasil kuat tekan dengan menggunakan statistik. Analisa penyimpangan sebesar 5%.

3.6 PEMBAHASAN

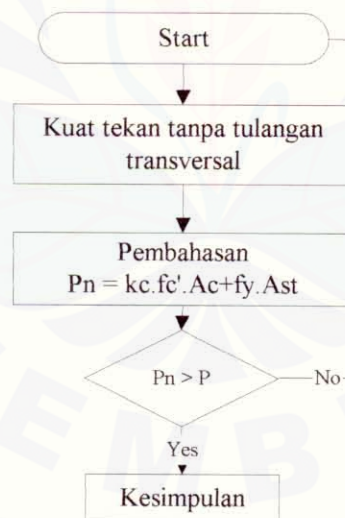
Dari tes tekan beton diperoleh nilai f_c' kemudian untuk mencari nilai regangan dicari dulu kuat nominal untuk struktur yang dibebani beban aksial. Setelah diketahui nilai tegangan dan regangan kesimpulan dapat diambil dari hasil pengujian yang telah dilakukan dan telah dianalisa datanya.



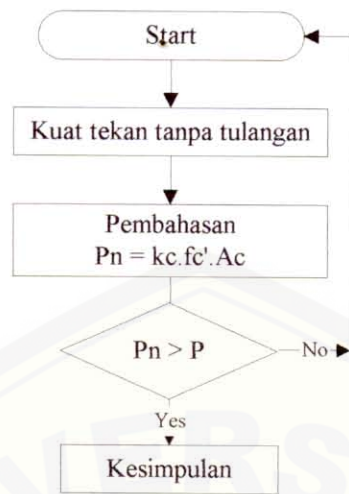
Gambar 8. Diagram Alir Pelaksanaan Proyek Akhir



Gambar 9. Diagram Alir dengan tulangan Transversal



Gambar 10. Diagram alir Tanpa Tulangan Transversal



Gambar 11. Diagram Alir tanpa tulangan



BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 DATA LABORATORIUM

4.1.1 Agregat Halus

1. Analisa Saringan Pasir

Tabel 2. Analisa pengujian saringan pasir

Saringan		Tinggal pada saringan		% kumulatif	
Nomor	mm	Gram	%	Tinggal	lolos
4	4,76	35	3.5	3.5	96.5
8	2,38	241	24.1	27.6	72.4
16	1,19	233	23.3	50.9	49.1
30	0,59	208	20.8	71.7	28.3
50	0,297	126	12.6	84.3	15.7
100	0,149	96	9.6	93.9	6.1
pan		61	6.1	100	0
Jumlah		1000		331.9	

Sumber : Hasil Uji Laboratorium

$$\text{ModulusKehalusan} = \frac{331.9}{100} = 3.32$$

Modulus kehalusan adalah jumlah prosentase kumulatif pasir yang tertinggal pada tiap-tiap saringan dibagi dengan 100. Modulus kehalusan pasir berkisar antara 1,5 – 3,8 (SII 0052-80). Jika modulus kehalusan semakin besar maka pasir tersebut termasuk pasir kasar.

Dari hasil penelitian didapatkan modulus kehalusan sebesar 3,32 (memenuhi standart). Pasir termasuk gradasi (zone) 2 yang artinya pasir agak kasar.

2. Analisa Pengujian Agregat Halus lainnya sebagai berikut :

Tabel 3. Analisa pengujian pasir

Jenis Pengujian	No. Pengujian			Rata-rata
	1	2	3	
a. Berat jenis	2.16	2.03	1.97	2.053
b. Resapan pasir	19.62	21.95	21.36	20.977
c. Berat volume :				
- tanpa rojokan	1.238	1.227	1.237	1.234
- dengan rojokan	1.445	1.435	1.436	1.439
d. Kadar air (%)	6.38	5.48	6.38	6.080
e. Kadar lumpur (%)				
- cara kering	0.04	0.05	0.03	0.040
- cara basah	0.03	0.016	0.027	0.024
f. Kebersihan bahan organik	kuning muda	kuning muda	kuning muda	kuning muda

Sumber : Hasil Uji Laboratorium

Keterangan :

a. Berat Jenis

Berat jenis pasir yang baik adalah 2,60 (SNI PB-0203-76). Dari hasil pengujian didapatkan berat jenis 2,053 sehingga pasir tersebut mendekati standart yang ada.

b. Resapan Pasir

Besarnya penyerapan agregat tergantung dari pori-pori yang ada dalam butir agregat itu (SNI PB-0203-76). Dari hasil pengujian didapatkan 20,977%.

c. Berat volume pasir

Bahaya akibat kurangnya pemadatan lebih banyak terjadi dibandingkan dengan kelebihan pemadatan (SNI PB-0204-76). Dari hasil pengujian

didapatkan berat volume rata-rata dengan rojokan sebesar $1,439 \text{ gr/cm}^3$ dan berat volume rata-rata tanpa rojokan sebesar $1,234 \text{ gr/cm}^3$. (lihat tabel 3)

d. Kadar air pasir

Kadar air (kelembaban) agregat dipengaruhi oleh kondisi agregat, besar pori, daya hisap, gradasi dan jenis agregat (SNI PB-0210-76). Dari hasil pengujian didapatkan kelembaban pasir sebesar 6,080 %. (lihat tabel 3)

e. Kebersihan pasir terhadap lumpur

Agregat yang halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% dihitung terhadap berat (SNI PB-0208-76). Dari pengujian didapatkan kadar Lumpur untuk cara basah sebesar 0,024% dan kadar Lumpur untuk cara kering sebesar 0,040%. Dari analisa diatas kadar Lumpur tidak melebihi batas dari 5% sehingga dapat disimpulkan bahwa pasir sedikit mengandung kadar Lumpur sehingga tidak perlu dicuci untuk penggunaannya.

f. Kebersihan pasir terhadap bahan organik

Pasir tidak boleh mengandung bahan organik, jika diuji dengan larutan NaOH tidak lebih tua dari warna standart (SNI PB-0207-76). Dari hasil pengujian menandakan bahwa pasir tersebut mempunyai warna yang lebih muda dari warna standar. Hal ini berarti pasir tidak mengandung bahan organik sehingga layak digunakan sebagai bahan campuran beton yang baik.

4.1.2 Agregat Kasar

1. Analisa Saringan kerikil

Tabel 4. Analisa saringan kerikil

Saringan		Tinggal pada saringan		% kumulatif	
Nomor	mm	Gram	%	Tinggal	lolos
3/2"	38.1	65	1.3	1.3	98.7
1"	25.4	9	0.18	1.48	98.52
3/4"	19.1	1405	28.1	29.58	70.42
1/2"	12.5	1973	39.46	69.04	30.96
3/8	9.5	748	14.96	84	16
4	4.75	730	14.60	98.6	1.4
8	2.38	70	1.4	100	0
16	1.19	0	0	100	0
30	0.59	0	0	100	0
50	0.297	0	0	100	0
100	0.149	0	0	100	0
pan		5000		784	

Sumber : Hasil Uji Laboratorium

$$\text{Modulus kehalusan kerikil} = \frac{784}{100} = 7,84$$

Modulus kehalusan agregat kasar diperoleh dengan menjumlahkan persen kumulatif agregat tertinggal dibagi dengan 100. Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan modulus kehalusannya berkisar antara 5 – 8 (SII 0052-80). Dari hasil pengujian didapatkan modulus kehalusan sebesar 7,84. Daerah gradasi agregat kasar dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 5. Gradasi kerikil

Lubang ayakan (mm)	Persen berat butir yang lewat ayakan	
	Besarnya butir maksimum	
	40 mm	20 mm
40	95 – 100	100
20	30 – 70	95 – 100
10	10 – 35	25 – 55
4.8	0 – 5	0 – 10

Sumber : Teknologi Beton

Dari tabel diatas didapatkan gradasi agregat kasar maksimum sebesar 40 mm.

2. Analisa pengujian kerikil yang lain sebagai berikut :

Tabel 6. Analisa pengujian kerikil

Jenis Pengujian	No. Pengujian			Rata-rata
	1	2	3	
a. Berat jenis	2,512	2,555	2,559	2,542
b. Resapan kerikil	2,459	2,249	2,459	2,39
c. Berat volume :				
- tanpa rojokan	1,42	1,42	1,42	1,42
- dengan rojokan	1,58	1,59	1,58	1,585
d. Kadar air (%)	1,01	1,01	1,21	1,07
e. Kadar lumpur (%)				
- cara kering	1	0,9	0,8	0,9
f. Ketahanan agregat	15,30	15,60	13,30	14,73

Sumber : Hasil Uji Laboratorium

Keterangan :

a. Berat Jenis

Berat jenis kerikil yang baik adalah 2,55 – 2,65 (SNI PB-0203-76). Dari hasil pengujian didapatkan berat jenis 2,542 sehingga kerikil tersebut memenuhi standar yang ada.

b. Resapan kerikil

Besarnya penyerapan agregat tergantung dari pori-pori yang ada dalam butir agregat itu (SNI PB-0203-76). Dari hasil pengujian didapatkan 2,39%.

c. Berat volume kerikil

Bahaya akibat kurangnya pemadatan lebih banyak terjadi dibandingkan dengan kelebihan pemadatan (SNI PB-0204-76). Dari hasil pengujian didapatkan berat volume rata-rata dengan rojokan sebesar $1,585 \text{ gr/cm}^3$ dan berat volume rata-rata tanpa rojokan sebesar $1,42 \text{ gr/cm}^3$. (lihat tabel 5)

d. Kadar air kerikil

Kadar air (kelembaban) agregat dipengaruhi oleh kondisi agregat, besar pori, daya hisap, gradasi dan jenis agregat (SNI PB-0210-76). Dari hasil pengujian didapatkan kelembaban kerikil sebesar 1,07 %. (lihat tabel 5)

e. Kebersihan kerikil terhadap Lumpur cara kering

Agregat kasar yang baik harus mengandung Lumpur maksimal 1% ditentukan terhadap berat (SNI PB-0208-76). Dari pengujian didapatkan kadar Lumpur 0,9 %

f. Ketahanan agregat

Menurut PBI'71 prosentase maksimal tingkat kehancuran adalah 50% ditentukan terhadap berat. Dari hasil pengujian didapatkan nilai rata-rata kehancuran adalah 14,73%

4.2 MIX DESAIN

1. Menetapkan kuat beton yang disyaratkan pada umur 28 hari (f_c').

Kuat tekan beton ditetapkan sesuai dengan persyaratan perencanaan strukturnya dan kondisi setempat dilapangan. Kuat tekan beton yang disyaratkan adalah kuat tekan beton dengan kemungkinan lebih rendah hanya 5%. Kuat tekan beton yang disyaratkan adalah K-225, $f_c' = 225 \text{ kg/cm}^2$ yang diperkirakan umur 28 hari.

2. Menetapkan nilai deviasi standart (sd)

Standart deviasi ditetapkan berdasarkan tingkat mutu pengendalian pelaksanaan pencampuran betonnya, makin baik mutu pelaksanaan ,akin kecil nilai deviasi standar.

Tabel 7. Nilai deviasi standar

Tingkat pengendalian mutu pekerjaan	SD (MPa)
Memuaskan	2,8
Sangat baik	3,5
Baik	4,2
Cukup	5,6
Jelek	7,0
Tanpa kendali	8,4

Sumber : Kontruksi beton bertulang

Standar deviasi yang direncanakan 5,6 Mpa untuk mutu pekerjaan cukup.

3. Menghitung nilai tambah margin (M)

Nilai tambah dihitung berdasarkan nilai deviasi standar (Sd) dengan rumus :

$$M = K \times Sd, \text{ dengan } M = \text{nilai tambah (kg/cm}^2 \text{)}$$

$$K = \text{konstanta (1,64)}$$

$$Sd = \text{standar deviasi (kg/cm}^2 \text{)}$$

Maka : $M = 1,64 \times 5,6 = 9,18 \text{ MPa}$

4. Menetapkan kuat tekan rata-rata yang direncanakan

Kuat tekan rata-rata yang direncanakan diperoleh dengan rumus :

$f'_{cr} = f'_c + M$; dengan f'_{cr} = kuat tekan rata-rata

f'_c = kuat tekan yang disyaratkan

M = nilai tambah

Maka kuat tekan rata-rata yang direncanakan adalah :

$$f'_{cr} = 225 + 91,84 = 316,8 \text{ kg/cm}^2$$

5. Menetapkan jenis semen portland

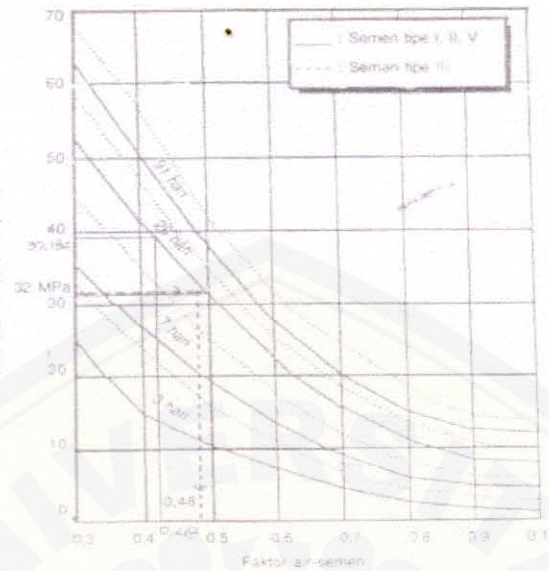
Semen yang digunakan semen type I yaitu semen gresik.

6. Menetapkan jenis agregat

Agregat yang digunakan untuk agregat kasar adalah batu pecah dan untuk agregat halus adalah pasir alami.

7. Menetapkan faktor air semen

Menetapkan faktor air semen dilakukan berdasarkan kuat tekan yang direncanakan, jenis semen dan jenis agregat.



Gambar 12. Hubungan faktor air semen dan kuat tekan rata-rata silinder beton

Dari grafik diatas diperoleh faktor air semen sebesar 0,5.

8. Menetapkan faktor air semen maksimum

Faktor air semen ditetapkan untuk beton didalam ruang bangunan keadaan keliling non korosif.

Tabel 8. Persyaratan factor air semen maksimum untuk berbagai pembetonan dan lingkungan khusus.

Jenis pembetonan	f.a.s maks
Beton di dalam ruang bangunan	
a. Keadaan keliling non korosif	0.60
b. Keadaan keliling non korosif, disebabkan oleh kondensasi atau uap korosi	0.52
Beton diluar ruang bangunan	
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0.55
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0.60
Beton yang masuk kedalam tanah	
a. Mengalami keadaan kering dan basah berganti-ganti	0.55
b. Mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah	0.52
Beton selalu berhubungan dengan air tawar atau payau atau laut	0.52 - 0.75

Sumber : Diambil dari tabel 4.3.4 PBI 1971

Ditetapkan f.a.s maksimum dari tabel 6 adalah = 0,60

9. Penetapan nilai slump

Nilai slump yang digunakan dalam pengujian ditetapkan untuk pembeconan masal.

Tabel 9. Penetapan nilai slump (cm)

Pemakaian beton	Maks	Min
Dinding, plat pondasi dan pondasi telapak bertulang	12.5	5.0
Pondasi telapak tidak bertulang, kaison, dan struktur dibawah tanah	9.0	2.5
Pelat, balok, kolom dan dinding	15.0	7.5
Perkerasan jalan	7.5	5.0
Pembeconan masal	7.5	2.5

Sumber : SK. SNI. T-15-1990-03

Ditetapkan nilai slump = 10 cm

10. Penetapan besar butir agregat maksimum

Ditetapkan besar butir agregat maksimum = 40 mm

11. Penetapan jumlah air yang diperlukan per meter kubik beton

Ditetapkan jumlah air per meter kubik campuran beton untuk agregat kasar jenis batu pecah dan besar butir 40 mm dan agregat halus jenis alami dan besar butir 10mm dengan nilai slump 60 – 180 mm.

Tabel 10. Perkiraan kebutuhan air per meter kubik beton (liter)

Besar ukuran maks kerikil (mm)	Jenis batuan	Slump (mm)			
		0 - 10	10 - 30	30 - 60	60 - 180
10	Alami	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Alami	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Alami	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

Sumber : "Propertis Of Concrete" by AM. Neville

Bila agregat halus dan kasar yang dipakai memiliki jenis yang berbeda (alami dan pecahan), maka jumlah air yang diperlukan :

$$\begin{aligned}
 A &= 0,67 A_h + 0,33 A_k \\
 &= 0,67 \cdot 225 + 0,33 \cdot 205 \\
 &= 219 \text{ liter/m}^3
 \end{aligned}$$

12. Menetapkan kebutuhan semen

Berat semen per meter kubik beton dihitung dengan :

$$\text{Berat semen} = \frac{\text{Jumlahair}}{\text{Faktorairsemen}} = \frac{219}{0,50} = 438$$

13. Menetapkan kebutuhan semen minimum

Kebutuhan semen minimum ditetapkan untuk beton didalam ruang bangunan dengan keadaan keliling non korosif.

Tabel 11. Kebutuhan semen minimum untuk berbagai pementonan dan lingkungan khusus

Jenis pementonan	semen minimum
Beton di dalam ruang bangunan	
a. Keadaan keliling non korosif	275
b. Keadaan keliling non korosif, disebabkan oleh kondensasi atau uap korosi	325
Beton diluar ruang bangunan	
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275

Sumber : SK. SNI. T-15-1990-03

Ditetapkan kebutuhan semen_{min} = 275 kg

14. Penyesuaian kebutuhan semen

Kebutuhan semen yang diperoleh ternyata lebih banyak daripada kebutuhan semen minimum maka kebutuhan semen harus pakai yang maksimum (yang lebih besar).

Selanjutnya ditetapkan kebutuhan semen = 438 kg

15. Penyesuaian jumlah air atau factor air semen (f.a.s)

Hal ini dilakukan jika kebutuhan air minimum yang disyaratkan. Dalam hal ini dapat dilakukan dengan :

a. Cara 1

Faktor air semen dihitung kembali dengan cara membagi jumlah air dengan jumlah semen minimum (akan menurunkan factor air semen).

b. Cara 2

Jumlah air disesuaikan dengan mengalikan jumlah semen minimum dengan f.a.s (akan menaikkan jumlah air yang diperlukan).

16. Penentuan daerah gradasi agregat halus

Diperoleh dari hasil analisa ayakan yang dilakukan dilaboratorium. Daerah gradasi dapat dikelompokkan menjadi 4, sesuai dengan tabel dibawah ini.

Tabel 12. Batas gradasi pasir

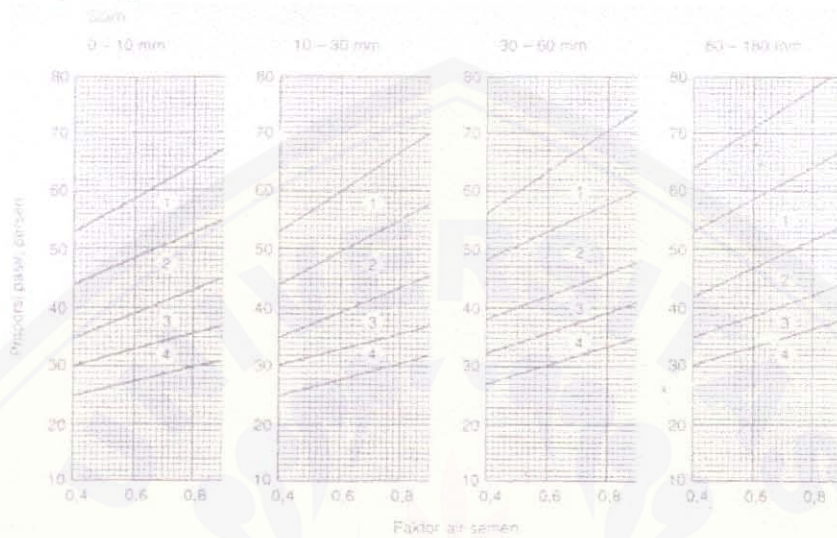
Lubang ayakan (mm)	Persen berat butir yang lewat ayakan			
	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4
10	100	100	100	100
4.8	90-100	90-100	90-100	95-100
2.4	60-95	75-100	85-100	95-100
1.2	30-70	55-90	75-100	90-100
0.6	15-34	35-59	60-79	80-100
0.3	5-20	8-30	12-40	15-50
0.15	0-10	0-10	0-10	0-15

Sumber : SK-SNI-T-15-1990-03

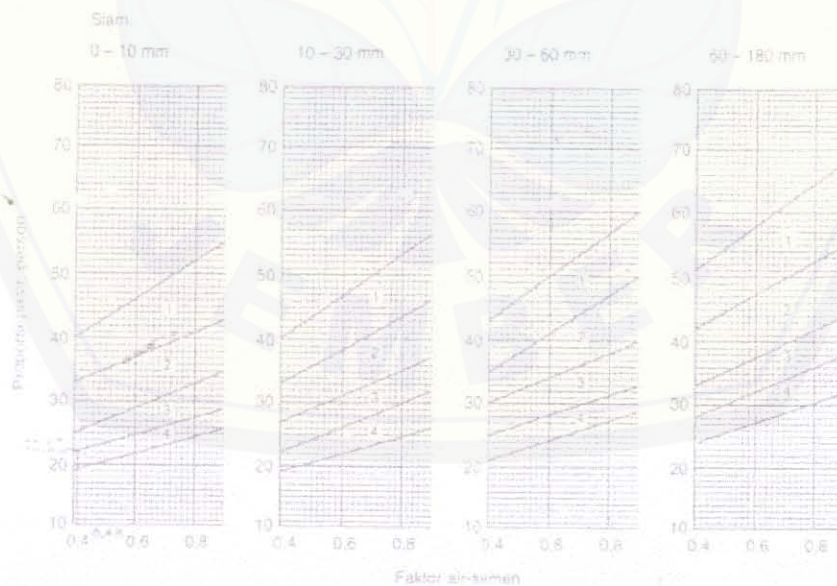
Ditetapkan agregat halus termasuk dalam daerah gradasi zone 2 yaitu termasuk pasir agak kasar.

17. Prosentase agregat halus

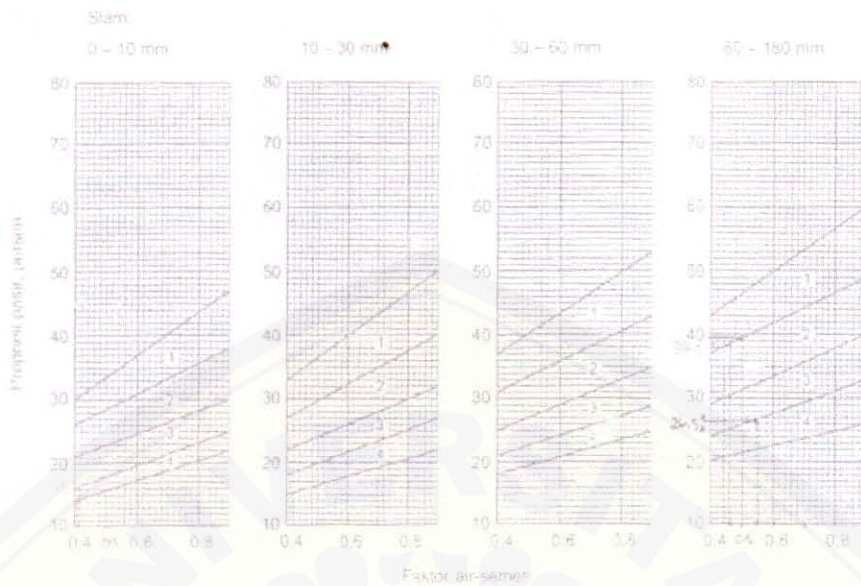
Prosentase berat agregat halus terhadap berat agregat campuran dapat dilihat pada grafik berikut :



Gambar 13. Grafik Prosentase Agregat halus terhadap agregat campuran untuk ukuran butiran maksimum 10 mm



Gambar 14. Grafik Prosentase Agregat halus terhadap agregat campuran untuk ukuran butiran maksimum 20 mm



Gambar 15. Grafik Prosentase Agregat halus terhadap agregat campuran untuk ukuran butiran maksimum 40 mm

Dari gambar 15 didapatkan prosentase agregat halus terhadap agregat campuran adalah 39.5 %.

18. Berat jenis relatif agregat campuran

Berat jenis agregat dapat dihitung dengan rumus :

$$Bj \text{ campuran} = \left[\frac{P}{100} \times Bj.P \right] + \left[\frac{K}{100} \times Bj.K \right]$$

Dimana :

Bj. Campuran = berat jenis agregat campuran

Bj. P = berat jenis agregat halus

Bj. K = berat jenis agregat kasar

P = prosentase agregat halus terhadap agregat campuran

K = prosentase agregat kasar terhadap agregat campuran

Sehingga :

$$B_{j\text{campuran}} = \left[\frac{34}{100} \times 2.053 \right] + \left[\frac{66}{100} \times 2.542 \right]$$

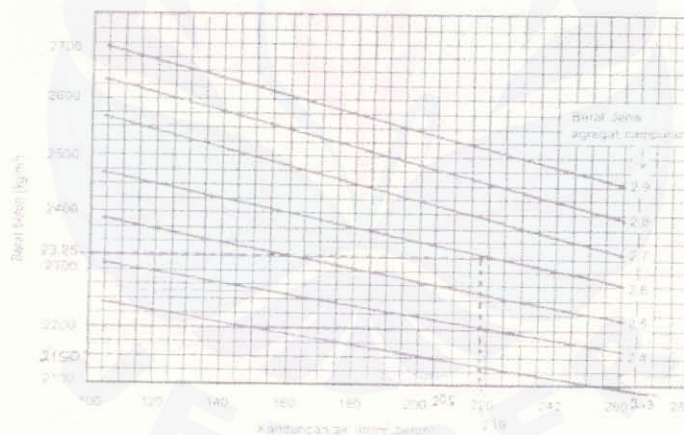
$$= 2,40 \text{ kg/m}^3$$

19. Penentuan berat jenis beton

Dari perhitungan sebelumnya diperoleh :

- berat jenis agregat campuran = $2,40 \text{ kg/m}^3$
- kebutuhan air = 219 kg/m^3

Sehingga berat jenis beton dapat diperkirakan dengan menggunakan grafik dibawah ini :



Gambar 16. Grafik hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat beton.

Diperoleh berat jenis beton = 2200 kg/m^3 .

20. Kebutuhan agregat campuran

$$\begin{aligned} \text{Agregat campuran} &= \text{berat beton per m}^3 - (\text{kebutuhan air} + \text{semen}) \\ &= 2200 - (219 + 438) \\ &= 1543 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

21. Kebutuhan agregat halus

$$\begin{aligned}
 \text{Agregat halus} &= \text{agregat campuran} \times \text{prosentase agregat halus terhadap} \\
 &\quad \text{agregat campuran} \\
 &= 1543 \times 39.5\% \\
 &= 610 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

22. Kebutuhan agregat kasar

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan agregat kasar} &= \text{agregat campuran} - \text{agregat halus} \\
 &= 1543 - 610 \\
 &= 933 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

Resume :

1. Untuk 1 m³ beton (berat betonnya kg) dibutuhkan :
 - a. Air = 219 liter
 - b. Semen = 438 kg
 - c. Agregat halus = 610 kg
 - d. Agregat kasar = 933 kg
2. Koreksi terhadap kadar air
 - a. Semen = 438 kg
 - b. Pasir = kadar pasir - {(resapan - kadar air) x kadar pasir}

$$\begin{aligned}
 &= 610 - \{(20.98\% - 6.08\%) \times 610\} \\
 &= 520 \text{ kg}
 \end{aligned}$$
 - c. Kerikil = kadar kerikil + {(kadar air - resapan) x kadar kerikil}

$$\begin{aligned}
 &= 933 - \{(1.07\% - 2.39\%) \times 933\} \\
 &= 921 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{d. Air} &= 219 + \{(20.98\% - 6.08\%) \times 610\} - \{(1.07\% - 2.39\%) \times 933\} \\ &= 323 \text{ liter} \end{aligned}$$

3. Banyaknya bahan ditimbang (tiap campuran uji $0,05 \text{ m}^3$):

$$\text{a. Semen} = 438 \times 0,05 = 21,9 \text{ kg}$$

$$\text{b. Pasir} = 520 \times 0,05 = 26 \text{ kg}$$

$$\text{c. Kerikil} = 921 \times 0,05 = 46,05 \text{ kg}$$

$$\text{d. Air} = 323 \times 0,05 = 16,15 \text{ kg}$$

4. Perbandingan campuran dalam berat (kg)

$$\text{S} : \text{A} : \text{P} : \text{K}$$

$$1 : 0,7 : 1,2 : 2,1$$

5. Perbandingan campuran dalam volume (m^3)

$$\text{S} : \text{A} : \text{P} : \text{K}$$

$$1 : 0,6 : 1,35 : 2,7$$

4.3 UJI TARIK

Tabel 11. Hasil Pengujian tarik tulang transversal

ΔL	Pi (kg)	Tegangan (kg/m ²)	Regangan (%)
0.5	22	166.719	2.008
1	40	303.126	4.016
1.5	66	500.157	6.024
2	105	795.705	8.032
2.5	156	1182.190	10.040
3	223	1689.925	12.048
3.5	296	2243.129	14.056
4	383	2902.428	16.064
4.5	484	3667.820	18.072
5	519	3933.055	20.080
5.5	621	4706.025	22.088
6	662	5016.729	24.096
6.5	709	5372.901	26.104
7	727	5509.308	28.112
7.5	743	5630.558	30.120
8	738	5592.667	32.129
8.5	712	5395.636	34.137
9	646	4895.479	36.145
9.5	512	3880.008	38.153
10	474	3592.038	40.161

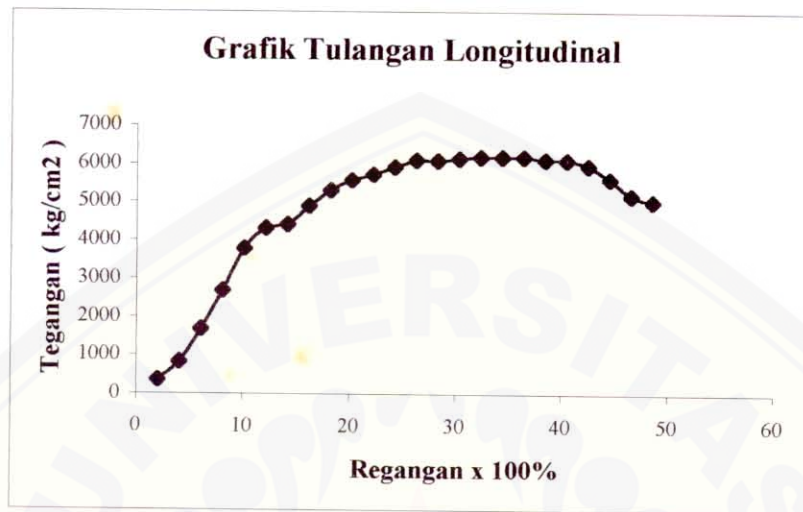
Sumber : Hasil Uji Laboratorium

Tabel 12. Hasil pengujian tarik tulang longitudinal

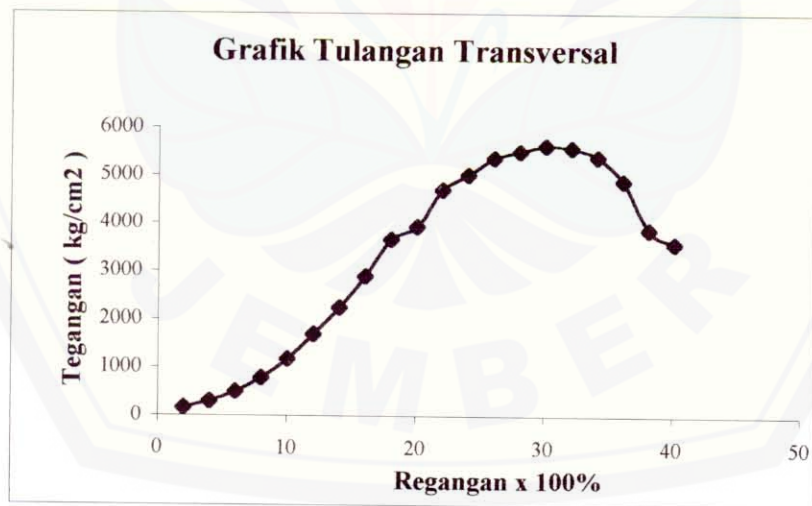
ΔL	Pi (kg)	Tegangan (kg/m ²)	Regangan (%)
0.5	70	356.688	2.024
1	165	840.764	4.049
1.5	330	1681.529	6.073
2	529	2695.541	8.097
2.5	743	3785.987	10.121
3	849	4326.115	12.146
3.5	868	4422.930	14.170
4	963	4907.006	16.194
4.5	1043	5314.650	18.219
5	1095	5579.618	20.243
5.5	1125	5732.484	22.267
6	1164	5931.210	24.291
6.5	1198	6104.459	26.316
7	1196	6094.268	28.340
7.5	1206	6145.223	30.364
8	1215	6191.083	32.389
8.5	1214	6185.987	34.413
9	1216	6196.178	36.437
9.5	1200	6114.650	38.462
10	1198	6104.459	40.486
10.5	1171	5966.879	42.510
11	1102	5615.287	44.534
11.5	1019	5192.357	46.559
12	988	5034.395	48.583

Sumber : Hasil Uji Laboratorium

Dari data diatas dibuat grafik tegangan-regangan sehingga didapatkan tegangan luluhnya sebesar 4326,11 kg/m² untuk tulang longitudinal dan 3667,82 kg/m² untuk tulang transversal.



Gambar 17. Grafik tegangan – regangan tulangan longitudinal



Gambar 18. Grafik tegangan – regangan tulangan transversal

4.4 PENGUJIAN BETON

4.4.1 Pengujian Slump

Tabel 15. Hasil Pengujian slump

No	Tanggal	Besar slump	No	Tanggal	Besar slump
1	8 juli 2004	10	6	14 juli 2004	10
2	10 juli 2004	9.5	7	14 juli 2004	10
3	12 juli 2004	10	8	15 juli 2004	9.5
4	13 juli 2004	9.5	9	15 juli 2004	10
5	13 juli 2004	9	10	16 juli 2004	10

Sumber : Hasil Uji Laboratorium

Dari hasil pengujian slump diatas menunjukkan bahwa nilai slumpnya memenuhi slump rencana yaitu 10 cm sehingga ukuran kekentalannya memenuhi syarat.

4.4.2 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton dapat diketahui dengan menggunakan *Compression Machine*. Pada penelitian ini perawatan dilakukan pada umur 14 hari, untuk mendapatkan kuat tekan beton pada umur 28 hari dapat di konversikan dengan membagi 0,88. Tetapi untuk beton yang diberi tulangan tidak dapat dikonversikan dengan 0,88 oleh karena itu dapat dicari dengan menghitung prosentase dari selisih kuat tekan beton ada tulangnya dengan kuat tekan beton tanpa tulangan pada umur 14 hari. Setelah itu ditambahkan dengan kuat tekan tanpa tulangan pada umur 28 hari. Hasil dari uji kuat tekan dengan tulangan dapat dilihat pada tabel 16 sampai dengan tabel 21, sedangkan untuk hasil kuat tekan beton tanpa tulangan dapat dilihat di tabel 22.

Tabel 16. Kuat tekan beton jarak 2 cm.

No	Fc' spiral (14 hari)	Fc'tanpa tulangan (14 hari)	Selisih	%	Fc' tanpa tulangan (28 hari)	Fc' Spiral 28 hari
1	2	3	$4 = 2-3$	$5 = 4/3 \times 100 \%$	$6 = 3/0.88$	$7 = 6+(6 \times 5)$
1	30.856	25.735	5.121	19.900	29.244	35.064
2	31.139	33.456	-2.316	-6.923	38.018	35.386
3	31.706	31.525	0.180	0.571	35.824	36.029
4	32.838	26.378	6.459	24.488	29.975	37.316
5	33.121	30.560	2.561	8.379	34.728	37.638
6	31.423	28.180	3.243	11.507	32.023	35.707
7	31.139	30.239	0.901	2.979	34.362	35.386
8	30.856	32.169	-1.312	-4.080	36.555	35.064
9	32.272	27.343	4.928	18.024	31.072	36.672
10	27.742	26.700	1.042	3.904	30.341	31.525
	31.309	29.229			33.214	35.579

Sumber : Hasil Uji Laboratorium

Tabel 17. Kuat Tekan beton jarak 4 cm

No	Fc' spiral (14 hari)	Fc'tanpa tulangan (14 hari)	Selisih	%	Fc' tanpa tulangan (28 hari)	Fc' Spiral 28 hari
1	2	3	$4 = 2-3$	$5 = 4/3 \times 100 \%$	$6 = 3/0.88$	$7 = 2+(6 \times 5)$
1	29.441	22.647	6.794	30.000	25.735	33.456
2	30.573	29.441	1.132	3.846	33.456	34.742
3	32.272	27.742	4.529	16.327	31.525	36.672
4	31.989	23.213	8.776	37.805	26.378	36.351
5	31.139	26.893	4.246	15.789	30.560	35.386
6	28.875	24.798	4.076	16.438	28.180	32.812
7	30.573	26.610	3.963	14.894	30.239	34.742
8	30.573	28.309	2.265	8.000	32.169	34.742
9	31.706	24.062	7.643	31.765	27.343	36.029
10	26.044	23.496	2.548	10.843	26.700	29.595
	30.318	25.721			29.229	34.453

Sumber : Hasil Uji Laboratorium

Tabel 18. Kuat Tekan beton jarak 6 cm

No	Fc' spiral (14 hari)	Fc'tanpa tulangan (14 hari)	Selisih	%	Fc' tanpa tulangan (28 hari)	Fc' Spiral 28 hari
1	2	3	4 = 2-3	5 = 4/3x100 %	6 = 3/0.88	7 = 2+(6x5)
1	28.309	22.647	5.662	25.000	25.735	32.169
2	28.025	29.441	-1.415	-4.808	33.456	31.847
3	32.272	27.742	4.529	16.327	31.525	36.672
4	29.724	23.213	6.511	28.049	26.378	33.777
5	29.441	26.893	2.548	9.474	30.560	33.456
6	27.742	24.798	2.944	11.872	28.180	31.525
7	28.875	26.610	2.265	8.511	30.239	32.812
8	29.724	28.309	1.415	5.000	32.169	33.777
9	28.875	24.062	4.812	20.000	27.343	32.812
10	25.478	23.496	1.982	8.434	26.700	28.952
	28.846	25.721			29.229	32.780

Sumber : Hasil Uji Laboratorium

Tabel 19. Kuat Tekan beton jarak 8 cm

No	Fc' spiral (14 hari)	Fc'tanpa tulangan (14 hari)	Selisih	%	Fc' tanpa tulangan (28 hari)	Fc' Spiral 28 hari
1	2	3	4 = 2-3	5 = 4/3x100 %	6 = 3/0.88	7 = 2+(6x5)
1	27.742	22.647	5.096	22.500	25.735	31.525
2	29.441	29.441	0.000	0.000	33.456	33.456
3	30.573	27.742	2.831	10.204	31.525	34.742
4	31.139	23.213	7.926	34.146	26.378	35.386
5	30.573	26.893	3.680	13.684	30.560	34.742
6	26.610	24.798	1.812	7.306	28.180	30.239
7	26.610	26.610	0.000	0.000	30.239	30.239
8	27.742	28.309	-0.566	-2.000	32.169	31.525
9	26.893	24.062	2.831	11.765	27.343	30.560
10	24.912	23.496	1.415	6.024	26.700	28.309
	28.224	25.721			29.229	32.072

Sumber : Hasil Uji Laboratorium

Tabel 20. Kuat Tekan Beton Jarak Spiral 10 cm

No	Fc' spiral (14 hari)	Fc'tanpa tulangan (14 hari)	Selisih	%	Fc' tanpa tulangan (28 hari)	Fc' Spiral 28 hari
1	2	3	4 = 2-3	5 = 4/3x100 %	6 = 3/0.88	7 = 2+(6x5)
1	28.025	22.647	5.379	23.750	25.735	31.847
2	27.176	29.441	-2.265	-7.692	33.456	30.882
3	31.139	27.742	3.397	12.245	31.525	35.386
4	29.441	23.213	6.228	26.829	26.378	33.456
5	31.139	26.893	4.246	15.789	30.560	35.386
6	25.478	24.798	0.679	2.740	28.180	28.952
7	26.327	26.610	-0.283	-1.064	30.239	29.917
8	27.742	28.309	-0.566	-2.000	32.169	31.525
9	28.025	24.062	3.963	16.471	27.343	31.847
10	25.478	23.496	1.982	8.434	26.700	28.952
	27.997	25.721			29.229	31.815

Sumber : Hasil Uji Laboratorium

Tabel 21. Kuat Tekan Beton tanpa tulangan Transversal

No	Fc' tanpa spiral (14 hari)	Fc'tanpa tulangan (14 hari)	Selisih	%	Fc' tanpa tulangan (28 hari)	Fc' tanpa spiral (28 hari)
1	2	3	4 = 2-3	5 = 4/3x100 %	6 = 3/0.88	7 = 2+(6x5)
1	24.062	22.647	1.415	6.250	25.735	27.343
2	27.459	29.441	-1.982	-6.731	33.456	31.204
3	26.610	27.742	-1.132	-4.082	31.525	30.239
4	24.912	23.213	1.699	7.317	26.378	28.309
5	28.309	26.893	1.415	5.263	30.560	32.169
6	23.213	24.798	-1.585	-6.393	28.180	26.378
7	24.912	26.610	-1.699	-6.383	30.239	28.309
8	27.176	28.309	-1.132	-4.000	32.169	30.882
9	28.592	24.062	4.529	18.824	27.343	32.491
10	26.610	23.496	3.114	13.253	26.700	30.239
	26.185	25.721			29.229	29.756

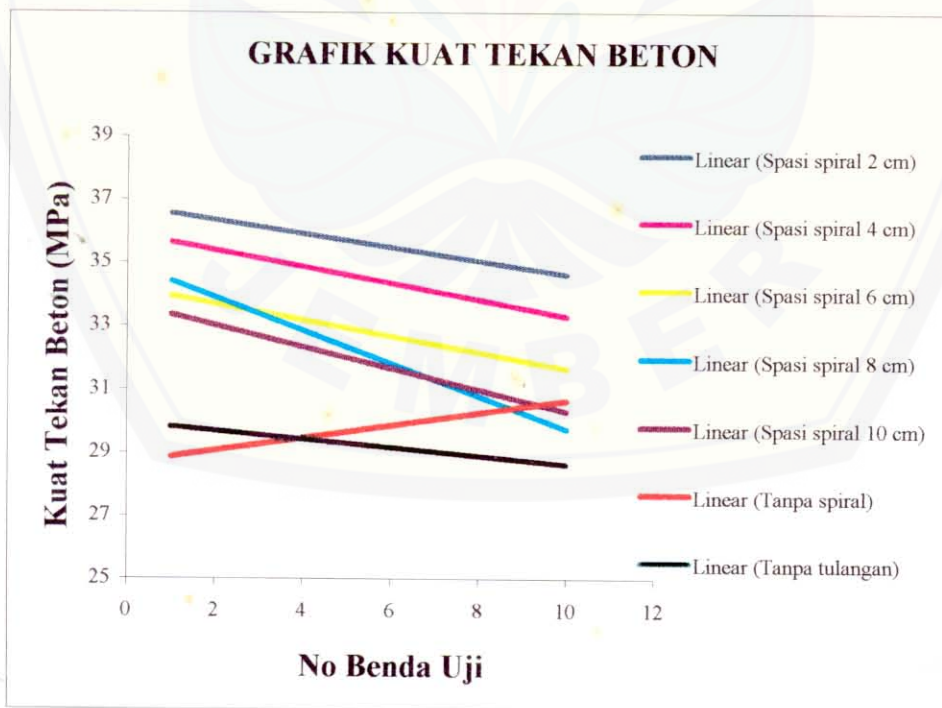
Sumber : Hasil Uji Laboratorium

Tabel 22. Kuat Tekan Beton Tanpa tulangan Transversal dan Longitudinal

No	Pembacaan dial (KN)	Luas benda uji (mm ²)	Kuat tekan 14 hari (N)	Kuat tekan 28 hari (N)
1	2	3	$4 = (2 \times 1000)/3$	$5 = 4/0.88$
1	400	17662.5	22.647	25.735
2	520	17662.5	29.441	33.456
3	490	17662.5	27.742	31.525
4	410	17662.5	23.213	26.378
5	475	17662.5	26.893	30.560
6	438	17662.5	24.798	28.180
7	470	17662.5	26.610	30.239
8	500	17662.5	28.309	32.169
9	425	17662.5	24.062	27.343
10	415	17662.5	23.496	26.700
			25.721	29.229

Sumber : Hasil Uji Laboratorium

Untuk mengetahui kuat tekan yang dihasilkan memenuhi kuat tekan yang direncanakan dapat dilihat pada gambar 19.



Gambar 19. Grafik Kuat Tekan Beton

Dari grafik diatas dapat diketahui bahwa nilai kuat tekan beton telah memenuhi standart yang direncanakan yaitu 22,5 Mpa.

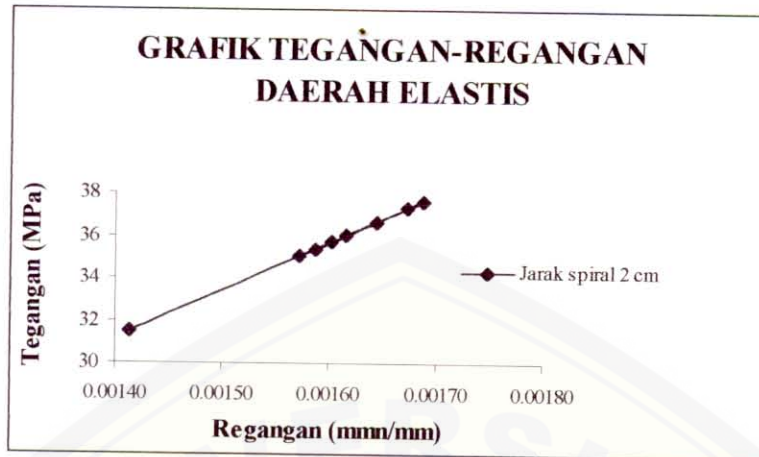
4.5 PEMBAHASAN

Setelah diketahui kuat tekan dari masing-masing model kemudian dicari tegangan dan regangan untuk mencari pengaruh spasi tulangan spiral terhadap tegangan dan regangan. Untuk mencari nilai regangan seharusnya menggunakan uji tarik dimana ada dial beban (P) dan pertambahan panjang (ΔL). Karena tidak ada uji tarik maka regangan dihitung dengan membagi tegangan dengan modulus elastisitas. Modulus elastisitas beton dapat dicari dengan pengujian langsung atau dengan menggunakan rumus ($4700\sqrt{f'c}$). Pada penelitian ini modulus elastisitas dicari dengan menggunakan rumus. Untuk lebih mengetahui pengaruh jarak tulangan spiral dari masing-masing model dapat dilihat pada tabel 23 sampai tabel 29 dan gambar 20 sampai gambar 27.

Tabel 23. Regangan beton spasi spiral 2 cm

No	Kode	$f'c$	A	E	Pn	Tegangan	Regangan
1	2	3	4	$5 = 4700\sqrt{f'c}$	$6 = 3 \times 4$	$7 = 6/4$	$8 = 7/5$
1	A1	35.064	17662.5	22294.058	619318.182	35.064	0.00157
2	A2	35.386	17662.5	22294.058	625000.000	35.386	0.00159
3	A3	36.029	17662.5	22294.058	636363.636	36.029	0.00162
4	A4	37.316	17662.5	22294.058	659090.909	37.316	0.00167
5	A5	37.638	17662.5	22294.058	664772.727	37.638	0.00169
6	A6	35.707	17662.5	22294.058	630681.818	35.707	0.00160
7	A7	35.386	17662.5	22294.058	625000.000	35.386	0.00159
8	A8	35.064	17662.5	22294.058	619318.182	35.064	0.00157
9	A9	36.672	17662.5	22294.058	647727.273	36.672	0.00164
10	A10	31.525	17662.5	22294.058	556818.182	31.525	0.00141
		35.579				35.579	0.00160

Sumber : Hasil Perhitungan

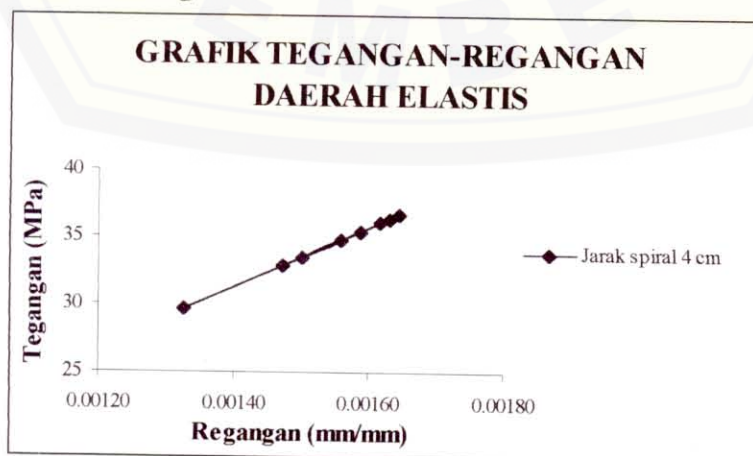


Gambar 20 : Grafik Tegangan Regangan untuk spasi spiral 2 cm

Tabel 24. Regangan beton spasi spiral 4 cm

No	Kode	fc'	A	E	Pn	Tegangan	Regangan
1	2	3	4	$5 = 4700 \sqrt{fc'}$	$6 = 3 \times 4$	$7 = 6/4$	$8 = 7/5$
1	B1	33.456	17662.5	22294.058	590909.091	33.456	0.00150
2	B2	34.742	17662.5	22294.058	613636.364	34.742	0.00156
3	B3	36.672	17662.5	22294.058	647727.273	36.672	0.00164
4	B4	36.351	17662.5	22294.058	642045.455	36.351	0.00163
5	B5	35.386	17662.5	22294.058	625000.000	35.386	0.00159
6	B6	32.812	17662.5	22294.058	579545.455	32.812	0.00147
7	B7	34.742	17662.5	22294.058	613636.364	34.742	0.00156
8	B8	34.742	17662.5	22294.058	613636.364	34.742	0.00156
9	B9	36.029	17662.5	22294.058	636363.636	36.029	0.00162
10	B10	29.595	17662.5	22294.058	522727.273	29.595	0.00133
		34.453				34.453	0.00155

Sumber : Hasil Perhitungan

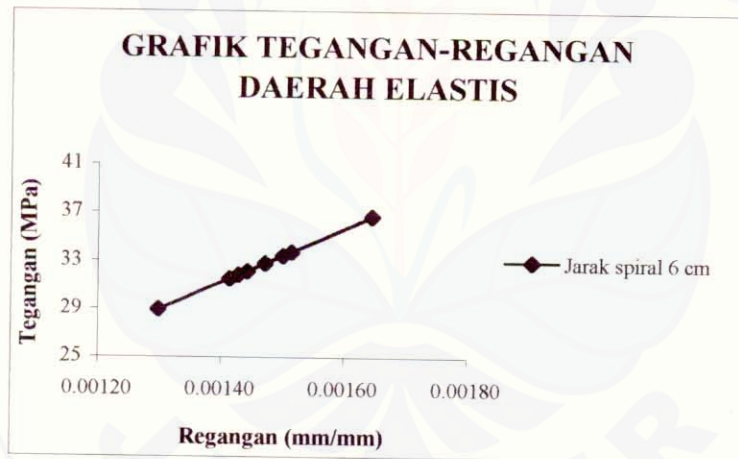


Gambar 21: Grafik Tegangan regangan untuk spasi spiral 4 cm

Tabel 25. Regangan beton spasi spiral 6 cm

No	Kode	fc'	A	E	Pn	Tegangan	Regangan
1	2	3	4	$5 = 4700 \sqrt{fc'}$	$6 = 3 \times 4$	$7 = 6/4$	$8 = 7/5$
1	C1	32.169	17662.5	22294.058	568181.818	32.169	0.00144
2	C2	31.847	17662.5	22294.058	562500.000	31.847	0.00143
3	C3	36.672	17662.5	22294.058	647727.273	36.672	0.00164
4	C4	33.777	17662.5	22294.058	596590.909	33.777	0.00152
5	C5	33.456	17662.5	22294.058	590909.091	33.456	0.00150
6	C6	31.525	17662.5	22294.058	556818.182	31.525	0.00141
7	C7	32.812	17662.5	22294.058	579545.455	32.812	0.00147
8	C8	33.777	17662.5	22294.058	596590.909	33.777	0.00152
9	C9	32.812	17662.5	22294.058	579545.455	32.812	0.00147
10	C10	28.952	17662.5	22294.058	511363.636	28.952	0.00130
		29.229				32.78003	0.00147

Sumber : Hasil Perhitungan

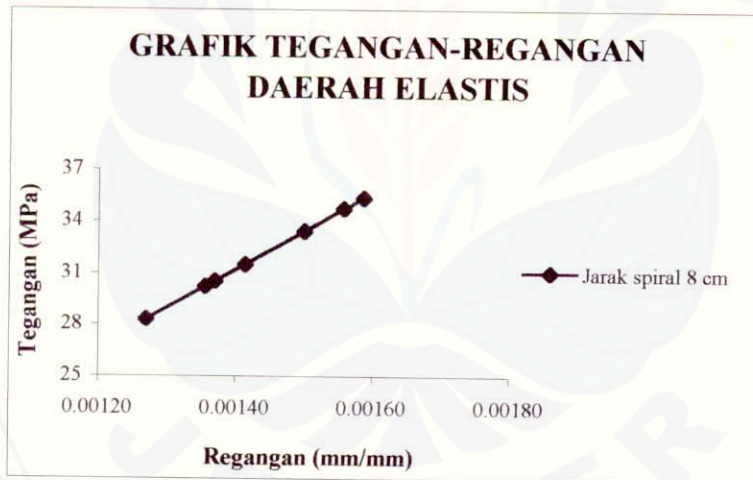


Gambar 22: Grafik Tegangan Regangan untuk spasi spiral 6 cm

Tabel 26. Regangan beton spasi spiral 8 cm

No	Kode	fc'	A	E	Pn	Tegangan	Regangan
1	2	3	4	$5 = 4700 \sqrt{fc'}$	$6 = 3 \times 4$	$7 = 6/4$	$8 = 7/5$
1	D1	31.525	17662.5	22294.058	556818.182	31.525	0.00141
2	D2	33.456	17662.5	22294.058	590909.091	33.456	0.00150
3	D3	34.742	17662.5	22294.058	613636.364	34.742	0.00156
4	D4	35.386	17662.5	22294.058	625000.000	35.386	0.00159
5	D5	34.742	17662.5	22294.058	613636.364	34.742	0.00156
6	D6	30.239	17662.5	22294.058	534090.909	30.239	0.00136
7	D7	30.239	17662.5	22294.058	534090.909	30.239	0.00136
8	D8	31.525	17662.5	22294.058	556818.182	31.525	0.00141
9	D9	30.560	17662.5	22294.058	539772.727	30.560	0.00137
10	D10	28.309	17662.5	22294.058	500000.000	28.309	0.00127
		29.229				32.072	0.00144

Sumber : Hasil Perhitungan

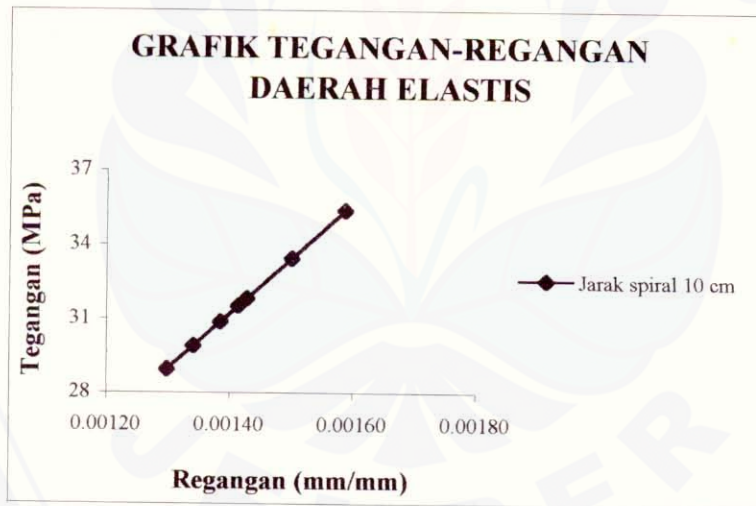


Gambar 23: Grafik Tegangan Regangan untuk spasi spiral 8 cm

Tabel 27. Regangan beton spasi spiral 10 cm

No	Kode	fc'	A	E	Pn	Tegangan	Regangan
1	2	3	4	$5 = 4700 \sqrt{fc'}$	$6 = 3 \times 4$	$7 = 6/4$	$8 = 7/5$
1	E1	31.847	17662.5	22294.058	562500.000	31.847	0.00143
2	E2	30.882	17662.5	22294.058	545454.545	30.882	0.00139
3	E3	35.386	17662.5	22294.058	625000.000	35.386	0.00159
4	E4	33.456	17662.5	22294.058	590909.091	33.456	0.00150
5	E5	35.386	17662.5	22294.058	625000.000	35.386	0.00159
6	E6	28.952	17662.5	22294.058	511363.636	28.952	0.00130
7	E7	29.917	17662.5	22294.058	528409.091	29.917	0.00134
8	E8	31.525	17662.5	22294.058	556818.182	31.525	0.00141
9	E9	31.847	17662.5	22294.058	562500.000	31.847	0.00143
10	E10	28.952	17662.5	22294.058	511363.636	28.952	0.00130
		29.229				31.815	0.00143

Sumber : Hasil Perhitungan

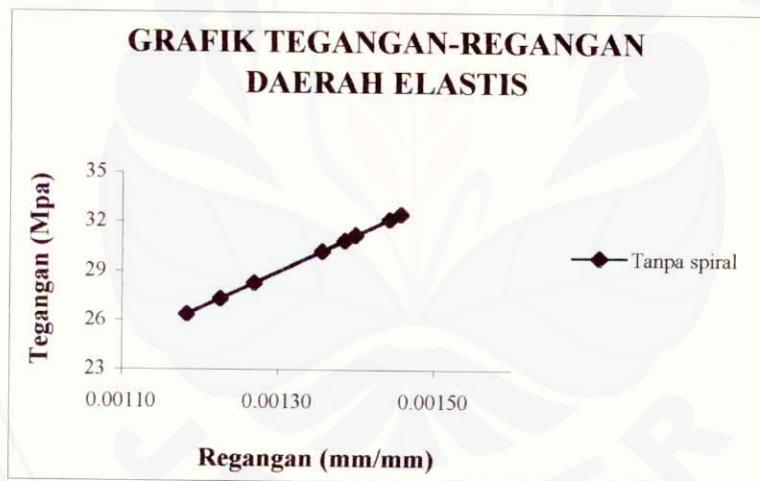


Gambar 24: Grafik Tegangan Regangan untuk spasi spiral 10 cm

Tabel 28. Regangan beton tanpa spiral.

No	Kode	fc'	A	E	Pn	Tegangan	Regangan
1	2	3	4	$5 = 4700 \sqrt{fc'}$	$6 = 3 \times 4$	$7 = 6/4$	$8 = 7/5$
1	F1	27.343	17662.5	22294.058	482954.545	27.343	0.00123
2	F2	31.204	17662.5	22294.058	551136.364	31.204	0.00140
3	F3	30.239	17662.5	22294.058	534090.909	30.239	0.00136
4	F4	28.309	17662.5	22294.058	500000.000	28.309	0.00127
5	F5	32.169	17662.5	22294.058	568181.818	32.169	0.00144
6	F6	26.378	17662.5	22294.058	465909.091	26.378	0.00118
7	F7	28.309	17662.5	22294.058	500000.000	28.309	0.00127
8	F8	30.882	17662.5	22294.058	545454.545	30.882	0.00139
9	F9	32.491	17662.5	22294.058	573863.636	32.491	0.00146
10	F10	30.239	17662.5	22294.058	534090.909	30.239	0.00136
		29.229				29.756	0.00133

Sumber : Hasil Perhitungan

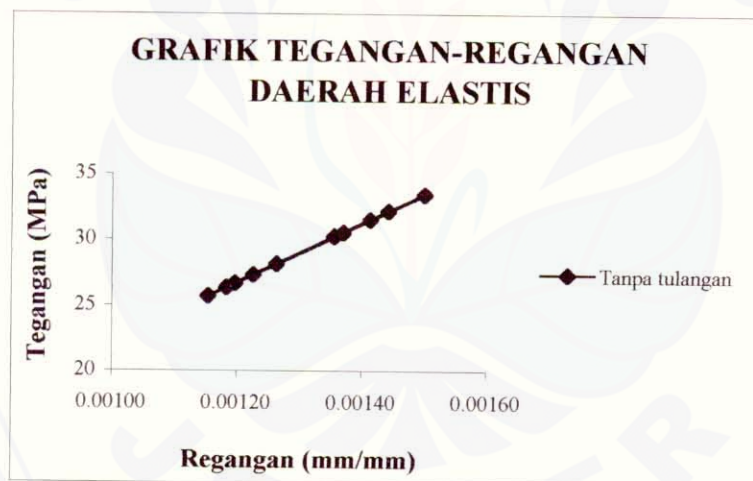


Gambar 25: Grafik Tegangan Regangan tanpa tulangan spiral

Tabel 29. Regangan beton tanpa tulangan

No	Kode	f_c'	A	E	P_n	Tegangan	Regangan
1	2	3	4	$5 = 4700 \sqrt{f_c'}$	$6 = 3 \times 4$	$7 = 6/4$	$8 = 7/5$
1	G1	25.735	17662.5	22294.058	454545.455	25.735	0.00115
2	G2	33.456	17662.5	22294.058	590909.091	33.456	0.00150
3	G3	31.525	17662.5	22294.058	556818.182	31.525	0.00141
4	G4	26.378	17662.5	22294.058	465909.091	26.378	0.00118
5	G5	30.560	17662.5	22294.058	539772.727	30.560	0.00137
6	G6	28.180	17662.5	22294.058	497727.273	28.180	0.00126
7	G7	30.239	17662.5	22294.058	534090.909	30.239	0.00136
8	G8	32.169	17662.5	22294.058	568181.818	32.169	0.00144
9	G9	27.343	17662.5	22294.058	482954.545	27.343	0.00123
10	G10	26.700	17662.5	22294.058	471590.909	26.700	0.00120
		29.229				29.229	0.00131

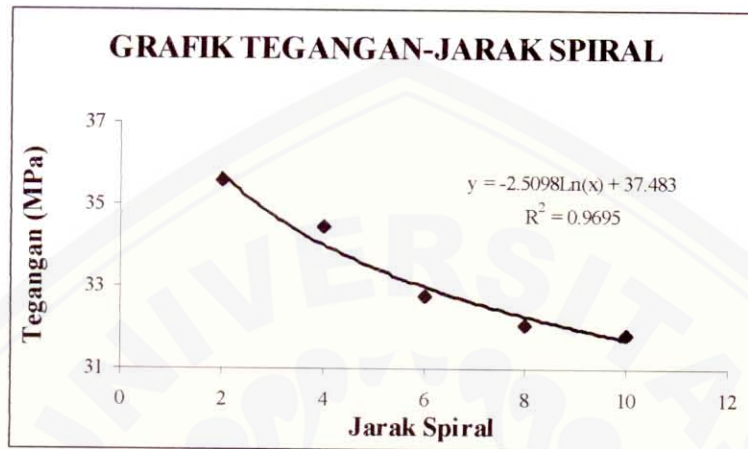
Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 26: Grafik Tegangan Regangan tanpa tulangan

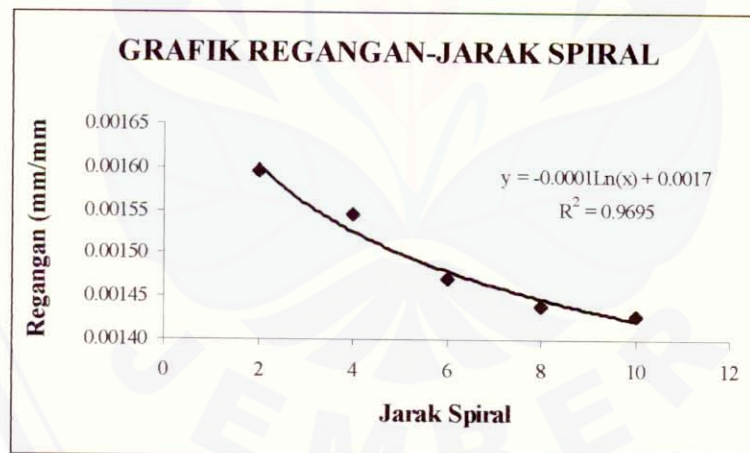
Dari hasil perhitungan regangan dan tegangan diatas dapat disimpulkan bahwa spasi spiral semakin rapat semakin besar nilai tegangan dan regangannya dibandingkan dengan beton tanpa tulangan spiral atau beton biasa. Pengaruh spasi spiral dengan tegangan dan pengaruh jarak spiral dengan regangan dapat dilihat pada gambar 27 dan gambar 28 beserta persamaan logaritma. Sedangkan

untuk mengetahui seberapa besar sumbangan tulangan spiral terhadap nilai regangan dapat diketahui di tabel 30.



Sumber : Hasil Perhitungan

Gambar 27. Grafik Hubungan Tegangan dengan spasi Spiral



Sumber : Hasil Perhitungan

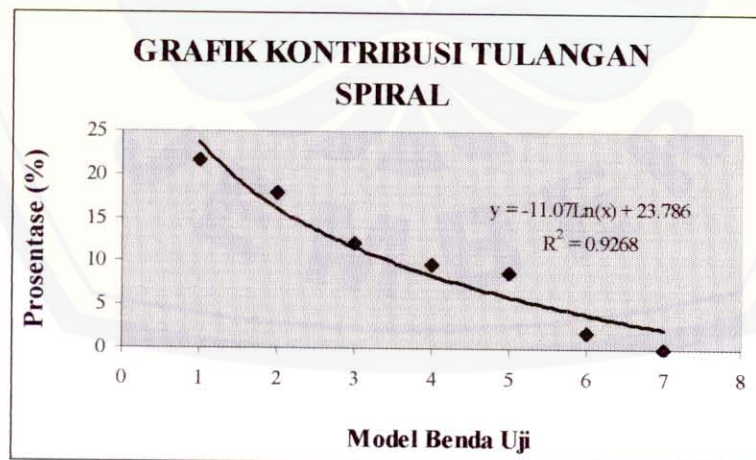
Gambar 28. Grafik Hubungan Regangan dengan spasi Spiral

Tabel 30. Prosentase kontribusi tulangan spiral

No	Model	fc'	E	Pn	Regangan	Regangan tanpa tulangan	selisih	%
1	Spasi 2 cm	35.579	22294.058	628409.091	0.00160	0.00131	0.000285	21.726
2	Spasi 4 cm	34.453	22294.058	608522.727	0.00155	0.00131	0.000234	17.874
3	Spasi 6 cm	32.780	22294.058	578977.273	0.00147	0.00131	0.000159	12.151
4	Spasi 8 cm	32.072	22294.058	566477.273	0.00144	0.00131	0.000128	9.729
5	Spasi 10 cm	31.815	22294.058	561931.818	0.00143	0.00131	0.000116	8.849
6	Tanpa spiral	29.756	22294.058	525568.182	0.00133	0.00131	0.000024	1.805
7	Tanpa tulangan	29.229	22294.058	516250.000	0.00131	0.00131	0.000000	0.000

Sumber : Hasil Perhitungan

Untuk mempermudah dalam menghitung seberapa besar sumbangan tulangan spiral terhadap besarnya regangan dapat diketahui dengan menggunakan persamaan logaritma. Dari hasil perhitungan didapatkan persamaan $y = -11,07\ln(x) + 23,786$ atau dapat dilihat di gambar 29.



Sumber : Hasil Perhitungan

Gambar 29. Grafik Kontribusi Tulangan Spiral

BAB V

APLIKASI

Kolom merupakan bagian konstruksi yang tidak hanya menderita beban aksial tetapi juga momen dari pembebanan langsung atau rotasi-rotasi ujung. Kolom secara struktural lebih penting daripada balok. Oleh karena itu, dalam merencanakan kolom harus diperhatikan kekuatan nominal dari kolom. Spasi spiral adalah salah satu yang menyumbang besarnya kekuatan nominal. spiral semakin rapat semakin besar nilai regangannya. Dalam pelaksanaan pemasangan tulangan transversal kolom hendaknya sesuai dengan perencanaan.



BAB VI

PENUTUP

6.1 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa diatas dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil mix desain didapatkan proporsi campuran 1 Semen : 0,7 air : 1,2 Pasir : 2,1 Kerikil dengan mutu beton K-225.
2. Hasil pengujian kuat tekan beton didapatkan kuat tekan karakteristik sebesar 32.807 Mpa (A); 31.021 Mpa (B); 29.543 Mpa (C); 28.171 Mpa (D); 27.983 Mpa (E); 26.362 Mpa (F); 24.789 Mpa (G). Dapat disimpulkan kuat tekan beton memenuhi kuat tekan karakteristik rencana.
3. Nilai tegangan dan regangan untuk tiap – tiap variasi adalah :
 - a Spasi spiral 2 cm, tegangan (σ) = 35.579 Mpa, regangan (ϵ) = 0.00160 kontibusinya sebesar 21.726 %.
 - b Spasi spiral 4 cm, tegangan (σ) = 34.453 Mpa, regangan (ϵ) = 0.00155 kontibusinya sebesar 17.874 %.
 - c Spasi spiral 6 cm, tegangan (σ) = 32.780, regangan (ϵ) = 0.00147 kontibusinya sebesar 12.151 %.
 - d Spasi spiral 8 cm, tegangan (σ) = 32.072, regangan (ϵ) = 0.00144 kontibusinya sebesar 9.729 %.
 - e Spasi spiral 10 cm, tegangan (σ) = 31.815 Mpa, regangan (ϵ) = 0.00143 kontibusinya sebesar 8.849 %.

f Tanpa tulangan spiral, tegangan (σ) = 29.756 Mpa, regangan (ϵ) = 0.00133 kontribusinya sebesar 1.805 %.

g Tanpa tulangan, tegangan (σ) = 29.229 Mpa, regangan (ϵ) = 0.00131

Dari data diatas dapat disimpulkan bahwa jarak tulangan spiral semakin kecil semakin besar kontribusinya terhadap nilai tegangan-regangan daripada beton tanpa tulangan spiral.

6.2 SARAN

Untuk menghasilkan hasil analisa yang lebih sempurna sebaiknya dilakukan :

1. Melakukan pengujian untuk nilai modulus elastisitas.
2. Pengujian dilakukan dengan kolom yang memiliki eksentrisitas sehingga pada saat tulangan diberi beban, tulangan ikut bekerja.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1971. *Peraturan Beton Indonesia*. Jakarta : Dinas Pekerjaan Umum.
- Anonim. 1991. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*, Jakarta : Dinas Pekerjaan Umum.
- Beumer B,J,M. 1985. *Ilmu Bhan Logam*. Jilid 1. Jakarta : Bhratara Karya Aksara.
- Ferguson M,P,. 1981. *Reinforced Concrete Fundamentals* . Fourth Edition, Edisi Indonesia, 1991, terjemahan budianto dan kris, Dasar-Dasar Beton Bertulang, Edisi keempat. Jakarta : Airlangga
- Hermanasari A,S. 2004. *Tinjauan Ekonomi Pada Campuran Beton Menggunakan Semen Type I Produk Semen Gresik,Bosowa dan Kujang Dengan Mutu Beton Bervariasi*. Proyek Akhir. Jember : Universitas Jember.
- Kia Wang, C. Salmon G,C.1985. *Reinforced Concrete Design*. Fourth Edition, Edisi Indonesia, 1993, terjemahan Binsar Hariandja, Disain Beton Bertulang, Edisi keempat jilid 1. Jakarta : Erlangga.
- Sagel R,Kole P, dan Kusuma G. 1997. *Pedoman Pengerjaan Beton*. Jakarta: Erlangga
- Samekto, W, Rahmadiyanto. C. 2001. *Teknologi Beton*. Yogyakarta : Kanisius
- Sudjana. 1996. *Metode Statistika*. Edisi Keenam. Bandung : Tarsito.
- Vis W,C,Kusuma G. 1997. *Dasar-Dasar Perencanaan Beton Bertulang*. Jakarta : Erlangga



LAMPIRAN 1 : PENGUJIAN PASIR

Analisa saringan pasir (ASTM C 136-76)

Tanggal : 23 juni 2004

Saringan		Tinggal pada saringan		% kumulatif	
Nomor	mm	Gram	%	Tinggal	lolos
4	4,76	74	7.4	7.4	92.6
8	2,38	97	9.7	17.1	82.9
16	1,19	130	13	30.1	69.9
30	0,59	206	20.6	50.7	49.3
50	0,297	220	22	72.7	27.3
100	0,149	215	21.5	94.2	5.8
pan		58	5.8	100	0
Jumlah		1000		372.2	

Kelembaban Pasir (ASTM C 556-72)

Tanggal : 25 juni 2004

No percobaan		1	2	3
Berat pasir asli	W1	250	250	250
Berat pasir oven	W2	235	237	235
Kelembaban		6.38	5.49	6.38
Kelembaban rata – rata			6.08	

Berat Jenis Pasir (ASTM C 128-78)

Tanggal : 25 juni 2004

No percobaan		1	2	3
Berat picnometer + pasir + air	W1	356,5	355	380
Berat pasir SSD	W2	50	50	50
Berat picnometer + air	W3	329,6	329,6	355,4
Berat Jenis Pasir		2,16	2,03	1,97
Berat jenis pasir rata - rata			2,05	

Kebersihan Pasir Terhadap Bahan Organik

Tanggal : 25 juni 2004

No Percobaan	1	2	3
Warna larutan pembanding	Kuning	Kuning	Kuning
Warna larutan agregat halus	Kuning muda	Kuning muda	Kuning muda

**Air Resapan Pasir (ASTM C 128)**

Tanggal : 25 juni 2004

No percobaan		1	2	3
Berat pasir SSD	W1	250	250	250
Berat pasir oven	W2	209	205	206
Kadar air resapan		19,62	21,95	21,36
KAR rata - rata		20,98		

Berat Volume Pasir (ASTM C 556-72)

Tanggal : 23 juni 2004

No Percobaan		Dengan Rojokan		Tanpa Rojokan	
		1	2	1	2
Berat Silinder (gr)	W1	7204	7204	7204	7204
Berat silinder + pasir (gr)	W2	21330	21230	19300	19200
Berat kerikil (gr)	W2-W1	14126	14026	12096	11996
Volume silinder (cm ³)	V	9773.16	9773.16	9773.16	9773.16
Berat volume pasir		1.445	1.435	1.238	1.227
Berat volume pasir rata-rata		0.723		0.619	

Kebersihan Pasir Terhadap Lumpur Cara Kering (ASTM C 117-76)

Tanggal : 25 juni 2004

No Percobaan		1	2	3
Berat pasir kering	W1	500	500	500
Berat pasir kering bersih	W2	474	476	477
Kadar lumpur		0.055	0.05	0.048
Kadar lumpur rata-rata		0.051		

Kebersihan Pasir Terhadap Lumpur Cara Basah (ASTM C 117-76)

Tanggal : 25 juni 2004

No Percobaan		1	2	3
Tinggi lumpur	h	0.6	0.3	0.47
Tinggi pasir	H	6	6	6
Kadar lumpur		0.1	0.05	0.08
Kadar lumpur rata-rata		0.077		



LAMPIRAN 2 : PENGUJIAN KERIKIL

Analisa Saringan Kerikil (ASTM C 136-76)

Tanggal : 12 juni 2004

Saringan		Tinggal pada saringan		% kumulatif	
Nomor	mm	Gram	%	Tinggal	lolos
3/2"	38.1	65	1.3	1.3	98.7
1"	25.4	9	0.18	1.48	98.52
3/4"	19.1	1405	28.1	29.58	70.42
1/2"	12.5	1973	39.46	69.04	30.96
3/8	9.5	748	14.96	84	16
4	4.75	730	14.60	98.6	1.4
8	2.38	70	1.4	100	0
16	1.19	0	0	100	0
30	0.59	0	0	100	0
50	0.297	0	0	100	0
100	0.149	0	0	100	0
pan		5000		784	

Kelembaban Kerikil (ASTM C 556-72)

Tanggal : 23 juni 2004

No percobaan		1	2	3
Berat kerikil asli	W1	250	250	250
Berat pasir oven	W2	235	237	235
Kelembaban		6.38	5.49	6.38
Kelembaban rata - rata			6.08	

Berat Jenis Kerikil (ASTM C 128-73)

Tanggal : 24 juni 2004

No percobaan		1	2	3
Berat kerikil di udara	W1	3000	3000	3000
Berat kerikil di air	W2	1822	1805	1804
Berat jenis kerikil		2.55	2.51	2.51
Berat jenis kerikil rata - rata			2.52	

**Air Resapan Kerikil (ASTM C 127-77)**

Tanggal : 24 juni 2004

No percobaan		1	2	3
Berat kerikil SSD	W1	500	500	500
Berat kerikil oven	W2	487	487	488
Kadar air resapan		2.67	2.67	2.46
KAR rata - rata		2.60		

Berat Volume Kerikil (ASTM C 29-78)

Tanggal : 12 juni 2004

No Percobaan		Dengan Rojokan		Tanpa Rojokan	
		1	2	1	2
Berat Silinder (gr)	W1	7204	7204	7204	7204
Berat silinder + kerikil (gr)	W2	22650	22800	21050	21051
Berat kerikil (gr)	W2-W1	15446	15596	13846	13847
Volume silinder (cm ³)	V	9773.16	9773.16	9773.16	9773.16
Berat volume kerikil		1.580	1.596	1.417	1.417
Berat volume kerikil rata-rata		1.588		1.417	

Kebersihan Kerikil Terhadap Lumpur Cara Kering (ASTM C 117-76)

Tanggal : 21 juni 2004

No Percobaan	1	2	3
Berat kerikil kering W1	500	500	500
Berat kerikil bersih W2	495	495.5	496
Kadar lumpur	1	0.9	0.8
Kadar lumpur rata-rata	0.9		

Ketahanan Agregat (Impact Test)

Tanggal : 21 juni 2004

No Percobaan	1	2	3
Berat tabung penakar (gram)	3000	3000	3000
Berat tabung penakar + agregat (gram)	3641	3637	3607
Berat agregat, A (gram)	641	637	607
Berat saringan no.8 (gram)	468	468	468
Berat saringan + agregat (gram)	1109	1105	1076
Berat agregat yang tertahan saringan,B (gram)	543	537.4	526
Nilai impact agregat = $((A - B)/A) \times 100\%$	15.289	15.636	13.344
Nilai impact agregat rata-rata (%)	14.756		

LAMPIRAN 3 : MIX DESAIN

FORMULIR PERANCANGAN ADUKAN BETON
(Menurut Standar Pekerjaan Umum)

No	Uraian	Jumlah
1	Kuat tekan yang disyaratkan, pada umur 28 hari	: 22,5 Mpa
2	Deviasi standart (s)	: 5,6 Mpa
3	Nilai tambah (m)	: 9,18 Mpa
4	Kuat tekan rata-rata yang direncanakan (fcr)	: 31,68 Mpa
5	Jenis semen (biasa/cepat keras)	: type I/gresik
6	Jenis agregat kasar (alami/batu pecah)	: batu pecah
	Jenis agregat halus (alami/pecahan)	: alami
7	Faktor air semen (gb.7.8 atau tab 7.11 dan gb 7.9)	: 0,5
8	Faktor air semen maksimum (tabel 7.12)	: 0,6
	>> dipakai faktor air semen yang rendah	: 0,5
9	Nilai slump (tabel 7.13)	: 10 cm
10	Ukuran maksimum agregat kasar	: 40 mm
11	Kebutuhan air (tabel 7.14)	: 219 ltr
12	Kebutuhan semen portland (8/11)	: 438 kg
13	Kebutuhan semen portland minimum (tabel 7.15)	: 275 kg
14	Dipakai kebutuhan semen portland	: 438 kg
15	Penyesuaian jumlah air atau f.a.s	: 219 & 0,5
16	Daerah gradasi agregat halus (tabel 7.16)	: 1, 2, 3, 4
17	Persen berat agregat halus thd. Campuran (gb.7.10)	: 39,5 %
18	Berat jenis agregat campuran (dihitung)	: 2,4 t/m ³
19	Berat jenis beton (gb.7.11)	: 2200 kg/m ³
20	Kebutuhan agregat (langkah 19 - 11 - 14)	: 1543 kg/m ³
21	Kebutuhan agregat halus (langkah 17 x 20)	: 610 kg/m ³
22	Kebutuhan agregat kasar (langkah 20 - 21)	: 933 kg/m ³

Keterangan :

Dari langkah 1 - 22 diperoleh susunan campuran beton teoritis untuk tiap m³, sebagai berikut :

1. Semen 438 kg
2. Air seluruhnya = 219 kg
3. Agregat halus = 610 kg

4. Agregat kasar = 933 kg

Untuk memperhitungkan campuran yang sebenarnya, perlu diperhitungkan factor kadar air dan air resapan (dari bahan agregat). Sehingga jumlah air, pasir dan kerikil dapat diperoleh sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{a. Pasir} &= \text{kadar pasir} - \{(\text{resapan} - \text{kadar air}) \times \text{kadar pasir}\} \\ &= 610 - \{(20.98\% - 6.08\%) \times 610\} \\ &= 520 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. Kerikil} &= \text{kadar kerikil} + \{(\text{kadar air} - \text{resapan}) \times \text{kadar kerikil}\} \\ &= 933 - \{(1.07\% - 2.39\%) \times 933\} \\ &= 921 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c. Air} &= 219 + \{(20.98\% - 6.08\%) \times 610\} - \{(1.07\% - 2.39\%) \times 933\} \\ &= 323 \text{ kg} \end{aligned}$$

Sehingga berat yang harus ditimbang untuk tiap m^3 beton adalah :

- Semen = 438 kg
- Agregat halus (pasir) = 520 kg
- Agregat kasar (kerikil) = 921 kg
- Air = 323 kg

LAMPIRAN 4. PENGUJIAN KUAT TEKAN

◆ Hasil Pengujian Beton dengan spasi tulangan transversal 2cm

No	Tanggal		Berat (gram)	Pemb.dial (KN)	fc' (kg/cm ²)	fc'-fc'm	(fc'-fc'm) ²
	Cetak	Test					
1	8/7/04	23/7/04	12931	545	350.640	-5.147	26.492
2	10/7/04	25/7/04	12918	550	353.857	-1.930	3.725
3	12/7/04	26/7/04	12980	560	360.291	4.504	20.283
4	13/7/04	27/7/04	12413	580	373.158	17.371	301.757
5	13/7/04	27/7/04	13222	585	376.375	20.588	423.868
6	14/7/04	28/7/04	12803	555	357.074	1.287	1.656
7	14/7/04	28/7/04	13215	550	353.857	-1.930	3.725
8	15/7/04	29/7/05	13255	545	350.640	-5.147	26.492
9	15/7/05	29/7/06	13207	570	366.725	10.937	119.627
10	16/7/06	30/7/07	13060	490	315.254	-40.533	1642.901
					<u>3557.872</u>		<u>2570.525</u>

Keterangan :

$$1. \text{ Kuat tekan rata-rata } (fc'm) = \frac{\sum fc'}{n} = \frac{3557.872}{10} = 355.787 \text{ kg/cm}^2$$

$$2. \text{ Standar deviasi } = \sqrt{\frac{\sum (fc' - fc'm)^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{2570.525}{9}} = 16.9$$

$$3. \text{ Kuat tekan karakteristik } (fc'k) = fc'm - 1.64s \\ = 355.787 - (1.64 \times 16.9) = 328.071 \text{ kg/cm}^2$$

Perhitungan Distribusi Normal

Perhitungan Koordinat lengkung distribusi normal (x,y) dengan spasi spiral 2 cm

$$X = fc' = \text{Interval kelas}$$

$$\text{IntervalKelas} = \frac{\text{max} - \text{min}}{1 + k \log n} = \frac{376.375 - 315.254}{1 + 3.33 \log 10} = 14.116$$

Dengan :

X = absis lengkung distribusi normal

K = bilangan tetap = 3.33

$$Y = \frac{e^{-1/2\left(\frac{fc'-fc'm}{s}\right)^2}}{(s\sqrt{2\pi})}$$

Dengan :

Y = Ordinat lengkung distribusi normal

e = Bilangan natural = 2,7183

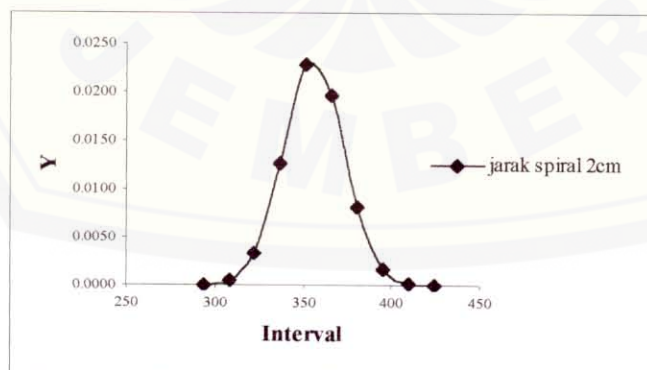
π = phi = 3,14

s = standar deviasi = 16,9

$fc'm$ = kuat tekan rata-rata = 355.787

Persamaan lengkung distribusi normal dengan spasi spiral 2 cm

Interval	z	z ²	0.5 z ²	Y
293.5	-3.686	13.584	-6.792	0.0000
308	-2.828	7.995	-3.998	0.0004
322.5	-1.970	3.879	-1.940	0.0034
337	-1.112	1.236	-0.618	0.0127
351.5	-0.254	0.064	-0.032	0.0229
366	0.604	0.365	-0.183	0.0197
380.5	1.462	2.138	-1.069	0.0081
395	2.320	5.384	-2.692	0.0016
409.5	3.178	10.101	-5.051	0.0002
424	4.036	16.291	-8.146	0.0000



◆ Hasil Pengujian Beton dengan spasi tulangan transversal 4cm

No	Tanggal		Berat (gram)	Pemb.dial (KN)	fc' (kg/cm ²)	fc'-fc'm	(fc'-fc'm) ²
	Cetak	Test					
1	8/7/04	23/7/04	12540	520	334.556	-9.972	99.447
2	10/7/04	25/7/04	12663	540	347.423	2.895	8.382
3	12/7/04	26/7/04	12668	570	366.725	22.196	492.684
4	13/7/04	27/7/04	12784	565	363.508	18.980	360.225
5	13/7/04	27/7/04	12632	550	353.857	9.329	87.029
6	14/7/04	28/7/04	12684	510	328.122	-16.406	269.160
7	14/7/04	28/7/04	12665	540	347.423	2.895	8.382
8	15/7/04	29/7/05	12723	540	347.423	2.895	8.382
9	15/7/05	29/7/06	12565	560	360.291	15.763	248.463
10	16/7/06	30/7/07	12653	460	295.953	-48.575	2359.523
					3445.281		3941.679

Keterangan :

$$1. \text{ Kuat tekan rata-rata } (fc'm) = \frac{\sum fc'}{n} = \frac{3445.281}{10} = 344.528 \text{ kg/cm}^2$$

$$2. \text{ Standar deviasi} = \sqrt{\frac{\sum (fc' - fc'm)^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{3941.679}{9}} = 20.928$$

$$3. \text{ Kuat tekan karakteristik } (fc'k) = fc'm - 1.64s \\ = 344.528 - (1.64 \times 20.928) = 310.207 \text{ kg/cm}^2$$

Perhitungan Distribusi Normal

Perhitungan Koordinat lengkung distribusi normal (x,y) dengan spasi spiral 4 cm

X = fc' = Interval kelas

$$\text{IntervalKelas} = \frac{\text{max} - \text{min}}{1 + k \log n} = \frac{366.725 - 295.953}{1 + 3.33 \log 10} = 16.344$$

Dengan :

X = absis lengkung distribusi normal

K = bilangan tetap = 3.33

$$Y = \frac{e^{-1/2\left(\frac{fc' - fc'm}{s}\right)^2}}{(s\sqrt{2\pi})}$$

Dengan :

Y = Ordinat lengkung distribusi normal

e = Bilangan natural = 2,7183

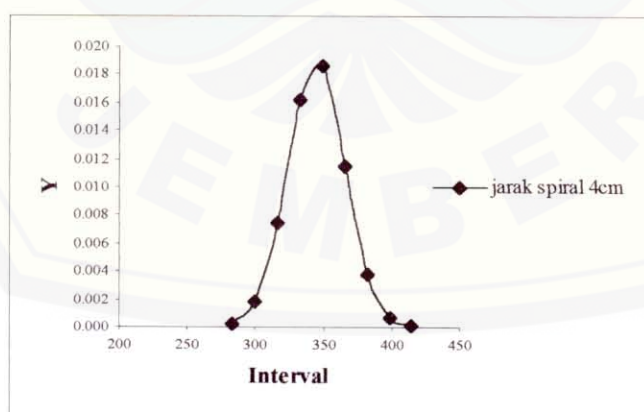
π = phi = 3,14

s = standar deviasi = 20.928

$fc'm$ = kuat tekan rata-rata = 344.528 kg/cm²

Persamaan lengkung distribusi normal dengan spasi spiral 4 cm

Interval	z	z ²	0.5 z ²	Y
283	-2.940	8.644	-4.322	0.000
299.5	-2.152	4.629	-2.315	0.002
316	-1.363	1.858	-0.929	0.008
332.5	-0.575	0.330	-0.165	0.016
349	0.214	0.046	-0.023	0.019
365.5	1.002	1.004	-0.502	0.012
382	1.791	3.206	-1.603	0.004
398.5	2.579	6.651	-3.326	0.001
415	3.367	11.339	-5.670	0.000



◆ Hasil Pengujian Beton dengan spasi tulangan transversal 6cm

No	Tanggal		Berat (gram)	Pemb.dial (KN)	fc' (kg/cm ²)	fc'-fc'm	(fc'-fc'm) ²
	Cetak	Test					
1	8/7/04	23/7/04	12472	500	321.688	-6.112	37.357
2	10/7/04	25/7/04	12716	495	318.471	-9.329	87.029
3	12/7/04	26/7/04	12753	570	366.725	38.924	1515.099
4	13/7/04	27/7/04	12814	525	337.773	9.972	99.447
5	13/7/04	27/7/04	12883	520	334.556	6.755	45.636
6	14/7/04	28/7/04	12627	490	315.254	-12.546	157.398
7	14/7/04	28/7/04	12860	510	328.122	0.322	0.103
8	15/7/04	29/7/05	12743	525	337.773	9.972	99.447
9	15/7/05	29/7/06	12782	510	328.122	0.322	0.103
10	16/7/06	30/7/07	12630	450	289.519	-38.281	1465.427
					3278.003		3507.049

Keterangan :

$$1. \text{Kuat tekan rata-rata } (fc'm) = \frac{\sum fc'}{n} = \frac{3278.003}{10} = 327.800 \text{ kg/cm}^2$$

$$2. \text{Standar deviasi} = \sqrt{\frac{\sum (fc' - fc'm)^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{3507.049}{9}} = 19.740$$

$$3. \text{Kuat tekan karakteristik } (fc'k) = fc'm - 1.64s \\ = 327.800 - (1.64 \times 19.740) = 295.427 \text{ kg/cm}^2$$

Perhitungan Distribusi Normal

Perhitungan Koordinat lengkung distribusi normal (x,y) dengan spasi spiral 6 cm

X = fc' = Interval kelas

$$\text{IntervalKelas} = \frac{\max - \min}{1 + k \log n} = \frac{366.725 - 289.519}{1 + 3.33 \log 10} = 17.83$$

Dengan :

X = absis lengkung distribusi normal

K = bilangan tetap = 3.33

$$Y = \frac{e^{-1/2\left(\frac{fc' - fc'm}{s}\right)^2}}{(s\sqrt{2\pi})}$$

Dengan :

Y = Ordinat lengkung distribusi normal

e = Bilangan natural = 2,7183

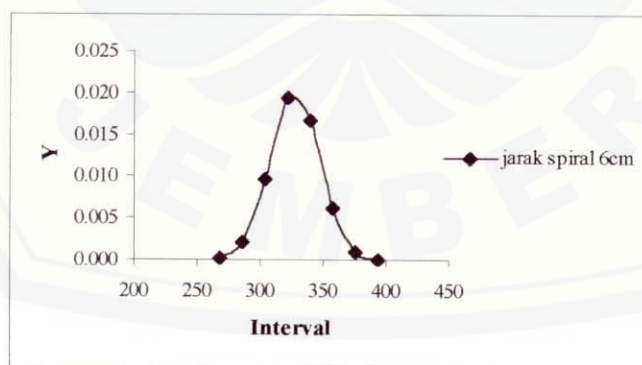
π = phi = 3,14

s = standar deviasi = 19.74

$fc'm$ = kuat tekan rata-rata = 327.800 kg/cm²

Persamaan lengkung distribusi normal dengan spasi spiral 6 cm

Interval	z	z ²	0.5 z ²	Y
268	-3.029	9.177	-4.589	0.000
286	-2.118	4.484	-2.242	0.002
304	-1.206	1.454	-0.727	0.010
322	-0.294	0.086	-0.043	0.019
340	0.618	0.382	-0.191	0.017
358	1.530	2.340	-1.170	0.006
376	2.442	5.962	-2.981	0.001
394	3.354	11.246	-5.623	0.000



◆ Hasil Pengujian Beton dengan spasi tulangan transversal 8cm

No	Tanggal		Berat (gram)	Pemb.dial (KN)	fc' (kg/cm ²)	fc'-fc'm	(fc'-fc'm) ²
	Cetak	Test					
1	8/7/04	23/7/04	12487	490	315.254	-5.469	29.907
2	10/7/04	25/7/04	12732	520	334.556	13.833	191.341
3	12/7/04	26/7/04	12805	540	347.423	26.700	712.897
4	13/7/04	27/7/04	12915	550	353.857	33.134	1097.854
5	13/7/04	27/7/04	12724	540	347.423	26.700	712.897
6	14/7/04	28/7/04	12758	470	302.387	-18.336	336.217
7	14/7/04	28/7/04	12728	470	302.387	-18.336	336.217
8	15/7/04	29/7/05	12818	490	315.254	-5.469	29.907
9	15/7/05	29/7/06	12593	475	305.604	-15.119	228.595
10	16/7/06	30/7/07	12809	440	283.086	-37.638	1416.583
					3207.232	5092.414	

Keterangan :

$$1. \text{Kuat tekan rata-rata } (fc'm) = \frac{\sum fc'}{n} = \frac{3207.232}{10} = 320.723 \text{ kg/cm}^2$$

$$2. \text{Standar deviasi} = \sqrt{\frac{\sum (fc' - fc'm)^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{5092.414}{9}} = 23.787$$

$$3. \text{Kuat tekan karakteristik } (fc'k) = fc'm - 1.64s \\ = 320.723 - (1.64 \times 23.787) = 281.712 \text{ kg/cm}^2$$

Perhitungan Distribusi Normal

Perhitungan Koordinat lengkung distribusi normal (x,y) dengan spasi spiral 8 cm

X = fc' = Interval kelas

$$\text{IntervalKelas} = \frac{\text{max} - \text{min}}{1 + k \log n} = \frac{353.857 - 283.086}{1 + 3.33 \log 10} = 16.34$$

Dengan :

X = absis lengkung distribusi normal

K = bilangan tetap = 3.33

$$Y = \frac{e^{-1/2\left(\frac{fc' - fc'm}{s}\right)^2}}{(s\sqrt{2\pi})}$$

Dengan :

Y = Ordinat lengkung distribusi normal

e = Bilangan natural = 2,7183

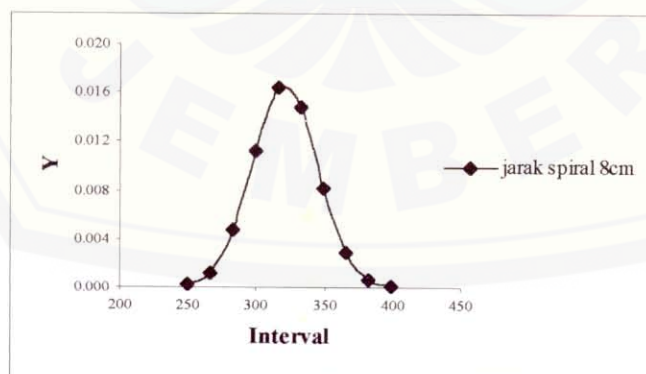
π = phi = 3,14

s = standar deviasi = 23.787

$fc'm$ = kuat tekan rata-rata = 320.723 kg/cm²

Persamaan lengkung distribusi normal dengan spasi spiral 8 cm

Interval	z	z ²	0.5 z ²	Y
250	-2.973	8.840	-4.420	0.000
266.5	-2.280	5.196	-2.598	0.001
283	-1.586	2.515	-1.257	0.005
299.5	-0.892	0.796	-0.398	0.011
316	-0.199	0.039	-0.020	0.016
332.5	0.495	0.245	-0.123	0.015
349	1.189	1.413	-0.707	0.008
365.5	1.882	3.543	-1.772	0.003
382	2.576	6.636	-3.318	0.001
398.5	3.270	10.691	-5.346	0.000



◆ Hasil Pengujian Beton dengan spasi tulangan transversal 10 cm

No	Tanggal		Berat (gram)	Pemb.dial (KN)	fc' (kg/cm ²)	fc'-fc'm	(fc'-fc'm) ²
	Cetak	Test					
1	8/7/04	23/7/04	12410	495	318.471	0.322	0.103
2	10/7/04	25/7/04	12500	480	308.821	-9.329	87.029
3	12/7/04	26/7/04	12758	550	353.857	35.707	1275.018
4	13/7/04	27/7/04	12762	520	334.556	16.406	269.160
5	13/7/04	27/7/04	12732	550	353.857	35.707	1275.018
6	14/7/04	28/7/04	12620	450	289.519	-28.630	819.691
7	14/7/04	28/7/04	12712	465	299.170	-18.980	360.225
8	15/7/04	29/7/05	12615	490	315.254	-2.895	8.382
9	15/7/05	29/7/06	12590	495	318.471	0.322	0.103
10	16/7/06	30/7/07	12690	450	289.519	-28.630	819.691
					3181.496		4914.422

Keterangan :

$$1. \text{ Kuat tekan rata-rata } (fc'm) = \frac{\sum fc'}{n} = \frac{3181.496}{10} = 318.150 \text{ kg/cm}^2$$

$$2. \text{ Standar deviasi } = \sqrt{\frac{\sum (fc' - fc'm)^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{4914.422}{9}} = 23.368$$

$$3. \text{ Kuat tekan karakteristik } (fc'k) = fc'm - 1.64s \\ = 318.150 - (1.64 \times 23.368) = 279.827 \text{ kg/cm}^2$$

Perhitungan Distribusi Normal

Perhitungan Koordinat lengkung distribusi normal (x,y) dengan spasi spiral 10 cm

X = fc' = Interval kelas

$$\text{IntervalKelas} = \frac{\max - \min}{1 + k \log n} = \frac{353.857 - 289.519}{1 + 3.33 \log 10} = 14.86$$

Dengan :

X = absis lengkung distribusi normal

K = bilangan tetap = 3.33

$$Y = \frac{e^{-1/2\left(\frac{fc' - fc'm}{s}\right)^2}}{(s\sqrt{2\pi})}$$

Dengan :

Y = Ordinat lengkung distribusi normal

e = Bilangan natural = 2,7183

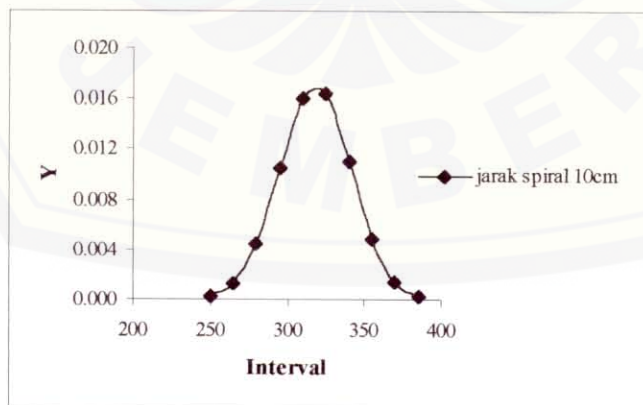
π = phi = 3,14

s = standar deviasi = 23.368

$fc'm$ = kuat tekan rata-rata = 318.150 kg/cm²

Persamaan lengkung distribusi normal dengan spasi spiral 10 cm

Interval	Z	z^2	$0.5 z^2$	Y
250	-2.916	8.505	-4.253	0.000
265	-2.274	5.173	-2.587	0.001
280	-1.633	2.665	-1.333	0.005
295	-0.991	0.981	-0.491	0.010
310	-0.349	0.122	-0.061	0.016
325	0.293	0.086	-0.043	0.016
340	0.935	0.874	-0.437	0.011
355	1.577	2.487	-1.243	0.005
370	2.219	4.923	-2.462	0.001
385	2.861	8.184	-4.092	0.000



◆ Hasil Pengujian Beton tanpa tulangan transversal

No	Tanggal		Berat (gram)	Pemb.dial (KN)	fc' (kg/cm ²)	fc'-fc'm	(fc'-fc'm) ²
	Cetak	Test					
1	8/7/04	23/7/04	12323	425	273.435	-24.127	582.094
2	10/7/04	25/7/04	12518	485	312.038	14.476	209.554
3	12/7/04	26/7/04	12274	470	302.387	4.825	23.284
4	13/7/04	27/7/04	12545	440	283.086	-14.476	209.554
5	13/7/04	27/7/04	12567	500	321.688	24.127	582.094
6	14/7/04	28/7/04	12436	410	263.784	-33.777	1140.904
7	14/7/04	28/7/04	12670	440	283.086	-14.476	209.554
8	15/7/04	29/7/05	12408	480	308.821	11.259	126.767
9	15/7/05	29/7/06	12525	505	324.905	27.343	747.667
10	16/7/06	30/7/07	12435	470	302.387	4.825	23.284
					2975.616	3854.753	

Keterangan :

$$1. \text{Kuat tekan rata-rata } (fc'm) = \frac{\sum fc'}{n} = \frac{2975.616}{10} = 297.562 \text{ kg/cm}^2$$

$$2. \text{Standar deviasi} = \sqrt{\frac{\sum (fc' - fc'm)^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{3854.753}{9}} = 20.696$$

$$3. \text{Kuat tekan karakteristik } (fc'k) = fc'm - 1.64s \\ = 297.562 - (1.64 \times 20.696) = 263.621 \text{ kg/cm}^2$$

Perhitungan Distribusi Normal

Perhitungan Koordinat lengkung distribusi normal (x,y) tanpa tulangan spiral

$$X = fc' = \text{Interval kelas}$$

$$\text{IntervalKelas} = \frac{\max - \min}{1 + k \log n} = \frac{324.905 - 263.784}{1 + 3.33 \log 10} = 14.12$$

Dengan :

X = absis lengkung distribusi normal

K = bilangan tetap = 3.33

$$Y = \frac{e^{-1/2\left(\frac{fc' - fc'm}{s}\right)^2}}{(s\sqrt{2\pi})}$$

Dengan :

Y = Ordinat lengkung distribusi normal

e = Bilangan natural = 2,7183

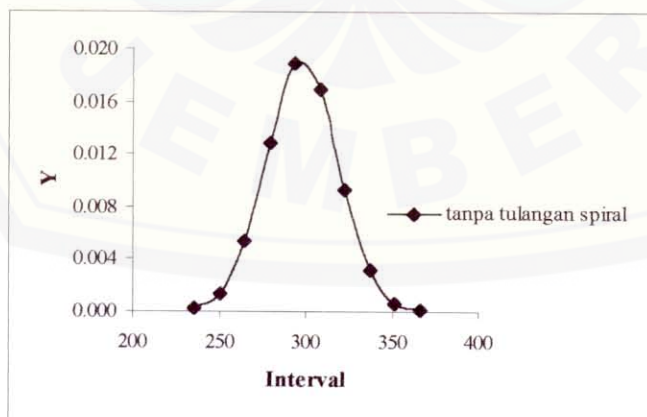
π = phi = 3,14

s = standar deviasi = 20.696

$fc'm$ = kuat tekan rata-rata = 297.562 kg/cm²

Persamaan lengkung distribusi normal tanpa tulangan spiral

Interval	z	z ²	0.5 z ²	Y
235.5	-2.999	8.993	-4.496	0.000
250	-2.298	5.282	-2.641	0.001
264.5	-1.598	2.552	-1.276	0.005
279	-0.897	0.804	-0.402	0.013
293.5	-0.196	0.039	-0.019	0.019
308	0.504	0.254	-0.127	0.017
322.5	1.205	1.452	-0.726	0.009
337	1.906	3.631	-1.816	0.003
351.5	2.606	6.793	-3.396	0.001
366	3.307	10.936	-5.468	0.000



◆ Hasil Pengujian Beton tanpa tulangan longitudinal dan transversal

No	Tanggal		Berat (gram)	Pemb.dial (KN)	fc' (kg/cm ²)	fc'-fc'm	(fc'-fc'm) ²
	Cetak	Test					
1	8/7/04	23/7/04	12130	400	257.351	-34.935	1220.478
2	10/7/04	25/7/04	12311	520	334.556	42.270	1786.739
3	12/7/04	26/7/04	12572	490	315.254	22.969	527.554
4	13/7/04	27/7/04	12474	410	263.784	-28.502	812.340
5	13/7/04	27/7/04	12280	475	305.604	13.318	177.366
6	14/7/04	28/7/04	12335	438	281.799	-10.487	109.978
7	14/7/04	28/7/04	12387	470	302.387	10.101	102.030
8	15/7/04	29/7/05	12433	500	321.688	29.402	864.495
9	15/7/05	29/7/06	12354	425	273.435	-18.851	355.358
10	16/7/06	30/7/07	12487	415	267.001	-25.285	639.316
					2922.859		6595.654

Keterangan :

$$1. \text{Kuat tekan rata-rata } (fc'm) = \frac{\sum fc'}{n} = \frac{2922.859}{10} = 292.286 \text{ kg/cm}^2$$

$$2. \text{Standar deviasi} = \sqrt{\frac{\sum (fc' - fc'm)^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{6595.654}{9}} = 27.071$$

$$3. \text{Kuat tekan karakteristik } (fc'k) = fc'm - 1.64s \\ = 292.286 - (1.64 \times 27.071) = 247.889 \text{ kg/cm}^2$$

Perhitungan Distribusi Normal

Perhitungan Koordinat lengkung distribusi normal (x,y) tanpa tulangan

X = fc' = Interval kelas

$$\text{IntervalKelas} = \frac{\text{max} - \text{min}}{1 + k \log n} = \frac{334.556 - 257.351}{1 + 3.33 \log 10} = 17.83$$

Dengan :

X = absis lengkung distribusi normal

K = bilangan tetap = 3.33

$$Y = \frac{e^{-1/2\left(\frac{fc' - fc'm}{s}\right)^2}}{(s\sqrt{2\pi})}$$

Dengan :

Y = Ordinat lengkung distribusi normal

e = Bilangan natural = 2,7183

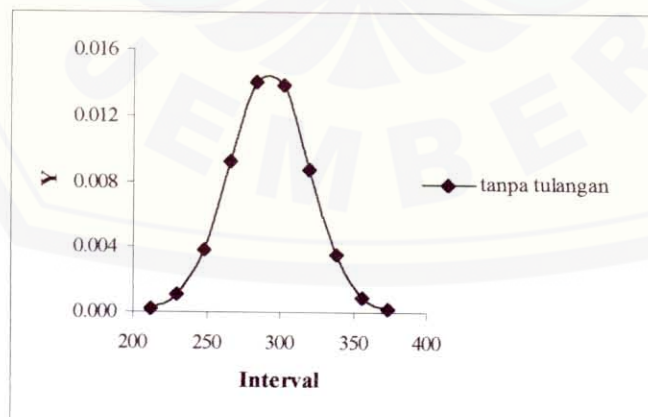
π = phi = 3,14

s = standar deviasi = 27.071

$fc'm$ = kuat tekan rata-rata = 292.286 kg/cm²

Persamaan lengkung distribusi normal tanpa tulangan

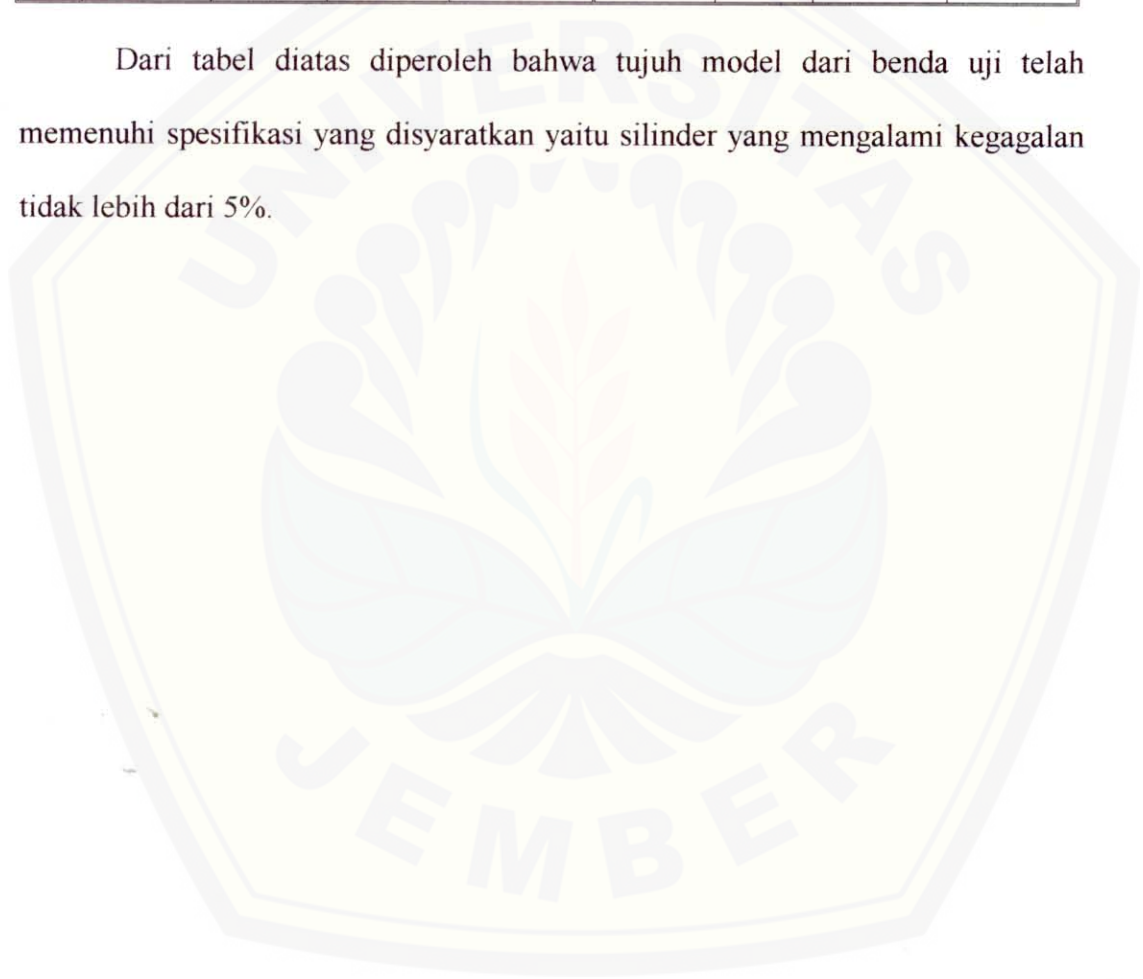
Interval	z	z ²	0.5 z ²	Y
212	-2.966	8.796	-4.398	0.000
230	-2.301	5.294	-2.647	0.001
248	-1.636	2.676	-1.338	0.004
266	-0.971	0.943	-0.471	0.009
284	-0.306	0.094	-0.047	0.014
302	0.359	0.129	-0.064	0.014
320	1.024	1.048	-0.524	0.009
338	1.689	2.852	-1.426	0.004
356	2.354	5.539	-2.770	0.001
374	3.018	9.111	-4.556	0.000



Tabel luas kurva distribusi normal

No	Min	z	α	fc'k	z	α	fc'm	s
1	315.254	-2.40	4.92%	328.071	-1.64	5%	355.787	16.900
2	295.953	-2.32	4.90%	310.207	-1.64	5%	344.528	20.928
3	289.519	-1.94	4.74%	295.427	-1.64	5%	327.800	19.740
4	283.086	-1.58	4.43%	281.712	-1.64	5%	320.723	23.787
5	289.519	-1.23	3.91%	279.827	-1.64	5%	318.150	23.368
6	263.784	-1.63	4.48%	263.621	-1.64	5%	297.562	20.696
7	257.351	-1.29	4.02%	247.889	-1.64	5%	292.286	27.071

Dari tabel diatas diperoleh bahwa tujuh model dari benda uji telah memenuhi spesifikasi yang disyaratkan yaitu silinder yang mengalami kegagalan tidak lebih dari 5%.



LAMPIRAN 5. UJI TARIK

• Tabel Hasil Uji Tarik Tulangan Transversal

ΔL	Pi (kg)	Ao (cm ²)	lo (mm)	Tegangan (kg/cm ²)	Regangan (%)
1	2	3	4	5 = 2 / 3	6 = 1 / 4
0.5	22	0.132	24.9	166.719	2.008
1	40	0.132	24.9	303.126	4.016
1.5	66	0.132	24.9	500.157	6.024
2	105	0.132	24.9	795.705	8.032
2.5	156	0.132	24.9	1182.190	10.040
3	223	0.132	24.9	1689.925	12.048
3.5	296	0.132	24.9	2243.129	14.056
4	383	0.132	24.9	2902.428	16.064
4.5	484	0.132	24.9	3667.820	18.072
5	519	0.132	24.9	3933.055	20.080
5.5	621	0.132	24.9	4706.025	22.088
6	662	0.132	24.9	5016.729	24.096
6.5	709	0.132	24.9	5372.901	26.104
7	727	0.132	24.9	5509.308	28.112
7.5	743	0.132	24.9	5630.558	30.120
8	738	0.132	24.9	5592.667	32.129
8.5	712	0.132	24.9	5395.636	34.137
9	646	0.132	24.9	4895.479	36.145
9.5	512	0.132	24.9	3880.008	38.153
10	474	0.132	24.9	3592.038	40.161

• **Tabel Hasil Uji Tarik Tulangan Longitudinal**

ΔL	Pi (kg)	Ao (cm ²)	lo (mm)	Tegangan (kg/cm ²)	Regangan (%)
1	2	3	4	5 = 2 / 3	6 = 1 / 4
0.5	70	0.196	24.7	356.688	2.024
1	165	0.196	24.7	840.764	4.049
1.5	330	0.196	24.7	1681.529	6.073
2	529	0.196	24.7	2695.541	8.097
2.5	743	0.196	24.7	3785.987	10.121
3	849	0.196	24.7	4326.115	12.146
3.5	868	0.196	24.7	4422.930	14.170
4	963	0.196	24.7	4907.006	16.194
4.5	1043	0.196	24.7	5314.650	18.219
5	1095	0.196	24.7	5579.618	20.243
5.5	1125	0.196	24.7	5732.484	22.267
6	1164	0.196	24.7	5931.210	24.291
6.5	1198	0.196	24.7	6104.459	26.316
7	1196	0.196	24.7	6094.268	28.340
7.5	1206	0.196	24.7	6145.223	30.364
8	1215	0.196	24.7	6191.083	32.389
8.5	1214	0.196	24.7	6185.987	34.413
9	1216	0.196	24.7	6196.178	36.437
9.5	1200	0.196	24.7	6114.650	38.462
10	1198	0.196	24.7	6104.459	40.486
10.5	1171	0.196	24.7	5966.879	42.510
11	1102	0.196	24.7	5615.287	44.534
11.5	1019	0.196	24.7	5192.357	46.559
12	988	0.196	24.7	5034.395	48.583

Keterangan :

Do tulangan transversal = 0,41 cm

Do tulangan longitudinal = 0,5 cm



Foto 1. Spasi Tulangan Transversal 2 cm



Foto 2. Spasi Tulangan Transversal 4 cm



Foto 3. Spasi Tulangan Transversal 6 cm



Foto 4. Spasi Tulangan Transversal 8 cm



Foto 5. Spasi Tulangan Transversal 10 cm



Foto 6. Tanpa Tulangan Transversal

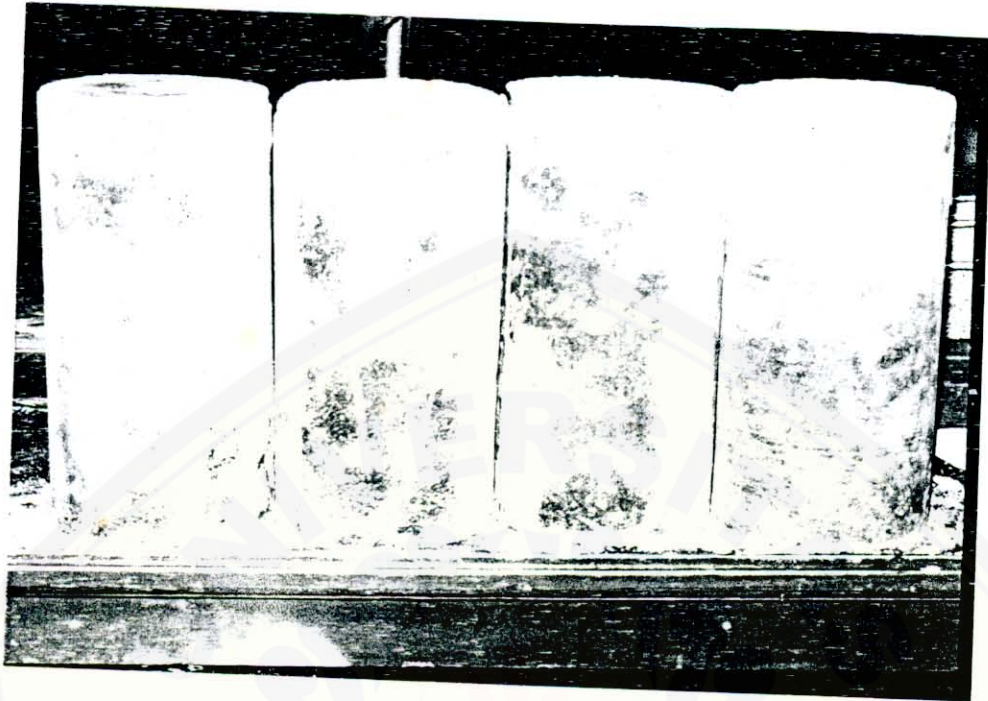


Foto 7. Tanpa Tulangan Transversal dan Tulangan Longitudinal

JEMBER