

PERPUSTAKAAN FTSP UII	
HADIAH/BELI	
TGL. TERIMA :	16 - 04 - 2008
NO. JUDUL :	2788
NO. INV. :	5101002788001
NO. INDUK. :	002788

TUGAS AKHIR

**TINJAUAN TEGANGAN LEKAT BAJA TULANGAN
ULIR DENGAN BERBAGAI VARIASI DIAMETER DAN
PANJANG PENYALURAN DENGAN BAHAN PEREKAT
SIKADUR® 31 CF NORMAL TERHADAP BETON
NORMAL**

"Diajukan Kepada Universitas Islam Indoresia Jogjakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Sipil"



Disusun Oleh :

Riki Emillianto

03 511 072

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2008**

MILIK PERPUSTAKAAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN UII YOGYAKARTA

TUGAS AKHIR

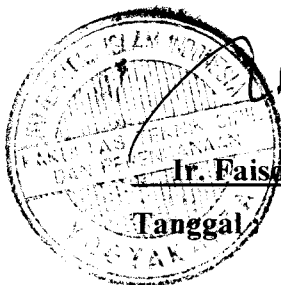
**TINJAUAN TEGANGAN LEKAT BAJA TULANGAN
ULIR DENGAN BERBAGAI VARIASI DIAMETER DAN
PANJANG PENYALURAN DENGAN BAHAN PEREKAT
SIKADUR® 31 CF NORMAL TERHADAP BETON
NORMAL**

”Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Jogjakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Sipil”

Disusun oleh:

Riki Emillianto
03 511 072

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Sipil:

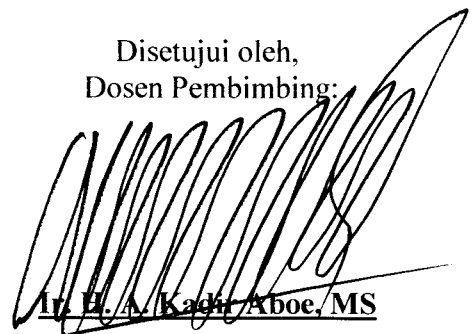


Ir. Faisal A M, MS

Tanggal

Maret 2008

Disetujui oleh,
Dosen Pembimbing:



Ir. H. A. Kadir Aboc, MS

Tanggal : 13 Maret 2008

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

السلام عليكم ورحمة الله وبركاه

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, shalawat beriring salam ditujukan kepada nabi besar Muhammad SAW sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini dengan baik. pertolongan dan petunjuk-Nya merupakan faktor utama dalam keberhasilan.

Tugas akhir ini dilakukan guna melengkapi salah satu syarat untuk mencapai derajat kesarjanaan (SI) di jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

Dalam penyelesaian laporan ini penulis telah banyak mendapat bantuan dan motivasi, untuk itu penyusun ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua yang tercinta dan adik-adikku yang senantiasa memberikan doa, semangat, dukungan baik moril maupun materil, perhatian dan kasih sayang selama ini yang penuh dengan ketulusan hati, kesabaran dalam mendengarkan keluh kesah dan motivasi yang tiada henti telah menjadi kekuatan yang tidak terkalahkan.
2. Bapak Dr. Ir. Ruzardi, MS selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Ir. Faisal, AM, MS, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Ir. A. Kadir Aboe, MT, selaku dosen pembimbing yang penuh kesabaran dan meluangkan waktu untuk membimbing dan memberi banyak dukungan dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini. Terima kasih atas arahan-arahan, bimbingan dan motivasi serta guyonan-

guyonannya. sehingga saya dapat memahami, mengerti, dan belajar tentang banyak hal.

5. Dosen penguji yang telah banyak memberikan saran-saran dalam penulisan tugas akhir ini.
6. Seluruh dosen FTSP-UH yang telah memberikan banyak ilmunya dan semoga dapat penulis jadikan salah satu modal untuk menjalani hidup dimasa depan.
7. Segenap staf dan karyawan Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, pak Ndaru, pak Warno, dan mas Aris yang membimbing penulis dalam melakukan pengujian di laboratorium.
8. Saudara dan sepupu-sepupu. Yeyen, Fadli, Rudy, Bang Veri, Kak Desy, Nita, Riko, yang selalu menanyakan tentang skripsi dan kapan wisuda.
9. Rekan-rekan seperjuangan angkatan 2003: Alam kribo, Fikri jepe, Avin, Mirwan, Aii Fin, serta semua pihak yang tidak bisa saya sebutkan satu-persatu, terima kasih atas kepercayaan dan dukungannya selama empat tahun lebih ini. Teman seperjuangan di kos K5G (kita merasakan hal yang sama). Semoga semuanya dapat menjadi sesuatu yang bermanfaat, AMIEN.

Penulis menyadari bahwa hasil karya penelitian tugas akhir ini masih jauh dari sempurna, sehingga penulis sangat terbuka dalam menerima kritik dan saran dari pembaca. Namun penulis berharap semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat dan dipergunakan sebagai tambahan pustaka serta menjadi sumber ide-ide bagi peneliti yang akan datang. Amin.

Wabillahittaufiq wal hidayah

والسلام عليكم ورحمة الله وبركاه

Yogyakarta, Januari 2008

Penulis

HALAMAN PERSEMBAHAN

Laporan tugas akhir ini penulis persembahkan dengan cinta dan kasih sayang yang teramat dalam kepada belahan jiwa ayahanda Amril dan ibunda Ratnawilis yang pancaran sayangnya terus memunculkan hal-hal yang terbaik dan ide-ide dalam benakku. Tak lupa pula kepada adik-adikku yang telah memberi dukungan dan motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini, atas semua bantuan dan dorongannya tersebut penulis hanya bisa mengucapkan terima kasih semoga pahala dan pengorbannya diterima oleh Allah Subhanahu Wata'ala

Amien...

4.3.11	Mesin Uji Desak Beton	33
4.3.12	Bor Beton	33
4.3.13	<i>Air Compressor</i>	33
4.3.14	Corong.....	34
4.3.15	Mesin Uji Tarik	34
4.3.16	<i>Dial Gauge</i>	35
4.3.17	Alat Bantu Lainnya	35
4.4	Benda Uji	35
4.5	Pelaksanaan Penelitian.....	36
4.5.1	Tahapan Persiapan Bahan	36
4.5.2	Pengujian Agregat Halus.....	36
4.5.3	Pengujian Agregat Kasar.....	38
4.5.4	Tahap Pengujian Baja Tulangan	40
4.6	Perancangan Adukan Beton	41
4.7	Pembuatan Benda Uji.....	51
4.8	Perawatan Benda Uji.....	53
4.9	Pegujian Kuat Tekan	53
4.10	Pengujian Kuat Lekat.....	53
4.11	Analisis Hasil	54
4.11.1	Silinder Beton	54
4.11.2	Baja Tulangan	55
4.11.3	<i>Pull Out Test</i>	56
BAB V	HASIL DAN PEMBAHASAN	59
5.1	Pengujian Kuat Tekan Beton	59
5.2	Pengujian Kuat Tarik Baja Tulangan.....	60
5.3	Hasil Pengujian Kuat Lekat Baja Tulangan dergan Beton Menggunakan Zat Perikat Sikadur 31 CF Normal	61
5.3.1	Kuat lekat baja tulangan polos diameter 12 mm dengan beton menggunakan zat perikat Sikadur® 31 CF Normal.....	61

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Sifat-sifat Semen	10
Tabel 3.2	Persyaratan Gradasi Agregat Halus ASTM C 33-74a.....	13
Tabel 3.3	Persyaratan Gradasi Agregat Kasar ASTM C 33-74a.....	14
Tabel 4.1	Tingkat Pengendalian Pekerjaan	42
Tabel 4.2	Faktor Pengali Deviasi Standard	42
Tabel 4.3	Nilai Kuat Tekan Beton	45
Tabel 4.4	Penetapan Nilai <i>Slump</i>	46
Tabel 4.5	Kebutuhan Air Per Meter Kubik Beton	47
Tabel 4.6	Kebutuhan Semen Minimum	48
Tabel 4.7	Pengelompokkan Benda Uji.....	52
Tabel 4.8	Perhitungan Sesar Beton	56
Tabel 5.1	Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton	59
Tabel 5.2	Hasil Pengujian Kuat Tarik Baja Tulangan Ulir Diameter 10 mm ...	60
Tabel 5.3	Hasil Pengujian Kuat Tarik Baja Tulangan Ulir Diameter 13 mm ...	60
Tabel 5.4	Hasil Pengujian Kuat Tarik Baja Tulangan Ulir Diameter 16 mm ...	61
Tabel 5.5	Hasil Pengujian Kuat Tarik Baja Tulangan Polos Diameter 12 mm	61
Tabel 5.6	Sesar Beton dengan Baja Tulangan Polos Diameter 12 mm, Ld=200 mm.....	62
Tabel 5.7	Tegangan Lekat Kritis Baja Tulangan Polos Diameter 12 mm, Ld=200mm dengan Beton.....	64

ABSTRAKSI

Salah satu persyaratan dalam struktur beton bertulang adalah adanya lekatan antara baja tulangan dan beton, sehingga ketika pada struktur beton tersebut diberikan beban tidak akan terjadi selip antara baja tulangan dan beton. Pada perbaikan struktur dilakukan dengan cara memberikan zat perekat agar baja tulangan dengan beton menjadi suatu masa yang kompak dan memberikan lekatan antara baja tulangan dengan beton.

Tugas Akhir ini merupakan studi eksperimen mengenai tinjauan tegangan lekat baja tulangan ulir dengan variasi diameter baja tulangan D 10, D13, D16 dan variasi panjang penyaluran 100 mm, 150 mm, 200 mm, terhadap beton normal. Pada penelitian ini menggunakan zat perekat Sikadur® 31 CF Normal. Masing-masing benda uji di uji dengan metode "bond pull-out test".

Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh tegangan lekat masing-masing diameter baja tulangan. Dari tegangan lekat tersebut dibutuhkan suatu panjang penyaluran untuk diameter baja tulangan D 10, D13, D16 berturut-turut adalah 109,0964 mm, 114,8780 mm, 140,0964 mm. Panjang penyaluran yang dibutuhkan relatif sama dengan panjang penyaluran baja tulangan dan beton yang di cor bersamaan.

Kata kunci: Tegangan lekat, baja tulangan ulir, zat perekat Sikadur® 31 CF Normal.

Motto

"...Allah pasti akan mengangkat orang-orang yang beriman dan berpengetahuan diantaramu beberapa tingkat lebih tinggi..."
(QS. Al Mujaadilah: 11)

"...Sesungguhnya Allah tidak mengubah keadaan suatu kaum sehingga mereka mengubah keadaan diri mereka sendiri..." (QS. Ar Ra'du: 11)

"Sesungguhnya sholatku, ibadahku, hidupku dan matiku hanyalah untuk Allah, penguasa semesta alam tiada sekutu bagi-Nya, dan demikian itulah yang diperintahkan kepadaku dan aku adalah orang yang pertama-tama menyerahkan diri kepada Allah". (QS. Al An'Am: 162-163)

DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan.....	ii
Kata Pengantar	iii
Lembar Motto.....	v
Lembar Persembahan	vi
Daftar Isi	vii
Daftar Notasi	xi
Daftar Tabel.....	xiii
Daftar Gambar.....	xvi
Daftar Lampiran	xviii
Abstraksi	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.4.1 Manfaat Teoritis	3
1.4.2 Manfaat Praktis.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
BAB III LANDASAN TEORI.....	9
3.1 Pengertian Beton	9
3.2 Material Penyusun Baeton.....	9
3.2.1 Semen <i>Portland</i>	9
3.2.2 Agregat.....	12

3.2.3	Air	14
3.3	Baja Tulangan	15
3.4	Sifat-sifat Beton	17
3.4.1	Sifat-sifat Beton Segar	17
3.4.2	Sifat-sifat Setelah Mengeras	18
3.5	Kuat Tekan Beton	20
3.6	Zat Perekat <i>Epoxy</i>	20
3.7	Tegangan Lekat.....	21
3.8	Panjang Penyaluran.....	25
3.9	Distribusi Tegangan Lekat Pada Pengujian Lolos Tarik.....	28
BAB IV	METODE PENELITIAN	30
4.1	Umum.....	30
4.2	Bahan Penelitian.....	30
4.2.1	Semen.....	30
4.2.2	Agregat.....	30
4.2.3	Air	31
4.2.4	Baja Tulangan	31
4.2.5	Zat <i>Epoxy</i>	31
4.3	Peralatan Penelitian.....	31
4.3.1	Saringan/Ayakan	31
4.3.2	Timbangan.....	32
4.3.3	Mesin Siever	32
4.3.4	Gelas Ukur	32
4.3.5	Mesin Aduk Beton (Rotating Drum Mixer).....	32
4.3.6	Cetok dan Talam Baja	32
4.3.7	Sekop.....	32
4.3.8	Cetakan Benda Uji	33
4.3.9	Mistar dan Kaliper.....	33
4.3.10	Kerucut Abrams	33

5.3.2	Kuat lekat baja tulangan ulir diameter 10 mm dengan beton menggunakan zat perekat Sikadur® 31 CF Normal.....	65
5.3.3	Kuat lekat baja tulangan ulir diameter 13 mm dengan beton menggunakan zat perekat Sikadur® 31 CF Normal.....	70
5.3.4	Kuat lekat baja tulangan ulir diameter 16 mm dengan beton menggunakan zat perekat Sikadur® 31 CF Normal.....	71
5.4	Hubungan Panjang Penyaluran terhadap Tegangan Lekat.....	72
5.5	Ragam Kegagalan.....	75
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		78
6.1	Kesimpulan.....	78
6.2	Saran-saran	79

Daftar Pustaka

Lampiran

Tabel 5.8	Tegangan Lekat Saat Luluh Baja Tulangan Polos Diameter 12 mm, Ld=200mm dengan Beton.....	65
Tabel 5.9	Tegangan Lekat Maksimum Baja Tulangan Polos Diameter 12 mm, Ld=200mm dengan Beton.....	65
Tabel 5.10	Sesar Beton dengan Baja Tulangan Ulir Diameter 10 mm, Ld=100 mm.....	66
Tabel 5.11	Tegangan Lekat Kritis Baja Tulangan Ulir Diameter 10 mm.....	69
Tabel 5.12	Tegangan Lekat Saat Luluh Baja Tulangan Ulir Diameter 10 mm...	69
Tabel 5.13	Tegangan Lekat Maksimum Baja Tulangan Ulir Diameter 10 mm..	69
Tabel 5.14	Tegangan Lekat Kritis Baja Tulangan Ulir Diameter 13 mm.....	70
Tabel 5.15	Tegangan Lekat Saat Luluh Baja Tulangan Ulir Diameter 13 mm...	70
Tabel 5.16	Tegangan Lekat Maksimum Baja Tulangan Ulir Diameter 13 mm..	70
Tabel 5.17	Tegangan Lekat Kritis Baja Tulangan Ulir Diameter 16 mm.....	71
Tabel 5.18	Tegangan Lekat Saat Luluh Baja Tulangan Ulir Diameter 16 mm...	71
Tabel 5.19	Tegangan Lekat Maksimum Baja Tulangan Ulir Diameter 16 mm..	71
Tabel 5.20	Tegangan Lekat Per Satu Sentimeter Baja Tulangan Ulir Diameter 10 mm.....	72
Tabel 5.21	Tegangan Lekat Per Satu Sentimeter Baja Tulangan Ulir Diameter 13 mm.....	73
Tabel 5.22	Tegangan Lekat Per Satu Sentimeter Baja Tulangan Ulir Diameter 16 mm.....	73

DAFTAR NOTASI

A_b	: Luas tampang tulangan baja
A	: Luas tampang beton silinder
a	: Jarak antar puncak ulir dengn tulangan
b	: Lebar puncak ulir
c	: Jarak antar ulir
d	: Diameter tulangan
d_b	: Diameter nominal
d'_b	: Diameter dalam
d''_b	: Diameter luar
f_b	: Tegangan lekat/ kuat lekat permukaan
E	: Modulus elastisitas baja tulangan
ε	: Regangan
f_a	: Faktor air semen
f'_c	: Kuat tekan beton
f'_{cr}	: Kuat tekan beton rata-rata
f_y	: Tegangan leleh baja tulangan
L_o	: Panjang penjepitan
L_d	: Panjang penyaluran
P	: Beban pada benda uji
P_{leleh}	: Gaya tarik leleh baja
P_{maks}	: Gaya tarik leleh baja maksimum
SK SNI	: Surat Keputusan Standar Nasional Indonesia
Δ	: Perpanjangan total baja dan beton
Δ_s	: Perpanjangan baja
Δ_c	: Sesar
v_a	: Tegangan lekat/kuat lekat disepanjang permukaan baja
v_c	: Tegangan lekat/kuat lekat baja tulangan ulir dan beton
ΔT	: Beban cabut uji <i>pull-out</i>

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Simbol Rumus Kelompok Kimia Epoxy. (ACI, 1973).....	8
Gambar 3.1	Diagram Tegangan Regangan Hasil Uji Tarik Baja Tulangan	16
Gambar 3.2	Tegangan Pada Baja Tulangan Ulir	23
Gambar 3.3	Mekanisme Kerusakan Antara Baja Tulangan Ulir dan Beton.....	24
Gambar 3.4	Panjang Penyaluran Baja Tulangan	25
Gambar 3.5	Sesar Antara Baja tulangan dan Beton.....	28
Gambar 3.6	Rambatan Sesar dan Tegangan Lekat Pada Pengujian Pull-out	29
Gambar 4.1	Universal Testing Machine Shimatzu UMH 30.....	34
Gambar 4.2	Grafik Faktor Air Semen.....	44
Gambar 4.3	Grafik Mencari Faktor Air Semen	45
Gambar 4.4	Grafik Persentase Agregat Halus Terhadap Agregat Keseluruhan Untuk Ukuran Butir Maksimal 20 mm	49
Gambar 4.5	Grafik Hubungan Kandungan Air, Berat Jenis Agregat Campuran, dan Berat Beton.....	50
Gambar 4.6	Sketsa Pengujian Pull Out.....	54
Gambar 4.7	Sesar Antara Baja Tulangan dan Beton	55
Gambar 4.8	Kurva Antara Pembebanan dan Sesar Beton.....	57
Gambar 4.9	Diagram Alir Tahap Penelitian	58
Gambar 5.1	Kurva Beban-Sesar Beton (Baja Tulangan Polos Diameter 12 mm, Ld = 200 mm)	63

Gambar 5.2	Kurva Beban-Sesar Beton Kritis (Baja Tulangan Polos Diameter 12 mm, $L_d = 200$ mm)	64
Gambar 5.3	Kurva Beban-Sesar Beton (Baja Tulangan Ulir Diameter 10 mm, $L_d = 100$ mm)	67
Gambar 5.4	Kurva Beban-Sesar Beton Kritis (Baja Tulangan Ulir Diameter 10 mm, $L_d = 100$ mm)	68

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Hasil Pemeriksaan Agregat.
Lampiran 2	Hasil Analisa Saringan dan Kurva Gradasi.
Lampiran 3	Perancangan Adukan Beton.
Lampiran 4	Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton.
Lampiran 5	Hasil Pengujian Kuat Tarik Baja Tulangan.
Lampiran 6	Hasil Pengujian <i>Pull-Out</i> Baja Tulangan Ulir.
Lampiran 7	Hasil Pengujian <i>Pull-Out</i> Baja Tulangan Polos.
Lampiran 8	Dokumentasi.
Lampiran 9	Brochure Sikadur [®] 31 CF Normal.
Lampiran 10	Kartu Peserta Tugas Akhir

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beton adalah salah satu bahan konstruksi yang sangat populer digunakan hingga saat ini, baik pada bangunan yang bersifat struktural maupun pada bangunan yang non struktural. Sebagai bahan bangunan beton mempunyai berbagai kelebihan. Kelebihan tersebut antara lain bahan bakunya relatif mudah untuk didapat, mempunyai kuat tekan yang tinggi, tidak memerlukan perawatan menerus setelah beton mengeras, dapat di bentuk sesuai dengan keinginan, tahan terhadap perubahan cuaca, tahan terhadap kebakaran, beton segar juga dapat digunakan untuk memperbaiki permukaan beton lama yang retak dengan cara disemprotkan. Disamping kelebihan tersebut beton juga mempunyai kekurangan terutama karena sifatnya yang getas dan tidak mampu menahan tarik. Ketidakmampuan beton menerima tegangan tarik dapat diatasi dengan cara menambahkan baja tulangan, sehingga tersusun pembagian tugas, dimana batang tulangan menerima gaya tarik, sedangkan beton hanya diperhitungkan untuk menahan gaya desak. Kombinasi beton dengan baja tulangan disebut sebagai beton bertulang.

Salah satu persyaratan dalam struktur beton bertulang adalah adanya lekatan antara baja tulangan dan beton, sehingga ketika pada struktur beton tersebut diberikan beban tidak akan terjadi selip antara baja tulangan dan beton. Diameter dan panjang penyaluran tulangan sangat berpengaruh pada kelekatan beton dan tulangan. Keruntuhan suatu struktur dapat disebabkan salah satunya karena kurangnya lekatan antar tulangan dengan beton. Untuk itu perlu diperhatikan kuat lekat antara beton dan baja tulangan agar diperoleh keseimbangan gaya antara baja tulangan dan beton. Tegangan lekat pada beton bertulang yang besarnya dapat dihitung berdasarkan gaya persatuan luas nominal baja tulangan yang diselimuti oleh beton.

Banyaknya struktur bangunan dari beton bertulang banyak menimbulkan masalah tersendiri apabila terjadi hal-hal di luar perencanaan awal, misalnya perubahan fungsi bangunan. Apabila struktur bangunan yang mengalami perubahan fungsi bangunan tersebut diinginkan tetap dapat digunakan tanpa adanya pembongkaran, maka salah satu jalan penyelesaiannya adalah dengan melakukan perkuatan terhadap struktur bangunan tersebut. Salah satu caranya adalah dengan penambahan tulangan atau dimensi elemen struktur tersebut. Penambahan tulangan tersebut dapat dilakukan dengan penanaman baja tulangan pada beton. Ini dilakukan dengan cara melubangi beton kemudian memasukkan tulangan ke dalamnya dan penambahan zat perekat agar terjadi kelekatan antara tulangan dengan beton.

Pada bangunan gedung, dinding disyaratkan harus memiliki tautan/ikatan antara dinding dengan kolom-kolom. Ini dimaksudkan agar dinding tidak berdiri sendiri, sehingga ketika terkena gempa dinding tidak lepas dari kolomnya. Pengikatan antara dinding dengan kolom tersebut dilakukan dengan cara memberikan stek-stek tulangan yang keluar pada sisi kolom yang akan dipasang dinding. Pembuatan stek-stek tulangan ini dilakukan sebelum kolom dicor dan menjadi keras. Keterlupa-an atau kesengajaan untuk tidak membuat stek-stek tulangan pada saat penulangan kolom, maka diharuskan membuat stek-stek tulangan pada kolom setelah kolom dicor dan menjadi keras. Ini dilakukan dengan cara mengebor dinding kolom dan memasukkan tulangan ke dalamnya dengan penambahan bahan perekat.

Baja tulangan terdiri dari dua macam bentuk permukaannya yaitu baja tulangan polos dan baja tulangan ulir (*deformed*) yang digunakan untuk konstruksi bangunan. Baja tulangan ulir (*deformed*) mempunyai kuat lekat lebih baik dari pada baja tulangan polos, karena baja tulangan ulir memiliki bentuk permukaan yang tidak rata (adanya tonjolan) terhadap beton yang berfungsi sebagai penahan selip antar baja tulangan dengan beton.

Penelitian ini mencoba untuk mencari kekuatan lekat antara baja tulangan ulir (*deformed*) dengan cara melubangi beton dan menambahkan zat *epoxy* sebagai bahan perekatnya.

1.2 Rumusan Masalah

Kuat lekat antara baja tulangan dengan beton dipengaruhi oleh diameter dan panjang penyaluran tulangan. Hal yang akan menjadi kajian penelitian ini yaitu seberapa jauh pengaruh diameter tulangan ulir (*deformed*) dan panjang penyaluran dengan penambahan zat perekat *Epoxy* tersebut terhadap kuat lekat dengan beton normal.

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui perilaku kelekatan tulangan baja ulir (*deformed*) dan beton normal dengan penambahan zat perekat *Epoxy* yang berhubungan dengan beban hingga baja mencapai luluh.
2. Mengetahui pengaruh panjang penyaluran baja tulangan ulir (*deformed*) terhadap kuat lekat dengan penambahan zat perekat *Epoxy*.
3. Mengetahui pengaruh diameter baja tulangan ulir (*deformed*) terhadap kuat lekat dengan penambahan zat perekat *Epoxy*.
4. Mengetahui pola kegagalan lekatan yang terjadi yaitu kegagalan antara beton dengan zat perekat *Epoxy* atau zat perekat *Epoxy* dengan tulangan.

1.4 Manfaat Penelitian

1.4.1 Manfaat teoritis

1. Memberikan kontribusi bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi khususnya teknologi beton bertulang.
2. Menambah pengetahuan tentang beton bertulang dalam struktur.
3. Hasil penelitian dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam perencanaan struktur beton bertulang agar lebih aman ekonomis dan efisien.

1.4.2 Manfaat Praktis

Diperoleh informasi atau masukkan tentang kuat lekat antara beton dan baja tulangan ulir (*deformed*) penambahan bahan perekat *epoxy* dengan berbagai variasi panjang penyaluran dan diameter tulangan.

1.5 Batasan Masalah

Agar penelitian ini tidak terlalu luas dan lebih terarah, maka diadakan batasan-batasan permasalahan sebagai berikut:

1. Beton yang digunakan adalah beton normal dengan kuat tekan beton (f'_c) = 25 MPa.
2. Besarnya nilai *slump* yang direncanakan \pm 10 cm.
3. *Portland Cement* yang dipergunakan adalah semen serbaguna (jenis I) dengan merk Holcim kemasan 50 Kg.
4. Agregat halus (pasir) yang berasal dari Kali Boyong Merapi, Kaliurang, untuk agregat yang lolos saringan 5 mm sebagai agregat halus (pasir), sedangkan agregat yang tertahan saringan 5 mm dianggap sebagai agregat kasar (kerikil). Agregat yang digunakan dalam penelitian ini dalam keadaan jenuh kering permukaan (*saturated surface dry*)
5. Air yang dipergunakan berasal dari laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia.
6. Menggunakan baja tulangan ulir (*deformed*) dengan diameter 10 mm, 13 mm, 16 mm.
7. Menggunakan baja tulangan polos dengan diameter 12 mm sebagai perbandingan.
8. Panjang penyaluran tulangan sebesar 100 mm, 150 mm, 200 mm.
9. Ukuran lubang pada beton lebih besar 4 mm dari diameter tulangan yang akan dimasukkan ke dalam lubang agar zat perekat *Epoxy* dapat di masukkan pada sekeliling lubang yang telah di masukkan tulangan.

10. Zat perekat *epoxy* yang digunakan adalah merk Sikadur[®] 31 CF Normal produksi PT Sika Indonesia.
11. Pengujian tegangan lekat dilakukan setelah 3 hari pemberian zat *epoxy* Sikadur 31 CF Normal.
12. Pengujian tegangan lekat menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM)
13. Jumlah benda uji sebanyak 33 buah untuk pengujian tegangan lekat, masing-masing sampel dibuat 3 buah benda uji, untuk pengujian kuat desak beton sebanyak 3 buah benda uji.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Beton dicapat dari pencampuran bahan-bahan agregat halus dan kasar yaitu pasir, batu, batu pecah, atau bahan lainnya, dengan menambahkan secukupnya bahan perekat semen, dan air sebagai bahan pembantu guna keperluan reaksi kimia selama proses pengerasan dan perawatan beton berlangsung (Istimawan Dipohusodo, 1994).

Beton normal adalah beton yang mempunyai berat satuan 2200 Kg/m^3 sampai 2500 Kg/m^3 dan dibuat menggunakan agregat alam yang dipecah maupun tidak dipecah (SK SNI-03-2847-2002).

Dalam perencanaan struktur lekatan batang baja tulangan dengan beton yang mengelilinginya dianggap berlangsung sempurna tanpa terjadi penggelinciran. Berdasarkan atas anggapan tersebut dan juga sebagai akibat lebih lanjut, pada waktu komponen struktur beton bertulang bekerja menahan beban akan timbul tegangan lekat yang berupa *shear interlock* pada permukaan singgung antara batang tulangan dengan beton (Istimawan Dipohusodo, 1994). Dengan demikian maka upaya untuk tercapainya lekatan yang kuat adalah dengan memperhitungkan panjang penyaluran, diameter tulangan, dan bentuk permukaan tulangan yang digunakan.

Lekatan tulangan terhadap beton terjadi karena beberapa faktor, termasuk adhesi kimiawi antara dua material, friksi karena kekasaran alami tulangan, dan pengaruh dari ulir berjarak rapat pada permukaan tulangan terhadap beton (Jack C. McCormac, 2003).

Baja tulangan ulir lebih diutamakan pemakaiannya sebagai batang tulangan beton struktur. Salah satu tujuan dari ketentuan ini adalah agar struktur beton bertulang tersebut memiliki keandalan terhadap efek gempa, karena antara lain, terdapat lekatan yang lebih baik antara beton dengan tulangannya (L. Wahyudi dan Syahril A. Rahim, 1997).

Kekuatan lekatan merupakan hasil dari beberapa parameter, yang antara lain adhesi antara beton dengan permukaan tulangan baja (Edward G. Nawy, 1990). Kerjasama antara baja tulangan dengan beton dapat terwujud dengan adanya lekatan sempurna antara tulangan baja dengan beton keras yang menyelimuti tulangan baja. Tegangan lekat yang relatif rendah pada tulangan polos akan timbul selip yang cukup menghilangkan adhesi pada lokasi yang berdekatan langsung dengan letak dalam beton, sehingga pergeseran relatif antara tulangan dan beton sekelilingnya hanya ditahan oleh gesekan sepanjang daerah selip. Batang tulangan ulir (*deformed*) dipasang untuk merubah perilaku yang mengandalkan luas permukaan atas gesekan dan adhesi (sekalipun masih ada) dan lebih mengandalkan ketahanan dari tonjolannya terhadap beton.

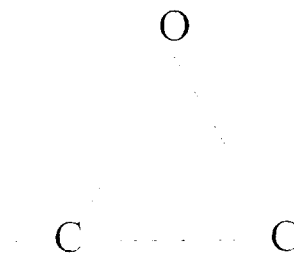
Agar beton bertulang dapat berfungsi dengan baik sebagai bahan komposit dimana batang baja tulangan saling bekerja sama sepenuhnya dengan beton, maka perlu diusahakan supaya terjadi penyaluran gaya yang baik dari suatu bahan ke bahan yang lain. Untuk menjamin hal ini diperlukan adanya lekatan yang baik antara beton dengan penulangan, dan tersedianya penutup beton yang cukup tebal. Agar baja tulangan dapat menyalurkan gaya sepenuhnya melalui ikatan, baja harus tertanam di dalam beton hingga suatu kedalaman tertentu yang dinyatakan dengan panjang penyaluran (Vis dan Gineon, 1993:66).

Panjang penyaluran didefinisikan sebagai panjang minimum dari tulangan terbenam yang diperlukan sehingga tulangan dapat diberikan tegangan mencapai titik leleh (Jack C. McCormac, 2003).

Panjang penyaluran merupakan fungsi dari f_y , diameter, dan tegangan lekat. Panjang penyaluran menentukan tahanan terhadap tergelincirnya tulangan (Istimawan Dipohusodo, 1994).

Menurut Kusuma (1997) agar batang dapat menyalurkan gaya sepenuhnya melalui ikatan, baja harus tertanam di dalam beton hingga suatu kedalaman tertentu yang dinyatakan dengan panjang penyaluran.

Kata "Epoxy" berasal dari bahasa Yunani. Kata "Epi" berarti "berada pada bagian sisi luar dari" digabungkan dengan kata "Oxygen" yang diambil dari struktur molekul atom oksigen. Singkatnya kata ini merupakan penjelasan dalam bahasa Yunani untuk simbol rumus kimia kelompok-kelompok Epoxy seperti pada gambar 2.1. Epoxy diproduksi dan digunakan sebagai bahan campuran semen pertama kali pada sekitar tahun 1940 dengan penggunaan terbatas dan baru pada awal tahun 1950-an diproduksi untuk dikomersilkan (ACI, 1973). Kekuatan lekat yang tinggi pada bahan perekat Epoxy memberikan kesan bahwa Epoxy dapat digunakan sebagai perekat antara baja tulangan dengan beton.



Gambar 2.1 Simbol rumus kelompok kimia Epoxy. (ACI, 1973)

Menurut Dorel Feldmend dan Anton J. Hartomo (1995), industri teknik sipil dan konstruksi makin banyak menggunakan perekat Epoxy karena:

1. Kuat ikatan lebih besar dari pada kuat kohesif beton konstruksi penahan beban.
2. Laju terbentuknya kekuatan lebih cepat dari pada beton.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Pengertian Beton

Beton dihasilkan dari sekumpulan interaksi mekanis dan kimiawi sejumlah material pembentuknya. Material pembentuk tersebut berupa agregat halus dan agregat kasar yaitu pasir, batu, batu pecah atau bahan semacam lainnya, dengan menambahkan secukupnya bahan perekat semen Portland, dan air sebagai bahan pembantu guna keperluan reaksi kimia selama proses pengerasan dan perawatan beton berlangsung.

Nilai kuat tekan beton relatif lebih tinggi dibandingkan dengan kuat tariknya, dan beton merupakan bahan yang bersifat getas. Kuat tarik yang dimiliki beton hanya berkisar antara 9-15% dari kuat tekannya (*Dipohusodo, 1994*) karenanya sering kali dalam perencanaan kuat tarik beton dianggap sama dengan nol. Dengan menambahkan baja tulangan pada daerah tarik pada beton, maka kelemahan tarik beton dapat di tanggung oleh baja tulangan yang memiliki kuat tarik yang lebih besar.

Kuat tekan beton diwakili oleh tegangan tekan maksimum f'_c dengan satuan N/mm^2 atau Mpa (*Mega Pascal*). Kuat tekan beton berumur 28 hari berkisar antara \pm 10-65 Mpa. Untuk struktur beton bertulang umumnya menggunakan beton dengan kuat tekan berkisar 17-30 Mpa, sedangkan untuk beton prategang digunakan beton dengan kuat tekan yang lebih tinggi, berkisar antara 30-45 Mpa. Untuk keadaan dan keperluan struktur khusus, beton ready mix sanggup mencapai kuat tekan 62 Mpa.

3.2 Material Penyusun Beton

3.2.1 Semen *Portland*

Semen Portland terutama mengandung kalsium, dan alumina silica dibuat dari bahan utama *limestone* yang mengandung kalsium oksida (CaO), dan lempung yang

mengandung silica dioksida (SiO_2) serta aluminium oksida (Al_2O_3). Setelah melalui suatu proses industri, semen dipasarkan dalam bentuk bubuk dan dikemas dalam kantong.

Semen berfungsi sebagai bahan perekat untuk menyatukan bahan agregat kasar dan agregat halus menjadi satu massa yang kompak dan padat dengan proses hidrasi. Semen akan berfungsi sebagai perekat apabila diberi air, sehingga semen tergolong bahan pengikat hidrolis.

Kekuatan semen merupakan hasil dari proses hidrasi. Proses kimiawi ini berupa rekristalisasi dalam bentuk *interlocking-crystals* sehingga membentuk gel semen yang akan mempunyai kekuatan tekan tinggi apabila mengeras. Table 3.1 memperlihatkan kontribusi relatif masing-masing komponen semen dalam mencapai kekuatannya. Kekuatan awal semen *portland* semakin tinggi apabila semakin banyak persentase C_3S . Jika perawatan kelembaban terus berlangsung, kekuatan akhirnya akan lebih besar apabila persentase C_2S semakin besar. C_3A mempunyai kontribusi terhadap kekuatan selama beberapa hari sesudah pengecoran beton karena bahan ini yang terdahulu mengalami hidrasi.

Tabel 3.1 Sifat-sifat semen

Komponen	Kelajuan reaksi	Pelepasan panas	Besar penyemenan batas
Trikalsium silikat C_3S	Sedang	Sedang	Baik
Dikalsium silikat C_2S	Lambat	Kecil	Baik
Trikalsium aluminat C_3A	Cepat	Besar	Buruk
Tetrakalsium aluminoferrat C_4AF	Lambat	Kecil	Buruk

Sumber : Beton Bertulang, Edward G. Nawy (1990)

Jika semen *portland* dicampur dengan air, maka komponen kapur dilepaskan dari senyawanya. Banyaknya kapur yang dilepaskan ini sekitar 20% dari berat semen. Kondisi terburuknya ialah mungkin terjadi pemisahan struktur yang disebabkan oleh lepasnya kapur dari semen. Situasi ini harus dicegah dengan menambahkan pada semen suatu mineral silica seperti pozolan. Mineral yang ditambahkan bereaksi dengan kapur bila ada uap membentuk bahan yang kuat, yaitu kalsium silikat.

Zat kapur adalah proporsi terbesar dalam pembentukan semen sehingga berperan menentukan sifat semen. Kelebihan zat kapur berdampak kurang baik untuk semen, serta menyebabkan disintegrasi (perpecahan) semen setelah timbul ikatan. Kadar kapur yang tinggi tapi tidak berlebihan cenderung memperlambat perkerasan tetapi menghasilkan kekuatan awal yang tinggi. Kekurangan kapur menghasilkan semen yang lemah dan bilamana kurang sempurna pembakarannya, menyebabkan ikatan yang cepat.

Karena berbagai jenis semen menghasilkan panas yang berbeda-beda, juga dengan kelajuan pelepasan panas yang berbeda, maka sangat perlu diketahui untuk struktur apakah semen tersebut digunakan. Semakin besar dan berat penampang struktur beton, semakin sedikit panas hidrasi yang diinginkan.

Adapun jenis-jenis semen *portland* adalah sebagai berikut:

1. Semen jenis I : Semen *portland* untuk penggunaan umum untuk semua tujuan.
2. Semen jenis II : Relatif sedikit pelepasan panas; digunakan untuk struktur besar.
3. Semen jenis III : Mencapai kekuatan tinggi pada umur 3 hari.
4. Semen jenis IV : Dipakai pada bendungan beton, karena mempunyai sifat panas hidrasi rendah.
5. Semen jenis V : Dipakai untuk beton-beton yang akan ditempatkan di lingkungan dengan konsentrasi sulfat yang tinggi.

3.2.2 Agregat

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton. Pada beton biasanya terdapat sekitar 60%-80% volume agregat. Agregat ini harus beradasi sedemikian rupa sehingga seluruh massa beton dapat berfungsi sebagai benda yang utuh, homogen, dan rapat, dimana agregat yang berukuran kecil berfungsi sebagai pengisi celah yang ada diantara agregat yang berukuran besar. Bentuk, tekstur, dan gradasi agregat mempengaruhi sifat pengikatan dan pengerasan beton segar. Untuk mencapai kuat beton baik perlu diperhatikan kepadatan dan kekerasan massanya, karena umumnya semakin padat dan keras massa agregat akan semakin tinggi kekuatan dan *durability*-nya (daya tahan terhadap penurunan mutu akibat pengaruh cuaca). Sedangkan sifat fisik, kimia, dan mineral mempengaruhi kekuatan, kekerasan dan ketahanan dari beton, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian yang penting dalam pembuatan beton.

Maksud penggunaan agregat di dalam campuran beton ialah:

1. Menghemat penggunaan semen *portland*.
2. Menghasilkan beton dengan kekuatan besar.
3. Mengurangi penyusutan pada pengerasan beton.
4. Dengan gradasi agregat yang baik dapat tercapai beton padat.
5. Sifat mudah dikerjakan (*wokabilitas*) dapat diperiksa pada adukan beton dengan gradasi yang baik.

Karena agregat merupakan bahan yang terbanyak di dalam beton, maka semakin banyak persentase agregat dalam campuran akan semakin murah harga beton, dengan syarat campurannya masih cukup mudah dikerjakan untuk elemen struktur yang memakai beton tersebut (Edward G. Nawy, 1990). Sifat yang terpenting dari agregat adalah kekuatan hancur dan ketahanan terhadap benturan, yang mempunyai pengaruh terhadap ikatan dengan pasta semen, porositas, dan karakteristik penyerapan air yang mempengaruhi daya tahan terhadap proses pembekuan pada musim dingin, dan ketahanan terhadap penyusutan. Berdasarkan

ukuran butiran, agregat dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu agregat halus dan agregat kasar.

a. Agregat Halus

Merupakan agregat isi yang berupa pasir alam hasil disintegrasi alami dari batu-batuan (*natural sand*) atau berupa pasir buatan yang dihasilkan dari alat-alat pemecah batuan (*artificial sand*) dengan ukuran kecil (0,15-5 mm). Agregat halus yang baik harus bebas bahan organik, lempung, partikel yang lebih kecil dari saringan No. 200, atau bahan-bahan lain yang dapat merusak beton.

Persyaratan gradasi agregat halus dapat dilihat dalam tabel 3.2 berikut ini:

Tabel 3.2 Persyaratan gradasi agregat halus ASTM C 33-74a

Ukuran saringan (mm)	Persentase lolos (%)
9,50	100
4,75	95-100
2,36	80-100
1,18	55-85
0,60	25-60
0,30	10-30
0,15	2-10

Sumber : Bahan dan Praktek Beton, Murdock & Brook (1979)

b. Agregat Kasar

Agregat kasar didefinisikan sebagai butiran yang tertahan saringan 4,75 mm (No.4 standart / SMI). Agregat kasar mempengaruhi kekuatan akhir beton keras dan daya tahannya terhadap disintegrasi beton, cuaca, dan efek-efek perusak lainnya. Agregat kasar harus bersih dari bahan-bahan organik dan harus mempunyai ikatan yang baik dengan gel semen. Agregat kasar sebagai bahan campuran untuk membentuk beton dapat berupa kerikil atau batu pecah.

Persyaratan gradasi untuk agregat kasar dapat dilihat pada tabel 3.3 berikut ini:

Tabel 3.3 Persyaratan gradasi agregat kasar ASTM C 33-74a

Ukuran saringan (mm)	Persentase lolos (%)
25	95-100
19	-
12,5	25-60
9,5	-
4,75	0-10
2,36	0-5

Sumber : Bahan dan Praktek Beton Murdock & Brook (1979)

3.2.3 Air

Air diperlukan pada pembuatan beton agar terjadi reaksi kimia dengan semen untuk membasahi agregat dan untuk melumas campuran agar mudah pengerjaannya, umumnya air minum dapat dipakai untuk campuran beton (Nawy, 1990).

Di dalam campuran beton, air mempunyai dua fungsi, yang pertama, untuk memungkinkan reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan, dan kedua, sebagai pelincir campuran kerikil, pasir dan semen agar memudahkan percetakan.

Proporsi air yang sedikit akan memberikan kekutan yang tinggi pada beton, tetapi lemasan beton atau daya kerjanya akan berkurang yang di akibatkan karena proses hidrasi tidak seluruhnya selesai. Sedangkan proporsi air yang berlebihan akan memberikan kemudahan pada waktu pelaksanaan pencampuran, tetapi kekuatan hancur beton menjadi rendah dikarenakan banyaknya gelembung air yang terbentuk. Proporsi air ini dinyatakan dalam rasio air-semen, yaitu angka yang menyatakan perbandingan antar berat air dibagi dengan berat semen dalam adukan beton tersebut, pada umumnya dipakai 0,4-0,6 tergantung mutu beton yang hendak dicapai. Beton

yang paling padat dan kuat diperoleh dengan menggunakan jumlah air yang minimal konsisten dan derajat workabilitas yang maksimal.

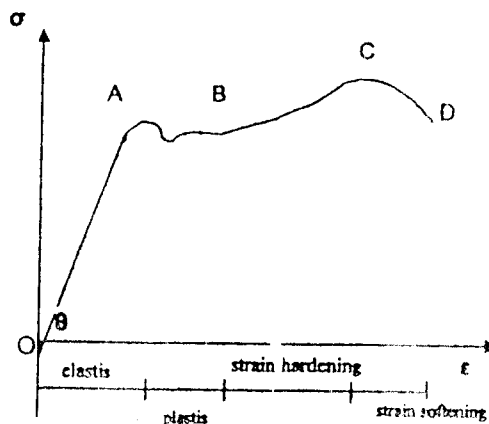
Air yang digunakan harus memenuhi persyaratan kualitas air sebagai berikut (Kardiyono, 1992):

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

3.3 Baja Tulangan

Mengingat beton kuat menahan tekan dan lemah dalam menahan tarik, maka dalam penggunaannya sebagai komponen struktur bangunan, umumnya beton diperkuat dengan tulangan yang mampu menahan gaya tarik. Untuk keperluan penulangan tersebut digunakan bahan baja yang memiliki sifat teknis menguntungkan, dan baja tulangan yang digunakan dapat berupa batang baja lonjoran ataupun kawat rangkaian las (*wire mesh*) yang berupa batang kawat baja yang dirangkai dengan teknik pengelasan.

Di dalam setiap struktur beton bertulang, harus diusahakan supaya tulangan baja dan beton dapat mengalami deformasi secara bersamaan, dengan maksud agar tidak terjadi penggelinciran diantara keduanya. Ada dua jenis baja tulangan yaitu, baja tulangan polos dan baja tulangan ulir (*deformed*). Baja tulangan ulir berfungsi untuk menambah lekatan antara beton dengan baja. Baja tulangan ulir yaitu batang tulangan baja yang permukaannya dikasarkan secara khusus, diberi sirip teratur dengan pola tertentu atau batang tulangan yang dipilin pada proses produksinya.



Gambar 3.1 Diagram tegangan regangan hasil uji tarik (Paulay, 1975)

Garis O-A menunjukkan fase elastis, pada fase ini hubungan antara tegangan dan regangan adalah berbanding lurus (linier). Titik A disebut batas proporsional, tegangan di titik A disebut tegangan proporsional yang nilainya sangat dekat dengan tegangan leleh (f_y). Gradien kemiringan yang dibentuk oleh garis O-A menunjukkan modulus elastisitas (E) yang dikenal juga sebagai *young modulus*. Garis A-B menunjukkan keadaan plastis yang merupakan garis yang relatif lurus mendatar, dimana tegangan yang terjadi relatif konstan sedangkan regangannya terus bertambah. Setelah melampaui titik B tegangan dan regangan meningkat kembali dan mencapai tegangan maksimum di titik C. Pada titik C disebut tegangan ultimit (kuat tarik baja) dengan nilai tegangan berbeda tergantung mutu bajanya. Fase B-C disebut pergeseran regangan (*strain hardening*). Setelah melampaui titik C, penampang baja mengalami penyempitan (*necking*) yang mengakibatkan tegangan menurun dan akhirnya baja putus di D dengan nilai regangan yang berbeda tergantung mutu bajanya. Fase C-D disebut pelunakan regangan (*strain softening*).

3.4 Sifat-sifat Beton

3.4.1 Sifat-sifat Beton Segar

a. Mudah dikerjakan (*wokability*)

Tingkat kemudahan adukan beton ditunjukkan pada saat beton diaduk, diangkut, dituang, dan dipadatkan tanpa mengurangi homogenitas beton, dan beton tidak terurai (*bleeding*) yang berlebihan untuk mencapai kekuatan yang direncanakan. Unsur-unsur yang mempengaruhi sifat kemudahan dikerjakan antara lain:

1. Penambahan semen ke dalam campuran juga memudahkan cara pengerjaan adukan beton, karena diikuti dengan bertambahnya air campuran untuk memperoleh nilai fas yang tetap.
2. Pemakaian butir-butir batuan yang bulat mempermudah cara pengerjaan beton.
3. Jumlah air yang dipakai dalam campuran beton. Makin banyak air yang dipakai makin mudah beton segar dikerjakan.
4. Gradasi campuran pasir dan kerikil. Apabila mengikuti gradasi campuran yang telah disarankan oleh peraturan, maka adukan beton akan mudah dikerjakan.
5. Cara pemadatan adukan beton. Bila dilakukan dengan alat getar, maka diperlukan tingkat kelecakan (*keenceran*) yang berbeda.

Yang sangat mempengaruhi kemudahan beton untuk dikerjakan adalah banyaknya air yang terkandung dalam campuran. Tingkat kemudahan pengerjaan berkaitan erat dengan tingkat kelecakan (*keenceran*) adukan beton. Untuk mengetahui tingkat kelecakan, adukan beton biasanya dilakukan dengan percobaan *slump*. Makin besar nilai *slump* berarti adukan beton semakin encer dan ini berarti semakin mudah dikerjakan, tetapi keenceran yang berlebihan akan mengurangi mutu beton karena banyaknya rongga-rongga udara yang terjadi sehingga beton menjadi *porous*. Pada umumnya nilai *slump* berkisar antara 5 – 12.5 cm.

b. Pemisahan Kerikil (*segregation*)

Segregation adalah terpisahnya agregat kasar dari campuran adukan beton, yang disebabkan oleh kelebihan air pada Campuran beton. Dimana terjadi pengendapan partikel yang berat ke dasar beton segar dan partikel-partikel yang lebih ringan akan menuju ke permukaan beton segar. Hal-hal tersebut akan mengakibatkan beberapa keadaan pada beton yaitu terdapat rongga-rongga udara, beton menjadi tidak homogen dan permeabilitas serta keawetan berkurang.

c. Pemisahan Air (*bleeding*)

Kecenderungan campuran untuk naik ke atas (memisahkan diri) pada beton segar yang baru saja dipadatkan disebut *bleeding*. Hal ini disebabkan ketidakmampuan bahan solid dalam campuran untuk menahan seluruh air campuran ketika bahan itu bergerak ke bawah.

Air naik ke atas sambil membawa semen dan butir-butir halus pasir, yang pada akhirnya setelah beton mengeras akan tampak sebagai selaput. Lapisan ini dikenal sebagai *laitance*. *Bleeding* biasanya terjadi pada campuran beton basah (kelebihan air) atau campuran adukan beton dengan nilai *slump* tinggi.

3.4.2 Sifat-sifat Beton Setelah Mengeras

Sifat mekanis beton keras dapat diklarifikasikan sebagai sifat jangka pendek atau sesaat dan sifat jangka panjang. Sifat jangka pendek adalah kekuatan tekan, tarik, geser, dan kekakuan yang diukur dengan modulus elastinya. Sedangkan sifat jangka panjang dapat diklarifikasikan dalam rangkai dan susut.

a. Kekuatan (*strength*)

Kekuatan beton meliputi kekuatan tekan, kekuatan tarik dan kekuatan geser. Yang mempengaruhi kuat tekan beton adalah faktor air semen (*fas*). semakin kecil *fas* semakin tinggi kuat tekan beton. Kekuatan beton semakin meningkat dengan bertambahnya umur.

b. Ketahanan

Beton dikatakan mempunyai ketahanan yang baik apabila bertahan lama dalam kondisi tertentu tanpa mengalami kerusakan selama bertahun-tahun. Kondisi yang dapat mengurangi daya tahan beton dapat disebabkan faktor dari luar dan dari dalam beton itu sendiri. Faktor luar antara lain cuaca, suhu yang ekstrem, erosi, kembang dan susut akibat basah atau kering yang silih berganti dan pengaruh bahan kimia. Faktor dari dalam yaitu reaksi agregat dengan senyawa alkali.

c. Rangkak dan Susut

Rangkak (*creep*) atau *lateral material flow* adalah penambahan regangan terhadap waktu akibat adanya beban yang bekerja. Deformasi awal akibat beban adalah *regangan elastis*, sedangkan regangan tambahan akibat beban yang sama disebut regangan rangkak. Rangkak dipengaruhi oleh umur beton, regangan, faktor air semen, dan kekuatan beton.

Ada dua jenis susut: susut plastis dan susut pengeringan. Susut plastis terjadi beberapa jam setelah beton dituang ke dalam acuan. Permukaan yang diekspos seperti plat lantai akan lebih mudah dipengaruhi oleh udara kering karena adanya bidang kontak yang luas. Dengan demikian terjadi penguapan yang lebih cepat melalui permukaan beton dibandingkan dengan pergantian oleh air dari lapisan beton yang lebih bawah. Susut pengeringan adalah berkurangnya volume elemen beton jika terjadi kehilangan uap air karena penguapan. Hal-hal yang mempengaruhi susut antara lain mutu agregat dan faktor air semen. Pada umumnya proses rangkak selalu dihubungkan dengan susut karena keduanya terjadi bersamaan dan seringkali memberi pengaruh yang sama, yaitu deformasi yang bertambah sesuai dengan bertambahnya waktu.

3.5 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton diwakili oleh perbandingan kuat tekan maksimum dengan luas tampang silinder beton dengan satuan N/mm^2 . Kuat tekan beton ditentukan oleh perbandingan semen, agregat halus, agregat kasar, air dan berbagai campuran lainnya. Perbandingan air terhadap semen merupakan faktor utama dalam menentukan kuat tekan beton.

Besarnya kuat tekan beton dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain:

1. Jenis semen dan kualitasnya, mempengaruhi kuat tekan rata-rata dan kuat batas beton.
2. Jenis dan tekstur bidang permukaan agregat.
3. Perawatan beton harus diperhatikan, sebab kehilangan kekuatan akibat pengeringan sebelum waktunya adalah sekitar 40%.
4. Suhu mempengaruhi kecepatan pengerasan
5. Umur, pada keadaan normal kekuatan beton bertambah dengan umurnya. Kecepatan bertambahnya kekuatan, bergantung pada jenis semen yang digunakan, misal semen dengan almina yang tinggi akan menghasilkan beton dengan kuat hancur pada umur 24 jam sama dengan semen *portland* biasa umur 28 hari. Pengerasan berlangsung terus seiring dengan penambahan umur beton.

3.6 Zat perekat *epoxy*

Meningkatkan kekuatan lekatan antara tulangan dan beton merupakan salah satu faktor mempengaruhi kekuatan tarik tulangan pada struktur beton bertulang, sedangkan tulangan yang dipasang pada beton dilakukan setelah beton menjadi keras, maka perlu suatu zat untuk melekatkan antara baja tulangan dengan beton. Zat yang digunakan tersebut adalah zat *epoxy* yang bagus sebagai perekat dan coating. Hal ini dikarenakan:

1. Rekatan ke berbagai jenis permukaan bagus.
2. Curing tanpa hasil samping yang berbahaya.
3. Curing suhu rendah dan sedang.
4. Pengerutan kecil.
5. Tahan goresan.

Dalam penelitian ini digunakan zat perekat jenis Sikadur 31 CF Normal yang diperoleh dari PT Sika Indonesia. Kuat lekat (*bond strength*) Epoxy jenis ini mencapai 15 N/mm^2 setelah 3 hari pemberian epoxy pada suhu 23°C terhadap beton yang berumur 28 hari.

Keunggulan penggunaan Sikadur 31 CF Normal adalah:

1. Mudah dalam penggunaannya.
2. Cocok digunakan pada permukaan beton yang kering.
3. Adhesi terhadap elemen struktur baik.
4. Lengket terhadap material konstruksi sehingga mempunyai kekuatan lekat yang tinggi.
5. Tanpa menggunakan bahan pelarut.
6. Tidak ada penyusutan ketika mengeras.
7. Kedap air dan cairan lain.

Persiapan yang dilakukan sebelum pemberian Sikadur 31 CF Normal adalah beton dan baja tulangan harus bersih tanpa ada partikel-partikel lepas seperti pasir, minyak, dll.

3.7 Tegangan Lekat

Kuat lekat adalah kemampuan baja tulangan dan beton yang menyelimutinya dalam menahan gaya-gaya dari luar ataupun faktor lain yang dapat menyebabkan lepasnya lekatan antara baja tulangan dan beton (Winter, 1993).

Menurut Nawy (1986), kuat lekatan antara baja tulangan dan beton yang bergantung pada faktor-faktor utama sebagai berikut:

1. Adhesi antara elemen beton dan bahan penguatnya (tulangan baja).
2. Efek *gripping* (memegang) sebagai akibat dari susut pengeringan beton disekeliling tulangan, dan saling geser antara tulangan dengan beton di sekelilingnya.
3. Tahanan gesek (friksi) terhadap gelincir dan saling mengunci pada saat elemen penguat atau tulangan mengalami tarik.
4. Efek kualitas beton dan kekuatan tarik dan tekannya.
5. Efek mekanis penjangkaran ujung tulangan.
6. Diameter dan bentuk tulangan.

Kuat lekat antara baja tulangan dengan beton merupakan susunan yang khas dan kompleks dari adhesi, tahanan geser, dan aksi penguncian mekanis dari perubahan permukaan baja tulangan. Ini mempunyai pengaruh penting pada keretakan dan perubahan bentuk bahan struktur bertulang.

Kekuatan lekatan tergantung pada besarnya perikatan baja tulangan di dalam beton. Kuat lekat yang rendah dapat menimbulkan selip sehingga adhesi hilang. Maka, pergeseran antara tulangan dengan beton sekelilingnya hanya di tahan oleh gesekan disepanjang daerah selip.

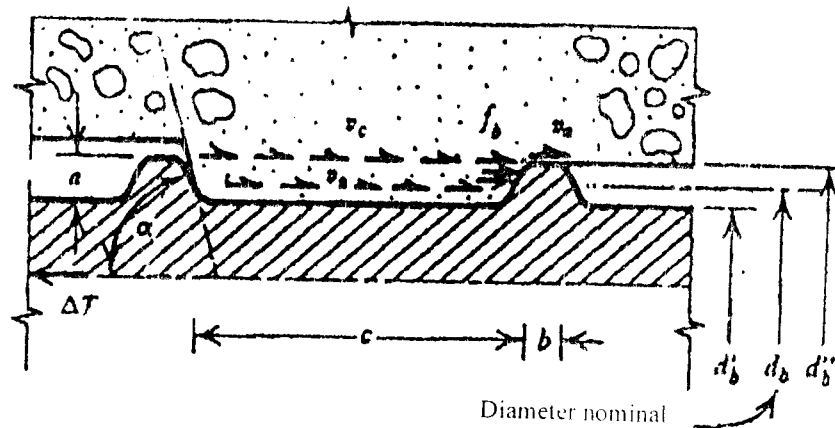
Menurut Kemp (1986), distribusi tegangan lekat sepanjang tulangan ulir lebih rumit dan kompleks. Tegangan lekat antara batang tulangan dan beton akan terjadi pada dua tonjolan. Baja ulir dapat meningkatkan kapasitas lekatan karena penguncian dua ulir dan beton di sekelilingnya. Gaya tarik yang ditahan oleh tulangan dipindahkan ke beton melalui tonjolan. Tegangan lekat yang terjadi diantara dua ulir adalah gabungan dari beberapa tegangan dibawah ini:

1. Tegangan lekat yang dihasilkan dari adhesi di sepanjang permukaan baja tulangan.
2. Tegangan lekat permukaan.

3. Tegangan lekat yang bekerja di permukaan beton silinder yang berbatasan dengan baja tulangan ulir.

Hubungan antara tegangan dan gaya dapat dilihat dari rumus:

$$\Delta T = \pi \cdot d'_b \cdot (b+c) \cdot v_a + \pi \frac{d_b'^2 - d_b'^2}{4} f_b \approx \pi \cdot d_b' \cdot c \cdot v_c \dots \dots \dots (3.1)$$

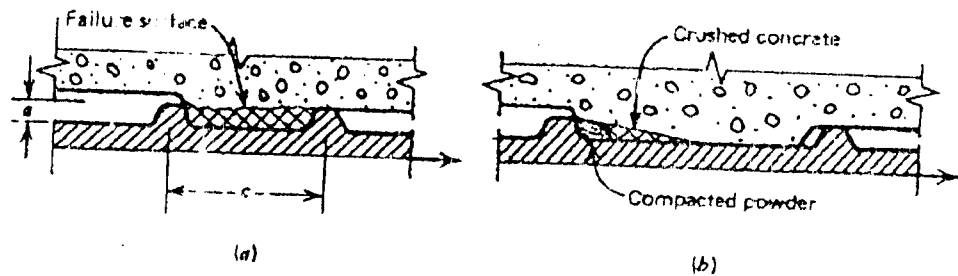


Gambar 3.2 Tegangan pada baja tulangan ulir (R. Park and T. Paulay, 1974)

Tegangan lekat yang dihasilkan dari adhesi di sepanjang permukaan baja tulangan sangat kecil dibandingkan dengan tegangan lekat permukaan yang mengelilingi ulir. Oleh karena itu, v_a dapat diabaikan untuk tujuan praktis. Hubungan antara dua komponen penting tegangan lekat, f_b dan v_c dapat disederhanakan sebagai berikut :

1. Karena $b \approx 0,1 c$
2. Karena $a \approx 0,05 d_b'$, luas permukaan dari salah satu ulir adalah :

$$\pi \frac{d_b'^2 - d_b'^2}{4} \approx \pi \cdot d_b' \cdot a \dots \dots \dots (3.2)$$



Gambar 3.3 Mekanisme kerusakan antara baja tulangan ulir dan beton (R. Park and T. Paulay, 1974)

Keterangan gambar:

1. Untuk gambar 3.3 (a) $\rightarrow a/c > 0,15$
2. Untuk gambar 3.3 (b) $\rightarrow a/c < 0,10$

Dari Gambar 3.3 didapat rumus:

$$\Delta T = \pi \cdot d_b \cdot a \cdot f_b \approx \pi \cdot d_b \cdot c \cdot v_c \dots\dots\dots(3.3)$$

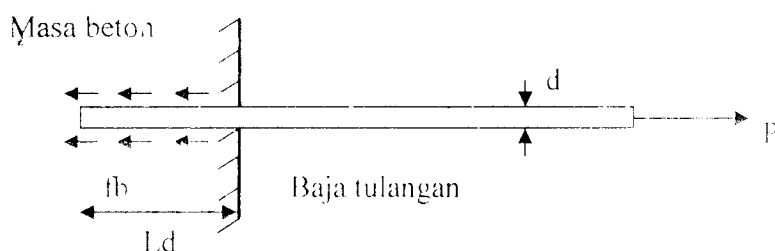
Maka :

$$v_c \approx \frac{a}{c} f_b \dots\dots\dots(3.4)$$

- Dengan :
- ΔT = Beban.
 - a = Jarak antara puncak ulir dengan tulangan.
 - b = Lebar puncak ulir.
 - c = Jarak antar ulir.
 - d_b = Diameter nominal.
 - d'_b = Diameter dalam.
 - d''_b = Diameter luar.
 - f_b = Tegangan lekat/kuat lekat permukaan.
 - v_b = Tegangan lekat/kuat lekat disepanjang permukaan baja.
 - v_c = Tegangan lekat/kuat lekat baja tulangan ulir dan beton.

3.8 Panjang Penyaluran

Panjang penyaluran adalah panjang penanaman yang diperlukan untuk mengembangkan tegangan baja hingga mencapai tegangan luluh, merupakan fungsi dari tegangan leleh, diameter dan tegangan lekat baja tulangan. Panjang penyaluran menentukan tahanan terhadap tergelincirnya tulangan. Dasar utama teori panjang penyaluran adalah dengan memperhitungkan suatu baja tulangan yang ditanam di dalam masa beton. Agar batang dapat menyalurkan gaya sepenuhnya melalui ikatan, harus tertanam di dalam beton hingga suatu kedalaman tertentu yang dinyatakan dengan panjang penyaluran. Sebuah gaya tarik P bekerja pada baja tulangan tersebut. Gaya ini ditahan oleh lekatan antara beton sekeliling dengan baja tulangan. Bila tegangan lekat ini bekerja merata pada seluruh bagian batang yang tertanam, total gaya anker (gaya yang harus dilawan sebelum batang tersebut keluar dari beton) akan sama dengan panjang bagian yang tertanam dikalikan keliling baja tulangan kali tegangan lekat. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 3.4.



Gambar 3.4 Panjang penyaluran baja tulangan

Gaya maksimum yang dapat dilawan oleh batang itu sendiri sama dengan luas penampang batang dikalikan dengan kekuatan tarik baja. Agar terjadi keseimbangan antara gaya, maka kedua gaya ini harus sama besar. Untuk menjamin lekatan antara baja tulangan dan beton tidak mengalami kegagalan, diperlukan adanya syarat panjang penyaluran.

$$L_d \cdot \pi \cdot d \cdot f_b = P \dots \dots \dots (3.5)$$

Dimana nilai $P = A \cdot f_y$ maka didapat persamaan :

$$L_d \cdot \pi \cdot d \cdot f_b = A \cdot f_y \dots\dots\dots(3.6)$$

Dengan luas penampang tulangan adalah $A = \pi \cdot \frac{d^2}{4}$

$$L_d \cdot \pi \cdot d \cdot f_b = \pi \cdot \frac{d^2}{4} \cdot f_y \dots\dots\dots(3.7)$$

Dari persamaan 7 diperoleh panjang penyaluran :

$$L_d = \frac{f_y}{4 f_b} \cdot d \dots\dots\dots(3.8)$$

Dan nilai tegangan lekat :

$$f_b = \frac{f_y}{4 L_d} \cdot d \dots\dots\dots(3.9)$$

- dengan :
- P = Gaya tarik keluar.
 - A = luas penampang baja tulangan.
 - f_y = Tegangan baja leleh.
 - d = Diameter baja tulangan.
 - L_d = panjang penyaluran.
 - f_b = kuat lekat/tegangan lekat.

Menurut SKSNI T-15-1991-03 pasal 3.5.2 menentukan bahwa panjang penyaluran L_d untuk batang tulanga baja tarik deformasian dan tulangan rangkai las adalah sebagai berikut :

$$L_d = L_{db} \times \text{faktor modifikasi} \dots\dots\dots(3.10)$$

- Dengan :
- L_d = panjang penyaluran
 - L_{db} = panjang penyaluran dasar

a. Panjang penyaluran dasar :

1. Batang D-36 dan lebih kecil : $0,02 A_b f_y / \sqrt{f'_c}$
Tetapi tidak kurang dari : $0,06 d_b f_y$
2. Batang D-45 : $25 f_y / \sqrt{f'_c}$
3. Batang D-55 : $40 f_y / \sqrt{f'_c}$
4. Kawat berulir : $3/8 d_b \cdot f_y / \sqrt{f'_c}$

b. Faktor modifikasi diambil :

1. Tulangan atas : 1,4
2. Tulangan dengan $f_y > 400$ Mpa : $2 - (400/f_y)$
3. Beton ringan dengan spesifikasi beton tahan sulfat : $\sqrt{f'_c} / (1,8f_{ct})$
4. Beton ringan tanpa menentukan kekuatan tarik
Beton ringan berpasir : 1,18
Beton ringan total : 1,33
5. Penulangan mendatar spasi pkp 150 mm,
Jarak bersih antara tulangan < 70 mm : 0,80
6. Tulangan dalam lilitan spiral diameter > 5 mm
Dan jarak lilitan < 100 mm : 0,75

Panjang penyaluran L_d tidak boleh kurang dari 300 mm.

f_c = Satuan dalam MPa.

f_y = Satuan dalam Mpa.

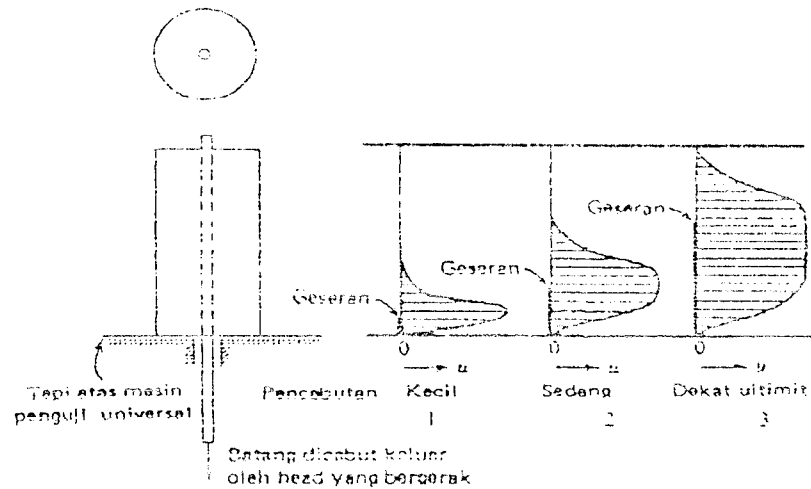
d_b = Satuan dalam mm.

A_b = Satuan dalam mm^2 .

f_{ct} = Satuan dalam MPa.

Panjang penyaluran L_d yang didapat dalam satuan milimeter (mm).

Dengan : ΔL = Pertambahan panjang baja
 P = Beban
 L_0 = Panjang mula-mula baja
 E = *Modulus young*
 A = Luas penampang baja



Gambar 3.6 Rambatan Sesar dan Tegangan Lekat Pada Pengujian Pull-out (Ferguson, 1986)

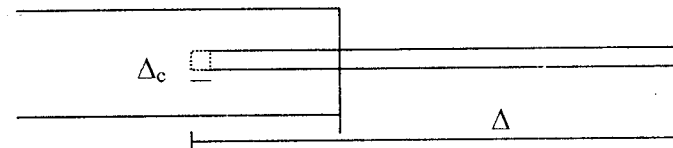
Dalam gambar 3.6 diperlihatkan rambatan sesar dan tegangan lekat pada pengujian lolos tarik. Dari gambar tersebut tampak bahwa sesar antara baja tulangan dengan beton merambat dari ujung yang dibebani ke bagian ujung yang tidak dibebani.

Pada tahap awal pemberian beban tarik, tegangan lekat timbul pada ujung yang dibebani karena pada bagian tersebut terlebih dahulu telah terjadi sesar. Kemudian sesar secara beransur-ansur tegangan merambat menuju ujung tulangan yang tidak dibebani seiring dengan pertambahan beban.

3.9 Distribusi Tegangan Lekat pada Pengujian Lolos Tarik

Tegangan lekat yang diijinkan sebagian besar ditetapkan dari pengujian lolos tarik (*pull-out test*). Sesar batang relatif terhadap beton diukur pada ujung yang dibebani dan ujung bebas. Pada beban relatif kecil, sesar mula-mula terjadi pada daerah sekitar ujung yang dibebani. Makin besar gaya tarik yang dikerjakan, sesar pada ujung dibebani makin bertambah besar. Apabila sesar telah mencapai ujung bebas, maka perlawanan maksimum hampir tercapai. Perlawanan rata-rata selalu dihitung seakan-akan merata sepanjang penyaluran (Ferguson, 1986).

Adapun tegangan lekat kritis didefinisikan sebagai nilai terkecil dari tegangan lekat yang menghasilkan sesar sebesar 0,05 mm pada ujung bebas atau 0,25 mm pada ujung yang dibebani (Park dan Paulay, 1975).



Gambar 3.5 Sesar antara baja tulangan dan beton

Dari Gambar 3.5 dapat dirumuskan bahwa sesar (Δ_c) yang terjadi setelah pembeban adalah:

$$\Delta_c = \Delta - \Delta_s \dots\dots\dots(3.11)$$

Dengan : Δ_c = sesar yang terjadi

Δ = pertambahan panjang total

Δ_s = pertambahan panjang baja

Pertambahan panjang baja dicari dengan rumus :

$$\Delta_s = \frac{p.Lo}{A.E} \dots\dots\dots(3.12)$$

BAB IV

METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Umum

Metode penelitian adalah suatu rangkaian pelaksanaan penelitian dalam rangka mencari jawaban atas suatu permasalahan. Penelitian dapat berjalan dengan sistematis dan lancar serta mencapai tujuan yang diinginkan tidak terlepas dari metode penelitian yang disesuaikan dengan prosedur, alat dan jenis penelitian.

4.2 Bahan Penelitian

Untuk kelancaran penelitian diperlukan beberapa bahan yang digunakan untuk mencapai maksud dan tujuan penelitian. Adapun bahan dan alat yang digunakan adalah sebagai berikut :

4.2.1. Semen Portland jenis I

Semen yang digunakan sebagai bahan pengikat adukan beton adalah semen jenis I dengan merk Holcim kemasan 50 kg. Pengamatan secara visual terhadap kemasan tertutup rapat, bahan butiran halus serta tidak terjadi penggumpalan.

4.2.2. Agregat

1. Agregat halus (pasir)

Agregat halus yang digunakan pada penelitian ini diambil dari kali Boyong Merapi, Kaliurang. Agregat halus yaitu pasir yang lolos pada saringan 5 mm. Sebelum dipakai sebagai benda uji, pasir diuji untuk mengetahui kelayakan dan data teknis meliputi kandungan lumpur, gradasi pasir dan berat jenis.

2. Agregat kasar (kerikil)

Agregat kasar yang digunakan berasal dari Clereng Kulonprogo, Jogjakarta. Kerikil memiliki diameter antara 5 mm sampai dengan 20 mm. Pemilihan

agregat berdasarkan kekuatan dan keuletan agregat yang tergantung dari bahan pembentuk betuannya.

4.2.3. Air

Penelitian ini menggunakan air dari laboratorium bahan konstruksi Teknik Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

4.2.4. Baja Tulangan

Pada penelitian ini digunakan baja tulangan ulir (*deformed*) D10, D13, D16 yang dibeli dipasaran. Tulangan polos dengan diameter 12 mm sebagai perbandingan dalam penelitian ini.

4.2.5. Zat Epoxy

Dalam penelitian ini menggunakan zat *Epoxy* dengan jenis Sikadur[®] 31 CF yang diperoleh dari PT. Sika Indonesia. Kuat lekat (*bond strength*) epoxy ini mencapai 15 N/mm² pengeringan selama 3 hari dalam suhu kamar.

4.3 Peralatan Penelitian

Beberapa alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi alat untuk mempersiapkan material dan benda uji untuk pengujian. Peralatan yang dipakai tersebut berada di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik FTSP UII.

4.3.1. Saringan/ayakan

Dalam penelitian ini menggunakan dua saringan, yaitu saringan yang digunakan untuk memperoleh kerikil (agregat kasar) dengan diameter ukuran maksimum 20 mm, dan saringan yang digunakan untuk memperoleh pasir (agregat halus) dengan diameter maksimum 5 mm.

4.3.2. Timbangan

Timbangan digunakan untuk mengukur berat bahan penyusun beton (semen, pasir, kerikil dan air) serta bahan uji berupa silinder. Dalam penelitian ini digunakan:

1. Timbangan merek Fagani, kapasitas 150 kg.
2. Timbangan merek Ohaus, kapasitas 5 kg dan 20 kg.

4.3.3. Mesin siever

Mesin yang digunakan untuk menggetarkan susunan ayakan yang dipasang berurutan sesuai ukuran diameter untuk mendapatkan variasi butiran modulus halus pasir.

4.3.4. Gelas ukur

Gelas ukur digunakan untuk mengukur volume air yang dibutuhkan untuk membuat adukan beton. Kapasitas gelas ukur yang digunakan adalah 1000 cc, 250 cc, 50 cc.

4.3.5. Mesin aduk beton (*rotating drum mixer*)

Mesin ini digunakan untuk mengaduk bahan penyusun beton seperti semen, kerikil, pasir dan air agar menjadi homogen.

4.3.6. Cetok dan Talam Baja

Cetok digunakan untuk memasukkan campuran beton ke dalam cetakan, sedangkan talam digunakan sebagai penampung campuran yang dikeluarkan dari mesin pengaduk.

4.3.7 Sekop

Sekop yang digunakan adalah sekop besar dan sekop kecil yang berfungsi untuk memasukkan adukan beton ke dalam mixer dan juga untuk memasukkan adukan beton ke dalam cetakan silinder.

4.3.8. Cetakan Benda Uji

Cetakan yang digunakan dalam penelitian ini adalah cetakan silinder, ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300mm, cetakan silinder terbuat dari bahan logam yang sisi-sisinya dapat dilepas satu sama lain dengan cara melepas baut-bautnya.

4.3.9. Mistar dan Kaliper

Alat ini digunakan untuk mengukur dimensi benda uji yang akan diteliti dan untuk mengukur tinggi nilai *slump*.

4.3.10. Kerucut Abrams

Pengukuran kelecakan adukan beton dalam percobaan *slump* digunakan kerucut abrams. Kerucut yang berlubang pada kedua ujungnya mempunyai diameter bawah 20 cm, diameter atas 10 cm, serta tinggi 30 cm. Alat ini juga dilengkapi dengan tongkat baja berdiameter 1.6 cm, panjang 60 cm serta bagian ujung tongkat dibulatkan sebagai alat penumbuk.

4.3.11. Mesin Uji Desak Beton (*Compressing Testing Machine*)

Mesin uji desak merk ADR 3000 dengan kapasitas 2000 KN, digunakan untuk menguji kuat desak beton.

4.3.12. Bor Beton

Bor beton di gunakan untuk melubangi bagian tengah silinder beton untuk dimasukkan tulangan ulir dan penambahan zat perekat *Epoxy*.

4.3.13. *Air Compressor*

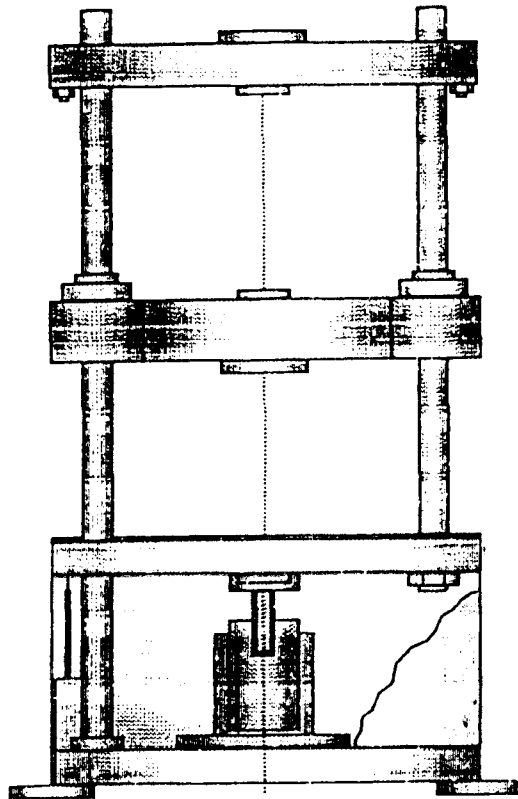
Air Compressor digunakan untuk membersihkan permukaan beton dan baja tulangan dari kotoran-kotoran yang menempel sebelum dilakukan pengeleman baja tulangan pada silinder beton.

4.3.14. Corong

Untuk memasukkan zat perekat *epoxy* kedalam lubang silinder maka di gunakan corong untuk memudahkan dalam pemasukannya.

4.3.15. Mesin Uji Tarik

Mesin uji kuat tarik digunakan untuk mengetahui beban leleh dan beban maksimum baja tulangan. Selain itu mesin ini juga digunakan dalam pengujian *pull-out*. Dalam penelitian ini digunakan *Universal Testing Machine* (UTM) merk SHIMATZU type UHM 30 dengan kapasitas 30 ton.



Gambar 4.1 Universal Testing Machine Shimadzu UHM 30

4.3.16. Dial Gauge

Alat yang digunakan untuk mengetahui besarnya gaya dan regangan yang terjadi pada saat *pull-out test*. Tingkat ketelitian alat ini yang dapat terbaca adalah 0,01 mm.

4.3.17. Alat Bantu Lainnya

Alat bantu lainnya seperti ember, alat pemotong baja dan bak air untuk merendam (merawat) benda uji selama perawatan.

4.4 Benda Uji

Benda uji yang digunakan pada penelitian ini adalah beton silinder dengan kuat desak rencana 25 MPa. Variasi penanaman baja tulangan ulir diameter 10 mm, 13 mm, 16 mm sedalam 100 mm, 150 mm dan 200 mm. Sedangkan untuk baja tulangan polos diameter 12 mm dengan penanaman 200 mm. Perawatan sampel dengan cara direndam dalam air selama 27 hari, dan 1 hari di angin-anginkan. Sampel terdiri dari dua kelompok yaitu untuk pengujian dengan kuat desak dan pengujian untuk kuat lekat yaitu dengan *bond pull-out test*.

- a. Benda uji Silinder beton yang berdiameter 150 mm dan tinggi 300 mm dibuat sebanyak 3 buah dan digunakan untuk menguji kuat tekan beton.
- b. Silinder beton dengan diameter 150 mm tinggi 300 mm di lubangi dan ditanam baja tulangan ulir (*deformed*) ditengahnya D10, D13, D16 penambahan zat perekat *Epoxy* dengan variasi panjang penyaluran 100 mm, 150 mm, 200 mm. Benda uji tersebut dibuat sebanyak 3 buah untuk masing-masing diameter dan panjang penyaluran. Selanjutnya dilakukan pengujian kuat lekat (*bond strength*). Sebagai perbandingan, maka digunakan tulangan polos dengan diameter 12 mm dengan penanaman 200 mm dan dilakukan juga pengujian kuat lekatnya.

4.5 Pelaksanaan Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta. Adapun tahapan – tahapan dari penelitian ini adalah :

4.5.1 Tahapan persiapan bahan

Persiapan bahan dimulai dengan pemilihan agregat yang akan dipakai, kemudian agregat tersebut dipisahkan berdasarkan ukuran butiran yang direncanakan.

4.5.2 Pengujian Agregat Halus

1. Pengujian Kadar Lumpur

Kadar Lumpur agregat halus tidak boleh lebih dari 5% dari berat keringnya. Pengujian kadar Lumpur dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- a. Pasir dikeringkan dalam oven.
- b. Pasir kering oven ditimbang sebesar W_1 .
- c. Memasukkan pasir tersebut ke dalam tabung gelas ukur.
- d. Melakukan proses pencucian dengan cara sebagai berikut :
 1. Menuangkan air ke dalam tabung berisi pasir setinggi ± 12 cm diatas permukaan pasir.
 2. Menutup tabung rapat-rapat
 3. Mengocok tabung sebanyak 20 kali
 4. Membuang airnya dengan hati-hati tanpa ada pasir yang ikut terbuan.
 5. Mengulangi percobaan ini beberapa kali sampai airnya jernih.
- e. Menuang pasir kedalam wadah, jika masih terdapat air dibuang dengan menggunakan pipet.

- f. Mengeringkan pasir dalam cawan tersebut dalam oven dengan suhu 110°C selama 24 jam.
- g. Mendinginkannya setelah 24 jam hingga mencapai suhu ruang.
- h. Menimbang pasir yang sudah dikeringkan dalam oven. (berat pasir = W_2 gram)
- i. Kandungan Lumpur dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut: $\frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\%$

2. Pengujian Berat Jenis (*specific gravity*)

- a. Ambil pasir dalam kondisi jenuh permukaan (SSD) sebanyak 500 gram.
- b. Memasukkan pasir tersebut kedalam *piknometer* kemudian ditambahkan air hingga 90 % volume *piknometer*.
- c. Memutar mutar *piknometer* sehingga gelembung udara pada pasir telah keluar semua.
- d. Menimbang *piknometer* yang berisi pasir dan air tersebut. (kode Bt)
- e. Mengeluarkan pasir dari *piknometer* dan memasukkan ke cawan dengan membuang air terlebih dahulu. Jika dalam cawan masih ada air keluarkan dengan menggunakan pipet.
- f. Memasukkan pasir dalam cawan ke dalam oven dengan suhu 110°C selama 24 jam.
- g. Mengisi *piknometer* yang kosong dan bersih dengan air sampai penuh dan menimbangnya (kode B)
- h. Menimbang pasir yang telah dimasukkan ke dalam oven (kode Bk)
- i. Berat jenis jenuh kering muka = $\frac{500}{B + 500 - Bt}$ (gr/cm^3)
- j. Berat jenis curah = $\frac{Bk}{B + 500 - Bt}$ (gr/cm^3)
- k. Penyerapan air = $\frac{500 - Bk}{Bk} \times 100\%$ (%)

3. Pengujian Gradasi

Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui susunan diameter butiran pasir dan prosentase modulus kehalusan butir yaitu menunjukkan tinggi rendahnya tingkat kehalusan butir dalam suatu agregat.

Pengujian gradasi dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- a. Menyiapkan pasir kering oven dalam suhu 110 °C
- b. Mengambil dan menimbang pasir sebanyak 2000 gr
- c. Mengambil dan menyusun saringan dengan susunan diameter dari bawah ke atas: pan; 0,15 mm; 0,30 mm; 0,60 mm; 1,2 mm; 2,4 mm; 4,8 mm; 10,00 mm; 20,00 mm; 40,00 mm.
- d. Meletakkan saringan pada mesin penggetar atau vibrator
- e. Memasukkan pasir pada ayakan paling atas kemudian menghidupkan vibrator selama ± 15 menit.
- f. Menuangkan sisa butiran yang tertahan pada masing-masing ayakan diatas cawan dan menimbangnya satu persatu.
- g. Mencatat dan menimbang hasil setiap ayakan.
- h. Perhitungan modulus halus butir (mhb) dengan menggunakan rumus di bawah ini:

$$MHB = \% \text{ berat tertinggal komulatif} / 100$$

4.5.3 Pengujian Agregat Kasar

1. Pengujian Berat Jenis (*specific gravity*)

Pengujian berat jenis (*specific gravity*) dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- a. Mengambil kerikil (sampel) kemudian dicuci untuk menghilangkan kotoran.

- b. Membuat kerikil tersebut sehingga dalam kondisi jenuh kering permukaan. (kode Bj)
- c. Mengambil kerikil yang telah jenuh kering muka sebanyak 5000 gr.
- d. Memasukkan kerikil ke dalam kontainer dan direndam selama 24 jam
- e. Setelah 24 jam, menimbang kontainer dan kerikil dalam keadaan terendam dalam air. (kode Ba)
- f. Menuangkan kerikil kedalam cawan dan memasukkannya ke dalam oven dengan suhu 110°C selama 24 jam.
- g. Menimbang kerikil yang telah di oven. (kode Bk)
- h. Berat jenis jenuh kering muka = $\frac{Bj}{Bj - Ba}$ (gr/cm^3)
- i. Berat jenis curah = $\frac{Bk}{Bj - Ba}$ (gr/cm^3)
- j. Penyerapan = $\frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100\%$ (%)

2. Pengujian Gradasi

Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui susunan variasi diameter agregat kasar dan modulus kekasarannya dan membuat grafik hubungan antar diameter ayakan dengan keadaan kumulatif butiran yang lolos.

Pengujian gradasi agregat kasar dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- a. Menyiapkan kerikil yang telah dioven selama 24 jam dengan suhu 110°C seberat 3000 gr.
- b. Menyiapkan satu set ayakan dan menyusun berurutan mulai dari diameter bawah ke atas : pan; 0,15 mm; 0,30 mm; 0,60 mm; 1,2 mm; 2,4 mm; 4,8 mm; 10,00 mm; 20,00 mm; 40,00 mm.
- c. Menuangkan kerikil ke dalam ayakan paling atas dan menutup rapat-rapat susunan ayakan tersebut dan diletakkan di mesin getar.

- d. Menghidupkan mesin getar selama ± 15 menit.
- e. Menimbang dan mencatat berat agregat kasar yang tertinggal diatas masing-masing ayakan.
- f. Perhitungan modulus halus butir (mhb) dengan menggunakan rumus di bawah ini:

$$\text{MHB} = \% \text{ berat tertinggal komulatif} / 100$$

3. Pengujian Kadar Lumpur

Kadar Lumpur agregat kasar tidak boleh lebih dari 1% dari berat keringnya. Pengujian kadar Lumpur dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- a. Krikil dikeringkan dalam oven.
- b. Krikil kering oven ditimbang seberat W_1 .
- c. Mencuci krikil tersebut didalam saringan 200.
- d. Menuang krikil kedalam wadah, jika masih terdapat air dibuang dengan menggunakan pipet.
- e. Mengeringkan krikil dalam cawan tersebut dalam oven dengan suhu 110°C selama 24 jam.
- f. Mendiarkannya setelah 24 jam hingga mencapai suhu ruang.
- g. Menimbang krikil yang sudah dikeringkan dalam oven. (berat krikil = W_2 gram)
- h. Kandungan Lumpur dapat dihitung dengan menggunakan rumus

berikut: $\frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\%$

4.5.4 Tahap Pengujian Baja Tulangan

Pengujian baja tulangan digunakan untuk mengetahui tegangan leleh, tegangan maksimum, baja tulangan sehingga nilai kuat tarik baja dan mutu bajanya dapat diketahui.

Pelaksanaan pengujian baja adalah sebagai berikut :

- Menghitung diameter baja tulangan dan luas tampangnya (A)
- Meletakkan pada alat uji tarik lalu memberikan beban (P)
- Mencatat beban saat baja terjadi leleh, beban maksimum baja dan beban saat baja mengalami putus.

Untuk mendapatkan nilai tegangan leleh baja, dilakukan pengujian tarik baja dengan alat UTM (*Universal Testing Machine*) dan dihitung dengan persamaan:

$$\sigma_{leleh} = \frac{P_{leleh}}{A} \dots\dots\dots(4.1)$$

$$\sigma_{maks} = \frac{P_{maks}}{A} \dots\dots\dots(4.2)$$

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \dots\dots\dots(4.3)$$

Dengan : σ_{leleh} = Tegangan leleh baja.

σ_{maks} = Tegangan maksimum baja.

P_{leleh} = Gaya tarik leleh baja.

P_{maks} = Gaya tarik leleh baja maksimum.

A = Luas penampang.

E = Modulus elastis.

ε = Regangan baja.

4.6 Perancangan Adukan Beton

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode " *The British Mix Design Method* " atau lebih dikenal di Indonesia dengan metode *DOE (Department Of Environment)*. Langkah-langkahnya sebagai berikut:

- Menetapkan kuat tekan beton yang disyaratkan pada 28 hari (f_c')

Kuat tekan beton ditetapkan sesuai dengan persyaratan perencanaan strukturnya dan kondisi setempat di lapangan. Kuat tekan beton yang

disyaratkan adalah kuat tekan beton dengan kemungkinan lebih rendah hanya 5% saja dari nilai tersebut.

2 Menetapkan nilai deviasi standar (Sd)

Standar deviasi ditetapkan berdasarkan tingkat mutu pengendalian pelaksanaan pencampuran betonnya, makin baik mutu pelaksanaan makin kecil nilainya.

- a. Jika pelaksana tidak mempunyai data pengalaman atau mempunyai pengalaman kurang dari 15 buah benda uji, maka nilai deviasi standar diambil dari tingkat pengendalian mutu pekerjaan seperti tabel 4.1 :

Tabel 4.1 Tingkat pengendalian pekerjaan

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

- b. Jika pelaksana mempunyai data pengalaman pembuatan beton serupa minimal 30 buah silinder yang diuji kuat tekan rata-ratanya pada umur 28 hari, maka jumlah data dikoreksi terhadap nilai deviasi standar dengan suatu faktor pengali pada tabel 4.2 :

Tabel 4.2 Faktor Pengali deviasi standar

Jumlah data	30	25	20	15	<15
Faktor pengali	1,0	1,03	1,08	1,16	Tidak boleh

- 3 Menghitung nilai tambah margin (M)

$$M = k \cdot Sd \dots\dots\dots(4.4)$$

Keterangan : M = nilai tambah

K = 1,64

Sd = standar deviasi

Rumus di atas berlaku jika pelaksana mempunyai data pengalaman pembuatan beton yang diuji kuat tekannya pada umur 28 hari. Jika tidak mempunyai data pengalaman pembuatan beton atau mempunyai pengalaman kurang dari 15 benda uji, nilai M langsung diambil 12 MPa.

- 4 Menetapkan kuat tekan rata-rata yang direncanakan.

Rumusnya :

$$f'_{cr} = f'_c + M \dots\dots\dots(4.5)$$

Keterangan : f'_{cr} = kuat tekan rata-rata

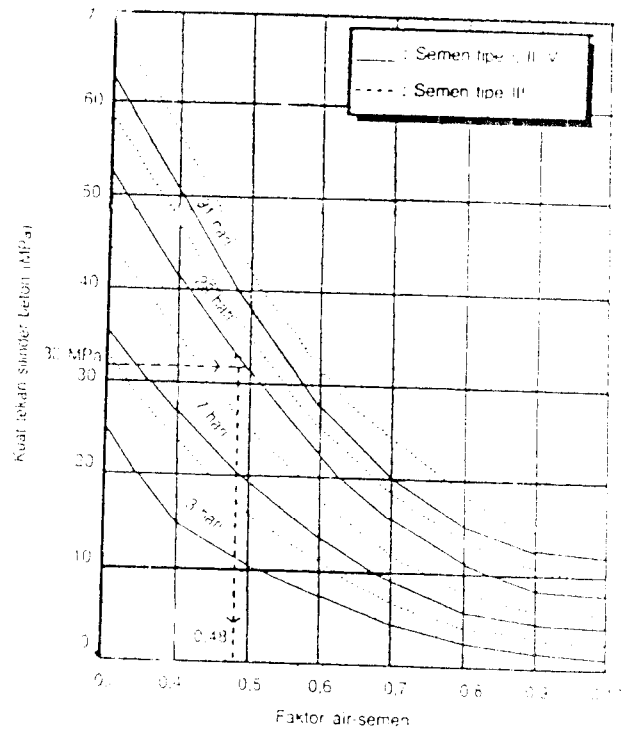
f'_c = kuat tekan yang disyaratkan

M = nilai tambah

- 5 Menetapkan jenis semen
 6 Menetapkan jenis agregat (pasir dan kerikil)
 7 Menetapkan faktor air semen

Cara menetapkan faktor air semen diperoleh dari nilai terendah ketiga cara, yaitu :

a) Cara Pertama :



Gambar 4.2 Grafik faktor air semen

Misal, kuat tekan selinder ($f'_{cr} = 32$ MPa) pada saat umur beton 28 hari. Jenis semen tipe I atau garis utuh. Caranya tarik garis lurus dan memotong 28 hari didapatkan faktor air semen (Gambar 4.2)

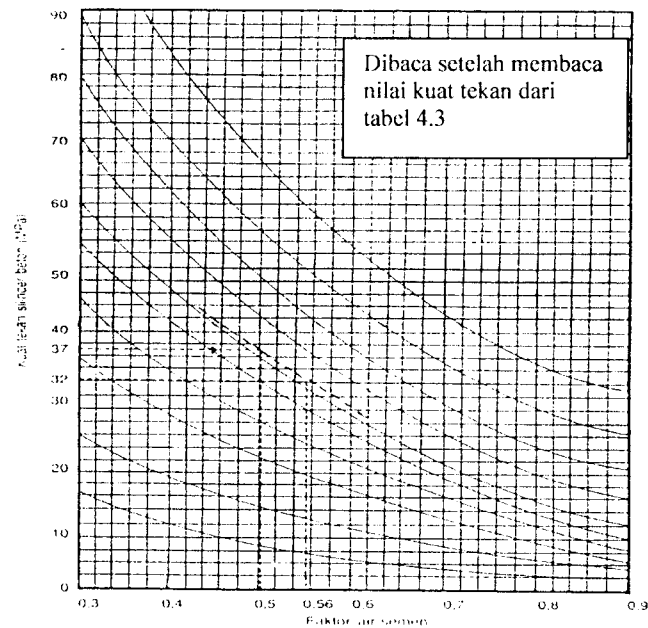
b) Cara Kedua

Diketahui jenis semen I, jenis agregat kasar, batu pecah. Kuat tekan rata-ratanya pada umur 28 hari, maka gunakan tabel 4.3

Tabel 4.3 Nilai kuat tekan beton

Jenis semen	Jenis agregat kasar (kerikil)	Umur Beton			
		3	7	28	91
I, II, III	Alami	17	23	33	40
	Batu pecah	19	27	37	45
IV	Alami	21	28	38	44
	Batu pecah	25	33	44	48

Dari tabel di atas diperoleh nilai kuat tekan = 37 MPa, yaitu jenis semen I, kerikil batu pecah dan umur beton 28 hari. Kemudian, dengan faktor air semen 0,5 dan $f'_{cr} = 37$ MPa, digunakan grafik penentuan faktor air semen dibawah ini. Caranya, tarik garis ke kanan mendatar 37, tarik garis ke atas 0,5 dan berpotongan pada titik A. Buat garis putus-putus dimulai dari titik A ke atas dan ke bawah melengkung seperti garis yang di atas dan di bawahnya.

**Gambar 4.3** Grafik mencari faktor air semen

c) Cara Ketiga :

Dengan melihat persyaratan untuk berbagai pembetonan dan lingkungan khusus, beton yang berhubungan dengan air tanah mengandung sulfat dan untuk beton bertulang terendam air. Dengan cara ini diperoleh :

1. Untuk pembetonan di dalam ruang bangunan dan keadaan keiling non korosif = 0,60.
2. Untuk beton yang berhubungan dengan air tanah, dengan jenis semen tipe I tanpa pozzolan untuk tanah mengandung SO_3 antara 0,3 - 1,2 maka *fas* yang diperoleh = 0,50.
3. Untuk beton bertulang dalam air tawar dan tipe semen I yaitu faktor air semennya = 0,50.

Dari ketiga cara di atas ambil nilai yang terendah.

8. Menetapkan faktor air semen minimum

Cara ini didapat dari ketiga cara di atas ambil nilai faktor air semen yang terkecil.

9. Menetapkan nilai *slump*

Nilai *slump* didapat sesuai dari pemakaian beton, hal ini dapat diketahui dari tabel 4.4 :

Tabel 4.4 Penetapan Nilai Slump (cm)

Pemakaian Beton	Maks	Min
Dinding, pelat pondasi dan pondasi telapak bertulang	12,5	5,0
Pondasi telapak tidak bertulang koison, struktur dibawah tanah	9,0	2,5
Pelat, balok, kolom dan dinding	15,0	7,5
Pengerasan jalan	7,5	5,0
Pembetonan masal	7,5	2,5

10. Menetapkan ukuran besar butir agregat maksimum (kerikil).

11. Menetapkan jumlah kebutuhan air

Untuk menetapkan kebutuhan air per meter kubik beton digunakan tabel 4.5 :

Tabel 4.5 Kebutuhan air per meter kubik beton (liter)

Besarnya 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

Dalam tabel di atas, bila agregat halus dan agregat kasar yang dipakai memiliki jenis yang berbeda (alami dan pecahan), maka jumlah air yang diperkirakan diperbaiki dengan rumus :

$$A = 0,67 A_h + 0,33 A_k \dots \dots \dots (4.6)$$

Dengan : A = jumlah air yang dibutuhkan, liter/m³

A_h = jumlah air yang dibutuhkan menurut jenis agregat halus

A_k = jumlah air yang dibutuhkan menurut jenis agregat kasarnya

12. Menetapkan kebutuhan semen

$$\text{Berat semen per meter kubik} = \frac{\text{Jumlah air yang dibutuhkan}}{\text{Faktor air semen maksimum}}$$

13. Menetapkan kebutuhan semen minimum

Kebutuhan semen minimum ditetapkan berdasar tabel 4.6 :

Tabel 4.6 Kebutuhan semen minimum

Berhubungan dengan	Tipe semen	Kandungan semen min.	
		Ukuran maks agregat (mm)	
		40	20
Air tawar	Semua tipe I-V	280	300
Air payau	Tipe + <i>pozzolan</i> (15 - 40%) / S.P <i>pozzolan</i>	340	380
	Tipe II atau V	290	330
Air laut	Tipe II atau V	330	370

14. Menetapkan kebutuhan semen yang sesuai

Untuk menetapkan kebutuhan semen, lihat langkah 1 (kebutuhan semen dan kebutuhan semen minimumnya), maka yang dipakai harga terbesar diantara keduanya.

15. Penyesuaian jumlah air atau faktor air semen

Jika jumlah semen pada langkah 12 dan 13 berubah, maka faktor air semen berubah yang ditetapkan dengan :

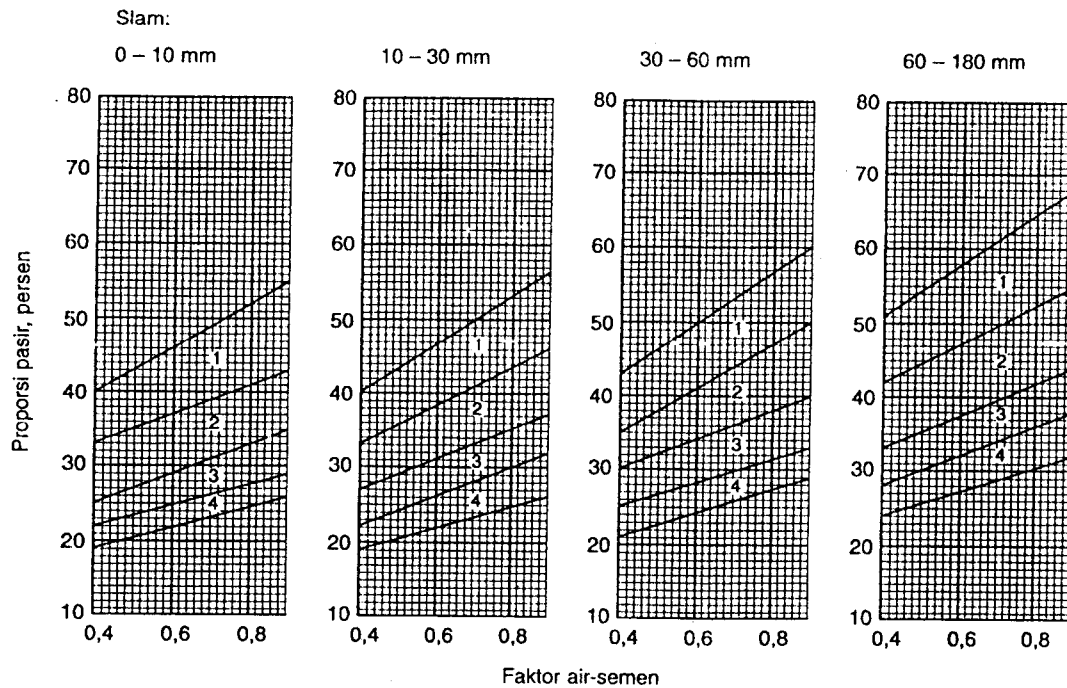
- a) Jika akan menurunkan faktor air semen, maka faktor air semen dihitung lagi dengan cara jumlah air dibagi jumlah semen minimum.
- b) Jika akan menaikkan jumlah air lakukan dengan cara jumlah semen minimum dikalikan faktor air semen.

16. Menentukan golongan pasir

Golongan pasir ditentukan dengan cara menghitung hasil ayakan hingga dapat ditemukan golongannya.

17. Menentukan perbandingan pasir dan kerikil.

Untuk menentukan perbandingan antara pasir dan kerikil dapat dicari dengan bantuan gambar 4.4 dibawah ini. Dengan melihat nilai slump yang direncanakan, ukuran butir maksimum, zona pasir, dan faktor air semen :



Gambar 4.4 Grafik persentase agregat halus terhadap agregat keseluruhan untuk ukuran butir maksimal 20 mm

18. Menentukan berat jenis campuran pasir dan kerikil

- Jika tidak ada data, maka agregat alami (pasir) diambil 2,7 dan untuk kerikil (pecahan) diambil 2,7.
- Jika mempunyai data, dihitung dengan rumus :

$$B_j \text{ campuran} = (P/100) \times B_j \text{ pasir} + (K/100) \times B_j \text{ kerikil} \dots (4.7)$$

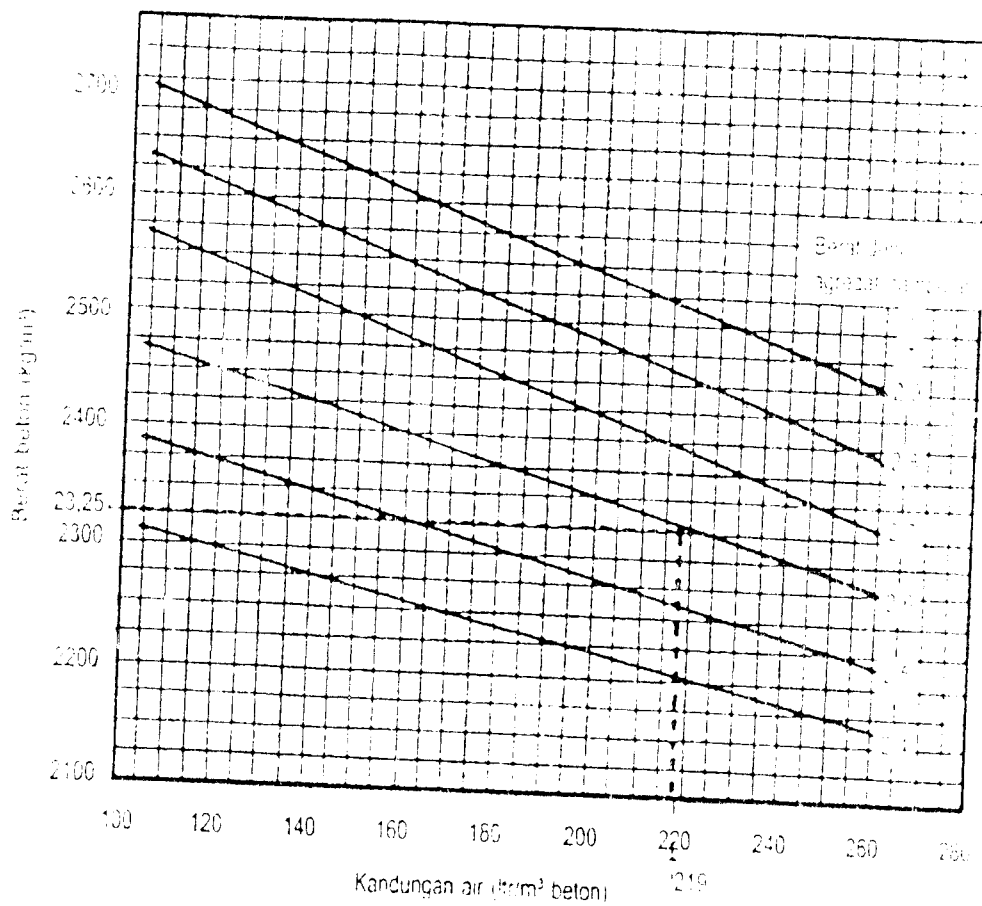
Diketahui : B_j campuran = berat jenis campuran

P = persentase pasir terhadap agregat campuran

K = persentase kerikil terhadap agregat campuran

19. Menentukan berat beton

Untuk menentukan berat beton digunakan data berat jenis campuran dan kebutuhan air tiap meter kubik, setelah ada data, kemudian dimasukkan kedalam gambar 4.5 :



Gambar 4.5 Grafik hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran, dan berat beton

Misalnya, jika berat jenis campuran 2,6

Kebutuhan air tiap meter kubik = 219

Caranya, tentukan angka 219 dan tarik garis keatas memotong garis berat jenis 2,6 dan tarik garis ke kiri, dan temukan berat jenis betonnya 2325 kg/m³.

20. Menentukan kebutuhan pasir dan kerikil

Berat pasir + berat kerikil = berat beton – kebutuhan air – kebutuhan semen.

21. Menentukan kebutuhan pasir

Kebutuhan pasir = kebutuhan pasir dan kerikil x persentase berat pasir.

22. Menentukan kebutuhan kerikil

Kebutuhan kerikil = kebutuhan pasir dan kerikil – kebutuhan pasir.

4.7 Pembuatan Benda Uji

Langkah-langkah yang ditempuh dalam pembuatan benda uji adalah sebagai berikut:

1. Membuat campuran beton dengan kuat desak rencana 25 MPa.
2. Campuran dimasukkan ke dalam alat aduk dan diaduk sampai merata
3. Untuk mengetahui kuat tekan beton dibuat benda uji silinder dengan diameter 150 mm, tinggi 300 mm masing-masing sebanyak 3 buah untuk beton normal
4. Untuk keperluan penelitian kuat lekat dibuat benda uji silinder beton dengan diameter 150 mm, tinggi 300 mm, dibagian tengah ditanam baja tulangan dengan cara melubangi beton silinder setelah beton berumur 28 hari pada kedalaman tertentu.
5. Baja tulangan yang ditanam di dalam benda uji silinder beton yaitu baja tulangan ulir, dengan perincian sebagai berikut:
 - a. Diameter 10 mm ditanam pada silinder beton sedalam 100 mm, 150 mm, dan 200 mm masing-masing sebanyak 3 buah.
 - b. Diameter 13 mm ditanam pada silinder beton sedalam 100 mm, 150 mm, dan 200 mm masing-masing sebanyak 3 buah.
 - c. Diameter 16 mm ditanam pada silinder beton sedalam 100 mm, 150 mm, dan 200 mm masing-masing sebanyak 3 buah
6. Baja tulangan polos dengan diameter 12 mm digunakan sebagai perbandingan dengan penanaman 200 mm sebanyak 3 buah.

7. Silinder beton tersebut disimpan mengikuti standar perawatan beton (*Curing*) yang ada yaitu dengan merendam benda uji di dalam bak berisi air selama 27 hari dalam air. Kemudian benda uji diangin-anginkan sampai benda uji berumur 28 hari.
8. Setelah berumur 28 hari silinder beton di lubangi tengahnya pada arah memanjang silinder beton, sedangkan untuk uji kuat tekan beton dapat dilakukan pada beton berumur 28 hari.
9. Memasukkan baja tulangan kedalam lubang kemudian di beri zat *epoxy* Sikadur[®] 31 CF Normal.
10. Pengujian kuat lekat (*pull out*) dilakukan setelah 3 hari pemberian zat *epoxy* Sikadur[®] 31 CF Normal menggunakan *Universal Testing Machine*.

Agar lebih jelas, banyaknya sampel yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel 4.7 :

Tabel 4.7 Pengelompokan benda uji

Variasi diameter baja tulangan	Variasi panjang penyaluran	Jumlah sampel
D10 mm	100 mm	3
	150 mm	3
	200 mm	3
D13 mm	100 mm	3
	150 mm	3
	200 mm	3
D16 mm	100 mm	3
	150 mm	3
	200 mm	3
P12 mm	200 mm	3
sampel kuat desak		3
Jumlah sampel		33

4.8 Perawatan Benda Uji (*Curing*)

Setelah 24 jam cetakan silinder beton dibuka, agar semen terhidrasi sempurna kemudian dilakukan perawatan terhadap benda uji beton. Perawatan benda uji meliputi berbagai cara, antara lain:

- a. Beton dibasahi terus menerus dengan air.
- b. Beton direndam dalam air dengan suhu $23^{\circ}\text{C} - 28^{\circ}\text{C}$.
- c. Beton diselimuti dengan karung goni basah, plastic film atau kertas perawatan tahan air.

Pada penelitian ini perawatan beton adalah dengan merendam beton dalam air sampai menjelang waktu pengujian. Satu hari sebelum dilakukan pengujian, benda uji diangkat dan diangin-anginkan sehingga didapat benda uji dalam keadaan kering.

Kekuatan beton akan bertambah selama terdapat cukup air yang bisa menjamin berlangsungnya hidrasi semen secara baik.

4.9 Pengujian Kuat Tekan

Dilakukan terhadap benda uji silinder beton. Benda uji ditekan dengan mesin uji desak (*Compressing Testing Machine*) setelah benda uji berumur 28. Beban yang memecahkan (P) dibagi dengan luas sisi terdesak (A) diperoleh kuat desak beton tersebut.

Langkah-langkah dalam pengujian ini adalah :

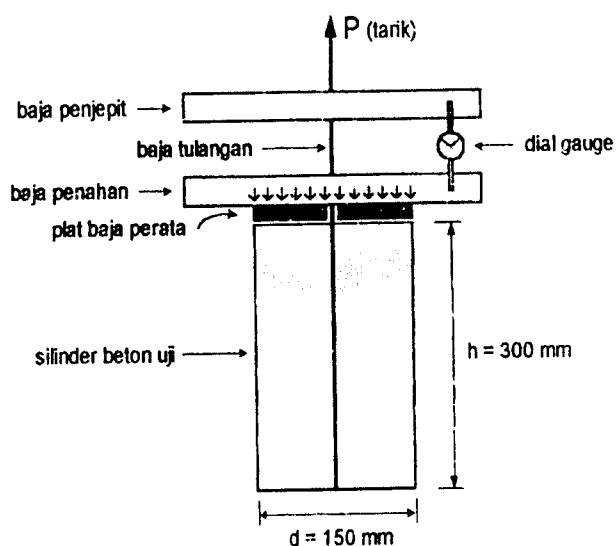
- 1) Benda uji diletakkan untuk pada alas pembebanan mesin uji kuat desak beton.
- 2) Mesin uji desak dihidupkan, pembebanan diberikan berangsur-angsur, sehingga benda uji tersebut hancur pada beban maksimal.

4.10 Pengujian Kuat Lekat

Pengujian kuat lekat dilakukan dengan cara mencabut tulangan baja yang tertanam pada silinder beton menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM).

Langkah-langkah pengujian ini adalah sebagai berikut :

- Beton silinder diletakkan pada alas uji tarik.
- Tulangan baja yang menjulur diklem kemudian pembebanan segera diberikan.
- Diantara dua penjepit diletakkan *dial gauge* untuk mengetahui sesaran yang terjadi. Panjang tulangan diantara dua penjepit diukur.
- Beban tarik dijalankan.
- Membaca dan mencatat nilai beban tarik (P) dan panjang pelolosan.



Gambar 4.6 Sketsa pengujian pull out

4.11 Analisis Hasil

4.11.1 Silinder Beton

Pengujian kuat tekan akan diperoleh hasil berupa nilai kuat tekan maksimum beton tersebut (f'_c). Kuat tekan beton digunakan untuk menentukan apakah beton dapat digunakan sebagai bahan struktural atau tidak.

$$f'_c = \frac{P_{maks}}{A_b} \dots \dots \dots (4.8)$$

Dengan : A_b = Luas penampang silinder beton.
 f'_c = Kuat desak beton.
 P_{maks} = Beban maksimum silinder beton.

4.11.2 Baja Tulangan

Pengujian baja tulangan untuk mengetahui tegangan leleh, tegangan tarik maksimum, dan juga untuk menghitung perpanjangan baja yang terjadi.

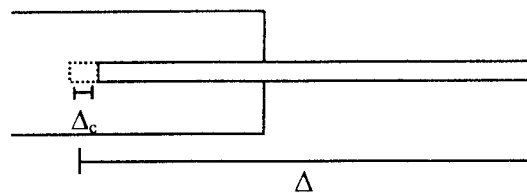
Perpanjangan baja dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\Delta_s = \frac{P \cdot l_0}{A \cdot E} \dots \dots \dots (4.9)$$

Dengan :

Δ_s = Perpanjangan baja.
 P = Beban.
 l_0 = Jarak penjepitan.
 A = Luas penampang baja.
 E = Modulus elastis.

Perpanjangan baja tulangan diperlukan untuk menghitung sesar yang terjadi pada beton, karena perpanjangan yang tercatat pada saat pengujian *pull out* adalah pertambahan panjang pada baja di tambah dengan sesar baja tulangan dengan beton, sehingga sesar yang terjadi pada beton dapat dihitung yaitu perpanjangan total dikurangi perpanjangan baja.



Gambar 4.7 Sesar antara baja tulangan dan beton

Rumus untuk menghitung sesar beton adalah :

$$\Delta_c = \Delta - \Delta_s \dots\dots\dots(4.10)$$

Dengan : Δ_c = Sesar beton.
 Δ = Perpanjangan total baja dan beton.
 Δ_s = Perpanjangan baja.

4.11.3 Pull out test

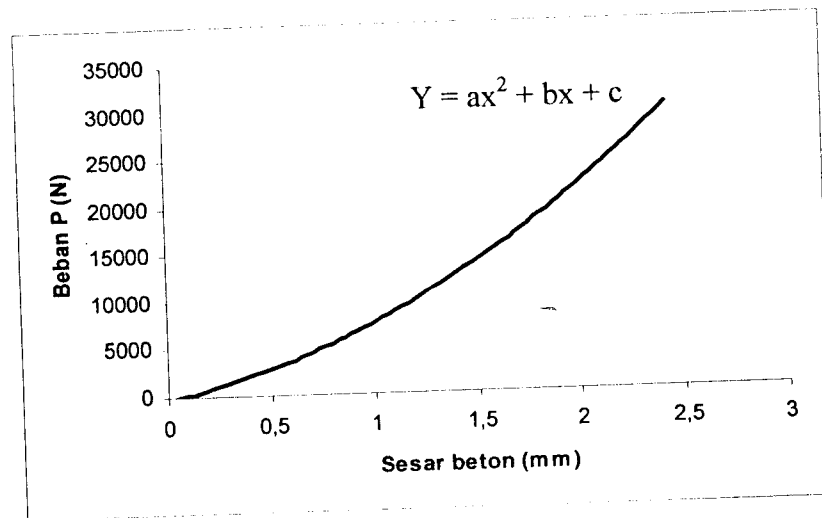
Pengujian pull out test ini di lakukan untuk mengetahui kuat lekat baja tulangan dengan beton. Adapun langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :

1. Melakukan pengujian pembebanan sampai pembebanan maksimal.

Tabel 4.10 Perhitungan sesar beton.

Pembebanan (P)	Dial Δ	Perpanjangan baja $\Delta_s = \frac{Pxlo}{Ax E}$	Sesar beton $\Delta_c = \Delta - \Delta_s$
P_1	Δ_1	Δ_{s1}	Sesar ₁
P_2	Δ_2	Δ_{s2}	Sesar ₂
P_3	Δ_3	Δ_{s3}	Sesar ₃
⋮	⋮	⋮	⋮
P_{maks}	Δ_{maks}	Δ_{smaks}	Sesar _{maks}

2. Dari hasil pembebanan dapat dibuat grafik antara pembebanan dengan sesar beton.



Gambar 4.8 Kurva antara pembebanan dan sesar beton.

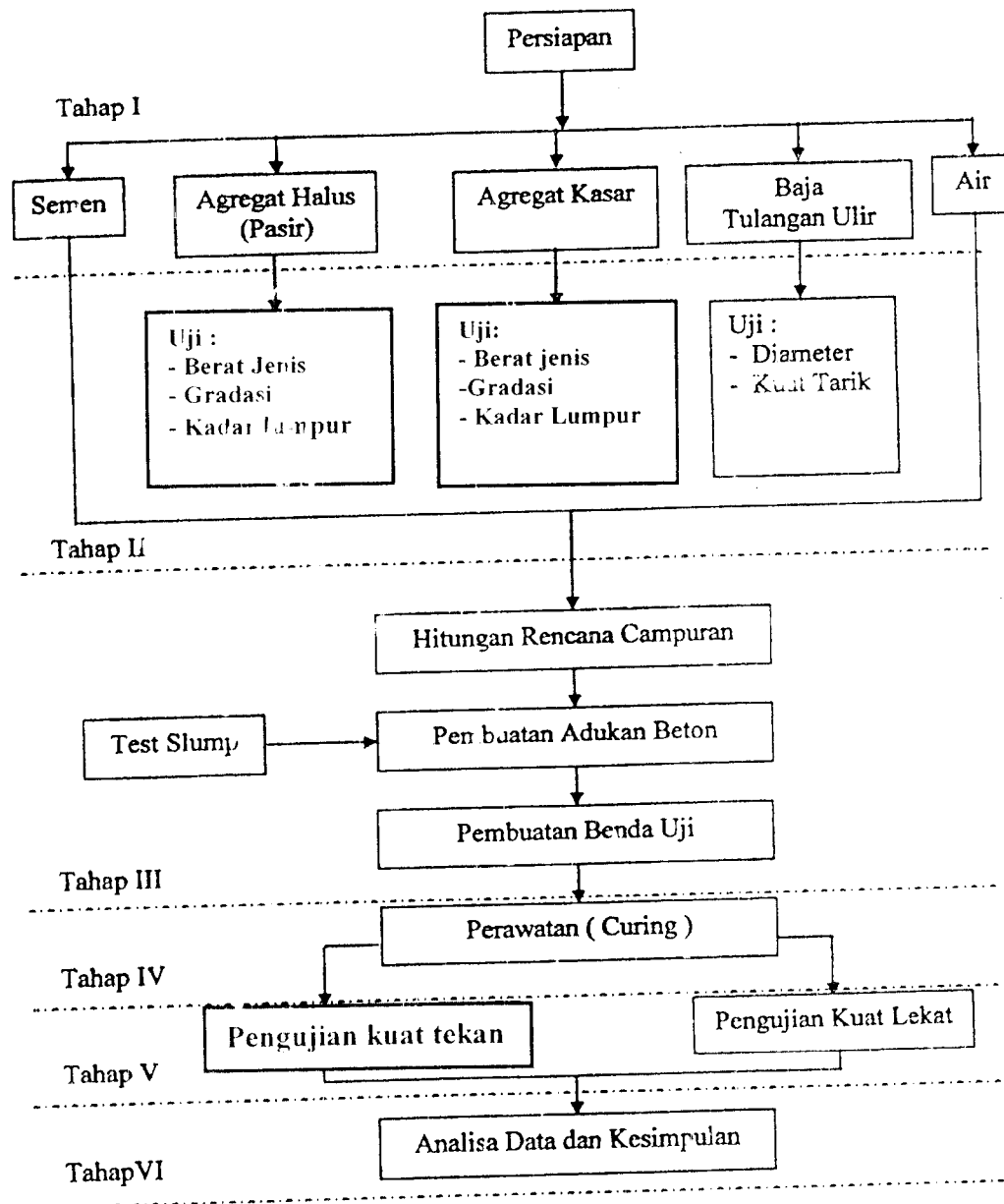
3. Dalam grafik didapat regresi, dengan memanfaatkan fasilitas *add trendline* pada *microsoft excel* sehingga beban yang menyebabkan sesar beton sebesar 0,25 mm dapat diketahui dengan cara memasukkan nilai $x = 0,25$ pada persamaan regresi.
4. Nilai beban saat sesar beton 0,25 mm, beban saat baja luluh, dan beban maksimum digunakan untuk menghitung nilai tegangan lekat permukaan antara beton dan baja.

$$f_b = \frac{\Delta T}{\pi \cdot d_b \cdot a} \dots \dots \dots (4.11)$$

5. Nilai tegangan lekat permukaan digunakan untuk menghitung kuat lekat antara baja tulangan ulir dan beton.

$$v_c = \frac{a}{c} f_b \dots \dots \dots (4.12)$$

Skema bagan alir tahap-tahap penelitian :



Gambar 4.9 Diagram Alir Tahap Penelitian

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dimaksudkan untuk memperoleh beban maksimum yang mampu didukung oleh silinder beton yang dilakukan saat beton berumur 28 hari. Dari pengujian yang dilakukan dengan alat *Compressing Testing Machine* merk “ADR 3000” didapatkan beban maksimum (P_{maks}). Dari data tersebut maka diperoleh tegangan maksimum (kuat desak maksimum) beton dengan rumus (4.4). Salah satu perhitungan untuk mencari kuat tekan benda uji silinder beton adalah sebagai berikut :

$$P = 448,1 \text{ KN}$$

$$= 448100 \text{ N}$$

$$d = 150 \text{ mm}$$

$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times 150^2 = 17671,46 \text{ mm}^2$$

$$f_c = \frac{P}{A} = \frac{448100}{17671,46} = 25,3573 \text{ MPa}$$

Hasil pengujian kuat tekan beton selengkapnya disajikan dalam table 5.1

Tabel 5.1 Hasil pengujian kuat tekan beton

Jenis beton	Kode benda uji	Beban maksimum (KN)	Luas tampang (mm^2)	Kuat tekan (MPa)	Kuat tekan rata-rata (MPa)
Normal	BN - 1	448,1	17671,46	25,3573	27,0191
	BN - 2	491,0	17671,46	27,7849	
	BN - 3	493,3	17671,46	27,9151	

Dari tabel 5.1 di atas terlihat adanya variasi kuat tekan beton berkisar pada 25,3573 MPa sampai dengan 27,9151 MPa. Setelah seluruh nilai kuat tekan dirata-

rata, maka didapatkan hasil sebesar 27,0191 MPa. Nilai yang dihasilkan lebih tinggi bila dibandingkan dengan kuat tekan yang direncanakan sebelumnya, yaitu 25 MPa.

Dari perhitungan perancangan adukan beton didapat berat jenis beton adalah 2300 Kg/m³. Dalam SK SNI-03-2847-2002 menyatakan bahwa beton normal adalah beton yang mempunyai berat jenis 2200 Kg/m³ sampai 2500 Kg/m³.

5.2 Pengujian Kuat Tarik Baja Tulangan

Pengujian kuat tarik baja tulangan ini dilakukan untuk mengetahui nilai tegangan baja pada saat mengalami kondisi leleh, nilai tegangan baja pada saat kondisi maksimum, dan untuk mengetahui modulus elastis dari baja tersebut. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan alat UTM (*Universal Testing Machine*) dan dihitung dengan persamaan (4.1), persamaan (4.2), dan persamaan (4.3).

Hasil pengujian kuat tarik baja dapat di lihat dalam tabel 5.2, tabel 5.3, tabel 5.4, dan tabel 5.5.

Tabel 5.2 Hasil pengujian kuat tarik baja tulangan ulir diameter 10 mm

Sampel	Diameter (mm)	Luas tampang (mm ²)	Beban leleh (N)	Beban maksimum (N)	Tegangan leleh (MPa)	Tegangan maksimum (MPa)
1	8,6782	59,1492	19700	28600	333,0561	483,5231
2	8,6407	58,6391	19600	28500	334,2479	486,0237
Rata-rata			19650	28550	333,6520	484,7734

E = 180478,1 MPa

Tabel 5.3 Hasil pengujian kuat tarik baja tulangan ulir diameter 13 mm

Sampel	Diameter (mm)	Luas tampang (mm ²)	Beban leleh (N)	Beban maksimum (N)	Tegangan leleh (MPa)	Tegangan maksimum (MPa)
1	11,9648	112,4338	35000	55750	311,2942	495,8473
2	11,9648	112,4338	37000	56250	329,0825	500,2943
Rata-rata			36000	56000	320,1884	498,0708

E = 210209,7 Mpa

Tabel 5.4 Hasil pengujian kuat tarik baja tulangan ulir diameter 16 mm

Sampel	Diameter (mm)	Luas tampang (mm ²)	Beban leleh (N)	Beban maksimum (N)	Tegangan leleh (MPa)	Tegangan maksimum (MPa)
1	10,3500	84,1337	41000	62000	487,3193	736,9219
2	10,4000	84,9486	42700	60000	502,6569	706,3095
Rata-rata			41850	61000	494,9881	721,6157

$E = 192829,9 \text{ Mpa}$

Tabel 5.5 Hasil pengujian kuat tarik baja tulangan polos diameter 12 mm

Sampel	Diameter (mm)	Luas tampang (mm ²)	Beban leleh (N)	Beban maksimum (N)	Tegangan leleh (MPa)	Tegangan maksimum (MPa)
1	11,3000	100,2874	33000	52750	329,0543	525,9883
2	11,3000	100,2874	34500	52500	344,0113	523,4954
Rata-rata			33750	52625	336,5328	524,7419

$E = 179047,7 \text{ MPa}$

Istimawan Dipohusodo dalam bukunya Struktur Beton Bertulang mengatakan modulus elastisitas baja tulangan ditentukan berdasarkan kemiringan awal kurva tegangan-regangan di daerah elastik dimana antara mutu baja yang satu dengan yang lainnya tidak banyak bervariasi. SK SNI T-15-1991-03 menetapkan angka modulus elastis untuk baja tulangan adalah 200.000 MPa. Dapat dilihat dari hasil pengujian tarik baja nilai modulus elastis baja bervariasi, ini mungkin disebabkan oleh kelalaian pada saat pengujian seperti pembacaan dial atau keterbatasan jumlah benda uji.

5.3 Hasil Pengujian Kuat Lekat Baja Tulangan dengan Beton Menggunakan Zat Perekat Sikadur[®] 31 CF Normal

5.3.1 Kuat lekat baja tulangan polos diameter 12 mm dengan beton menggunakan zat perekat Sikadur[®] 31 CF Normal

Pengujian *Pull out* antara baja tulangan polos diameter 12 mm dengan beton menggunakan benda uji sebanyak 3 buah dengan kedalaman penanaman 200 mm. Salah satu data benda uji adalah sebagai berikut :

Diameter nominal (db)	=	11,3 mm
Luas tampang baja (A)	=	100,2874 mm ²
Panjang penanaman (Ld)	=	200 mm
Jarak penjepitan (L ₀)	=	340 mm
Modulus elastis (E)	=	179047,7 MPa

Dari pengujian *pull out* diperoleh data seperti terlihat pada tabel 5.6

Tabel 5.6 Sesar beton dengan baja tulangan polos diameter 12 mm,
Ld = 200 mm.

P (Kg)	P (N)	Δ (mm) $\times 10^{-2}$	Δ_s (mm)	$\Delta_c = \Delta - \Delta_s$ (mm)
0	0	0	0	0
250	2500	63	0,047337	0,582662
500	5000	82	0,094675	0,725325
750	7500	98	0,142012	0,837988
1000	10000	111	0,189349	0,920650
1250	12500	132	0,236687	1,083313
1500	15000	144	0,284024	1,155976
1750	17500	158	0,331361	1,248638
2000	20000	170	0,378699	1,321301
2250	22500	186	0,426036	1,433964
2500	25000	200	0,473373	1,526626
2750	27500	211	0,520711	1,589289
3000	30000	227	0,568048	1,701952
3200	32000	271	0,605918	2,104082
3225	32250	405	0,610652	3,439348
3250	32500	498	0,615385	4,364614
3275	32750	700	0,620119	6,379881
3300	33000	940	0,624853	8,775147
3450	34500	1036	0,653255	9,706744
3475	34750	1215	0,657989	11,492011
3000	30000	1325	0,568048	12,681952
2750	27500	1335	0,520711	12,829289
2500	25000	1348	0,473373	13,006626
2250	22500	1378	0,426036	13,353964
2000	20000	1444	0,378699	14,061301
1975	19750	1648	0,373965	16,106035

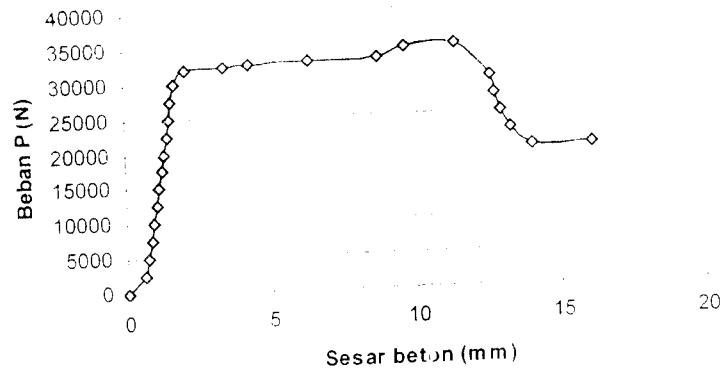
Dari tabel 5.6 di atas didapat kurva hubungan antara beban dan sesar beton seperti yang terlihat pada gambar 5.1. Regresi dari kurva tersebut memberikan persamaan:

$$y = 10112 x^2 + 1423,3 x - 579,16$$

Dengan:

y = Beban (N)

x = Sesar beton (mm)



Gambar 5.1 Kurva beban-sesar beton (baja tulangan polos diameter 12 mm.
Ld = 200 mm)

Dari persamaan regresi :

$$y = 10112 x^2 + 1423,3 x - 579,16$$

Dengan $x = 0,25$ mm diperoleh :

$$\begin{aligned} y &= 10112 (0,25^2) + 1423,3 (0,25) - 579,16 \\ &= 476,9303 \text{ N} \end{aligned}$$

$$P = Ld \cdot \pi \cdot d \cdot f_b$$

$$f_b = \frac{P}{\pi \cdot Ld \cdot db}$$

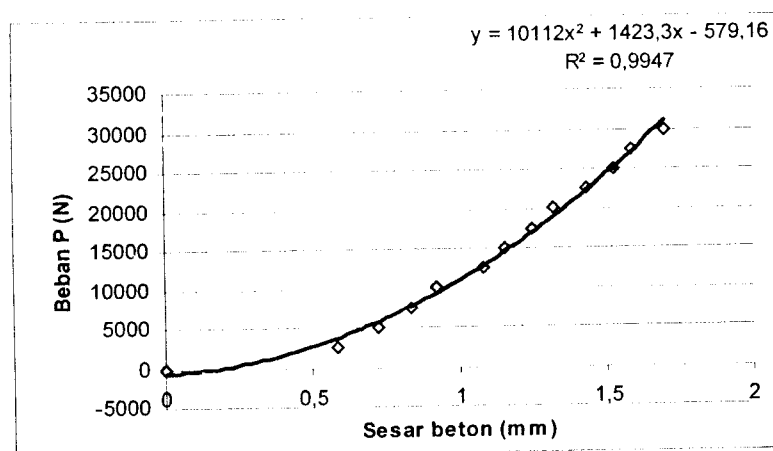
$$\begin{aligned} f_{b \text{ kritis}} &= \frac{476,9303}{\pi \cdot 200 \cdot 11,3} \\ &= 0,063255 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$Pluluh = 35118 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} f_{b \text{ luluh}} &= \frac{35118}{\pi \cdot 200 \cdot 11,3} \\ &= 4,657673 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$P_{maks} = 37817,13 \text{ N}$$

$$f_{b \text{ maks}} = \frac{37817,13}{\pi \cdot 200 \cdot 11,3} = 1035,762 \text{ MPa}$$



Gambar 5.2 Kurva beban-sesar beton kritis (baja tulangan polos diameter 12 mm, $L_d = 200$ mm)

Besarnya tegangan lekat pada benda uji diperoleh dari hasil pengujian tarik masing-masing benda uji dengan berbagai variasi. Pemberian beban tarik pada benda uji menyebabkan terjadinya slip antara baja tulangan dengan beton. Park dan Paulay mendefinisikan tegangan lekat kritis adalah nilai terkecil dari tegangan lekat yang menghasilkan sesar sebesar 0,05 mm pada ujung bebas atau 0,25 mm pada ujung yang dibebani. Samhardi (2000) menyimpulkan bahwa beban yang mengakibatkan sesar 0,25 mm pada ujung dibebani lebih kecil dibandingkan dengan beban pada sesar 0,05 mm pada ujung bebas, sehingga beban kritis yang digunakan untuk perhitungan tegangan lekat kritis didasarkan pada sesar 0,25 mm pada ujung yang dibebani.

Tegangan selengkapnya antara baja tulangan polos dengan diameter 12 mm panjang penanaman 200 mm dengan beton dapat dilihat pada tabel 5.7, tabel 5.8, dan tabel 5.9.

Tabel 5.7 Tegangan lekat kritis baja tulangan polos diameter 12 mm, $L_d = 200$ mm dengan beton

Benda uji	Beban pada sesar 0.25 mm (N)	db (mm)	Tegangan lekat (MPa)	Tegangan lekat rata-rata (MPa)	
				Tulangan direkatkan	Tulangan dicor langsung *
1	476,9303	11,3000	0,0633	0,0725	0,0428
2	493,3501	11,3000	0,0695		
3	571,0021	11,3000	0,0804		

* Tugas akhir Muhammad Arfian Nd (2008)

Tabel 5.8 Tegangan lekat saat luluh baja tulangan polos diameter 12 mm, Ld = 200 mm dengan beton

Benda uji	Beban pada saat baja luluh (N)	db (mm)	Tegangan lekat (MPa)	Tegangan lekat rata-rata
1	35118,0000	11,3000	4,6576	4,9923
2	36099,5000	11,3000	5,0344	
3	35118,0000	11,3000	4,9462	

Tabel 5.9 Tegangan lekat maksimum baja tulangan polos diameter 12 mm, Ld = 200 mm dengan beton

Benda uji	Beban maksimum (N)	db (mm)	Tegangan lekat (MPa)	Tegangan lekat rata-rata (MPa)	
				Tulangan direkatkan	Tulangan dicor langsung *
1	37817,1250	11,3000	5,0157	5,5129	4,7402
2	39780,1250	11,3000	5,6028		
3	39780,1250	11,3000	5,6028		

* Tugas akhir Muhammad Arfian Nd (2008)

Berdasarkan nilai yang diberikan pada tabel 5.7, tabel 5.8, dan tabel 5.9 dapat dilihat bahwa tegangan lekat rata-rata hasil pengujian lebih besar dibandingkan dengan nilai kuat lekat antara baja tulangan dan beton di cor bersamaan.

5.3.2 Kuat lekat baja tulangan ulir diameter 10 mm dengan beton menggunakan zat perekat Sikadur[®] 31 CF Normal

Pengujian *Pull out* antara baja tulangan ulir diameter 10 mm dengan beton menggunakan benda uji sebanyak 9 buah dengan kedalaman penanaman 100 mm, 150 mm, 200 mm. Salah satu data benda uji adalah sebagai berikut :

$$a = 1,1 \text{ mm}$$

$$c = 7,9 \text{ mm}$$

$$d'b = 8,3 \text{ mm}$$

$$d''b = 10,5 \text{ mm}$$

Maka:

$$\pi \frac{d_s'^2 - d_b'^2}{4} \approx \pi d_b' a$$

$$\pi \frac{10,5^2 - 8,3^2}{4} \approx \pi \cdot d_b \cdot l \cdot l$$

Diameter nominal (db)	= 9,4 mm
Luas tampang baja (A)	= 69,3977231 mm ²
Panjang penanaman (Ld)	= 100 mm
Jarak penjepitan (L ₀)	= 350 mm
Modulus elastis (E)	= 180478,146 MPa

Dari pengujian *pull out* diperoleh data seperti terlihat pada table 5.10.

Tabel 5.10 Sesar beton dengan baja tulangan ulir diameter 10 mm,
Ld = 100 mm

P (Kg)	P (N)	Δ (mm) $\times 10^{-1}$	Δ_s (mm)	$\Delta_c = \Delta - \Delta_s$ (mm)
0	0	0	0	0
250	2500	89	0,067866	0,822134
500	5000	120	0,135731	1,064268
750	7500	135	0,203597	1,146403
1000	10000	168	0,271462	1,408537
1250	12500	208	0,339328	1,740672
1500	15000	230	0,407193	1,892806
1750	17500	265	0,475059	2,174941
2000	20000	305	0,542924	2,507075
2050	20500	350	0,556497	2,943502
2100	21000	830	0,570070	7,729929
2150	21500	1120	0,583643	10,616356
2250	22500	1225	0,610790	11,639210
2500	25000	1672	0,678655	16,041344
2750	27500	2365	0,746521	22,903479
2850	28500	2855	0,773667	27,776333
2900	29000	3095	0,787240	30,162760
2975	29750	3380	0,807600	32,992400
3000	30000	3680	0,814386	35,985613
3025	30250	4230	0,821173	41,478827
3050	30500	4600	0,827959	45,172040
3000	30000	4900	0,814386	48,185613
2750	27500	4950	0,746521	48,753479
2500	25000	5000	0,678655	49,321344
2250	22500	5500	0,610790	54,389210
2000	20000	6000	0,542924	59,457075
1750	17500	6040	0,475059	59,924941
1500	15000	7025	0,407193	69,842806
1400	14000	7535	0,380047	74,969953

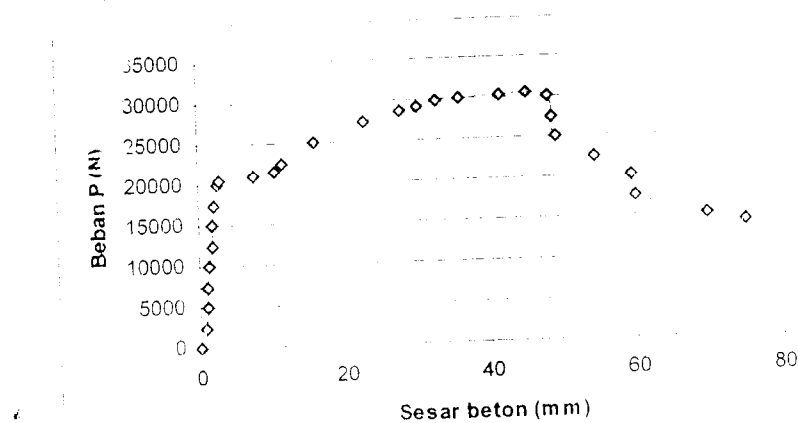
Dari tabel 5.10 di atas didapat kurva hubungan antara beban dan sesar beton seperti yang terlihat pada gambar 5.3. Regresi dari kurva tersebut memberikan persamaan :

$$y = 1546.1 x^2 + 4810.9 x - 724.77$$

Dengan :

$$y = \text{Beban (N)}$$

$$x = \text{Sesar beton (mm)}$$



Gambar 5.3 Kurva beban-sesar beton (baja tulangan ulir diameter 10 mm, $L_d = 100$ mm)

Dari persamaan regresi :

$$y = 1546.1 x^2 + 4810.9 x - 724.77$$

Dengan $x = 0.25$ mm diperoleh :

$$\begin{aligned} y &= 1546.1 (0.25^2) + 4810.9 (0.25) - 724.77 \\ &= 574.5863 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\Delta T = \pi \cdot d_b \cdot a \cdot f_b$$

$$f_b = \frac{\Delta T}{\pi \cdot d_b \cdot a}$$

$$vc = \frac{a}{c} \cdot f_b$$

$$f_{b \text{ kritis}} = \frac{574,5853}{\pi \cdot 9,4 \cdot 1,1} = 20,6435 \text{ MPa}$$

$$v_{c \text{ kritis}} = \frac{1,1}{7,9} 20,6435 = 2,8743 \text{ MPa}$$

$$P_{luluh} = 23830,75 \text{ N}$$

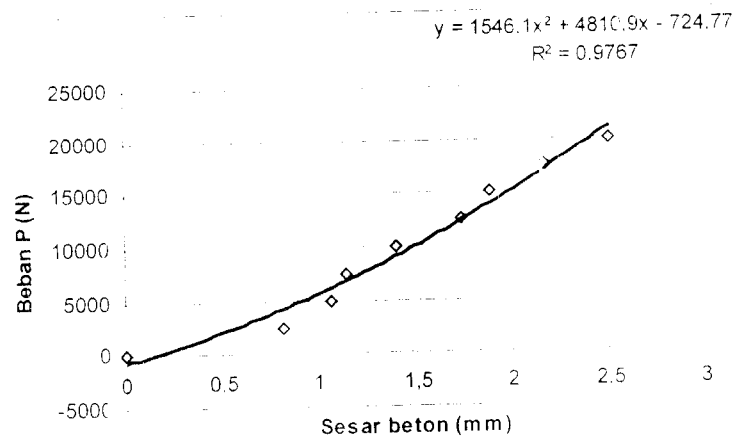
$$f_{b \text{ luluh}} = \frac{23830,75}{\pi \cdot 9,4 \cdot 1,1} = 733,6141 \text{ MPa}$$

$$v_{c \text{ luluh}} = \frac{1,1}{7,9} 733,6141 = 102,1488 \text{ MPa}$$

$$P_{maks} = 33645,75 \text{ N}$$

$$f_{b \text{ maks}} = \frac{33645,75}{\pi \cdot 9,4 \cdot 1,1} = 1035,762 \text{ MPa}$$

$$v_{c \text{ maks}} = \frac{1,1}{7,9} 33645,75 = 144,2201 \text{ MPa}$$



Gambar 5.4 Kurva beban-sesar beton kritis (baja tulangan ulir diameter 10 mm, $L_d = 100$ mm)

Tegangan lekat yang didapatkan dari perhitungan merupakan tegangan lekat yang terjadi diantara dua ulir. Tegangan lekat yang sebenarnya adalah tegangan lekat yang terjadi disepanjang baja tulangan yang tertanam atau yang terselimuti oleh beton. Ini didapatkan dengan cara membagi tegangan lekat yang terjadi diantara dua

ulir dengan hasil pembagian antara panjang tulangan yang tertanam dalam beton dengan jarak antar puncak ulir.

Tegangan lekat rata-rata selengkapnya antara baja tulangan ulir diameter 10 mm panjang penanaman 100 mm, 150 mm, 200 mm, dengan beton dapat dilihat pada tabel 5.11, tabel 5.12, dan tabel 5.13.

Tabel 5.11 Tegangan lekat kritis baja tulangan ulir diameter 10 mm.

Beban pada sesar 0.25 mm (N)	a (mm)	c (mm)	db (mm)	Ld (mm)	Tegangan lekat rata-rata (Mpa)	
					Tulangan direkatkan	Tulangan dicor langsung *
645,5104	1,1	7,9	9,4	100	0,2186	0,1906
1039,7060	1,1	7,9	9,4	150	0,2347	0,2355
4270,6042	1,1	7,9	9,4	200	0,2373	0,2569

* Tugas akhir Muhammad Arfian Nd (2008)

Tabel 5.12 Tegangan lekat saat baja luluh baja tulangan ulir diameter 10 mm.

Beban pada saat baja luluh (N)	a (mm)	c (mm)	db (mm)	Ld (mm)	Tegangan lekat rata-rata (Mpa)	
					Tulangan direkatkan	Tulangan dicor langsung *
23242,8300	1,1	7,9	9,4	100	7,8707	7,6416
20811,5700	1,1	7,9	9,4	150	4,6938	5,0875
22464,7500	1,1	7,9	9,4	200	3,8036	3,6554

* Tugas akhir Muhammad Arfian Nd (2008)

Tabel 5.13 Tegangan lekat maksimum baja tulangan ulir diameter 10 mm.

Beban maksimum (N)	a (mm)	c (mm)	db (mm)	Ld (mm)	Tegangan lekat rata-rata (Mpa)	
					Tulangan direkatkan	Tulangan dicor langsung *
33549,9000	1,1	7,9	9,4	100	9,7731	9,9254
29719,7500	1,1	7,9	9,4	150	6,7093	6,7831
33546,3000	1,1	7,9	9,4	200	5,6799	5,1566

* Tugas akhir Muhammad Arfian Nd (2008)

5.3.3 Kuat lekat baja tulangan ulir diameter 13 mm dengan beton menggunakan zat perekat Sikadur[®] 31 CF Normal

Pengujian *Pull out* antara baja tulangan ulir diameter 13 mm dengan beton menggunakan benda uji sebanyak 9 buah dengan kedalaman penanaman 100 mm, 150 mm, 200 mm. Cara dan langkah perhitungan sama dengan perhitungan baja tulangan ulir diameter 10 mm. Tegangan lekat selengkapnya antara baja tulangan ulir diameter 13 mm panjang penanaman 100 mm, 150 mm, 200 mm dengan beton dapat dilihat pada tabel 5.14, tabel 5.15, dan tabel 5.16.

Tabel 5.14 Tegangan lekat kritis baja tulangan ulir diameter 13 mm.

Beban pada sesar 0.25 mm (N)	a (mm)	c (mm)	db (mm)	Ld (mm)	Tegangan lekat rata-rata (MPa)	
					Tulangan direkatkan	Tulangan dicor langsung *
864,7223	1,2	9,7	12,6	100	0,2185	0,2321
1853,5061	1,2	9,7	12,6	150	0,3122	0,2625
2435,2400	1,2	9,7	12,6	200	0,3076	0,3076

* Tugas akhir Muhammad Arfian Nd (2008)

Tabel 5.15 Tegangan lekat saat baja luluh baja tulangan ulir diameter 13 mm.

Beban pada saat baja luluh (N)	a (mm)	c (mm)	db (mm)	Ld (mm)	Tegangan lekat rata-rata (MPa)	
					Tulangan direkatkan	Tulangan dicor langsung *
35067,13	1,2	9,7	12,6	100	8,8589	8,8718
20811,57	1,2	9,7	12,6	150	5,9309	6,1487
35557,93	1,2	9,7	12,6	200	4,4914	4,4772

* Tugas akhir Muhammad Arfian Nd (2008)

Tabel 5.16 Tegangan lekat maksimum baja tulangan ulir diameter 13 mm.

Beban maksimum (N)	a (mm)	c (mm)	db (mm)	Ld (mm)	Tegangan lekat rata-rata (MPa)	
					Tulangan direkatkan	Tulangan dicor langsung *
40761,6250	1,2	9,7	12,6	100	10,2975	11,6318
54658,0000	1,2	9,7	12,6	150	9,2054	9,2054
56149,0000	1,2	9,7	12,6	200	6,6215	6,8622

* Tugas akhir Muhammad Arfian Nd (2008)

5.3.4 Kuat lekat baja tulangan ulir diameter 16 mm dengan beton menggunakan zat perekat Sikadur³ 31 CF Normal

Pengujian *Pull out* antara baja tulangan ulir diameter 16 mm dengan beton menggunakan benda uji sebanyak 9 buah dengan kedalaman penanaman 100 mm, 150 mm, 200 mm. Cara dan langkah perhitungan sama dengan perhitungan baja tulangan ulir diameter 10 mm. Tegangan lekat selengkapnya antara baja tulangan ulir diameter 16 mm panjang penanaman 100 mm, 150 mm, 200 mm dengan beton dapat dilihat pada tabel 5.17, tabel 5.18, dan tabel 5.19.

Tabel 5.17 Tegangan lekat kritis baja tulangan ulir diameter 16 mm.

Beban pada sesar 0.25 mm (N)	a (mm)	c (mm)	db (mm)	Ld (mm)	Tegangan lekat rata-rata (MPa)	
					Tulangan direkatkan	Tulangan dicor langsung *
1369,3341	1,55	14,65	15,55	100	0,2803	0,3177
2831,2593	1,55	14,65	15,55	150	0,2490	0,3940
1824,7762	1,55	14,65	15,55	200	0,2898	0,3418

* Tugas akhir Muhammad Arfian Nd (2008)

Tabel 5.18 Tegangan lekat saat baja luluh baja tulangan ulir diameter 16 mm.

Beban pada saat baja luluh (N)	a (mm)	c (mm)	db (mm)	Ld (mm)	Tegangan lekat rata-rata (MPa)	
					Tulangan direkatkan	Tulangan dicor langsung *
61491,75	1,55	14,65	15,55	200	6,2937	6,2556

* Tugas akhir Muhammad Arfian Nd (2008)

Tabel 5.19 Tegangan lekat maksimum baja tulangan ulir diameter 16 mm.

Beban maksimum (N)	a (mm)	c (mm)	db (mm)	Ld (mm)	Tegangan lekat rata-rata (MPa)	
					Tulangan direkatkan	Tulangan dicor langsung *
45715,2334	1,55	14,65	15,55	100	9,3580	11,001
77413,9000	1,55	14,65	15,55	150	8,3238	9,6396
47948,5000	1,55	14,65	15,55	200	7,9234	8,4085

* Tugas akhir Muhammad Arfian Nd (2008)

5.4 Hubungan Panjang Penyaluran Terhadap Tegangan Lekat

Panjang penyaluran adalah panjang yang diperlukan untuk mengembangkan tegangan baja hingga mencapai tegangan luluh, merupakan fungsi dari tegangan leleh, diameter, dan tegangan lekat baja tulangan dengan beton. Panjang penyaluran menentukan tahanan terhadap tergelincirnya tulangan dari ikatan dengan beton. Agar batang dapat menyalurkan gaya sepenuhnya melalui ikatan, maka baja harus tertanam di dalam beton hingga suatu kedalaman tertentu yang dinyatakan dengan panjang penyaluran.

Sehingga dalam perencanaan panjang penyaluran di gunakan tegangan lekat saat baja tulangan mencapai luluh. Sedangkan tegangan lekat bervariasi saat baja tulangan menacapai luluh dengan diameter yang sama. Ini disebabkan oleh luas bidang kontak baja tulangan dengan beton juga bervariasi, sedangkan gaya yang di butuhkan untuk mencapai baja tulangan hingga luluh relatif sama untuk setiap baja tulangan dengan diameter dan mutu yang sama. Maka untuk memudahkan dalam perhitungan diambil tegangan lekat per satuan panjang (10 mm) panjang penyaluran.

Tabel 5.20 Tegangan lekat per satu sentimeter baja tulangan ulir diameter 10 mm

Ld (mm)	A _{lekat} (mm ²)	fb rata-rata (MPa)	fb, Ld=10 mm (N/mm)	fb, Ld=10 mm rata-rata (N/mm)
100	2953,0946	7,8707	78,7067	75,0841
150	4429,6419	4,6983	70,4738	
200	5906,1892	3,8036	76,0719	

$$P_y = A_s \cdot f_y$$

$$= A_{lekat} \cdot f_b$$

$$A_s \cdot f_y = A_{lekat} \cdot f_b$$

$$= \pi \cdot d_b \cdot L_d \cdot f_b$$

$$\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot db^2 \cdot fy = \pi \cdot db \cdot Ld \cdot fb$$

$$\begin{aligned} Ld &= \frac{\frac{1}{4} \cdot db \cdot fy}{fb} \\ &= \frac{\frac{1}{4} \cdot 9,4 \cdot 333,6520}{75,0841} \\ &= 109,0967 \text{ mm} \end{aligned}$$

Tabel 5.21 Tegangan lekat per satu sentimeter baja tulangan ulir diameter 13 mm

Ld (mm)	A _{lekat} (mm ²)	fb rata-rata (MPa)	fb, Ld=10 mm (N/mm)	fb, Ld=10 mm rata-rata (N/mm)
100	3958,4034	8,8589	88,5891	89,1271
150	5937,6051	5,9309	88,9633	
200	7916,8068	4,4914	89,8290	

$$\begin{aligned} Ld &= \frac{\frac{1}{4} \cdot db \cdot fy}{fb} \\ &= \frac{\frac{1}{4} \cdot 12,6 \cdot 320,1884}{89,1271} \\ &= 114,878 \text{ mm} \end{aligned}$$

Tabel 5.22 Tegangan lekat per satu sentimeter baja tulangan ulir diameter 16 mm

Ld (mm)	A _{lekat} (mm ²)	fb rata-rata (N/mm)	fb, Ld=10 mm (N/mm)
200	9770,3449	6,2937	125,8743

$$\begin{aligned} Ld &= \frac{\frac{1}{4} \cdot db \cdot fy}{fb} \\ &= \frac{\frac{1}{4} \cdot 15,6 \cdot 494,9881}{125,8743} \end{aligned}$$

$$= 140,0964 \text{ mm}$$

Panjang penyaluran yang didapatkan dari masing-masing diameter tulangan dibandingkan dengan syarat yang di berikan oleh SKSNI T-15-1991-03 pasal 3.5.2 untuk baja tulangan ulir dengan diameter kurang dari 36 mm.

Tabel 5.23 Perbandingan panjang penyaluran eksperimen dengan SKSNI T-15-1991-03

Diameter (mm)	Panjang penyaluran, Ld (mm)			
	Pengujian		SKSNI T-15-1991-03	
	Tulangan dicor langsung *	Tulangan direkatkan	$(0,02 A_b f_y) / \sqrt{f'_c} \leq 0,06 d_b f_y$	Syarat minimum
10	108,8012	109,0964	196,5948	300
13	113,4586	114,8780	245,7296	300
16	138,8582	140,0964	423,6077	300

* Tugas akhir Muhammad Arfian Nd (2008)

Berdasarkan nilai yang diberikan pada tabel 5.23 dapat dilihat bahwa panjang penyaluran yang hasil pengujian baja tulangan yang di rekatkan dengan beton menggunakan zat perekat Sikadur[®] 31 CF Normal menghasilkan panjang penyaluran yang relatif sama dengan baja tulangan yang di cor bersamaan dengan betonnya. Ini menunjukkan bahwa tegangan lekat yang dihasilkan metode pelaksanaan perbaikan struktur dengan cara pemberian Sikadur[®] 31 CF Normal sama baiknya dengan tegangan lekat yang dihasilkan oleh baja tulangan yang di cor langsung bersamaan dengan betonnya. Sedangkan jika dibandingkan dengan SKSNI T-15-1991-03 pasal 3.5.2 dapat dilihat bahwa nilai yang disyaratkan lebih besar 2 kali hingga 3 kali jika dibandingkan dengan hasil pengujian. Ini berarti SKSNI T-15-1991-03 memberikan nilai 2 kali sebagai nilai *safety factor*. Nilai *safety factor* tersebut dalam rangka untuk memperhitungkan kelembaban udara dan kemungkinan terdapatnya udara yang terperangkap di bawah tulangan, yang mempengaruhi kekuatan (daya) lekat sehingga memungkinkan terjadinya penggelinciran sewaktu menahan beban yang tidak begitu besar.

5.5 Ragam Kegagalan

Setelah pengujian *pull out* dilakukan, dilakukan pengamatan terhadap kerusakan yang terjadi pada benda uji. Dari pengamatan terdapat dua jenis kerusakan yang paling banyak terjadi pada benda uji, yaitu:

1. Kegagalan lekatan pada baja tulangan (ragam kegagalan baja tulangan).

Kegagalan ini ditandai dengan terlepasnya baja tulangan dari zat perekat Sikadur 31 CF Normal. Secara visual dapat dilihat bahwa zat perekat Sikadur[®] 31 CF Normal masih menempel pada beton silinder.

2. Kegagalan lekatan pada beton (ragam kegagalan beton).

Berbeda dengan kegagalan pada baja tulangan, kegagalan ini ditandai dengan terlepasnya baja tulangan beserta zat perekat Sikadur[®] 31 CF Normal dari beton akibat *pull out test*. Secara visual dapat dilihat bahwa zat perekat Sikadur[®] 31 CF Normal menempel pada baja tulangan yang sudah tercabut.

Berikut akan disajikan bentuk-bentuk kegagalan dari berbagai variasi diameter baja tulangan dan panjang penyaluran (tabel 5.24).

Tabel 5.24 Jenis kegagalan yang terjadi setelah dilakukan pengujian

Diameter Tulangan (mm)	Panjang Penyaluran, Ld (mm)	Ragam Kegagalan	Keterangan Baja
D 10	100	Beton	Tidak putus
		Beton	Tidak putus
		Baja tulangan	Putus
	150	Baja tulangan	Putus
		Baja tulangan	Putus
		Baja tulangan	Putus
	200	Baja tulangan	Putus
		Baja tulangan	Putus
		Baja tulangan	Putus
D 13	100	Beton	Tidak putus
		Beton	Tidak putus
		Beton	Tidak putus
	150	Baja tulangan	Putus
		Baja tulangan	Putus
		Beton	Putus
	200	Baja tulangan	Tidak putus
		Baja tulangan	Putus
		Baja tulangan	Tidak putus
D 16	100	Beton	Tidak putus
		Beton	Tidak putus
		Beton	Tidak putus
	150	Beton	Tidak putus
		Beton	Tidak putus
		Beton	Tidak putus
	200	Beton	Tidak putus
		Beton	Tidak putus
		Beton	Tidak putus
P 12	200	Baja tulangan	Tidak putus
		Baja tulangan	Tidak putus
		Baja tulangan	Tidak putus

Baja tulangan polos memiliki kuat lekat jauh lebih kecil dari pada baja tulangan ulir dengan panjang penyaluran dan diameter yang sama, ini dikarenakan bahwa baja tulangan ulir mempunyai tonjolan-tonjolan terhadap beton sehingga dapat meningkatkan kapasitas lekatannya yang menahan gaya tarik keluar, sedangkan untuk baja tulangan polos hanya mengandalkan luas permukaan atas gesekan dan adhesi. Dari tabel 5.24 dapat dilihat bahawa tipe kegagalan yang terjadi pada baja tulangan

polos diameter 12 mm adalah tipe kegagalan lekatan pada baja tulangan dan baja tulangan tidak putus. Sedangkan baja tulangan ulir diameter 10 mm dan 13 mm dengan panjang penyaluran 200 mm mengalami tipe kegagalan yang sama tapi baja tulangan putus. Dengan kata lain bahwa beban yang di diperlukan untuk mencabut baja tulangan polos lebih kecil dari pada beban maksimum baja tulangan.

Dari tabel 5.24 dapat dilihat bahwa semua benda uji baja tulangan ulir dengan panjang penyaluran 100 mm mengalami kegagalan pada beton. Pada panjang penyaluran yang lainnya, yaitu 150 mm dan 200 mm mengalami kegagalan lekatan terhadap baja tulangan pada baja tulangan ulir dengan diameter 10 mm dan 13 mm dan baja tulangan polos dengan diameter 12 mm ,sedangkan untuk baja tulangan ulir diameter 16 mm mengalami kegagalan lekatan terhadap beton. Ini mungkin disebabkan oleh lubang yang dibuat pada beton kurang besar, sehingga bidang kontak antara zat perekat Sikadur[®] 31 CF Normal dengan beton tidak mencukupi untuk menahan gaya cabut yang diberikan pada tulangan atau pada saat memasukkan zat perekat tidak merata hingga pada dasar lubang karena pelaksanaan pada penelitian ini hanya menggunakan metode manual. Pada penelitian ini besarnya lubang yang dibuat pada beton silinder untuk memasukkan baja tulangan lebih besar 4 mm dari diameter tulangan. PT. Sika Indonesia mensyaratkan tebal minimum Sikadur[®] 31 CF Normal sebagai perekat adalah 2 mm lebih besar dari diameter baja tulangan.

Dilihat dari tipe kagalannya, jenis kegagalan lekatan pada baja tulangan mengakibatkan putusnya baja tulangan, karena beban yang di perlukan untuk melepaskan baja tulangan dengan zat perekat Sikadur[®] 31 CF Normal memerlukan beban yang lebih besar dari pada beban untuk melepaskan zat perekat Sikadur[®] 31 CF Normal dengan beton. Ini menunjukkan bahwa zat perekat Sikadur[®] 31 CF Normal memiliki kuat lekat yang lebih besar terhadap tulangan dari pada lekatannya terhadap beton.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Dasar perancangan struktur untuk menentukan panjang penyaluran adalah tegangan lekat pada saat baja mencapai luluh.
2. Tegangan lekat yang dihasilkan oleh baja tulangan polos lebih kecil dari pada baja tulangan ulir karena baja tulangan ulir mengandalkan baji (tonjolan-tonjolan) terhadap beton sehingga dapat meningkatkan kapasitas lekatannya, sedangkan baja tulangan polos hanya mengandalkan luas permukaan atas gesekan dan adhesi.
3. Tegangan lekat kritis relatif sama untuk setiap panjang penyaluran yang berbeda dengan diameter baja tulangan yang sama.
4. Tegangan lekat kritis relatif sama untuk setiap panjang penyaluran yang berbeda dan diameter baja tulangan yang berbeda juga.
5. Tegangan lekat saat baja luluh semakin kecil sesuai dengan pertambahan panjang penyaluran pada diameter baja tulangan yang sama. Ini disebabkan oleh gaya yang di butuhkan untuk mencapai baja tulangan hingga luluh relatif sama untuk setiap baja tulangan dengan diameter dan mutu yang sama, sedangkan luas selimut baja yang tertanam bervariasi sesuai dengan panjang penyalurannya.
6. Semakin panjang panjang penyaluran yang diberikan pada baja tulangan dengan diameter yang sama, maka semakin kecil pula sesar beton yang terjadi.

7. Sesar beton yang dihasilkan baja tulangan polos lebih besar dari pada baja tulangan ulir dengan diameter dan panjang penyaluran yang sama.
8. Tegangan lekat yang dihasilkan metode pelaksanaan perbaikan struktur dengan cara pemberian Sikadur[®] 31 CF Normal sama baiknya dengan tegangan lekat yang dihasilkan oleh baja tulangan yang di cor langsung bersamaan dengan betonnya. Ditandai dengan besar tegangan lekat yang sama dan besarnya panjang penyaluran yang dibutuhkan untuk setiap diameter baja tulangan.
9. Lekatan antara zat perekat Sikadur[®] 31 CF Normal dengan baja tulangan lebih baik dibandingkan dengan lekatan antara zat perekat Sikadur[®] 31 CF Normal dengan beton. Ditandai dengan tipe kegagalan lekatan baja tulangan dengan zat perekat baja tulangan putus.

6.2 Saran

Dari hasil penelitian yang dilakukan, ada beberapa saran yang diharapkan mampu melengkapi penelitian lebih lanjut, antara lain:

1. Penelitian lebih lanjut mengenai lekatan beton dan baja tulangan dengan zat perekat perlu dilakukan dengan variasi mutu beton dan ketebalan zat perekat.
2. Perlu diadakan penelitian benda uji berupa balok kemudian ditakik pada daerah tarik dan ditambahkan baja tulangan dengan memberikan zat perekat dengan pengujian lentur.
3. Perlu diadakan penelitian lebih lanjut mengenai lekatan beton dan baja tulangan dengan zat perekat tentang distribusi gaya dengan menggunakan dua atau lebih baja tulangan.

4. Untuk mendapatkan lekatan *epoxy* Sikadur[®] 31 CF Normal yang baik, perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut:
 - a. Pencampuran dua bagian bahan penyusun dilakukan dengan benar, yaitu sesuai dengan perbandingan campuran dan pengadukan hingga merata
 - b. Persiapan permukaan kontak baik beton maupun baja tulangan dilakukan sesuai dengan metoda yang dianjurkan misalnya *sandblast*.
 - c. Campuran *epoxy* yang dibuat harus diperhitungkan volumenya sehingga waktu yang dibutuhkan untuk penempelan tulangan tidak melebihi *pot life* (selang waktu sejak campuran *epoxy* dibuat sampai mulai mengeras). Hal ini untuk mencegah pemborosan karena *epoxy* yang sudah mengeras tidak dapat dipakai lagi.

DAFTAR PUSTAKA

- Nawy,E.G., 1990,“BETON BERTULANG SUATU PENDEKATAN DASAR“, Eresco, Bandung.
- _____, 1991, ”SK SNI T-15-1990-03, TATA CARA PERHITUNGAN STRUKTUR BETON UNTUK BANGUNAN GEDUNG”, Departemen Pekerjaan Umum, Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung.
- _____, 2005, ”BUKU PEDOMAN TUGAS AKHIR DAN PRAKTEK KERJA”, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Istimawan Dipohusodo, 1994, “STRUKTUR BETON BERTULANG“, Gramedia, Jakarta.
- Kardiyono Tjokrodinuljo, 1992, “TEKNOLOGI BETON“, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Gadjah Mada.
- Park, R. And Paulay, T., 1975, “REINFORCED CONCRETE STRUCTURES“, Jhon Wiley and Sons, Inc.,New York.
- Wang, C.K. and Salmon, C.G., (alih bahasa : Binsar Hariandja), 1993, ”DISAIN BETON BERTULANG“, Erlangga, Jakarta.
- McCormac, Jack.C., 2000, “DISAIN BETON BERTULANG“, Erlangga, Jakarta.
- Winter,G and Nilson, A.H., 1993, “ PERENCANAAN STRUKTUR BETON BERTULANG“, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Murdock,L.J and Brook,K.M., (alih bahasa : Stepanus Hendarko), 1991,“BAHAN DAN PRAKTEK BETON“,Erlangga, Jakarta.
- Vis W.C and Kusuma Gideon, 1990, “DASAR-DASAR PERENCANAAN BETON BERTULANG“,Erlangga, Jakarta.
- Arfian Nurdhiansyah, Muhammad., 2008, Tugas Akhir S1, “TINJAUAN TEGANGAN LEKAT BAJA TULANGAN ULIR (DEFORMED) DENGAN BERBAGAI VARIASI DIAMETER DAN PANJANG PENYALURAN PADA BETON NORMAL “, FTSP-Ull, Yogyakarta.

Kurniawati, Rina dan Winarni, 2000, Tugas Akhir S1, "PRILAKU LEKATAN TULANGAN DEFORM PADA BETON SERAT BENDRAT", FTSP-UII, Yogyakarta.

Zulkifli dan Amir, 2001, Tugas Akhir S1, "KOMPARASI KUAT LEKAT BETON DENGAN VARIASI KUAT DESAK BETON TERHADAP BAJA TULANGAN", FTSP-UII, Yogyakarta.

LAMPIRAN 1

(Hasil Pemeriksaan Agregat)



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jln. Kaliurang Km 14,4 Tlp (0274)895707,895042 fax :(0274) 895330 Yogyakarta 55584

HASIL PEMERIKSAAN KADAR LUMPUR PASIR LEWAT AYAKAN NO.200

No. / Ka. Ops / LBKT / / 2007

Penguji : Riki Emillianto
Pasir asal : Merapi, Kaliurang
Keperluan : Tugas Akhir

Di uji tanggal : 30 Mei 2007

Uraian	Contoh 1	Contoh 2	Rata-rata
Berat agregat kering oven, gram (W1)	475	482	478,5
Berat agregat kering oven setelah dicuci, gram (W2)	468	470	469
Berat yang lewat ayakan No.200, persen $((W1 - W2) / W1) * 100\%$	1,47	2,49	1,99

Keterangan :

Menurut PUBLI - 1982 berat yang lewat ayakan no.200 (0.075 mm) :

- Untuk pasir maksimum 5% (lima persen)
- Untuk krikil maksimum 1% (satu persen)

Disahkan

Yogyakarta, 30 Mei 2007

Dikerjakan oleh

Riki Emillianto



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jln. Kaliurang Km 14.4 Tlp (0274)895707,895042 fax :(0274) 895330 Yogyakarta 55584

DATA MODULUS HALUS BUTIR (MHB) / ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS

No. / Ka. Ops / LBKT / / 2007

Penguji : Riki Emillianto
Krikil asal : Merapi
Keperluan : Tugas Akhir

Di uji tanggal : 1 Juni 2007

Lubang ayakan (mm)	Berat tertinggal (gram)	Berat tertinggal (%)	Berat tertinggal kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
10	0	0	0	100
4,80	2	0,100	0,100	99,900
2,40	102	5,100	5,200	94,800
1,20	370,5	18,525	23,725	76,275
0,60	473,9	23,695	47,420	52,580
0,30	500	25,000	72,420	27,580
0,15	438,7	21,935	94,355	5,645
Sisa	112,9	5,645	-	-
Jumlah	2000	100,000	243,220	-

Keterangan : Modulus Halus Butir (MHB) = $243,22/100 = 2,4322$

Disahkan

Yogyakarta, 1 Juni 2007
Dikerjakan olen

Riki Emillianto



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jln. Kaliurang Km 14,4 Tlp (0274)895707,895042 fax :(0274) 895330 Yogyakarta 55584

GRADASI PASIR

Lubang ayakan (mm)	Persen butir agregat yang lewat ayakan			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
10	100	100	100	100
4,80	90-100	90-100	90-100	95-100
2,40	60-95	75-100	85-100	95-100
1,20	30-70	55-90	75-100	90-100
0,60	15-34	35-59	60-79	80-100
0,30	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

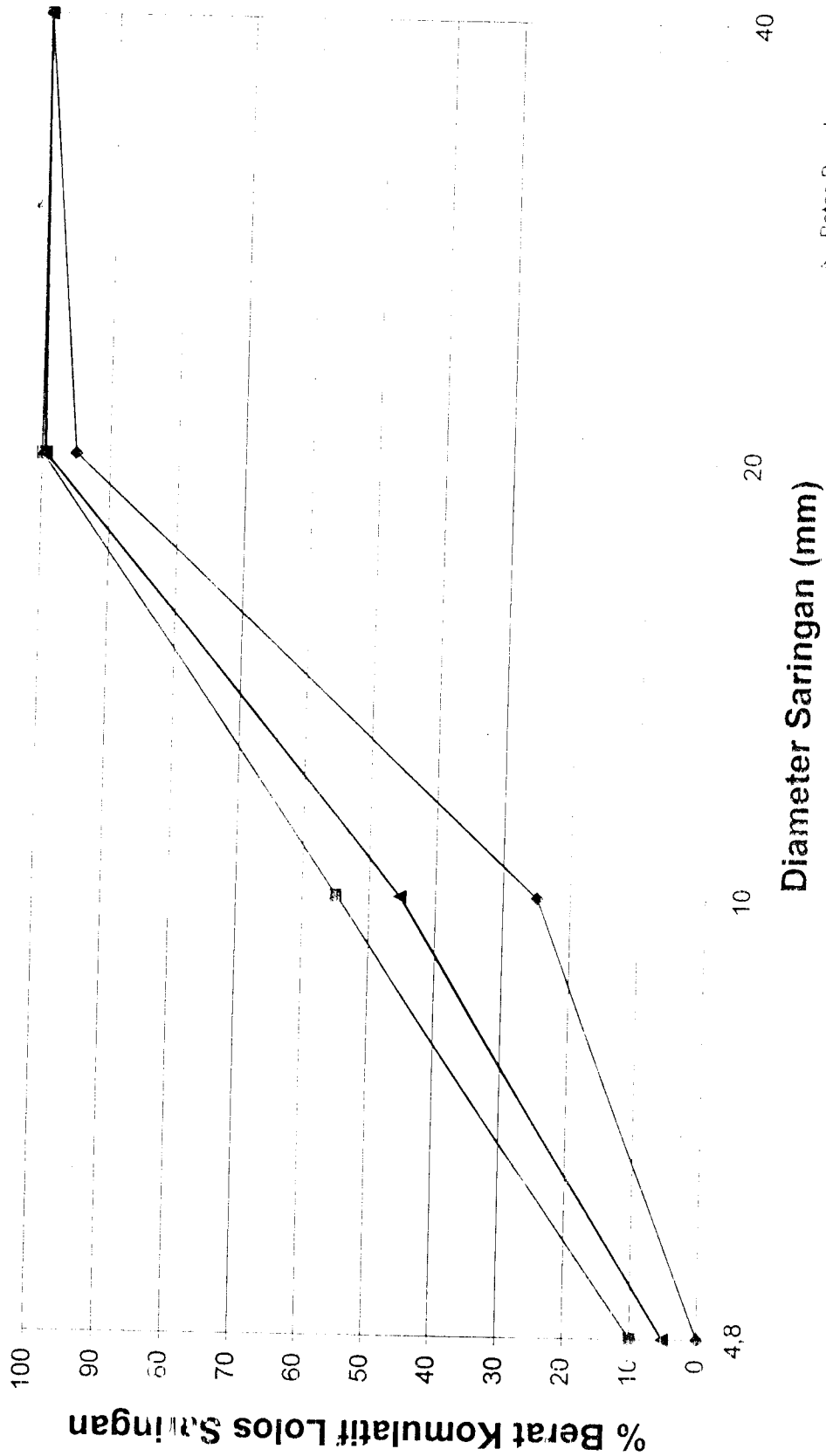
Keterangan : Daerah I : Pasir kasar
Daerah II : Pasir agak kasar
Daerah III : Pasir agak halus
Daerah IV : Pasir halus

Dari Hasil analisa saringan, maka termasuk daerah : 2 (dua)
Jenis Pasir : agak kasar

Yogyakarta, 1 Juni 2007
Dikerjakan oleh

Riki Emillianto

KURVA GRADASI KRIKIL



LAMPIRAN 3

(Perancangan Adukan Beton)

PERANCANGAN ADUKAN BETON
METODE DOE

Untuk 1 m³ beton

No	Uraian	Jumlah
1.	Juat tekan yang disyaratkan pada umur 28 hari	25 MPa
2.	Deviasi standar (S)	5,6 MPa
3.	Nilai tambah (M)	9,184 Mpa
4.	Kuat tekan yang direncanakan (f'_{cr})	34,184 Mpa
5.	Jenis Semen	PC Tipe 1
6.	Jenis Agregat kasar	Batu pecah
	Jenis Agregat halus	Alami
7.	Faktor air semen (Dipakai)	0,458
8.	Faktor air semen max	0,6
9.	Nilai Slump	10 cm
10.	Ukuran max agregat kasar	20 mm
11.	Kebutuhan air	225 lt
12.	Kebutuhan semen Portland (Dipakai)	491,266 Kg
13.	Kebutuhan semen Portland min	325 Kg
14.	Daerah gradasi agregat halus	Daerah 2
15.	Persen agregat halus terhadap campuran	44 %
16.	Berat jenis agregat campuran	2,56 t/m ³
17.	Berat jenis beton	2300 Kg/m ³
18.	Kebutuhan Agregat	1583,734 Kg/m ³
19.	Kebutuhan Agregat halus	696,843 Kg/m ³
20.	Kebutuhan Agregat kasar	886,891 Kg/m ³

LAMPIRAN 4

(Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton)



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jln. Kaliurang Km 14,4 Tlp (0274)895707,895042 fax :(0274) 895330 Yogyakarta 55584

HASIL PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON

No. / Ka. Ops / LBKT / / 2007

Penguji : Riki Emillianto
Keperluan : Tugas Akhir

Di uji tanggal : 9 Juli 2007

Jenis beton	Kode benda uji	Beban maksimum (KN)	Luas tampang (mm ²)	Kuat tekan (MPa)	Kuat tekan rata-rata (MPa)
Normal	BN - 1	448,1	17671,46	25,3573	27,0191
	BN - 2	491,0	17671,46	27,7849	
	BN - 3	493,3	17671,46	27,9151	

Disahkan

Yogyakarta, 9 Juli 2007
Dikerjakan oleh

Riki Emillianto



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jln. Kaliurang Km 14.4 Tlp (0274)895707, 895042 fax : (0274) 895330 Yogyakarta 55584

Tabel uji tarik baja Tulangan ulir diameter 10 mm

Sampel 2

Diameter = 10 mm Berat = 230 Gram
 L₀ = 60 mm Diameter sebenarnya = 8,641 mm
 A₀ = 78,540 mm² A₀ sebenarnya = 58,639 mm²
 L₁ = 7,6 mm

Beban (kg)	Pengamatan dial (ΔL) $\times 10^{-2}$ mm	Tegangan (Kg/cm ²)	Regangan ($\Delta L/L_0$) 10^{-3}
0	0	0	0
100	1	170,5351	0,1667
200	1,7	341,0702	0,2833
300	2,1	511,6053	0,3500
400	2,8	682,1404	0,4667
500	3,5	852,6755	0,5833
600	4	1023,2106	0,6667
700	4,5	1193,7457	0,7500
800	5,2	1364,2809	0,8667
900	5,8	1534,8160	0,9667
1000	6,5	1705,3511	1,0833
1100	6,9	1875,8862	1,1500
1200	7,5	2046,4213	1,2500
1300	7,8	2216,9564	1,3000
1400	8,3	2387,4915	1,3833
1500	8,9	2558,0266	1,4833
1600	9,5	2728,5617	1,5833
1700	10	2899,0968	1,6667
1800	10,4	3069,6319	1,7333
1900	10,9	3240,1670	1,8167
1960	11,2	3342,4881	1,8667
2000	136	3410,7021	22,6667
2100	154	3581,2372	25,6667
2200	190	3751,7724	31,6667
2300	218	3922,3075	36,3333
2400	275	4092,8426	45,8333
2500	300	4263,3777	50,0000
2600	333	4433,9128	55,5000
2700	367	4604,4479	61,1667
2730	400	4655,6084	66,6667
2780	600	4740,8760	100,0000
2810	800	4792,0365	133,3333
2840	1000	4843,1970	166,6667
2850	1200	4860,2505	200,0000
2850	1400	4860,2505	233,3333
2740	1600	4972,6619	266,6667



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jln. Kaliurang Km 14.4 Tlp (0274)895707,895042 fax :(0274) 895330 Yogyakarta 55584

Tulangan ulir diameter 13 mm

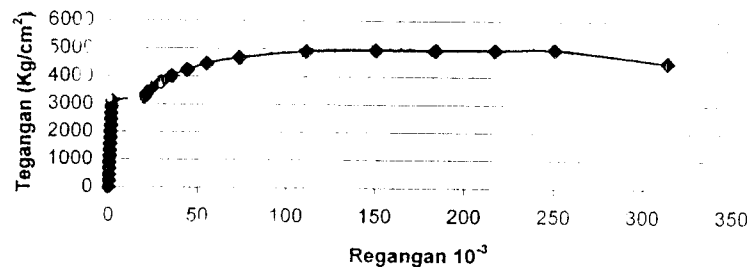
Sampel 2

Diameter	= 13 mm	Berat	= 441 Gram
Lo	= 60 mm	Diameter sebenarnya	= 11,9648 mm
Ao	= 132,732 mm ²	Ao sebenarnya	= 112,4338 mm ²
L ₁	= 80 mm		

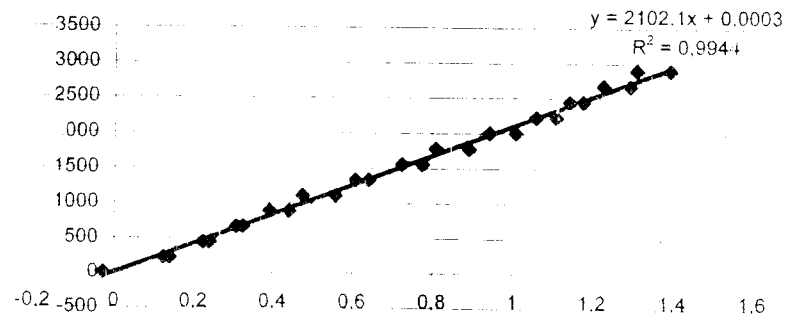
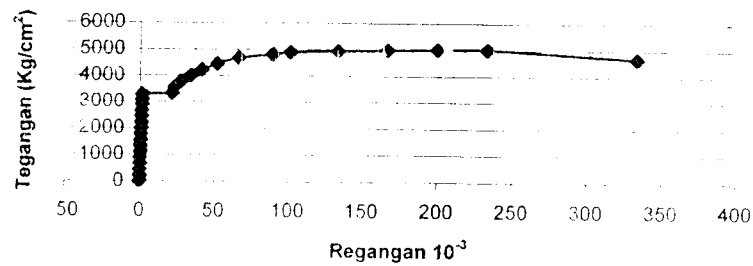
Beban (kg)	Pengamatan dial (ΔL)x 10 ⁻² mm	Tegangan (Kg/cm ²)	Regangan ($\Delta L/L_0$) 10 ⁻³
0	0	0	0
250	1	222,3530	0,1667
500	1,6	444,7061	0,2667
750	2,1	667,0591	0,3500
1000	2,8	889,4121	0,4667
1250	3,5	1111,7652	0,5833
1500	4	1334,1182	0,6667
1750	4,8	1556,4712	0,8000
2000	5,5	1778,8242	0,9167
2250	6,2	2001,1773	1,0333
2500	6,3	2223,5303	1,1333
2750	7,2	2445,8833	1,2000
3000	7,9	2668,2364	1,3167
3250	8,5	2890,5894	1,4167
3500	9	3112,9424	1,5000
3700	9,5	3290,8249	1,5833
3750	130	3335,2955	21,6667
4000	138	3557,6485	23,0000
4250	165	3780,0015	27,5000
4500	204	4002,3545	34,0000
4750	248	4224,7076	41,3333
5000	310	4447,0606	51,6667
5250	398	4669,4136	66,3333
5400	535	4802,8255	89,1667
5500	608	4891,7667	101,3333
5550	800	4936,2373	133,3333
5600	1000	4980,7079	166,6667
5625	1200	5002,9432	200,0000
5625	1400	5002,9432	233,3333
5250	2000	4669,4136	333,3333



Grafik tarik baja D 13 sampel 1

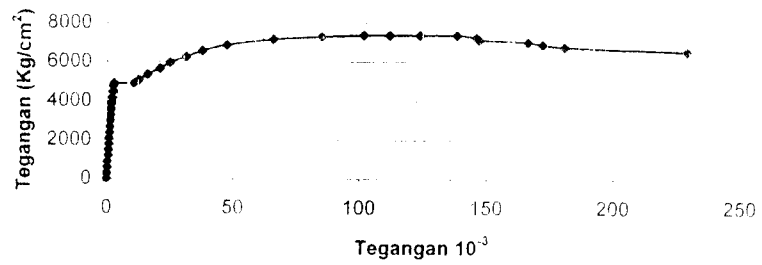


Grafik tarik baja D 13 sampel 2

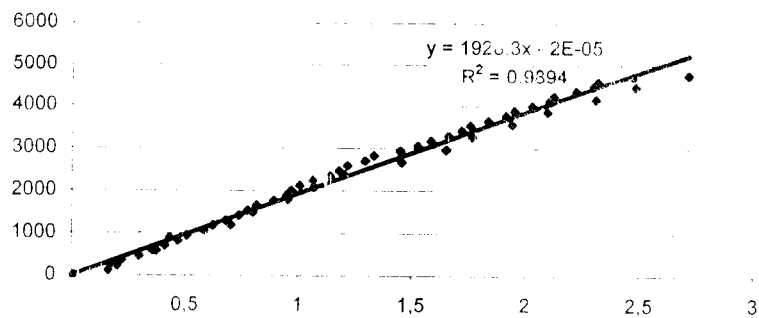
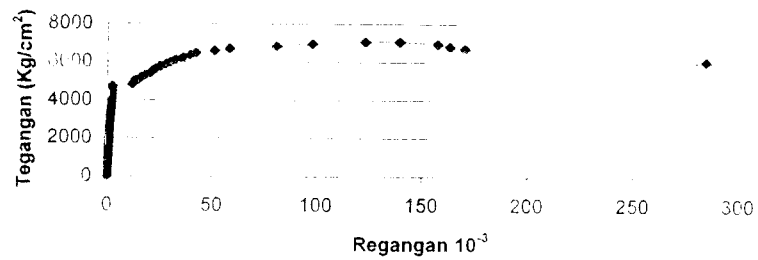


Data	Sampel 1	Sampel 2
P Leleh	3500 Kg	3700 Kg
P Leleh konfersi alat	4084,5 Kg	4317,94 Kg
Tegangan leleh	36.32804 Kg/mm ²	38.40428 Kg/mm ²
Tegangan leleh rata-rata		37,3662 Kg/mm ²
Regangan Koreksi		0.0178 x 10 ⁻³
E		2102.0972 x 10 ³ Kg/mm ²
E		210209.7187 MPa

Tarik baja D 16 sampel 1



Tarik baja D 16 sampel 2



Data	Sampel 1	Sampel 2
P Leleh	4100 Kg	4270 Kg
P Leleh konfersi alat	4784,72 Kg	4983,136 Kg
Tegangan leleh	56,8704 Kg/mm ²	58,66061 Kg/mm ²
Tegangan leleh, rata-rata	57,7655 Kg/mm ²	
Regangan Koreksi	0,0300 x 10 ⁻³	
E	1928,2993 x 10 ³ Kg/mm ²	
E	192829,9332 MPa	



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jln. Kaliurang Km 14,4 Tlp (0274)895707,895042 fax :(0274) 895330 Yogyakarta 55584

Tabel uji tarik baja Tulangan polos diameter 12 mm

Sampel 1

Diameter = 12 mm
 Lo = 60 mm
 Ao = 113,097 mm²
 L₁ = 78,8 mm

Diameter sebenarnya = 11,300 mm
 Ao sebenarnya = 100,287 mm²

Beban (kg)	Pengamatan dial (ΔL) $\times 10^{-2}$ mm	Tegangan (Kg/cm ²)	Regangan ($\Delta L/L_0$) 10^{-3}
0	0	0	0
250	1	249,2835422	0,166666667
500	2,3	498,5670844	0,383333333
750	2,8	747,8506266	0,466666667
1000	3,6	997,1341688	0,6
1250	4,6	1246,417711	0,766666667
1500	5,2	1495,701253	0,866666667
1750	6,3	1744,984795	1,05
2000	6,8	1994,268338	1,133333333
2250	7,8	2243,55188	1,3
2500	8,8	2492,835422	1,466666667
2750	9,3	2742,118964	1,55
3000	10,3	2991,402507	1,716666667
3250	10,9	3240,686049	1,816666667
3300	11,2	3290,542757	1,866666667
3500	12,5	3489,969591	20,83333333
3750	14,5	3739,253133	24,16666667
4000	18,2	3988,536675	30,33333333
4250	22,8	4237,820218	38
4500	280	4487,10376	46,66666667
4700	340	4686,530594	56,66666667
4750	357	4736,387302	59,5
5000	444	4985,670844	74
5200	660	5185,097678	110
5225	760	5210,026032	126,6666667
5250	900	5234,954386	150
5275	1100	5259,882741	183,3333333
5275	1300	5259,882741	216,6666667
4500	1880	4487,10376	313,3333333



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jln. Kaliurang Km 14,4 Tlp (0274)895707,895042 fax :(0274) 895330 Yogyakarta 55584

Tabel uji tarik baja Tulangan polos diameter 12 mm

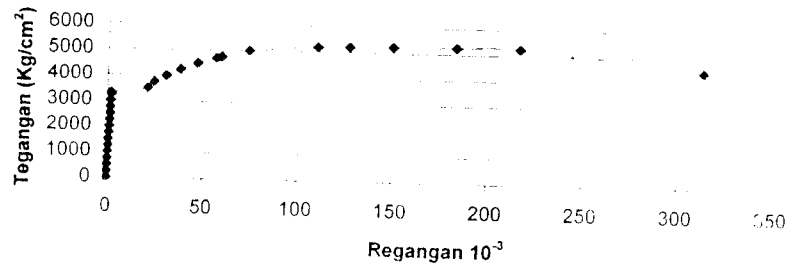
Sampel 2

Diameter = 12 mm
 Lo = 60 mm
 Ao = 113,097 mm²
 L₁ = 77,7 mm

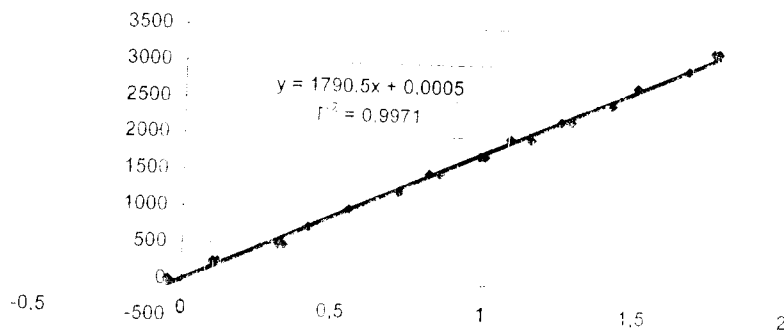
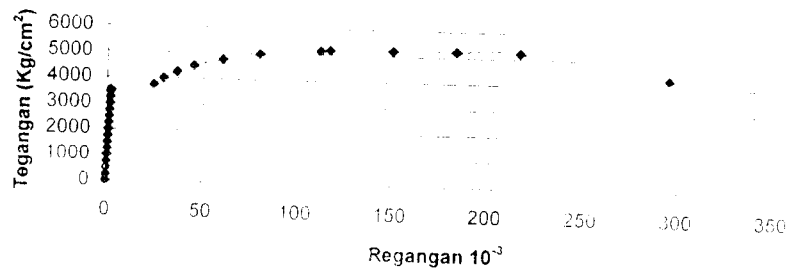
Diameter sebenarnya = 11,300 mm
 Ao sebenarnya = 100,207 mm²

Beban (kg)	Pengamplasan (ΔL) $\times 10^{-2}$ mm	Tegangan (Kg/cm ²)	Regangan ($\Delta L/L_0$) 10^{-3}
0	0	0	0
250	0,9	249,2835422	0,15
500	2,2	498,5670844	0,366666667
750	2,7	747,8506266	0,466666667
1000	3,6	997,1341688	0,6
1250	4,8	1246,417711	0,766666667
1500	5,4	1495,701253	0,9
1750	6,2	1744,984795	1,033333333
2000	7,2	1994,268338	1,2
2250	8	2243,55188	1,333333333
2500	8,8	2492,835422	1,466666667
2750	9,3	2742,118964	1,55
3000	10,3	2991,402507	1,716666667
3250	10,8	3240,686049	1,8
3450	11,3	3440,112883	1,883333333
3500	12	3489,969591	2
3750	14,5	3739,253133	24,16666667
4000	17,5	3988,536675	29,16666667
4250	21,8	4237,820218	36,33333333
4500	27,0	4487,10376	45
4750	36,2	4736,387302	60,33333333
5000	47,8	4985,670844	79,66666667
5175	67,0	5160,169324	111,6666667
5200	70,0	5185,097678	116,6666667
5225	90,0	5210,026032	150
5250	110,0	5234,954386	183,3333333
5250	130,0	5234,954386	216,6666667
4300	177,0	4287,676926	295

Grafik tarik baja P 12 sampel 1



Grafik tarik baja P 12 sampel 2



Data	Sampel 1	Sampel 2
P Leleh	3300 Kg	3450 Kg
P Leleh konfersi alat	3851,16 Kg	4026,24 Kg
Tegangan leleh	38,40123 Kg/mm ²	40,14701 Kg/mm ²
Tegangan leleh rata-rata		39,27412351 Kg/mm ²
Regangan Koreksi		0,021935003 x 10 ⁻³
E		1790,477205 x 10 ³ Kg/mm ²
E		179047,7205 MPa

LAMPIRAN 6

(Hasil Pengujian "Pull-Out" Baja Tulangan Ulir)



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jln. Kaliurang Km 14,4 Tlp (0274)895707 895042 fax : (0274) 895330 Yogyakarta 55584

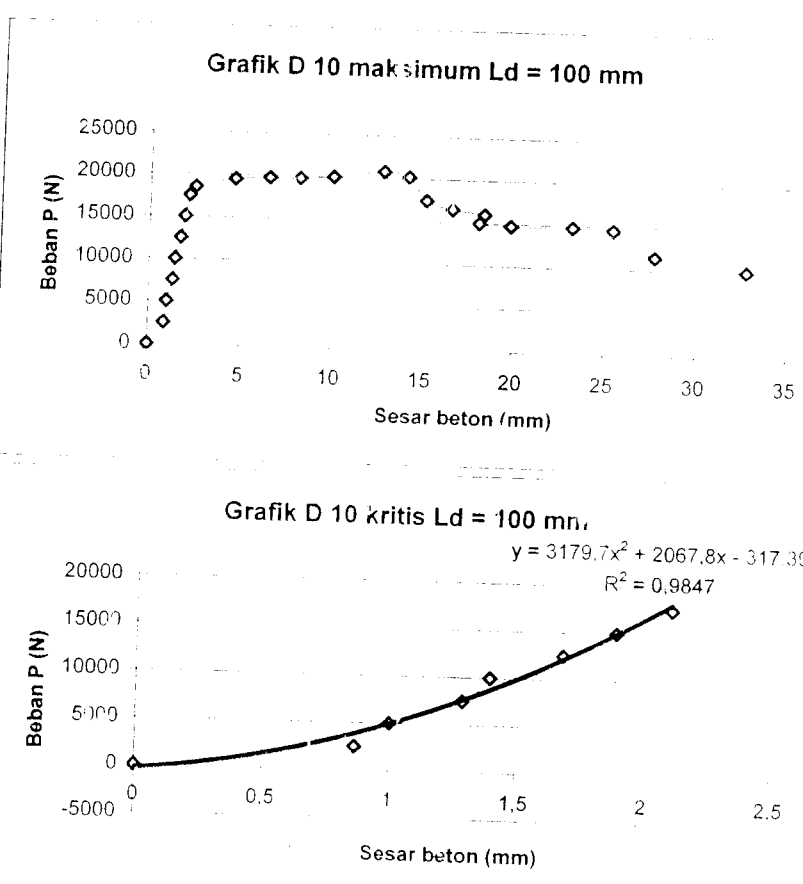
L_0 : 320 mm
 Diameter : 10 mm
 Panjang penyaluran : 100 mm
 Keterangan : Lolos terhadap beton,
 Baja tidak putus
 a = 1,1 mm
 c = 7,9 mm
 $d'b$ = 8,3 mm
 $d''b$ = 10,5 mm
 db = 9,4 mm
 A = 69,3977231 mm²
 E = 180478,146 MPa

P (Kg)	P (N)	Δ (mm) $\times 10^{-2}$	Δs (mm)	$\Delta c = \Delta - \Delta s$ (mm)
0	0	0	0	0
250	2500	93	0,063873416	0,866126584
500	5000	113	0,127746832	1,002253168
750	7500	148	0,191620249	1,288379751
1000	10000	165	0,255493665	1,394506335
1250	12500	200	0,319337081	1,680632919
1500	15000	227	0,383240497	1,886759503
1750	17500	255	0,447113913	2,102886087
1850	18500	290	0,47266328	2,42733672
1950	19500	510	0,498212646	4,601787354
1975	19750	669	0,504599988	6,485400012
1975	19750	867	0,504599988	8,165400012
2000	20000	1052	0,510987329	10,00901267
2075	20750	1330	0,530149354	12,76985065
2020	20200	1465	0,516097203	14,1339028
1750	17500	1558	0,447113913	15,13288609
1650	16500	1700	0,421564547	16,57843545
1600	16000	1875	0,408789864	18,34121014
1500	15000	1845	0,383240497	18,0667595
1475	14750	2018	0,376853155	19,80314684
1475	14750	2355	0,376853155	23,17314684
1450	14500	2578	0,370465814	25,40953419
1150	11500	2800	0,293817714	27,70618229
1000	10000	3300	0,255493665	32,74450634

$Y = 398,2663$ (dengan cara memasukkan nilai $x = 0.25$)
 $\Delta T = \pi \times db \times a \times fb$
 $\Delta T = Y = 464,8189 \text{ N}$ (sudah di kalibrasi)
 $fb = 14,30915 \text{ MPa}$
 $vc = 1,992413 \text{ MPa}$

$P \text{ maks} = 24076,13 \text{ N}$ (sudah di kalibrasi)
 $fb = 7,11678 \text{ MPa}$
 $vc = 10,2006 \text{ MPa}$

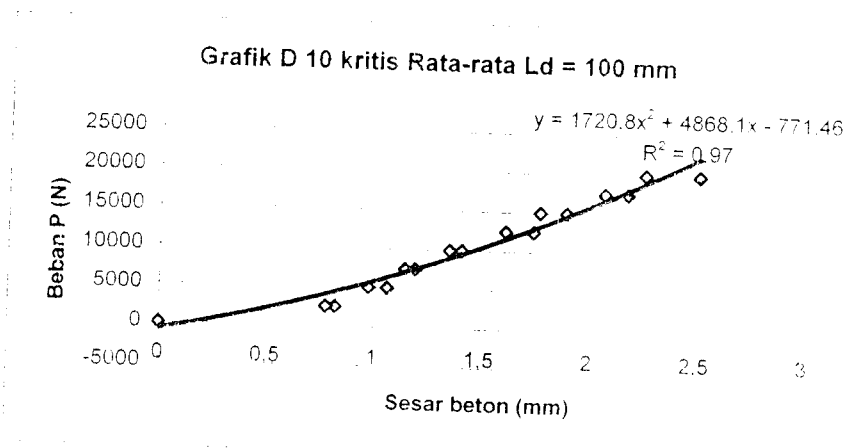
$P \text{ luluh} = 21589,5 \text{ N}$ (sudah di kalibrasi)
 $fb = 664,687 \text{ MPa}$
 $vc = 92,54184 \text{ MPa}$



$Y = 553.1275$ (dengan cara memasukkan nilai: $x = 0.25$)
 $\Delta T = \pi \times db \times a \times fb$
 $\Delta T = Y = 645,5104 \text{ N}$ (sudah di kalibrasi)
 $fb = 19,87162 \text{ MPa}$
 $vc = 2,766934 \text{ MPa}$

$P \text{ maks} = 33549,9 \text{ N}$ (sudah di kalibrasi)
 $fb = 1032,812 \text{ MPa}$
 $vc = 143,8092 \text{ MPa}$

$P \text{ luluh} = 23242,83 \text{ N}$ (sudah di kalibrasi)
 $fb = 715,5155 \text{ MPa}$
 $vc = 99,62874 \text{ MPa}$

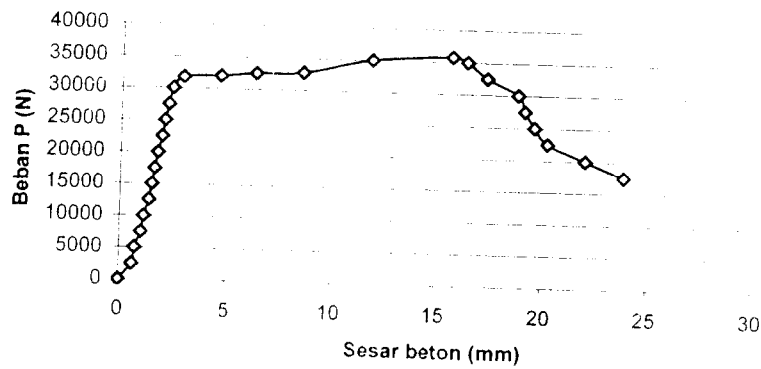


$Y = 753,7888$ (dengan cara memasukkan nilai $x = 0.25$)
 $\Delta T = \pi \times d_b \times a \times f_b$
 $\Delta T = Y = 879,7207 \text{ N}$ (sudah di kalibrasi)
 $f_b = 18,52011 \text{ MPa}$
 $v_c = 2,291147 \text{ MPa}$

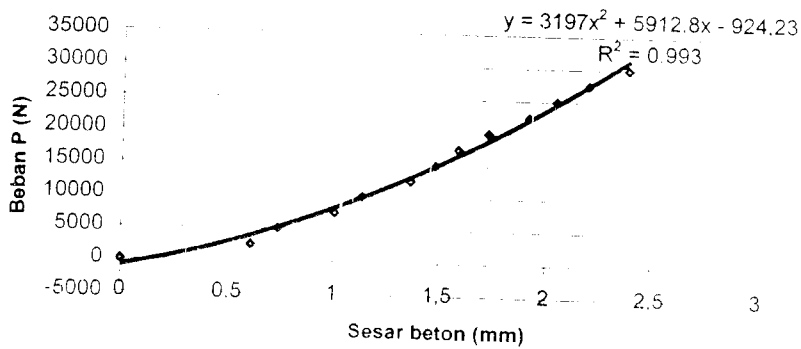
$P_{maks} = 38798,63 \text{ N}$ (sudah di kalibrasi)
 $f_b = 816,7967 \text{ MPa}$
 $v_c = 101,0473 \text{ MPa}$

$P_{luluh} = 34872,63 \text{ N}$ (sudah di kalibrasi)
 $f_b = 734,1475 \text{ MPa}$
 $v_c = 90,82237 \text{ MPa}$

Grafik D 13 Maksimum $L_d = 100 \text{ mm}$



Grafik D13 kritis $L_d = 100 \text{ mm}$





LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jln. Kaliurang Km 14,1 Tlp (0274)895707,895042 fax :(0274) 895330 Yogyakarta 55584

L_0 : 330 mm
 Diameter : 13 mm
 Panjang penyaluran : 100 mm
 Keterangan : Lolos terhadap beton.
 Baja tidak putus

a = 1,2 mm
 c = 9,7 mm
 d'b = 11,4 mm
 d''b = 13,8 mm
 db = 12,6 mm
 A = 124,6897071 mm²
 E = 210209,7187 MPa

P (Kg)	P (N)	Δ (mm) $\times 10^{-2}$	Δ_s (mm)	$\Delta_c = \Delta - \Delta_s$ (mm)
0	0	0	0	0
250	2500	68	0,031475349	0,648524651
500	5000	82	0,062950698	0,757049302
750	7500	104	0,094426047	0,945573953
1000	10000	123	0,125901396	1,104098604
1250	12500	150	0,157376744	1,342623256
1500	15000	158	0,188852093	1,391147907
1750	17500	185	0,220327442	1,629672558
2000	20000	200	0,251802791	1,748197209
2250	22500	220	0,28327814	1,91672186
2500	25000	235	0,314753489	2,035246511
2750	27500	256	0,346228838	2,213771162
3000	30000	280	0,377704187	2,422295813
3200	32000	320	0,402884466	2,797115534
3250	32500	505	0,409179536	4,640820464
3300	33000	650	0,415474605	6,084525395
3325	33250	898	0,41862214	8,56137786
3400	34000	1235	0,428064745	11,92193526
3500	35000	1680	0,440654884	16,35934512
3750	37500	1720	0,472130233	16,72786977
3975	39750	1790	0,500458047	17,39954195
3000	30000	1930	0,377704187	18,92229581
2750	27500	1985	0,346228838	19,50377116
2500	25000	2007	0,314753489	19,75524651
2250	22500	2085	0,28327814	20,56672186
2075	20750	2275	0,261245396	22,4887546

$Y = 726.775$ (dengan cara memasukkan nilai $x = 0.25$)

$\Delta T = \pi \times d_b \times a \times f_b$

$\Delta T = Y = 848,1918 \text{ N}$ (sudah di kalibrasi)

$f_b = 17,85635 \text{ MPa}$

$vc = 2,209033 \text{ MPa}$

$P \text{ maks} = 42724,63 \text{ N}$ (sudah di kalibrasi)

$f_b = 899,4499 \text{ MPa}$

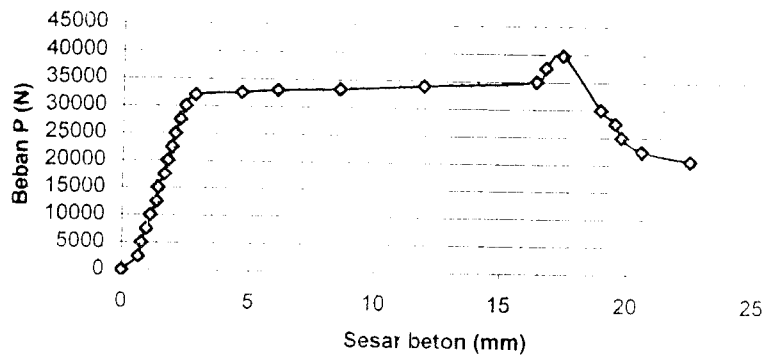
$vc = 111,2721 \text{ MPa}$

$P \text{ luluh} = 35118 \text{ N}$ (sudah di kalibrasi)

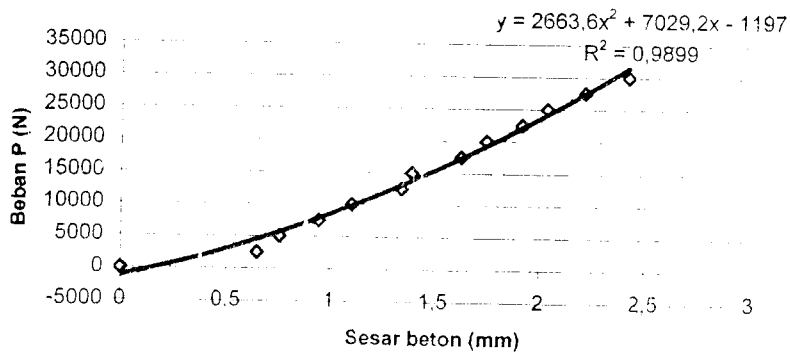
$f_b = 739,3132 \text{ MPa}$

$vc = 91,46143 \text{ MPa}$

Grafik D 13 maksimum $L_d = 100 \text{ mm}$



Grafik D 13 kritis $L_d = 100 \text{ mm}$



Y = 740.9375 (dengan cara memasukkan nilai x = 0.25)

$\Delta T = \pi \times db \times a \times fb$

$\Delta T = Y = 864,7223 \text{ N}$ (sudah di kalibrasi)

fb = 18,20436 MPa

vc = 2,252085 MPa

P maks 40761,63 N (sudah di kalibrasi)

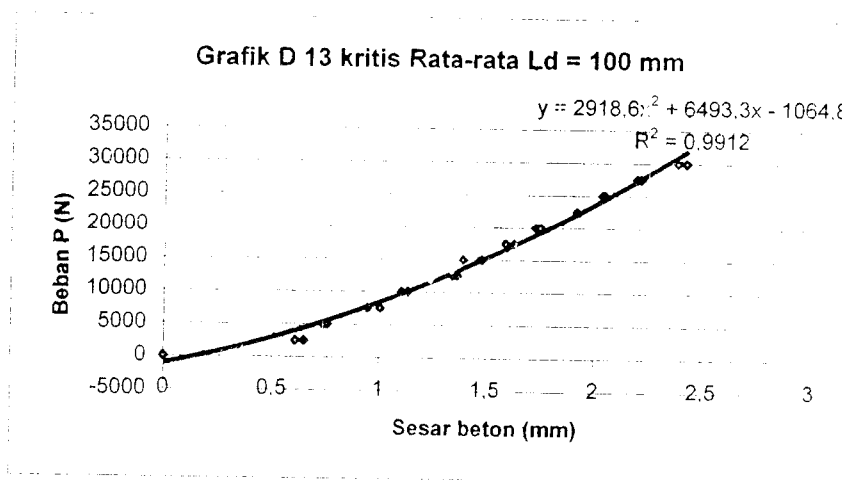
fb = 858,1243 MPa

vc = 106,1597 MPa

P luluh 35067,13 N (sudah di kalibrasi)

fb = 738,2424 MPa

vc = 91,32895 MPa





LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jln. Kaliurang Km 14,4 Tlp (0274) 895707,895042 fax :(0274) 895330 Yogyakarta 55584

L_0 : 340 mm
 Diameter : 16 mm
 Panjang penyisiran : 100 mm
 Keterangan : Lolos terhadap beton,
 Baja tidak putus

a = 1,55 mm
 c = 14,65 mm
 $d'b$ = 14 mm
 $d''b$ = 17,1 mm
 db = 15,55 mm
 A = 189,911079 mm²
 E = 192829,9332 MPa

P (Kg)	P (N)	Δ (mm) x 10 ⁻²	Δ_s (mm)	$\Delta_c = \Delta - \Delta_s$ (mm)
0	0	0	0	0
250	2500	55	0,023211017	0,526788983
500	5000	82	0,046422034	0,773577966
750	7500	108	0,069633052	1,010366948
1000	10000	126	0,092844069	1,167155931
1250	12500	155	0,116055086	1,433944914
1500	15000	170	0,139266103	1,560733897
1750	17500	190	0,16247712	1,73752288
2000	20000	203	0,185688138	1,844311862
2250	22500	226	0,208899155	2,051100845
2500	25000	240	0,232110172	2,167889828
2750	27500	255	0,255321189	2,294678811
3000	30000	270	0,278532207	2,421467793
3250	32500	282	0,301743224	2,518256776
3500	35000	300	0,324954241	2,675045759
3750	37500	318	0,348165258	2,831834742
4000	40000	332	0,371376275	2,948623725
4200	42000	360	0,389945089	3,210054911
3750	37500	380	0,348165258	3,451834742
3500	35000	390	0,324954241	3,575045759
3250	32500	405	0,301743224	3,748256776
3000	30000	445	0,278532207	4,171467793
2750	27500	482	0,255321189	4,564678811
2500	25000	535	0,232110172	5,117889828
2250	22500	611	0,208899155	5,901100845
2000	20000	760	0,185688138	7,414311862



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jln. Kaliurang Km 14,4 Tlp (0274)895707,895042 fax :(0274) 895330 Yogyakarta 55584

L_0 : 340 mm
 Diameter : 16 mm
 Panjang penyaluran : 100 mm
 Keterangan : Lolos terhadap beton,
 Baja tidak putus

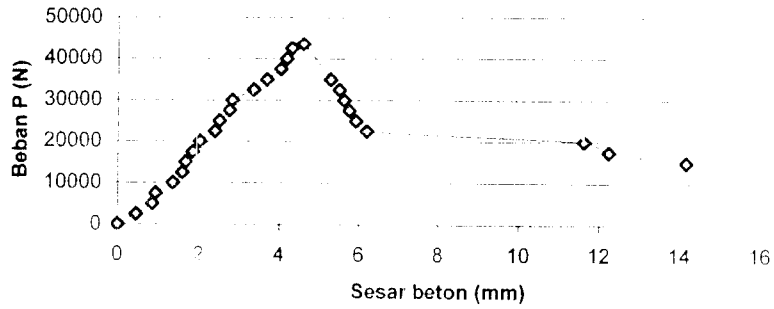
a = 1,55 mm
 c = 14,65 mm
 d'b = 14 mm
 d''b = 17,1 mm
 db = 15,55 mm
 A = 189,911079 mm²
 E = 192829,9332 MPa

P (Kg)	P (N)	Δ (mm) $\times 10^{-2}$	Δs (mm)	$\Delta c = \Delta - \Delta s$ (mm)
0	0	0	0	0
250	2500	48	0,023211017	0,456788983
500	5000	90	0,046422034	0,853577966
750	7500	100	0,069633052	0,930366948
1000	10000	145	0,092844069	1,357155931
1250	12500	170	0,116055086	1,583944914
1500	15000	180	0,139266103	1,660733897
1750	17500	200	0,16247712	1,83752288
2000	20000	220	0,185688138	2,014311862
2250	22500	260	0,208899155	2,391100845
2500	25000	273	0,232110172	2,497889828
2750	27500	300	0,255321189	2,744678811
3000	30000	310	0,278532207	2,921167793
3250	32500	365	0,301743224	3,348256776
3500	35000	400	0,324954241	3,675045759
3750	37500	438	0,348165258	4,031834742
4000	40000	455	0,371376275	4,178623725
4250	42500	470	0,394587293	4,305412707
4350	43500	500	0,403871699	4,596128301
3500	35000	560	0,324954241	5,275045759
3250	32500	580	0,301743224	5,498256776
3000	30000	590	0,278532207	5,621467793
2750	27500	600	0,255321189	5,744678811
2500	25000	615	0,232110172	5,917889828
2250	22500	640	0,208899155	6,191100845
2000	20000	1180	0,185688138	11,61431186
1750	17500	1240	0,16247712	12,23752288
1500	15000	1430	0,139266103	14,1607339

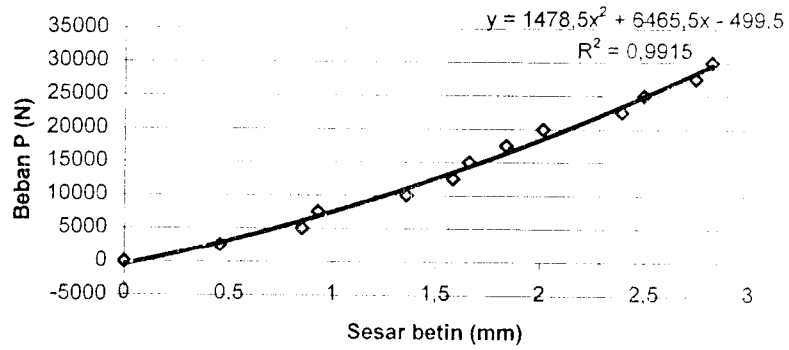
$Y = 1209,281$ (dengan cara memasukkan nilai $x = 0,25$)
 $\Delta T = \pi \times d_b \times a \times x \times f_b$
 $\Delta T = Y = 1411,272 \text{ N}$ (sudah di kalibrasi)
 $f_b = 18,63801 \text{ MPa}$
 $v_c = 1,971939 \text{ MPa}$

$P_{maks} = 46209 \text{ N}$ (sudah di kalibrasi)
 $f_b = 972,8038 \text{ MPa}$
 $v_c = 120,3469 \text{ MPa}$

Grafik D 16 Maksimum Ld = 100 mm



Grafik D 16 kritis Ld = 100 mm



Y = 1173,35 (dengan cara memasukkan nilai x = 0.25)

$\Delta T = \pi \times db \times a \times fb$

$\Delta T = Y = 1369,334 \text{ N}$ (sudah di kalibrasi)

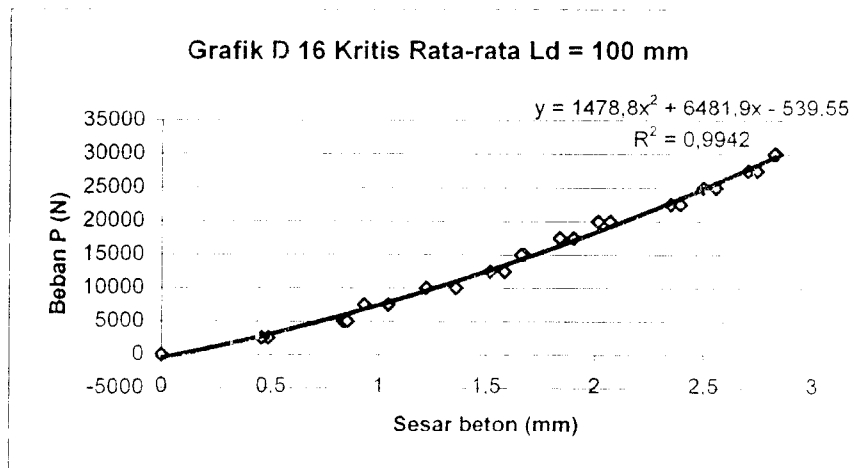
fb = 18,08414 MPa

vc = 1,913339 MPa

P maks 45715,23 N (sudah di kalibrasi)

fb = 962,4009 MPa

vc = 119,1609 MPa





LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jln. Kaliurang Km 14.4 Tlp (0274)895707.895042 fax :(0274) 895330 Yogyakaria 55584

L_0 : 350 mm
 Diameter : 10 mm
 Panjang penyaluran : 150 mm
 Keterangan : Lolos terhadap baja,
 Baja putus
 a = 1,1 mm
 c = 7,9 mm
 d'b = 8,3 mm
 d''b = 10,5 mm
 db = 9,4 mm
 A = 69,3977231 mm²
 E = 180478,146 MPa

P (Kg)	P (N)	Δ (mm) x 10 ⁻²	Δ_s (mm)	$\Delta_c = \Delta - \Delta_s$ (mm)
0	0	0	0	0
250	2500	71	0,069861549	0,640138451
500	5000	123	0,139723098	1,090276902
750	7500	152	0,209584647	1,310415353
1000	10000	181	0,279446196	1,530553804
1250	12500	225	0,349307745	1,900692255
1500	15000	257	0,419169294	2,150830706
1750	17500	290	0,489030843	2,410969157
1775	17750	325	0,496016997	2,753983003
1825	18250	600	0,509989307	5,490010693
1850	18500	810	0,516975462	7,583024538
1850	18500	955	0,516975462	9,033024538
1875	18750	1121	0,523961617	10,68603838
1900	19000	1242	0,530947772	11,88905223
2000	20000	1352	0,558892392	12,96110761
2100	21000	1625	0,586837011	15,66316299
2125	21250	1885	0,593823166	18,25617683
2250	22500	2060	0,62875394	19,97124606
2300	23000	2375	0,64272625	23,10727375
2350	23500	2515	0,65669856	25,19330144
2400	24000	2810	0,67067087	27,42932913
2425	24250	3022	0,677657025	29,54234298
2475	24750	3322	0,691629335	32,52837067
2500	25000	3540	0,698615489	34,70138451
2525	25250	3858	0,705601644	37,87439836
2550	25500	4200	0,712587799	41,2874122
2600	26000	4535	0,726560109	44,62343989
2625	26250	4950	0,733546264	48,76645374
2650	26500	5420	0,740532419	53,45946758
2650	26500	5631	0,740532419	55,56946758
2650	26500	6035	0,740532419	59,60946758
2650	26500	6255	0,740532419	61,80946758
2650	26500	6626	0,740532419	65,51946758
2650	26500	7050	0,740532419	69,75946758
2650	26500	7440	0,740532419	73,65946758
2650	26500	8035	0,740532419	79,60946758
2650	26500	8155	0,740532419	80,80946758
2650	26500	8410	0,740532419	83,35946758
2650	26500	8480	0,740532419	84,05946758

Y = 805,735 (dengan cara memasukkan nilai x = 0.25)

$\Delta T = \pi \times db \times a \times fb$

$\Delta T = Y = 940,3389 \text{ N}$ (sudah di kalibrasi)

$fb = 28,94772 \text{ MPa}$

$vc = 4,030695 \text{ MPa}$

P maks 29719,75 N (sudah di kalibrasi)

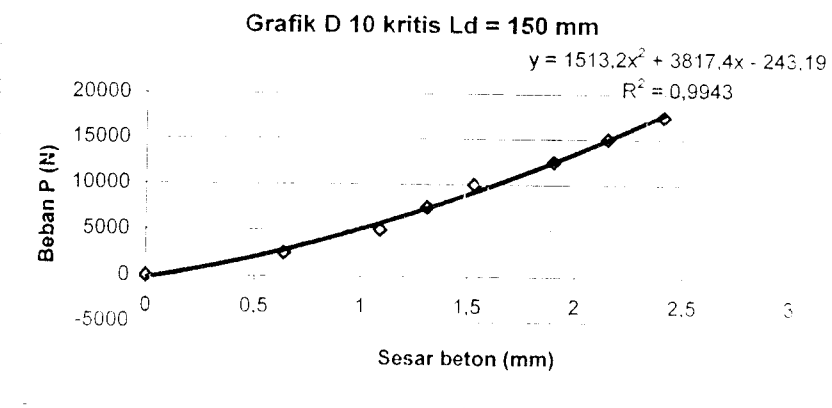
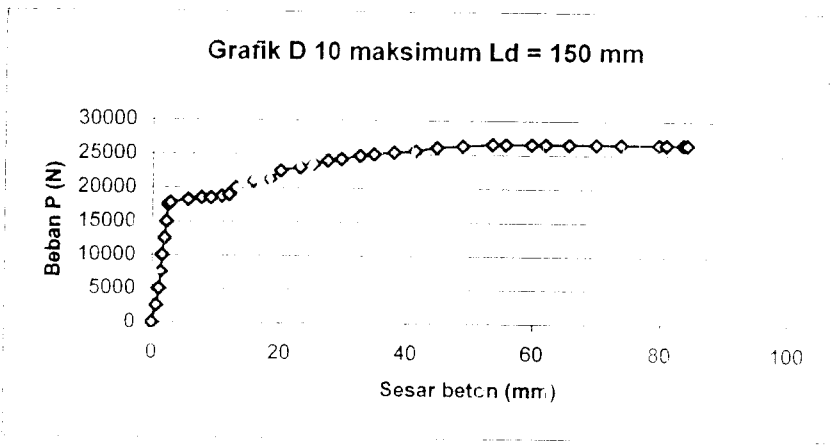
$fb = 914,9031 \text{ MPa}$

$vc = 127,3916 \text{ MPa}$

P luluh 20714,25 N (sudah di kalibrasi)

$fb = 637,6747 \text{ MPa}$

$vc = 88,79014 \text{ MPa}$



Lanjutan D 13, Ld = 150 mm

4825	48250	5420	0,625882544	53,57411746
4925	49250	5730	0,638854203	56,6611458
4925	49250	6048	0,638854203	59,8411458
4950	49500	6310	0,642097117	62,45790288
4950	49500	6880	0,642097117	68,15790288
4950	49500	7215	0,642097117	71,50790288
4950	49500	7945	0,642097117	78,80790288
4950	49500	8215	0,642097117	81,50790288
4950	49500	8515	0,642097117	84,50790288
4950	49500	8715	0,642097117	86,50790288
4950	49500	9315	0,642097117	92,50790288
4950	49500	9775	0,642097117	97,10790288
4750	47500	9860	0,616153799	97,9838462
4500	45000	9900	0,583724652	98,41627535

Y = 1638,605 (dengan cara memasukkan nilai $\alpha = 0,25$)

$\Delta T = \pi \times db \times a \times fb$

$\Delta T = Y = 1912,28 \text{ N}$ (sudah di kalibrasi)

$fb = 40,25781 \text{ MPa}$

$vc = 4,980347 \text{ MPa}$

P maks 38798,60 N (sudah di kalibrasi)

$fb = 816,7987 \text{ MPa}$

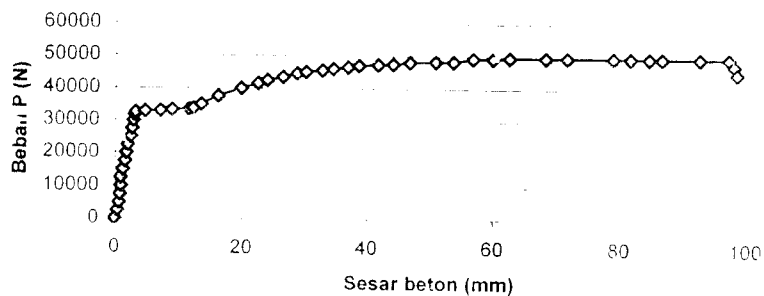
$vc = 101,0473 \text{ MPa}$

P luluh 35854,13 N (sudah di kalibrasi)

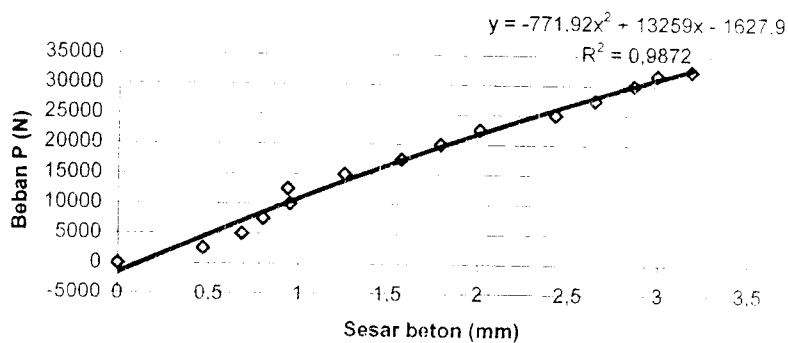
$fb = 754,8103 \text{ MPa}$

$vc = 93,3786 \text{ MPa}$

Grafik D 13 maksimum Ld = 150 mm



Grafik D 13 kritis Ld = 150 mm



Lanjutan D 13, Ld = 150 mm

5425	54250	5715	0,703712497	56 4462875
5450	54500	6003	0,706955412	59,32304459
5450	54500	6310	0,706955412	62,39304459
5450	54500	6475	0,706955412	64,04304459
5450	54500	6820	0,706955412	67,49304459
5450	54500	7050	0,706955412	69,79304459
5450	54500	7420	0,706955412	73,49304459
5450	54500	7798	0,706955412	77,27304459
5450	54500	8015	0,706955412	79,44304459
5450	54500	8310	0,706955412	82,39304459
5450	54500	8415	0,706955412	83,44304459
5000	50000	8450	0,648582947	83,85141705
4750	47500	8555	0,616153799	84,9338462

Y = 1569,141 (dengan cara memasukkan nilai x = 0.25)

$\Delta T = \pi \times db \times a \times fb$

$\Delta T = Y = 1831,205 \text{ N}$ (sudah di kalibrasi)

$fb = 38,55099 \text{ MPa}$

$vc = 4,769195 \text{ MPa}$

P maks 57143 N (sudah di kalibrasi)

$fb = 1202,989 \text{ MPa}$

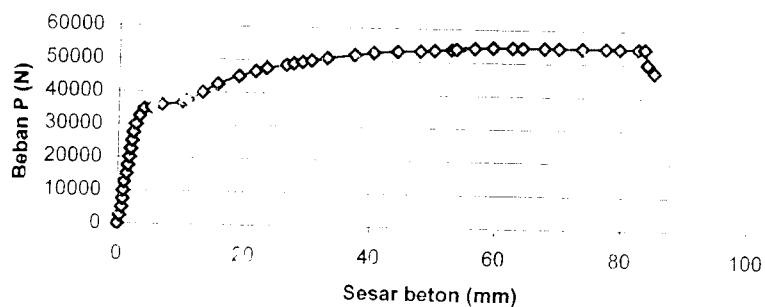
$vc = 148,8234 \text{ MPa}$

P luluh 37817,13 N (sudah di kalibrasi)

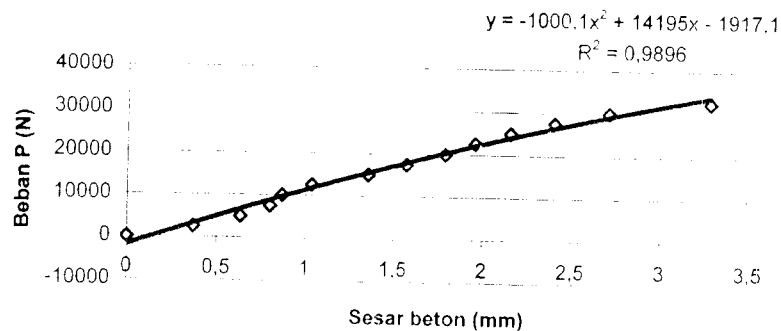
$fb = 796,1359 \text{ MPa}$

$vc = 98,49104 \text{ MPa}$

Grafik D 13 maksimum Ld = 150 mm



Grafik DF 13 kritis Ld = 150 mm





LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jln. Kaliurang Km 14.4 Tlp (0274)895707,895042 fax :(0274) 895330 Yogyakarta 55584

L ₀	:	350 mm	
Diameter	:	13 mm	
Panjang penyaluran	:	150 mm	
Keterangan	:	Lolos terhadap beton, Baja tidak putus	
a	=	1,2 mm	
c	=	9,7 mm	
d'b	=	11,4 mm	
d''b	=	13,8 mm	
db	=	12,6 mm	
A	=	124,6897071 mm ²	
E	=	210209,7187 MPa	

P (Kg)	P (N)	Δ (mm) x 10 ⁻²	Δs (mm)	$\Delta c = \Delta - \Delta s$ (mm)
0	0	0	0	0
250	2500	72	0,033382946	0,686617054
500	5000	118	0,066765892	1,13234108
750	7500	153	0,100148837	1,429851163
1000	10000	182	0,133531783	1,686468217
1250	12500	215	0,166914729	1,983085271
1500	15000	305	0,200297675	2,849702325
1750	17500	395	0,233680621	3,716319379
2000	20000	480	0,267063566	4,532936434
2250	22500	780	0,300446512	7,499553488
2500	25000	1040	0,333829458	10,06617054
2750	27500	1255	0,367212404	12,1827876
2875	28750	1618	0,383903877	15,79609612
2800	28000	2030	0,373888993	19,92611101
2750	27500	2115	0,367212404	20,7827876
2500	25000	2305	0,333829456	22,71617054
2250	22500	2500	0,300446512	24,69955349
2000	20000	2720	0,267063566	26,93293643

Y = 1553,251 (dengan cara memasukkan nilai x = 0.25)

$\Delta T = \pi \times db \times a \times \mu$

$\Delta T = Y = 1850,503 \text{ N}$ (sudah di kalibrasi)

fb = 39,02049 MPa

vc = 4,827277 MPa

P maks 54658 N (sudah di kalibrasi)

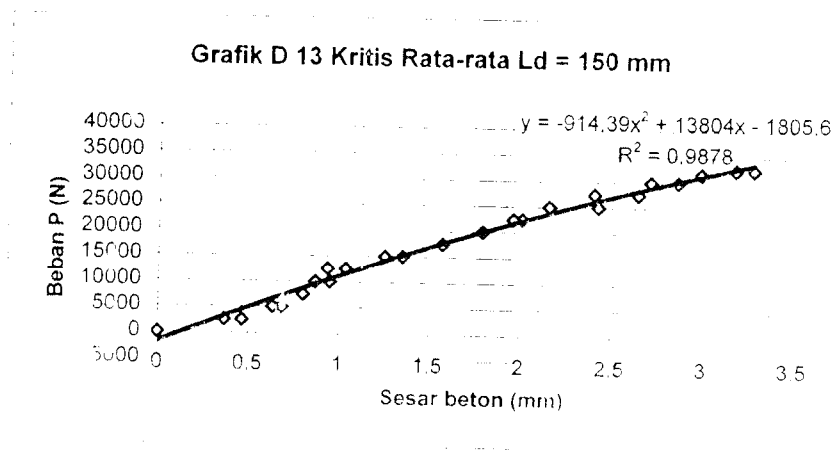
fb = 1150,674 MPa

vc = 142,3515 MPa

P luluh 35215,27 N (sudah di kalibrasi)

fb = 741,3609 MPa

vc = 91,71475 MPa



$$Y = 1347,13 \text{ (dengan cara memasukkan nilai } x = 0,25)$$

$$\Delta T = \pi \times d_b \times a \times f_b$$

$$\Delta T = Y = 1572,17 \text{ N (sudah di kalibrasi)}$$

$$f_b = 20,7629 \text{ MPa}$$

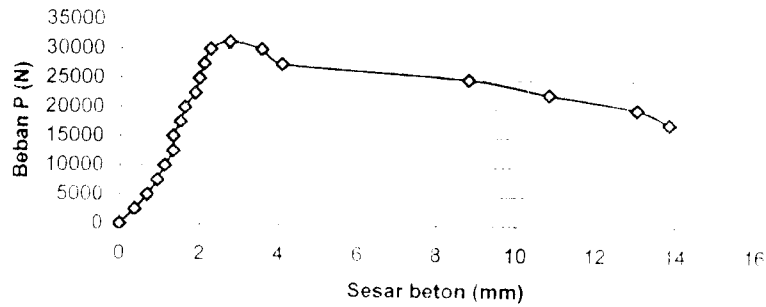
$$v_c = 2,196757 \text{ MPa}$$

$$P_{\text{maks}} = 34381,88 \text{ N (sudah di kalibrasi)}$$

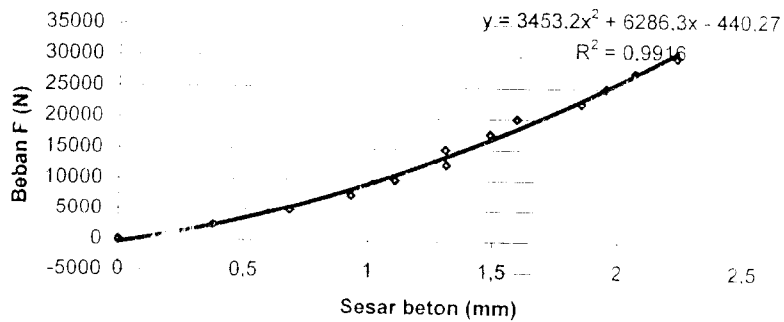
$$f_b = 454,0649 \text{ MPa}$$

$$v_c = 48,041 \text{ MPa}$$

Grafik D 16 Maksimum Ld = 150 mm



Grafik D 16 Kritis Ld = 150 mm





LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jln. Kaliurang Km 14,4 Tlp (0274)895707,895042 fax :(0274) 895330 Yogyakarta 55584

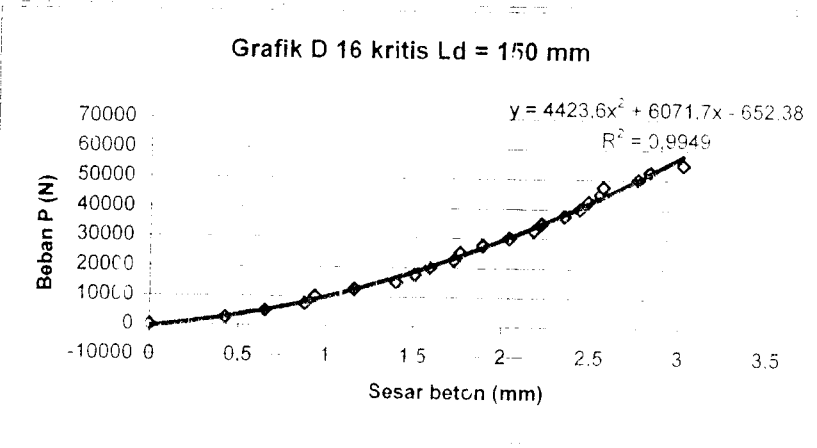
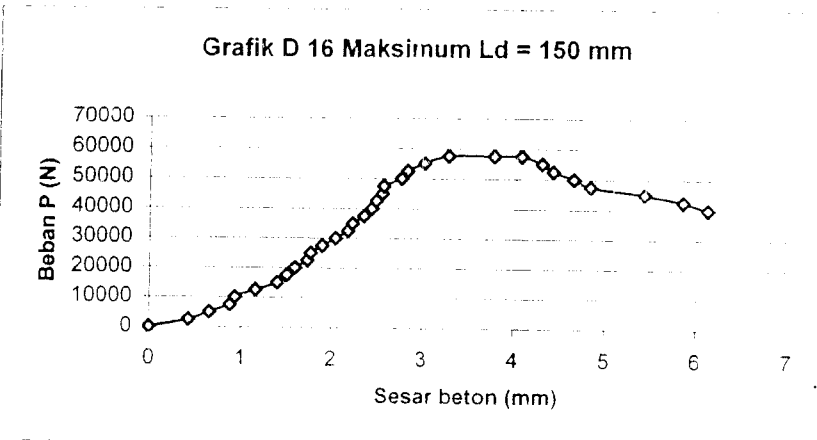
L_0 : 340 mm
 Diameter : 16 mm
 Panjang penyaluran : 150 mm
 Keterangan : Lolos terhadap beton,
 E'aja tidak putus

a = 1,55 mm
 c = 14,65 mm
 d'b = 14 mm
 d''b = 17,1 mm
 db = 15,55 mm
 A = 189,911079 mm²
 E = 192829,9332 MPa

P (Kg)	P (N)	Δ (mm) x 10 ⁻²	Δ_s (mm)	$\Delta_c = \Delta - \Delta_s$ (mm)
0	0	0	0	0
250	2500	45	0,023211017	0,426788983
500	5000	70	0,046422034	0,653577966
750	7500	95	0,069633052	0,880366948
1000	10000	103	0,092844069	0,937155931
1250	12500	128	0,116055086	1,163944914
1500	15000	154	0,139266103	1,400733897
1750	17500	167	0,16247712	1,50752288
2000	20000	178	0,185638138	1,594311862
2250	22500	194	0,208899155	1,731100845
2500	25000	200	0,232110172	1,767889828
2750	27500	215	0,255321189	1,894678811
3000	30000	232	0,278532207	2,041467793
3250	32500	248	0,301743224	2,178256776
3500	35000	255	0,324954241	2,225045759
3750	37500	270	0,348165258	2,351834742
4000	40000	281	0,371376275	2,438623725
4250	42500	288	0,394587293	2,485412707
4500	45000	297	0,41779831	2,55220169
4750	47500	301	0,441009327	2,568990673
5000	50000	323	0,464220344	2,765779656
5250	52500	332	0,487431361	2,832568639
5500	55000	353	0,510642379	3,019357621
5750	57500	382	0,533853396	3,286146604
5750	57500	432	0,533853396	3,786146604
5750	57500	462	0,533853396	4,086146604
5500	55000	482	0,510642379	4,309357621
5250	52500	492	0,487431361	4,432568639
5000	50000	512	0,464220344	4,655779656
4750	47500	528	0,441009327	4,838990673
4500	45000	585	0,41779831	5,43220169
4250	42500	625	0,394587293	5,855412707
4000	40000	650	0,371376275	6,128623725

$Y = 1142.02$ (dengan cara memasukkan nilai $x = 0.25$)
 $\Delta T = \pi \times db \times \epsilon$
 $\Delta T = Y = 1332.766 \text{ N}$ (sudah di kalibrasi)
 $f_b = 17,6012 \text{ MPa}$
 $v_c = 1,862243 \text{ MPa}$

$P_{maks} = 60125 \text{ N}$ (sudah di kalibrasi)
 $f_b = 794,042 \text{ MPa}$
 $v_c = 84.01127 \text{ MPa}$



Y = 1563,636 (dengan cara memasukkan nilai x = 0.25)

$\Delta T = \pi \times db \times a \times fb$

$\Delta T = Y = 1824,776$ N (sudah di kalibrasi)

fb = 24,09894 MPa

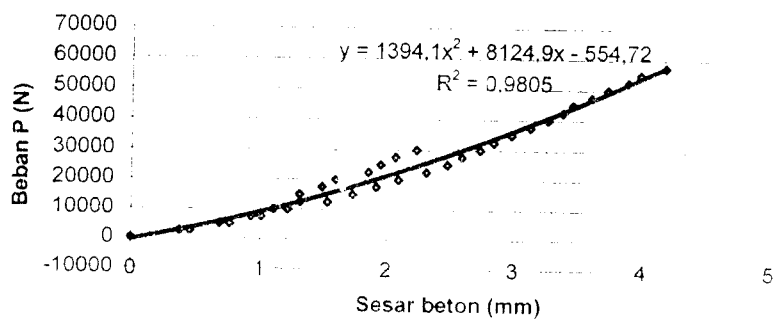
vc = 2,549718 MPa

P maks 60994,75 N (sudah di kalibrasi)

fb = 805,5284 MPa

vc = 85,22655 MPa

Grafik D 16 kritis rata-rata Ld = 150 mm





LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jln. Kaliurang Km 14,4 Tlp (0274)895707,895042 fax : (0274) 895330 Yogyakarta 55584

L_0 : 330 mm
 Diameter : 10 mm
 Panjang penyaluran : 200 mm
 Keterangan : Lolos terhadap baja,
 Baja putus

a = 1,1 mm
 c = 7,9 mm
 d'b = 8,3 mm
 d''b = 10,5 mm
 db = 9,4 mm
 A = 69,3977231 mm²
 E = 180478,146 MPa

P (Kg)	P (N)	Δ (mm) $\times 10^{-2}$	Δs (mm)	$\Delta c = \Delta - \Delta s$ (mm)
0	0	0	0	0
250	2500	52	0,06586946	0,45413054
500	5000	105	0,131738921	0,918261079
750	7500	142	0,197608381	1,222391619
1000	10000	180	0,263477842	1,536522158
1250	12500	215	0,329347302	1,820652698
1500	15000	237	0,395216763	1,974783237
1750	17500	272	0,461086223	2,258913777
2000	20000	310	0,526955683	2,573044317
2125	21250	388	0,559890414	3,320109586
2200	22000	620	0,579651252	5,620348748
2225	22250	755	0,586238198	6,963761802
2250	22500	930	0,592825144	8,707174856
2300	23000	1010	0,605999036	9,491000964
2500	25000	1243	0,658694604	11,7713054
2650	26500	1480	0,698216281	14,10178372
2750	27500	1725	0,724564065	16,52543594
3000	30000	2421	0,790433525	23,41956647
3050	30500	2680	0,803607417	25,99639258
3100	31000	2990	0,816781309	29,08321869
3100	31000	3168	0,816781309	30,86321869
3175	31750	3342	0,836542147	32,58345785
3250	32500	3615	0,856302986	35,29369701
3300	33000	3928	0,869476878	38,41052312
3350	33500	4350	0,88265077	42,61734923
3375	33750	4635	0,889237716	45,46076228
3375	33750	4905	0,889237716	48,16076228
3375	33750	5162	0,889237716	50,73076228
3400	34000	5510	0,895824662	54,20417534
3400	34000	5715	0,895824662	56,25417534
3400	34000	5910	0,895824662	58,20417534
3400	34000	6151	0,895824662	60,61417534
3400	34000	6249	0,895824662	61,59417534
3250	32500	6290	0,856302986	62,04369701



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jln. Kaliurang Km 14,4 Tlp (0274)895707,895042 fax :(0274) 895330 Yogyakarta 55584

L_0 : 330 mm
 Diameter : 10 mm
 Panjang penyaluran : 200 mm
 Keterangan : Lolos terhadap baja,
 Baja putus

a = 1.1 mm
 c = 7,9 mm
 d'b = 8,3 mm
 d''b = 10,5 mm
 db = 9.4 mm
 A = 69,3977231 mm²
 E = 180478,146 MPa

P (Kg)	P (N)	Δ (mm) $\times 10^{-2}$	Δs (mm)	$\Delta c = \Delta - \Delta s$ (mm)
0	0	0	0	0
250	2500	55	0,06586946	0,48413054
500	5000	100	0,131738921	0,868261079
750	7500	140	0,197608381	1,202391619
1000	10000	175	0,263477842	1,486522158
1250	12500	220	0,329347302	1,870652698
1500	15000	235	0,395216763	1,954783237
1750	17500	270	0,461086223	2,238913777
1800	18000	310	0,474260115	2,625739885
1825	18250	465	0,480847061	4,169152939
1850	18500	620	0,487434007	5,712565993
1850	18500	785	0,487434007	7,362565993
1900	19000	991	0,500607899	9,409392101
2000	20000	1110	0,526955683	10,57304432
2100	21000	1505	0,553303468	14,49669653
2250	22500	1930	0,592825144	18,70717486
2350	23500	2295	0,619172928	22,33082707
2400	24000	2350	0,63234682	22,86765318
2500	25000	2400	0,658694604	23,3413054
2525	25250	2840	0,66528155	27,73471845
2575	25750	3220	0,678455442	31,52154456
2600	26000	3560	0,685042388	34,91495761
2625	26250	4050	0,691629335	39,80837067
2650	26500	4410	0,698216281	43,40178372
2650	26500	5225	0,698216281	51,55178372
2675	26750	5500	0,704803227	54,29519677
2675	26750	5945	0,704803227	58,74519677
2675	26750	6220	0,704803227	61,49519677
2675	26750	6438	0,704803227	63,67519677
2675	26750	6720	0,704803227	66,49519677

$Y = 1131,9^*1$ (dengan cara memasukkan nilai $x = 0,25$)

$\Delta T = \pi \times db \times a \times fb$

$\Delta T = Y = 1320,966 \text{ N}$ (sudah di kalibrasi)

$fb = 40,66508 \text{ MPa}$

$vc = 5,662227 \text{ MPa}$

$P \text{ maks} = 29965,13 \text{ N}$ (sudah di kalibrasi)

$fb = 922,4568 \text{ MPa}$

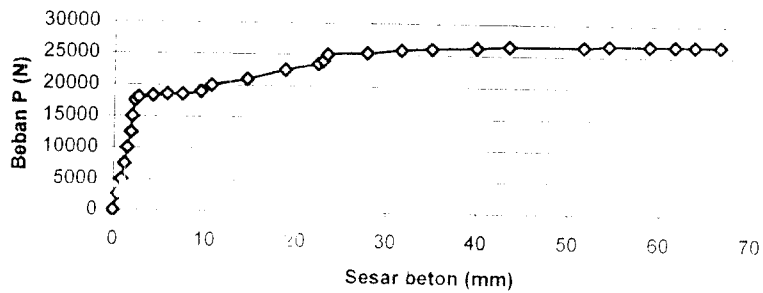
$vc = 128,4434 \text{ MPa}$

$P \text{ luluh} = 21006 \text{ N}$ (sudah di kalibrasi)

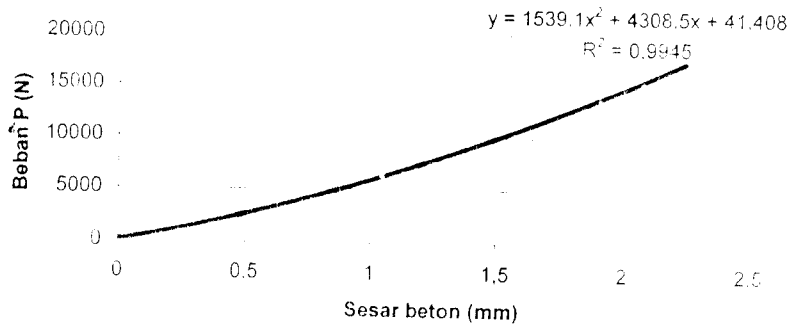
$fb = 646,656 \text{ MPa}$

$vc = 90,04071 \text{ MPa}$

Grafik D 10 maksimum $Ld = 200 \text{ mm}$



Grafik D 10 kritis $Ld = 200 \text{ mm}$



Y = 1200,83 (dengan cara memasukkan nilai x = 0.25)

$\Delta T = \pi \times db \times a \times fb$

$\Delta T = Y = 1401,409 \text{ N}$ (sudah di kalibrasi)

$fb = 43,14146 \text{ MPa}$

$vc = 6,007039 \text{ MPa}$

P maks 33546,3 N (sudah di kalibrasi)

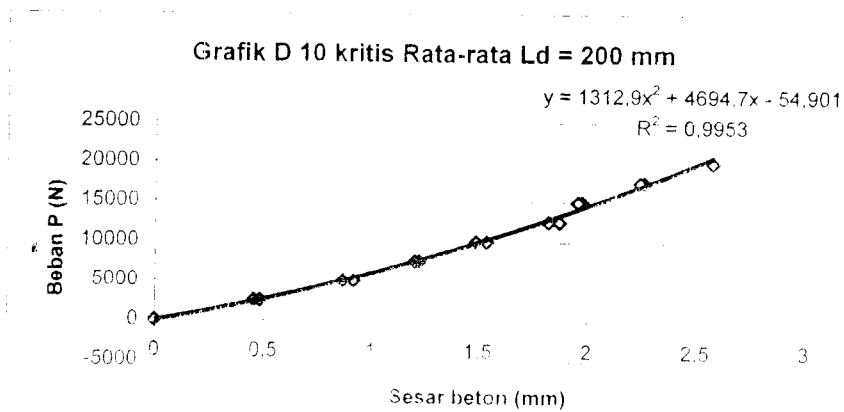
$fb = 1032,701 \text{ MPa}$

$vc = 143,7938 \text{ MPa}$

P luluh 22464,75 N (sudah di kalibrasi)

$fb = 691,5627 \text{ MPa}$

$vc = 96,29354 \text{ MPa}$





LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jln. Kaliurang Km 14.4 Tlp (0274)895707,895042 fax : (0274) 895330 Yogyakarta 55584

L ₀	:	335 mm
Diameter	:	13 mm
Panjang penyaluran	:	200 mm
Keterangan	:	Lolos terhadap baja, Baja putus
a	=	1,2 mm
c	=	9,7 mm
d'b	=	11,4 mm
d''b	=	13,8 mm
db	=	12,6 mm
A	=	124,6897071 mm ²
E	=	210209,7187 MPa

P (Kg)	P (N)	Δ (mm) $\times 10^{-2}$	Δs (mm)	$\Delta c = \Delta - \Delta s$ (mm)
0	0	0	0	0
250	2500	38	0,031952248	0,348047752
500	5000	60	0,063904496	0,536095504
750	7500	88	0,095356744	0,784143256
1000	10000	100	0,127808992	0,872191008
1250	12500	125	0,159761241	1,090238759
1500	15000	154	0,191713489	1,348286511
1750	17500	176	0,223665737	1,536334263
2000	20000	205	0,255617985	1,794382015
2250	22500	245	0,287570233	2,162429767
2500	25000	261	0,319522481	2,290477519
2750	27500	282	0,351474729	2,468525271
3000	30000	310	0,383426977	2,716573023
3150	31500	352	0,402598326	3,117401674
3200	32000	565	0,408388776	5,241011224
3225	32250	905	0,412184001	8,637815999
3250	32500	1090	0,415379225	10,48462077
3300	33000	1320	0,421769675	12,77823032
3500	35000	1416	0,447331474	13,71266853
3750	37500	1680	0,479283722	16,32071628
4000	40000	2025	0,51123597	19,73876403
4250	42500	2430	0,543188218	23,75681173
4450	44500	3020	0,568750016	29,63124998
4500	45000	3110	0,575140466	30,52485953
4650	46500	3460	0,594311815	34,00568819
4650	46500	3768	0,594311815	37,08568819
4700	47000	4328	0,600702264	42,67929774
4750	47500	4460	0,607092714	43,99290729
4775	47750	4830	0,610287939	47,68971206
4850	48500	5430	0,619873613	53,68012639
4900	49000	5730	0,626264063	56,67373594
4900	49000	6138	0,626264063	60,75373594
4950	49500	6581	0,632654513	65,17734549
4975	49750	7252	0,635349737	71,88415026
4975	49750	7510	0,635849737	74,46415026
4975	49750	7938	0,635849737	78,74415026
4975	49750	8230	0,635849737	81,66415026

Lanjutan D 13, Ld = 200 mm

4975	49750	8400	0,635849737	83,36415026
4975	49750	8510	0,635849737	84,46415026
4975	49750	8848	0,635849737	87,84415026
4975	49750	9137	0,635849737	90,73415026
4975	49750	9415	0,635849737	93,51415026
4975	49750	9500	0,635849737	94,36415026
4250	42500	9550	0,543188218	95,95681178

$Y = 2191,327$ (dengan cara memasukkan nilai $x = 0.25$)

$\Delta T = \pi \times db \times a \times b$

$\Delta T = Y = 2265,539 \text{ N}$ (sudah di kalibrasi)

$fb = 47,60472 \text{ MPa}$

$vc = 5,90073 \text{ MPa}$

$P \text{ maks} = 52421,5 \text{ N}$ (sudah di kalibrasi)

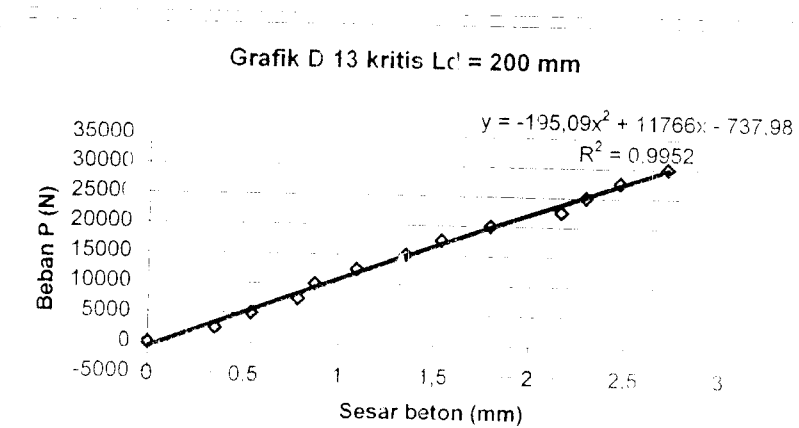
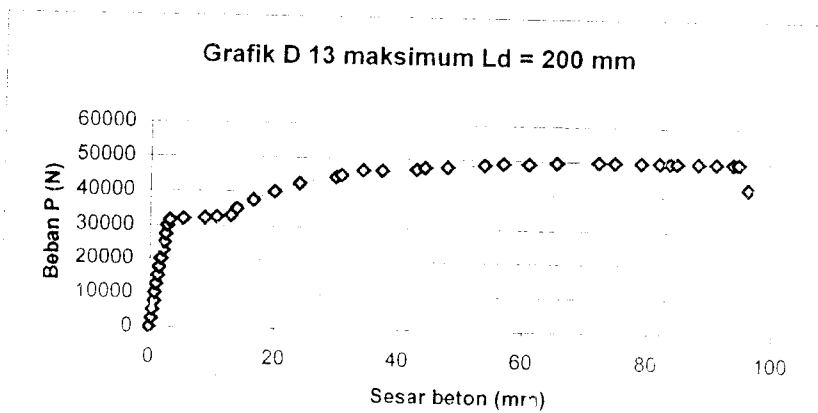
$fb = 1103,59 \text{ MPa}$

$vc = 136,526 \text{ MPa}$

$P \text{ luluh} = 34627,25 \text{ N}$ (sudah di kalibrasi)

$fb = 728,9818 \text{ MPa}$

$vc = 90,18332 \text{ MPa}$



Y = 1239,721 (dengan cara memasukkan nilai x = 0.25)

$\Delta T = \pi \times db \times a \times fb$

$\Delta T = Y = 1446,803 \text{ N}$ (sudah di kalibrasi)

fb = 30,45846 MPa

vc = 3,768057 MPa

P maks 56149 N (sudah di kalibrasi)

fb = 1182,063 MPa

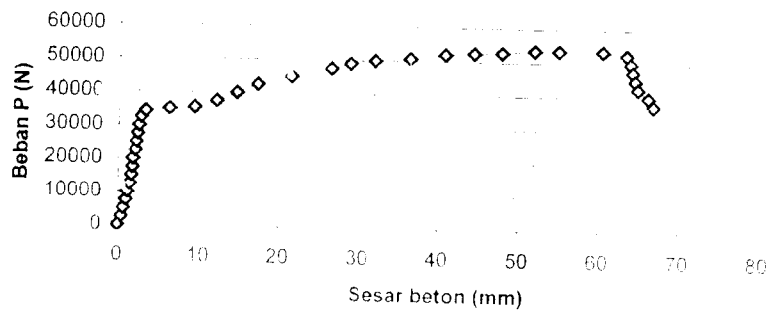
vc = 146,2346 MPa

P luruh 37326,38 N (sudah di kalibrasi)

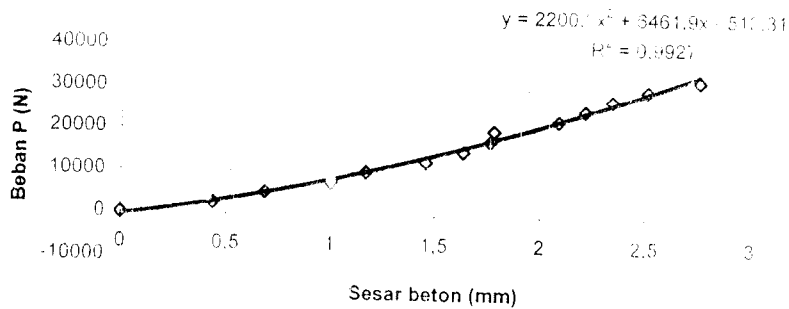
fb = 785,8045 MPa

vc = 97,21293 MPa

Grafik D 13 maksimum Ld = 200 mm



Grafik D 13 kritis Ld = 200 mm



$$Y = 2086.738 \text{ (dengan cara memasukkan nilai } x = 0.25)$$

$$\Delta T = \pi \times db \times a \times fb$$

$$\Delta T = Y = 2435.24 \text{ N (sudah di kalibrasi)}$$

$$fb = 51.2673 \text{ MPa}$$

$$vc = 6.342347 \text{ MPa}$$

$$P \text{ maks} = 53610.03 \text{ N (sudah di kalibrasi)}$$

$$fb = 1128.612 \text{ MPa}$$

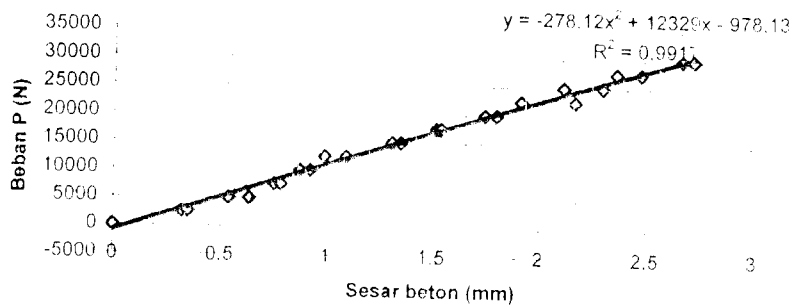
$$vc = 139.6221 \text{ MPa}$$

$$P \text{ luluh} = 35557.93 \text{ N (sudah di kalibrasi)}$$

$$fb = 748.5748 \text{ MPa}$$

$$vc = 92.60719 \text{ MPa}$$

Grafik d 13 kritis rata-rata $L_d = 200 \text{ mm}$





LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jln. Kaliurang Km 14,4 Tlp (0274)895707.895042 fax :(0274) 895330 Yogyakarta 55584

L_0 : 330 mm
 Diameter : 16 mm
 Panjang penyaluran : 200 mm
 Keterangan : Lolos terhadap beton,
 Baja tidak putus

a = 1,55 mm
 c = 14,65 mm
 d'b = 14 mm
 d''b = 17,1 mm
 db = 15,55 mm
 A = 189,911079 mm²
 E = 192829,9332 MPa

P (Kg)	P (N)	Δ (mm) $\times 10^{-2}$	Δs (mm)	$\Delta c = \Delta - \Delta s$ (mm)
0	0	0	0	0
250	2500	25	0,02252834	0,22747166
500	5000	47	0,04505668	0,42494332
750	7500	60	0,067585021	0,532414979
1000	10000	70	0,090113361	0,609886639
1250	12500	90	0,112641701	0,787358299
1500	15000	105	0,135170041	0,914829959
1750	17500	120	0,157698382	1,042301618
2000	20000	140	0,180226722	1,219773278
2250	22500	165	0,202755062	1,447244938
2500	25000	185	0,225283402	1,624716598
2750	27500	203	0,247811743	1,782188257
3000	30000	215	0,270340083	1,879659917
3250	32500	230	0,292868423	2,007131577
3500	35000	235	0,315396763	2,034603237
3750	37500	250	0,337925103	2,162074897
4000	40000	258	0,360453444	2,219546556
4250	42500	285	0,382981784	2,467018216
4500	45000	295	0,405510124	2,544489876
4750	47500	305	0,428038464	2,621961536
5000	50000	315	0,450566805	2,699433195
5250	52500	328	0,473095145	2,806904855
5500	55000	347	0,495623485	2,974376515
5750	57500	360	0,518151825	3,081848175
6000	60000	430	0,540680166	3,759319834
6250	62500	445	0,563208506	3,886791494
6000	60000	470	0,540680166	4,159319834
5750	57500	485	0,518151825	4,331848175
5500	55000	495	0,495623485	4,454376515
5250	52500	505	0,473095145	4,576904855
5000	50000	515	0,450566805	4,699433195
4750	47500	530	0,428038464	4,871961536
4500	45000	548	0,405510124	5,074489876
4250	42500	586	0,382981784	5,477018216
4000	40000	686	0,360453444	6,499546556



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jln. Kaliurang Km 14.4 Tlp (0274) 85107, 895042 fax : (0274) 895330 Yogyakarta 55584

L_0 : 330 mm
 Diameter : 16 mm
 Panjang penyaluran : 200 mm
 Keterangan : Lolos terhadap beton,
 Baja tidak putus

a = 1,55 mm
 c = 14,65 mm
 $d'b$ = 14 mm
 $d''b$ = 17,1 mm
 db = 15,55 mm
 A = 189,911079 mm²
 E = 192829,9332 MPa

P (Kg)	P (N)	Δ (mm) x 10 ⁻²	Δs (mm)	$\Delta c = \Delta - \Delta s$ (mm)
0	0	0	0	0
250	2500	30	0,022528	0,277472
500	5000	40	0,045057	0,354943
750	7500	59	0,067585	0,522415
1000	10000	70	0,090113	0,609887
1250	12500	92	0,112642	0,807358
1500	15000	110	0,135170	0,964830
1750	17500	120	0,157698	1,042302
2000	20000	144	0,180227	1,259773
2250	22500	165	0,202755	1,447245
2500	25000	173	0,225283	1,504717
2750	27500	205	0,247812	1,802188
3000	30000	220	0,270340	1,929660
3250	32500	232	0,292868	2,027132
3500	35000	247	0,315397	2,154603
3750	37500	260	0,337925	2,262075
4000	40000	270	0,360453	2,339547
4250	42500	280	0,382982	2,417018
4500	45000	298	0,405510	2,574490
4750	47500	310	0,428038	2,671962
5000	50000	328	0,450567	2,829433
5250	52500	355	0,473095	3,076905
5500	55000	365	0,495623	3,154377
5750	57500	425	0,518152	3,731848
5875	58750	610	0,529416	5,570584
5975	59750	680	0,538427	6,261573
6000	60000	785	0,540680	7,309320
6000	60000	865	0,540680	8,109320
6250	62500	905	0,563209	8,486791
6500	65000	970	0,585737	9,114263
6750	67500	1100	0,608265	10,391735
7000	70000	1263	0,630794	11,999206
7125	71250	1410	0,642058	13,457942
5000	50000	1780	0,450567	17,349433
4750	47500	2130	0,428038	20,871962

Y = 2426,028 (dengan cara memasukkan nilai x = 0.25)

$\Delta T = \pi \times db \times a \times fb$

$\Delta T = Y = 2831,259 \text{ N}$ (sudah di kalibrasi)

$fb = 37,39108 \text{ MPa}$

$vc = 3,956053 \text{ MPa}$

P maks 77413,9 N (sudah di kalibrasi)

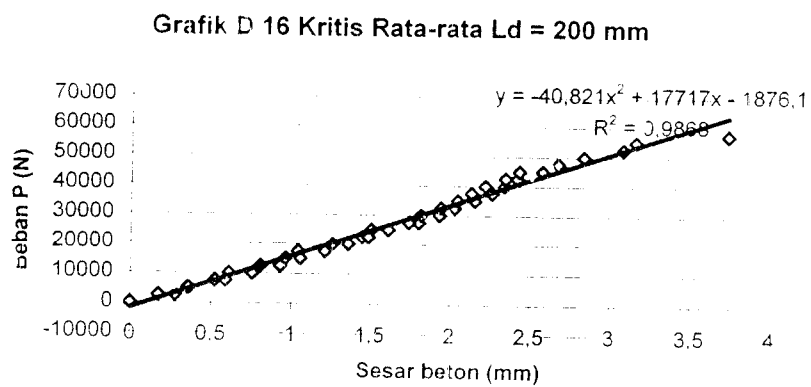
$fb = 1022,368 \text{ MPa}$

$vc = 108,1687 \text{ MPa}$

F luluh 61491,75 N (sudah di kalibrasi)

$fb = 812,092 \text{ MPa}$

$vc = 85,921 \text{ MPa}$





LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jln. Kaliurang Km 14,4 Tlp (0274) 895707, 895042 fax : (0274) 895330 Yogyakarta 55584

L_0 : 340 mm
 Diameter : 12 mm
 Panjang penyaluran : 200 mm
 Keterangan : Lolos terhadap baja,
 Baja tidak putus
 Diameter Sebenarnya = 11,3 mm
 A = 100,2874068 mm²
 E = 179047,7205 MPa

P (Kg)	P (N)	Δ (mm) $\times 10^{-2}$	Δs (mm)	$\Delta c = \Delta - \Delta s$ (mm)
0	0	0	0	0
250	2500	63	0,047337327	0,582662673
500	5000	82	0,094674653	0,725325347
750	7500	98	0,14201198	0,83798802
1000	10000	111	0,189349307	0,920650693
1250	12500	132	0,236686633	1,083313367
1500	15000	144	0,28402396	1,15597604
1750	17500	158	0,331361287	1,248638713
2000	20000	170	0,378698613	1,321301387
2250	22500	186	0,42603594	1,43396406
2500	25000	200	0,473373267	1,526626733
2750	27500	211	0,520710593	1,589289407
3000	30000	227	0,56804792	1,70195208
3200	32000	271	0,605917781	2,104082219
3225	32250	405	0,610651514	3,439348486
3250	32500	498	0,615385247	4,364614753
3275	32750	700	0,620118979	6,379881021
3300	33000	940	0,624852712	8,775147288
3450	34500	1036	0,63255108	9,706744892
3475	34750	1215	0,657988841	11,43201116
3000	30000	1325	0,56804792	12,68195208
2750	27500	1335	0,520710593	12,82928941
2500	25000	1348	0,473373267	13,00662673
2250	22500	1378	0,42603594	13,33396406
2000	20000	1444	0,378698613	14,06130139
1975	19750	1648	0,373964881	16,10603512



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jln. Kaliurang Km 14.4 Tlp (0274)895707,895042 fax : (0274) 895330 Yogyakarta 55584

L_0 : 345 mm
 Diameter : 12 mm
 Panjang penyaluran : 200 mm
 Keterangan : Lolos terhadap baja,
 Baja tidak putus
 Diameter Sebenarnya : = 11,3 mm
 A = 100.2874068 mm²
 E = 179047,7205 MPa

P (Kg)	P (N)	Δ (mm) x 10 ⁻²	Δ_s (mm)	$\Delta_c = \Delta - \Delta_s$ (mm)
0	0	0	0	0
250	2500	65	0,048033464	0,601966536
500	5000	80	0,096086928	0,703933072
750	7500	100	0,144100391	0,855899609
1000	10000	115	0,192133855	0,957866145
1250	12500	130	0,240167319	1,059832681
1500	15000	140	0,288200783	1,111799217
1750	17500	155	0,336234247	1,213765753
2000	20000	165	0,384267711	1,265732289
2250	22500	185	0,432301174	1,417698826
2500	25000	200	0,480334638	1,519665362
2750	27500	215	0,528368102	1,621631898
3000	30000	230	0,576401566	1,723598434
3250	32500	255	0,62443503	1,92556497
3300	33000	293	0,634041722	2,345958278
3325	33250	788	0,638845069	7,241154931
3400	34000	1055	0,653255108	9,896744892
3500	35000	1115	0,672468493	10,47753151
3600	36000	1345	0,691681879	12,75831812
3650	36500	1510	0,701288572	14,39871143
3675	36750	1545	0,706091918	14,74390808
3250	32500	1570	0,62443503	15,07556497
3000	30000	1700	0,576401566	16,42359843
2750	27500	1825	0,528368102	17,7216319
2500	25000	2080	0,480334638	20,31966536
2250	22500	2325	0,432301174	22,81769883

$$Y = 422,7375 \text{ (dengan cara memasukkan nilai } x = 0.25)$$

$$\Delta T = \pi \times d_b \times a \times f_b$$

$$\Delta T = Y = 493,3501 \text{ N (sudah di kalibrasi)}$$

$$f_b = 0,069486 \text{ MPa}$$

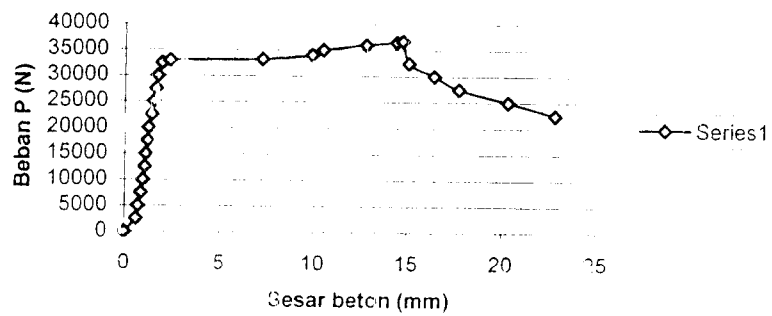
$$P \text{ maks} = 39780,13 \text{ N (sudah di kalibrasi)}$$

$$f_b = 5,60284 \text{ MPa}$$

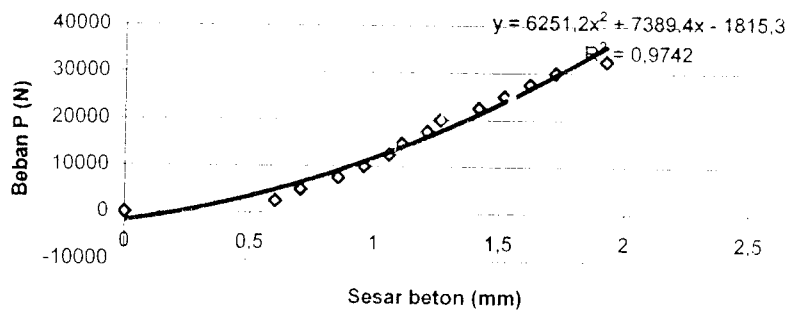
$$P \text{ luluh} = 36099,5 \text{ N (sudah di kalibrasi)}$$

$$f_b = 5,084441 \text{ MPa}$$

Grafik P 12 Maksimum Ld = 200 mm



Grafik P 12 kritis Ld = 200mm



$Y = 489.2888$ (dengan cara memasukkan nilai $x = 0.25$)

$\Delta T = \pi \times db \times a \times fb$

$\Delta T = Y = 571,0021 \text{ N}$ (sudah di kalibrasi)

$fb = 0.080423 \text{ MPa}$

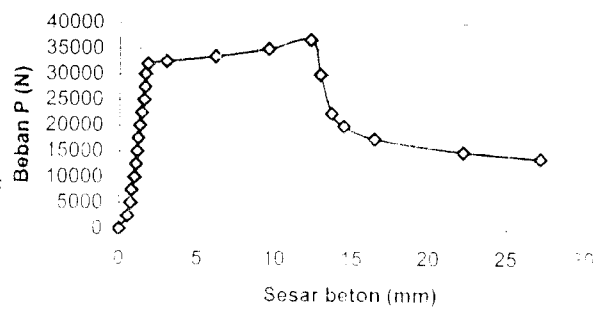
$P \text{ maks} = 39780,13 \text{ N}$ (sudah di kalibrasi)

$fb = 5.60284 \text{ MPa}$

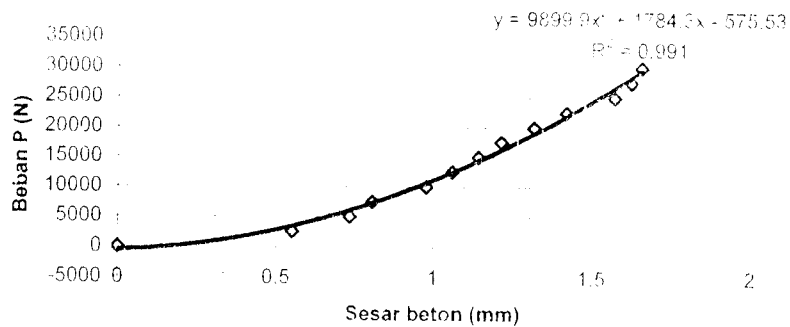
$P \text{ luluh} = 35118 \text{ N}$ (sudah di kalibrasi)

$fb = 4.946202 \text{ MPa}$

Grafik P 12 Maksimum Ld = 200 mm



Grafik f' 12 kritis Ld = 200 mm



Y = 440.8063 (dengan cara memasukkan nilai x = 0.25)

$\Delta T = \pi \times db \times a \times fb$

$\Delta T = Y = 514.4327 \text{ N}$ (sudah di kalibrasi)

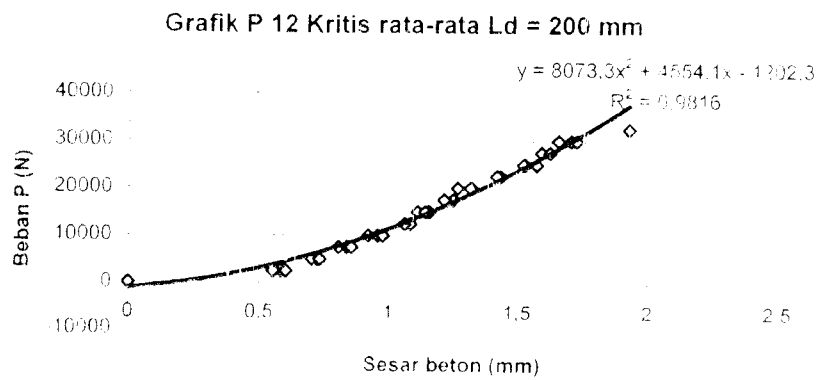
$fb = 0.072455 \text{ MPa}$

P maks = 39141.27 N (sudah di kalibrasi)

$fb = 5.51286 \text{ MPa}$

P luluh = 35445.17 N (sudah di kalibrasi)

$fb = 4.992282 \text{ MPa}$



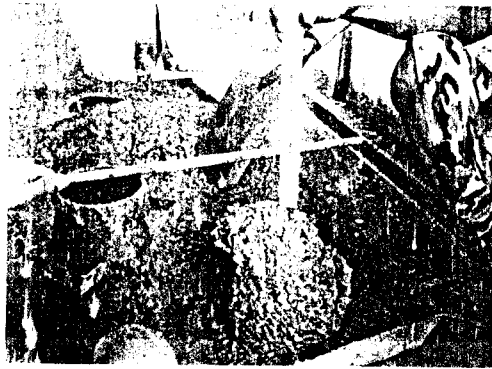


Foto 4 : Pengujian nilai *Slump*



Foto 5 : Perawatan benda uji

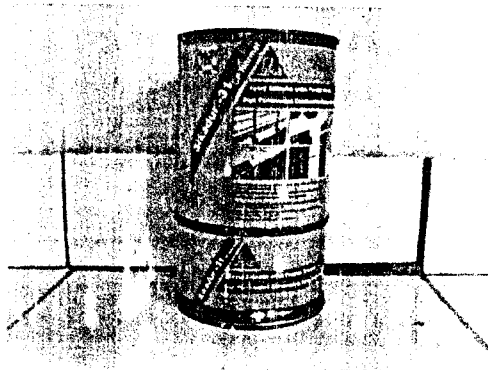


Foto 6 : Sikadur[®] 31 CF Normal



Foto 10 : Pengujian kuat tekan beton silinder

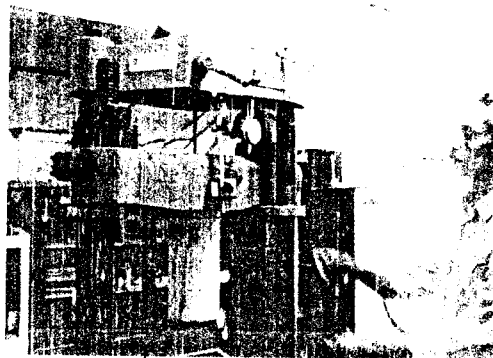


Foto 11 : Pengujian *Pull-out*

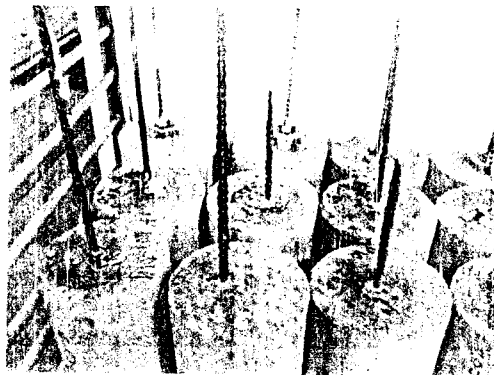


Foto 12 : Hasil pengujian *Pull-out*

Sikadur® 31 CF Normal

2-part thixotropic epoxy adhesive

Product Description	Sikadur®-31 CF Normal is a solvent-free, moisture tolerant, thixotropic, structural two part adhesive and repair mortar, based on a combination of epoxy resins and special fillers, designed for use at temperatures between +10°C and +30°C.
Uses	<p>As a structural adhesive and mortar for:</p> <ul style="list-style-type: none">■ Concrete elements■ Hard natural stone■ Ceramics, fiber cement■ Mortar, Bricks, Masonry■ Steel, Iron, Aluminium■ Wood■ Polyester, Epoxy■ Glass <p>As a repair mortar and adhesive</p> <ul style="list-style-type: none">■ Corners and edges■ Holes and void filling■ Vertical and overhead use <p>Joint filling and crack sealing:</p> <ul style="list-style-type: none">■ Joint and crack arris / edge repair
Characteristics / Advantages	<p>Sikadur®-31 CF Normal has the following advantages:</p> <ul style="list-style-type: none">■ Easy to mix and apply■ Suitable for dry and damp concrete surfaces■ Very good adhesion to most construction materials■ High strength adhesive■ Thixotropic: non-sag in vertical and overhead applications■ Solvent free■ Hardens without shrinkage■ Different coloured components (for mixing control)■ No primer needed■ High initial and ultimate mechanical strength■ Good abrasion resistance■ Impermeable to liquids and water vapour■ Good chemical resistance
Tests	
Approval / Standard:	Testing according to ASTM C881M-02, Type I, Grade 3, Class B+C. Testing according to EN 1504-4.
Product Data	
Form	
Colours	Part A: white Part B: dark grey Parts A+B mixed: concrete grey



Cleaning of Tools

Clean all tools and application equipment with Sika® Colma Cleaner immediately after use. Hardener / cured material can only be mechanically removed.

Potlife

Potlife (200 g)

+10°C	+23°C	+30°C
~ 145 minutes	~ 55 minutes	~ 35 minutes

The potlife begins when the resin and hardener are mixed. It is shorter at high temperatures and longer at low temperatures. The greater the quantity mixed, the shorter the potlife. To obtain longer workability at high temperatures, the mixed adhesive may be divided into portions. Another method is to chill parts A+B before mixing them (not below +5°C).

Notes

All technical data stated in this Product Data Sheet are based on laboratory tests. Actual measured data may vary due to circumstances beyond our control.

Protective Measures

To avoid rare allergic reactions, use of protective gloves. Changes soiled work clothes and wash hands before breaks and after finishing work. When uncured, Sikadur®-31 CF Normal parts A+B, are water-pollutants and must not be discharge into drains, waterways or the ground.

Local regulation as well as health and safety advice on packaging labels must be observed.

Important Notes

Uncured / unmixed material must be removed according to local regulations. Fully cured material can be disposed of as household waste under agreement with the responsible local authorities.

Detailed health and safety information as well as detailed precautionary measures e.g. physical, toxicological and ecological data can be obtained from the material safety data sheet.

Legal Notes

The information and in particular the recommendations relating to the application and end-use of Sika products are given in good faith based on Sika's current knowledge and experience of the product when properly stored, handled and applied under normal conditions. In practice, the differences in materials, substrates and actual site conditions are such that no warranty in respect of merchantability or fitness for a particular purpose, nor any liability arising out of any legal relationship whatsoever, can be inferred either from this information, or from any verbal recommendations, or from any other advice offered. The proprietary rights of third parties must be observed. All orders are accepted subject to our current terms of sales and delivery. Users should always refer to the most recent issue of the technical Data Sheet for the product and/or copies of which can be supplied on request.



PT. Sika Indonesia
 Jl. Raya Cibinong- Bekasi km. 20
 Limusunggal- Cileungsi
 BOGOR 16820- Indonesia
 Tel. +62 21 8230025
 Fax +62 21 8230025
 Website: www.sika.co.id

Branches
 Surabaya
 Puri Niaga Blok G No. 29, Jl. Raya Rungkut Menanggal 11
 Surabaya
 Tel.: 031-8500202, Fax: 031-8662126
 Medan
 Kawasan Industrial " Medan Star " Tanjung Morawa
 Km 13,2
 Jl. Pelita Raya Blok R No.32, Deli, Serdang 20362
 Tel. 061-7941200, Fax: 061-7940822
 Batam
 Jl. Kurda Laut No 8 D, Batu Ampar, Batam 20432





www.tuv.com

LAMPIRAN 10

(Kartu Peserta Tugas Akhir)

CATATAN KONSULTASI TUGAS AKHIR

NO	TANGGAL	KONSULTASI KE :	TANDA TANGAN
1	16/05-2007	- Simposium seminar	
2	9/01-2008	- wawancara tidak terdaku - menteri dengan baik, tetapi konsultasi yang akan dengan kontinu - Sidang	
3	21/02-2008	- Agg. Pembinaan stabilisasi - Peningkatan	