

TUGAS AKHIR
KOMPARASI KUAT LEKAT BETON
DENGAN VARIASI KUAT DESAK BETON
TERHADAP BAJA TULANGAN



MILIK PERPUSTAKAAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN UII YOGYAKARTA

Disusun Oleh :

Nama : Zulkifli
No. Mhs : 91 310 026
Nirm : 910051013114120026

Nama : Amir
No. Mhs : 91 310 183
Nirm : 910051013114120178

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

2001

TUGAS AKHIR
KOMPARASI KUAT LEKAT BETON
DENGAN VARIASI KUAT DESAK BETON
TERHADAP BAJA TULANGAN

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



Disusun Oleh :

ZULKIFLI

No. Mhs : 91 310 026

Nirm : 910051013114120026

A MIR

No. Mhs : 91 310 183

Nirm : 910051013114120178

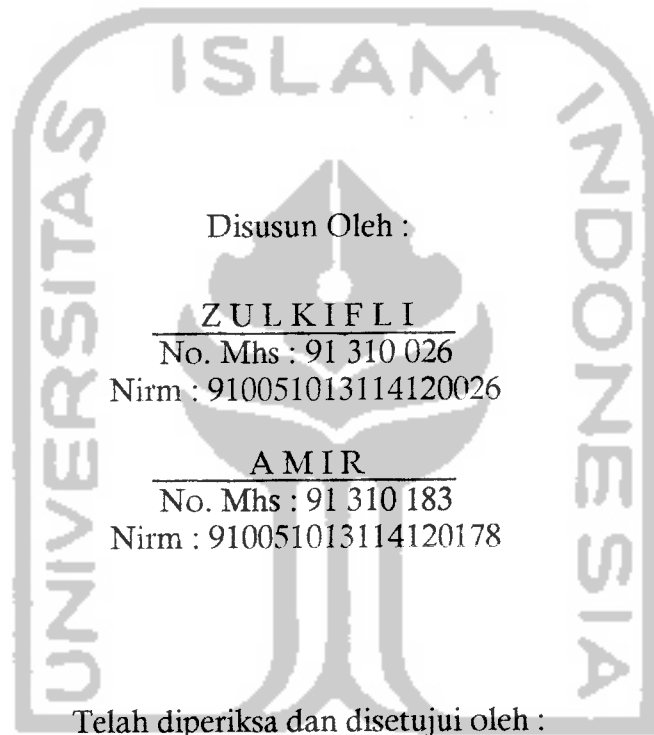
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

2001

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

Komparasi Kuat Lekat Beton Dengan Variasi Kuat Desak Beton Terhadap Baja Tulangan



Ir. H. M. Samsudin, MT
Dosen Pembimbing I

Ir. H. A. Kadir Aboe, MT
Dosen Pembimbing II

[Signature]
Tanggal : 7/12/2011

[Signature]
Tanggal : 04/12/2011

MOTTO

“Bacalah dengan (menyebut) nama Tuhanmu yang menciptakan.

Dia telah menciptakan manusia dari segumpal darah.

Bacalah dan Tuhanmulah yang paling pemurah.

Yang mengajar (manusia) dengan perantara kalam.

Dia mengajarkan kepada manusia apa yang tidak diketahuinya.”

(QS. 96 : 1-5)

*“Katakanlah, adakah sama orang-orang yang mengetahui
dengan mereka yang tidak mengetahui.”*

(QS. 39 : 9)

*“Katakanlah, kalau sekiranya lautan menjadi tinta untuk (menulis)
kalimat Tuhanku, sungguh habislah lautan itu sebelum habis (ditulis)
kalimat-kalimat Tuhanku, meskipun Kami datangkan tambahan
sebanyak itu (pula).”*

(QS. 18 : 109)

PERSEMBAHAN

Kupersembahkan :

Untuk Kedua Orang Tuaku yang Tercinta

Untuk Saudara-saudaraku

sebagai Darma Baktiku

Kepada Agamaku

sebagai Ibadahku

Serta orang-orang yang mengasihiku

sebagai ikatan persaudaraan kita



KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum wr. wb

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, serta salawat dan salam kepada junjungan Nabi Muhammad SAW, sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan lancar tanpa kendala yang cukup berarti.

Tugas Akhir ini dilaksanakan sebagai salah satu syarat dalam rangka menempuh jenjang Strata Satu (S-1) di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

Terima kasih yang sebesar-besarnya kami ucapkan kepada semua pihak yang telah banyak membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini antara lain kepada :

1. Bapak Ir. H. M. Samsudin, MT, selaku Dosen Pembimbing I dan Dosen Penguji Tugas Akhir.
2. Bapak Ir. H. A. Kadir Aboe, MT, selaku Dosen Pembimbing II dan Dosen Penguji Tugas Akhir.
3. Bapak Ir. H. Susastrawan, MS, selaku Dosen Penguji Tugas Akhir.
4. Bapak Ir. H. Widodo, MSCE, Phd, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
5. Bapak Ir. H. Munadhir, MS, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

6. Bapak Suwarno dan Bapak Darusalam selaku karyawan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
7. Teman-teman seperjuangan yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu yang telah banyak membantu kami dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

Kami menyadari bahwa Tugas Akhir kami ini masih banyak kekurangan karena terbatasnya kemampuan pengetahuan serta literatur yang kami gunakan. Karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat kami harapkan demi sempurnanya Tugas Akhir kami ini.

Akhir kata, harapan kami semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkan.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb

Yogyakarta, Oktober 2001

Penyusun

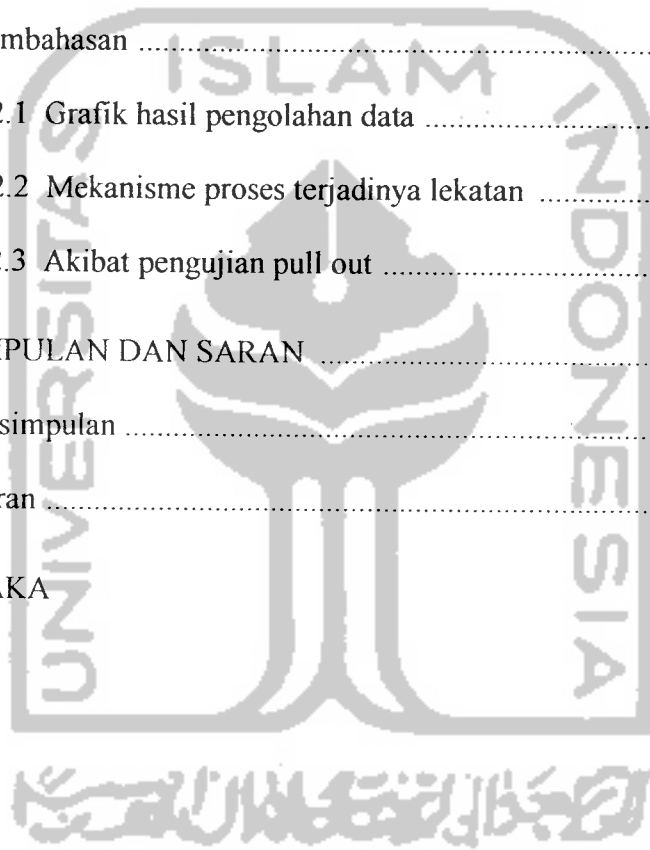


DAFTAR ISI

	Hal.
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
MOTTO	iii
PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR NOTASI	xiv
INTISARI	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Tujuan Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
BAB III LANDASAN TEORI	8
3.1 Beton	8

3.2	Perencanaan Campuran Beton	8
3.3	Baja Tulangan	10
3.4	Kuat Desak Beton	11
3.5	Penyaluran Tegangan Lekatan	12
3.6	Pengujian Pencabutan Keluar Pelekatan	14
BAB IV METODE PENELITIAN		16
4.1	Umum	16
4.2	Bahan dan Peralatan	17
4.2.1	Bahan	17
4.2.2	Peralatan	20
4.3	Pelaksanaan Penelitian	23
4.3.1	Persiapan material	23
4.3.2	Pemeriksaan agregat kasar (kerikil)	24
4.3.3	Pemeriksaan agregat halus (pasir)	25
4.3.4	Perancangan adukan beton	27
4.3.5	Pembuatan benda uji	40
4.3.6	Metode perawatan benda uji	41
4.3.7	Pengujian kuat desak	42
4.3.8	Pengujian tarik baja	42
4.3.9	Pengujian pull out	42
4.4	Analisis Data	43

BAB V	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	45
5.1	Hasil Penelitian	45
5.1.1	Uji kuat desak beton	45
5.1.2	Pengujian tarik baja	51
5.1.3	Pengujian lolos tarik (uji pull out)	52
5.1.4	Beban maksimum pull out	53
5.2	Pembahasan	57
5.2.1	Grafik hasil pengolahan data	57
5.2.2	Mekanisme proses terjadinya lekatan	60
5.2.3	Akibat pengujian pull out	63
BAB VI	KESIMPULAN DAN SARAN	64
6.1	Kesimpulan	64
6.2	Saran	65
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		



DAFTAR TABEL

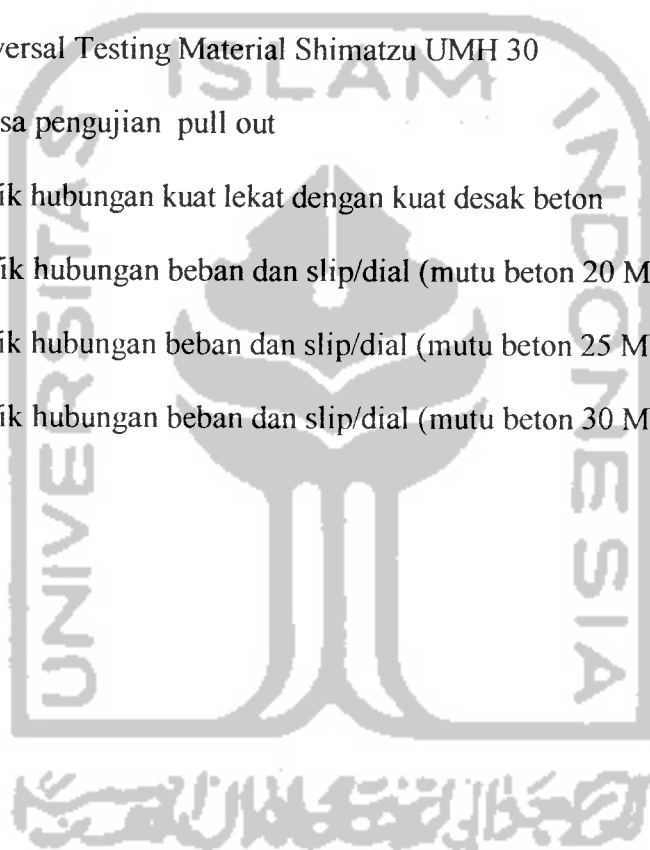
	Hal.
Tabel 2.1 Kuat lekat batas menurut ACI 1963 (Wang dan Salmon, 1986)	6
Tabel 2.2 Kuat lekat batas menurut PBI 1971 dan SNI-03-2847-1992	6
Tabel 2.3 Kuat lekat batas (Perry, 1959)	6
Tabel 4.1 Data benda uji/sampel pada penelitian	17
Tabel 4.2 Nilai deviasi standar	28
Tabel 4.3 Nilai k untuk beberapa keadaan	28
Tabel 4.4 Hubungan faktor air semen dan kuat desak silinder beton umur 28 hari	29
Tabel 4.5 Faktor air semen maksimum	29
Tabel 4.6 Nilai slump	29
Tabel 4.7 Ukuran maksimum agregat	30
Tabel 4.8 Kebutuhan air berdasarkan nilai slump dan ukuran maks. agregat	30
Tabel 4.9 Perkiraan kebutuhan agregat kasar per- m^3 beton berdasarkan ukuran maksimum agregat dan modulus halus butir	31
Tabel 5.1 Hasil uji kuat desak beton (mutu beton 20 MPa)	46
Tabel 5.1a Perhitungan kuat desak beton umur 28 hari mutu beton 20 MPa	47
Tabel 5.2 Hasil uji kuat desak beton (mutu beton 25 MPa)	48
Tabel 5.2a Perhitungan kuat desak beton umur 28 hari mutu beton 25 MPa	48
Tabel 5.3 Hasil uji kuat desak beton (mutu beton 30 MPa)	49
Tabel 5.3a Perhitungan kuat desak beton umur 28 hari mutu beton 30 MPa	50
Tabel 5.4 Perbandingan kuat desak rencana dan kuat desak hasil penelitian	51

Tabel 5.5	Hasil pengujian kuat tarik baja	52
Tabel 5.6	Hasil uji kuat lekat dengan mutu beton 20 MPa	54
Tabel 5.7	Hasil uji kuat lekat dengan mutu beton 25 MPa	54
Tabel 5.8	Hasil uji kuat lekat dengan mutu beton 30 Mpa	55
Tabel 5.9	Kuat lekat teoritis berdasarkan kuat desak eksperimen	56
Tabel 5.10	Perbandingan kuat lekat teoritik dengan kuat lekat hasil pengujian	57
Tabel 5.11	Panjang penyaluran teoritis dan panjang tulangan yang tertanam	62



DAFTAR GAMBAR

	Hal.
Gambar 3.1 Pull-out anchorage bond (lekatan penjangkaran tarik)	12
Gambar 3.2 Pengujian pencabutan keluar pelekatan, dengan distribusi-distribusi tegangan pelekatan	14
Gambar 4.1 Sketsa benda uji desak beton dan pull-out	17
Gambar 4.2 Universal Testing Material Shimatzu UMH 30	23
Gambar 4.3 Sketsa pengujian pull out	43
Gambar 5.1 Grafik hubungan kuat lekat dengan kuat desak beton	56
Gambar 5.2 Grafik hubungan beban dan slip/dial (mutu beton 20 MPa)	58
Gambar 5.3 Grafik hubungan beban dan slip/dial (mutu beton 25 MPa)	58
Gambar 5.4 Grafik hubungan beban dan slip/dial (mutu beton 30 MPa)	59



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Kartu Peserta/Catatan Konsultasi Tugas Akhir

Lampiran 2. Data Pemeriksaan Agregat (Pasir dan Kerikil)

Lampiran 3. Data Test Kuat Desak Beton pada Mutu Beton 20, 25, dan 30 MPa

Lampiran 4. Data Test dan Grafik Pull out persampel pada Mutu Beton 20, 25,
dan 30 MPa



DAFTAR NOTASI

- A = Luas penampang, mm²
- d = Diameter (baja tulangan), mm
- f'_b = Kuat desak beton masing-masing benda uji, MPa
- f'_c = Kuat desak beton, MPa
- f'_{cr} = Kuat desak beton rata-rata, MPa
- f'_{c28} = Kuat desak beton umur 28 hari, MPa
- f_u = Tegangan putus baja tulangan, MPa
- f_y = Tegangan leleh baja tulangan, MPa
- k = Faktor pengali deviasi standar
- l_d = Panjang tulangan yang tertanam, mm
- N = Jumlah benda uji
- P = Beban
- S_d = Deviasi standar
- τ = Kuat lekat, MPa

INTISARI

Perkuatan pada beton dapat meningkatkan kekuatan tarik penampang bergantung pada keserasian (*compatibility*) antara kedua bahan tersebut untuk dapat bekerja sama memikul beban dari luar. Dalam keadaan terbebani, elemen penguat seperti baja tulangan, harus mengalami regangan atau deformasi yang sama dengan beton di sekelilingnya untuk mencegah diskontinuitas atau terpisahnya kedua jenis material. Untuk itu perlu diteliti sejauh mana penurunan dan peningkatan nilai kuat lekat dalam tiap variasi mutu beton.

Penelitian dilakukan dengan metode Pull Out terhadap benda uji lekatan berupa silinder beton dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm dengan variasi mutu beton 20 MPa, 25 MPa, 30 MPa. Pada masing-masing variasi digunakan 5 benda uji. Pengujian dilakukan setelah umur benda uji silinder beton 28 hari.

Dari hasil penelitian diperoleh bahwa nilai kuat lekat maksimal rerata pada mutu beton 20 MPa adalah 2,963 MPa, mutu beton 25 MPa adalah 3,406 MPa, dan mutu beton 30 MPa adalah 3,424 MPa. Dari hasil penelitian tersebut dapat dilihat bahwa semakin tinggi mutu beton, semakin tinggi pula nilai kuat lekat. Dalam penelitian ini juga terlihat pada benda uji mutu beton 25 MPa terdapat satu benda uji yang mengalami tegangan leleh sebelum tulangan tercabut dari silinder beton, sedangkan benda uji yang lain tulangan tercabut dari beton sebelum mencapai tegangan leleh. Ini menunjukkan bahwa panjang penyaluran yang dipakai belum memenuhi syarat batas aman.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beton merupakan salah satu bahan konstruksi yang sangat penting, berbagai bangunan baik bersifat struktural maupun non struktural banyak menggunakan beton sebagai bahan utama. Sebagai bahan bangunan beton memiliki berbagai kelebihan dibandingkan dengan bahan bangunan lainnya. Kelebihan tersebut antara lain dapat dibentuk sesuai keinginan, bahan bakunya relatif mudah didapat (pasir dan kerikil), mempunyai kuat desak beton yang tinggi, tahan aus, rapat air, mudah dibentuk dan tidak memerlukan perawatan menerus setelah beton mengeras. 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 menambahkan baja tulangan, sehingga tersusun pembagian tugas, dimana batang tulangan menerima gaya tarik, sedangkan beton hanya diperhitungkan untuk menahan gaya desak.

Namun keberadaan baja tulangan tentunya tidak akan memberikan hasil yang diharapkan apabila keberadaan baja tulangan tersebut tidak mempunyai ikatan atau pegangan yang kuat, dalam konteks ini ikatan terhadap baja tulangan

itu akan dilakukan oleh beton itu sendiri yang menyelimuti kulit baja disekelilingnya. Sehingga muncul istilah kekuatan lekatan beton terhadap baja tulangan tadi.

Baja dan fibreglass mempunyai faktor-faktor prinsip penguat beton yaitu kekuatan leleh, daktilitas dan mempunyai lekatan yang cukup. Dengan demikian material-material seperti aluminium, bambu, ataupun karet tidak cocok digunakan sebagai bahan penguat pada beton karena tidak memiliki lekatan atau adhesi yang diperlukan antara beton dan bahan penguatnya.

Dari kondisi tersebut, tentunya diperlukan penelitian tentang kerja sama antara beton dengan baja tulangan, dalam hal ini kami meneliti sejauh mana kekuatan lekatan beton terhadap baja tulangan pada berbagai kuat desaknya.

1.2 Rumusan Masalah

Kekuatan lekatan yang merupakan hasil dari berbagai parameter, seperti adhesi antara beton dengan permukaan tulangan baja dan tekanan beton kering terhadap tulangan baja adalah akibat adanya susut pengeringan pada beton. Selain itu saling bergeseknya permukaan baja dan beton disekitarnya, yang disebabkan oleh perpindahan mikro tulangan tarik, menyebabkan peningkatan tahanan terhadap gelincir. Oleh karena itu perlu diteliti seberapa jauh pengaruh kuat lekatan beton dengan variasi mutu desaknya terhadap baja tulangan.

1.3 Batasan Masalah

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

1. Benda uji berupa silinder (diameter 15 cm dan tinggi 30 cm) yang dibuat dari adukan beton normal dengan tiga macam variasi kuat desaknya, yaitu 20 MPa, 25 MPa, dan 30 MPa.
2. Tulangan yang digunakan adalah tulangan polos lurus dengan diameter 12 mm yang ditanam di dalam silinder beton sedalam 30 cm, atau sedalam tinggi silinder beton tersebut.

1.4 Manfaat Penelitian

Dari hasil penelitian tentang perilaku lekatan beton terhadap tulangan baja, diharapkan diperoleh informasi atau masukan tentang tegangan dasar dari penyaluran lekatan dengan panjang penyaluran dasar tertentu, sehingga mengetahui batas aman dari struktur beton bertulang terhadap pengaruh slip yang mungkin terjadi.

1.5 Tujuan Penelitian

Dengan latar belakang faktor-faktor penentu di atas, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kekuatan lekatan beton terhadap baja tulangan untuk tiap-tiap kuat desak yang berbeda atau mengetahui sejauh mana perubahan kekuatan lekatan beton pada tiap kenaikan kuat desaknya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Persyaratan dasar dalam struktur beton bertulang harus ada lekatan (*bond*) antara baja tulangan dan beton di sekelilingnya. Rekatan yang terjadi dianggap berlangsung sempurna sehingga di bawah beban kerjapun diasumsikan tidak ada selip antara baja tulangan relatif terhadap beton di sekelilingnya. Selip relatif tersebut tidak akan mengakibatkan keruntuhan total dari balok. Pengangkeran mekanis pada ujung tulangan dapat digunakan untuk mendapatkan integritas system, sehingga memungkinkan baja tulangan diangkerkan dengan jalan menanamkannya melewati titik dimana beban menimbulkan tarik maksimum, dengan jarak yang cukup untuk mengembangkan kapasitas tarik penuh batang tulangan.

Tegangan tarik yang relatif rendah di dalam tulangan polos akan timbul selip yang cukup menghilangkan adhesi pada lokasi yang berdekatan langsung dengan retak dalam beton, sehingga pergeseran relatif antara tulangan dan beton sekelilingnya hanya ditahan oleh gesekan sepanjang daerah selip.

Beberapa masalah yang terkait tentang kuat lekat, **Nawy (1985)** secara ringkas menyatakan bahwa kuat lekat merupakan hasil dari berbagai parameter sebagai berikut:

1. Adhesi antara elemen beton dan bahan penguatnya (tulangan baja)
2. Efek memegang (*gripping*) sebagai akibat susut pengeringan beton di sekeliling tulangan, dan saling geser antara tulangan dengan beton di sekitarnya.
3. Tahanan gesekan (*friksi*) terhadap gelincir dan saling mengunci pada saat elemen penguat atau tulangan mengalami tegangan tarik.
4. Efek kualitas beton, kuat tarik dan kuat desak.
5. Efek mekanis penjangkaran ujung lingkaran, yaitu dengan panjang penyaluran (*development length*), panjang lewatan (*splicing*), bengkokan tulangan (*hooks*), dan persilangan tulangan.
6. Diameter, bentuk dan jarak tulangan karena kesemuanya mempengaruhi pertumbuhan retak.

Kontribusi masing-masing faktor ini sangat sulit dipisahkan satu dengan yang lain. Efek saling geser, susut dan kualitas beton dapat dianggap sebagai faktor yang paling utama. Oleh karena hubungan yang rumit antara lekatan, geser, dan momen. Praktek perencanaan yang sekarang menggunakan sejumlah besar hasil percobaan penyelidikan. Umumnya beton normal kuat lekat berbanding langsung dengan $\sqrt{f_c}$ (Wang dan Salmon, 1985).

Dari berbagai hasil penyelidikan yang dilakukan, antara lain **ACI (1963)** (lihat tabel 2.1), penelitian **PBI (1971)** dan **SNI-03-2847-1992** (lihat tabel 2.2), dan penelitian yang dilakukan oleh **Perry (1959)** (lihat tabel 2.3), didapatkan hubungan langsung antara kuat lekat dan kuat desak beton, dan telah ada rumus yang dihasilkan:

Tabel 2.1 Kuat lekat batas menurut ACI 1963 (*Wang dan Salmon, 1986*)

Tulangan deform (mm)	Tegangan lekat dasar (Mpa)
Tarik= \varnothing 35,8 dan lebih kecil	$(20,037 \sqrt{f'_c} / d_b) \leq 5,516$ Mpa
Tekan= \varnothing 43,0 & \varnothing 57,3	$0,498 \sqrt{f'_c}$
Tekan= semua ukuran	$1,08 \sqrt{f'_c} \leq 5,516$ MPa

Tabel 2.2 Kuat lekat batas menurut PBI 1971 dan SNI-03-2847-1992

Jenis tulangan	Kuat lekat batas dasar (MPa)	
	PBI 1971	SNI 1992
Deform	$15,8 \sqrt{f'_c} / d_b \leq 3,84$	$15,92 \sqrt{f'_c} / d_b \leq 4,17$
	$7,9 \sqrt{f'_c} / d_b \leq 1,92$	

Tabel 2.3 Kuat lekat batas (*Perry, 1959*)

Jenis tulangan	Tulangan mendatar dengan tebal selimut beton di atas 30,5 cm (MPa)	Untuk tulangan lainnya (MPa)
Tulangan tarik dengan ukuran dan deformasi menurut ASTM A305	$(14,1314 \sqrt{f'_c} / d_b)$ atau 3,8612 MPa	$(20,037 \sqrt{f'_c} / d_b)$ atau 5,516 MPa
Polos	1,72375	1,72375

Keterangan: f'_c = Kuat desak beton d_b = Diameter tulangan

Pada penelitian terdahulu (Ferguson, 1986) telah dibuktikan bahwa tegangan lekat rata-rata yang digunakan untuk panjang penyaluran adalah yang kritis, bukannya tegangan lekat puncak yang lebih tinggi (yang biasanya terletak di daerah retak-retak).



BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Beton

Menurut SK SNI T-15-1991-03 beton dihasilkan dari sekumpulan interaksi mekanis dan kimiawi sejumlah material pembentuknya, yaitu semen portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, yang masing-masing komponen pendukungnya mempunyai fungsi tersendiri, dengan demikian seorang perencana dapat mengembangkan pemilihan material yang layak dan komposisinya sehingga diperoleh beton yang efisien, memenuhi ketentuan yang disyaratkan oleh perencana.

3.2 Perencanaan Campuran Beton

Nawy (1985) menjelaskan, teori faktor air semen (faktor w/c) menyatakan bahwa untuk suatu kombinasi bahan yang diberikan yang sudah memenuhi konsistensi yang sudah dikerjakan, kekuatan beton pada umur tertentu bergantung pada perbandingan berat air dan berat semen dalam campuran beton. Dengan perkataan lain , jika angka perbandingan air terhadap semen sudah tertentu, maka kekuatan beton pada umur tertentu pada dasarnya dapat diperoleh, dengan syarat bahwa campurannya plastis, dapat dikerjakan, dan agregatnya baik, tahan lama, dan bebas material yang merugikan. Sementara kekuatan bergantung pada faktor

air semen, nilai ekonomis bergantung pada presentase agregat yang ada yang masih menghasilkan campuran yang dikerjakan. Perencanaan campuran beton bertujuan untuk proporsi semen, agregat, dan air.

Kardiyono, TJ (1996) menjelaskan, terdapat beberapa metode desain campuran beton untuk mendapatkan mutu beton yang diinginkan, diantaranya adalah metode desain campuran ACI. Perencanaan campuran adukan beton pada penelitian ini menggunakan metode desain campuran ACI, dengan harapan untuk menghasilkan beton yang mudah dikerjakan, dan mutu beton yang diharapkan.

Langkah-langkah perencanaan menurut metode desain campuran (mix design) ACI adalah sebagai berikut :

1. Menghitung kuat desak rata-rata:

$$f'_{cr} = f'_c + m \dots\dots\dots (3.1)$$

f'_c = kuat desak rencana, dan nilai margin (m) = 1,64 S_d

Nilai S_d ditentukan berdasarkan tingkat pengawasan terhadap mutu beton.

2. Menetapkan faktor air semen (fas), berdasarkan kuat desak rata-rata pada umur yang dikehendaki dan keawetannya.
3. Menetapkan nilai slump dan ukuran maksimum agregat berdasarkan jenis strukturnya.
4. Menetapkan jumlah air yang diperlukan berdasarkan ukuran maksimum agregat dan nilai slump.

5. Menghitung jumlah semen berdasarkan hasil hitungan pada point 2 dan 4 di atas.
6. Menetapkan volume agregat kasar persatuan volume beton, berdasarkan ukuran maksimum agregat dan nilai modulus halus pasir.
7. Menghitung volume pasir berdasarkan jumlah air, semen, dan agregat kasar yang diperlukan, serta udara yang terperangkap dalam adukan, dengan cara hitungan volume absolut.

3.3 Baja Tulangan

Di dalam struktur beton, baja tulangan dipakai sebagai bahan penguat atau sebagai baja prategang. Tegangan-tegangan yang terjadi pada baja, seperti juga tegangan yang terjadi pada beton yang telah mengeras, hanya disebabkan oleh beban yang bekerja pada struktur, kecuali apabila terjadi kemungkinan timbulnya tegangan-tegangan sekunder seperti disebabkan oleh penyusutan atau sebab-sebab lainnya (Winter dan Nilson, 1983).

Supaya pemakaian baja tulangan efektif, harus diusahakan agar tulangan dan beton dapat mengalami deformasi bersama-sama, yaitu agar terdapat ikatan yang cukup kuat diantara kedua material tersebut untuk memastikan tidak terjadinya gerakan relatif (selip) dari tulangan dengan beton di sekelilingnya (Winter dan Nilson, 1983).

Sifat fisik baja tulangan yang penting untuk digunakan dalam perhitungan perencanaan struktur beton bertulang adalah tegangan leleh (f_y) dan modulus elastisitas (E_s).

3.4 Kuat Desak Beton

Menurut **L. Wahyudi dan Syahril A. Rahim (1997)**, nilai uji yang diperoleh dari setiap benda uji akan berbeda, karena beton merupakan material heterogen, yang kekuatannya dipengaruhi oleh proporsi campuran, bentuk dan ukuran, kecepatan pembebanan, dan oleh kondisi lingkungan pada saat pengujian. Oleh karena itu, metode statistik diperlukan untuk menentukan kekuatan desak karakteristik beton 95 % dari benda uji. Nilai f'_c adalah kekuatan desak benda uji silinder berdiameter 150 mm dan panjang 300 mm sebagaimana ditetapkan dalam SNI T-15-1991. Pengujian standarnya didasarkan atas kekuatan beton umur 28 hari, menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban desak bertingkat dengan kecepatan peningkatan beban tertentu atas benda uji silinder beton.

Dengan menganggap bahwa nilai-nilai hasil pengujian tersebut terdistribusi normal, perhitungan secara statistik dapat dilakukan sebagai berikut:

$$f'_c = f'_{cr} - 1,64 S_d \dots\dots\dots (3.2)$$

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum_i^N (f'_b - f'_{cr})^2}{N-1}} \dots\dots\dots (3.3)$$

$$f'_{cr} = \frac{\sum_{i=1}^{N-1} f'_b}{N} \dots\dots\dots (3.4)$$

dimana: f'_b = kuat desak beton dari masing-masing benda uji (kg/cm^2)

f'_{cr} = kekuatan desak beton rata-rata (kg/cm^2)

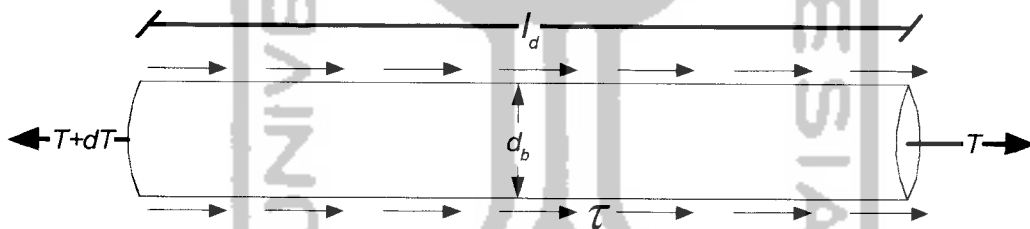
N = jumlah semua benda uji yang diperiksa.

S_d = harga deviasi standar

3.5 Penyaluran Tegangan Lekatan

Sebuah batang dengan penanaman yang cukup di dalam beton, tidak dapat dicabut keluar. Apabila setelah gesekan di ujung yang dibebani berlangsung cukup jauh untuk menyalurkan pelekatan pada suatu panjang yang besar, batang ini mencapai kekuatan lelehnya, dan gagal akan tarik, kemudian batang ini dinyatakan sebagai diangker penuh dalam beton (**Ferguson, 1984**).

Konsep dasar dari panjang pengangkeran adalah memperhitungkan suatu batang yang kemudian ditanam dalam suatu massa beton, seperti pada gambar 3.1. Tegangan pelekatan akan disebarakan seperti pada pengujian pencabutan keluar, cukup besar di dekat permukaan dan hampir nol di ujung yang tertanam sampai hampir dekat dengan kegagalan.



Gambar 3.1 *Pull-out anchorage bond* (lekatan penjangkaran tarik)

Anggap l_a adalah panjang tulangan yang ditanam dalam beton yang mengalami gaya tarik neto dT . Apabila d_b adalah diameter tulangan, τ adalah tegangan lekatan rata-rata, dan f_s adalah tegangan tulangan baja akibat tarikan langsung atau tegangan tarik balok, maka gaya tarik penjangkaran dT' sama dengan $\mu \pi d_b l_a$ dan sama dengan gaya tarik dT' pada penampang tulangan, yaitu:

$$dT = \frac{\pi d_b^2}{4} f_s \dots\dots\dots (3.5)$$

Dengan demikian:

$$\tau \pi d_b l_d = \pi \frac{d_b^2}{4} f_s \dots\dots\dots (3.6)$$

sehingga tegangan lekatan rata-ratanya:

$$\tau = \frac{f_s d_b}{4 l_d} \dots\dots\dots (3.7)$$

dan panjang penyalurannya:

$$l_d = \frac{f_s}{4\tau} d_b \dots\dots\dots (3.8)$$

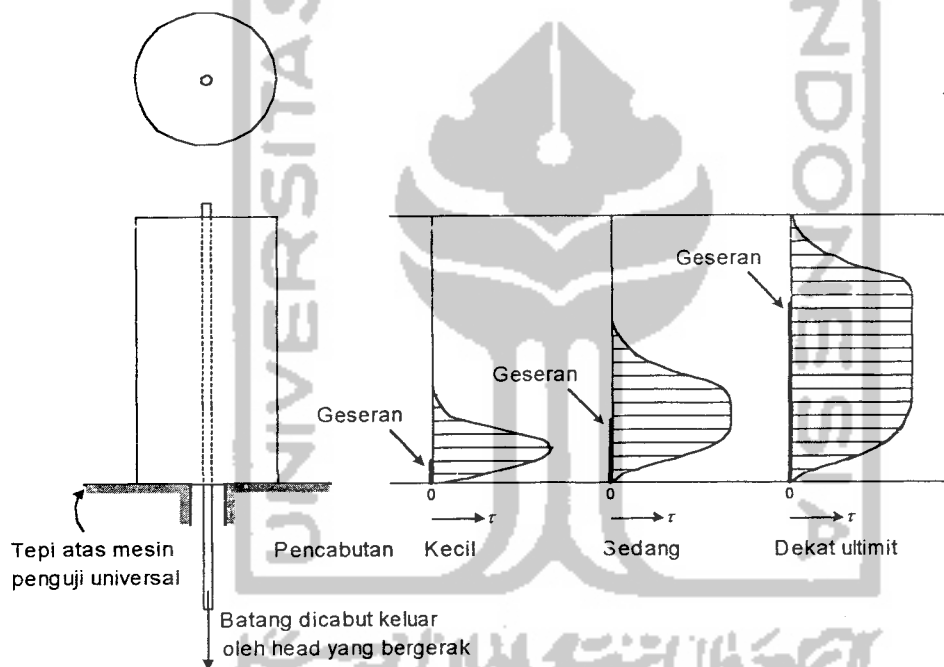
Dalam perencanaan berdasarkan metode kekuatan batas yang bertujuan untuk mencapai tegangan leleh (f_y) dari tulangan, sehingga f_s pada persamaan di atas diganti (f_y). Tegangan lekat adalah tegangan lekat nominal diambang keruntuhan, menjadi kapasitas tegangan lekat batas τ_b (*ultimate*), dengan demikian didapat rumus untuk panjang penyaluran l_d sebagai fungsi dari tegangan leleh f_y , garis tengah tulangan d_b , dan kuat lekat ultimit τ_b sebagai berikut (**Wang dan Salmon, 1986**):

$$l_d = \frac{f_y d_b}{4 \tau_b} \dots\dots\dots (3.9)$$

Dari pembahasan di atas dapat disimpulkan bahwa panjang penyaluran l_d yang merupakan fungsi dari ukuran dan kekuatan leleh tulangan, menentukan tahanan terhadap tergelincirnya tulangan, yang berarti juga meningkatkan kapasitas balok.

3.6 Pengujian Pencabutan Keluar Pelekatan

Suatu batang ditanamkan dalam sebuah silinder dari beton dan gaya yang dibutuhkan untuk mencabut batang itu keluar atau membuatnya bergeser secara berlebihan diukur. Dalam gambar diperlihatkan rambatan sesar dan tegangan lekat pada pengujian pencabutan keluar pelekatan (*Bond Pull-out Test*). Dari gambar tersebut tampak bahwa sesar antara baja tulangan dan beton merambat dari ujung yang dibebani ke bagian ujung yang tak dibebani (Ferguson, 1986).



Gambar 3.2 Pengujian pencabutan keluar pelekatan, dengan distribusi-distribusi tegangan pelekatan

Apabila panjang penyaluran yang diberikan cukup besar, kemungkinan dapat diketahui panjang penyaluran yang maksimum untuk jenis tulangan tertentu. Panjang penyaluran yang maksimal akan dapat diketahui apabila beban yang

diberikan sudah tidak dapat lagi ditambah namun pembebanan yang konstan ini bukan diakibatkan oleh leleh pada tulangan.

Menurut standar ASTM (*Americane Society for Testing Materials*), pengujian dilakukan dengan melakukan pembebanan terhadap baja tulangan, sampai dengan:

1. Tercapainya tegangan leleh dari baja tulangan
2. Terlepasnya tulangan di sekeliling beton
3. Terjadi slip paling sedikit 2,5 mm



BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Umum

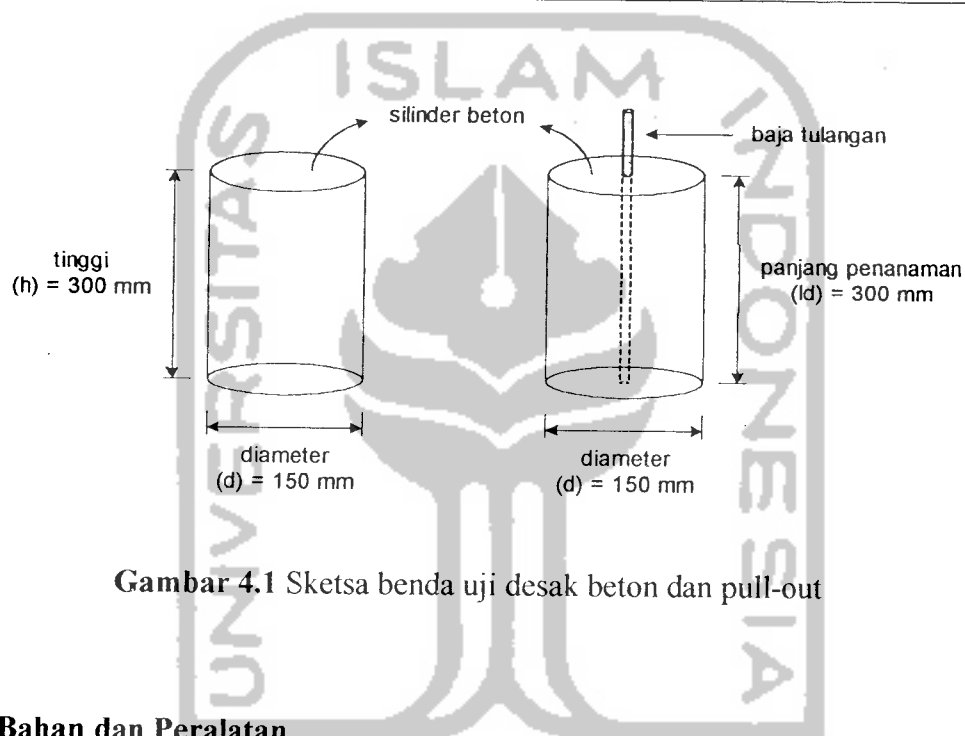
Hasil akhir dari suatu penelitian ditentukan oleh metode yang digunakan pada penelitian tersebut. Penelitian dapat berjalan dengan sistematis dan lancar serta mencapai tujuan yang diinginkan tidak terlepas dari metode penelitian yang disesuaikan dengan prosedur, alat dan jenis penelitian. Berikut ini akan diuraikan pelaksanaan metode penelitian yang dibahas dalam bab ini, meliputi:

1. persiapan bahan penelitian,
2. alat-alat yang digunakan,
3. pelaksanaan penelitian, dan
4. hasil penelitian

Adapun jumlah sampel/benda uji silinder beton dalam penelitian ini sebanyak 30 buah sampel untuk uji desak dan uji pull out dengan perincian seperti tampak pada tabel 4.1. Benda uji yang digunakan berbentuk silinder beton diameter 150 mm dan tinggi 300 mm dengan atau tanpa tulangan seperti terlihat pada gambar 4.1.

Tabel 4.1 Data benda uji/sampel pada penelitian

No.	Variasi Kuat desak	Jumlah Sampel	Uji Desak Beton	Uji Pull Out
1.	20 Mpa	10	5	5
2.	25 Mpa	10	5	5
3.	30 Mpa	10	5	5

**Gambar 4.1** Sketsa benda uji desak beton dan pull-out

4.2 Bahan dan Peralatan

4.2.1 Bahan

1. Semen

Fungsi semen adalah untuk merekatkan butir-butir agregat agar terjadi suatu massa yang kompak atau padat, selain itu juga untuk mengisi rongga-rongga di antara butiran agregat. Semen dapat dijaga mutunya dalam jangka waktu tidak terbatas asalkan uap air dijauhkan dari tempat penyimpanan semen. Semen

sebagai bahan pengikat adukan beton dipilih semen tipe I merek Nusantara, dengan berat jenis $3,15 \text{ gr/cm}^3$. Pengamatan dilakukan secara visual terhadap kemasan kantong 50 kg, tertutup rapat, bahan butirannya halus serta tidak terjadi penggumpalan.

2. Agregat halus (pasir)

Agregat halus adalah pasir yang memiliki butiran antara 0,15 mm sampai dengan 5 mm. Pada penelitian ini diambil dari Sungai Progo, Yogyakarta. Sebelum dipakai sebagai benda uji, pasir diuji untuk mengetahui kelayakan dan data teknis meliputi gradasi pasir dan kandungan lumpur.

3. Agregat kasar (kerikil)

Kerikil memiliki diameter antara 5 mm sampai dengan 40 mm. pemilihan agregat berdasarkan kekuatan dan keuletan agregat yang tergantung dari bahan pembentuk batuanannya. Kuat tekan agregat harus lebih besar dari pada beton yang dibuat dari agregat tersebut agar menghasilkan beton yang kekuatannya dapat diandalkan. Agregat kasar dapat dibedakan menjadi beberapa bentuk yaitu agregat bulat, bulat sebagian, pipih dan lain-lain.

Agregat kasar yang mengandung butir-butir pipih bisa dipakai, bila jumlah butir-butir pipih tersebut tidak melampaui 20 % dari berat agregat seluruhnya dan agregat dengan tekstur permukaan kasar dan berpori lebih banyak disukai karena dapat meningkatkan rekatan antara agregat dan semen. Agregat kasar yang digunakan berasal dari Clereng Kulonprogo, Yogyakarta.

4. Air

Air berfungsi untuk bereaksi dengan semen, serta untuk menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat agar dapat mudah dikerjakan dan dipadatkan.

Syarat-syarat pemakaian air untuk beton:

- a. Tidak mengandung lumpur (benda melayang lainnya) lebih dari 2 gr/ltr.
- b. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik, dan sebagainya) lebih dari 2 gr/ltr.
- c. Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gr/ltr.
- d. Tidak mengandung senyawa sulfat (SO_4) lebih dari 1 gr/ltr.

Air yang digunakan berasal dari jaringan air bersih Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, FTSP UII. Pemakaian air tidak diuji secara khusus, sebab secara visual dan berdasarkan penelitian sebelumnya air di Laboratorium BKT telah memenuhi syarat untuk material penyusun beton.

5. Baja tulangan

Baja tulangan dipakai sebagai penguat pada beton untuk menahan gaya tarik yang diakibatkan beban-beban yang bekerja pada beton. Tulangan baja tersebut juga berguna untuk menahan beban-beban berat dalam hal untuk mengurangi lendutan jangka panjang. Sifat-sifat terpenting baja tulangan yaitu Modulus Young (E_s), kuat leleh (f_y), ukuran dan diameter baja, dan lain-lain.

Pada penelitian ini dipergunakan baja tulangan lurus diameter 12 mm, dengan satu variasi bentuk polos (BJTP) dengan kode produksi H (Hanil), yang dibeli di pasaran tiap batang panjangnya kurang lebih 12 m.

4.2.2 Peralatan

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.

1. Saringan/ayakan

Dalam penelitian ini kami menggunakan dua saringan, yaitu saringan yang digunakan untuk memperoleh kerikil (agregat kasar) dengan diameter ukuran maksimum 30 mm, dan saringan yang digunakan untuk memperoleh pasir (agregat halus) dengan diameter maksimum 5 mm.

2. Mesin siever

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

3. Timbangan

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

- a. Timbangan merek Fagani, kapasitas 150 kg.
- b. Timbangan merek Ohaus, kapasitas 20 kg dan 5 kg.

4. Mesin aduk beton (rotating drum mixer)

Mesin ini digunakan untuk mengaduk bahan susun beton seperti semen, kerikil, pasir, dan air. Kecepatan putaran dapat diatur sehingga memudahkan bahan susun beton diaduk menjadi campuran yang homogen.

5. Mesin uji desak beton

Mesin uji desak merek Control kapasitas 2000 kN, digunakan untuk menguji kuat desak dan tarik belah silinder beton. Untuk mengetahui perpendekan pada pengujian silinder beton, digunakan alat strainometer, yang dapat menunjukkan suatu angka pada tiap tingkat pembebanan, dimana tujuannya adalah untuk memperoleh hubungan tegangan-regangan sehingga dapat diketahui nilai modulus elastisitas beton.

6. Cetakan benda uji

Cetakan yang digunakan dalam penelitian ini adalah cetakan silinder, ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, cetakan silinder terbuat dari bahan logam yang sisi-sisinya dapat dilepas satu sama lain dengan melepas atau memutar baut-bautnya.

7. Kerucut abrams

Pengukuran kelecakan adukan beton dalam percobaan slump (slump test) 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.

8. Mistar dan kaliper

Mistar dipakai untuk mengukur penurunan beton segar pada pengujian slump, sedang kaliper digunakan untuk mengukur diameter tulangan baja dan dimensi benda uji.

9. Stopwatch

Pengukur waktu (stopwatch) dipakai untuk mengukur waktu lamanya pengadukan beton, pengujian kuat desak beton, dan pengujian pull-out.

10. 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 dan 50 cc.

11. Sekop

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

12. Strainometer

Data perpendekan pada pengujian desak beton digunakan alat strainometer. Alat ini menunjukkan suatu angka pada setiap tingkat pembebanan.

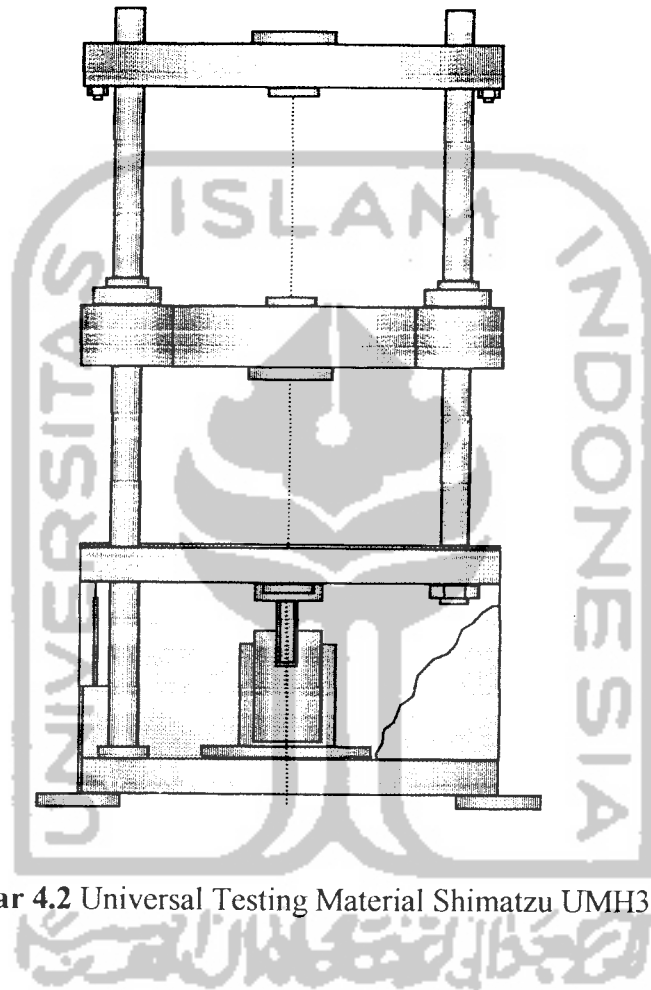
13. Dial gauge

Besarnya slip yang terjadi antara tulangan dan beton dapat diketahui dengan memakai alat dial gauge. Tingkat ketelitian yang dapat terbaca adalah 0,01 mm.

14. Mesin uji tarik

Mesin uji kuat tarik digunakan untuk mengetahui kuat leleh dan kuat tarik baja tulangan. Selain itu mesin ini juga digunakan dalam pengujian pull-out.

Dalam penelitian ini digunakan *Universal Testing Material* (UTM) merk SIMATZU type UMH 30 dengan kapasitas 30 ton.



Gambar 4.2 Universal Testing Material Shimadzu UMH30

4.3 Pelaksanaan Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

4.3.1 Persiapan material

Material penyusun beton yang disiapkan adalah sebagai berikut:

- a. Semen portland pozolana merk nusantara kemasan 50 kg, tipe I.

- b. Agregat halus (pasir) dan agregat kasar (kerikil) yang berasal dari Kali progo dan Clereng Kulonprogo, Yogyakarta.
- c. Air diambil dari jaringan air bersih Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

4.3.2 Pemeriksaan agregat kasar (kerikil)

Pemeriksaan agregat kasar meliputi pemeriksaan berat jenis kerikil, analisis saringan dan modulus halus butir (mhb), adapun penjelasannya adalah sebagai berikut:

1. Pemeriksaan berat jenis kerikil

Pemeriksaan berat jenis kerikil dan berat tusuk kering (saturatade surface dry= ssd), diperoleh berat jenis kerikil 2,667 gr/cc dan berat kering tusuk kering (ssd) 1,660 gr/cc.

2. Analisis saringan dan modulus halus butir (mhb)

Analisis saringan ini bertujuan untuk mengetahui variasi butiran modulus halus (mhb) dengan menggunakan saringan. Cara pemeriksaan gradasi kerikil adalah sebagai berikut ini:

- a. Susunan ayakan dipasang sesuai dengan urutan diameter yaitu mulai dari atas ke bawah mulai dari diameter 38.1 mm, 19 mm, 9.5 mm, 4.75 mm,
- b. Contoh kerikil ditimbang sesuai kebutuhan lalu dimasukkan ke dalam ayakan yang paling atas kemudian ditutup rapat,

- c. Susunan ayakan digetarkan dengan mesin siever selama kurang lebih 15 menit,
- d. Kerikil yang tertinggal dari masing-masing ayakan dipindahkan ke dalam piring, kemudian ditimbang,
- e. Perhitungan modulus halus butir (mhb) dengan menggunakan rumus di bawah ini:

$$MHB = \frac{\%kumulatif\ berat\ tertinggal}{100\%}$$

Pada penelitian ini MHB yang didapat adalah 2,833

4.3.3 Pemeriksaan agregat halus (pasir)

Pemeriksaan agregat halus yang berasal dari Kali Progo meliputi pemeriksaan berat jenis pasir, analisa saringan dan modulus halus butir (mhb), dan pemeriksaan kandungan lumpur. Adapun penjelasannya adalah sebagai berikut:

1. Pemeriksaan berat jenis pasir

Pemeriksaan berat jenis pasir (ssd) dari laboratorium diperoleh 2,667 gr/cc

2. Analisis saringan dan modulus halus butir (mhb)

Analisis saringan ini bertujuan untuk mengetahui variasi butiran modulus halus pasir (mhb) dengan menggunakan saringan. Cara pemeriksaan gradasi pasir adalah sebagai berikut ini:

- a. Susunan ayakan dipasang sesuai dengan urutan diameter yaitu mulai dari atas ke bawah mulai dari diameter 4.75 mm, 2.36 mm, 1.18 mm, 0.60 mm, 0.30 mm, 0.15 mm, dan Pan,

- b. Contoh agregat halus ditimbang sesuai kebutuhan lalu dimasukkan ke dalam ayakan yang paling atas kemudian ditutup rapat,
- c. Susunan ayakan digetarkan dengan mesin siever selama kurang lebih 15 menit,
- d. Pasir yang tertinggal dari masing-masing ayakan dipindahkan ke dalam piring, kemudian ditimbang,
- e. Perhitungan modulus halus butir (mhb) dengan menggunakan rumus di bawah ini:

$$MHB = \frac{\%kumulatif\ berat\ tertinggal}{100\%}$$

Pada penelitian ini MHB yang didapat adalah 2,833 (hasil yang didapat di laboratorium dapat dilihat pada lampiran 2).

3. Pemeriksaan kandungan lumpur

Tujuan pemeriksaan kandungan lumpur adalah untuk mengetahui besarnya kandungan lumpur dalam agregat halus (pasir) yang akan dipergunakan sebagai campuran adukan beton. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5 %. Cara pelaksanaan pemeriksaan kandungan lumpur dalam pasir adalah sebagai berikut ini:

- a. Pasir secukupnya dioven kurang lebih sehari semalam,
- b. Pasir kering oven/tungku ditimbang sebanyak 100 gram dan dimasukkan ke dalam gelas ukur 250 cc,
- c. Gelas ukur diisi air sampai ketinggian 12 cm dari permukaan pasir,

- d. Gelas ukur ditutup rapat dan dikocok berkali-kali sampai airnya keruh,
- e. Biarkan selama satu menit kemudian airnya dibuang secara perlahan-lahan dan jangan sampai pasirnya ikut terbang,
- f. Mengulangi pekerjaan c, d, dan e hingga airnya jernih,
- g. Pindahkan pasir dari gelas ukur ke dalam piring, kemudian dimasukkan ke dalam oven dengan temperatur 105° C selama kurang lebih 36 jam,
- h. Pasir dikeluarkan dan didinginkan ke dalam aksikator selama kurang lebih 1 jam,
- i. Pasir ditimbang (berat pasir = B gram),
- j. Kandungan lumpur dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$\frac{100 - B}{100} \times 100\%$$

Hasil pemeriksaan laboratorium diperoleh kandungan lumpur sebesar 1,225 %.

Data-data hasil pemeriksaan agregat kasar dan agregat halus dapat dilihat di lampiran 2.

4.3.4 Perancangan adukan beton

Penelitian ini menggunakan peraturan ACI (American Concrete Institute) sebagai perancangan dasar campuran beton. Salah satu tujuan yang hendak dicapai dengan perancangan campuran ACI adalah menghasilkan beton yang mudah dikerjakan. Ukuran derajat kekentalan dan kemudahan pengerjaan dapat dilihat pada pengujian slump. Urutan langkah-langkah perencanaan campuran beton menurut ACI adalah sebagai berikut:

1. Menghitung kuat desak rata-rata:

$$f'_{cr} = f'_c + m \dots\dots\dots (4.1)$$

f'_c kuat desak rencana, dan nilai margin (m) = k. S_d

Nilai S_d ditentukan berdasarkan tingkat pengawasan terhadap mutu beton yang diambil dari tabel 4.2., sedangkan faktor k diperoleh dari tabel 4.3.

Tabel 4.2 Nilai deviasi standar (kg/cm^2)

Volume pekerjaan (m^3)	Mutu pekerjaan		
	Baik sekali	Baik	Cukup
Kecil <1000	$45 < s < 55$	$55 < s < 65$	$65 < s < 85$
Sedang 1000-3000	$35 < s < 45$	$45 < s < 55$	$55 < s < 75$
Besar >3000	$25 \leq s < 45$	$35 < s \leq 45$	$45 < s \leq 65$

Tabel 4.3 Nilai k untuk beberapa keadaan

Keadaan	Nilai k
k untuk 10,0% defektif	1,28
k untuk 05,0% defektif	1,64
k untuk 02,5% defektif	1,96
k untuk 01,0% defektif	2,33

2. Menetapkan faktor air semen (fas), berdasarkan kuat desak rata-rata pada umur yang dikehendaki (lihat tabel 4.4) dan keawetannya (berdasarkan jenis struktur dan kondisi lingkungan, lihat tabel 4.5).

Tabel 4.4 Hubungan faktor air semen dan kuat desak silinder beton umur 28 hari

Faktor air semen	Perkiraan kuat desak
0,35	42
0,44	35
0,53	28
0,62	22,4
0,71	17,5
0,80	14

Tabel 4.5 Faktor air semen maksimum

Beton di dalam ruangan bangunan:	
a. Keadaan keliling non-korosif	0,60
b. Keadaan keliling korosif, disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	0,52
Beton di luar ruangan bangunan:	
a. Tidak terlindungi oleh hujan dan terik matahari langsung	0,60
b. Terlindungi oleh hujan dan terik matahari langsung	0,60
Beton yang masuk dalam tanah:	
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	0,55
b. Mendapat pengaruh sulfat alkali dari tanah atau air tanah	0,52
Beton yang kontinyu berhubungan dengan air	
a. Air tawar	0,57
b. Air laut	0,52

3. Menetapkan nilai slump dan ukuran maksimum agregat berdasarkan jenis strukturnya (lihat tabel 4.6 dan tabel 4.7).

Tabel 4.6 Nilai slump (cm)

Pemakaian beton	Max	Min
Dinding, plat pondasi dan pondasi telapak bertulang	12,5	5,0
Pondasi telapak tidak bertulang, kaison dan struktur bawah tanah	9,0	2,5
Plat, balok, kolom dan dinding	15,0	7,5
Pengerasan jalan	7,5	5,0
Pembetonan massal	7,5	2,5

Tabel 4.7 Ukuran maksimum agregat (mm)

Dimensi minimum (mm)	Balok atau kolom	Plat
62,5	12,5	20
150	40	40
300	40	80
750	80	80

4. Menetapkan jumlah air yang diperlukan berdasarkan ukuran maksimum agregat dan nilai slump (lihat tabel 4.8).
5. Menghitung jumlah semen berdasarkan hasil hitungan pada point 2 dan 4 di atas.
6. Menetapkan volume agregat kasar persatuan volume beton, berdasarkan ukuran maksimum agregat dan nilai modulus halus butir (mhb) pasir (lihat tabel 4.9).
7. Menghitung volume pasir berdasarkan jumlah air, semen, dan agregat kasar yang diperlukan, serta udara yang terperangkap dalam adukan, dengan cara hitungan volume absolut.

Tabel 4.8 Kebutuhan air berdasarkan nilai slump dan ukuran maks. agregat (liter)

Slump (mm)	Ukuran maksimum agregat (mm)		
	10	20	40
25-50	206	182	167
75-100	226	203	177
150-175	240	212	188
Udara terperangkap	3%	2%	1%

Tabel 4.9 Perkiraan kebutuhan agregat kasar per- m^3 beton berdasarkan ukuran maksimum agregat dan modulus halus butir (m^3)

Ukuran maksimum agregat (mm)	Modulus halus butir pasir (mm)			
	2,4	2,6	2,8	3,0
10	0,46	0,44	0,42	0,40
20	0,65	0,63	0,61	0,59
40	0,76	0,74	0,72	0,70
80	0,84	0,82	0,80	0,78
150	0,90	0,88	0,86	0,84

Uraian rencana campuran beton berdasarkan cara American Concrete Institute (ACI) dengan menggunakan data-data perhitungan sebagai berikut:

a. Silinder:

jumlah sampel = 30 buah

Dimensi = tinggi = 30 cm, diameter = 15 cm

Volume = $0,25 \cdot \pi \cdot 0,15^2 \cdot 0,3 = 0,0053 \text{ m}^3$

Volume total = $30 \cdot 0,0053 = 0,1590 \text{ m}^3$

\therefore Volume total = $0,1590 \text{ m}^3$

b. Diameter maksimum agregat kasar = 30 mm

c. Modulus halus butir (MHB) pasir = 2,833

d. Berat jenis pasir (SSD) = $2,667 \text{ gr/cm}^3$

e. Berat jenis kerikil (SSD) = $2,667 \text{ gr/cm}^3$

f. Berat jenis kerikil kering tusuk (SSD) = $1,660 \text{ gr/cm}^3$

g. Berat jenis semen = $3,15 \text{ gr/cm}^3$

Perhitungan rencana campuran beton mutu 20 MPa :

1. Menghitung kuat desak rata-rata

Volume pekerjaan kecil \rightarrow Volume total = $0,1590 \text{ m}^3 < 1000 \text{ m}^3$ (tabel 4.2)

Mutu pekerjaan baik \rightarrow didapatkan nilai $S_d = 60 \text{ kg/cm}^2$ (tabel 4.2)

Diperoleh nilai k dalam \rightarrow nilai $k = 1,64$ (tabel 4.3)

$$\begin{aligned} f'_{cr} &= f'_c + k \times S_d \\ &= 200 + 1,64 \times 60 \\ &= 298,4 \text{ kg/cm}^2 = 29,84 \text{ MPa} \end{aligned}$$

2. Menetapkan faktor air semen

Kuat desak rata-rata = $29,84 \text{ MPa} \rightarrow$ nilai fas = $0,506$ (interpolasi tabel 4.4)

Beton tidak terlindung dari hujan dan matahari \rightarrow nilai fas = $0,60$

Dipakai nilai fas terkecil = $0,506$

3. Menetapkan nilai slump

Jenis struktur (plat, balok, kolom) \rightarrow nilai slump antara $7,5 \text{ cm}$ sampai dengan 15 cm (dilihat pada tabel 4.6)

4. Menetapkan kebutuhan air

Nilai slump antara $7,5 \text{ cm}$ sampai dengan 15 cm dan ukuran maksimum agregat = $30 \text{ mm} \rightarrow$ Jumlah air = 192 kg/m^3 dan udara terperangkap = $1,3 \%$ (interpolasi tabel 4.8)

5. Menghitung kebutuhan semen

$$Fas = \frac{W_{air}}{W_{semen}}$$

$$W_{\text{semen}} = \frac{W_{\text{air}}}{F_{\text{as}}} = \frac{192}{0,506} = 379,447 \text{ kg}$$

$$\text{Vol. semen}(V_s) = \frac{W_{\text{semen}}}{B_{j \text{ semen}}} = \frac{0,3795}{3,15} = 0,120 \text{ m}^3$$

6. Menetapkan volume agregat kasar (kerikil) per-meter kubik beton

Diameter maksimum kerikil = 30 mm dan mhb = 2,833 → volume kerikil (V_k) = 0,665 m^3

Berat kerikil = $V_k \times B_{j \text{ kerikil kering tusuk}}$

$$= 0,665 \times 1,660$$

$$= 1,1039 \text{ ton} = 1103,9 \text{ kg}$$

$$\text{Vol. kerikil} = \frac{\text{berat kerikil}}{B_{j \text{ kerikil}(ssd)}} = \frac{1,1039}{2,667} = 0,414 \text{ m}^3$$

7. Menghitung volume agregat halus (pasir)

$$\text{Vol. Pasir} = 1 - (V_a + V_s + V_k + V_u)$$

$$= 1 - (0,192 + 0,120 + 0,414 + 0,013)$$

$$= 1 - 0,739 = 0,261 \text{ m}^3$$

Berat pasir = $V_p \times B_{j \text{ pasir}}$

$$= 0,261 \times 2,667 \times 1000$$

$$= 696,087 \text{ kg}$$

8. Kebutuhan material dalam 1 m^3 adukan beton :

- Semen = 379,447 kg

- Pasir = 696,087 kg

- Kerikil = 1103,90 kg

- Air = 192 liter

Perbandingan : pc : ps : kr : air \rightarrow 1 : 1,834 : 2,909 : 0,506

9. Kebutuhan material dari total volume pekerjaan ($0,1590 \text{ m}^3$)

- Semen = $379,447 \times 0,1590 = 60,332 \text{ kg}$

- Pasir = $696,087 \times 0,1590 = 110,678 \text{ kg}$

- Kerikil = $1103,90 \times 0,1590 = 175,520 \text{ kg}$

- Air = $192 \times 0,1590 = 30,528 \text{ liter}$

10. Kebutuhan material dalam satu kali adukan beton (Vol. Mixer = $0,05 \text{ m}^3$)

- Semen = $60,332 \times 0,05 = 20,211 \text{ kg}$

- Pasir = $110,678 \times 0,05 = 5,534 \text{ kg}$

- Kerikil = $175,520 \times 0,05 = 8,776 \text{ kg}$

- Air = $30,528 \times 0,05 = 1,526 \text{ liter}$

11. Kebutuhan material dalam satu kali adukan beton (10 buah silinder = 10 x Vol. Silinder = $10 \times 0,0053 = 0,0530 \text{ m}^3$)

- Semen = $379,447 \times 0,0530 + 10\% = 20,211 \text{ kg}$

- Pasir = $696,087 \times 0,0530 + 10\% = 36,993 \text{ kg}$

- Kerikil = $1103,90 \times 0,0530 + 10\% = 58,607 \text{ kg}$

- Air = $192,000 \times 0,0530 + 10\% = 10,276 \text{ liter}$

Perhitungan rencana campuran beton mutu 25 MPa :

1. Menghitung kuat desak rata-rata

Volume pekerjaan kecil \rightarrow Volume total = $0,1590 \text{ m}^3 < 1000 \text{ m}^3$ (tabel 4.2)

Mutu pekerjaan baik \rightarrow didapatkan nilai $S_d = 60 \text{ kg/cm}^2$ (tabel 4.2)

Diperoleh nilai $k \rightarrow$ nilai $k = 1,64$ (tabel 4.3)

$$\begin{aligned} f_{cr}' &= f_c' + k \times S_d \\ &= 250 + 1,64 \times 60 \\ &= 348,4 \text{ kg/cm}^3 = 34,84 \text{ MPa} \end{aligned}$$

2. Menetapkan faktor air semen

Kuat desak rata rata = 34,84 MPa \rightarrow nilai fas = 0,442 (interpolasi tabel 4.4)

Beton tidak terlindung dari hujan dan matahari \rightarrow nilai fas = 0,60

Dipakai nilai fas terkecil = 0,442

3. Menetapkan nilai slump

Jenis struktur (plat, balok, kolom) \rightarrow nilai slump antara 7,5 cm sampai dengan 15 cm (dilihat pada tabel 4.6)

4. Menetapkan kebutuhan air

Nilai slump antara 7,5 cm sampai dengan 15 cm dan ukuran maksimum agregat = 30 mm \rightarrow Jumlah air = 192 kg/m³ dan udara terperangkap = 1,3 % (interpolasi tabel 4.8)

5. Menghitung kebutuhan semen

$$Fas = \frac{W_{air}}{W_{semen}}$$

$$W_{semen} = \frac{W_{air}}{Fas} = \frac{192}{0,442} = 434,389 \text{ kg}$$

$$Vol.semen(V_s) = \frac{W_{semen}}{Bj.semen} = \frac{434,389}{3,15} = 0,138 \text{ m}^3$$

6. Menetapkan volume agregat kasar (kerikil) per-meter kubik beton

Diameter maksimum kerikil = 30 mm dan mhb = 2,833 → volume

kerikil (V_k) = $0,665 \text{ m}^3$

Berat kerikil = $V_k \times B_j$ kerikil kering tusuk

$$= 0,665 \times 1,660$$

$$= 1,1039 \text{ ton} = 1103,9 \text{ kg}$$

$$Vol. kerikil = \frac{\text{berat kerikil}}{B_j \text{ kerikil (ssd)}} = \frac{1,1039}{2,667} = 0,414 \text{ m}^3$$

7. Menghitung volume agregat halus (pasir)

$$Vol. Pasir = 1 - (V_a + V_s + V_k + V_u)$$

$$= 1 - (0,192 + 0,138 + 0,414 + 0,013)$$

$$= 1 - 0,757 = 0,243 \text{ m}^3$$

Berat pasir = $V_p \times B_j$ pasir

$$= 0,243 \times 2,667 \times 1000 = 648,081 \text{ kg}$$

8. Kebutuhan material dalam 1 m^3 adukan beton :

- Semen = 434,389 kg

- Pasir = 648,081 kg

- Kerikil = 1103,90 kg

- Air = 192 liter

Perbandingan : pc : ps : kr : air → 1 : 1,492 : 2,541 : 0,442

9. Kebutuhan material dari total volume pekerjaan ($0,1590 \text{ m}^3$)

- Semen = $434,389 \times 0,1590 = 69,068 \text{ kg}$

- Pasir = $648,081 \times 0,1590 = 103,045 \text{ kg}$

- Kerikil = $1103,90 \times 0,1590 = 175,520 \text{ kg}$
- Air = $192 \times 0,1590 = 30,528 \text{ liter}$

10. Kebutuhan material dalam satu kali adukan beton (Vol. Mixer = $0,05 \text{ m}^3$)

- Semen = $69,068 \times 0,05 = 3,453 \text{ kg}$
- Pasir = $103,045 \times 0,05 = 5,152 \text{ kg}$
- Kerikil = $175,520 \times 0,05 = 8,776 \text{ kg}$
- Air = $30,528 \times 0,05 = 1,526 \text{ liter}$

11. Kebutuhan material dalam satu kali adukan beton (10 buah silinder = 10

x Vol. Silinder = $10 \times 0,0053 = 0,0530 \text{ m}^3$)

- Semen = $434,389 \times 0,0530 + 10\% = 23,123 \text{ kg}$
- Pasir = $648,081 \times 0,0530 + 10\% = 34,448 \text{ kg}$
- Kerikil = $1103,90 \times 0,0530 + 10\% = 58,607 \text{ kg}$
- Air = $192,000 \times 0,0530 + 10\% = 10,276 \text{ liter}$

Perhitungan rencana campuran beton mutu 30 MPa :

1. Menghitung kuat desak rata-rata

Volume pekerjaan kecil \rightarrow Volume total = $0,1590 \text{ m}^3 < 1000 \text{ m}^3$ (tabel 4.2)

Mutu pekerjaan baik \rightarrow didapatkan nilai $s_d = 60 \text{ kg/cm}^2$ (tabel 4.2)

Diperoleh nilai $k \rightarrow$ nilai $k = 1,64$ (tabel 4.3)

$$\begin{aligned}
 f'_{cr} &= f'_c + k \times S_d \\
 &= 300 + 1,64 \times 60 \\
 &= 398,4 \text{ kg/cm}^2 = 39,84 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

2. Menetapkan faktor air semen

Kuat desak rata-rata = 39,84 MPa → nilai fas = 0,378 (interpolasi tabel 4.4)

Beton tidak terlindung dari hujan dan matahari → nilai fas = 0,60

Dipakai nilai fas terkecil = 0,378

3. Menetapkan nilai slump

Jenis struktur (plat, balok, kolom) → nilai slump antara 7,5 cm sampai dengan 15 cm (dilihat pada tabel 4.6)

4. Menetapkan kebutuhan air

Nilai slump antara 7,5 cm sampai dengan 15 cm dan ukuran maksimum agregat = 30 mm → Jumlah air = 192 kg/ m³ dan udara terperangkap = 1,3 % (interpolasi tabel 4.8)

5. Menghitung kebutuhan semen

$$Fas = \frac{W_{air}}{W_{semen}}$$

$$W_{semen} = \frac{W_{air}}{Fas} = \frac{192}{0,378} = 507,937 \text{ kg}$$

$$Vol.semen(Vs) = \frac{W_{semen}}{Bj_{semen}} = \frac{0,506}{3,15} = 0,161 \text{ m}^3$$

6. Menetapkan volume agregat kasar (kerikil) per-meter kubik beton

Diameter maksimum kerikil = 30 mm dan mhb = 2,833 → volume kerikil (Vk) = 0,665 m³

Berat kerikil = Vk x Bj kerikil kering tusuk

$$= 0,665 \times 1,660 = 1,1039 \text{ ton} = 1103,9 \text{ kg}$$

$$Vol. kerikil = \frac{\text{berat kerikil}}{Bj \text{ kerikil} (ssd)} = \frac{1,1039}{2,667} = 0,414 m^3$$

7. Menghitung volume agregat halus (pasir)

$$\begin{aligned} Vol. Pasir &= 1 - (V_a + V_s + V_k + V_u) \\ &= 1 - (0,192 + 0,161 + 0,414 + 0,013) \\ &= 1 - 0,780 = 0,220 m^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Berat \text{ pasir} &= V_p \times B_j \text{ pasir} \\ &= 0,220 \times 2,667 \times 1000 \\ &= 586,740 \text{ kg} \end{aligned}$$

8. Kebutuhan material dalam $1 m^3$ adukan beton :

- Semen = 507,937 kg
- Pasir = 586,740 kg
- Kerikil = 1103,90 kg
- Air = 192 liter

$$\text{Perbandingan : pc : ps : kr : air} \rightarrow 1 : 1,155 : 2,173 : 0,378$$

9. Kebutuhan material dari total volume pekerjaan ($0,1590 m^3$)

- Semen = $507,937 \times 0,1590 = 80,762 \text{ kg}$
- Pasir = $586,740 \times 0,1590 = 93,292 \text{ kg}$
- Kerikil = $1103,90 \times 0,1590 = 175,520 \text{ kg}$
- Air = $192 \times 0,1590 = 30,528 \text{ liter}$

10. Kebutuhan material dalam satu kali adukan beton (Vol. Mixer = $0,05 m^3$)

- Semen = $80,762 \times 0,05 = 4,038 \text{ kg}$
- Pasir = $93,292 \times 0,05 = 4,665 \text{ kg}$

- Kerikil = $175,520 \times 0,05 = 8,776 \text{ kg}$
- Air = $30,528 \times 0,05 = 1,526 \text{ liter}$

11. Kebutuhan material dalam satu kali adukan beton (10 buah silinder = $10 \times \text{Vol. Silinder} = 10 \times 0,0053 = 0,0530 \text{ m}^3$)

- Semen = $507,937 \times 0,0530 + 10\% = 27,021 \text{ kg}$
- Pasir = $586,740 \times 0,0530 + 10\% = 31,197 \text{ kg}$
- Kerikil = $1103,90 \times 0,0530 + 10\% = 58,607 \text{ kg}$
- Air = $192,000 \times 0,0530 + 10\% = 10,276 \text{ liter}$

4.3.5 Pembuatan benda uji

Cara-cara yang ditempuh dalam pembuatan benda uji dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bahan-bahan dan alat yang dipergunakan dipersiapkan terlebih dahulu, sesuai dengan kebutuhan rencana pembuatan campuran beton.
2. Bahan-bahan yang telah dipersiapkan sebagian dimasukkan ke dalam mixer, mixer dihidupkan dengan melakukan penambahan sedikit demi sedikit, pengadukan dilakukan sampai warna adukan tampak rata, kelecakan yang cukup (tidak cair tidak padat), dan tampak campurannya juga homogen.
3. Pengukuran slump dilakukan segera setelah adukan beton tercampur rata, dengan menggunakan kerucut "Abrams" yaitu berupa kerucut terpancung dengan ukuran diameter atas 10 cm dan diameter bawah 20 cm dengan tinggi 30 cm. Dengan menggunakan sekop kecil campuran beton dimasukkan ke dalam kerucut "Abrams" secara bertahap sebesar 1/3

bagian dari tinggi kerucut dan dilakukan pemadatan dengan penusukan sebanyak 25 kali. Setelah kerucut penuh dan sisi atas diratakan lalu didiamkan selama kurang lebih 30 detik sambil menekan kerucut tersebut. Selanjutnya kerucut diangkat perlahan-lahan ke atas. Nilai slump diperoleh dengan mengukur tinggi jatuh adukan dari sisi atas kerucut ke sisi atas adukan beton. Uji slump pada adukan beton ini menggunakan nilai slump antara 7,5 - 15 cm.

4. Pengisian adukan sedikit demi sedikit dengan menggunakan sekop kecil ke dalam cetakan yang telah dipersiapkan dengan terlebih dahulu diolesi oli dan ditusuk-tusuk agar tidak keropos.
5. Setelah pengisian dan pemadatan selesai, permukaan cetakan diratakan kemudian diletakkan di tempat yang terlindung dan setelah 24 jam cetakan dapat dibuka.
6. Benda uji yang telah dilepas dari cetakan diberi kode agar tidak tertukar dan mudah dikelompokkan.

4.3.6 Metode perawatan benda uji

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

1. beton dibasahi terus menerus dengan air,
2. beton direndam dalam air dengan suhu $23^{\circ}\text{C} - 28^{\circ}\text{C}$
3. beton diselimuti dengan karung goni basah, plastik film atau kertas perawatan tahan air.

Pada penelitian ini perawatan beton adalah dengan merendam beton dalam air sampai menjelang waktu pengujian. Dua 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.

4.3.7 Pengujian kuat desak

Dilakukan terhadap benda uji silinder beton. Benda uji ditekan menggunakan mesin uji desak (*compression testing machine*). Beban yang memecahkan (P) dibagi dengan luas sisi yang terdesak (A) diperoleh kuat desak beton tersebut. Pada setiap pengujian dilakukan pembacaan pada strainnometer untuk mendapatkan data perpendekan, sehingga diperoleh hubungan tegangan dan regangan beton sekaligus dapat diketahui modulus elastisitasnya.

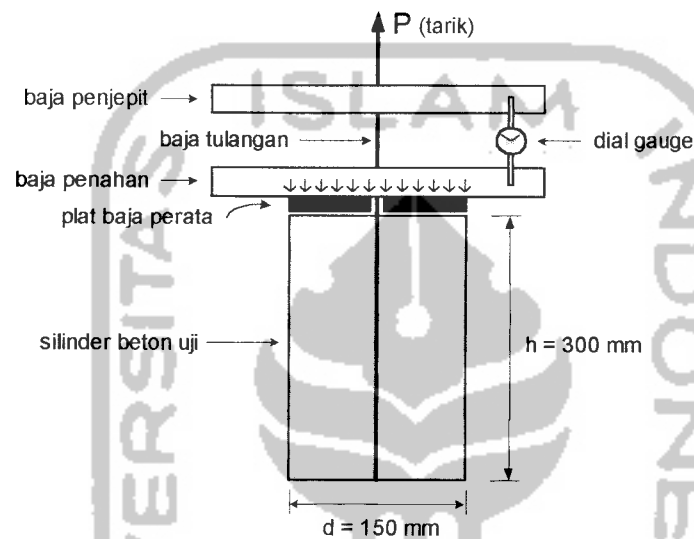
4.3.8 Pengujian tarik baja

Bentuk sampel baja sepanjang 50 cm pada bagian tengah dibubut dengan diameter 10 mm panjang 10 cm. Benda uji tarik baja diukur dengan menggunakan jangka sorong dan dicatat hasilnya. Pada mesin ini benda uji dipasang pada tumpuan jepit dengan posisi vertikal. Data-data yang dibutuhkan dicatat. Mesin uji dijalankan sampai beban maksimal atau sampai benda uji patah.

4.3.9 Pengujian pull-out

Benda uji pull-out diletakkan pada alat uji tarik beton. Perlengkapan tambahan yang diperlukan untuk pengujian ini adalah kotak kayu yang diletakkan di bawah benda uji untuk menampung benda uji yang patah/jatuh. Tulangan baja

dipasang pada alat penjepit mesin uji dan diusahakan terpasang dengan baik, seperti terlihat pada gambar 4.3. Selanjutnya beban tarik dijalankan. Selama proses pelolosan diamati secara seksama dan dicatat apabila ada hal-hal penting. Pada saat pengujian didapat nilai beban tarik (P) dan panjang pelolosan.



Gambar 4.3 Sketsa pengujian Pull Out

4.4 Analisis Data

1. Pengujian silinder beton

Dari pengujian didapat nilai beban maksimum silinder beton (P_{maks}), lalu dihitung kuat desak beton tiap benda uji (f'_b) dengan menggunakan persamaan:

$$f'_b = \frac{P_{maks}}{A_b} \dots\dots\dots (4.2)$$

dimana: A_b = Luas penampang silinder beton, mm^2

f'_b = Kuat desak beton tiap benda uji, MPa

P_{maks} = Beban maksimum silinder beton, N

2. Pengujian tarik baja

Dari pengujian didapat nilai beban yang menyebabkan lelehnya tulangan baja (P_{leleh}), dan beban maksimum (P_{maks}), lalu dicari nilai tegangan lelehnya (f_y) dan tegangan maksimumnya (f_{maks}) dengan menggunakan persamaan :

$$\text{Tegangan leleh baja } (f_y) = \frac{P_{leleh}}{A}, \text{ MPa}$$

$$\text{Tegangan putus baja } (f_u) = \frac{P_{maks}}{A}, \text{ MPa}$$

dimana: A = luas penampang baja tulangan, mm^2

P_{maks} = beban tarik maksimum, N

P_{leleh} = Beban leleh, N

3. Pengujian kuat lekat

Dari pengujian didapat nilai beban tarik maksimum yang terjadi (P_{maks}) kemudian dicari nilai kuat lekat (τ) dengan menggunakan persamaan :

$$\tau = \frac{P_{maks}}{A_b} \dots\dots\dots (4.3)$$

dimana: A_b = luas permukaan tulangan yang tertanam dalam beton, mm

$$= \pi \times d \times l_d$$

d = diameter tulangan, mm

l_d = panjang pengankeran, mm

P_{maks} = Beban tarik maksimum, N

τ = Tegangan lekat maksimum, MPa

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Penelitian

5.1.1 Uji kuat desak beton

Perhitungan hasil kuat desak rata-rata yang disyaratkan (f'_c) diperoleh dari hasil uji kuat desak beton, dimana dari perhitungan tersebut dapat diketahui mutu beton dari benda uji tersebut. Perhitungan ini didasarkan pada ketentuan sebagai berikut :

$$f'_c = f'_{cr} - 1,64 S_d \dots\dots\dots (5.1)$$

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum_i^N (f'_b - f'_{cr})^2}{N-1}} \dots\dots\dots (5.2)$$

$$f'_{cr} = \frac{\sum_{i=1}^{N=1} f'_b}{N} \dots\dots\dots (5.3)$$

dimana: f'_b = kuat desak beton dari masing-masing benda uji (kg/cm^2)

f'_{cr} = kekuatan desak beton rata-rata (kg/cm^2)

N = jumlah semua benda uji yang diperiksa.

S_d = harga deviasi standar



Hasil penelitian diperoleh setelah dilakukan uji desak beton dengan menggunakan mesin merk "Control" pada benda uji silinder beton. Terdapat 3 macam variasi kuat desak beton rencana, yaitu 20 MPa, 25 MPa, dan 30 MPa, masing-masing kuat desak terdiri dari 5 sampel. Hasil uji desak tersebut dibuat dalam bentuk tabel.

Tabel 5.1 Hasil uji kuat desak beton (mutu beton yang disyaratkan = 20 MPa)

No. Adukan	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (kg)	Umur (hari)	Luas (mm ²)	Beban Max. (kN)	f'_c (MPa)
1.	150,12	300	12,60	28	17699,744	425	24,012
2.	150,00	300	12,95	28	17671,459	455	25,748
3.	150,00	300	12,95	28	17671,459	435	24,616
4.	150,00	300	12,90	28	17671,459	355	20,089
5.	149,98	300	12,90	28	17666,746	460	26,038
$\Sigma f'_c = 120,503$							

Hasil uji yang diperlihatkan oleh tabel 5.1 menunjukkan kuat desak silinder beton berkisar antara 20,089 MPa sampai dengan 26,038 MPa, dan didapatkan kuat desak rata-rata 24,101 MPa. Nilai ini lebih besar dari kuat desak yang direncanakan yaitu sebesar 20 MPa.

Tabel 5.1a Perhitungan kekuatan desak beton pada umur 28 hari

No.	f'_{c28} (MPa)	$(f'_{c28} - f'_{cr})^2$ (MPa)
1.	24,012	0,008
2.	25,748	2,713
3.	24,616	0,265
4.	20,089	16,096
5.	26,038	3,752
	$\Sigma = 120,503$	$\Sigma = 22,834$

Kuat desak umur 28 hari (f'_{c28}) = kuat desak benda uji (f'_c) / faktor umur

$$\text{Kuat desak rata-rata, } f'_{cr} = \frac{\sum f'_{c28}}{N} = \frac{120,503}{5} = 24,101 \text{ MPa}$$

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

$$= \sqrt{\frac{22,834}{4}}$$

$$= 2,389 \text{ MPa}$$

Dari hasil perhitungan di atas, diperoleh angka deviasi standar adalah 2,389 MPa

Kuat desak beton yang disyaratkan adalah :

$$f'_c = f'_{cr} - 1,64 S_d$$

$$= 24,101 - (1,64 \times 2,389)$$

$$= 20,183 \text{ MPa}$$

Tabel 5.2 Hasil uji kuat desak beton (mutu beton yang disyaratkan = 25 MPa)

No. Adukan	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (kg)	Umur (hari)	Luas (mm ²)	Beban Max. (kN)	f'_c (MPa)
1.	150,12	300	12,90	28	17699,744	605	34,181
2.	150,00	300	12,70	28	17671,459	545	30,841
3.	150,00	300	12,85	28	17671,459	495	28,011
4.	150,00	300	12,85	28	17671,459	510	28,860
5.	150,00	300	12,70	28	17671,459	535	30,275
$\Sigma f'_c = 152,168$							

Hasil uji yang diperlihatkan oleh tabel 5.2 menunjukkan kuat desak silinder beton berkisar antara 28,011 MPa sampai dengan 34,181 MPa, dan didapatkan kuat desak rata-rata 30,434 MPa. Nilai ini lebih besar dari kuat desak yang direncanakan yaitu sebesar 25 MPa.

Tabel 5.2a Perhitungan kekuatan desak beton pada umur 28 hari

No.	f'_{c28} (MPa)	$(f'_{c28} - f'_{cr})^2$ (MPa)
1.	34,181	14,040
2.	30,841	0,166
3.	28,011	5,871
4.	28,860	2,477
5.	30,275	0,025
	$\Sigma = 152,168$	$\Sigma = 22,579$

Kuat desak umur 28 hari (f'_{c28}) = kuat desak benda uji (f'_c) / faktor umur

$$\text{Kuat desak rata-rata, } f'_{cr} = \frac{\sum f'_{c28}}{N} = \frac{152,168}{5} = 30,434 \text{ MPa}$$

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

$$= \sqrt{\frac{22,579}{4}}$$

$$= 2,376 \text{ MPa}$$

Dari hasil perhitungan di atas, diperoleh angka deviasi standar adalah 2,376 MPa

Kuat desak beton yang disyaratkan adalah :

$$\begin{aligned} f'_c &= f'_{cr} - 1,64 S_d \\ &= 30,434 - (1,64 \times 2,376) \\ &= 26,537 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Tabel 5.3 Hasil uji kuat desak beton (mutu beton yang disyaratkan = 30 MPa)

No. Adukan	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (kg)	Umur (hari)	Luas (mm ²)	Beban Max. (kN)	f'_c (MPa)
1.	150,00	300	12,95	28	17671,459	650	36,782
2.	150,00	300	12,70	28	17671,459	665	37,631
3.	150,00	300	12,97	28	17671,459	645	36,500
4.	150,00	300	12,90	28	17671,459	695	39,330
5.	150,00	300	13,1	28	17671,459	650	36,782
$\Sigma f'_c = 187,030$							

Hasil uji yang diperlihatkan oleh tabel 5.3 menunjukkan kuat desak silinder beton berkisar antara 36,500 MPa sampai dengan 39,330 MPa, dan didapatkan kuat desak rata-rata 37,406 MPa. Nilai ini lebih besar dari kuat desak yang direncanakan yaitu sebesar 30 MPa.

Tabel 5.3a Perhitungan kekuatan desak beton pada umur 28 hari

No.	f'_{c28} (MPa)	$(f'_{c28} - f'_{cr})^2$ (MPa)
1.	36,782	0,389
2.	37,631	0,051
3.	36,500	0,821
4.	39,330	3,702
5.	36,782	0,389
	$\Sigma = 187,030$	$\Sigma = 5,352$

Kuat desak umur 28 hari (f'_{c28}) = kuat desak benda uji (f'_c) / faktor umur

$$\text{Kuat desak rata-rata, } f'_{cr} = \frac{\sum f'_{c28}}{N} = \frac{187,030}{5} = 37,406 \text{ MPa}$$

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

$$= \sqrt{\frac{5,352}{4}} = 1,157 \text{ MPa}$$

Dari hasil perhitungan di atas, diperoleh angka deviasi standar adalah 1,157 MPa.

Kuat desak beton yang disyaratkan adalah :

$$\begin{aligned} f'_c &= f'_{cr} - 1,64 S_d \\ &= 37,406 - (1,64 \times 1,157) \\ &= 35,509 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Tabel 5.4 Perbandingan kuat desak rencana dan kuat desak hasil penelitian

Kuat desak rencana (MPa)	Kuat desak hasil penelitian (MPa)
20	20,183
25	26,537
30	35,509

Dari perhitungan uji kuat desak beton di atas maka dapat diketahui nilai kuat desak beton yang dapat dicapai, untuk setiap variasi mutu beton yang direncanakan. Pada perhitungan di atas untuk masing-masing variasi mutu beton yang direncanakan diperoleh nilai kuat desak yang melebihi dari kuat desak yang disyaratkan seperti terlihat pada tabel 5.4. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh diambilnya angka margin yang cukup besar dalam mix design. Selain itu selama proses persiapan adukan beton, agregat dibersihkan dengan baik, sehingga meningkatkan kualitas adukan beton.

5.1.2 Pengujian tarik baja

$$\text{Tegangan leleh baja } (f_y) = \frac{P_{leleh}}{A}, \text{ MPa}$$

$$\text{Tegangan putus baja } (f_u) = \frac{P_{maks}}{A}, \text{ MPa}$$

Baja tulangan yang diuji yaitu baja tulangan polos (BJTP) diameter 12 mm.

Tabel 5.5 Hasil pengujian kuat tarik baja

Benda Uji	Diameter (mm)	Luas (mm ²)	P max (kg)	P leleh (kg)	Teg. leleh (f_y) (MPa)	Teg. putus (f_u) (MPa)
1.	11,667	106,907	5575	3700	346,10	521,48
2.	11,733	108,121	6000	3975	367,64	554,93
3.	11,750	108,434	6000	3975	366,58	553,33
4.	11,750	108,434	5650	3750	345,83	345,83
5.	12,000	113,100	5950	3925	347,04	526,08

Dari hasil pengujian tarik baja pada tabel 5.5, didapatkan nilai tegangan leleh baja yaitu antara 345,83 MPa sampai dengan 367,64 MPa sehingga didapatkan Tegangan leleh rata-rata 354,638 MPa. Dari tabel hasil pengujian tarik baja juga didapat nilai tegangan putus baja yaitu antara 345,83 MPa sampai dengan 554,93 MPa sehingga didapatkan Tegangan putus rata-rata 500,330 MPa.

5.1.3 Pengujian lolos tarik (uji pull-out)

Data hasil percobaan tarik tulangan dalam silinder beton sampai tulangan tercabut berupa hubungan antara beban P (N) dengan selip (10^{-2} mm), dan hubungan antara tegangan lekat τ dengan selip untuk setiap peningkatan interval beban $\Delta P = 100$ N. Selip yang terpakai adalah selisih antara yang terbaca pada alat dial gauge dan perpanjangan tulangan. Perpanjangan dihitung dengan rumus :

$$\Delta L = \varepsilon_{\text{baja}} \times L$$

$$\varepsilon_{\text{baja}} = \frac{P}{(A \cdot E)}$$

dimana: A = luas tampang tulangan

$$E = 2,10 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2 = 2,10 \times 10^5 \text{ MPa}$$

L = panjang tulangan yang tidak tertanam

P = beban kerja

Hubungan tersebut digambarkan dalam bentuk diagram beban-selip dan tegangan lekat-selip.

5.1.4 Beban maximum pull-out

Dari keseluruhan benda uji yang berjumlah 15 sampel didapat beban maksimum yang menyebabkan tercabutnya tulangan ke luar, dan kemudian didapatkan nilai kuat lekat yang bervariasi dari masing-masing benda uji. Nilai kuat lekat yang dimaksud adalah nilai kapasitas lekatan rata-rata untuk masing-masing benda uji. Nilai tersebut dihitung dengan membagi gaya tarik yang bekerja pada baja tulangan disaat selip terjadi dengan luas permukaan tulangan yang tertanam dalam beton.

$$\tau = \frac{P_{maks}}{A_b}$$

dimana: A_b = luas permukaan tulangan tertanam dalam beton, mm

$$= \pi \times d \times l_d$$

d = diameter tulangan, mm

l_d = panjang pengangkeran, mm

P_{maks} = Beban tarik maksimum, N

τ = Tegangan lekat maksimum

Tabel 5.6 Hasil uji kuat lekat dengan mutu beton 20 MPa

No. Benda uji	Luas bidang lekatan (mm ²)	Beban kerja (N)	Kuat lekat (MPa)
1.	11309,734	3960	3,5014
2.	11309,734	3830	3,3865
3.	11309,734	2825	2,4978
4.	11309,734	3070	2,7145
5.	11309,734	3070	2,7145
		$\Sigma = 16755$	$\Sigma = 14,81470$

Dari data hasil pengujian di atas seperti tercantum pada tabel 5.6 didapatkan nilai kapasitas tegangan lekatan rata-rata dengan kuat desak 20 MPa yaitu 2,963 MPa.

Tabel 5.7 Hasil uji kuat lekat dengan mutu beton 25 MPa

No. Benda uji	Luas bidang lekatan (mm ²)	Beban kerja (N)	Kuat lekat (MPa)
1.	11309,734	3350	2,9621
2.	11309,734	3810	3,3688
3.	11309,734	4170	3,6871
4.	11309,734	4380	3,8728
5.	11309,734	3550	3,1389
		$\Sigma = 16755$	$\Sigma = 17,030$

Dari data hasil pengujian di atas seperti tercantum pada tabel 5.7 didapatkan nilai kapasitas tegangan lekatan rata-rata dengan kuat desak 25 MPa yaitu 3,406 Mpa.

Tabel 5.8 Hasil uji kuat lekat dengan mutu beton 30 Mpa

No. Benda uji	Luas bidang lekatan (mm ²)	Beban kerja (N)	Kuat lekat (MPa)
1.	11309,734	3550	3,1389
2.	11309,734	4098	3,6236
3.	11309,734	4085	3,6121
4.	11309,734	3850	3,4041
5.	11309,734	3780	3,3422
		$\Sigma = 19363$	$\Sigma = 17,1209$

Dari data hasil pengujian di atas seperti tercantum pada tabel 5.8 didapatkan nilai kapasitas tegangan lekatan rata-rata dengan kuat desak 30 MPa yaitu 3,424 MPa.

Hubungan langsung antara kuat desak beton dan kuat lekat telah diselidiki dan telah ada rumus yang dihasilkan. SNI 1991 menyatakan rumus kuat lekat untuk baja tulangan deform:

$$\tau = \frac{15,92 \sqrt{f'_c}}{d_s} \leq 4,17 \text{ MPa}, \text{ dimana: } \tau = \text{Kuat lekat baja tulangan deform.}$$

Berdasarkan asumsi bahwa nilai rasio kuat lekat baja tulangan deform dan baja tulangan polos adalah sebesar 2 (PBI'71), maka rumus hubungan kuat lekat baja tulangan polos:

$$\tau_p = \frac{7,96 \sqrt{f'_c}}{d_s}$$

dimana: d_s = Diameter tulangan,

f'_c = Kuat desak beton.

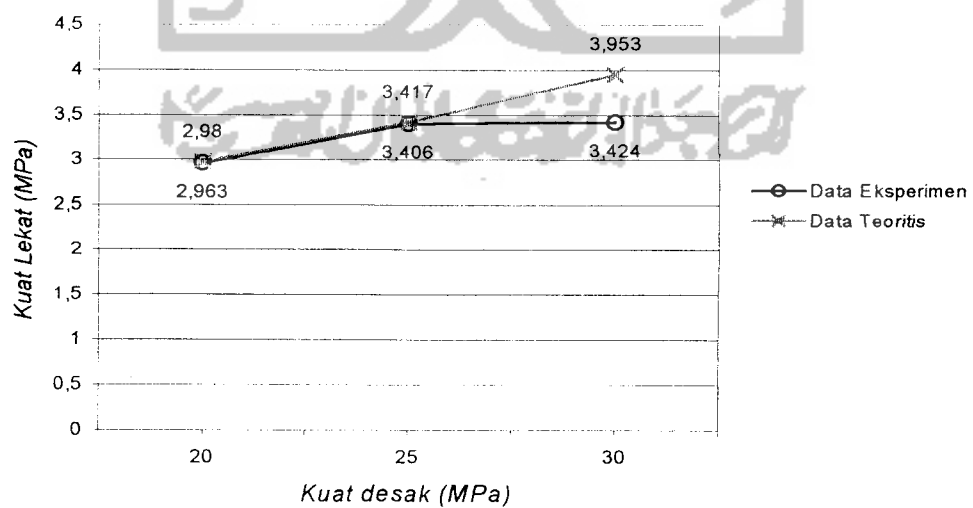
τ_p = Kuat lekat baja tulangan polos.

Dari data kuat desak beton teoritik dan rumus di atas didapatkan nilai kuat lekat teoritik:

Tabel 5.9 Kuat lekat teoritis berdasarkan kuat desak eksperimen

Variasi Kuat Desak (MPa)	f'_c eksperimen (MPa)	τ_p teoritis (MPa)
20	20,183	2,980
25	26,537	3,417
30	35,509	3,953

Berdasarkan tabel 5.9 di atas nilai kuat lekat teoritis berdasarkan kuat desak eksperimen mengalami kenaikan bersamaan dengan perubahan kenaikan mutu beton, hal ini dapat dilihat dalam grafik pada gambar 5.1 dimana peningkatan kuat desak beton tidak berbanding secara linier dengan peningkatan tegangan lekat, karena nilai tegangan lekat merupakan fungsi dari $\sqrt{f'_c}$ (Wang and Salmon, 1985).



Gambar 5.1 Grafik hubungan kuat lekat dengan kuat desak beton

Tabel 5.10 Perbandingan kuat lekat teoritik dengan kuat lekat hasil pengujian

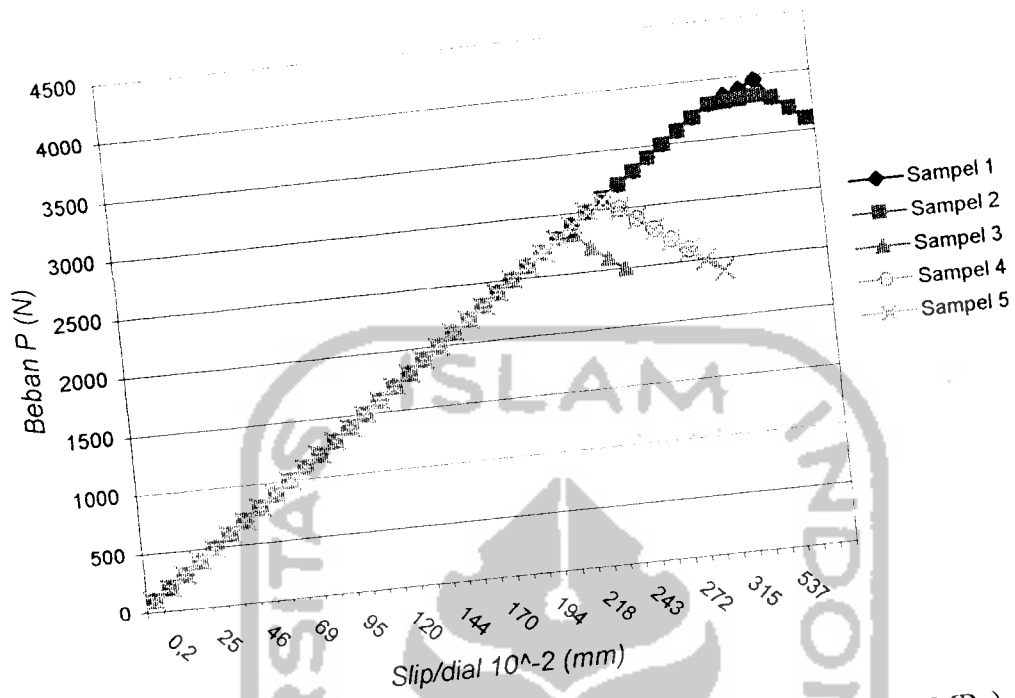
Variasi Kuat Desak (MPa)	Kuat lekat teoritik (MPa)	Kuat lekat eksperimen (MPa)
20	2,980	2,963
25	3,417	3,406
30	3,953	3,424

Berdasarkan data perhitungan tabel 5.10 di atas, tegangan lekat rerata maksimal hasil eksperimen tidak sesuai atau lebih kecil dari tegangan lekat yang direncanakan (tegangan lekat teoritis). Hal ini kemungkinan dapat disebabkan oleh beberapa faktor, misalnya pada saat pengujian baja tulangan yang ditanam pada silinder tidak tegak lurus, atau saat pengujian benda uji miring dan sebagainya.

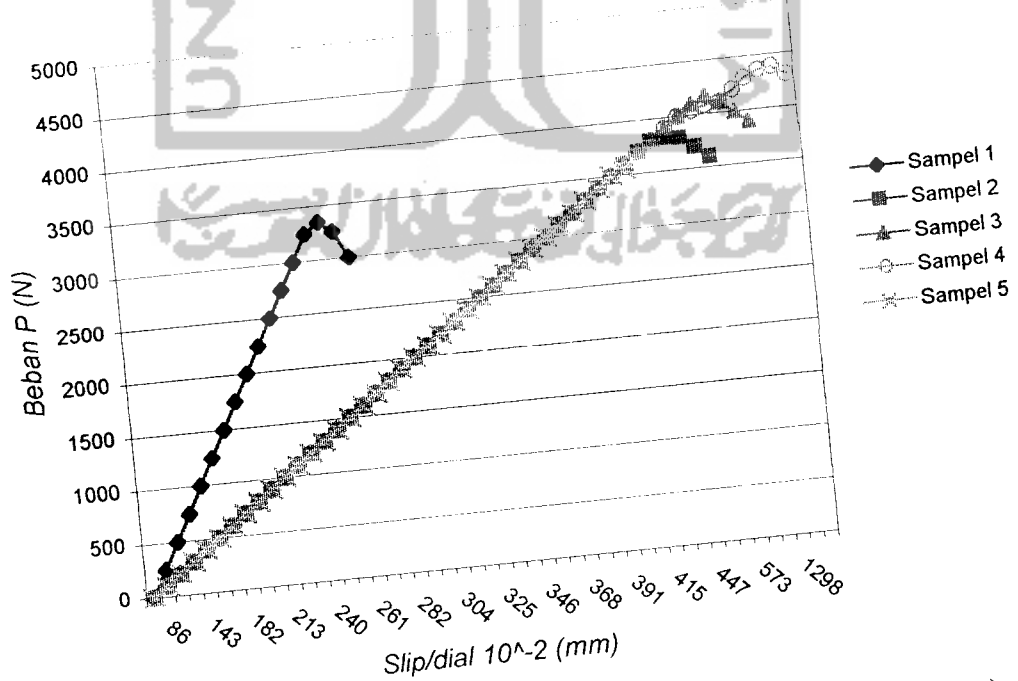
5.2 Pembahasan

5.2.1 Grafik hasil pengolahan data

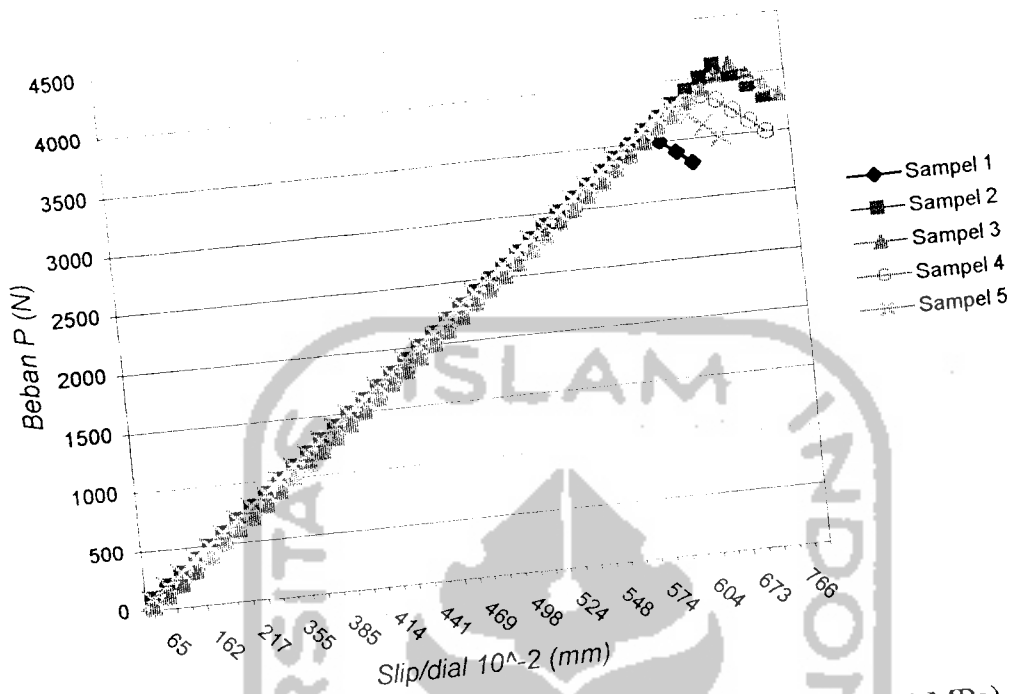
Besarnya tegangan lekat pada benda uji diperoleh dari hasil pengujian tarik masing-masing benda uji dengan berbagai variasi mutu beton. Pengerjaan beban tarik pada benda uji dapat menyebabkan terjadinya slip antara pasta beton dengan batang tulangan. Hubungan antara besarnya gaya tarik ataupun tegangan lekat dengan slip dapat digambarkan dalam bentuk diagram.



Gambar 5.2 Grafik hubungan beban dan slip/dial (mutu beton 20 MPa)



Gambar 5.3 Grafik hubungan beban dan slip/dial (mutu beton 25 MPa)



Gambar 5.4 Grafik hubungan beban dan slip/dial (mutu beton 30 MPa)

Pada gambar 5.2 dan gambar 5.4 adalah hubungan antara beban lekatan dan slip dari masing-masing sampel untuk beton mutu 20 MPa dan 30 MPa. Dari grafik terlihat adanya perbedaan beban lekatan maksimum dari tiap-tiap sampel. Pada saat beban maksimum tulangan tercabut dari silinder beton, kemudian beban lekatan mengalami penurunan, sedangkan nilai selip setelah penurunan beban tetap mengalami peningkatan. Tetapi pada gambar 5.3 yaitu pada mutu beton 25 MPa terlihat dari garis grafik sampel 2 bahwasanya tulangan sebelum tercabut mengalami leleh di dalam tulangan itu sendiri. Dari keseluruhan dari gambar grafik terlihat sebelum mencapai beban lekat maksimum garis grafik cenderung berimpit.

5.2.2 Mekanisme proses terjadinya lekatan

Dari seluruh hasil uji pull out pada masing-masing benda uji, pada dasarnya dapat dijelaskan mekanisme yang terjadi selama proses pelolosan batang tulangan sebagai berikut:

1. Pada saat beban tarik bekerja sampai batas tertentu, beban ini akan ditahan oleh kombinasi antara adhesi permukaan baja tulangan dengan beton disekelilingnya, efek cengkaman (*gripping*) sebagai akibat susut pengeringan pada beton dan faktor gesekan (*friction*) antara tulangan dengan beton disekelilingnya. Efek saling mengunci antara keduanya pada saat tulangan mengalami tegangan tarik juga berperan dalam proses ini.
2. Setelah beban mencapai nilai tertentu yang telah melampaui nilai adhesi tulangan dengan beton sepanjang batang tulangan tertanam, maka selanjutnya beban tarik akan ditahan oleh adanya gesekan antara tulangan dengan beton.

Dari proses di atas, apabila kombinasi ketiga tahanan tarik pada mekanisme pertama terlampaui, maka mekanisme kedua akan berperan menahan beban tarik sampai lolosnya batang tulangan tertanam. Pada mekanisme kedua ini nilai kuat lekat akan ditentukan oleh keragaman bentuk dari permukaan tulangan. Hal tersebut menyebabkan tulangan ulir mempunyai kuat lekat lebih tinggi dari tulangan polos. Selain itu juga efek saling mengunci (*interlock*) antar elemen lebih besar yang disebabkan adanya lekukan-lekukan pada tulangan yang dapat diisi oleh pasta beton.

Pada pengujian pull out terlihat dari gambar grafik (lihat gambar 5.2, 5.3, dan 5.4) adanya mekanisme kegagalan lekatan pada masing-masing benda uji. Pada pengujian ini 14 sampel dari tiga mutu beton yaitu 20 MPa, 25 MPa, 30 MPa mengalami kegagalan lekatan pada saat tulangan tercabut dari beton. Setelah tegangan lekat antara baja tulangan dan beton mencapai nilai maksimum, maka beban berangsur-angsur turun dan nilai slip meningkat drastis. Hal ini mengindikasikan batang tulangan lolos dari beton.

Sedangkan penyaluran lekatan berupa lelehnya tulangan sebelum tulangan lolos dari beton terdapat pada sampel dua untuk mutu beton 25 MPa, ini berarti batang tulangan telah mencapai tegangan leleh, sedangkan tegangan lekat belum mencapai batas maksimal (lihat gambar 5.3). Di dalam persoalan tentang kegagalan lekatan pada pengujian ini, maka dapat disimpulkan bahwa panjang penyaluran yang diberikan pada pengujian ini kurang dan tidak memenuhi syarat batas pengamanannya. Panjang penyaluran akan efektif dan efisien, jika baja tulangan telah mencapai tegangan lelehnya, dan gaya lekat antara baja dan beton tepat pada batas maksimal, seperti apa yang diutarakan oleh Ferguson (1986), bahwa sebuah batang dengan penanaman yang cukup dalam di dalam beton, tidak dapat dicabut ke luar. Apabila setelah gesekan di ujung yang dibebani berlangsung cukup jauh untuk menyalurkan pelekatan pada suatu panjang yang besar, batang ini mengalami kekuatan lelehnya, ia akan gagal dalam tarik, kemudian batang itu dinyatakan sebagai diangker penuh di dalam beton.

Konsep dasar dari panjang penyaluran adalah memperhitungkan suatu batang yang ditanam dalam suatu massa beton, seperti pada gambar 4.3.

Tegangan pelekatan sebenarnya akan disebarkan serupa seperti pada pengujian pencabutan keluar, cukup besar didekat permukaan dan hampir nol di ujung yang tertanam sampai hampir dekat dengan kegagalan. Apabila tegangan pelekatan rata-rata τ dibatasi sampai suatu nilai yang diijinkan yang ditetapkan dari pengujian pencabutan ke luar yang dapat disamakan, hasil-hasil yang aman harus didapat. Dengan dasar logika ini pada ultimit, $A_b f_y = \tau l_d \pi d_b$ (untuk satu batang), dengan menggantikan batang-batang berdiameter d_b , $A_b = \frac{\pi d_b^2}{4}$, dihasilkan :

$$l_d = \frac{f_y d_b}{4 \tau_b}$$

Berdasarkan persamaan di atas, dapat ditentukan panjang penyaluran teoritis masing-masing mutu beton berdasarkan hasil pengujian.

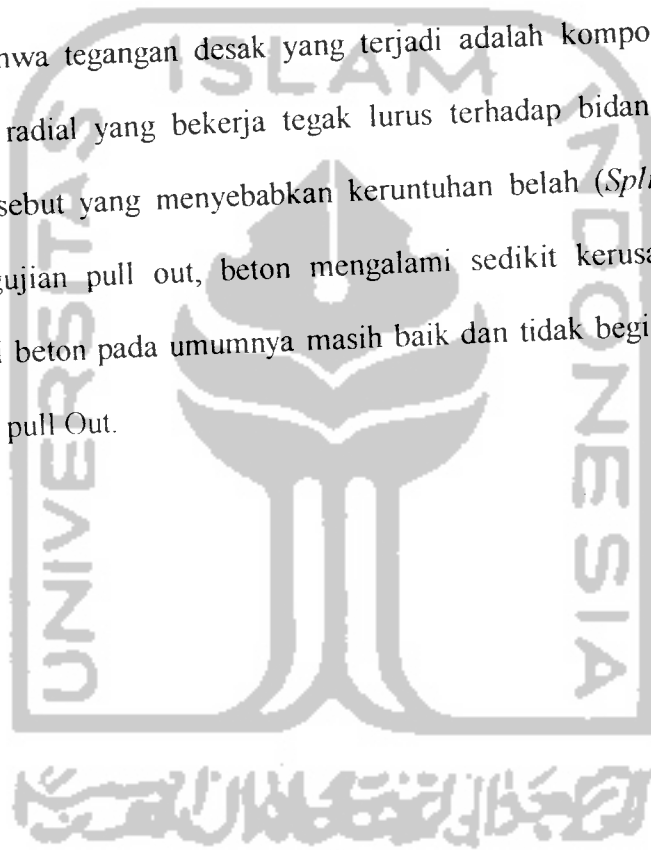
Tabel 5.11 Panjang penyaluran teoritis dan panjang tulangan polos yang tertanam

Variasi mutu beton (Mpa)	l_d tertanam (cm)	τ_p terjadi (kg/cm ²)	l_d teoritis (cm)
20	30	29,632	35,904
25	30	34,065	31,232
30	30	34,242	31,070

Pada tabel 5.11 di atas dapat dilihat bahwasanya panjang penyaluran yang tertanam lebih kecil dari panjang penyaluran teoritis dan tidak memenuhi syarat batas pengamanan.

5.2.3 Akibat pengujian pull out

Berdasarkan pengujian pull out yang dilakukan, terjadi keruntuhan slip pada semua benda uji. Keruntuhan tersebut terjadi dikarenakan pada tulangan polos pemindahan gaya dari tulangan ke beton hanya akan menimbulkan komponen tegangan longitudinal (sejajar sumbu tulangan), berbeda yang terjadi dengan tulangan ulir, bahwa tegangan desak yang terjadi adalah komponen tegangan longitudinal dan radial yang bekerja tegak lurus terhadap bidang miring ulir tulangan, hal tersebut yang menyebabkan keruntuhan belah (*Splitting failure*). Pada akhir pengujian pull out, beton mengalami sedikit kerusakan disekitar tulangan, kondisi beton pada umumnya masih baik dan tidak begitu terpengaruh proses pengujian pull Out.



BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

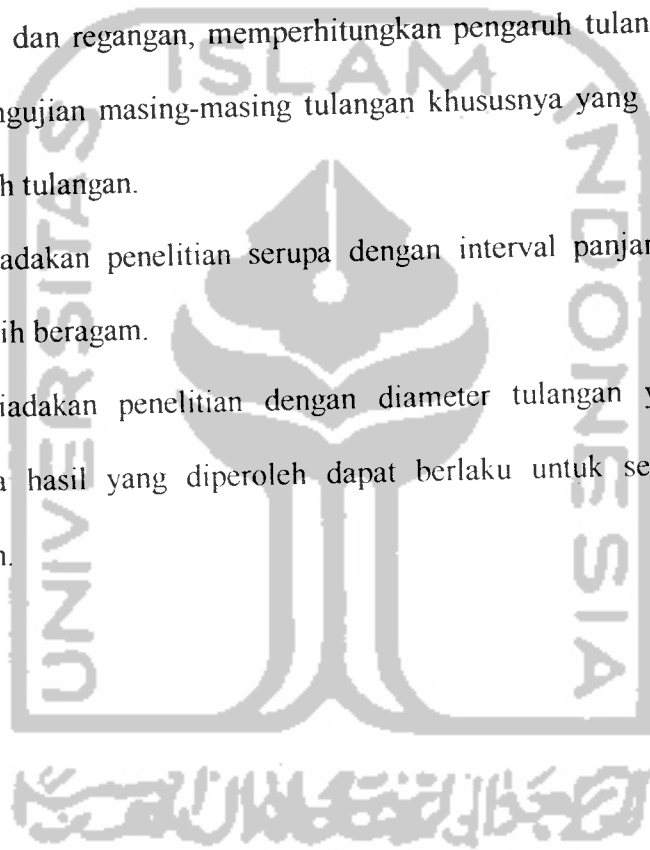
6.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan sebelumnya, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai rerata kuat lekat mutu beton 20 MPa, 25 MPa, dan 30 MPa pada penelitian ini berturut-turut didapat sebesar 2,963 MPa, 3,406 MPa, dan 3,593 MPa.
2. Nilai kuat lekat rerata hasil penelitian lebih kecil 5,4 % dari nilai kuat lekat yang direncanakan.
3. Pada penelitian ini peningkatan kuat lekat tulangan polos tidak berbanding secara linier dengan peningkatan kuat desak beton.
4. Pada pengujian pull out untuk variasi mutu beton 20 MPa, 25 MPa, dan 30 MPa tulangan tercabut dari silinder beton sebelum tulangan mengalami tegangan leleh, yang menunjukkan bahwa panjang tulangan yang tertanam pada benda uji silinder belum mencapai panjang penyaluran yang optimum.

6.2 Saran

1. Perlu diadakan penelitian tentang uji *pull-out* dengan memperbanyak benda uji untuk mutu beton yang bervariasi sehingga akan mudah dilihat kecenderungan apabila diperoleh data yang beragam.
2. Perlu diadakan penelitian yang mengkaji tentang distribusi gaya, tegangan dan regangan, memperhitungkan pengaruh tulangan sengkang pada pengujian masing-masing tulangan khususnya yang memakai dua atau lebih tulangan.
3. Perlu diadakan penelitian serupa dengan interval panjang penyaluran yang lebih beragam.
4. Perlu diadakan penelitian dengan diameter tulangan yang beragam sehingga hasil yang diperoleh dapat berlaku untuk semua diameter tulangan.



DAFTAR PUSTAKA

Arief D.W., 1995, **PENGARUH PERUBAHAN TEMPERATUR DAN KETEBALAN SELIMUT BETON PADA KUAT LEKAT BAJA TULANGAN POLOS**, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Chu-Kia Wang, Charles G. Salmon, alih bahasa oleh Binsar Hariandja 1986, **DISAIN BETON BERTULANG**, Penerbit Erlangga, Jakarta.

Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jendral Cipta Karya, 1991, **TATA CARA PERHITUNGAN STRUKTUR BETON UNTUK BANGUNAN GEDUNG SK SNI T-15-1991-03**, Yayasan LPMB, Bandung.

Edward G. Nawy, 1990, **BETON BERTULANG SUATU PENDEKATAN DASAR**, Penerbit PT. Eresco, Bandung.

George Winter dan Artheur H. Nilson, 1993, **PERENCANAAN STRUKTUR BETON BERTULANG**, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.

Istimawan Dipohusodo, 1994, **STRUKTUR BETON BERTULANG**, Penerbit PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta

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

L. Wahyudi dan Syahril A. Rahim, 1997, **STRUKTUR BETON BERTULANG STANDAR BARU SNI T-15-1991-03**, Penerbit PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

Phil M. Ferguson, alih bahasa oleh Budianto Sutanto dan Kris Setianto, 1986, **DASAR-DASAR BETON BERTULANG**, Penerbit Erlangga, Jakarta.



LAMPIRAN

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

NO.	NAMA	NO. MHS.	BID. STUDI
1	ZULKIFLI	91 310 026	STRUKTUR
2	AMIR	91 310 183	STRUKTUR

JUDUL TUGAS AKHIR :

**KOMPARASI KUAT LELAT BETON TERHADAP VARIASI KUAT DESAK BETON.
PERIODE II : DESEMBER – MEI
TAHUN : 2000 / 2001**

No.	Kegiatan	Bulan				Tgl.
		Desember	Januari	Februari	April	
1.	Pendahuluan					
2.	Penerangan Dosen Terhadap Tugas					
3.	Pengumpulan Proposal					
4.	Seminar Proposal					
5.	Konfirmasi Penyusunan					
6.	Menyusun Skripsi					
7.	Pembahasan					

1. Nama dan NIM :
2. No. Absen :

DR. H. M. SAHIBUDDIN, M.Eng.
Dekan Fakultas Teknik














[Handwritten signatures and stamps]



ALAMAT :

Sevilla :
Sidang :
Pembahasan :

CATATAN KONSULTASI TUGAS AKHIR

NO.	TANGGAL	CATATAN KONSULTASI	TANDA TANGAN
1	26/03/01	- acs ditersusun ke Dosen Pembimbing → diperbaiki. - setelah diperbaiki kemungkinan unt. seminar.	 
	17/4-01	→ siap unt. seminar	
	7/09-01	→ tersusun pembimbing & lanjutkan laporan	
	21/09-01	perbaikan pendataan	
	29/09-01	perbaikan pendataan dan dapat di acc. program ke Dosen Pembimbing I	
	2/10-01	→ diperbaiki: → lengkap : Daftar isi; - Intisari dll.	
	6/10-01	→ diperbaiki → siap unt. sidang	
	26/10-01	→ acc sidang. → Yulbriani, dan dapat dilanjutkan ke Pembimbing I	
	30/10-01	→ acc. - dapat daftarkan pendataan.	
	24/11/01	jilid	



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

Jln. Kaliurang Km. 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 Fax. (0274) 895330 Yogyakarta

DATA PEMERIKSAAN
BERAT JENIS AGREGAT HALUS (PASIR)

Jenis benda uji : Agregat halus
Nama benda uji : Pasir
Asal : Kali Progo
Keperluan : Penelitian Tugas Akhir

Diperiksa oleh :

1. Amir
2. Zulkifli

Tanggal : 30 Mei 2001

ALAT-ALAT

1. Gelas ukur kap 1000 ml
2. Timbangan ketelitian 0,01 gram
3. Piring, Sendok, Lap, dan lain-lain

	BENDA UJI I		BENDA UJI II	
Berat agregat (W)	400	Gram	400	Gram
Volume air (V ₁)	500	Cc	500	Cc
Volume air + Agregat (V ₂)	650	Cc	650	Cc
Berat jenis (BJ) = $\frac{W}{V_2 - V_1}$	$\frac{400}{650 - 500}$		$\frac{400}{650 - 500}$	
Berat jenis rata-rata	2,667 t/m ³			

Catatan :



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

Jln. Kaliurang Km. 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 Fax. (0274) 895330 Yogyakarta

DATA PEMERIKSAAN
BERAT JENIS AGREGAT KASAR (KERIKIL)

Jenis benda uji : Agregat kasar
Nama benda uji : Kerikil
Asal : Clereng
Keperluan : Penelitian Tugas Akhir

Diperiksa oleh :

1. Amir
2. Zulkifli

Tanggal : 30 Mei 2001

ALAT-ALAT

1. Gelas ukur kap 1000 ml
2. Timbangan ketelitian 0,01 gram
3. Piring, Sendok, Lap, dan lain-lain

	BENDA UJI I		BENDA UJI II	
Berat agregat (W)	400	Gram	400	Gram
Volume air (V ₁)	500	Cc	500	Cc
Volume air + Agregat (V ₂)	650	Cc	650	Cc
Berat jenis (BJ) = $\frac{W}{V_2 - V_1}$	$\frac{400}{650 - 500}$		$\frac{400}{650 - 500}$	
Berat jenis rata-rata	2,667 t/m ³			

Catatan :



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

Jln. Kaliurang Km. 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 Fax. (0274) 895330 Yogyakarta

DATA PEMERIKSAAN
BERAT VOLUME AGREGAT KASAR "SSD"

Jenis benda uji : Agregat kasar
Nama benda uji : Kerikil
Asal : Clereng
Keperluan : Penelitian Tugas Akhir

Diperiksa oleh :
1. Amir
2. Zulkifli

Tanggal : 31 Mei 2001

ALAT-ALAT

1. Tabung silinder (\varnothing 15 x t 30) cm
2. Timbangan kap. 20 kg
3. Tongkat penumbuk \varnothing 16 panjang 60 cm
4. Serok / sekop, lap dan lain-lain

	BENDA UJI I	BENDA UJI II
Berat tabung (W_1)	5,5 kg	5,6 kg
Berat tabung + Agregat (W_2)	14,3 kg	14,4 kg
Volume tabung = $\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot t$	0,0053 m ³	0,0053 m ³
Berat volume = $\frac{W_2 - W_1}{V}$	$\frac{14,3 - 5,5}{0,0053}$	$\frac{14,4 - 5,6}{0,0053}$
Berat volume rata-rata	1,6604 t/m ³	

Catatan :



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

Jln. Kaliurang Km. 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 Fax. (0274) 895330 Yogyakarta

DATA PEMERIKSAAN
MODULUS HALUS BUTIR (MHB) PASIR

Jenis benda uji : Agregat halus

Nama benda uji : Pasir

Asal : Kali Progo

Keperluan : Penelitian Tugas Akhir

Diperiksa oleh :

1. Amir

2. Zulkifli

Tanggal : 31 Mei 2001

Saringan		Berat tertinggal (gram)		Berat tertinggal (%)		Berat kumulatif	
No	Ø lubang (mm)	I	II	I	II	I	II
1	4,75	52,5	60	3,5	4	3,5	4
2	2,36	92,5	95,0	6,167	6,333	9,667	10,333
3	1,18	267,5	268	17,833	17,867	27,5	28,2
4	0,600	472,5	480	31,5	32,0	59	60,2
5	0,300	322,5	338,5	21,5	22,566	80,5	82,766
6	0,150	247	217,5	16,467	14,5	96,967	97,267
7	Pan	56,5	42	3,767	2,8	-----	-----
Jumlah						277,134	282,766

Jumlah rata-rata : 279,950

$$\text{MODULUS HALUS BUTIR} = \frac{279,950}{100} \times 100\% = 2,80$$

Data Test Desak Beton (Mutu Beton 20 MPa)

Sampel 1

P (kN)	Dial (10 ⁻³ mm)	P (kN)	Dial (10 ⁻³ mm)
10	4	360	439
20	10	370	470
30	15	380	500
40	22	390	525
50	26	400	560
60	33	410	595
70	40	420	635
80	48	425	685
90	53		
100	59		
110	68		
120	75		
130	82		
140	88		
150	96		
160	103		
170	110		
180	117		
190	120		
200	150		
210	160		
220	170		
230	180		
240	195		
250	205		
260	222		
270	235		
280	249		
290	265		
300	286		
310	306		
320	323		
330	353		
340	380		
350	406		

Keterangan:

Sampel 2

P (kN)	Dial (10 ⁻³ mm)	P (kN)	Dial (10 ⁻³ mm)
10	3	360	630
20	8	370	635
30	12	380	644
40	17	390	655
50	24	400	665
60	30	410	675
70	35	420	690
80	42	430	705
90	48	440	730
100	54	450	760
110	61	455	795
120	69		
130	78		
140	85		
150	94		
160	105		
170	116		
180	125		
190	155		
200	200		
210	239		
220	260		
230	300		
240	330		
250	365		
260	400		
270	420		
280	435		
290	450		
300	569		
310	590		
320	605		
330	609		
340	618		
350	625		

Keterangan:

Data Test Desak Beton (Mutu Beton 20 MPa)

Sampel 3

P (kN)	Dial (10 ⁻³ mm)	P (kN)	Dial (10 ⁻³ mm)
10	3	360	640
20	4	370	690
30	9	380	720
40	12	390	810
50	16	400	870
60	20	410	930
70	25	420	940
80	32	430	980
90	49	435	1010
100	55		
110	65		
120	70		
130	76		
140	86		
150	100		
160	143		
170	167		
180	201		
190	215		
200	235		
210	245		
220	255		
230	265		
240	275		
250	290		
260	305		
270	315		
280	317		
290	360		
300	405		
310	430		
320	455		
330	490		
340	520		
350	600		

Keterangan:

Sampel 4

P (kN)	Dial (10 ⁻³ mm)	P (kN)	Dial (10 ⁻³ mm)
10	5	355	760
20	10		
30	15		
40	21		
50	27		
60	32		
70	38		
80	45		
90	52		
100	59		
110	68		
120	75		
130	86		
140	95		
150	105		
160	115		
170	130		
180	145		
190	158		
200	178		
210	200		
220	225		
230	253		
240	290		
250	295		
260	309		
270	315		
280	340		
290	379		
300	380		
310	465		
320	560		
330	635		
340	700		
350	745		

Keterangan:

Data Test Desak Beton (Mutu Beton 20 MPa)

Sampel 5

P (kN)	Dial (10 ⁻³ mm)	P (kN)	Dial (10 ⁻³ mm)
10	5	360	540
20	11	370	570
30	16	380	590
40	20	390	620
50	26	400	635
60	31	410	655
70	36	420	680
80	41	430	700
90	48	440	715
100	53	450	745
110	60	460	770
120	65		
130	71		
140	78		
150	86		
160	92		
170	100		
180	105		
190	112		
200	123		
210	132		
220	138		
230	148		
240	155		
250	162		
260	175		
270	182		
280	194		
290	198		
300	206		
310	218		
320	236		
330	245		
340	280		
350	520		

Keterangan:

Data Test Desak Beton (Mutu Beton 25 MPa)

Sampel 1

P (kN)	Dial (10 ⁻³ mm)	P (kN)	Dial (10 ⁻³ mm)
10	2	360	220
20	7	370	228
30	11	380	238
40	17	390	246
50	22	400	257
60	27	410	269
70	32	420	279
80	37	430	289
90	43	440	309
100	47	450	316
110	53	460	335
120	60	470	348
130	65	480	368
140	70	490	386
150	75	500	396
160	81	510	422
170	86	520	440
180	93	530	466
190	99	540	496
200	105	550	546
210	112	560	685
220	117	605	736
230	121		
240	128		
250	133		
260	142		
270	148		
280	155		
290	161		
300	167		
310	178		
320	186		
330	192		
340	201		
350	211		

Keterangan:

Sampel 2

P (kN)	Dial (10 ⁻³ mm)	P (kN)	Dial (10 ⁻³ mm)
10	6	360	230
20	11	370	239
30	15	380	247
40	22	390	258
50	26	400	270
60	31	410	280
70	36	420	294
80	42	430	305
90	48	440	321
100	54	450	330
110	60	460	350
120	65	470	362
130	70	480	375
140	76	490	395
150	81	500	420
160	84	510	442
170	94	520	474
180	100	530	496
190	105	545	535
200	112		
210	119		
220	129		
230	136		
240	140		
250	145		
260	151		
270	159		
280	166		
290	176		
300	180		
310	188		
320	195		
330	203		
340	211		
350	222		

Keterangan:

Data Test Desak Beton (Mutu Beton 25 MPa)

Sampel 3

P (kN)	Dial (10 ⁻³ mm)	P (kN)	Dial (10 ⁻³ mm)
10	6	360	286
20	10	370	303
30	15	380	325
40	21	390	345
50	27	400	365
60	31	410	389
70	36	420	408
80	42	430	431
90	49	440	451
100	55	450	476
110	61	460	501
120	66	470	535
130	72	480	570
140	77	490	612
150	83	495	687
160	89		
170	95		
180	102		
190	109		
200	119		
210	126		
220	131		
230	140		
240	147		
250	156		
260	165		
270	173		
280	182		
290	195		
300	204		
310	217		
320	230		
330	241		
340	256		
350	271		

Keterangan:

Sampel 4

P (kN)	Dial (10 ⁻³ mm)	P (kN)	Dial (10 ⁻³ mm)
10	4	360	252
20	9	370	261
30	12	380	271
40	15	390	282
50	23	400	290
60	30	410	306
70	35	420	320
80	41	430	335
90	47	440	348
100	52	450	368
110	57	460	389
120	64	470	417
130	71	480	440
140	76	490	470
150	84	500	512
160	90	510	565
170	96		
180	103		
190	110		
200	117		
210	123		
220	131		
230	139		
240	145		
250	152		
260	161		
270	169		
280	179		
290	185		
300	193		
310	202		
320	210		
330	218		
340	229		
350	245		

Keterangan:

Data Test Desak Beton (Mutu Beton 25 MPa)

Sampel 5

P (kN)	Dial (10 ⁻³ mm)	P (kN)	Dial (10 ⁻³ mm)
10	3	360	235
20	9	370	245
30	15	380	252
40	20	390	264
50	25	400	271
60	30	410	281
70	36	420	295
80	41	430	303
90	50	440	318
100	55	450	326
110	60	460	342
120	65	470	351
130	71	480	370
140	77	490	380
150	82	500	404
160	89	510	415
170	96	520	448
180	103	535	451
190	111		
200	117		
210	122		
220	130		
230	135		
240	142		
250	148		
260	155		
270	162		
280	168		
290	175		
300	182		
310	191		
320	200		
330	206		
340	215		
350	222		

Keterangan:

Data Test Desak Beton (Mutu Beton 30 MPa)

Sampel 1

P (kN)	Dial (10 ⁻³ mm)	P (kN)	Dial (10 ⁻³ mm)
10	3	360	200
20	7	370	211
30	11	380	222
40	16	390	225
50	20	400	236
60	24	410	240
70	29	420	253
80	34	430	265
90	37	440	274
100	44	450	280
110	47	460	286
120	52	470	300
130	57	480	309
140	61	490	317
150	66	500	331
160	71	510	341
170	76	520	351
180	82	530	362
190	86	540	375
200	91	550	399
210	97	560	411
220	104	570	421
230	108	580	436
240	114	590	452
250	118	600	471
260	122	610	487
270	135	620	505
280	141	630	529
290	147	640	552
300	154	650	581
310	162		
320	168		
330	176		
340	181		
350	191		

Keterangan:

Sampel 2

P (kN)	Dial (10 ⁻³ mm)	P (kN)	Dial (10 ⁻³ mm)
10	5	360	231
20	11	370	240
30	17	380	246
40	22	390	256
50	26	400	262
60	34	410	271
70	39	420	281
80	44	430	290
90	50	440	301
100	55	450	311
110	61	460	321
120	66	470	331
130	74	480	341
140	79	490	350
150	85	500	364
160	92	510	378
170	99	520	394
180	105	530	404
190	111	540	411
200	120	550	435
210	124	560	449
220	125	570	464
230	129	580	482
240	149	590	490
250	154	600	509
260	162	610	530
270	167	620	545
280	174	630	568
290	180	640	595
300	186	650	621
310	192	665	680
320	200		
330	206		
340	215		
350	221		

Keterangan:

Data Test Desak Beton (Mutu Beton 30 MPa)

Sampel 3

P (kN)	Dial (10^{-3} mm)	P (kN)	Dial (10^{-3} mm)
10	3	360	221
20	9	370	225
30	15	380	234
40	21	390	243
50	26	400	250
60	30	410	256
70	36	420	267
80	42	430	276
90	47	440	282
100	52	450	290
110	57	460	299
120	63	470	306
130	70	480	321
140	75	490	331
150	80	500	341
160	85	510	351
170	91	520	362
180	96	530	374
190	102	540	392
200	110	550	405
210	115	560	422
220	122	570	435
230	130	580	449
240	135	590	469
250	141	600	488
260	150	610	504
270	155	620	525
280	161	630	550
290	168	640	590
300	176	645	635
310	182		
320	190		
330	195		
340	202		
350	211		

Keterangan:

Sampel 4

P (kN)	Dial (10^{-3} mm)	P (kN)	Dial (10^{-3} mm)
10	4	360	196
20	10	370	200
30	15	380	206
40	18	390	213
50	22	400	220
60	29	410	225
70	32	420	233
80	39	430	241
90	44	440	246
100	47	450	250
110	53	460	260
120	60	470	266
130	64	480	273
140	68	490	281
150	73	500	290
160	80	510	300
170	86	520	306
180	91	530	312
190	92	540	329
200	103	550	335
210	108	560	342
220	116	570	351
230	120	580	360
240	125	590	370
250	131	600	380
260	136	610	390
270	140	620	401
280	146	630	411
290	152	640	422
300	160	650	435
310	163	660	451
320	172	670	468
330	177	680	485
340	185	690	506
350	190	695	546

Keterangan:

Data Test Desak Beton (Mutu Beton 30 MPa)

Sampel 5

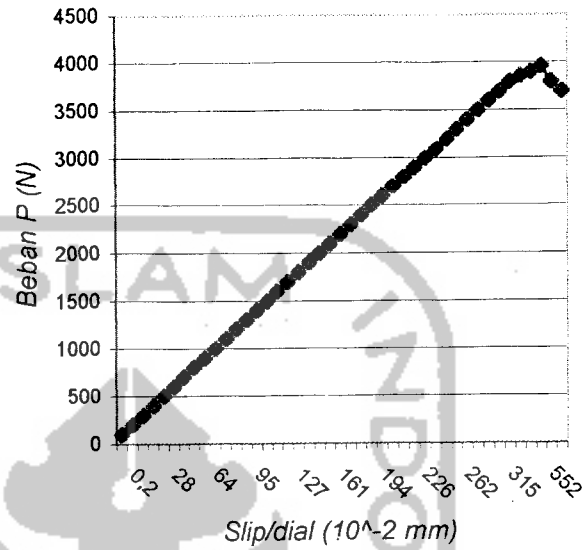
P (kN)	Dial (10^{-3} mm)	P (kN)	Dial (10^{-3} mm)
10	3	360	209
20	7	370	212
30	11	380	221
40	16	390	230
50	21	400	237
60	26	410	240
70	32	420	260
80	38	430	265
90	43	440	271
100	49	450	280
110	54	460	288
120	58	470	298
130	63	480	306
140	68	490	308
150	72	500	345
160	77	510	354
170	83	520	360
180	91	530	365
190	96	540	375
200	102	550	385
210	107	560	405
220	115	570	415
230	120	580	425
240	126	590	437
250	132	600	455
260	137	610	465
270	146	620	495
280	152	630	510
290	157	640	522
300	166	650	560
310	172		
320	180		
330	184		
340	193		
350	201		

Keterangan:

S 1 Beban (N) Dial 10⁻²(mm)

100	0
200	0,2
300	4
400	13
500	25
600	28
700	37
800	46
900	52
1000	64
1100	69
1200	78
1300	87
1400	95
1500	104
1600	112
1700	120
1800	127
1900	135
2000	144
2100	152
2200	161
2300	170
2400	178
2500	186
2600	194
2700	201
2800	210
2900	218
3000	226
3100	234
3200	243
3300	251
3400	262
3500	272
3600	285
3700	299
3800	315
3860	336
3900	443
3960	537
3800	552
3700	565

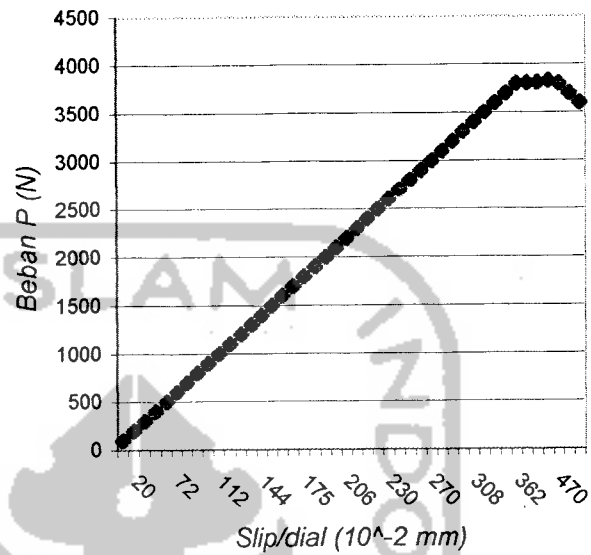
Data dan Grafik Test Pull Out Beton 20 MPa (Sampel 1)



S 2 Beban (N) Dial 10^{-2} (mm)

100	0
200	20
300	42
400	54
500	65
600	72
700	88
800	95
900	103
1000	112
1100	120
1200	128
1300	135
1400	144
1500	152
1600	159
1700	166
1800	175
1900	182
2000	190
2100	198
2200	206
2300	213
2400	221
2500	229
2600	230
2700	250
2800	256
2900	262
3000	270
3100	277
3200	288
3300	295
3400	308
3500	320
3600	330
3700	346
3800	362
3805	396
3810	409
3830	432
3800	470
3700	509
3600	521

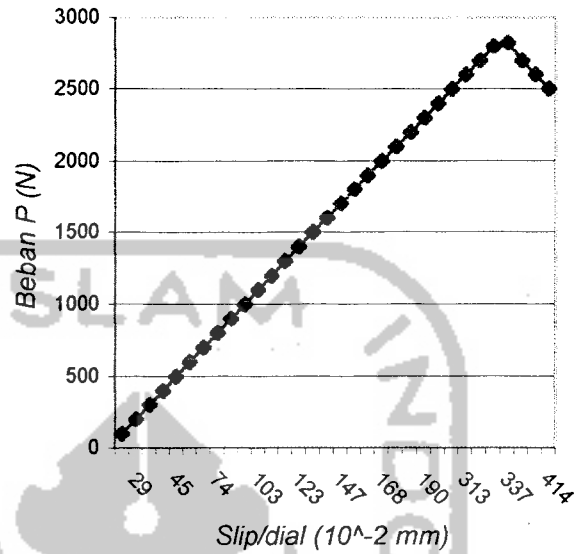
Data dan Grafik Test Pull Out Beton 20 MPa (Sampel 2)



S 3 Beban (N) Dial 10^{-2} (mm)

100	29
200	35
300	40
400	45
500	52
600	65
700	74
800	84
900	93
1000	103
1100	109
1200	116
1300	123
1400	132
1500	139
1600	147
1700	154
1800	161
1900	168
2000	176
2100	184
2200	190
2300	238
2400	308
2500	313
2600	321
2700	326
2800	337
2825	349
2700	396
2600	414
2500	430

Data dan Grafik Test Pull Out
Beton 20 MPa (Sampel 3)

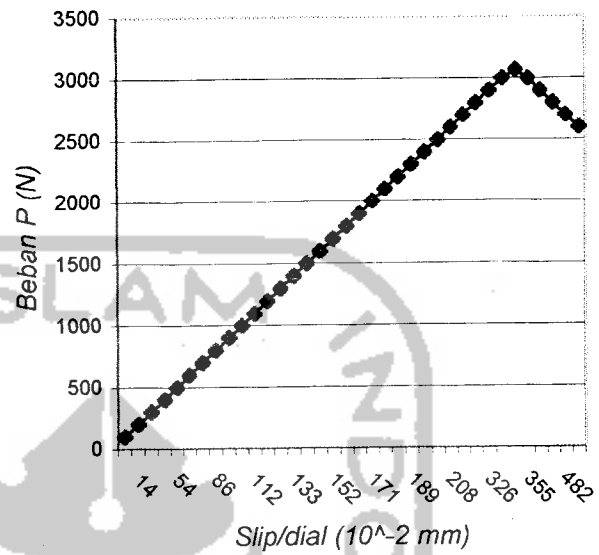


UIN

S 4 Beban (N) Dial 10⁻²(mm)

100	14
200	28
300	39
400	54
500	64
600	78
700	86
800	96
900	105
1000	112
1100	119
1200	126
1300	133
1400	139
1500	146
1600	152
1700	159
1800	165
1900	171
2000	178
2100	184
2200	189
2300	196
2400	202
2500	208
2600	305
2700	320
2800	326
2900	333
3000	341
3070	355
3000	410
2900	455
2800	482
2700	523
2600	569

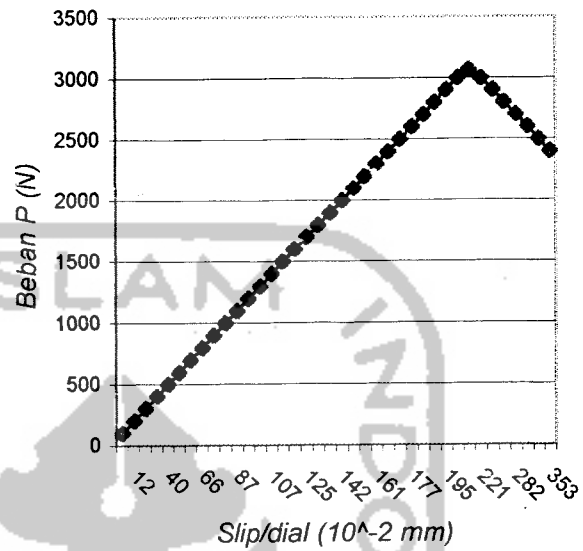
Data dan Grafik Test Pull Out
Beton 20 MPa (Sampel 4)



S 5 Beban (N) Dial 10⁻²(mm)

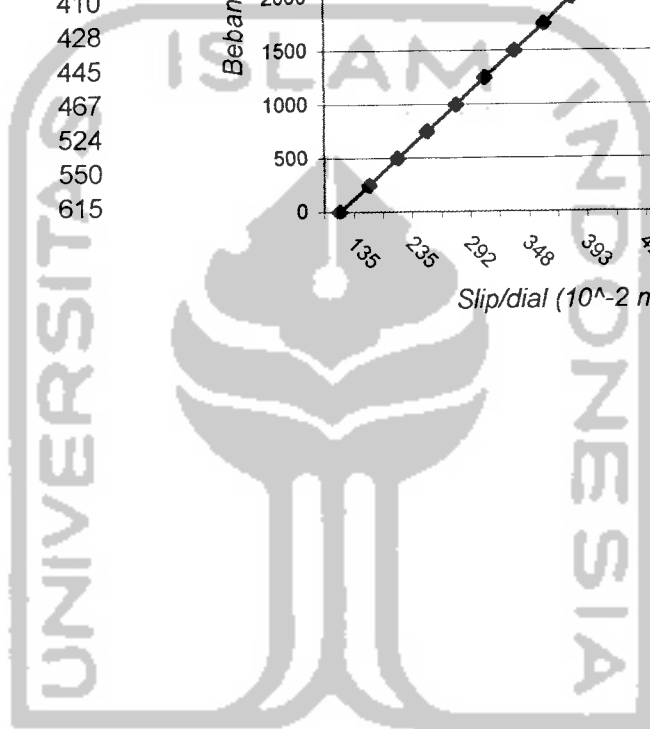
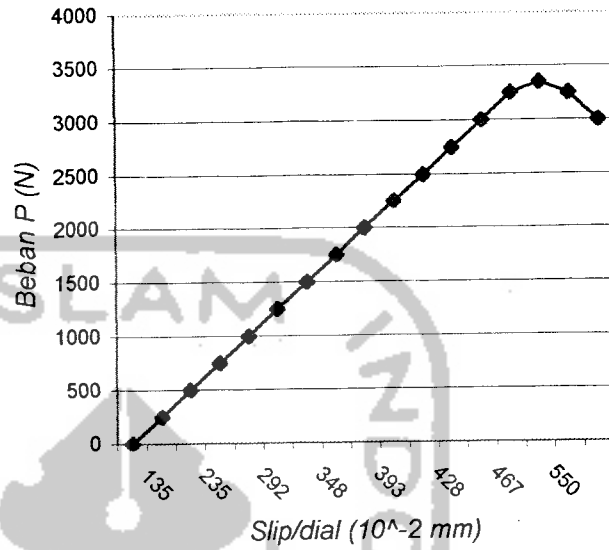
100	12
200	20
300	30
400	40
500	49
600	59
700	66
800	74
900	81
1000	87
1100	94
1200	101
1300	107
1400	113
1500	119
1600	125
1700	131
1800	137
1900	142
2000	148
2100	155
2200	161
2300	167
2400	172
2500	177
2600	184
2700	189
2800	195
2900	202
3000	209
3070	221
3000	250
2900	277
2800	282
2700	310
2600	334
2500	353
2400	372

Data dan Grafik Test Pull Out
Beton 20 MPa (Sampel 5)



S 1	Beban (N)	Dial 10^{-2} (mm)
	0	0
	250	135
	500	203
	750	235
	1000	265
	1250	292
	1500	328
	1750	348
	2000	371
	2250	393
	2500	410
	2750	428
	3000	445
	3250	467
	3350	524
	3250	550
	3000	615

**Data dan Grafik Test Pull Out
Beton 25 MPa (Sampel 1)**

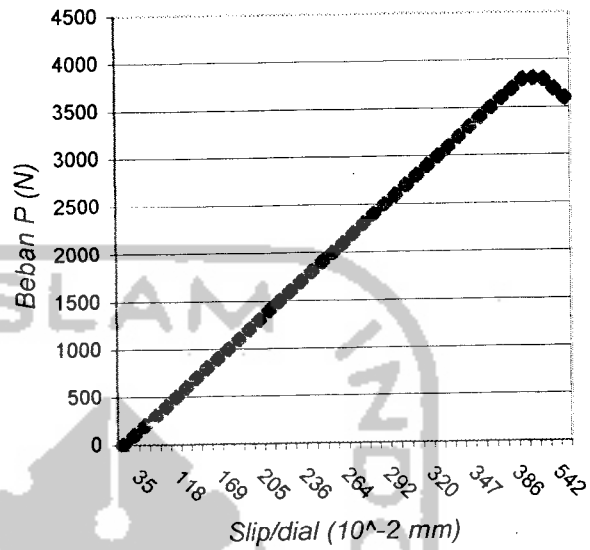


UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

S 2 Beban (N) Dial 10^{-2} (mm)

0	0
100	35
200	65
300	85
400	104
500	118
600	137
700	148
800	158
900	169
1000	179
1100	188
1200	197
1300	205
1400	212
1500	220
1600	228
1700	236
1800	242
1900	250
2000	257
2100	264
2200	272
2300	279
2400	285
2500	292
2600	300
2700	305
2800	311
2900	320
3000	326
3100	332
3200	340
3300	347
3400	353
3500	362
3600	372
3700	386
3800	399
3810	412
3800	473
3700	542
3600	567

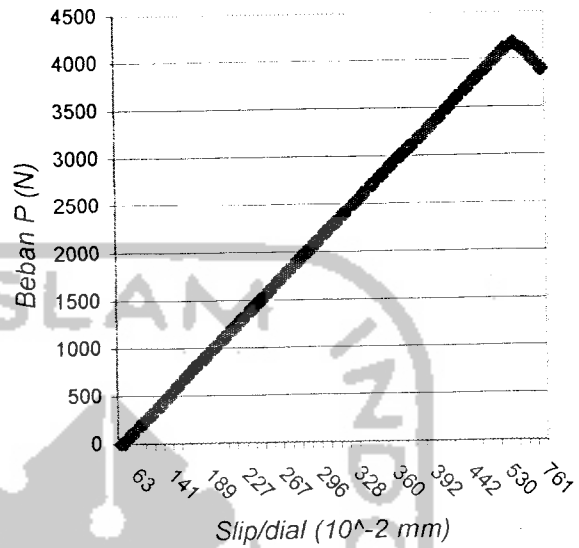
Data dan Grafik Test Pull Out Beton 25 MPa (Sampel 2)



S 3 Beban (N) Dial 10^{-2} (mm)

0	0
100	63
200	82
300	109
400	126
500	141
600	156
700	167
800	179
900	189
1000	197
1100	207
1200	218
1300	227
1400	237
1500	246
1600	254
1700	267
1800	270
1900	278
2000	287
2100	296
2200	304
2300	312
2400	320
2500	328
2600	337
2700	344
2800	352
2900	360
3000	369
3100	376
3200	386
3300	392
3400	406
3500	414
3600	427
3700	442
3800	458
3900	477
4000	498
4100	530
4170	648
4100	675
4000	740
3900	761

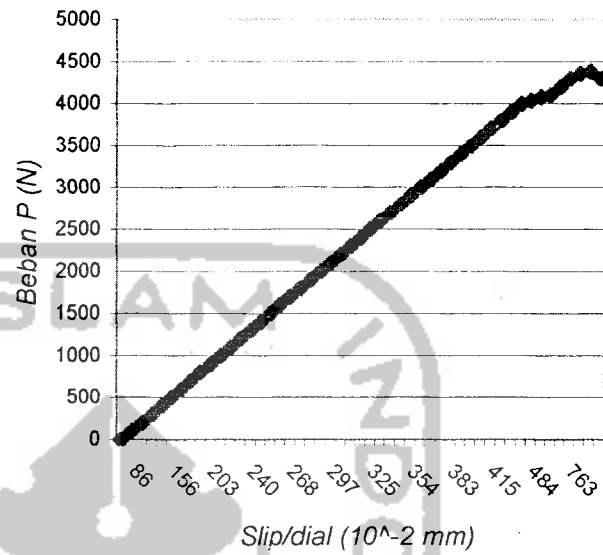
Data dan Grafik Test Pull Out
Beton 25 MPa (Sampel 3)



S 4 Beban (N) Dial 10⁻²(mm)

0	0
100	86
200	110
300	129
400	143
500	156
600	173
700	182
800	195
900	203
1000	213
1100	222
1200	231
1300	240
1400	246
1500	253
1600	261
1700	268
1800	275
1900	282
2000	289
2100	297
2200	304
2300	309
2400	317
2500	325
2600	332
2700	339
2800	346
2900	354
3000	360
3100	368
3200	375
3300	383
3400	391
3500	398
3600	406
3700	415
3800	424
3900	437
4000	447
4040	484
4080	520
4100	573
4200	713
4300	763
4360	1298
4380	1412
4300	1456

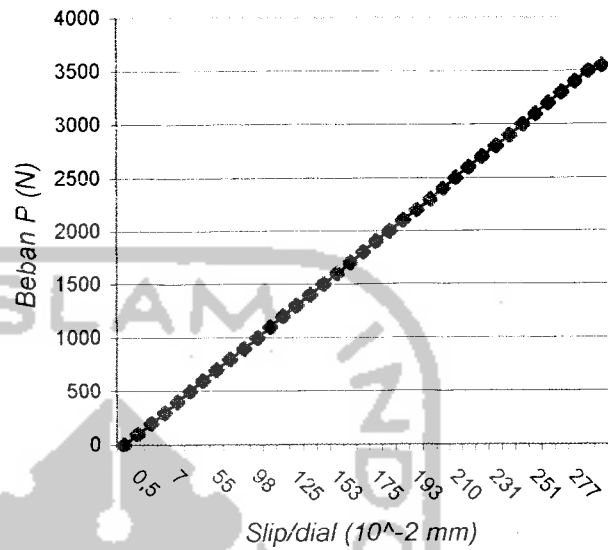
Data dan Grafik Test Pull Out
Beton 25 MPa (Sampel 4)



S 5 Beban (N) Dial 10^{-2} (mm)

0	0
100	0,5
200	1
300	1
400	7
500	21
600	40
700	55
800	70
900	85
1000	98
1100	108
1200	118
1300	125
1400	136
1500	145
1600	153
1700	161
1800	168
1900	175
2000	181
2100	187
2200	193
2300	200
2400	205
2500	210
2600	218
2700	225
2800	231
2900	238
3000	244
3100	251
3200	258
3300	267
3400	277
3500	288
3550	318

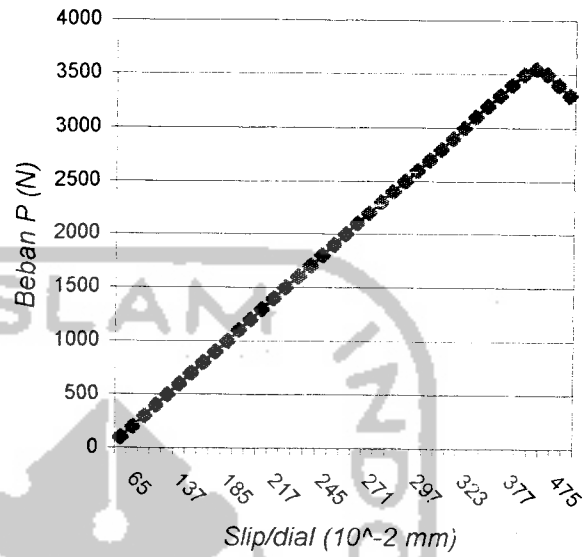
Data dan Grafik Test Pull Out Beton 25 MPa (Sampel 5)



S 1 Beban (N) Dial 10⁻²(mm)

100	65
200	90
300	108
400	122
500	137
600	156
700	165
800	175
900	185
1000	193
1100	200
1200	208
1300	217
1400	224
1500	231
1600	238
1700	245
1800	252
1900	258
2000	264
2100	271
2200	278
2300	283
2400	290
2500	297
2600	303
2700	310
2800	316
2900	323
3000	329
3100	336
3200	352
3300	377
3400	410
3500	427
3550	445
3500	475
3400	520
3300	573

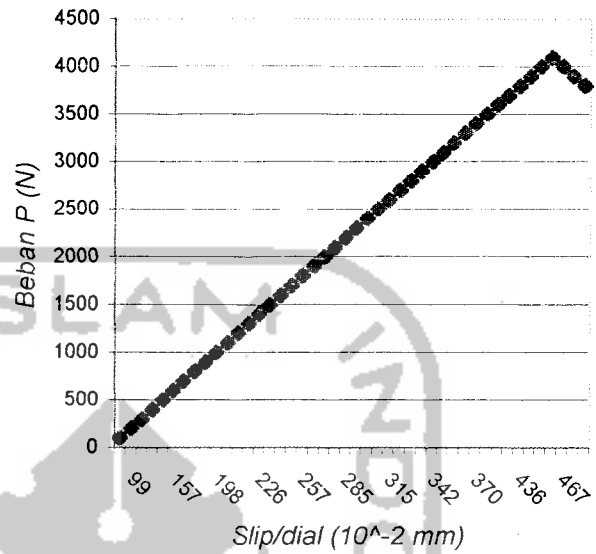
Data dan Grafik Test Pull Out
Beton 30 MPa (Sampel 1)



S 2 Beban (N) Dial 10^{-2} (mm)

100	99
200	121
300	133
400	146
500	157
600	171
700	180
800	188
900	198
1000	205
1100	213
1200	220
1300	226
1400	235
1500	243
1600	250
1700	257
1800	264
1900	271
2000	278
2100	285
2200	294
2300	300
2400	307
2500	315
2600	321
2700	328
2800	334
2900	342
3000	348
3100	354
3200	364
3300	370
3400	379
3500	390
3600	408
3700	436
3800	444
3900	446
4000	458
4098	467
4000	475
3900	496
3800	520

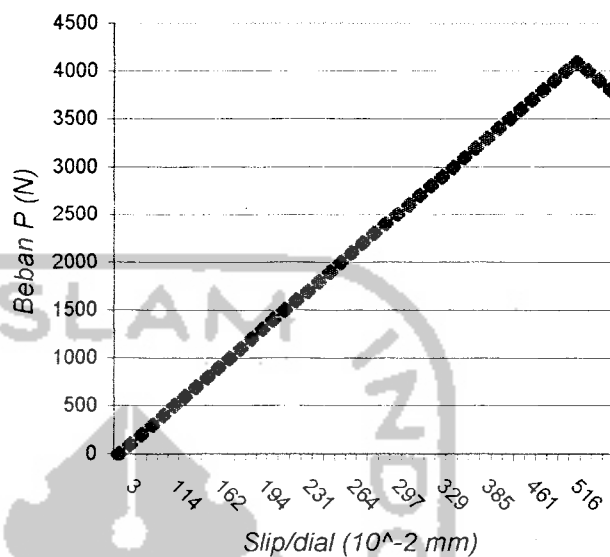
Data dan Grafik Test Pull Out
Beton 30 MPa (Sampel 2)



S 3 Beban (N) Dial 10^{-2} (mm)

0	0
100	3
200	35
300	87
400	102
500	114
600	127
700	137
800	151
900	162
1000	169
1100	178
1200	188
1300	194
1400	204
1500	213
1600	222
1700	231
1800	239
1900	246
2000	255
2100	264
2200	273
2300	281
2400	288
2500	297
2600	305
2700	313
2800	321
2900	329
3000	337
3100	345
3200	357
3300	385
3400	395
3500	430
3600	442
3700	461
3800	476
3900	488
4000	502
4085	516
4000	532
3900	548
3800	567

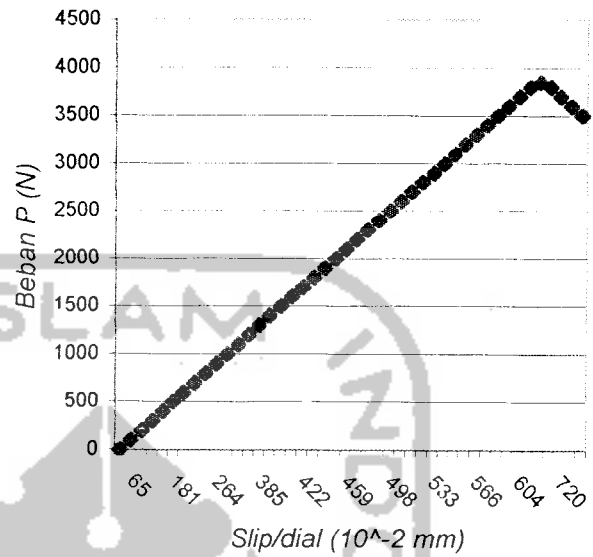
Data dan Grafik Test Pull Out Beton 30 MPa (Sampel 3)



S 4 Beban (N) Dial 10⁻²(mm)

0	0
100	65
200	111
300	141
400	162
500	181
600	203
700	217
800	231
900	264
1000	355
1100	365
1200	372
1300	385
1400	395
1500	404
1600	414
1700	422
1800	431
1900	441
2000	450
2100	459
2200	469
2300	478
2400	486
2500	498
2600	507
2700	516
2800	524
2900	533
3000	541
3100	548
3200	557
3300	566
3400	574
3500	582
3600	590
3700	604
3800	618
3850	641
3800	673
3700	720
3600	738
3500	766

Data dan Grafik Test Pull Out
Beton 30 MPa (Sampel 4)



S 5 Beban (N) Dial 10^{-2} (mm)

100	54
200	73
300	85
400	96
500	106
600	120
700	128
800	136
900	144
1000	151
1100	159
1200	165
1300	172
1400	178
1500	186
1600	192
1700	199
1800	205
1900	212
2000	218
2100	224
2200	230
2300	236
2400	242
2500	248
2600	255
2700	261
2800	268
2900	275
3000	281
3100	287
3200	294
3300	302
3400	311
3500	319
3600	336
3700	350
3780	364
3700	389
3600	401
3500	409

Data dan Grafik Test Pull Out
Beton 30 MPa (Sampel 5)

