

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

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

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

Wabillahittaufiq wal hidayah

والسلام عليكم ورحمة الله وبركاه

Yogyakarta, Januari 2008

Penulis

HALAMAN PERSEMBAHAN

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

Amien...

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

DAFTAR TABEL

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

ABSTRAKSI

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

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

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

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

1.4.2 Manfaat Praktis

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

1.5 Batasan Masalah

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

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

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

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

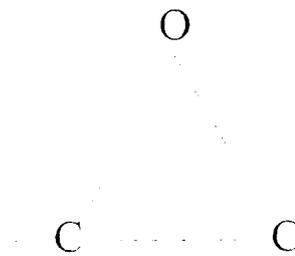
Agar beton bertulang dapat berfungsi dengan baik sebagai bahan komposit dimana batang baja tulangan saling bekerja sama sepenuhnya dengan beton, maka perlu diusahakan supaya terjadi penyaluran gaya yang baik dari suatu bahan ke bahan yang lain. Untuk menjamin hal ini diperlukan adanya lekatan yang baik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

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

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

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

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

a. Agregat Halus

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

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

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

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

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

b. Agregat Kasar

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

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

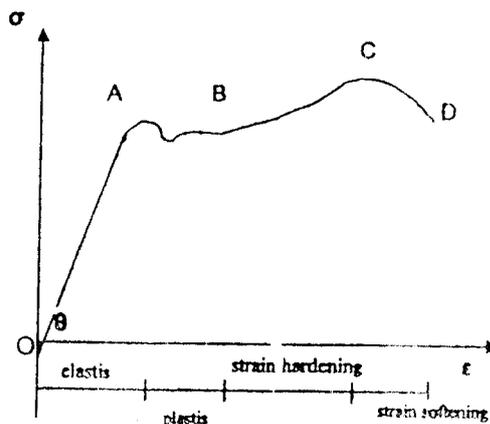
Air yang digunakan harus memenuhi persyaratan kualitas air sebagai berikut (Kardiyono, 1992):

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

3.3 Baja Tulangan

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

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

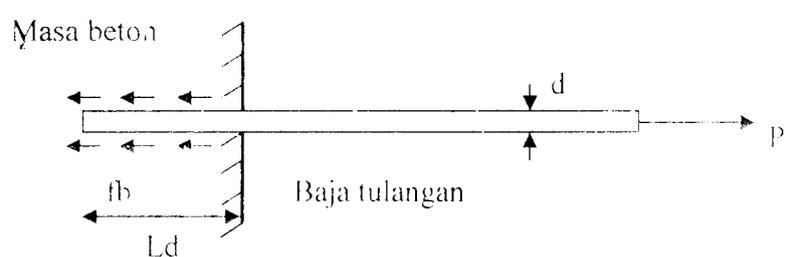


Gambar 3.1 Diagram tegangan regangan hasil uji tarik (Paulay, 1975)

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

3.8 Panjang Penyaluran

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



Gambar 3.4 Panjang penyaluran baja tulangan

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

$$Ld \cdot \pi \cdot d \cdot fb = P \dots \dots \dots (3.5)$$

a. Panjang penyaluran dasar :

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

b. Faktor modifikasi diambil :

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

Panjang penyaluran L_d tidak boleh kurang dari 300 mm.

f_c = Satuan dalam MPa.

f_y = Satuan dalam Mpa.

d_b = Satuan dalam mm.

A_b = Satuan dalam mm^2 .

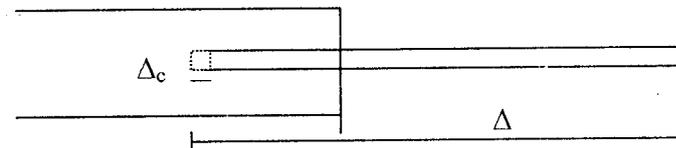
f_{ct} = Satuan dalam MPa.

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

3.9 Distribusi Tegangan Lekat pada Pengujian Lolos Tarik

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

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



Gambar 3.5 Sesar antara baja tulangan dan beton

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

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

Dengan : Δ_c = sesar yang terjadi

Δ = pertambahan panjang total

Δ_s = pertambahan panjang baja

Pertambahan panjang baja dicari dengan rumus :

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

4.3.2. Timbangan

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

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

4.3.3. Mesin siever

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

4.3.4. Gelas ukur

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

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

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

4.3.6. Cetok dan Talam Baja

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

4.3.7 Sekop

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

4.3.8. Cetakan Benda Uji

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

4.3.9. Mistar dan Kaliper

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

4.3.10. Kerucut Abrams

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

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

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

4.3.12. Bor Beton

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

4.3.13. *Air Compressor*

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

3. Pengujian Gradasi

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

Pengujian gradasi dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- a. Menyiapkan pasir kering oven dalam suhu 110 °C
- b. Mengambil dan menimbang pasir sebanyak 2000 gr
- c. Mengambil dan menyusun saringan dengan susunan diameter dari bawah ke atas: pan; 0,15 mm; 0,30 mm; 0,60 mm; 1.2 mm; 2,4 mm; 4,8 mm; 10,00 mm; 20,00 mm; 40.00 mm.
- d. Meletakkan saringan pada mesin penggetar atau vibrator
- e. Memasukkan pasir pada ayakan paling atas kemudian menghidupkan vibrator selama ± 15 menit.
- f. Menuangkan sisa butiran yang tertahan pada masing-masing ayakan diatas cawan dan menimbangnya satu persatu.
- g. Mencatat dan menimbang hasil setiap ayakan.
- h. Perhitungan modulus halus butir (mhb) dengan menggunakan rumus di bawah ini:

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

4.5.3 Pengujian Agregat Kasar

1. Pengujian Berat Jenis (*specific gravity*)

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

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

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

2. Pengujian Gradasi

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

Pengujian gradasi agregat kasar dilakukan dengan cara sebagai berikut:

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

Pelaksanaan pengujian baja adalah sebagai berikut :

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

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

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

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

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

Dengan : σ_{leleh} = Tegangan leleh baja.

σ_{maks} = Tegangan maksimum baja.

P_{leleh} = Gaya tarik leleh baja.

P_{maks} = Gaya tarik leleh baja maksimum.

A = Luas penampang.

E = Modulus elastis.

ε = Regangan baja.

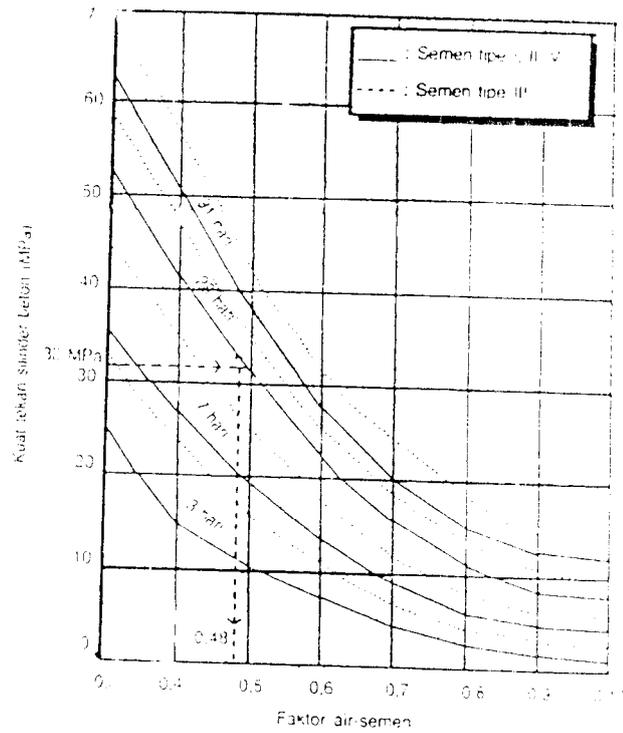
4.6 Perancangan Adukan Beton

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

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

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

a) Cara Pertama :



Gambar 4.2 Grafik faktor air semen

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

b) Cara Kedua

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