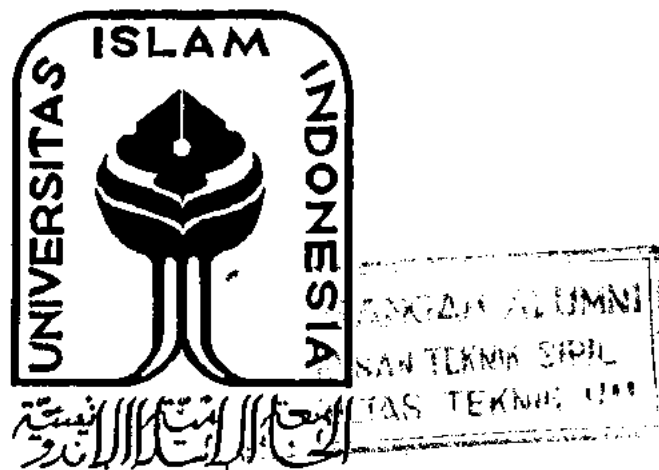


**TUGAS AKHIR**  
**PENGARUH TEGANGAN LEKATAN TERHADAP**  
**PANJANG PENYALURAN TEKAN**



Disusun Oleh :

**HERMANTO**

No. Mhs : 88 310 223

**FAKHRI FUADI D.**

No. Mhs : 88 310 150

**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**  
**YOGYAKARTA**  
**1995**



*Boleh jadi kamu membenci sesuatu, padahal ia amat baik bagimu, dan boleh jadi (pula) kamu menyukai sesuatu, padahal ia amat buruk bagimu; Allah mengetahui, sedang kamu tidak mengetahui (QS. Al-Baqarah 216).*

*Cukuplah bagi kami Allah, menjadi Tuhan kami dan Dialah sebaik-baik wakil (yang membereskan semua urusan) (QS. Al-Imron 173). Dialah sebaik-baik Pemimpin dan Penolong (QS. Al-Anfal 40).*

*Kejujuran dan Ikhlas dalam melangkah, jembatan menuju keberkahan hidup.*

*Kuperssembahkan untuk ibunda Dra. H. Masdalifah Dly,  
istri tercinta Dra. Ida Komalawati dan putraku  
Friza Halomoan D*

## KATA PENGANTAR

Bismillaahirrohmaanirrohiim

Assalaamu'alaikum Wr. Wb.

Semoga Keberkahan, Rahmat dan Hidayah Allah SWT ada pada kita semua. Sholawat dan salam semoga selalu tercurah kepada junjungan Nabi Muhammad saw beserta keluarganya, shahabatnya dan kaum muslim yang selalu menegakkan Ad-Din di muka bumi ini.

Tugas akhir yang kami buat ini adalah suatu study Laboratorium yang berjudul "Pengaruh Lekatan Beton Terhadap Penyaluran Baja Tulangan Tekan". Penelitian ini kami laksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia dan Universitas Atmajaya, Yogyakarta, baik pembuatan benda ujinya maupun pengujian desak beton, tarik baja serta pengujian tegangan penyaluran lekatannya.

Dengan segala kerendahan dan kekurangan-kekurangannya, tak lupa kami mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Ir. Susastrawan, MS selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir yang telah banyak mengarahkan Tugas Akhir ini.
2. Ir. A. Kadir Aboe, MS selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir yang telah membimbing dan mengarahkan sehingga selesainya Tugas Akhir ini.
3. Ir. Susastrawan, MS selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta.

4. Ir. Bambang Sulistiono, MSCE selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
5. Ir. Ilman Noor, MSCE selaku Kepala Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
6. Kepala dan staf karyawan Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Atmajaya, Yogyakarta.
7. Ir. A. Marzuko selaku dosen wali penyusun.
8. Segenap Karyawan Bahan Konstruksi Teknik dan Karyawan Pengajaran Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
9. Pimpinan Proyek Pembangunan Gedung Perpustakaan Fakultas Ekonomi, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
10. Ayahanda, Ibunda, kakanda dan adinda tercinta yang selalu memberikan dorongan baik moril maupun material dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
11. Teman-teman mahasiswa dan semua pihak yang tidak kami sebutkan satu persatu, yang selalu membantu penyelesaian Tugas Akhir ini.

Kami menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, baik saat penentuan benda uji, pembuatan benda uji, pengujian di laboratorium dan pembuatan laporan Tugas Akhir ini, serta dengan adanya keterbatasan

ilmu yang ada pada kami. Oleh karena itu kami selalu menerima saran dan kritikan yang bersifat membangun untuk penyempurnaan Tugas Akhir ini.

Akhir kata, kami mohon maaf yang sebesar-besarnya atas segala kesalahan dan kekurangan-kekurangannya baik masa penelitian, bimbingan maupun pembuatan laporan Tugas Akhir ini. Semoga Allah SWT selalu membalas amal baik dan keikhlasannya dalam membantu penyelesaian Tugas Akhir ini dengan pahala sebagai amalan sholihah disisi Allah SWT. Amien.

Jazakumulloh khoiron katsiro

Wassalaamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, Agustus 1995

Penyusun,

Hermanto/Fakhri Fuadi



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGESAHAN .....	ii
KATA PENGANTAR .....	iii
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR TABEL .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR LAMPIRAN .....	xi
FAKTOR KONVERSI .....	xii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1. LATAR BELAKANG .....	1
1.2. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN .....	2
1.3. BATASAN MASALAH .....	3
1.4. APLIKASI DI LAPANGAN .....	4
1.5. METODOLOGI PENELITIAN .....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	8
2.1. UMUM .....	8
2.2. PANJANG PENYALURAN .....	8
2.2.1. Tulangan Tunggal .....	8
2.2.2. Tulangan Gabungan .....	10
2.3. SIFAT DARI KERUNTUHAN LEKATAN .....	11
2.4. PENYALURAN TEGANGAN LEKATAN .....	13
2.5. RENCANA CAMPURAN .....	14
BAB III BAHAN-BAHAN .....	15
3.1. BETON .....	15
3.2. SEMEN PORTLAND .....	16

3.2.1.	Sejarah Pembuatan Semen Portland	16
3.2.2.	Kekuatan Pasta Semen	18
3.2.3.	Sifat Fisik Semen	18
3.2.4.	Jenis-jenis Semen	19
3.3.	AGREGAT	20
3.3.1.	Agregat Halus	20
3.3.2.	Agregat Kasar	21
3.3.3.	Berat Jenis Agregat	22
3.3.4.	Modulus Halus Butir Agregat	22
3.4.	AIR	23
3.5.	FAKTOR AIR SEMEN	25
3.6.	SLUMP TEST	25
3.7.	BAJA TULANGAN	27
BAB IV	PELAKSANAAN DAN HASIL PENELITIAN	32
4.1.	PERSIAPAN BAHAN	33
4.2.	PEMERIKSAAN AGREGAT HALUS	33
4.2.1.	Analisa Modulus Halus Butir(MHB) Pasir	33
4.2.2.	Berat Jenis Pasir	34
4.3.	PEMERIKSAAN AGREGAT KASAR	35
4.3.1.	Berat Jenis Split	35
4.3.2.	Berat Jenis Split Kering Tusuk (SSD)	35
4.4.	PENGUJIAN TARIK BAJA TULANGAN	36
4.5.	PEMBUATAN BENDA UJI	36
4.6.	PENGUJIAN BENDA UJI	38
BAB V	ANALISA DAN PEMBAHASAN	42
5.1.	ANALISA PANJANG PENYALURAN DASAR	42
5.2.	ANALISA TEGANGAN LEKATAN	46

5.3. PEMBAHASAN .....	49
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....	53
5.1. KESIMPULAN .....	53
5.2. SARAN-SARAN .....	54
DAFTAR PUSTAKA .....	56
LAMPIRAN-LAMPIRAN	



## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Jumlah pengujian bahan .....	6
Tabel 2. Susunan unsur semen portland .....	17
Tabel 3. Hubungan fas dan kuat tekan silinder beton pada umur 28 hari .....	25
Tabel 4. Nilai slump untuk berbagai pekerjaan beton ...	26
Tabel 5. Harga tegangan leleh dan tegangan dasar .....	31
Tabel 6. Distribusi ukuran butir pasir .....	34
Tabel 7. Kriteria uji desak beton $f'_c = 20$ MPa .....	37
Tabel 8. Kriteria uji desak beton $f'_c = 25$ MPa .....	38
Tabel 9. Pengujian $f'_c = 20$ MPa pada umur 14 hari .....	39
Tabel 10. Pengujian $f'_c = 20$ MPa pada umur 28 hari .....	39
Tabel 11. Pengujian $f'_c = 25$ MPa pada umur 14 hari .....	40
Tabel 12. Pengujian $f'_c = 25$ MPa pada umur 28 hari .....	41
Tabel 13. Penentuan panjang penyaluran .....	44
Tabel 14. Tegangan lekatan rata-rata dari (3) tiga benda uji .....	46
Tabel 15. Tegangan lekatan teoritis berdasarkan hasil penelitian .....	47
Tabel 16. Selisih panjang penyaluran berdasarkan tegangan lekatan .....	49

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Susunan berkas tulangan gabungan .....	11
Gambar 2. Retak-retak pembelahan .....	12
Gambar 3. Kegagalan lekatan .....	13
Gambar 4. Gaya tekan sekat tulangan ulir .....	28
Gambar 5. Diagram tegangan regangan baja struktur .....	29
Gambar 6. Grafik hubungan panjang penyaluran, mutu beton dan diameter baja tulangan .....	45
Gambar 7. Grafik hasil penelitian terhadap panjang penyaluran .....	52

## DAFTAR LAMPIRAN

1. Berat Jenis Pasir .....	1
2. Modulus Halus Butir (MHB) Pasir .....	1
3. Berat Jenis Split .....	2
4. Berat Jenis Tusuk Kering .....	2
5. Uji Tarik Baja .....	2
6. Hitungan Adukan Beton Menurut ACI .....	3
7. Hasil Penelitian Uji Lekatan Tulangan Tekan .....	5
8. Dokumentasi Penelitian .....	9

### FAKTOR KONVERSI

Besaran	Merubah	Ke	Kalikan dengan
Gaya	lb	N	4,448
	kN	kg	101,971
Tegangan	MPa	kg/cm <sup>2</sup>	10,00
	lb/in <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	0,070307
	kN/m <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	0,010197
	MPa	lb/in <sup>2</sup>	145,037
Berat jenis	gr/cc	kg/cm <sup>3</sup>	1
Panjang	in	cm	2,54
	cm	mm	10,00
	cm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	100,0

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. LATAR BELAKANG

Menurut sejarah perkembangannya desain beton pada awalnya merupakan satu kesatuan yang terdiri dari semen, pasir, batu atau agregat lainnya dan air yang dicampur dengan proporsi tertentu. Sesuai dengan perkembangannya dan tuntutan untuk suatu konstruksi yang tahan terhadap keruntuhan, maka para praktisi mencoba membuat suatu desain beton dengan menggunakan baja tulangan untuk memperkuat beton karena beton lemah terhadap tarik.

Suatu persyaratan dasar dalam konstruksi beton bertulang adalah lekatan (*bond*) diantara tulangan dan beton sekelilingnya; Ini berarti bahwa di bawah beban kerja tidak terjadi slip dari baja tulangan relatif terhadap beton sekelilingnya. Ditinjau dari susut kekuatannya slip dari tulangan relatif terhadap beton sekelilingnya boleh jadi tidak atau dapat mengakibatkan keruntuhan total dari struktur<sup>[2]</sup>.

Faktor utama yang mempengaruhi besarnya tegangan lekatan beton terhadap baja tulangan adalah<sup>[3]</sup> :

- a. Adhesi antara elemen beton dan bahan penguatnya.
- b. Kekuatan tekan/tarik baja terhadap beton.
- c. Tahanan gesekan (friksi) terhadap gelincir dan saling 'mengunci' pada saat elemen penguat atau

tulangan mengalami tekan/tarik.

- d. Efek kualitas beton dan baja.
- e. Efek mekanis penjangkaran ujung tulangan, yaitu dengan panjang penyaluran (*development length*), panjang lewatan (*splicing*), bengkokan tulangan (*hooks*) dan persilangan tulangan.
- f. Diameter, bentuk dan jarak tulangan karena semuanya mempengaruhi pertumbuhan retak.
- g. Kemiringan penanaman baja tulangan terhadap beton.

## 1.2. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

Pada kenyataan sekarang ini, sedikit sekali para ahli konstruksi membuat suatu penelitian mengenai pengaruh penyaluran baja tulangan tekan terhadap lekatan beton. Dalam penelitian ini kami mencoba menganalisa sejauh mana kekuatan lekatan beton yang dipengaruhi oleh panjang penyaluran, mutu tulangan baja, mutu beton dan diameter baja tulangan yang dibebani oleh gaya tekan.

Manfaat dari penelitian ini adalah :

- a. Mengetahui tegangan dasar dari penyaluran lekatan dengan panjang penyaluran dasar tertentu, kemudian membandingkan hasil penelitian tersebut dengan rumus-rumus tegangan penyaluran baja tekan maupun tarik.
- b. Dapat mengetahui batas aman dari struktur beton bertulang terhadap pengaruh slip yang mungkin



terjadi.

- c. Dari penelitian ini diharapkan ada tindak lanjutnya dalam bentuk pengembangan penelitian terutama dengan membuat diagram dan grafik hasil penelitian yang lebih variasi terhadap jumlah mutu beton, mutu baja, diameter tulangan dan jenis baja tulangan (polos atau deform), karena dari buku buku yang kami ketahui belum diketahuinya adanya para ahli yang membuat grafik/diagram dari hasil penelitian mengenai lekatan beton terhadap baja tekan ini.

### 1.3. BATASAN MASALAH

Dalam penelitian ini, kami meninjau pengaruh penyaluran lekatan beton terhadap baja tulangan deform tekan sebagai penguat pada beton struktur.

Adapun kriteria bahan/benda uji yang akan digunakan adalah :

- a. Diameter baja tulangan deform 16 mm, 19 mm dan 22 mm. Diameter baja tulangan polos 12 mm hanya sebagai pembanding saja.
- b. Digunakan mutu baja  $f_y = 390$  MPa.
- c. Digunakan mutu beton  $f'_c = 20$  MPa dan 25 MPa.
- d. Pengujian dilakukan pada umur 14 hari dan 28 hari.

#### 1.4. APLIKASI DI LAPANGAN

Pada umumnya suatu penelitian sedapat mungkin hasilnya dapat menemukan metode-metode baru, menambah referensi dan nantinya dapat diterapkan di lapangan bila hasil pengujian itu dapat memberikan alternatif yang paling baik dalam perencanaan struktur beton bertulang.

Dalam penelitian ini ada beberapa hal yang bisa diterapkan di lapangan :

- a. Jika beton dan baja tulangan bekerja bersama dalam keadaan tekan, maka perbandingan dari beban yang dipikul masing-masing secara terus-menerus berubah selama pembebanan. Pada mulanya tegangan didalam tulangan adalah  $E_s/E_c$  kali tegangan beton sesuai dengan teori elastisitas. Dengan adanya rangkakan dan susut sebagai pengaruh yang tergantung pada waktu dan kondisi alam, tulangan yang secara perlahan mengambil alih beban yang lebih besar dari beton disekelilingnya. Hancurnya beton akibat tekan, bila terjadi tegangan ultimit berkisar antara 0,003 in sampai 0,008 in. Pengaruh lekatan tulangan dan beton pada kondisi ini sangat menentukan kekuatan struktur beton bertulang. [2]
- b. Akibat adanya guncangan-guncangan, variasi beban yang berbeda dari yang direncanakan, kekurangan-kekurangan dalam pekerjaan struktur dan akibat pengaruh alam, pada kolom dapat menimbulkan adanya



eksentrisitas yang besar, sehingga kemampuan pembebanan dalam satuan luas penampang kolom selalu berubah-ubah dan besarnya tegangan lekatan juga menjadi berubah-ubah.

- c. Pengaruh lentur yang terjadi pada balok dapat ditentukan pula oleh besarnya tegangan lekatan beton terhadap penyaluran baja tulangan.
- d. Jarak antar tulangan dan jarak penutup beton dapat menentukan besarnya tegangan penyaluran lekatan. Semakin besar jarak antar tulangan dan jarak penutup beton (sampai jarak tertentu), akan semakin besar pula tegangan penyaluran lekatannya. Menurut ACI, besar minimum penutup beton adalah 2,4 in dan jarak antar tulangan minimal 2 in. Sedangkan menurut SK-SNI-1991 (Standard Konsep - Standard Normalisasi Indonesia - 1991), jarak antar tulangan dan jarak penutup beton minimal 40 mm.

#### 1.5. METODOLOGI PENELITIAN

- a. Berdasarkan rumus ACI-1963, penelitian ini diharapkan tegangan lekatan yang diberikan adalah  $u = 13 \cdot \sqrt{f'_c}$ , maka tegangan penyaluran lekatan yang terjadi berkisar antara 693,345 lb/in<sup>2</sup> sampai 775,184 lb/in<sup>2</sup> dan harus  $\leq 800$  lb/in<sup>2</sup>.
- b. Digunakan mutu beton  $f'_c = 20$  MPa dan  $f'_c = 25$  MPa. Penentuan mutu beton ini dilakukan dengan

- menggunakan rumus-rumus ACI (*American Concrete Institute*).
- c. Alat pencetak beton digunakan paralon dengan diameter 6 in.
  - d. Digunakan mutu baja tulangan yang direncanakan seragam yaitu  $f_y = 390$  MPa. Dibuktikan dengan uji tarik baja di Laboratorium.
  - e. Digunakan semen Nusantara type I dengan  $b_j = 3,15$  kg/cm<sup>3</sup>.
  - f. Diameter baja yang digunakan adalah polos diameter 12 mm (sebagai pembanding) dan berprofil diameter 16 mm, 19 mm dan 22 mm.
  - g. Digunakan agregat kasar 20 mm sampai 40 mm dan agregat halus 0,15 mm sampai 5 mm.
  - h. Pengujian tekan beton dilakukan pada umur 28 hari dan pengujian tegangan penyaluran lekatan dilakukan pada umur 14 hari dan 28 hari.

Tabel 1. Jumlah pengujian bahan

Øtul.	Umur 14 hari		Umur 28 hari	
	$f'_c = 20$ MPa	$f'_c = 25$ MPa	$f'_c = 20$ MPa	$f'_c = 25$ MPa
TP-12	-	3	-	-
TD-16	3	3	3	3
TD-19	3	3	3	3
TD-22	3	3	3	3

- i. Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah :
1. Cetakan silinder  $\varnothing$  6 in terbuat dari paralon.
  2. Cetakan kubus 15x15x15 cm terbuat dari baja.
  3. Mesin oven.
  4. Satu set alat pemeriksaan slump.
  5. Mesin Molen.
  6. Mesin Los Angeles.
  7. Mesin uji desak beton.
  8. Mesin uji desak baja.
  9. Alat-alat pengaduk beton.
  10. Timbangan pemberat dan ember.
  11. Alat-alat ukur, gunting.
  13. Tabung ukur 1000 ml.
  14. Karung goni, kawat dll.
- j. Pada waktu mencetak beton ke dalam silinder, pada bagian bawah, tepat dibawah baja tulangan, harus diberi gabus untuk memudahkan pada saat pengujian penyaluran lekatan berlangsung.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. UMUM

Kekuatan penampang pada konstruksi beton bertulang tergantung pada keserasian (*compatibility*) antara dua bahan yaitu beton dan baja tulangan untuk dapat bekerja sama memikul beban luar. Dalam keadaan terbebani, baja tulangan sebagai elemen penguat harus mengalami regangan atau deformasi yang sama dengan beton disekelilingnya untuk mencegah diskontinuitas atau terpisahnya kedua jenis material. Modulus elastis, daktilitas dan kekuatan leleh baja tulangan harus jauh lebih besar dari pada yang dimiliki beton agar terjadi peningkatan kapasitas tampang beton bertulang.

Baja dan fibreglass mempunyai faktor-faktor prinsip penguat beton yaitu kekuatan leleh, daktilitas dan lekatan yang cukup. Material-material yang tidak cocok digunakan sebagai penguat pada beton karena tidak memiliki faktor-faktor diatas adalah alumunium, bambu, karet atau rotan.[3]

#### 2.2. PANJANG PENYALURAN

##### 2.2.1. Tulangan Tunggal

Panjang penyaluran batang ( $L_d$ ) adalah

keperluan penanaman dalam kondisi-kondisi tertentu untuk menjamin bahwa suatu batang dapat diberi tegangan sampai pada titik lelehnya, dengan suatu cadangan untuk menjamin kekerasan bagian konstruksi. Panjang penyaluran yang dibutuhkan sangat tergantung dari diameter baja tulangan ( $d_b$ ), mutu baja ( $f_y$ ), mutu beton ( $f'_c$ ), jarak antar tulangan, jarak penutup beton dan pengaruh dari sengkang-sengkangnya. [6]

Menurut ACI (*American Concrete Institute*) bahwa tulangan deform yang mengalami tekan memerlukan panjang penyaluran dasar ( $L_d$ ) sebesar :

$$L_d = 0,24 \cdot \frac{d_b \cdot f_y}{\sqrt{f'_c}} \dots\dots\dots(2.1)$$

dan

$$L_d \geq 0,044 \cdot d_b \cdot f_y$$

Sedangkan menurut SK-SNI T-15-1991-03 adalah :

$$L_d = \frac{d_b \cdot f_y}{4 \cdot \sqrt{f'_c}} \dots\dots\dots(2.2)$$

dan

$$L_d \geq 0,04 \cdot d_b \cdot f_y$$

Untuk baja polos menurut PBI'71 adalah :

$$L'_d = 0,18 \cdot \frac{d \cdot \sigma^*_{au}}{\sqrt{\sigma'_{bk}}} \dots\dots\dots(2.3)$$

dimana :

$f'_c$  = tegangan beton yang disyaratkan (MPa)

- $f_y$  = tegangan baja leleh baja (MPa)  
 $d_b$  = diameter baja deform (mm)  
 $L_d$  = panjang penyaluran baja deform (mm)  
 $L'_d$  = panjang penyaluran baja polos (cm)  
 $d$  = diameter baja polos (cm)  
 $\sigma^*_{au}$  = tegangan baja yang disyaratkan ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )  
 $\sigma'_{bk}$  = tegangan beton yang disyaratkan ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

Dalam menentukan rumus-rumus diatas, dimana digunakan  $A_s$  yang lebih besar dari yang diperlukan, maka dapat ditentukan dengan menggunakan faktor pengali sebesar ( $A_s \text{ perlu}/A_s \text{ ada}$ ).

Bila tulangan dilingkari dengan spiral (umumnya pada kolom) yang bergaris tengah tidak kurang dari 0,25 in dan mempunyai jarak tidak kurang dari 4 in, maka dapat dikurangi 25 % dari panjang penyalurannya. [2]

#### 2.2.2. Tulangan Gabungan

Pembatasan terhadap jarak bersih antar tulangan dan persyaratan luas tulangan, menghendaki penggabungan tulangan didalam beberapa batang yang sejajar dan dikelompokkan. Batang-batang tulangan yang saling bersinggungan atau digabungkan tidak lebih dari empat batang. Batang tulangan yang lebih besar dari  $\phi 11$  mm tidak boleh digabungkan dalam balok/balok induk, terutama untuk menjamin pengendalian retak yang seksama. Didalam batang-batang lentur, pengakhiran dari batang individu



didalam suatu kelompok sepanjang batang harus dilakukan pada titik-titik yang berbeda dan dengan pengakhiran jarak minimum 40 kali diameter tulangan. Bila persyaratan spasi dan penutup beton minimal didasarkan pada ukuran batang, suatu kelompok tulangan harus diperlakukan sebagai tulangan tunggal dengan diameter ekivalen yang diturunkan dari luas total tulangan gabungan.

Bila meninjau kekuatan lekat untuk satu kelompok tulangan, maka penggabungan tiga batang akan mendapatkan reduksi sebesar 16,667 % dan penggabungan empat batang mendapatkan reduksi sebesar 25 % dalam total luas bidang kontak dari tulangan dengan beton sekelilingnya. Sedangkan panjang penyaluran tulangan individu dalam kelompok dinaikkan 20 % untuk kelompok tiga batang dan 33 % untuk kelompok empat batang. [2]



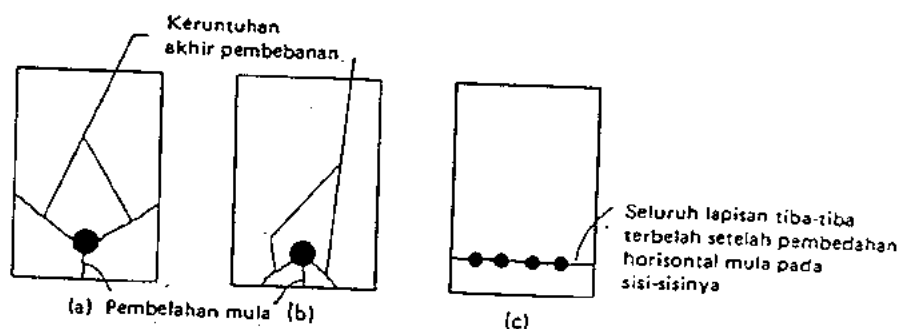
Gambar 1. Susunan berkas tulangan gabungan

### 2.3. SIFAT DARI KERUNTUHAN LEKATAN

Pada penggunaan baja polos (tulangan yang relatif mulus/tidak ada tonjolan) untuk penulangan, lekatan dianggap sebagai adhesi antara pasta beton dengan permukaan dari baja. Untuk menghindari

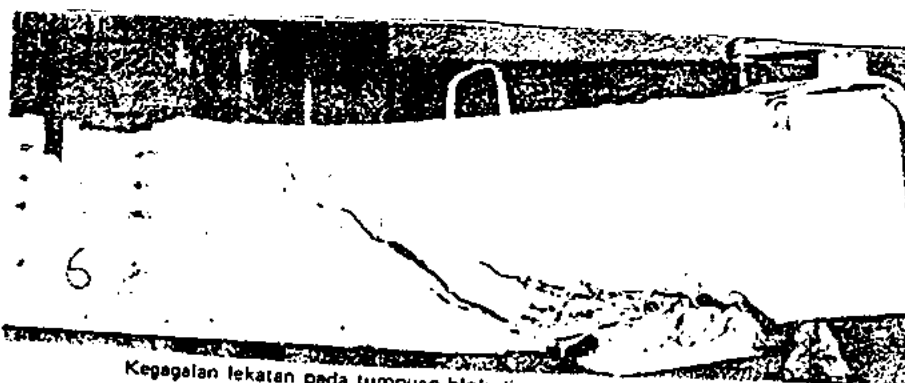
terjadinya slip baja tulangan tersebut, berdasarkan rumus dihasilkan panjang penyaluran yang lebih besar dari panjang penyaluran untuk tulangan deform. Umumnya tulangan polos yang dibentuk dengan cara penggilingan panas, dapat terlepas dari beton karena terbelah diarah memanjang bila adhesi/ perlawanan gesek cukup tinggi atau terlepas keluar dengan meninggalkan lubang bulat didalam beton.

Batang tulangan berprofil direncanakan untuk merubah pola dari perilaku dan memperkecil andalan atas gesekan dan adhesi (sekaliipun masih ada) dan lebih mengandalkan tahanan dari gerigi terhadap beton. Apa yang dinamakan 'keruntuhan lekatan (*bond failure*)' dengan tulangan berprofil dalam beton berbobot normal hampir merupakan keruntuhan akibat terbelahnya beton. Didalam pola keruntuhan pembelahan ini beton terbelah menjadi dua atau tiga bagian karena aksi baji (*wedging*) dari gerigi terhadap beton. [2]

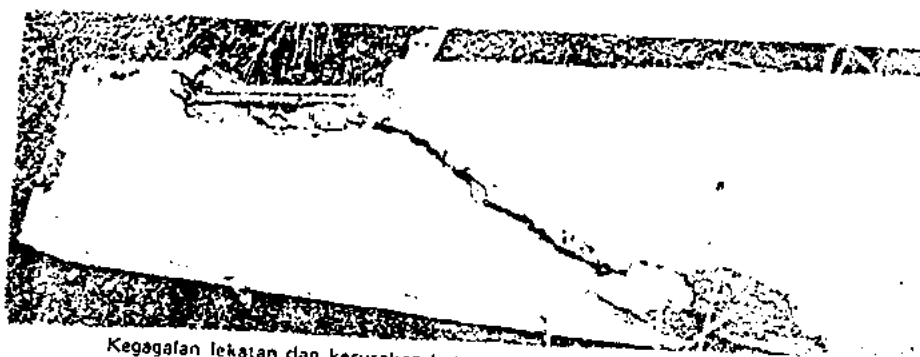


Gambar 2. Retak-retak pembelahan





Kegagalan lekatan pada tumpuan blok di atas tumpuan sederhana.



Kegagalan lekatan dan kerusakan beton pada saat beban *rupture*.

Gambar 3. Kegagalan lekatan

#### 2.4. PENYALURAN TEGANGAN LEKATAN

Pengetahuan mengenai lekatan didalam tulangan tekan relatif sedikit kecuali tidak ada pengaruh perlemahan akibat retak tarik dan pengaruh yang membantu dari perletakan ujung tulangan pada beton.

Tegangan lekatan diakibatkan oleh adanya saling geser (*shear interlock*) antara elemen tulangan dengan beton disekitarnya yang disebabkan oleh berbagai faktor.<sup>[3]</sup> Dengan ditentukannya panjang penyaluran maka dapat ditentukan pula besar tegangan lekatan minimum yang aman terhadap pengaruh slip pada struktur beton bertulang.

Kapasitas tegangan lekatan minimum dari tulangan

tekan untuk semua ukuran diameter tulangan menurut ACI-1963 diambil  $u = 13.\sqrt{f'_c}$  tetapi tidak melebihi  $800 \text{ lb/in}^2$ .

Faktor-faktor lain yang mempengaruhi besarnya tegangan penyaluran lekatan minimal adalah jarak antar tulangan, jarak penutup beton, jarak antar sengkang, diameter tulangan, mutu beton dan mutu baja. Pengaruh pengikatan yang diakibatkan oleh spiral telah terbukti menaikkan kekuatan dari semua jenis unsur pada beton. Panjang penyaluran akibat pengaruh spiral tersebut harus minimal 8 in (200 mm). [2]

## 2.5. RENCANA CAMPURAN

Untuk merencanakan perbandingan campuran beton, umumnya didasarkan pada hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen (fas). Dari kuat tekan yang direncanakan diperoleh nilai faktor air semen. Disini membuktikan bahwa kuat tekan tergantung pada perbandingan antara air, semen, agregat halus (pasir) dan agregat kasar (kerikil) bahkan bisa juga dengan memberikan zat additive.

Pada penelitian ini digunakan rencana campuran menurut metode ACI. Dengan melaksanakan campuran beton tersebut, dapat diketahui berapa besar kuat tekan beton yang sebenarnya dengan melalui pengujian (lampiran).

### BAB III

#### BAHAN-BAHAN

Dalam pengujian terhadap panjang penyaluran dan tegangan penyaluran, faktor-faktor yang berpengaruh terhadap pengujian ini adalah :

#### 3.1. BETON

Beton sangat banyak dipakai secara luas sebagai bahan bangunan. Bahan tersebut diperoleh dengan cara mencampurkan semen portland, air, agregat halus, agregat kasar dan kadang-kadang menggunakan bahan tambah/zat additive, yang sangat bervariasi mulai dari bahan kimia tambahan, serat sampai bahan buangan non kimia, pada perbandingan tertentu.

Beton dapat mempunyai kuat tekan yang sangat tinggi, tetapi kuat tariknya sangat lemah. Kondisi yang demikian yaitu rendahnya kuat tarik dapat diperkuat dengan batang baja tulangan sehingga terbentuk dengan struktur komposit yang disebut dengan beton bertulang.

Dengan terbentuknya beton bertulang akan dapat menahan akibat pengaruh tarik/tekan beton yang melebihi tegangan beton itu sendiri.

Kebaikan beton antara lain :<sup>(4)</sup>

- a. Harganya relatif murah karena menggunakan bahan-bahan dasar dari bahan lokal, kecuali semen

portland.

- b. Mempunyai kekuatan tekan yang tinggi dan mempunyai sifat tahan terhadap pengkaratan/pembusukan.
- c. Dapat dengan mudah dicetak dan diangkut dalam bentuk apapun.
- d. Bila dikombinasikan dengan baja tulangan, dapat digunakan untuk menahan struktur yang berat karena baja dan beton mempunyai koefisien muai yang hampir sama.
- e. Beton dapat disemprotkan dipermukaan beton lama yang retak.
- f. Tahan aus dan tahan kebakaran.

Kejelekan beton ;[4]

- a. Beton mempunyai kuat tarik yang rendah, sehingga mudah retak.
- b. Beton segar mengerut saat pengeringan dan beton keras mengembang jika basah.
- c. Beton sulit untuk dapat kedap air secara sempurna dan bila air mengandung kandungan garam mudah terjadi kerusakan (korosif).
- d. Beton bersifat getas (tidak daktil) sehingga harus dihitung dan didetail secara seksama agar setelah dikompositkan dengan baja tulangan menjadi bersifat daktil, terutama struktur tahan gempa.

### 3.2. SEMEN PORTLAND

#### 3.2.1. Sejarah pembuatan semen portland

Semen adalah suatu jenis bahan yang memiliki sifat adhesif dan kohesif yang memungkinkan melekatnya fragmen-fragmen mineral menjadi massa yang padat. Meskipun definisi ini dapat diterapkan untuk jenis bahan lain, semen yang dimaksud untuk konstruksi beton bertulang adalah bahan yang jadi dan mengeras dengan adanya air yang dinamakan semen hidraulis. Semen semacam ini terutama terdiri dari silikat dan lime yang terbuat dari batu kapur dan tanah liat (batu tulis) yang digerinda, dicampur dan dibakar didalam pembakaran kapur (kiln) dan kemudian dihancurkan menjadi tepung. Semen itu secara kimia dicampur dengan air (*hydration*) untuk membentuk massa yang mengeras. Semen hidraulik yang dipakai untuk beton bertulang dinamakan semen portland, karena setelah mengeras mirip dengan batu portland yang ditemukan dekat Dorset, Inggris. (1)

Tabel 2. Susunan unsur semen portland(4)

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

### 3.2.2. Kekuatan pasta semen

Beton yang dibuat dengan semen portland umumnya membutuhkan sekitar 14 hari untuk mencapai kekuatan yang cukup agar acuan dapat dibongkar dan agar beban mati dan konstruksi dapat dipikul. [2]

Pasta semen yang telah mengeras mempunyai struktur yang berpori dengan ukuran bervariasi dari yang sangat kecil ( $4 \cdot 10^{-7}$  mm) sampai yang lebih besar, pori-pori itu disebut gel. [4]

Untuk mencapai kekuatan beton yang baik, diusahakan penggunaan air sesedikit mungkin sehingga saat pengujian akan didapat hasil slump yang baik/maksimum.

### 3.2.3. Sifat fisik semen

#### a. Kehalusan butir

Reaksi antara semen dan air dimulai dari permukaan butir-butir semen, sehingga makin luas permukaan butir-butir semen (dari berat semen yang sama) makin cepat hidrasinya. Menurut peraturan, paling sedikit 78 % berat semen harus dapat melewati ayakan nomor 200 (lubang  $1/200$  in). Namun perlu dicatat, bahwa jika butir semen terlalu halus, sifat semen akan menjadi kebalikannya, karena terjadi hidrasi awal oleh kelembaban udara.

#### b. Waktu ikatan

Semen jika dicampur dengan air membentuk bubuk

yang secara bertahap menjadi plastis dan akhirnya menjadi keras. Tahap yang dicapai ketika pasta semen menjadi kaku disebut waktu ikatan.

c. Panas hidrasi

Semen yang dicampur dengan air membentuk media perekat yang disebut dengan hidrasi. Hidrasi semen mengeluarkan panas kira-kira 120 kalori/gram. Karena perbedaan suhu antara di dalam dan di luar beton, dengan pendinginan air pada beton yang hampir mengeras akan dapat menghindari keretakan pada beton.

d. Berat jenis

Berat jenis semen berkisar antara  $3,15 \text{ kg/cm}^3$ . Berat jenis ini bukan merupakan petunjuk kualitas semen, nilai ini hanya digunakan dalam hitungan perbandingan campuran bahan untuk pembuatan beton.

### 3.2.4. Jenis-jenis Semen

Perubahan komposisi kimia semen yang dilakukan dengan cara mengubah persentase empat komponen utama semen dapat menghasilkan beberapa jenis semen sesuai dengan tujuan pemakaiannya.

Sesuai dengan tujuan pemakaiannya, semen portland di Indonesia (PUBI-1982) dibagi menjadi 5 (lima) jenis yaitu :

- Jenis I : Semen portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus.
- Jenis II : Penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfur dan panas hidrasi sedang.
- Jenis III : Semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi.
- Jenis IV : Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan persyaratan panas hidrasi yang rendah.
- Jenis V : Semen portland dalam penggunaannya menuntut sangat tahan terhadap sulfur.

### 3.3. AGREGAT

Agregat adalah bahan-bahan campuran beton yang saling diikat oleh perekat semen. Dalam struktur beton biasa agregat menempati  $\pm 70\% - 75\%$  dari volume massa yang telah mengeras. [1]

#### 3.3.1. Agregat halus

Agregat halus (pasir) adalah bahan yang lolos dari ayakan nomor 4 (yaitu lebih kecil dari 3/16 in (5 mm) dalam diameter). [2]

Pasir dapat digolongkan menjadi 3 bagian : [4]

##### a. Pasir galian

Yaitu pasir yang diperoleh dari permukaan tanah



atau dengan cara menggali. Bentuk pasir ini biasanya tajam, bersudut, berpori dan bebas dari kandungan garam. Sangat baik sebagai campuran beton.

b. Pasir sungai

Yaitu pasir yang diperoleh dari dasar sungai. Daya lekat pasir ini kurang baik karena bentuk yang halus dan bulat-bulat.

c. Pasir laut

Yaitu pasir yang diambil dari pantai. Bentuk butirnya halus dan bulat-bulat. Tidak baik untuk campuran beton karena mengandung garam-garaman.

3.3.2. Agregat Kasar

Yaitu semua bahan yang berukuran lebih besar dengan ukuran butiran antara 5 mm sampai 40 mm.<sup>(4)</sup>

Agregat kasar ini terdiri dari 2 bagian yaitu:

a. Agregat alami

Yaitu agregat yang diperoleh langsung di alam (sungai, pengunungan dan sebagainya) tanpa ada proses terlebih dahulu. Kerikil ini kurang bagus untuk campuran beton karena bentuk yang bulat dan halus sehingga proses gesekan antar kerikil/bahan lain kurang baik.

b. Agregat Pecahan

Yaitu agregat dengan memecah batu menjadi ukuran butir yang diinginkan dengan cara meledakkan, memecahkan dan sebagainya. Agregat ini sangat

baik dalam campuran beton karena mempunyai gaya gesekan antar kerikil/bahan lain yang besar.

### 3.3.3. Berat jenis agregat<sup>[4]</sup>

#### a. Agregat normal

Yaitu agregat yang berat jenisnya antara  $2,5 \text{ kg/cm}^3$  sampai  $2,7 \text{ kg/cm}^3$ . Agregat ini biasanya berasal dari granit, basalt, kuarsa dll. Beton yang dihasilkan berberat jenis sekitar  $2,3 \text{ kg/cm}^3$  dengan kuat tekan antara 15 MPa sampai 40 MPa. Betonnya disebut beton normal.

#### b. Agregat berat

Yaitu agregat yang berat jenisnya lebih dari  $2,6 \text{ kg/cm}^3$ , misalnya magnetik ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), barytes ( $\text{BaSO}_4$ ) atau serbuk besi. Beton yang dihasilkan berberat jenis sekitar  $5 \text{ kg/cm}^3$ . Sangat efektif sebagai dinding pelindung radiasi sinar X.

#### c. Agregat ringan

Yaitu agregat yang mempunyai berat jenis kurang dari  $2 \text{ kg/cm}^3$ . Biasanya digunakan untuk beton non struktur. Contoh agregat ringan adalah diatomite, punice, tanah bakar, abu terbang dan sebagainya. Agregat ini mempunyai sifat tahan terhadap api dan sebagai bahan isolasi panas yang baik.

### 3.3.4. Modulus halus butir agregat (mhb)

Modulus halus butir (*fineness modulus*) adalah indeks yang dipakai untuk menjadi ukuran kehalusan

atau kekasaran butir-butir agregat. Disamping itu bisa juga digunakan untuk mencari nilai perbandingan berat antara pasir dan kerikil bila kita akan membuat campuran beton.

Pada umumnya pasir mempunyai modulus halus butir pasir antara 1,5 sampai 3,8 dan modulus halus butir kerikil antara 5 sampai 8. Dan mhb campuran (kerikil dan pasir) berkisar antara 5 sampai 6,5.

Rumus yang dipakai dalam modulus halus butir adalah :

$$\text{mhb} = \frac{\text{berat tertinggal kumulatif (\%)}}{100 \%} \dots(3.1)$$

Sedangkan rumus yang dipakai untuk mencari berat pasir terhadap kerikil adalah :

$$W = \frac{K - C}{C - P} \cdot 100 \% \dots\dots\dots(3.2)$$

dimana :

W = persentase berat pasir terhadap berat kerikil.

K = modulus halus butir kerikil

P = modulus halus butir pasir

C = modulus halus butir campuran

### 3.4. AIR<sup>[4]</sup>

Air merupakan bahan dasar pembuatan beton yang penting namun harganya relatif murah. Air diperlukan untuk beraksi dengan semen serta menjadi bahan

pelumas antara butir-butir agregat agar dapat mudah dikerjakan dan dipadatkan. Untuk dapat beraksi dengan semen, air yang diperlukan hanya sekitar 30 % dari berat semen saja, namun dalam kenyataannya nilai faktor air semen (fas) yang dipakai sulit kurang dari 0,35. Kelebihan air ini dipakai sebagai pelumas. Tetapi perlu dicatat bahwa tambahan air untuk pelumas ini tidak boleh terlalu banyak karena kekuatan beton akan rendah serta betonnya porous. Selain itu kelebihan air akan bersama-sama dengan semen bergerak ke permukaan adukan beton segar yang baru saja dituang (*bleeding*) yang kemudian menjadi buih dan merupakan suatu lapisan tipis yang dikenal dengan selaput tipis (*laitance*). Selaput tipis ini akan mengurangi lekatan antara lapis-lapis beton atau lekatan terhadap baja. Apabila ada kebocoran cetakan, air bersama-sama semen juga dapat ke luar, sehingga terjadilah sarang-sarang kerikil.

Dalam pemakaian air untuk beton itu sebaiknya air memenuhi syarat sebagai berikut :

- a. Tidak mengandung lumpur (benda melayang lainnya) lebih dari 2 gram/liter.
- b. Tidak mengandung garam-garaman yang dapat merusak beton (asam, zat organik dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter.
- c. Tidak mengandung khlorida (cl) lebih dari 0,5 gram/leter.

- d. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

### 3.5. FAKTOR AIR SEMEN (FAS)

Fas adalah berbanding antara berat air dan berat semen dalam campuran adukan beton. Kekuatan dan kemudahan pengerjaan campuran adukan beton sangat dipengaruhi oleh jumlah air campuran yang dipakai. Semakin kecil fas semakin besar kuat tekan betonnya, akan tetapi semakin sulit tingkat pengerjaan campurannya.

Tabel 3. Hubungan fas dan kuat tekan silinder beton pada umur 28 hari<sup>[4]</sup>

fas	Perkiraan kuat tekan (MPa)
0,35	42
0,44	35
0,53	28
0,62	22,4
0,71	17,5
0,80	14

### 3.6. SLUMP TEST

Slump test adalah suatu cara untuk mengukur kelecakan adukan beton, yaitu kecairan/kepadatan adukan yang berguna dalam pengerjaan beton. Percobaan

ini menggunakan alat sebagai berikut :

- a. Corong baja yang berbentuk konus berlubang pada kedua ujungnya. Bagian bawah berdiameter 20 cm dan bagian atas berdiameter 10 cm serta tinggi 30 cm.
- b. Tongkat baja dengan diameter 16 mm dan panjang 60 cm. Bagian ujung baja ini dibulatkan.

Proses pekerjaan slump test adalah mula-mula corong baja diletakan di atas tempat yang rata dan tidak menghisap air, dengan diameter yang besar di bawah dan diameter kecil di atas. Adukan beton dimasukan ke dalam corong tersebut dengan hati-hati dan corong dipegang erat-erat agar tidak bergerak. Jumlah adukan yang dimasukan kira-kira sebanyak  $1/3$  volume corong. Setelah adukan telah masuk ke dalam corong, lalu adukan ditusuk-tusuk sebanyak 25 kali dengan tongkat baja. Kemudian adukan kedua yang kira-kira volumenya sama dengan yang pertama dimasukan dan ditusuk-tusuk pula. Bila lapisan kedua sudah ditusuk, lalu adukan ketiga dimasukan dan ditusuk pula. Bila adukan ketiga telah selesai ditusuk, lalu permukaan adukan beton diratakan sama dengan permukaan corong. Setelah itu tunggu 60 detik dan kemudian corong ditarik lurus ke atas. Ukurlah penurunan permukaan atas adukan beton setelah corong di tarik. Besar penurunan adukan beton disebut nilai slump. Dari cara percobaan ini dapat diketahui bahwa lebih cair adukan akan diperoleh nilai slump yang lebih besar. [4]



Tabel 4. Nilai-nilai slump untuk berbagai pekerjaan beton

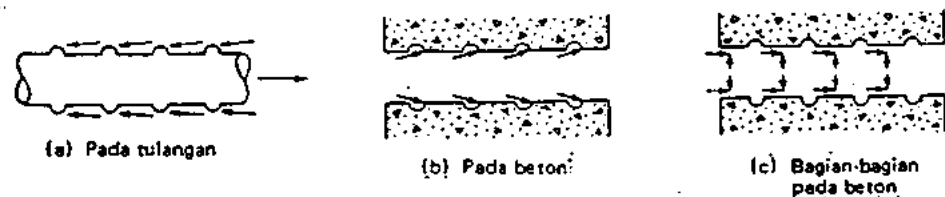
Uraian	Nilai slump	
	Max.	Min.
1. Dinding, plat pondasi dan pondasi telapak bertulang	12,5	5,0
2. Pondasi telapak tidak bertulang, kaisan dan struktur dibawah tanah	9,0	2,5
3. Pelat, balok dan dinding	15,0	7,5
4. Pengerasan jalan	7,5	5,0
5. Pembetonan massal	7,5	2,5

### 3.7. BAJA TULANGAN

Tulangan penguat terdiri dari batang tulangan, bahan yang terbuat dari anyaman kawat yang dilas dan tali kawat. Untuk konstruksi biasa digunakan batang tulangan (dinamakan tulangan berprofil) yang mempunyai penonjolan.

Fungsi dari tulangan berprofil adalah : [7]

- a. Tulangan ulir/berprofil mempunyai kuat ikat (*bond stress*) yang 40 % lebih besar dibanding tulangan polos.
- b. Sekat-rib berfungsi sebagai batang tekan (*struts*) dalam keseimbangan rangka batang.



Gambar 4. Gaya tekan sekat tulangan ulir

- c. Bila tegangan tarik/tekan tulangan bertambah besar akan terjadi beton pecah pada tulangan ulir (*splitting*), dibandingkan dengan tulangan menggelincir pada tulangan polos (*slipping*).
- d. Ikatan tulangan ulir dalam beton lebih tahan terhadap getaran, dibanding dengan ikatan tulangan polos yang mudah lepas.

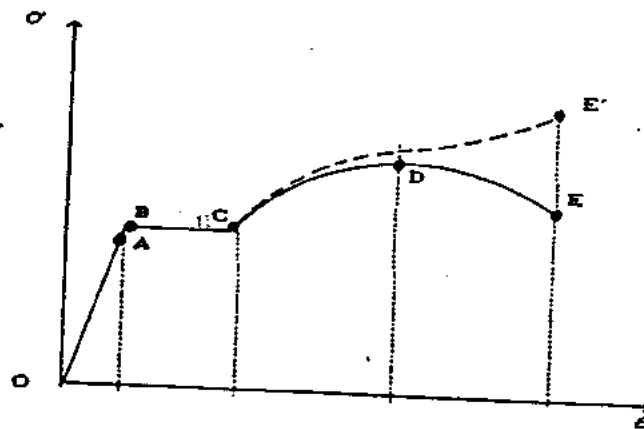
Berdasarkan hasil percobaan para ahli, kuat ikat tulangan dan beton (tegangan penyaluran lekatan) diperoleh kesimpulan bahwa lebar retak diakibatkan oleh adanya tegangan tulangan; makin kecil tegangan penyaluran lekatan, makin halus lebar retak. Lebar retak dipengaruhi pula oleh susunan tulangan yaitu luas dan jarak tulangan.

Beberapa keuntungan dari baja tulangan adalah baja mempunyai kekuatan cukup tinggi serta merata. Kekuatan baja terhadap tarik dan tekan tidak banyak berbeda dan bervariasi dari 300 MPa sampai 2000



MPa. [5]

Untuk memahami sifat-sifat baja secara umum, kiranya perlu dipelajari diagram tegangan - regangan. Diagram ini menyajikan informasi yang penting pada baja yaitu adanya hubungan antara tegangan dan regangan pada tarik baja.



Gambar 5. Diagram tegangan regangan baja struktur [5]

Tampak pada gambar bahwa hubungan antara tegangan dan regangan OA linear, sedang diatas A diagram tidak linear lagi. Titik A disebut batas sebanding (*proporsional limit*) dan tegangannya disebut tegangan batas sebanding  $\sigma_p$ . Sedikit diatas A terdapat titik batas elastis bahan. Hal ini berarti bahwa batang yang dibebani sedemikian sehingga tegangan yang timbul tidak melampaui  $\sigma_e$ , panjangnya akan kembali ke semula jika beban dihilangkan. Pada

umumnya tegangan  $\sigma_p$  dan  $\sigma_e$  relatif cukup dekat, sehingga seringkali kedua tegangan tersebut dianggap sama, yaitu sebesar  $\sigma_e$ . Regangan  $\epsilon$  yang timbul pada saat spesimen putus, pada umumnya berkisar antara 150 sampai 200 kali regangan elastis  $\epsilon_e$ . Di atas tegangan elastis  $\sigma_e$ , pada titik B baja mulai leleh. Tegangan di titik B disebut tegangan leleh  $\sigma_1$ . Pada saat leleh ini, baja masih mempunyai kekuatan. Hal ini berarti bahwa pada saat leleh, baja masih mampu menghasilkan gaya perlawanan. Bentuk kurva pada bagian leleh ini, mula-mula mendekati datar, berarti tidak ada tambahan tegangan sekalipun regangan bertambah. Hal ini berakhir pada saat mulai terjadi pengerasan regangan (*strain hardening*) di titik C, kurva naik ke atas lagi sampai dicapai kuat tarik (*tensile strength*) di titik D. Setelah itu kurva turun dan spesimen retak (*fracture*) di titik E. Diagram tegangan regangan ini dibuat berdasarkan data yang diperoleh dari pengujian bahan, dengan anggapan luas tampang spesimen tidak mengalami perubahan selama pembebanan. Menurut hukum Hooke, suatu batang yang dibebani tarikan secara uniaksial, luas tampangnya akan mengecil. Sebelum di titik C perubahan luas tampang itu cukup kecil, maka pengaruhnya diabaikan. Tetapi setelah sampai pada fase pengerasan regangan, hukum Hooke tidak berlaku lagi, tampang mengalami penyempitan yang besar. Kalau penyempitan itu diperhitungkan dalam

penggambaran diagram, akan diperoleh kurva dengan garis putus-putus (lihat gambar). Besar tegangan pada titik A, B, C, D dan E tersebut, dipengaruhi oleh jenis baja yang diuji.

Berdasarkan besar tegangan leleh, ASTM membagi baja dalam 4 kelompok yaitu :

- a. *Carbon steels*, tegangan leleh 210 - 280 MPa.
- b. *High-strength low-alloy steels*, tegangan leleh 280 - 490 MPa.
- c. *Heat treated carbon and high-strength low alloy steels*, tegangan leleh 322 - 700 MPa.
- d. *Heat-treated constructional alloy steels*, tegangan leleh 630 - 700 MPa.

Tabel 5. Harga tegangan leleh dan tegangan dasar [8]

Macam baja	Tegangan leleh $\sigma_1$ (MPa)	Tegangan dasar $\sigma$ (MPa)
Bj 34	210	140
Bj 37	240	160
Bj 41	250	166,6
Bj 44	280	186,7
Bj 50	290	193,3
Bj 52	360	240

## BAB IV

### PELAKSANAAN DAN HASIL PENELITIAN

Penelitian untuk tugas akhir ini mencoba membuktikan besarnya tegangan penyaluran lekatan berdasarkan panjang penyaluran ( $L_d$ ), mutu beton, mutu baja tulangan, diameter baja tulangan serta jenis tulangan (deform). Dalam penelitian ini, pembuatan dan pengujian benda uji bertempat di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan pada Universitas Islam Indonesia dan Universitas Atmajaya, Yogyakarta.

Benda uji berbentuk silinder yang berdiameter 6 in (15,24 cm) dan tinggi yang bervariasi sesuai dengan panjang penyaluran lekatan yang diberikan. Pengujian benda uji dilaksanakan setelah beton bertulang tersebut berumur 14 hari dan 28 hari.

Sebelum pengujian, dilakukan juga pemeriksaan bahan sebagai pendukung penelitian ini, yaitu :

1. Persiapan bahan
2. Pemeriksaan agregat halus (pasir)
3. Pemeriksaan agregat kasar (krikil)
4. Pengujian tarik baja
5. Pembuatan benda uji
6. Pengujian tekan beton
7. Pengujian tegangan penyaluran lekatan.



#### 4.1. PERSIAPAN BAHAN

Bahan-bahan benda uji yang digunakan pada penelitian ini adalah :

1. Semen portland tipe I merk Nusantara
2. Agregat halus (pasir) dari PT. Perwita Karya, Piyungan Bantul DIY, dengan modulus halus butir (mhb) = 2,6.
3. Agregat kasar (split) dari PT. Perwita Karya, Piyungan Bantul DIY, dengan ukuran 20 mm.
4. Baja tulangan dengan diameter TP-12, TD-16, TD-19 dan TD-22 yang berasal dari Proyek Pembangunan Gedung Perpustakaan Fakultas Ekonomi Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
5. Air dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

#### 4.2. PEMERIKSAAN AGREGAT HALUS

Pemeriksaan agregat halus (pasir) dalam penelitian ini adalah analisa saringan untuk mengetahui modulus butir pasir dan pemeriksaan berat jenis pasir.

##### 4.2.1. Analisa Modulus Halus Butir (MHB) Pasir

Analisa MHB pasir ini bertujuan untuk mengetahui nilai MHB pasir. Modulus Halus Butir adalah angka yang menunjukkan tinggi rendahnya kehalusan butir dalam suatu agregat.<sup>[4]</sup> Dengan mengetahui MHB pasir maka dapat kita rencanakan

kebutuhan kerikil untuk adukan beton.

Tabel 6. Distribusi ukuran butiran pasir

No	Lubang Ayakan	Berat sisa ayakan		Berat sisa Komulatif
		Gram	Persen	
1.	4,75	65,9	6,59	6,69
2.	2,36	35,1	3,51	10,10
3.	1,18	48,1	4,81	14,91
4.	0,85	341,5	34,15	49,06
5.	0,30	306,9	30,69	79,75
6.	0,15	176,4	17,64	97,39
7.	sisa	26,1	2,61	-
		1000	100	257,8

Dari persamaan (3.1) didapat :

$$MHB = \frac{257,8}{100} = 2,578 \approx 2,6$$

Dari hasil analisa saringan menunjukkan bahwa pasir dari PT. Perwita Karya, Bantul cukup baik dan memenuhi syarat sebagai agregat halus dengan  $MHB = 2,6 \geq 2,4$ . [9]

#### 4.2.2. Berat Jenis Pasir

Pemeriksaan berat jenis pasir bertujuan untuk mengetahui berat jenis agregat halus (pasir) dalam keadaan jenuh kering (SSD). Berat jenis pasir akan mempengaruhi kebutuhan pasir dalam perencanaan

adukan beton. Dari hasil penelitian didapat berat jenis pasir (SSD) = 2,61 gram/cc (lampiran)

#### 4.3. PEMERIKSAAN AGREGAT KASAR

Agregat kasar yang dipakai pada penelitian ini adalah split yang diambil dari PT. Perwita Karya, Piyungan Bantul.

##### 4.3.1. Berat Jenis Split

Berat jenis split adalah rasio antara berat split dan volume air dalam suhu yang sama. Berat jenis split dapat dikatakan berat jenis mutlak karena split dalam keadaan padat tanpa rongga/pori. Dari hasil penelitian didapat berat jenis split = 2,5 gram/cc (lampiran).

##### 4.3.2. Berat Jenis Split Kering Tusuk (SSD)

Berat jenis split kering tusuk (SSD) adalah rasio antara massa split dan volumenya, dimana split dalam keadaan kering permukaan, maksudnya split direndam terlebih dahulu dalam air selama 24 jam, kemudian dikeringkan permukaan split tersebut. Split dimasukkan ke dalam silinder dan ditusuk-tusuk sampai penuh dan padat, sehingga didapat berat split dan volume silinder. Hasil penelitian didapat berat jenis split kering tusuk (SSD) = 1,5 kg/cm<sup>3</sup> (lampiran).

#### 4.4. PENGUJIAN TARIK BAJA TULANGAN

Pengujian tarik baja bertujuan untuk mengetahui tegangan leleh baja ( $f_y$ ). Untuk mendapatkan tegangan leleh yang benar, maka perlu dilakukan pengujian tarik baja dengan benda uji yang bervariasi diameternya. Tegangan leleh baja tulangan ini mempengaruhi panjang penyaluran dasar serta tegangan penyaluran lekatan pada tulangan tekan. Dari persamaan (2.1) dapat kita simpulkan bahwa semakin tinggi tegangan leleh baja maka semakin besar panjang penyaluran dasarnya dan semakin besar pula tegangan penyaluran lekatannya.

Dari hasil penelitian didapat tegangan leleh baja rata-rata  $3966,7 \text{ kg/cm}^2$ . Tegangan leleh yang direncanakan sebelumnya adalah  $3900 \text{ kg/cm}^2$  (lampiran).

#### 4.5. PEMBUATAN BENDA UJI

Sebelum dilakukan pembuatan benda uji terlebih dahulu dihitung perbandingan proporsi semen, pasir, split dan air berdasarkan analisa pengujian bahan.

Pada penelitian ini perhitungkan proporsi bahan dipakai cara ACI (*American Concrete Institute*) (lampiran).

Benda uji dibuat dengan 2 macam campuran yaitu mutu beton  $f'_c = 20 \text{ MPa}$  dan mutu beton  $f'_c = 25 \text{ MPa}$  dengan jumlah sampel benda uji seluruhnya 51 benda



uji (tabel 1).

Pada pembuatan benda uji perlu diperhatikan pemberian adukan betonnya, karena pada benda uji yang tingginya lebih dari 35 cm maka pemberian adukan dilakukan dengan 4 tahap, dan setiap tahap ditusuk-tusuk agar tidak terjadi rongga udara dan pengelompokan kerikil. Disamping itu perlu diperhatikan juga ketegakan tulangan karena dapat mempengaruhi besarnya tegangan penyaluran lekatan.

Tegangan lekatan dipengaruhi juga oleh mutu beton. Untuk mengetahui mutu beton yang sebenarnya maka perlu dilakukan test desak kubus (*crussing test*). Test desak kubus pada pengujian ini terdiri dari dua bagian yaitu mutu beton  $f'_c = 20$  MPa dan  $f'_c = 25$  MPa. Hasil pengujian ini dapat dilihat pada tabel 7 dan tabel 8.

Tabel 7. Kriteria uji desak beton  $f'_c = 20$  MPa

No	Benda uji	Luas ( $\text{cm}^2$ )	Beban max (KN)	Tegangan desak ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )
1.	K <sub>1</sub>	231,7	610	268,46
2.	K <sub>2</sub>	229,0	730	325,06
3.	K <sub>3</sub>	226,1	645	290,89
4.	K <sub>4</sub>	231,7	795	349,88
5.	K <sub>5</sub>	228,6	605	269,87
6.	K <sub>6</sub>	223,7	690	314,52

Kuat tekan rata-rata =  $303,11 \text{ kg}/\text{cm}^2$

Tabel 8. Kriteria uji desak beton  $f'_c = 25$  MPa

No	Benda uji	Luas (cm <sup>2</sup> )	Beban max (KN)	Tegangan desak (kg/cm <sup>2</sup> )
1.	K <sub>7</sub>	231,7	880	389,67
2.	K <sub>8</sub>	229,0	850	374,44
3.	K <sub>9</sub>	226,1	815	356,88
4.	K <sub>10</sub>	231,7	850	380,64
5.	K <sub>11</sub>	228,6	720	323,08
6.	K <sub>12</sub>	223,7	865	388,16

Kuat tekan rata-rata = 368,81 kg/cm<sup>2</sup>

#### 4.6. PENGUJIAN BENDA UJI

Pengujian benda uji berfungsi untuk mengetahui tegangan penyaluran lekatan yang terjadi dengan variasi-variasi yang telah ditetapkan. Tegangan penyaluran lekatan berbanding lurus dengan gaya  $P_{max}$  dan berbanding terbalik dengan luas selimut  $F_b$ , maka:

$$u = \frac{P_{max}}{F_b} \dots\dots\dots(4.1)$$

Tegangan penyaluran lekatan rencana terhadap baja tulangan tekan menurut ACI-1963 adalah :

$$u = 13.\sqrt{f'_c} \dots\dots\dots(4.2)$$

dan

$$u \leq 800 \text{ lb/in}^2$$

#### 4.7.1. Hasil Pengujian Tegangan Penyaluran Lekatan

Pengujian benda uji dibagi menjadi 4 (empat) bagian yaitu :

1. Mutu beton  $f'_c = 20$  MPa dengan umur 14 hari

Tabel 9. Pengujian  $f'_c = 20$  MPa pada umur 14 hari.

No.	Ø tul. (mm)	Panjang penyaluran (cm)	Nama Benda uji	Beban max. (kg)	Luas selimut baja (cm <sup>2</sup> )	Tegangan lekatan (kg/cm <sup>2</sup> )
1.	TD-22	46,1	A <sub>1</sub>	19200	318,62	60,259
2.	TD-22	46,1	A <sub>2</sub>	19400	318,62	60,887
3.	TD-22	46,1	A <sub>3</sub>	17050	318,62	53,512
4.	TD-19	39,8	B <sub>1</sub>	15150	237,57	63,771
5.	TD-19	39,8	B <sub>2</sub>	13050	237,57	54,932
6.	TD-19	39,8	B <sub>3</sub>	14300	237,57	60,193
7.	TD-16	33,5	C <sub>1</sub>	8000	168,39	47,509
8.	TD-16	33,5	C <sub>2</sub>	13250	168,39	78,687
9.	TD-16	33,5	C <sub>3</sub>	9200	168,39	54,635

2. Mutu beton  $f'_c = 20$  MPa dengan umur 28 hari

Tabel 10. Pengujian  $f'_c = 20$  MPa pada umur 28 hari.

No.	Ø tul. (mm)	Panjang penyaluran (cm)	Nama Benda uji	Beban max. (kg)	Luas selimut baja (cm <sup>2</sup> )	Tegangan lekatan (kg/cm <sup>2</sup> )
1.	TD-22	46,1	A <sub>4</sub>	22000	318,62	69,048
2.	TD-22	46,1	A <sub>5</sub>	21500	318,62	67,478
3.	TD-22	46,1	A <sub>6</sub>	25000	318,62	78,463
4.	TD-19	39,8	B <sub>4</sub>	17400	237,57	73,242

No.	Ø tul. (mm)	Panjang penyaluran (cm)	Nama Benda uji	Beban max. (kg)	Luas selimut baja (cm <sup>2</sup> )	Tegangan lekatan (kg/cm <sup>2</sup> )
5.	TD-19	39,8	B <sub>5</sub>	17550	237,57	73,874
6.	TD-19	39,8	B <sub>6</sub>	15100	237,57	63,561
7.	TD-16	33,5	C <sub>4</sub>	12000	168,39	71,263
8.	TD-16	33,5	C <sub>5</sub>	13500	168,39	80,171
9.	TD-16	33,5	C <sub>6</sub>	13000	168,39	77,207

3. Mutu beton  $f'_c = 25$  MPa dengan umur 14 hari

Tabel 11. Pengujian  $f'_c = 25$  MPa pada umur 14 hari.

No.	Ø tul. (mm)	Panjang penyaluran (cm)	Nama Benda uji	Beban max. (kg)	Luas selimut baja (cm <sup>2</sup> )	Tegangan lekatan (kg/cm <sup>2</sup> )
1.	TD-22	41,2	D <sub>1</sub>	17700	284,75	62,159
2.	TD-22	41,2	D <sub>2</sub>	19350	284,75	67,953
3.	TD-22	41,2	D <sub>3</sub>	21150	284,75	74,275
4.	TD-19	35,6	E <sub>1</sub>	16100	212,50	75,765
5.	TD-19	35,6	E <sub>2</sub>	15750	212,50	74,118
6.	TD-19	35,6	E <sub>3</sub>	15950	212,50	75,059
7.	TD-16	30,0	F <sub>1</sub>	11300	150,80	74,935
8.	TD-16	30,0	F <sub>2</sub>	11500	150,80	76,262
9.	TD-16	30,0	F <sub>3</sub>	11100	150,80	73,609

4. Mutu beton  $f'_c = 25$  MPa dengan umur 28 hariTabel 12. Pengujian  $f'_c = 25$  MPa pada umur 28 hari.

No.	Ø tul. (mm)	Panjang penyaluran (cm)	Nama Benda uji	Beban max. (kg)	Luas selimut baja (cm <sup>2</sup> )	Tegangan lekatan (kg/cm <sup>2</sup> )
1.	TD-22	41,2	D <sub>4</sub>	18150	284,75	63,739
2.	TD-22	41,2	D <sub>5</sub>	21300	284,75	74,801
3.	TD-22	41,2	D <sub>6</sub>	21900	284,75	76,909
4.	TD-19	35,6	E <sub>4</sub>	18300	212,50	86,117
5.	TD-19	35,6	E <sub>5</sub>	16800	212,50	79,059
6.	TD-19	35,6	E <sub>6</sub>	16200	212,50	76,235
7.	TD-16	30,0	F <sub>4</sub>	12950	150,80	85,875
8.	TD-16	30,0	F <sub>5</sub>	13150	150,80	87,201
9.	TD-16	30,0	F <sub>6</sub>	12850	150,80	85,212
10.	TP-12	32,8	G <sub>1</sub>	-	123,65	-
11.	TP-12	32,8	G <sub>2</sub>	-	123,65	-
12.	TP-12	32,8	G <sub>3</sub>	-	123,65	-

BAB V  
ANALISA DAN PEMBAHASAN

5.1. ANALISA PANJANG PENYALURAN DASAR

Panjang Penyaluran adalah panjang penanaman yang dibutuhkan untuk mengembangkan tegangan leleh dalam tulangan. [2]

Rumus dasar panjang penyaluran dari ACI-1963 :

$$L_d = \frac{f_y \cdot d_b}{4 \cdot u_{ult}} \dots\dots\dots(5.1)$$

Dimana :

$L_d$  = panjang penyaluran dasar (mm)

$f_y$  = tegangan leleh baja (psi)

$d_b$  = diameter baja tulangan

$u_{ult}$  = tegangan lekatan batas, dimana untuk tulangan tekan diambil  $13 \cdot \sqrt{f'_c}$  (psi) dan tidak boleh lebih dari 800 psi

Sehingga panjang penyaluran untuk tulangan tekan adalah :

$$L_d = \frac{f_y \cdot d_b}{4 \cdot 13 \cdot \sqrt{f'_c}} = 0,02 \cdot \frac{f_y \cdot d_b}{\sqrt{f'_c}} \dots\dots\dots(5.2)$$

Dengan menggunakan batas atas dan  $u_{ult}$  sebesar 800 psi, sehingga persamaan ( 5.1) menjadi :

$$L_d = \frac{f_y \cdot d_b}{4 \cdot u_{ult}} = \frac{f_y \cdot d_b}{4 \cdot (800)}$$

$$= 0,000312 \cdot f_y \cdot d_b \dots\dots\dots(5.3)$$

Untuk Standard International (SI) ACI-318-83M untuk  $L_d$  dan  $d_b$  dalam mm, dan  $f'_c$  dan  $f_y$  dalam MPa, memberikan

$$L_d = 0,24 \cdot \frac{f_y \cdot d_b}{\sqrt{f'_c}}$$

$$L_d \geq 0,044 \cdot f_y \cdot d_b$$

Untuk bahan dengan mutu beton  $f'_c = 20$  MPa dan  $f_y = 390$  MPa, sehingga panjang penyalurannya :

$$L_d = 0,24 \cdot \frac{d_b \cdot f_y}{\sqrt{f'_c}} \geq 0,044 \cdot f_y \cdot d_b$$

$$L_d = 0,24 \cdot \frac{d_b \cdot 390}{\sqrt{20}} \geq 0,044 \cdot 390 \cdot d_b$$

$$L_d = 20,929 \cdot d_b \geq 17,16 \cdot d_b$$

Maka diambil :

$$L_d = 20,929 \cdot d_b \text{ (mm)} \dots\dots\dots(5.4)$$

Untuk bahan dengan mutu beton  $f'_c = 25$  MPa dan  $f_y = 390$  MPa, panjang penyaluran dasarnya adalah :

$$L_d = 0,24 \cdot \frac{d_b \cdot 390}{\sqrt{25}} \geq 17,16 \cdot d_b$$

$$L_d = 18,720 \cdot d_b \text{ (mm)} \dots\dots\dots(5.5)$$

Dalam penelitian ini diambil panjang penyaluran berdasarkan persamaan (5.4) dan persamaan (5.5) seperti dalam tabel 1.

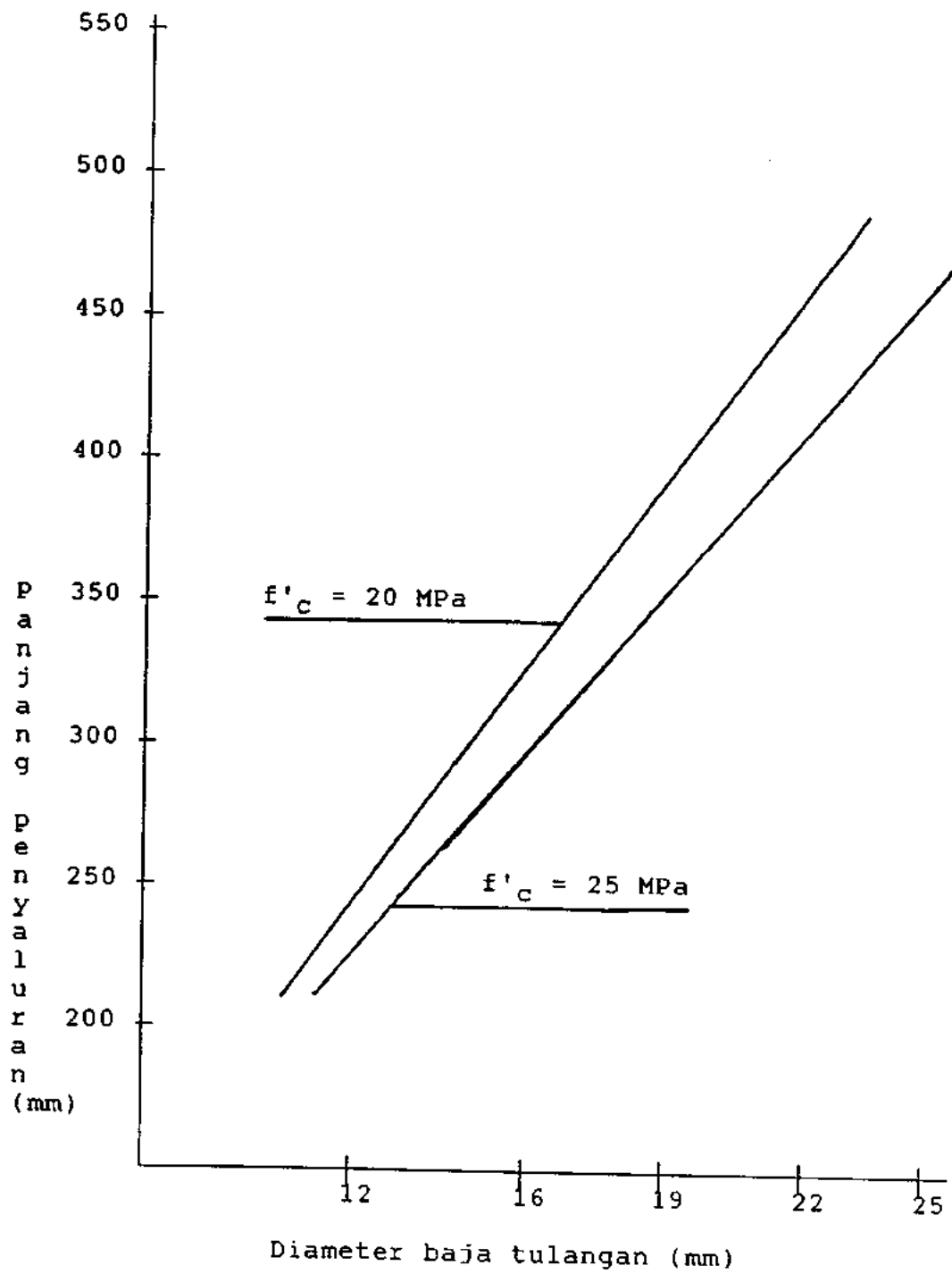
Tabel 13. Penentuan panjang penyaluran

No.	Benda uji	$\phi$ baja(mm)	$f'_c$ (MPa)	$L_d$ (mm)	Jumlah
1.	A	TD - 22	20	461	6
2.	B	TD - 19	20	398	6
3.	C	TD - 16	20	335	6
4.	D	TD - 22	25	412	6
5.	E	TD - 19	25	356	6
6.	F	TD - 16	25	300	6
7.	G	TP - 12	25	328*	3

\* Panjang penyaluran dihitung berdasarkan persamaan (2.3) dengan mutu baja 240 MPa.

Dari persamaan (5.4) dan (5.5) menunjukkan bahwa kenaikan panjang penyaluran merupakan fungsi linier, sehingga hubungan mutu beton dan diameter baja tulangan dapat menentukan panjang penyaluran seperti pada grafik dibawah ini.





Gambar 6. Grafik hubungan panjang penyaluran, mutu beton dan diameter baja tulangan.

## 5.2. ANALISA TEGANGAN LEKATAN

Kapasitas tegangan lekatan dari tulangan tekan dalam semua ukuran lazimnya dalam peraturan ACI-1963 diambil sebesar  $13\sqrt{f'_c}$  (psi) dan tidak boleh lebih dari 800 psi, bila dikonversikan ke satuan SI maka besar tegangan lekatan adalah  $13\sqrt{(f'_c/145,037)}$  MPa  $\leq$  5,5158 MPa.<sup>[2]</sup> Untuk  $f'_c = 20$  MPa maka tegangan lekatannya ( $u$ ) = 4,827 MPa (48,27 kg/cm<sup>2</sup>) dan mutu beton  $f'_c = 25$  MPa, tegangan lekatannya ( $u$ ) = 5,397 MPa (53,97 kg/cm<sup>2</sup>).

Tegangan lekatan yang terjadi pada penelitian ini yang diambil dari 3 (tiga) benda uji untuk setiap kriterianya didapat hasil yang bermacam-macam.

Tabel 14. Tegangan lekatan rata-rata dari 3 (tiga) benda uji.

No	Benda uji	Umur	u rata-rata	
			kg/cm <sup>2</sup>	MPa
1	A	14	53,512	5,3512
2	B	14	59,632	5,9632
3	C	14	60,277	6,0277
4	D	14	68,129	6,8129
5	E	14	74,719	7,4719
6	F	14	74,935	7,4935
7	A	28	71,663	7,1663
8	B	28	70,226	7,0226
9	C	28	76,213	7,6213
10	D	28	71,816	7,1816

No	Benda uji	Umur	u rata-rata	
			kg/cm <sup>2</sup>	MPa
11	E	28	80,470	8,0470
12	F	28	86,096	8,6096

Berdasarkan hasil pengujian didapat nilai tegangan lekatan umur 14 hari ( $u_{14}$ ) adalah 65,200 kg/cm<sup>2</sup> dan tegangan lekatan pada umur 28 hari ( $u_{28}$ ) sebesar 76,080 kg/cm<sup>2</sup>. Dari rata-rata tegangan lekatan pada umur 14 hari dan 28 hari tersebut, didapat nilai faktor umur yaitu  $65,200/76,080 = 0,86$ .

ACI memberikan tegangan lekatan teoritis sebesar  $13.\sqrt{f'_c}$  (psi) =  $13.(f'_c/145,037)$  MPa untuk umur 28 hari, dengan memberikan faktor umur 14 hari dari hasil penelitian yaitu 0,86 maka tegangan lekatan teoritis umur 14 hari adalah  $13.\sqrt{(f'_c/145,037)} * 0,86$ .

Tabel 15. Tegangan lekatan teoritis berdasarkan hasil penelitian.

No	Umur	Mutu beton tercapai (MPa)	$u_{\text{teoritis}}$ (MPa)	$u_{\text{teoritis}}$ rata-rata (MPa)
1.	14	30,311	5,111	5,3745
2.	14	36,881	5,638	
3.	28	30,311	5,943	6,2490
4.	28	36,881	6,555	

Dari tabel 15 bahwa tegangan teoritis yang terjadi

melebihi tegangan lekatan batas. Ini menunjukkan bahwa ACI-1963 menentukan tegangan lekatan batas berdasarkan tegangan lekatan yang terjadi dengan memberikan suatu nilai faktor aman.

Ditinjau dari hasil penelitian dengan menganggap faktor aman (SF) adalah selisih tegangan lekatan yang terjadi dengan tegangan lekatan teoritis dibagi dengan tegangan lekatan teoritis, dalam satuan persen (persamaan 5.6).

$$SF = \frac{u - u_{\text{teoritis}}}{u_{\text{teoriris}}} * 100 \% \dots\dots\dots(5.6)$$

Untuk umur 14 hari dan 28 hari faktor aman didapat yaitu :

a. Umur 14 hari

$$\begin{aligned} SF &= \frac{65,200 - 53,745}{53,745} * 100 \% \\ &= 21,31 \% \end{aligned}$$

b. Umur 28 hari

$$\begin{aligned} SF &= \frac{76,080 - 62,490}{62,490} * 100 \% \\ &= 21,75 \% \end{aligned}$$

Dari hasil diatas didapat nilai faktor aman tegangan lekatan sebesar  $(21,31 + 21,75)/2 = 21,530 \%$  dapat dianggap 20 %.

Faktor aman ini diberikan untuk menghindari hal-hal sebagai berikut :

a. Tidak sesuai besarnya tegangan rencana pada

baja tulangan dan beton setelah melalui pengujian.

b. Kesalahan-kesalahan saat pengujian yang ikut mempengaruhi perubahan tegangan tersebut, misalnya tidak tegaknya baja tulangan saat pembuatan benda uji, tidak meratanya permukaan ujung baja tulangan (tempat titik pengujian), saat pengujian benda uji miring dan sebagainya.

### 5.3. PEMBAHASAN

Dari hasil pengujian dapat ditentukan besarnya tegangan lekatan dan panjang penyaluran pada umur beton yang sama setelah ditentukan faktor umurnya. Disamping itu dapat ditentukan pula selisih rata-rata pada panjang penyaluran rencana terhadap panjang penyaluran teoritis. Dari persamaan (5.1) dengan memasukkan hasil penelitian sebenarnya yaitu mutu baja ( $f_y$ ) = 396,67 MPa dan tegangan lekatan berdasarkan tabel 14 maka didapat panjang penyaluran teoritis ( $L_{teoritis}$ ).

Tabel 16. Selisih panjang penyaluran berdasarkan tegangan lekatan.

Benda uji	umur	$L_d$ (cm) tertanam	$u$ (kg/cm <sup>2</sup> ) terjadi	$L_d$ (cm) teoritis	Selisih $L_d$ (%)
A	14	46,1	53,512	40,77	13,07
B	14	39,8	59,632	31,60	25,95
C	14	33,5	60,277	26,32	27,28

Benda uji	umur	$L_d$ (cm) tertanam	$u$ (kg/cm <sup>2</sup> ) terjadi	$L_d$ (cm) teoritis	Selisih $L_d$ (%)
D	14	41,2	68,124	32,02	28,67
E	14	35,6	74,719	25,22	41,15
F	14	30,0	74,935	21,17	41,17
A	28	46,1	71,663	30,44	51,44
B	28	39,8	70,226	26,83	48,34
C	28	33,5	76,213	20,82	60,90
D	28	41,2	71,816	30,38	35,61
E	28	35,6	80,470	23,42	52,01
F	28	30,0	86,096	18,43	62,78

Panjang penyaluran yang tertanam kemudian dianalisa berdasarkan tegangan lekatan yang terjadi untuk masing-masing umur, maka didapat selisih antara panjang penyaluran tertanam dengan panjang penyaluran teoritis. Dengan mengambil nilai rata-rata dari selisih panjang penyaluran untuk masing-masing umur maka didapat angka aman untuk panjang penyaluran yaitu umur 14 hari sama dengan 29,64 % dan umur 28 hari sama dengan 51,85 %. Dari penjelasan diatas, maka panjang penyaluran yang didapat dari persamaan (2.1) sebenarnya untuk pelaksanaan dapat dipakai 51,85 persennya dan untuk pelaksanaan umur 14 hari adalah 29,64 persennya.

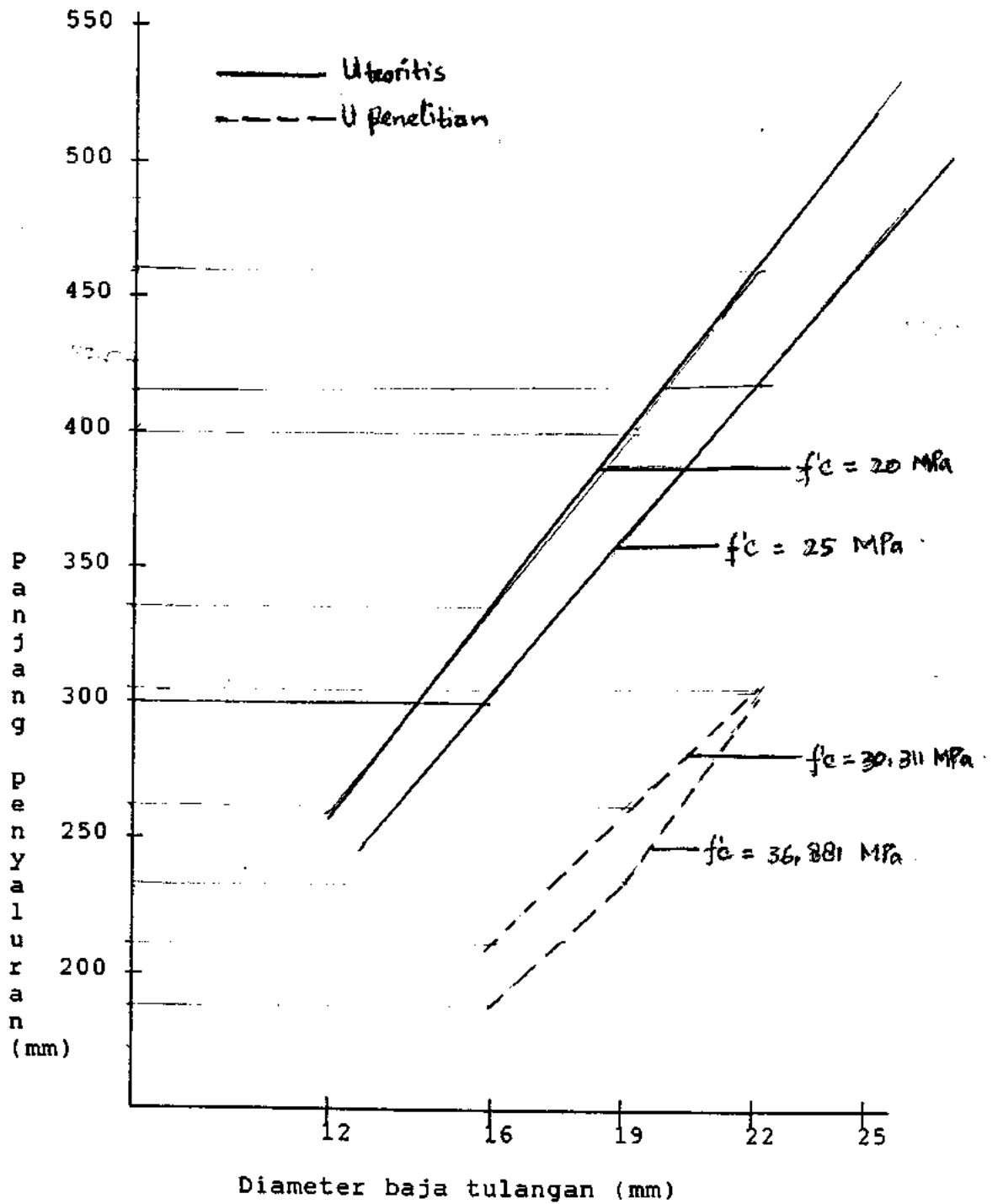
Pengujian pada benda uji G dianggap gagal, karena pada tonjolan baja terjadi tekuk yang besar sebagai akibat dari mutu beton yang tinggi ( $f'_c$

= 36,881 MPa) dengan mutu baja yang rendah ( $f_y = 240$  MPa).

Pengujian penyaluran lekatan akan berhasil dengan sempurna apabila tidak terjadi tekuk pada baja tulangan serta pengujian yang sempurna bisa dibuktikan dengan pecahnya beton sejajar dengan baja tulangan. Umumnya jumlah pecahnya terbagi 2 atau 3 pecahan beton. Pengujian yang tidak/kurang sempurna apabila terjadi tekuk pada tonjolan baja atau miringnya benda uji sehingga tegangan gesekan pada permukaan baja tulangan tidak merata. Disamping itu pengujian yang tidak sempurna tersebut dapat dibuktikan dengan retak/pecahnya sebagian beton, terutama pada bagian atas beton sebagai akibat dari faktor tekuk atau miringnya benda uji. Retak/pecahnya beton umumnya tidak merata.

Pada tabel 14 dapatlah dilihat bahwa semakin besar diameter baja tulangan dan mutu beton semakin besar pula tegangan lekatan yang terjadi dalam setiap satuan luas.

Pada hasil penelitian ini dapat dilihat adanya saling keterkaitan timbal balik antara panjang penyaluran, diameter baja tulangan, mutu beton, mutu baja dan tegangan lekatan. Berdasarkan gambar 6 dapat ditentukan perbandingan antara grafik panjang penyaluran rencana dengan panjang penyaluran hasil penelitian.



Gambar 7. Grafik hasil penelitian terhadap panjang penyaluran.



**BAB VI**  
**KESIMPULAN DAN SARAN**

**6.1. KESIMPULAN**

1. Semakin tinggi mutu beton maka panjang penyaluran akan lebih pendek dan tegangan lekatannya semakin besar.
2. Semakin besar mutu baja dan diameternya, maka semakin panjang pula panjang penyalurannya.
3. Tegangan lekatan yang diberikan ACI-1963 sebesar  $13\sqrt{f'_c}$  dan tidak boleh lebih dari 800 psi sebenarnya bisa terlampaui, tetapi ACI memberikan nilai aman sebesar 20 % dengan pengertian tegangan lekatan batas sama dengan 80 % dari tegangan lekatan yang sebenarnya.
4. Faktor konversi umur untuk tegangan lekatan pada literatur belum ada. Bila ditinjau dari penelitian ini yang mengambil umur beton 14 hari dan 28 hari, maka didapat nilai faktor umur yang diambil dari nilai rata-rata 12 benda uji untuk umur 14 hari adalah 0,86.
5. Panjang penyaluran penanaman sebenarnya lebih pendek dari panjang penyaluran teoritis. Dari penelitian ini didapat bahwa panjang penyaluran yang dihitung berdasarkan persamaan (2.1) sebenarnya dapat direduksi/dikurangi sampai dengan 48,15 %.

### 6.1. SARAN-SARAN

1. Dalam pelaksanaan penelitian sebaiknya perlu diperhatikan antara lain :
  - a. Panjang tonjolan baja pada benda uji harus sekecil mungkin agar tidak terjadi tekuk pada baja.
  - b. Ketegakan baja tulangan dalam pembuatan benda uji harus lebih diperhatikan.
  - c. Adukan untuk benda uji sebaiknya dibuat dalam satu adukan untuk semua benda uji agar mutu beton lebih merata.
2. Adanya tindak lanjut pada penelitian ini, terutama variasi umur yang lengkap untuk menentukan nilai faktor umur lainnya.
3. Sebaiknya digunakan metode yang baik dalam menentukan campuran adukan, sehingga didapat beton yang mendekati mutu beton yang diinginkan.
4. Bila meninjau kekuatan lekat untuk satu kelompok tulangan, maka penggabungan tiga batang akan mendapatkan reduksi sebesar 16,667 % dan penggabungan empat batang mendapat reduksi sebesar 25 % dari dari total luas bidang kontak dari tulangan dengan beton sekelilingnya. Sedangkan panjang penyaluran tulangan individu dalam kelompok dinaikkan 20 % untuk kelompok tiga batang dan 33 % untuk kelompok empat batang.
5. Bila tulangan dilingkari dengan sengkang berupa

spiral (umumnya pada kolom) yang bergaris tengah tidak kurang dari 0,25 in dan mempunyai jarak tidak kurang dari 4 in, maka dapat dikurangi 25 % dari panjang penyalurannya.

## DAFTAR PUSTAKA

1. ARTHUR H. NILSON, GEORGE WINTER, PERENCANAAN STRUKTUR BETON BERTULANG, Tim Editor dan Penerjemah ITB, Penerbit ITB dan PT. Pradnya Paramita, Bandung, 1993.
2. CHU-KIA WANG, CHARLES G. SALMON, DESAIN BETON BERTULANG, Edisi Keempat, Jilid 1, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1986.
3. EDWARD G. NAWI, BETON BERTULANG SUATU PENDEKATAN DASAR, Penerbit PT. Eresco, Bandung, 1990.
4. KARDIYONO TJOKRODIMULYO, TEKNOLOGI BETON, Jurusan Teknik sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 1992.
5. MORISCO, STRUKTUR BAJA I, Paguyuban Dosen Baja Yogyakarta, 1991.
6. PHIL M. FERGUSON, DASAR-DASAR BETON BERTULANG, Edisi Keempat, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1986.
7. \_\_\_\_\_, KONFERENSI TAHUNAN TEKNIK JALAN KEEMPAT, Teknik Bangunan Pelengkap Jalan dan Geoteknik, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta, 1990.
8. \_\_\_\_\_, PERATURAN PERENCANAAN BANGUNAN BAJA INDONESIA (PPBBI), Yayasan Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung, 1984.
9. \_\_\_\_\_, PERATURAN BETON BERTULANG INDONESIA (PBI), Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, Direktorat Jenderal Cipta Karya, Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik, Jakarta, 1971.
10. \_\_\_\_\_, TATA CARA PENGHITUNGAN STRUKTUR BETON UNTUK BANGUNAN GEDUNG, Standard Konsep - Standard Normalisasi Indonesia (SK-SNI)-15-1991-03, Departemen Pekerjaan Umum, Penerbit Yayasan LPMB, Bandung, 1991





UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 Jl. Kaliurang Km. 14.4 Telp. 95330 Yogyakarta

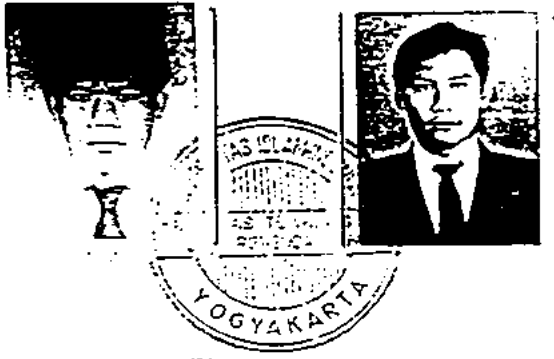
KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

No.	Nama	No. Mhs.	N.I.R.M.	Bidang Studi
1.	HERMANTO	88010220		KONSTRUKSI
2.	FAKHRI FUADI D	88010150		KONSTRUKSI

Dosen Pembimbing I : IR. SUSASTRAWAN, MS.  
 Dosen Pembimbing II : IR. A. KADIR ABDE, MS.  
 1 2

Yogyakarta, 02 MEI 1995  
 Dekan.

AN.  
 PETUA JURUSAN TEKNIK SIPIL.



*[Handwritten Signature]*  
 DR. SAMSUNG SUKRETIJANA, MSCE.

CATATAN - KONSULTASI

No.	Tanggal	Konsultasi ke:	KETERANGAN	Paraf
1	10/07/95		Tugas selesai, diserahkan Lamp.	<i>[Signature]</i>
2	28/07/95		- Pembetulan perhitungan - Seriusitas kesimpulannya	<i>[Signature]</i>
3	1/09/95		- Pembetulan kesimpulan dari Survei - Setelah itu dapat konsul- tasi ke Dosen Pengajar II	<i>[Signature]</i>
4	5/09/95		<i>[Handwritten notes]</i>	<i>[Signature]</i>

## I. PENGUJIAN BAHAN

## 1. Berat Jenis pasir

- Pasir ditimbang dengan berat 300 gram
- Air dalam tabung dengan volume 400 cc
- Pasir dimasukkan kedalam tabung dengan secara perlahan lahan sehingga volume air naik menjadi 515 cc
- Volume kenaikan air =  $515 - 400 = 115$  cc
- Berat Jenis pasir (BJ) adalah perbandingan berat pasir dengan volumenya.

$$Bj \text{ pasir} = \frac{\text{berat pasir}}{\text{vol. air}} = \frac{300}{115} = 2,61$$

## 2. Modulus Halus Butir Pasir (MHB)

- Pasir dikeringkan dengan oven selama 24 jam
- Timbang berat pasir 1000 gram
- Masukkan pasir dalam ayakan yang telah disusun mulai dari yang terbesar diatas hingga yang terkecil
- Pasir dlayak dengan mesin selama 15 menit
- Berat yang tertingga disaringan ditimbang satu persatu
- Tabel dan analisa MHB :

N O	LUBANG AYAKAN	BERAT SISA AYAKAN		BERAT SISA KOMULATIP
		GRAM	%	
1	4,75	65,9	6,59	6,59
2	2,36	35,1	3,51	10,10
3	1,18	48,1	4,81	14,91
4	0,85	341,5	34,15	49,06
5	0,30	306,9	30,69	79,75
6	0,15	176,4	17,64	97,39
7	SISA	26,1	2,61	---
		1000	100	257,80

Modulus Halus Butir (MHB)

$$\begin{aligned} \text{MHB} &= \frac{\% \text{ berat sisa komulatif}}{\% \text{ berat sisa ayakan}} \\ &= \frac{257,80}{100} = 2,578 \quad \text{dipakai } 2,6 \end{aligned}$$

### 3. Berat Jenis Split

- Split ditimbang seberat 400 gram
- Masukkan air dalam tabung dengan volume 510 cc
- Masukkan split kedalam tabung satu persatu sehingga volume air naik menjadi 670 cc
- Volume kenaikan air  $670 - 400 = 160$  cc
- Berat Jenis split ( Bj )

$$\text{Bj} = \frac{\text{berat split}}{\text{vol. kenaikan air}} = \frac{400}{160} = 2,5 \text{ gr/cc}$$

### 4. Berat Jenis Tusuk Kering ( SSD )

- Timbang berat selinder kosong = 10,5 kg
- Isi selinder kosong dengan split secara 3 tahap, setiap tahap ditusuk-tusuk.
- Setelah penuh timbang selinder + split = 18,4 kg
- Volume selinder =  $\frac{1}{4} * \pi * 0,15^2 * 0,30 = 0,00529 \text{ M}^3$
- Berat jenis tusuk kering ( Bj )

$$\text{Bj} = \frac{18,4 - 10,5}{0,00529} = 1,49 \text{ diambil } 1,5 \text{ kg/m}^3$$

### 5. Uji Tarik Baja

- Baja dikikis sepanjang 15 cm hingga diameter benda uji 10 mm, untuk memudahkan penelitian.
- Kedua ujung baja dijepit dengan mesin multi guna, sebagai alat tariknya.
- Catat tegangan lelehnya, yaitu tegangan yang regangannya besar sedangkan tegangannya mendekati tetap
- Pada pengujian ini didapat tegangan leleh yang beragam-  
ragam sesuai dengan diameter tulangan.



\* untuk TD-16 mm, tegangan lelehnya =  $3900 \text{ kg/cm}^2$

\* untuk TD-19 mm, tegangan lelehnya =  $4100 \text{ kg/cm}^2$

\* untuk TD-22 mm, tegangan lelehnya =  $3900 \text{ kg/cm}^2$

Untuk perhitungan selanjutnya tegangan leleh yang dipakai adalah  $3900 \text{ kg/cm}^2 = 390 \text{ MPa}$ .

## 6. Hitungan Adukan Beton Menurut ACI

Mutu Beton  $f'c = 20 \text{ MPa}$

- Kuat tekan rata-rata  $f'cr$

$$f'cr = 20 + (1,64 * 5,5) = 29,0 \text{ MPa}$$

- Nilai faktor air semen (fas) dengan interpolasi

28 MPa, fasnya adalah 0,53

35 MPa, fasnya adalah 0,44, maka untuk 29 MPa

$$fas = 0,53 - \frac{29 - 28}{35 - 28} * (0,53 - 0,44)$$

$$= 0,517$$

Berdasarkan kondisi lingkungan fas max = 0,60

diambil nilai fas = 0,517

- Berdasarkan jenis struktur, nilai slum = 7,5-15 cm  
sedangkan ukuran agregat max = 20 mm.

- Slum 7,5 - 15 cm dan ukuran agregat 20 mm maka dari  
tabel didapat kebutuhan air = 203 liter dan udara  
terperangkap 2 %.

- Kebutuhan semen berdasarkan nilai fas.

$$\text{berat semen} = \frac{\text{air}}{\text{fas}} = \frac{203}{0,517} = 392,65 \text{ kg}$$

volume semen = berat / berat jenis

$$= 0,39265 / 3,15 = 0,125 \text{ m}^3 / \text{m}^3$$

- Volume split berdasarkan nilai MHB pasir = 2,6 dan  
agregat max = 20 mm adalah  $0,63 \text{ m}^3 / \text{m}^3$ .

Berat split = volume split \*  $B_j$  tusuk kering

$$= 0,63 * 1,5 = 0,945 \text{ ton} = 945 \text{ kg}$$

Volume split padat = berat split /  $B_j$  split

$$= 0,945 / 2,5 = 0,378 \text{ m}^3$$

- Volume adukan tanpa pasir :

$$0,203 + 0,125 + 0,020 + 0,378 = 0,726 \text{ M}^3$$

volume pasir =  $1 - 0,726 = 0,274 \text{ M}^3$ , maka berat pasir

- = volume pasir \* Bj pasir
- =  $0,274 * 2,61 = 0,71514 \text{ ton} = 715,14 \text{ kg}$
- Mutu Beton  $f'c = 20 \text{ MPa}$  maka untuk  $1 \text{ M}^3$  dibutuhkan bahan :
  - semen = 392,65 kg
  - pasir = 715,14 kg
  - split = 945,00 kg
  - air = 203 liter

**Mutu Beton  $f'c = 25 \text{ MPa}$**

- Kuat tekan rata-rata ( $f'cr$ )
  - $f'cr = 25 + (1,64 * 5,5) = 34,02 \text{ MPa}$
- Nilai faktor air semen (fas) dengan interpolasi 28 MPa, fasnya adalah 0,53  
35 MPa, fasnya adalah 0,44, maka untuk 34,02 MPa
  - $$\text{fas} = 0,53 - \frac{34,02 - 28}{35 - 28} * (0,53 - 0,44)$$

$$= 0,4526$$
 Berdasarkan kondisi lingkungan fas max = 0,60  
diambil nilai fas = 0,4526
- Berdasarkan jenis struktur, nilai slum = 7,5-15 cm  
sedangkan ukuran agregat max = 20 mm.
- Slum 7,5 - 15 cm dan ukuran agregat 20 mm maka dari tabel didapat kebutuhan air = 203 liter dan udara terperangkap 2 %.
- Kebutuhan semen berdasarkan nilai fas.
  - $$\text{berat semen} = \frac{\text{air}}{\text{fas}} = \frac{203}{0,4526} = 448,52 \text{ kg}$$
  - $$\text{volume semen} = \frac{\text{berat}}{\text{berat jenis}} = \frac{0,44852}{3,15} = 0,142 \text{ m}^3 / \text{m}^3$$
- Volume split berdasarkan nilai MHB pasir = 2,6 dan agregat max = 20 mm adalah  $0,63 \text{ m}^3 / \text{m}^3$ .
  - $$\text{Berat split} = \text{volume split} * \text{Bj tusuk kering}$$

$$= 0,63 * 1,5 = 0,945 \text{ ton} = 945 \text{ kg}$$
  - $$\text{Volume split padat} = \frac{\text{berat split}}{\text{Bj split}} = \frac{0,945}{2,5} = 0,378 \text{ m}^3$$
- Volume adukan tanpa pasir :
  - $$0,203 + 0,142 + 0,020 + 0,378 = 0,7434 \text{ M}^3$$

volume pasir =  $1 - 0,7434 = 0,2566 \text{ M}^3$ , maka berat pasir  
 = volume pasir \*  $B_j$  pasir  
 =  $0,2566 * 2,61 = 0,66976 \text{ ton} = 669,76 \text{ kg}$   
 - Mutu Beton  $f'c = 25 \text{ MPa}$  maka untuk  $1 \text{ M}^3$  dibutuhkan  
 bahan : - semen = 448,52 kg  
           - pasir = 669,76 kg  
           - split = 945,00 kg  
           - air = 203 liter

### 7. Hasil Penelitian Uji Lekatan Tulangan Tekan

A. Mutu beton  $f'c = 20 \text{ Mpa}$  dengan umur beton 14 hari

NO	BENDA UJI	BEBAN MAX (KG)	KEADAAN BENDA UJI SETELAH DIDESAK
1	A <sub>1</sub>	19.200	sample hanya retak pada bagian atas.
2	A <sub>2</sub>	19.400	bagian atas retak 3 bagian sampoi 1/3 tinggi sample.
3	A <sub>3</sub>	17.050	pecah dari atas kebawah sampai 1/3 tinggi sample.
4	B <sub>1</sub>	15.150	pecah terbagi dua .
5	B <sub>2</sub>	13.050	pecah dari atas sampai bawah dengan garis pecah mengecil.
6	B <sub>3</sub>	14.300	retak terbagi 3, 2garis sampai bawah, 1 pd permukaan
7	C <sub>1</sub>	8.000	pecah terbagi dua sampai bawah, tonjolan baja bengkok.
8	C <sub>2</sub>	13.250	retak terjadi pada bagian atas, sample kurang tegak.
9	C <sub>3</sub>	9.200	retak bagian atas, tonjolan baja terjadi tekuk.

B. Mutu beton  $f'c = 20$  MPa dengan umur 28 hari

NO	BENDA UJI	BEBAN MAX (KG)	KEADAAN BENDA UJI SETELAH DIDESAK
1	A <sub>7</sub>	22.000	sample terbagi dua dengan bagian bawah terbelah kecil
2	A <sub>8</sub>	21.500	pecah terbagi dua sampai bawah.
3	A <sub>9</sub>	25.000	sample terbagi dua bagian sampai bawah
4	B <sub>7</sub>	17.400	retak bagian atas, tonjolan baja tertekuk
5	B <sub>8</sub>	17.550	retak pada bagian atas, tekuk pada tonjolan baja
6	B <sub>9</sub>	15.100	retak pada bagian atas, tekuk pd tonjolan baja
7	C <sub>7</sub>	12.000	retak. 3 bagian, 2 sampai bawah, 1 pada 1/3 tinggi sample
8	C <sub>8</sub>	13.500	pecah terbagi dua
9	C <sub>9</sub>	13.000	retak bagian atas sampai 1/2 tinggi sample

C. Mutu beton  $f'c = 25$  Mpa dengan umur beton 14 hari

NO	BENDA UJI	BEBAN MAX (KG)	KEADAAN BENDA UJI SETELAH DIDESAK
1	D <sub>1</sub>	17.700	pecah terbagi dua, tulangan baja lepas
2	D <sub>2</sub>	19.350	pecah terbelah dua, tulangan baja lepas
3	D <sub>3</sub>	21.150	pecah terbagi tiga, tulangan baja lepas
4	E <sub>1</sub>	16.100	pecah terbagi dua, tulangan baja lepas
5	E <sub>2</sub>	15.750	pecah terbagi dua, tulangan baja lepas

7	F <sub>1</sub>	11.300	retak terbagi dua
8	F <sub>2</sub>	11.500	retak terbagi dua
9	F <sub>3</sub>	11.100	retak rambut, beban tidak mau bertambah

B. Mutu beton  $f'c = 20$  MPa dengan umur beton 28 hari.

NO	BENDA UJI	BEBAN MAX (KG)	KEADAAN BENDA UJI SETELAH DIDESAK
1	D <sub>7</sub>	18.150	retak terbagi dua
2	D <sub>8</sub>	21.300	retak terbagi tiga
3	D <sub>9</sub>	21.900	pecah terbagi dua, tulangan baja lepas
4	E <sub>7</sub>	18.300	retak besar terbelah dua
5	E <sub>8</sub>	16.800	retak terbagi tiga, 2 sampai bawah
6	E <sub>9</sub>	16.200	retak besar terbagi dua
7	F <sub>7</sub>	12.950	baja tertekuk, retak bagian atas saja
8	F <sub>8</sub>	13.150	retak rambut, baja tertekuk
9	F <sub>9</sub>	12.850	retak rambut baja tertekuk

Keterangan jenis benda uji :

A = diameter baja 22 mm dengan panjang penyaluran 46,10 cm tinggi benda uji 55 cm.

B = diameter baja 19 mm dengan panjang penyaluran 39,80 cm tinggi benda uji 47 cm.

C = diameter baja 16 mm dengan panjang penyaluran 33,50 cm

D = diameter baja 22 mm dengan panjang penyaluran 41,10 cm tinggi benda uji 55 cm.

E = diameter baja 19 mm dengan panjang penyaluran 35,60 cm tinggi benda uji 47 cm.

F = diameter baja 16 mm dengan panjang penyaluran 30,00 cm

## 8. Hasil Uji Desak Beton

### A. Mutu beton rencana $f'c = 20$ MPa

NO	BENDA UJI	BERAT (Kg)	LUAS (Cm <sup>2</sup> )	VOLUME (Cm <sup>3</sup> )	BEBAN MAX (KN)
1	K <sub>1</sub>	8,0	231,7	3381	610
2	K <sub>2</sub>	7,6	229,0	3374	730
3	K <sub>3</sub>	7,9	226,1	3383	645
4	K <sub>4</sub>	8,1	231,7	3381	795
5	K <sub>5</sub>	8,1	228,6	3383	605
6	K <sub>6</sub>	8,0	223,7	3376	690

### B. Mutu Beton Rencana $f'c = 25$ MPa

NO	BENDA UJI	BERAT (Kg)	LUAS (Cm <sup>2</sup> )	VOLUME (M <sup>3</sup> )	BEBAN MAX (KN)
1	K <sub>7</sub>	8,05	230,28	3523,28	880
2	K <sub>8</sub>	7,95	231,48	3518,54	850
3	K <sub>9</sub>	8,0	232,87	3574,52	815
4	K <sub>10</sub>	7,60	227,71	3423,80	850
5	K <sub>11</sub>	7,7	227,25	3477,00	720
6	K <sub>12</sub>	7,8	227,24	3431,39	865



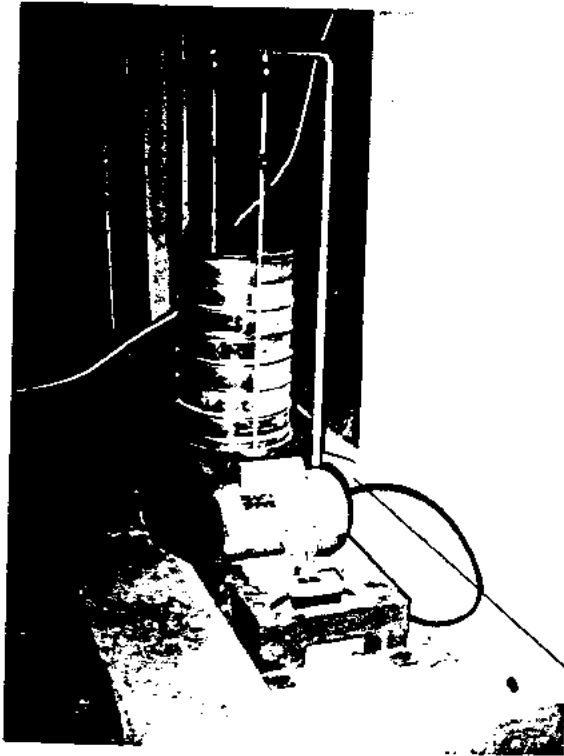
II. DOKUMEN PENELITIAN :



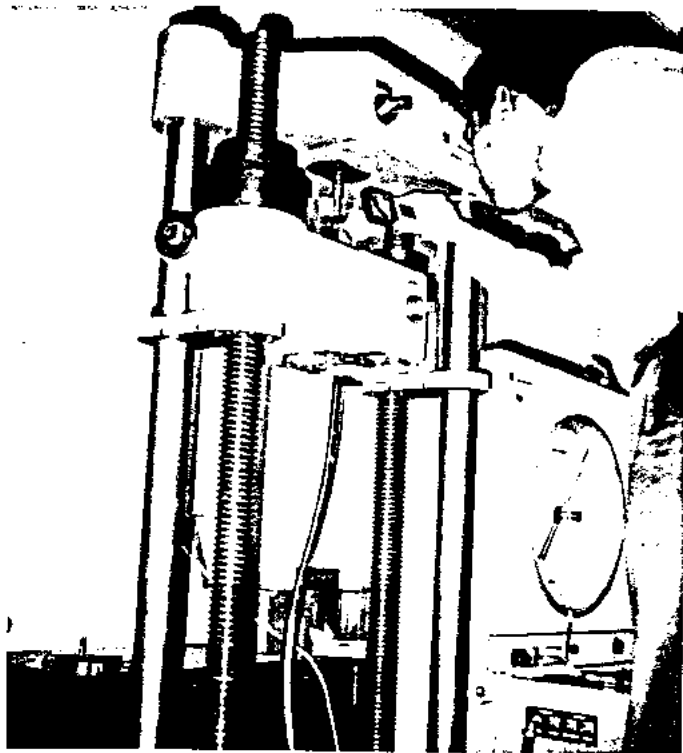
Gambar 1. Acuan benda uji



Gambar 2. Analisa agregat kasar (split)



Gambar 3. Analisa saringan agregat halus



Gambar 4. Penujian tarik baja

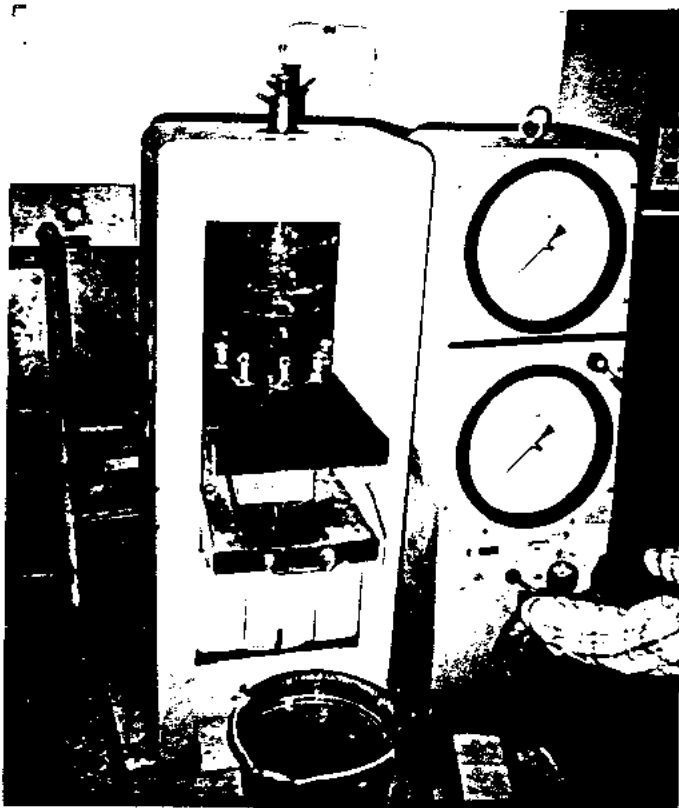




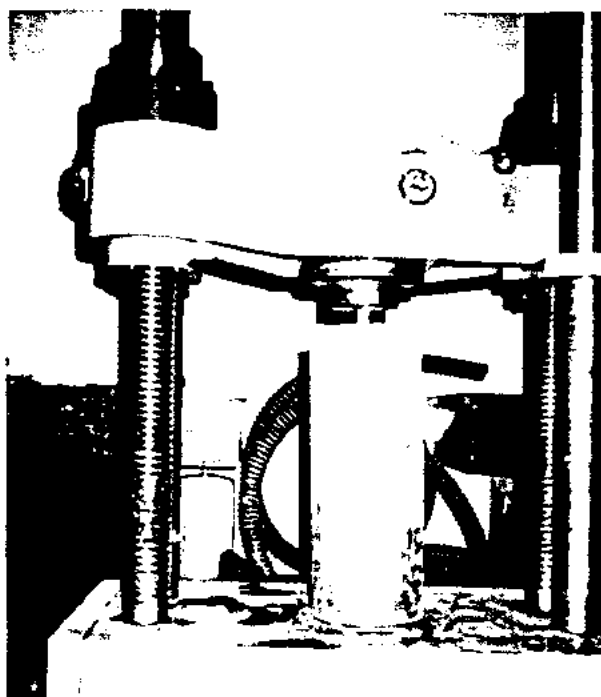
Gambar 5. Pengujian slump



Gambar 6. Contoh benda uji



Gambar.7. Analisa uji desak beton



Gambar 8. Penqujian lekatan baja



Gambar 9. Contoh pecah benda uji

