

ARTIKEL ILMIAH

**PENGARUH VARIASI KEDALAMAN PENJANGKARAN
TERHADAP KUAT LEKAT (*BOND STRENGTH*) TULANGAN
BAJA POLOS PADA BETON NORMAL, BETON RINGAN
DAN BETON MUTU TINGGI**

*The Effects of Various Anchoring Depth to the Bond Strength of
Plain Steel Reinforcement on the Normal Concrete, Light Weight
Concrete and High Strength Concrete*

Artikel Ilmiah

Untuk memenuhi sebagian persyaratan

mencapai derajat Sarjana S-1 Jurusan Teknik Sipil



Oleh:

IZA SYIRIANA AZIZAH

F1A 113 021

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MATARAM

2018

ARTIKEL ILMIAH

**PENGARUH VARIASI KEDALAMAN PENJANGKARAN
TERHADAP KUAT LEKAT (*BOND STRENGTH*) TULANGAN
BAJA POLOS PADA BETON NORMAL, BETON RINGAN
DAN BETON MUTU TINGGI**

*The Effects of Various Anchoring Depth to the Bond Strength of
Plain Steel Reinforcement on the Normal Concrete, Light Weight
Concrete and High Strength Concrete*

Oleh:
IZA SYIRIANA AZIZAH
(F1A 113 021)

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

1. Pembimbing Utama



HARIYADI, ST., MSc(Eng)., Dr.(Eng).
NIP: 19731027 199802 1 001

Tanggal: 9 Juli 2018

2. Pembimbing Pendamping



NINYOMAN KENCANAWATI, ST., MT., Ph.D.
NIP : 19760804 200003 2 001

Tanggal: Juli 2018

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Mataram

Jauhar Fajrin, ST., MSc (Eng)., Ph.D.
NIP. 19740607 199802 1 001



ARTIKEL ILMIAH

**PENGARUH VARIASI KEDALAMAN PENJANGKARAN
TERHADAP KUAT LEKAT (*BOND STRENGTH*) TULANGAN
BAJA POLOS PADA BETON NORMAL, BETON RINGAN
DAN BETON MUTU TINGGI**

*The Effects of Various Anchoring Depth to the Bond Strength of
Plain Steel Reinforcement on the Normal Concrete, Light Weight
Concrete and High Strength Concrete*

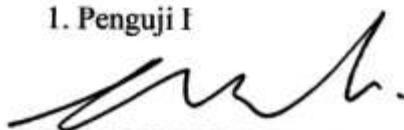
Oleh:

**IZA SYIRIANA AZIZAH
(F1A 113 021)**

Telah dipertahankan didepan Dewan Penguji
Pada Tanggal, 07 Juli 2018
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

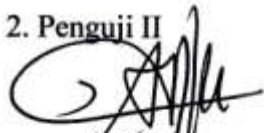
Susunan Tim Penguji

1. Penguji I



Ir. MIKO ENIARTI, MT
NIP: 19650315 199103 2 002

2. Penguji II



SUPARJO, ST., MT
NIP : 19670814 199412 1 001

2. Penguji III



Dr. SITI NUR RAHMAH A, ST., MT
NIP : 19720201 199803 2 001

Mataram.

2018

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Mataram



Almaduddin, ST., M.Sc. (Eng.), Ph.D.
NIP: 19681231 199412 1 001

PENGARUH VARIASI KEDALAMAN PENJANGKARAN TERHADAP KUAT LEKAT (*BOND STRENGTH*) TULANGAN BAJA POLOS PADA BETON NORMAL, BETON RINGAN DAN BETON MUTU TINGGI

Iza Syiriana Azizah¹, Hariyadi²
Jurusan Teknik Sipil Universitas Mataram

INTISARI

Salah satu dasar anggapan yang digunakan dalam perancangan dan analisis struktur beton bertulang ialah bahwa ikatan antara baja dan beton yang mengelilinginya berlangsung sempurna tanpa terjadi penggelinciran atau pergeseran. Tegangan lekat antara tulangan baja dan beton akan berlangsung dengan baik apabila batang tulangan tertanam kokoh didalam beton pada jarak kedalaman tertentu. Penelitian ini secara umum bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi kedalaman penjangkaran terhadap kuat lekat pada beton normal, beton ringan dan beton mutu tinggi.

Dalam penelitian ini dilakukan pengujian kuat tekan, kuat geser dan kuat lekat pada beton mutu tinggi, beton normal dan beton ringan. Benda uji yang berbentuk silinder berukuran 150 x 300 mm untuk kuat tekan dan benda uji berbentuk double L berukuran 300 x 200 x 75 mm untuk kuat geser. Penelitian ini menggunakan 3 benda uji untuk masing-masing variasi pengujian kuat tekan dan kuat geser, dan 45 benda uji untuk uji lekat dengan masing masing jenis beton 15 benda uji. Tulangan baja polos ditanam pada benda uji silinder dengan variasi kedalaman penjangkaran 50, 100, 150, 200 dan 250 mm pada beton mutu tinggi, beton normal dan beton ringan. Tulangan baja polos yang digunakan berdiameter 10 mm dengan tegangan leleh baja (f_y) sebesar 328 MPa. Pengujian kuat lekat menggunakan metode *pull-out test*. Data yang dikumpulkan dari pengujian kuat lekat ini berupa beban maksimum pada saat tulangan tercabut, deformasi perpanjangan tercabutnya tulangan baja dari beton dan tipe keruntuhan.

Hasil pengujian menunjukkan semakin tinggi kuat tekan beton maka semakin rendah persentase kuat geser terhadap kuat tekan yang dihasilkan pada setiap jenis beton. Pada beton mutu tinggi didapatkan kuat lekat maksimum sebesar 6,245 MPa pada kedalaman penjangkaran 150 mm dan 3,795 MPa untuk kuat lekat minimum pada kedalaman penjangkaran 250 mm. Sedangkan pada beton normal kuat lekat mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya kedalaman penjangkaran. Untuk beton ringan kuat lekat yang dihasilkan bertambah seiring dengan meningkatnya kedalaman penjangkaran. Panjang penyaluran lekatan lebih besar daripada panjang penyaluran kuat geser yang menandakan keruntuhan yang terjadi pada semua benda uji hilangnya lekatan tulangan baja pada beton (*bonding failure*).

Kata Kunci : Tulangan Baja, Kedalaman Penjangkaran, Kuat Lekat, Beton Mutu Tinggi, Beton Normal, dan Beton Ringan.

PENDAHULUAN

Salah satu dasar anggapan yang digunakan dalam perancangan dan analisis struktur beton bertulang ialah bahwa ikatan antara baja dan beton yang mengelilinginya berlangsung sempurna tanpa terjadi penggelinciran atau pergeseran. Berdasarkan atas anggapan tersebut dan juga sebagai akibat lebih lanjut, pada waktu komponen struktur beton bertulang bekerja menahan beban akan timbul tegangan lekat yang berupa *shear interlock* pada permukaan singgung antara batang tulangan dengan beton (Dipohusodo, 1994).

Tegangan lekat antara beton dan tulangan dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu ikatan antara hasil reaksi pengerasan beton akibat hidrasi semen yang merekatkan antara beton dan tulangan pada seluruh bidang kontak, tahanan geser terhadap gelinciran dan saling mengunci pada saat elemen penguat atau tulangan mengalami tegangan tarik. Mekanisme ini terbentuk karena adanya permukaan yang tidak beraturan pada bidang kontak antara beton dan tulangan.

Selain faktor diatas tegangan lekat juga dipengaruhi oleh Efek penjangkaran dapat berupa panjang penjangkaran. Penambatan atau penjangkaran akan berlangsung dengan baik apabila batang tulangan tersebut tertanam kokoh didalam beton pada jarak kedalaman tertentu yang disebut sebagai panjang penyaluran batang tulangan baja.

Kegagalan penjangkaran tulangan ada dua macam yaitu tercabutnya tulangan dari beton dan meleleh (putusnya) tulangan, hal ini ditentukan oleh kedalaman penjangkaran dan besarnya tekan beton dan baja. Hilangnya lekatan antara beton dan baja tulangan pada struktur mengakibatkan keruntuhan total pada balok. Untuk menghindari hal tersebut perlu ditinjau nilai kuat lekat beton dan baja tulangan agar diperoleh keseimbangan gaya antara baja tulangan dan beton, yaitu gaya-gaya yang dapat ditahan antara baja tulangan dan beton sama dengan

gaya yang dapat ditahan baja tulangan pada batas leleh. Sehingga kegagalan sistem penjangkaran yang terjadi diupayakan berupa lelehnya tulangan baja bukan tercabutnya tulangan dari beton, agar keruntuhan daktil dapat terpenuhi. Kekuatan ankur atau penjangkaran pada beton yang memuat pada standar-standar biasanya mengasumsikan lekatan itu seragam namun asumsi ini tidak sepenuhnya benar karena tegangan lekatan dipengaruhi oleh kedalaman penjangkaran (Hariyadi, 2016).

TINJAUAN PUSTAKA

Brian Tumiwa (2016) melakukan penelitian pemeriksaan tegangan lekatan antara baja dan beton dengan kuat tekan 40 MPa. Penelitian ini menggunakan benda uji silinder yang menunjukkan bahwa benda uji mengalami keruntuhan lekatan (*bond stress failure*). Yaitu terjadinya retak pada arah melintang (*transverse failure*) dan retak beton arah memanjang (*splitting failure*) pada benda uji. Nilai tegangan lekat yang didapat sebesar 15.3 MPa pada beton dengan kuat tekan 40 MPa.

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 perlu ada lekatan yang baik antara beton dengan tulangan, dan penutup beton yang cukup tebal. Baja tulangan dapat menyalurkan gaya sepenuhnya melalui ikatan baja di dalam beton hingga suatu kedalaman tertentu yang dinyatakan dengan panjang penyaluran (Vis. 1993).

Pengujian kuat lekat baja tulangan mengalami penurunan kuat lekat untuk penambahan proporsi agregat kasar daur ulang 20%, 40%, 60%, 80% dan 100%. Pada baja tulangan polos penurunannya berturut-turut sebesar 4,946%, 9,115%, 10,004%, 11,857% dan 14,724%, sedangkan untuk penurunan baja tulangan ulir sebesar 4,018%, 7,402%, 8,635%, 8,866% dan

8,931% jika dibandingkan dengan beton yang menggunakan agregat kasar batu pecah. (L. Agil Hidayat P., 2017).

Landasan Teori

Beton adalah campuran semen portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan campuran tambahan (SNI-03-287-2013). Beton merupakan material yang menyerupai batu diperoleh dengan membuat suatu campuran. Campuran dengan proporsi tertentu dari semen, pasir dan agregat lainnya dan air untuk membuat campuran tersebut menjadi keras dalam cetakan sesuai dengan bentuk yang diinginkan. Salah satu kekuatan beton adalah termasuk bahan yang berkekuatan tinggi. Bila dibuat dengan cara yang baik, kuat tekannya dapat sama dengan batuan alami (Tjokorodimoljo, 2007).

Beton normal adalah beton yang mempunyai berat isi 2200-2500 kg/m³ menggunakan agregat alam yang dipecah atau tanpa dipecah yang tidak menggunakan bahan tambahan.

Beton ringan struktural adalah beton yang memakai agregat ringan atau campuran agregat kasar ringan dan pasir sebagai pengganti agregat halus ringan dengan ketentuan tidak boleh melampaui berat isi maksimum beton 1850 kg/m³ kondisi kering permukaan jenuh dan harus memenuhi persyaratan kuat tekan dan kuat tarik belah beton ringan untuk tujuan struktural (SNI 03-3449-2002).

Beton mutu tinggi (*high strength concrete*) yang tercantum dalam SNI 03-6468-2000 didefinisikan sebagai beton yang mempunyai kuat tekan yang disyaratkan lebih besar sama dengan 41,4 MPa.

Kekuatan Tekan Beton

Menurut SNI 03-1974-2011 kuat tekan beban beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin

tekan. Tegangan tekan maksimum f'_c dapat dirumuskan :

$$f'_c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(1)$$

Dengan :

- f'_c = kuat tekan beton (MPa)
- P = beban maksimum (N)
- A = luas penampang benda uji (mm²)

Modulus Elastisitas Beton

Modulus elastisitas yaitu rasio tegangan normal terhadap regangan terkait untuk tegangan tarik atau tekan di bawah batas proporsional material (SNI 03-2847-2013). ASTM C469 (2010) memberikan rumus yang digunakan untuk menghitung modulus elastisitas beton secara eksperimen sebagai berikut :

$$Ec = \left(\frac{S_2 - S_1}{\epsilon_2 - 0,00005} \right) \dots\dots\dots(2)$$

Dengan :

- Ec = Nilai Modulus Elastisitas (MPa)
- S_1 = Tegangan pada saat Regangan 0,00005 (MPa)
- S_2 = Tegangan pada saat 40% dari Beban Maksimum (MPa)
- ϵ_2 = Regangan pada saat S_2

Menurut SNI 02-2847-2013, untuk berat isi beton (W_c) antara 1440 sampai 2560 kg/m³ modulus elastisitas dapat dihitung dengan rumus :

$$Ec = wc^{1,5} 0,043 \sqrt{f'_c} \dots\dots\dots(3)$$

Dengan :

- Ec = Modulus Elastisitas (MPa)
- W_c = Berat Volume Beton (kg/m³)
- f'_c = Kuat Tekan Beton (MPa)

Kekuatan Geser Beton

Kuat geser sulit untuk ditentukan secara eksperimental dibanding kuat mekanis lainnya karena kesulitan mengisolasi geser dari kuat lain. Kuat geser dari berbagai studi eksperimental menunjukkan variasi 20 hingga 85 persen dibandingkan dengan kuat tekan. (Nawy, 1998).

Kuat geser dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$F_{geser} = \frac{P}{bn} \dots\dots\dots(4)$$

Dengan :

- F_{geser} = kuat geser (MPa)
- P = beban maksimum (N)
- b = lebar tampang lintang patah arah horizontal (mm)
- h = lebar tampang lintang patah arah vertikal (mm)

Tulangan Baja

Tulangan baja yang biasanya berupa batang baja bulat, diletakkan di dalam beton, khususnya didaerah tarik yang timbul dari beban eksternal yang bekerja pada struktur beton. Mengingat beton kuat menahan tekan dan lemah menahan tarik, maka dalam penggunaannya sebagai komponen struktur bangunan, umumnya beton diperkuat dengan tulangan yang mampu menahan gaya tarik.

Berdasarkan bentuknya, tulangan baja terdiri dari tulangan baja polos dan tulangan baja ulir. Baja tulangan ulir itu merupakan batang tulangan baja yang permukaannya dikasarkan secara khusus, diberi sirip teratur dengan pola tertentu.

Konsep Dasar Lekatan Penjangkaran

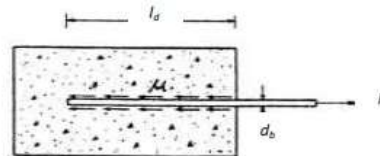
Menurut Wang & Salmon (1990), bahwa berapapun jumlah luas tulangan yang disediakan, tulangan-tulangan akan terlepas keluar apabila tidak diankerkan atau dijangkarkan dengan memadai ke dalam beton. Untuk itu perlu penjangkaran sehingga gaya tarik yang timbul dapat ditahan oleh lekatan antara baja dan beton disekelilingnya.

Panjang penyaluran atau panjang penjangkaran adalah panjang minimal tulangan tertanam yang diperlukan untuk menahan gaya dari baja tulangan sampai kondisi tegangan mengalami kelelahan. *Bond strength* tercapai bila salah satu dari hal berikut terjadi:

- 1) Benda uji retak atau hancur dan beban yang diberikan menjadi nol.
- 2) Titik leleh dari baja tercapai berdasarkan perhitungan perpanjangan baja.
- 3) Slip yang timbul antara baja dan beton pada saat pembebanan sebesar 2,5 mm. Namun biasanya jarang terjadi slip sebesar 2,5 mm. Ini di karenakan sebelum slip

mencapai 2,5 mm beton terlebih dahulu hancur.

Berdasarkan Nawy (2008), percobaan *pull-out* dapat memberikan perbandingan yang baik antara efisiensi lekatan berbagai jenis permukaan tulangan dan panjang penjangkarannya (*embedment length*).



Gambar 1 Tegangan Lekat Penjangkaran Tarik

Untuk menjamin lekatan antara baja tulangan dan beton tidak mengalami kegagalan, diperlukan adanya syarat panjang penjangkaran dengan menggunakan persamaan:

$$P = \mu \cdot l_d \cdot \pi \cdot d_b \dots\dots\dots(5)$$

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

$$A \cdot f_y = \mu \cdot l_d \cdot \pi \cdot d_b \dots\dots\dots(6)$$

Dengan luas penampang tulangan adalah $A = \frac{1}{4} \pi d_b^2$, maka :

$$\frac{1}{4} \pi d_b^2 \cdot f_y = \mu \cdot l_d \cdot \pi \cdot d_b \dots\dots\dots(7)$$

Sehingga tegangan lekat rata-ratanya :

$$\mu = \frac{d_b f_y}{4l_d} \dots\dots\dots(8)$$

Pada PBI 1971 perbandingan panjang penyaluran tulangan baja polos terhadap panjang penyaluran tulangan baja ulir pada tegangan yang sama besar adalah faktor pengali dua, sehingga tegangan lekat rata-rata untuk tulangan baja polos didapat :

$$\mu = \frac{d_b f_y}{8l_d} \dots\dots\dots(9)$$

Dengan :

- P = Gaya Tarik (N)
- μ = Kuat Lekat (MPa)
- l_d = Panjang Penyaluran (mm)
- d_b = Diameter Tulangan (mm)
- A = Luas Penampang Tulangan Baja (mm^2)
- f_y = Tegangan Leleh Baja (MPa)

Untuk perhitungan panjang penyaluran berdasarkan persamaan umum dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$l_d = \frac{d_b f_y}{4\mu} \dots\dots\dots(2.10)$$

Karena panjang penyaluran untuk tulangan baja polos dua kali panjang penyaluran ulir, maka panjang penyaluran tulangan baja polos dapat dihitung dengan persamaan :

$$l_d = \frac{d_b f_y}{2\mu} \dots\dots\dots(2.11)$$

Dalam SNI 03-2847-2013 panjang penyaluran untuk tulangan baja ulir dapat ditentukan dengan rumus :

$$l_d = \frac{d_b f_y}{2,1 \sqrt{f'c}} \dots\dots\dots(2.12)$$

Karena panjang penyaluran untuk tulangan baja polos dua kali panjang penyaluran tulangan baja ulir, maka panjang penyaluran tulangan baja polos dapat ditentukan dengan rumus :

$$l_d = 2 \times \frac{d_b f_y}{2,1 \sqrt{f'c}} \dots\dots\dots(2.13)$$

Keruntuhan lekatan antara baja tulangan dan beton yang mungkin terjadi pada saat dilakukan pengujian biasanya ditunjukkan oleh salah satu atau lebih dari peristiwa berikut ini (Nuryani TA, 2005)

1. *Pull Out Failure atau Slip* yaitu kondisi dimana baja tulangan tercabut dari beton tanpa mengalami retak yang diakibatkan komponen tegangan geser yang memecah lekatan antara baja tulangan dan beton.
2. Baja tulangan mencapai leleh yaitu apabila baja tulangan meleleh diikuti oleh kontraksi atau pengecilan diameter tulangan, hal ini mengakibatkan tidak berfungsinya lekatan terhadap beton yang mengelilinginya, sehingga akan menurunkan atau bahkan hilangnya daya lekatan antara baja tulangan dan beton.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Struktur dan Bahan, Fakultas Teknik, Universitas Mataram.

Alat dan Bahan Penelitian

Beberapa alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi alat untuk mempersiapkan material dan benda uji

untuk pengujian berupa timbangan, ayakan, mesin Siever, Nampan dan sikat, Gelas ukur, Piknometer, Oven, Mesin *Los Angeles*, *Slump test apparatus*, cetakan benda uji, alat *capping*, tongkat penumbuk, mesin uji tekan dan uji tarik belah (*Compression Testing Machine*), mesin uji *pull-out*, peralatan penunjang lain yang dibutuhkan.

Untuk kelancaran penelitian diperlukan beberapa bahan yang digunakan untuk mencapai maksud dan tujuan penelitian. Adapun bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- a) Semen Portland tipe 1.
- b) Agregat Halus (Pasir)
- c) Agregat Kasar berupa batu pecah dan batu apung
- d) Superplasticizer (*Sika Viscocrete 3115 N*)
- e) Air
- f) Baja tulangan diameter 10 mm dengan kuat leleh baja (f_y) 328 MPa.

Tahapan Penelitian

Tahap Perisapan

Pada tahapan ini yaitu mengumpulkan bahan yang diperlukan, yaitu semen, pasir, dan agregat kasar. Sedangkan untuk air yang digunakan adalah air bersih di Laboratorium Struktur dan Bahan Fakultas Teknik.

Tahap Pengujian Bahan

Jenis bahan yang akan diuji untuk keperluan penelitian ini yaitu pasir, kerikil dan dan batu apung. Pemeriksaan agregat ini dilakukan untuk mengetahui kondisi jenuh kering muka atau SSD (*Saturated Surface Dry*), berat satuan, berat jenis, penyerapan air, kadar lumpur dan gradasi.

Kebutuhan Benda Uji

Dalam penelitian ini digunakan benda uji berbentuk silinder berukuran 150 x 300 mm untuk kuat tekan dan benda uji berbentuk *double L* berukuran 300 x 200 x 75 mm untuk kuat geser. Penelitian ini menggunakan 3 benda uji

untuk masing-masing variasi pengujian kuat tekan dan kuat geser, dan 45 benda uji untuk uji lekat dengan masing masing jenis beton 15 benda uji.

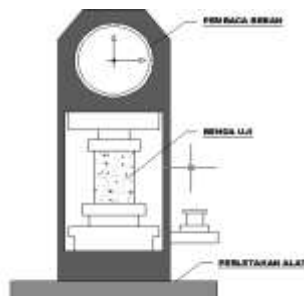
Perawatan Benda Uji

Dalam penelitian ini perlakuan perawatan beton ringan terhadap benda uji dilakukan dengan cara merendam benda uji selama 7 hari lalu diangkat dan kemudian beton dilindungi dengan karung basah selama 21 hari, setelah beton berumur 28 hari maka beton siap untuk diuji. Sedangkan untuk perawatan beton normal dan beton mutu tinggi dilakukan dengan merendam benda uji di dalam air selama selama 28 hari.

Pengujian Benda Uji

Pengujian Kuat Tekan Beton dan Modulus Elastisitas

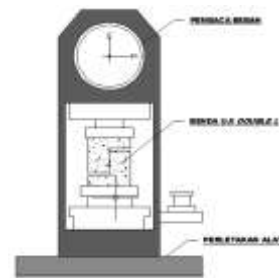
Pelaksanaan pengujian kuat tekan dilakukan setelah beton berumur 28 hari. Maksud dari penelitian ini adalah untuk memperoleh nilai kuat tekan beton dengan menggunakan alat *Compression Testing Machine*.



Gambar 2 Sketsa Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat geser beton

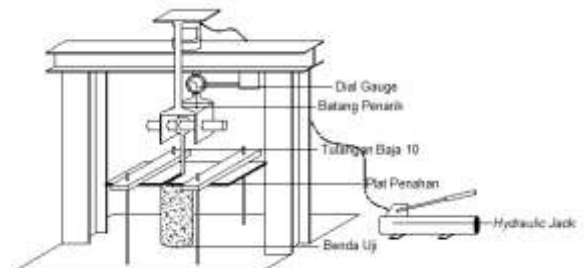
Pelaksanaan pengujian kuat geser dilakukan setelah beton berumur 28 hari dengan benda uji berbentuk double L berukuran 300 x 200 x 75 mm. Balok *double L* diletakkan pada alat *Compression Testing Machine*. Pembacaan beban dilakukan pada beban maksimum sampai balok tersebut runtuh.



Gambar 3 Sketsa Pengujian Kuat Geser Beton

Pengujian Kuat Lekatan

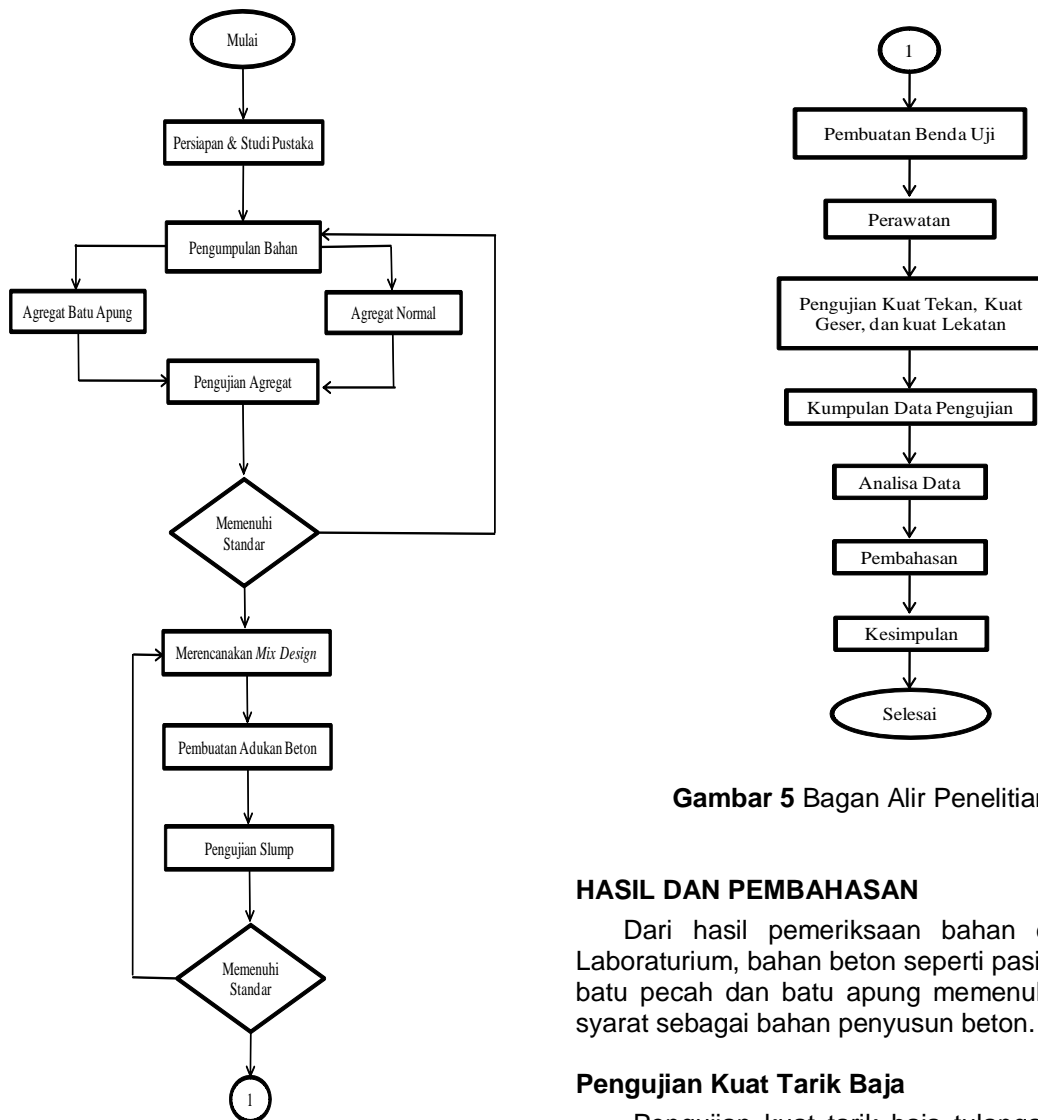
Pengujian kuat lekat (*bond strength*) dilakukan dengan cara menempatkan silinder beton pada *loading frame* yang dilengkapi dengan *hydraulic jack* dan *load cells*, kemudian batang tulangan yang tertanam pada silinder ditarik sampai tercabut (*Pull-Out Test*). Variasi panjang tulangan yang tertanam yaitu 50 mm, 100 mm, 150 mm, 200 mm, dan 250 mm dengan diameter tulangan baja 10 mm. Pengujian ini dilakukan terhadap benda uji yang telah berumur 28 hari dengan cara menarik baja tulangan yang tertanam pada silinder beton.



Gambar 4 Sketsa Pengujian Kuat Lekat Beton

Bagan Alir Penelitian

Untuk mempermudah proses penelitian, berikut disajikan beberapa proses dari penelitian ini:



Gambar 5 Bagan Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil pemeriksaan bahan di Laboraturium, bahan beton seperti pasir, batu pecah dan batu apung memenuhi syarat sebagai bahan penyusun beton.

Pengujian Kuat Tarik Baja

Pengujian kuat tarik baja tulangan baja ini dilakukan untuk mengetahui nilai tegangan baja pada saat mengalami kondisi leleh dan kondisi maksimum. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan alat *UTM (Universal Testing Machine)*. Hasil pengujian kuat tarik baja dapat dilihat pada tabel berikut :

No	Diameter (mm)	A (mm ²)	Kalibrasi Alat	P (N)	Tegangan Leleh (N/mm ²)	p (N)	Tegangan Maksimum (N/mm ²)
1	9,87	76,51	1,107	20570	298	29480	427
2	9,84	76,05	1,107	20330	296	29100	424
3	9,83	75,89	1,107	26840	392	39020	569
Rata-Rata					328		473

Dari tabel tersebut menunjukkan bahwa baja tulangan mengalami tegangan leleh rata-rata sebesar 298 MPa dan 473 MPa untuk tegangan maksimum.

Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan beton dimaksudkan untuk memperoleh beban maksimum yang mampu didukung oleh silinder beton. Hasil pengujian kuat lekat dari beton mutu tinggi, beton normal dan beton ringan yang diperoleh sebesar 61,657 MPa, 26,303 MPa dan 10, 276 MPa dengan kuat tekan rencana sebesar 50 MPa, 20 MPa, dan 10 MPa. Dari hasil tersebut kuat tekan yang diperoleh lebih besar dari kuat tekan rencana untuk semua jenis beton.

Pengujian Modulus Elastisitas

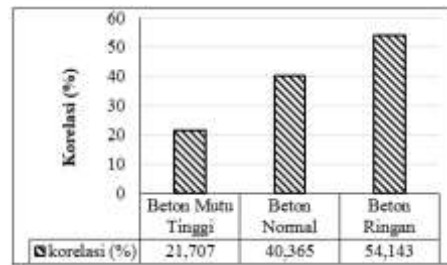
Pengujian modulus elastisitas beton dilaksanakan bersamaan dengan pengujian kuat tekan beton dengan menggunakan *dial gauge*. Hasil yang tercatat pada pengujian ini dengan membaca berapa beban yang bekerja dan berapa besar penurunan yang terjadi pada benda uji sampai menyebabkan benda uji hancur atau runtuh. Nilai modulus elastisitas yang didapat pada penelitian ini sebesar 40093,123 MPa untuk beton mutu tinggi, 23401,315 MPa untuk beton normal dan 9692,199 MPa untuk beton ringan. Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi mutu beton nilai modulus elastisitas yang dihasilkan semakin besar.

Pengujian Kuat Geser

Pengujian kuat geser beton dilakukan dengan menggunakan *Compression Testing Machine* setelah benda uji berumur 28 hari dengan ukuran benda uji 30 x 20 x 7,5 cm. Kuat geser yang diperoleh pada beton mutu tinggi sebesar 13,555 MPa, 10,617 MPa untuk beton normal dan 5,696 MPa untuk beton ringan.

Hubungan Kuat Geser dengan Kuat Tekan

Hasil pengujian kuat geser selanjutnya dibandingkan dengan hasil pengujian kuat tekan. Pada penelitian ini pengujian kuat tekan silinder beton yang sudah dibuat kemudian dibandingkan dengan hasil pengujian kuat geser beton.

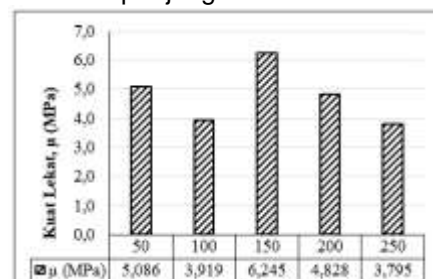


Gambar 6 Hubungan antara Kuat Geser dengan Kuat Tekan Beton

Hubungan antara kuat geser dan kuat tekan beton tidak konsisten pada setiap jenis beton. Sehingga korelasi kuat geser dan kuat tekan untuk beton mutu tinggi yang didapat adalah $F_{geser} = (21,707\%) \times f'_c$, untuk beton normal didapatkan korelasi kuat geser dan kuat tekan adalah $F_{geser} = (40,365\%) \times f'_c$, dan $F_{geser} = (54,143\%) \times f'_c$ untuk korelasi kuat geser dan kuat tekan beton ringan. Dari hasil pengujian menunjukkan semakin tinggi kuat tekan beton maka persentase kuat geser yang dihasilkan semakin rendah.

Pengujian Kuat Lekat Beton Mutu Tinggi

Hasil pengujian kuat lekat beton mutu tinggi pada semua variasi kedalaman penjangkaran.

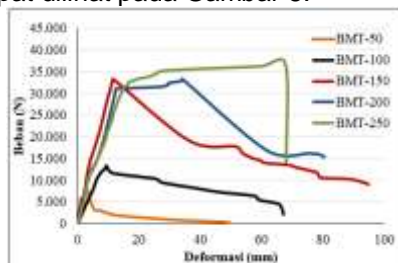


Gambar 7 Hasil Pengujian Kuat Lekat Beton Mutu Tinggi

Dari hasil pengujian didapatkan nilai kuat lekat dari kedalaman penjangkaran 50 mm ke 100 mm mengalami penurunan, sedangkan dari kedalaman penjangkaran 100 mm sampai 150 mm mengalami kenaikan yang cukup signifikan. Untuk kedalaman 150 mm sampai 250 mm nilai kuat lekat yang didapat mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena pada kedalaman penjangkaran yang dangkal tulangan

baja diduga belum mengalami plastis, sedangkan pada kedalaman penjangkaran yang dalam beton diduga sudah mengalami plastis. Tulangan baja mengalami plastis dengan bertambahnya kedalaman penjangkaran tidak banyak mempengaruhi kemampuan beban menahan gaya tarik akibat plastis, lebih lanjut tegangan lekatnya akan menurun yang disebabkan oleh baja yang mengalami plastis diameter tulangnya mengecil sehingga kehilangan lekatan dibagian baja yang mengalami plastis.

Untuk grafik hubungan antara beban-deformasi pada beton mutu tinggi dapat dilihat pada Gambar 8.



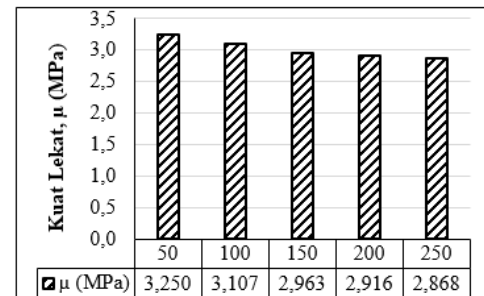
Gambar 8 Hubungan Beban-Deformasi Beton Mutu Tinggi

Berdasarkan Gambar 8 menunjukkan beban maksimum pada saat tegangan baja luluh yang didapatkan pada setiap kedalaman penjangkaran berbeda-beda. Pada kedalaman penjangkaran 50 dan 100 mm beban maksimum dan deformasi yang didapatkan tidak memiliki perbedaan yang signifikan. Sedangkan dari kedalaman penjangkaran 100 mm sampai 150 mm beban yang dihasilkan memiliki perbedaan yang cukup jauh dengan perbedaan nilai deformasi yang cukup jauh. Untuk kedalaman penjangkaran 150 sampai 250 mm beban maksimum yang didapatkan tidak memiliki perbedaan yang jauh. Hal ini diduga karena pada kedalaman penjangkaran 200 dan 250 mm diameter tulangan baja mengecil atau tulangan baja mengalami plastis yang mengakibatkan hilangnya lekatan pada bagian tulangan baja yang plastis.

Beton Normal

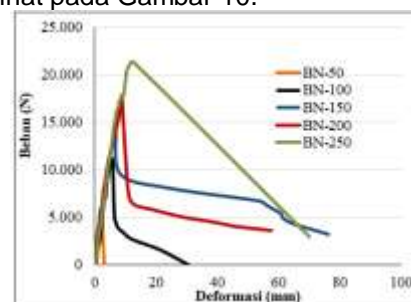
Hasil pengujian kuat lekat beton normal pada semua variasi kedalaman

penjangkaran dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9 Hasil Pengujian Kuat Lekat Beton Normal

Dari Gambar 9 menunjukkan bahwa nilai kuat lekat yang dihasilkan mengalami penurunan seiring dengan semakin besarnya variasi kedalaman penjangkaran. Pada kedalaman penjangkaran 50 sampai 250 mm memiliki perbandingan kuat lekat yang didapatkan tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan dan penurunan lekatannya cenderung stabil. Hal ini disebabkan karena lekatan beton ke baja diseluruh kedalaman merata, sehingga hasil beban tarik mengalami peningkatan yang linier berbanding lurus dengan kedalaman penjangkaran. Untuk grafik hubungan antara beban-deformasi pada beton normal dapat dilihat pada Gambar 10.



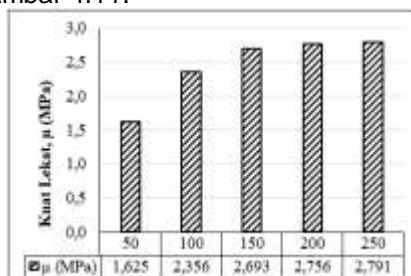
Gambar 10 Hubungan Beban-Deformasi Beton Normal

Berdasarkan Gambar 10 memperlihatkan hubungan antara beban-dengan deformasi pada beton normal. Secara umum, hasil pengujian menunjukkan variasi kedalaman penjangkaran memiliki kemampuan menahan beban yang berbeda. Selain besarnya beban yang berbeda pada tiap kedalaman penjangkaran, deformasi yang terjadi juga menunjukkan hasil

yang berbeda. Dimana beban dari kedalaman 50 sampai 250 mm beban yang dihasilkan mengalami kenaikan. Sedangkan deformasi yang didapatkan pada kedalaman penjangkaran 50 sampai 150 mm memiliki perbedaan yang jauh. Hal ini terjadi karena kekangan pada setiap kedalaman penjangkaran berbeda. Pada kedalaman penjangkaran dangkal tegangan belum mencapai maksimum tetapi tulangan baja sudah lepas. Sedangkan pada kedalaman penjangkaran yang dalam ketika mencapai tegangan maksimum tulangan belum lepas dan distribusi tegangan dianggap merata. Lekatan yang terjadi kemudian berangsur-angsur turun seiring dengan berkurangnya bidang kontak antara beton dan tulangan baja.

Beton Ringan

Hasil pengujian kuat lekat beton ringan pada semua variasi kedalaman penjangkaran dapat dilihat pada Gambar 4.11.

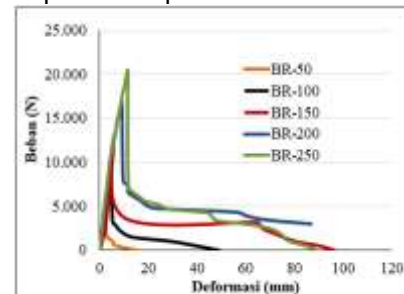


Gambar 11 Hasil Pengujian Kuat Lekat Beton Ringan

Berdasarkan Gambar 11 terlihat bahwa pada kedalaman penjangkaran 50 mm sampai 150 mm kuat lekat yang didapatkan memiliki perbedaan yang cukup jauh. Sedangkan pada kedalaman 150 mm sampai 250 mm kuat lekat yang didapatkan tidak memiliki perbedaan yang signifikan. Hal ini disebabkan karena pada kedalaman penjangkaran yang dangkal beban tarik yang dihasilkan kecil meskipun memiliki kuat geser tinggi. Sedangkan pada kedalaman penjangkaran yang dalam beban tarik yang dihasilkan lebih besar karena kekuatan geser terakumulasi merata. Hal ini menyebabkan kuat lekat yang didapatkan pada beton ringan

mengalami kenaikan seiring dengan meningkatnya kedalaman penjangkaran.

Untuk grafik hubungan antara beban-deformasi pada beton ringan dapat dilihat pada Gambar 12.



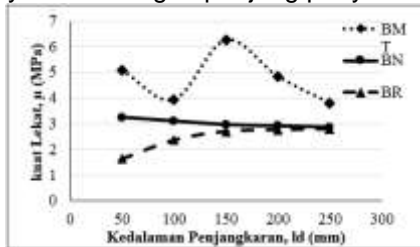
Gambar 12 Hubungan Beban-Deformasi Beton Ringan

Gambar 4.112 menunjukkan hubungan beban tarik maksimum dengan deformasi yang terjadi. Dimana beban tarik maksimum dan deformasi yang dihasilkan berbeda pada setiap kedalaman penjangkaran. Beban tarik yang dihasilkan semakin meningkat seiring dengan meningkatnya kedalaman penjangkaran. Sedangkan deformasi yang dihasilkan dari kedalaman penjangkaran 50 sampai 150 mengalami peningkatan. Pada kedalaman penjangkaran 200 mm deformasi yang dihasilkan lebih kecil daripada deformasi pada kedalaman penjangkaran 150 mm. Hal ini disebabkan karena pada kedalaman penjangkaran dangkal beban tarik yang dihasilkan belum optimal. Sedangkan pada kedalaman penjangkaran yang dalam beban tarik yang dihasilkan sudah optimal tetapi tulangan baja belum lepas dan distribusi tegangannya terakumulasi merata.

Hubungan Kuat Lekat dengan Kedalaman Penjangkaran

Panjang penyaluran adalah panjang yang diperlukan untuk mengembangkan tegangan baja hingga mencapai tegangan luluh, merupakan fungsi dari tegangan leleh, diameter dan tegangan lekat baja tulangan dengan beton. Panjang penyaluran menentukan tahanan terhadap tergelincirnya tulangan dari ikatan dengan beton. Agar batang dapat menyalurkan gaya

sepenuhnya melalui ikatan, maka baja harus tertanam didalam beton hingga suatu kedalaman tertentu yang dinyatakan dengan panjang penyaluran.



Gambar 13 Hubungan Kuat Lekat dengan Kedalaman Penjangkaran

Pada beton mutu tinggi tegangan lekat maksimum yang dihasilkan saat baja luluh berada pada kedalaman penjangkaran 150 mm dan tegangan minimum berada pada kedalaman penjangkaran 250 mm. Hal ini disebabkan karena pada kedalaman penjangkaran yang dangkal beban yang didapatkan kecil karena lekatan yang terjadi belum optimal. Ketika kedalaman penjangkaran diperpanjang dalam kedalaman tertentu (dalam hal ini kedalaman penjangkaran 150 mm) diperoleh kuat lekat maksimum. Jika kedalaman diperdalam diduga tulangan baja sudah mengalami plastis, sehingga lekatan pada bagian tulangan baja yang plastis hilang karena mengecilnya diameter tulangan baja.

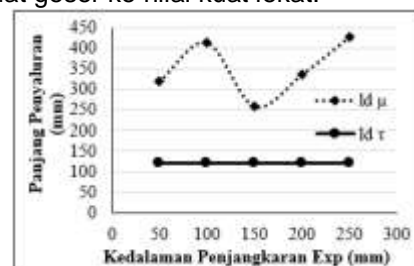
Pada beton normal tegangan lekat yang didapatkan mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya kedalaman penjangkaran. Lekatan beton ke baja pada seluruh kedalaman penjangkaran bersifat merata, sehingga hasil beban tarik mengalami peningkatan yang linier berbanding lurus dengan kedalaman penjangkaran.

Pada beton ringan kedalaman penjangkaran yang dangkal beban tarik yang dihasilkan kecil meskipun memiliki kuat geser tinggi karena distribusi tegangan yang dihasilkan belum sempurna. Sedangkan pada kedalaman penjangkaran yang dalam beban tarik yang dihasilkan lebih besar karena kekuatan geser yang dihasilkan terakumulasi merata. Hal ini menyebabkan kuat lekat yang didapatkan pada beton ringan

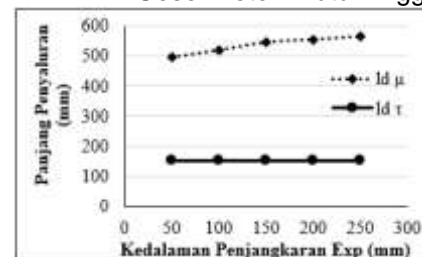
mengalami kenaikan seiring dengan meningkatnya kedalaman penjangkaran.

Hubungan Kuat Geser dengan Kedalaman Penjangkaran

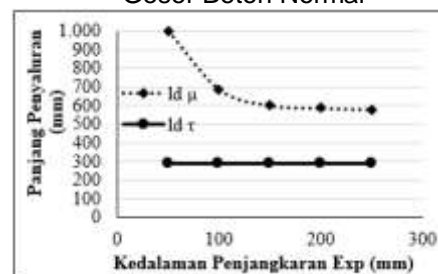
Hasil pengujian kuat geser selanjutnya dibandingkan dengan hasil pengujian kuat lekat beton yaitu dengan membuat hubungan antara kedalaman penjangkaran berdasarkan kuat geser dan kuat lekat beton. Nilai kedalaman penjangkaran kuat geser beton diasumsikan dengan mensubstitusi nilai kuat geser ke nilai kuat lekat.



Gambar 14 Hubungan Panjang Penyaluran Kuat Lekat dan Panjang Penyaluran Kuat Geser Beton Mutu Tinggi



Gambar 15 Hubungan Panjang Penyaluran Kuat Lekat dan Panjang Penyaluran Kuat Geser Beton Normal



Gambar 16 Hubungan Panjang Penyaluran Kuat Lekat dan Panjang Penyaluran Kuat Geser Beton Ringan

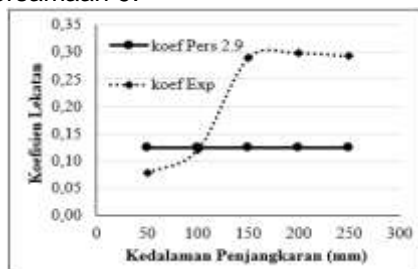
Berdasarkan Gambar 14 sampai 16 hubungan panjang penjangkaran kuat lekat dengan kuat geser untuk beton

mutu tinggi, beton normal dan beton ringan diperoleh bahwa panjang penyaluran lekatan lebih besar daripada panjang penyaluran kuat geser untuk beton mutu tinggi, beton normal dan beton ringan. Hal ini menunjukkan bahwa keruntuhan benda uji terjadi pada lekatan antara tulangan baja dengan beton.

Analisis Nilai Koefisien Kuat Lekat

Beton Mutu Tinggi

Hasil pengujian kuat lekatan tulangan polos pada masing-masing kedalaman penjangkaran selanjutnya digunakan untuk menganalisis nilai koefisien lekatan dari hasil eksperimen. Nilai koefisien lekatan dari hasil eksperimen kemudian dibandingkan dengan nilai koefisien lekatan dari Persamaan 9.



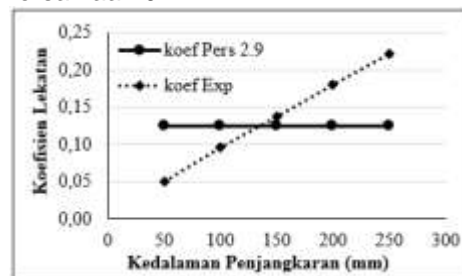
Gambar 17 Hubungan Kedalaman Penjangkaran dengan Koefisien Lekatan Beton Mutu Tinggi

Dari Gambar 17 menunjukkan bahwa pada kedalaman 50 dan 100 mm nilai koefisien kuat lekatan tidak berlaku. Dimana dalam hal ini menandakan bahwa lekatan pada kedalaman 50 dan 100 mm tidak berlangsung sempurna karena nilai koefisien lekatan yang didapat lebih kecil dari Persamaan 9 yaitu sebesar 0,125. Untuk kedalaman 150, 200, dan 250 mm dapat dinyatakan kuat lekatan berlangsung sempurna karena nilai koefisien lekatannya lebih besar dari standar 0,125. Sehingga koefisien lekatan 0,125 berlaku pada beton mutu tinggi mulai dari kedalaman penjangkaran 150 sampai 250 mm.

Beton Normal

Hasil pengujian kuat lekatan tulangan polos pada masing-masing

kedalaman penjangkaran selanjutnya digunakan untuk menganalisis nilai koefisien lekatan dari hasil eksperimen. Nilai koefisien lekatan dari hasil eksperimen kemudian dibandingkan dengan nilai koefisien lekatan dari Persamaan 9.

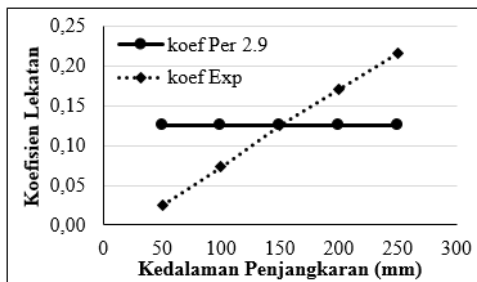


Gambar 18 Hubungan Kedalaman Penjangkaran dengan Koefisien Lekatan Beton Normal

Hasil yang ditunjukkan pada Gambar 4.25 yaitu nilai koefisien lekatan mulai berlaku pada kedalaman penjangkaran 150 sampai 250 mm. Hal ini terbukti pada kedalaman penjangkaran 150 sampai 250 mm lekatan yang terjadi dapat dinyatakan berlangsung sempurna, dengan nilai koefisien lekatan yang diperoleh dari hasil eksperimen pada kedalaman tersebut lebih besar dari nilai koefisien Persamaan 9 yaitu 0,125. Sedangkan pada kedalaman penjangkaran 50 dan 100 mm lekatan yang terjadi tidak berlangsung sempurna karena nilai koefisien lekatan yang diperoleh dari hasil eksperimen lebih kecil dari 0,125 yaitu nilai koefisien lekatan dari Persamaan 9.

Beton Ringan

Hasil pengujian kuat lekatan tulangan polos pada masing-masing kedalaman penjangkaran selanjutnya digunakan untuk menganalisis nilai koefisien lekatan dari hasil eksperimen. Nilai koefisien lekatan dari hasil eksperimen kemudian dibandingkan dengan nilai koefisien lekatan dari Persamaan 9

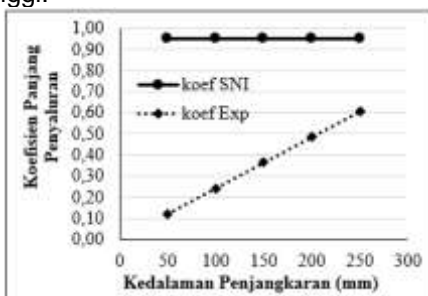


Gambar 19 Hubungan Kedalaman Penjangkaran dengan Koefisien Lekatan Beton Ringan

Pada Gambar 19 tertera perbandingan antara nilai koefisien lekatan dari eksperimen dengan nilai koefisien lekatan pada Persamaan 9. Nilai koefisien lekatan muali berlaku pada kedalaman 150 sampai 250 mm, sedangkan pada kedalaman 50 dan 100 mm nilai koefisien lekatan tidak berlaku. Hal ini terjadi karena pada kedalaman 150 sampai 250 mm koefisien lekatan yang diperoleh dari eksperimen lebih besar dari 0,125 yang menandakan bahwa pada kedalaman ini lekatan dapat dikatakan berlangsung dengan sempurna. Sedangkan pada kedalaman 50 dan 100 mm nilai koefisien yang diperoleh lebih kecil dari 0,125 yang menandakan bahwa lekatan yang terjadi pada kedalaman ini tidak berlangsung secara sempurna.

Nilai Koefisien Panjang Penyaluran Beton Mutu Tinggi

Hasil perhitungan nilai koefisien panjang penyaluran pada beton mutu tinggi.

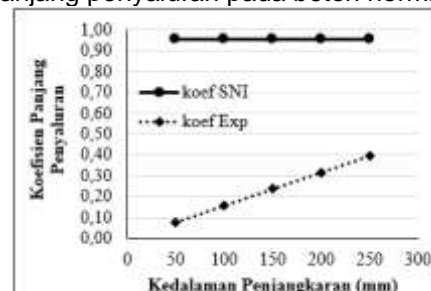


Gambar 20 Perbandingan Nilai Koefisien Panjang Penyaluran Hasil Eksperimen dengan Hasil SNI pada Beton Mutu Tinggi

Hasil yang ditunjukkan pada Gambar 20 bahwa nilai koefisien panjang penyaluran dari Persamaan 13 lebih besar dari nilai koefisien panjang penyaluran hasil eksperimen. Pada kedalaman penjangkaran 50, 100 dan 150 mm didapatkan nilai koefisien panjang penyaluran sebesar 8, 4 dan 3 kali dari nilai koefisien panjang penyaluran Persamaan 13. Sedangkan pada kedalaman penjangkaran 200 dan 250 mm didapatkan nilai koefisien panjang penyaluran hasil eksperimen 2 kali nilai koefisien panjang penyaluran pada Persamaan 13. Hal ini menunjukkan bahwa nilai *safety factor* yang diberikan dalam SNI 2847 2013 untuk panjang penyaluran berkisar dari 2 sampai 8 kali untuk kedalaman penjangkaran 50 sampai 250 mm.

Beton Normal

Hasil perhitungan nilai koefisien panjang penyaluran pada beton normal.



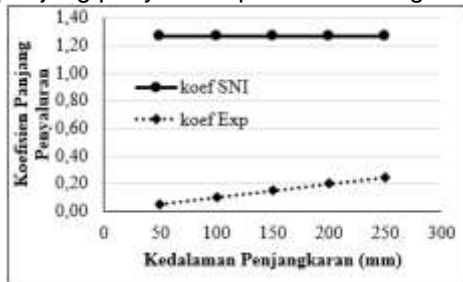
Gambar 21 Perbandingan Nilai Koefisien Panjang Penyaluran Hasil Eksperimen dengan Hasil SNI pada Beton Normal

Berdasarkan Gambar 21 dapat dilihat bahwa nilai koefisien panjang penyaluran yang didapat dari eksperimen memiliki perbandingan yang cukup jauh dari nilai koefisien panjang penyaluran yang dihasilkan dari Persamaan 13. Dimana nilai koefisien panjang penyaluran pada Persamaan 13 lebih besar 12 kali dari nilai koefisien panjang penyaluran dari hasil eksperimen pada kedalaman 50 mm, sedangkan pada kedalaman 100, 150, 200 dan 250 mm nilai koefisien panjang penyaluran lebih besar 6, 4, 3 dan 2 kali dari nilai koefisien panjang penyaluran dari hasil eksperimen. Hal ini berarti SNI

2847 20013 memberikan nilai 2 sampai 12 kali nilai *safety factor* pada beton normal dengan kedalaman penjangkaran 50 sampai 250 mm.

Beton Ringan

Hasil perhitungan nilai koefisien panjang penyaluran pada beton ringan.

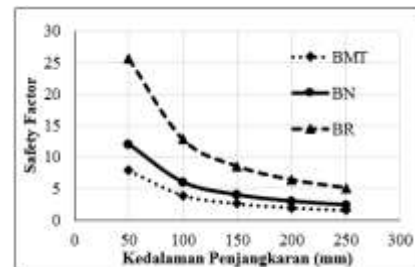


Gambar 22 Perbandingan Nilai Koefisien Panjang Penyaluran Hasil Eksperimen dengan Hasil SNI pada Beton Ringan

Berdasarkan Gambar 22 nilai *safety factor* yang didapat pada semua kedalaman penjangkaran beragam. Hal ini terbukti dengan nilai koefisien panjang penyaluran yang didapat dari hasil eksperimen tidak konstan pada semua kedalaman penjangkaran. Nilai koefisien panjang penyaluran dari eksperimen lebih kecil dari nilai koefisien panjang penyaluran pada Persamaan 13. Pada kedalaman penjangkaran 50 dan 100 mm didapatkan nilai koefisien panjang penyaluran 26 dan 13 kali dari nilai koefisien panjang penyaluran pada Persamaan 13. Untuk kedalaman penjangkaran 150, 200 dan 250 didapatkan nilai panjang penyaluran 9, 6 dan 5 kali dari nilai koefisien panjang penyaluran pada Persamaan 2.13.

Hubungan *Safety Factor* dengan Kedalaman Penjangkaran

Dari tabel hubungan kedalaman penjangkaran dengan koefisien panjang penyaluran dapat dibuat grafik hubungan antara *safety factor* dengan kedalaman penjangkaran baik untuk beton mutu tinggi, beton normal dan beton ringan. Grafik hubungan *safety factor* dengan kedalaman penjangkaran dapat dilihat pada Gambar 23.



Gambar 23 Hubungan Nilai *Safety Factor* dengan Kedalaman Penjangkaran

Dari Gambar 23 menunjukkan bahwa Perbandingan nilai *safety factor* pada beton ringan dengan beton normal dan mutu tinggi cukup signifikan untuk semua variasi kedalaman penjangkaran, dimana nilai *safety factor* beton ringan mendekati 2 kali nilai *safety factor* beton normal dan 3 kali nilai *safety factor* beton mutu tinggi untuk kedalaman penjangkaran 50 mm sampai 200 mm. Sedangkan pada kedalaman penjangkaran 250 mm nilai *safety factor* beton ringan didapatkan 2 kali nilai *safety factor* beton normal maupun beton mutu tinggi. Nilai *safety faktor* maksimum didapatkan pada kedalaman penjangkaran 50 mm untuk semua jenis beton, sedangkan nilai *safety* minimum didapatkan pada kedalaman penjangkaran 250 mm untuk beton normal dan beton ringan. Pada beton mutu tinggi nilai *safety factor* minimum didapatkan pada kedalaman penjangkaran 200 dan 250 mm.

Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa nilai *safety factor* yang didapatkan dari hasil eksperimen pada semua jenis beton lebih kecil dari nilai *safety factor* yang ditetapkan pada SNI 03-2847-2013. Hal ini menandakan bahwa persamaan panjang penyaluran dalam SNI 03-2847-2013 jika diterapkan maka struktur sudah aman baik untuk beton mutu tinggi, beton normal dan beton ringan. Penelitian ini menunjukkan bahwa semakin rendah kedalaman penjangkaran maka nilai *safety factor* yang didapatkan semakin tinggi baik untuk beton mutu tinggi beton normal dan beton ringan.

Ragam Keruntuhan

Setelah pengujian *pull-out test* dilakukan, selanjutnya dilakukan pengamatan terhadap kerusakan yang terjadi pada semua benda uji. Dari pengamatan menunjukkan bahwa pola keruntuhan yang terjadi untuk beton mutu tinggi, beton normal dan beton ringan sama yaitu *bonding failure* (Hariyadi, 2015). Pada semua jenis beton terjadinya kegagalan lekatan tulangan baja pada beton (tulangan tercabut dari beton) dan semua tulangan baja tidak putus. Sedangkan beton tetap dalam kondisi utuh dan tidak ada beton yang menempel pada tulangan baja pada saat tercabut baik pada beton mutu tinggi, beton normal dan beton ringan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian, analisa data dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa :

1. Hubungan kuat tekan dengan kuat geser diperoleh persentase kuat geser terhadap kuat tekan pada beton mutu tinggi, beton normal dan beton ringan berturut-turut sebesar 21,707 %, 40,365% dan 54,143%.
2. Hubungan kuat lekat dengan kedalaman penjangkaran diperoleh :
 - a. Pada beton mutu tinggi diperoleh kuat lekat pada kedalaman penjangkaran 50 mm, 100 mm, 150 mm, 200 mm, dan 250 mm berturut-turut sebesar 5,086 MPa, 3,919 MPa, 6,245 MPa, 4,828 MPa, dan 3,795 MPa.
 - b. Pada beton normal kuat lekat mengalami penurunan dengan nilai kuat lekat pada kedalaman penjangkaran 50 mm, 100 mm, 150 mm, 200 mm, dan 250 mm

berturut-turut sebesar 3,250 MPa, 3,107 MPa, 2,963 MPa, 2,916 MPa, dan 2,868 MPa.

- c. Pada beton ringan kuat lekat mengalami kenaikan dengan nilai kuat lekat pada kedalaman penjangkaran 50 mm, 100 mm, 150 mm, 200 mm, dan 250 mm berturut-turut sebesar 1,625 MPa, 2,356 MPa, 2,693 MPa, 2,756 MPa, dan 2,791 MPa.
3. Hubungan antara kuat geser dengan kedalaman penjangkaran didapatkan panjang penyaluran lekatan lebih besar daripada panjang penyaluran kuat geser pada beban tarik yang sama.
 4. Ragam keruntuhan pada benda uji yaitu *bonding failure* dimana hilangnya lekatan tulangan baja pada beton dan semua tulangan baja tidak putus. Sedangkan beton tetap dalam kondisi utuh dan tidak ada beton yang menempel pada tulangan baja.
 5. Berdasarkan kedalaman penjangkaran didapatkan nilai *safety factor* hasil eksperimen lebih kecil dari nilai *safety factor* yang diberikan dalam persamaan SNI 03-2847-2013.

Saran

Dari hasil pengujian yang dilakukan, ada beberapa saran yang diharapkan mampu melengkapi penelitian selanjutnya, antara lain :

1. Penelitian lebih lanjut mengenai kuat lekat tulangan baja pada beton normal, beton ringan dan beton mutu tinggi dengan variasi diameter tulangan.
2. Pada penelitian selanjutnya sebaiknya penempatan tulangan baja diusahakan harus pada kondisi eksentris.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1971, *PB1 1971 Peraturan Beton Bertulang Indonesia*. Badan Standarisai Nasional.
- Anonim, 2000, *SNI 03-6468-2000 Tata Cara Perancangan Campuran Tinggi dengan Semen Portland dengan Abu Terbang*. Badan Standarisai Nasional.
- Anonim, 2002, *SNI 03-3449-2002 Tata Cara Perancangan Campuran Beton Ringan dengan Agregat Ringan*. Badan Standarisai Nasional.
- Anonim, 2011, *SNI 19742011 Cara Uji Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder*. Badan Standarisai Nasional.
- Anonim, 2013, *SNI 03-2847-2013 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*. Badan Standarisai Nasional.
- Anonim, 2012, *SNI 7656-2012 Tata Cara Pemilihan Campuran untuk Beton Normal, Beton Berat dan Beton Massa*. Badan Standarisai Nasional.
- ASTM C469, 1917 *Standard Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression*
- Dipohusodo, I., 1994. *Struktur Beton Bertulang*. Jakarta: Gramedia.
- Hariyadi., Munemoto, Saturo., and Sonada, Yoshimi. 2016. *Experimental Analysis of Anchor Bolt in Concrete Under the Pull-Out Loading*. Sustainable Civil Engineering Structures and Construction Materials. Elsevier.
- Hariyadi., 2015. *An Analytical Study on the Ultimate Tensile Strength of Anchor Bolt in Concrete Under the Pull-Out Loading*. Disertasi. Universitas Kyushu, Jepang.
- Hidayat P., L.A., 2017. *Pengaruh Proporsi Recycle Agregat Pada Campuran Beton Terhadap Kuat Lekatan (Bond Strength) Tulangan Baja Menggunakan Metode Pull-Out*, Skripsi. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mataram.
- Nawy, E.G., (alih bahasa : Bambang Suryatmojo), 1998, *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*. Refika Aditama, Bandung.
- Nuryani, TA. 2005. *Pengaruh Rasio Tulangan Pada Berbagai Mutu Beton Terhadap Penguatan Tarik Baja Tulangan Beton Bertulang (Tension Stiffening Effect)*. Tesis. Program Pascasarjana Universitas Diponegoro. Semarang.
- Tjokrodimuljo, K., 2007. *Teknologi Beton*. Jogjakarta: Biro Penerbit Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil UGM.
- Tumiwa, B., 2016, *Pemeriksaan Tegangan Lekatan antara Baja dan Beton dengan Kuat Tekan 40 MPa*. Jurnal, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Vis W.C & Kusuma Gideon, *Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang*, Erlangga, Jakarta.
- Wang, C.K & Salmon, C.G., (alih bahasa : Binsar Hariandja), 1986, *Desain Beton Bertulang*, Edisi Keempat. Jakarta: Erlangga.
- Winter G., and Nilson A.H, 1993, *Perencanaan Struktur Beton Bertulang, Pradnya Paramita*, Jakarta.