

TUGAS AKHIR

**STUDI KUAT LEKAT SCC DAN WIREMESH DENGAN
VARIASI PANJANG WIREMESH ARAH HORIZONTAL**

***STUDY OF BOND STRENGTH SCC AND WIREMESH WITH
LENGTH VARIATION OF WIREMESH HORIZONTAL
DIRECTION***

**WILLIAM JONATHAN ANUGERAHANG
D011 17 1515**



**PROGRAM SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
2022**

LEMBAR PENGESAHAN (TUGAS AKHIR)

**STUDI KUAT LEKAT SCC DAN WIREMESH DENGAN VARIASI PANJANG
WIREMESH ARAH HORIZONTAL**

Disusun dan diajukan oleh:

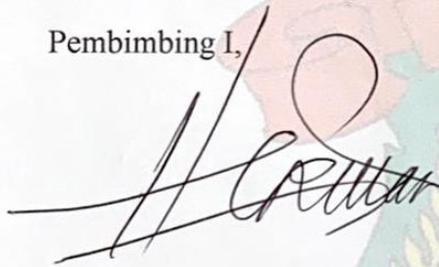
WILLIAM JONATHAN ANUGERAHANG

D011 17 1515

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 21 November 2022 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

menyetujui,

Pembimbing I,



Prof. Dr-Ing. Herman Parung, M.Eng.
NIP: 196207291987031001

Pembimbing II,



Dr. Eng. A. Arwin Amiruddin, ST, MT
NIP: 197912262005011001

Ketua Program Studi,



Prof. Dr. H. M. Wihardi Tjaronge, ST, M.Eng

NIP: 196805092002121002

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini, nama William, dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul "**STUDI KUAT LEKAT SCC DAN WIREMESH DENGAN VARIASI PANJANG WIREMESH ARAH HORIZONTAL**", adalah karya ilmiah penulis sendiri, dan belum pernah digunakan untuk mendapatkan gelar apapun dan dimanapun.

Karya ilmiah ini sepenuhnya milik penulis dan semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Gowa, Agustus 2022

Yang membuat pernyataan,



William Jonathan A.
D011 17 1515

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas segala berkah dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir berjudul "STUDI KEKAKUAN KOLOM PERSEGI BETON BERTULANG DI RETROFIT WIRE MESH DAN SCC AKIBAT BEBAN SIKLIK", sebagai salah satu syarat yang diajukan untuk menyelesaikan studi pada Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Tugas akhir ini disusun berdasarkan hasil penelitian di Laboratorium Struktur dan Bahan Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Penulis ingin menyampaikan terima kasih serta penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. Muh. Isran Ramli, ST., MT., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
2. Bapak Prof. Dr. Muh. Wihardi Tjaronge, ST., M.Eng., selaku Ketua Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
3. Bapak Prof. Dr-Ing. Herman Parung, M.Eng., selaku dosen pembimbing I yang telah banyak meluangkan waktu dan tenaganya untuk membimbing dan mengarahkan dalam penelitian ini.
4. Bapak Dr. Eng. A. Arwin Amiruddin, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing II sekaligus Kepala Laboratorium Struktur dan Bahan Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang

telah banyak meluangkan waktu dan tenaganya untuk membimbing dan mengarahkan dalam penelitian ini.

5. Kedua orang tua tercinta Papa Ronny dan Mama Lince atas segala kasih sayang, pengorbanan, dukungan, serta doa kepada penulis selama ini.
6. Seluruh dosen, staf dan karyawan Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
7. Tim kolom retrofit, Pak Hence selaku ketua tim, Kak Syahrul Satar, Jijim dan Masnia atas kerjasama dan bantuannya selama penelitian berlangsung.
8. Wenny Lay selaku pacar yang sudah mendampingi dan selalu menyemangati dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
9. Athar, Irfan, Rijal, Lulu, Fifi, dan Ryni selaku rekan mukim Gempa 09 yang selalu kompak.

Dalam penulisan tugas akhir ini, penulis menyadari bahwa tulisan ini masih banyak kekurangan. Akhir kata, semoga Tuhan Yang Maha Esa melimpahkan Rahmat-Nya kepada kita, dan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pihak-pihak yang berkepentingan.

Gowa, Agustus 2022

Penulis

ABSTRAK

Dalam perencanaan beton bertulang, lekatan antara beton dan tulangan merupakan salah satu dasar perencanaan. Selain itu SCC memiliki mutu dan kepadatan yang lebih tinggi dari beton biasa. Oleh karena itu dilakukan pengujian *pull-out* untuk mencari tegangan lekat antara SCC dan *wire mesh* sebagai tulangnya.

Tujuan penelitian dari uji *pull-out* SCC dan *wire mesh* ini adalah untuk menganalisis nilai tegangan lekat antara SCC dan *wire mesh* dan untuk mencari panjang penyaluran minimum tulangan berdasarkan tegangan lekatnya. Pada penelitian ini, digunakan spesimen beton silinder ukuran 150x300 mm dan terdapat 4 variasi panjang *wire mesh* arah horizontal yaitu spesimen SS1 tanpa *wire mesh* arah horizontal, spesimen SS2 dengan panjang 37,5 mm, spesimen SS3 dengan panjang 75 mm, dan spesimen SS4 dengan panjang 112,5 mm.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan nilai tegangan lekat rata-rata dari spesimen SS1 sebesar 2,45 MPa, spesimen SS2 sebesar 2,82 MPa, spesimen SS3 sebesar 3,28 MPa, dan spesimen SS4 sebesar 3,92 MPa. Sedangkan untuk nilai panjang penyaluran minimum diperoleh untuk spesimen SS1 sebesar 394,43 mm, spesimen SS2 sebesar 342,46, spesimen SS3 sebesar 294,38 mm, dan spesimen SS4 sebesar 246,27 mm.

Kata Kunci: *pull-out*, lekatan, penyaluran

ABSTRACT

In the design of reinforced concrete, the bond between concrete and reinforcement is one of the basics of planning. In addition, SCC has a higher quality and density than ordinary concrete. Therefore, a pull-out test was carried out to find the adhesive stress between SCC and wire mesh as reinforcement.

The research objectives of the SCC and wire mesh pull-out test are to analyze the value of the bonding stress between SCC and wire mesh and to find the minimum distribution length of reinforcement based on the bond stress. In this study, a cylindrical concrete specimen measuring 150x300 mm was used and there were 4 variations in the length of the wire mesh in the horizontal direction, namely the SS1 specimen without wire mesh in the horizontal direction, the SS2 specimen with a length of 37.5 mm, the SS3 specimen with a length of 75 mm, and the SS4 specimen with a length of 75 mm. 112.5mm.

The results of this study indicate that the average bond stress value of the SS1 specimen is 2.45 MPa, the SS2 specimen is 2.82 MPa, the SS3 specimen is 3.28 MPa, and the SS4 specimen is 3.92 MPa. Meanwhile, the minimum distribution length value was obtained for SS1 specimens of 394.43 mm, SS2 specimens of 342.46, SS3 specimens of 294.38 mm, and SS4 specimens of 246.27 mm.

Kata Kunci: pull-out, bond, distribution

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH Error! Bookmark not defined.	
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
BAB 1. PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah	2
C. Tujuan Penelitian	3
D. Batasan Masalah	3
E. Manfaat Penelitian	4
F. Sistematika Penulisan.....	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	6
A. Pengertian Beton	6
A.1. Beton	6
A.2. Beton Bertulang	7
A.3. SCC	7
B. Wiremesh	9
C. Tegangan Lekat	10
D. Tipe Keruntuhan	15
E. Panjang Penyaluran.....	17
F. Penelitian Terdahulu	19
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	25
A. Diagram Alir Penelitian.....	25
B. Waktu dan Lokasi Penelitian	26
C. Material dan Peralatan Penelitian.....	26

D. Detail Spesimen Uji.....	27
E. Tahap Penelitian	29
E.1. Persiapan.....	29
E.2. Pengujian Material	29
E.3. Pembuatan dan Perawatan Spesimen	30
E.4. Pengujian Spesimen	30
E.5. Pengumpulan dan Pelaporan.....	31
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	32
A. Karakteristik Material.....	32
A.1. Komposisi <i>Mix Design</i> SCC	32
A.2. Kekuatan Tekan SCC.....	32
A.3. Kekuatan Tarik <i>Wire Mesh</i>	33
B. Nilai Tegangan Lekat	34
C. Hubungan Variasi Panjang <i>Wire Mesh</i> Arah Horizontal Terhadap Tegangan Lekat	38
D. Pola Keruntuhan Lekatan.....	40
E. Nilai Panjang Penyaluran Minimum (l_{dmin})	46
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	48
A. Kesimpulan	48
B. Saran	49
DAFTAR PUSTAKA.....	50

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. <i>Wire Mesh</i>	9
Gambar 2. Pola Keruntuhan pada Beton di Sepanjang Daerah Lekatan.	11
Gambar 3. Bentuk Kegagalan Lekatan Tulangan Deformasian	16
Gambar 4. Lokasi Penelitian	26
Gambar 5. Sketsa Spesimen Uji <i>Pull-Out</i>	28
Gambar 6. Diagram Tegangan Lekat Rata-rata	36
Gambar 7. Pengujian <i>Pull-Out</i> di Laboratorium Struktur dan Bahan Universitas Hasanuddin	37
Gambar 8. Hubungan Tegangan Lekat dengan Panjang <i>Wire Mesh</i> Arah Horizontal	39
Gambar 9. Pola Keruntuhan Spesimen SS1-a.....	40
Gambar 10. Pola Keruntuhan Spesimen SS1-b.....	41
Gambar 11. Pola Keruntuhan Spesimen SS2-a.....	41
Gambar 12. Pola Keruntuhan Spesimen SS2-b.....	42
Gambar 13. Pola Keruntuhan Spesimen SS3-a.....	43
Gambar 14. Pola Keruntuhan Spesimen SS3-b.....	43
Gambar 15. Pola Keruntuhan Spesimen SS4-a.....	44
Gambar 16. Pola Keruntuhan Spesimen SS4-b.....	45
Gambar 17. Diagram Panjang Penyaluran Minimum	46

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Luas Penampang <i>Wire Mesh</i>	10
Tabel 2. Material Penelitian	27
Tabel 3. Detail Spesimen.....	28
Tabel 4. Komposisi <i>Mix Design Self Compacting Concrete (SCC)</i>	32
Tabel 5. Data Hasil Pengujian Kuat Tekan SCC	33
Tabel 6. Data Hasil Pengujian Kuat Tarik <i>Wire Mesh</i>	33
Tabel 7. Data Uji <i>Pull-Out</i> Spesimen SS1	34
Tabel 8. Data Uji <i>Pull-Out</i> Spesimen SS2.....	34
Tabel 9. Data Uji <i>Pull-Out</i> Spesimen SS3.....	35
Tabel 10. Data Uji <i>Pull-Out</i> Spesimen SS4.....	36
Tabel 11. Hubungan Variasi Panjang <i>Wire Mesh</i> Arah Horizontal Terhadap Tegangan Lekat.....	38

BAB 1. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Dalam dunia konstruksi, beton merupakan suatu material yang sangat sering digunakan. Seperti yang kita ketahui beton memiliki beberapa keunggulan seperti kuat tekan yang tinggi, mudah dibentuk sesuai kebutuhan, tahan terhadap berbagai cuaca, dan mudah dalam pengerjaan serta perawatannya. Akan tetapi beton juga memiliki berbagai kelemahan dalam sisi strukturalnya yaitu rendahnya kuat tarik dan sifat yang getas.

Salah satu dasar anggapan yang digunakan dalam perencanaan dan analisis struktur beton bertulang adalah lekatan batang tulangan baja dengan beton yang mengelilinginya berlangsung sempurna tanpa terjadi penggelinciran atau pergeseran. Berdasarkan anggapan tersebut maka pada waktu komponen struktur beton bertulang bekerja menahan beban akan timbul tegangan lekat pada permukaan singgung antara batang tulangan dengan beton (Dipohusodo, 1994).

Menurut Park dan Paulay (1975:394), kekuatan lekatan merupakan hasil dari berbagai parameter, seperti adhesi antara beton dengan permukaan tulangan baja. Kemudian tekanan beton kering terhadap tulangan adalah akibat adanya susut pengeringan pada beton. Selain itu saling bergeseknya permukaan baja dan beton disekitarnya, yang disebabkan oleh perpindahan mikro tulangan Tarik, menyebabkan peningkatan tahanan terhadap gelincir. Efek total ini disebut lekatan (*bond*). Tegangan lekat terutama merupakan saling geser (*shear interlock*) antara

elemen tulangan dan beton sekitarnya yang disebabkan oleh berbagai faktor. Efek ini dapat dinyatakan sebagai tegangan geser per satuan luas permukaan tulangan. Tegangan langsung ini ditransformasikan dari beton ke permukaan tulangan sehingga mengubah tegangan Tarik tulangan diseluruh panjangnya.

Menurut Nawy (1990), ada tiga jenis percobaan yang dapat menentukan kualitas lekatan elemen tulangan, yaitu percobaan pull – out, percobaan embedded – rod dan percobaan balok. Yang perlu diperhatikan pada percobaan pull –out adalah bahwa gaya tarik yang digunakan adalah gaya tarik aksial dan tegangan lekat yang terjadi tentunya tegangan lekat aksial.

Berdasarkan latar belakang tersebut maka kami melakukan penelitian mengenai pengujian lekatan tulangan pada sampel SCC dengan menggunakan percobaan *pull-out* dimana hasil dari penelitian ini akan menghasilkan tugas akhir dengan judul : **“Studi Kuat Lekat SCC dan Wiremesh dengan Variasi Panjang Wiremesh Arah Horizontal”**

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas maka dirumuskan permasalahan penelitian sebagai berikut.

1. Bagaimana pengaruh panjang *wire mesh* arah horizontal terhadap tegangan lekat dan panjang penyaluran minimum dari beton SCC?

2. Bagaimana pengaruh panjang *wire mesh* arah horizontal terhadap pola keruntuhan lekatan beton SCC

C. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Menganalisis hubungan panjang *wire mesh* arah horizontal terhadap kuat lekat dan panjang penyaluran minimumnya.
2. Menganalisis hubungan panjang *wire mesh* arah horizontal terhadap pola keruntuhan lekatan.

D. Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi pada hal-hal berikut:

1. Benda uji *pull out* berupa silinder SCC ukuran 150 x 300 mm sebanyak dua benda uji untuk masing-masing variasi.
2. Jenis tulangan yang digunakan adalah wiremesh M6 dengan 4 variasi panjang arah horizontal yaitu 0 cm, 37,5 mm, 75 mm, dan 112,5 mm.
3. Pengujian ini dilakukan dengan metode *Pull-Out Test* menggunakan alat *Universal Testing Machine (UTM)* pada Laboratorium Struktur dan Bahan Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.
4. Hanya membahas dan menganalisis nilai tegangan lekat dan panjang penyaluran minimum.

E. Manfaat Penelitian

Dari hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat seperti:

1. Memberikan pemahaman mengenai pengaruh panjang wiremesh arah horizontal terhadap kuat lekat dan panjang penyaluran minimumnya.
2. Memberikan pemahaman mengenai pengaruh panjang wiremesh arah horizontal terhadap pola keruntuhan lekatan.

F. Sistematika Penulisan

Penulisan tugas akhir ini akan diuraikan dalam sistematika penulisan yang dibagi menjadi lima bab pokok bahasan sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Menjelaskan tentang latar belakang permasalahan, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan secara singkat.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Menyajikan kerangka teori konseptual mengenai penelitian secara singkat dan gambaran umum dari sampel penelitian yang akan diuji.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Membahas tentang penelitian yang meliputi: tahapan penelitian, penentuan dimensi dan bahan penelitian, lokasi dan waktu

penelitian, pengujian yang dilakukan, pengumpulan data, serta variabel penelitian

BAB 4 ANALISA DAN PEMBAHASAN

Menyajikan hasil analisis perhitungan data-data yang diperoleh dari hasil pengujian serta pembahasan dari hasil pengujian yang dilaksanakan.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan dari hasil penelitian yang dilakukan dan saran.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

A. Pengertian Beton

A.1. Beton

Beton merupakan fungsi dari bahan penyusunnya yang terdiri dari bahan semen hidrolis (Portland cement), agregat kasar, agregat halus, air dan bahan tambah (admixture atau additive). Beton juga dapat dicampur dengan bahan lain seperti composite atau bahan lain sesuai dengan perilaku yang akan diberikan terhadap beton tersebut. Dalam keadaan yang mengeras, beton bagaikan batu karang dengan kekuatan tinggi. Dalam keadaan segar, beton dapat diberi bermacam bentuk (Mulyono, 2005).

Beton sendiri adalah material konstruksi yang diperoleh dari pencampuran pasir, kerikil/batu pecah, semen serta air. Terkadang beberapa macam bahan tambahan dicampurkan ke dalam campuran tersebut dengan tujuan memperbaiki sifat-sifat dari beton, yakni antara lain untuk meningkatkan workability, durability, serta waktu pengerasan beton. (Setiawan, 2016).

Beton didapat dari pencampuran bahan-bahan agregat halus dan kasar yaitu pasir, batu, batu pecah atau bahan semacam lainnya, dengan menambahkan secukupnya bahan perekat semen, dan air sebagai bahan pembantu guna keperluan reaksi kimia selama proses pengerasan dan perawatan beton berlangsung. Agregat halus dan kasar, disebut sebagai bahan susun kasar campuran, merupakan komponen utama beton. Nilai

kuat tekan beton relative lebih tinggi disbanding dengan kuat tariknya, dan beton merupakan bahan yang bersifat getas. Nilai kuat tariknya berkisar 9%-15% saja dari kuat tekannya (Dipohusodo, 1994).

A.2. Beton Bertulang

Beton bertulang adalah kombinasi dari beton serta tulangan baja, yang bekerja bersama-sama untuk memikul beban yang ada. Tulangan baja akan memberikan kuat tarik yang tidak dimiliki oleh beton. Selain itu tulangan baja juga mampu memikul beban tekan, seperti digunakan pada elemen kolom beton. (Setiawan, 2016).

Menurut SNI 2847-2019 tentang persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung, beton bertulang adalah beton struktural yang ditulangi dengan tidak kurang dari jumlah baja prategang atau tulangan nonprategang minimum yang ditetapkan. Beton bertulang mempunyai sifat sesuai dengan bahan penyusunnya, yaitu sangat kuat terhadap beban tarik maupun beban tekan. Beban tarik pada beton bertulang ditahan oleh tulangan, sedangkan beban tekan ditahan oleh beton.

A.3. SCC

Self Compacting Concrete (SCC) merupakan beton segar plastis yang mudah mengalir karena berat sendirinya mengisi ke seluruh cetakan yang dikarenakan beton tersebut memiliki sifat-sifat untuk memadat

sendiri, tanpa adanya bantuan alat penggetar untuk pemadatan. SCC yang baik harus tetap homogen, kohesif, tidak segregasi, tidak terjadi blocking, dan tidak blending.

SCC adalah suatu beton yang memiliki sifat kecairan (fluidity) yang tinggi sehingga mampu mengalir dan mengisi ruang-ruang di dalam cetakan tanpa proses pemadatan atau hanya sedikit sekali memerlukan getaran untuk memadatkannya. Hal ini dapat mengurangi waktu proses pemadatan. Dengan tingkat kecairan yang tinggi, maka SCC mampu diangkat dan dibawa dengan mudah melalui pompa ke tingkat yang tinggi pada pengecoran bangunan berlantai banyak.

Kelebihan SCC antara lain sangat encer, memiliki slump tinggi dalam jangka waktu yang lama (slump keeping admixture), tidak memerlukan pemadatan manual, lebih homogeny dan stabil, kuat tekan beton bias dibuat untuk mutu tinggi/sangat tinggi, lebih kedap, porositas lebih kecil dan susut lebih rendah, lebih awet (durable), permukaan beton lebih baik dan halus, polusi suara rendah dan tenaga kerja lebih sedikit (Tjaronge, M.W dkk., 2016)

Berikut beberapa keunggulan SCC adalah sebagai berikut:

1. Mengurangi biaya konstruksi beton.
2. Mengurangi resiko kesehatan pekerja dan resiko lingkungan pekerjaan.
3. Meningkatkan ketahanan dan kekuatan beton.

4. Meningkatkan kualitas beton walau pada kondisi penuangan beton segar yang sulit karena kepadatan penulangan.
5. Meningkatkan kualitas permukaan beton.

B. Wiremesh

Menurut SNI 07-0063-1995 Wire mesh adalah jaringan kawat baja las untuk tulangan beton yang berbentuk segi empat dari kawat hasil penarikan dingin yang dibuat dengan pengelasan titik. Keuntungan menggunakan wire mesh adalah mempercepat proses pembuatan bangunan dan konstruksi beton menjadi akurat, bangunan jadi lebih baik mutunya dengan biaya lebih hemat.

Berbagai jenis luas penampang wire mesh berdasarkan ukuran diameter kawat dan spasinya setiap arah dapat dilihat pada Tabel 1. berikut.



Gambar 1. *Wire Mesh* (Sumber : *rumah.com*)

Tabel 1. Luas Penampang Wiremesh

Diameter Kawat Ø (mm)	Luas Lawat Ø (cm ³)	Jumlah Luas Penampang (cm ² /m ¹) Menurut Spasinya Setiap Arah											
		Spasi (mm)											
		50	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300	325
4.0	0.126	2.51	1.68	1.26	1.01	0.84	0.72	0.63	0.56	0.50	0.46	0.42	0.39
4.5	0.159	3.18	2.12	1.59	1.27	1.06	0.91	0.80	0.71	0.64	0.58	0.53	0.49
5.0	0.196	3.93	2.62	1.96	1.57	1.31	1.12	0.98	0.87	0.79	0.71	0.65	0.60
5.5	0.238	4.75	3.17	2.38	1.90	1.58	1.36	1.19	1.06	0.95	0.86	0.79	0.73
6.0	0.283	5.65	3.77	2.83	2.26	1.88	1.62	1.41	1.26	1.13	1.03	0.94	0.87
6.5	0.332	6.64	4.42	3.32	2.65	2.21	1.90	1.66	1.47	1.33	1.21	1.11	1.02
7.0	0.385	7.70	5.13	3.85	3.08	2.57	2.20	1.92	1.71	1.54	1.40	1.28	1.18
7.5	0.442	8.84	5.89	4.42	3.53	2.95	2.52	2.21	1.96	1.77	1.61	1.47	1.36
8.0	0.503	10.05	6.70	5.03	4.02	3.35	2.87	2.51	2.23	2.01	1.83	1.68	1.55
8.5	0.567	11.35	7.57	5.67	4.54	3.78	3.24	2.84	2.52	2.27	2.06	1.89	1.75
9.0	0.636	12.72	8.48	6.36	5.09	4.24	3.64	3.18	2.83	2.54	2.31	2.12	1.96
9.5	0.709	14.18	9.45	7.09	5.67	4.73	4.05	3.54	3.15	2.84	2.58	2.36	2.18
10.0	0.785	15.71	10.47	7.85	6.28	5.24	4.49	3.93	3.49	3.14	2.86	2.62	2.42
12.0	1.131	22.62	15.08	11.31	9.05	7.54	6.46	5.65	5.03	4.52	4.11	3.77	3.48
16.0	2.011	40.21	26.81	20.11	16.08	13.40	11.49	10.05	8.94	8.04	7.31	6.70	6.19

Sumber : Union Wire mesh

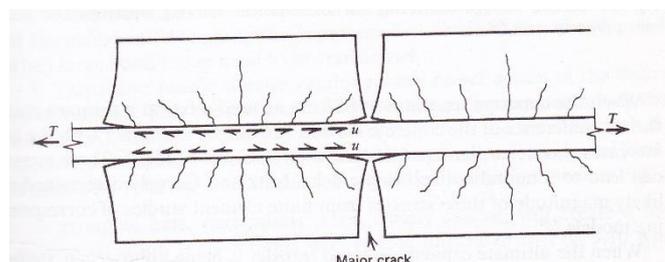
C. Tegangan Lekat

Kuat lekat merupakan kombinasi kemampuan antara baja tulangan dan beton yang menyelimutinya dalam menahan gaya-gaya yang dapat menyebabkan lepasnya lekatan antara baja tulangan dan beton (Winter, 1993) . Salah satu anggapan dasar yang digunakan dalam perencanaan dan analisis struktur beton bertulang adalah lekatan batang tulangan baja dengan beton yang mengelilinginya berlangsung sempurna tanpa terjadi penggelinciran atau pergeseran. Berdasarkan atas anggapan tersebut pada waktu komponen struktur beton bertulang bekerja menahan beban akan timbul tegangan lekat berupa shear interlock pada permukaan

singgung antara batang tulangan dengan beton (Istimawan Dipohusado, 1994).

Tulangan polos dapat terlepas dari beton karena terbelah di arah memanjang bila adhesi atau perlawanan gesek cukup tinggi, atau dapat terlepas keluar dengan meninggalkan lobang bulat didalam beton untuk adhesi dan tahanan gesek yang rendah, sedangkan batang tulangan berprofil lebih mengandalkan tahanan dari gerigi terhadap beton. Keruntuhan lekatan (bond failure) tulangan berprofil di dalam beton berbobot normal hampir selalu merupakan keruntuhan akibat terbelahnya beton. Pada pola keruntuhan pembelahan ini, beton terbelah menjadi dua atau tiga bagian karena aksi baji (wedging) dari gerigi terhadap beton (Wang,1993)

Pada Pull-Out Test tulangan ditarik dari beton sehingga beton di sekelilingnya mengalami tekan. Pada penggunaan sebagai salah satu komponen bangunan, beton selalu diperkuat dengan batang baja tulangan yang diharapkan



Gambar 2. Pola keruntuhan pada beton di sepanjang daerah lekatan

baja dapat bekerja sama dengan baik, sehingga hal ini akan menutup kelemahan yang ada pada beton yaitu kurang kuat dalam menahan gaya tarik, sedangkan beton hanya diperhitungkan untuk menahan gaya tekan. Adapun Gambar di bawah ini menunjukkan pola retak yang terjadi di sekitar tulangan polos yang melekat pada matriks beton.

Menurut Nawy (1986), kuat lekat antara baja tulangan dan beton yang membungkusnya dipengaruhi oleh faktor:

1. Adhesi antara elemen beton dan bahan penguatnya yaitu tulangan baja. Dimana adhesi ini adalah gaya tarik-menarik (ikatan kimiawi) yang terbentuk pada seluruh bidang kontak antara beton dan tulangan akibat adanya proses reaksi pergeseran semen.
2. Efek gripping (memegang) sebagai akibat dari susut pengeringan beton disekeliling tulangan.
3. Tahanan Geser (friksi) terhadap gelincir dan saling "mengunci" pada saat elemen tulangan mengalami tarik. Mekanisme ini terbentuk karena adanya permukaan yang tidak beraturan pada bidang kontak antara tulangan dengan beton.
4. Efek kualitas beton termasuk kekuatan tarik dan tekannya. Akibat desakan oleh tegangan radial, beton mengalami tegangan tarik keliling, jika tegangan tarik beton terlampaui maka akan terjadi retak belah.

5. Efek mekanis penjangkaran ujung tulangan yaitu dengan panjang penyaluran/panjang lewatan, bengkokan tulangan, dan persilangan tulangan.
6. Diameter, bentuk, dan jarak tulangan karena semuanya mempengaruhi pertumbuhan retak.

Kesemuanya ini mempunyai pengaruh terhadap pertumbuhan retak radial. Diameter yang terlalu kecil akan mengakibatkan keruntuhan putus pada tulangan karena kuat lekatnya terlalu jauh lebih tinggi dari pada kuat putus baja. Sedangkan diameter yang terlalu besar akan mengakibatkan keruntuhan slip, karena kuat tarik baja lebih besar dari kuat lekatnya sehingga akan terjadi slip yang didahului oleh retak belah yang sangat cepat. Bentuk tulangan polos keruntuhan akan berupa slip karena kuat lekat beton sangat kecil, sedangkan bentuk ulir akan mengalami keruntuhan belah, jarak tulangan yang terlalu dekat dibanding selimut beton, maka akan terjadi keruntuhan belah.

7. Interlocking, mekanisme ini terbentuk karena adanya interaksi antara tulangan ulir/tonjolan tulangan dengan matriks beton yang ada disekitarnya, mekanisme ini sangat bergantung pada kekuatan, kepadatan material beton, geometri dan diameter tulangan.
8. Selimut beton, selimut beton yang tidak mencukupi untuk mengakomodasi tegangan tarik keliling akan mengakibatkan retak belah yang selanjutnya mengakibatkan kehancuran belah.

9. Korosi, korosi/karat akan mengakibatkan turunya adhesi, gripping, friksi antara beton dan tulangan sehingga mengurangi kuat lekat.

Kontribusi masing-masing faktor ini sulit dipisahkan satu dengan yang lainnya. Kontribusi beton dengan adanya faktor saling geser, susut dan mutu beton ditambah dengan kontribusi tulangan baja yang bergantung pada dimensi, bentuk dan jarak tulangan ditambah dengan efek mekanis saling berinteraksi satu dengan yang lainnya dalam memberikan kekuatan lekatan kedua material.

Untuk tulangan polos, lekatan antara tulangan dan beton dibentuk oleh adanya adhesi dan friksi. Pada saat pembebanan awal adhesi dan friksi bekerja bersama-sama hingga tercapai kondisi beban maksimum. Pada kondisi ini adhesi mulai rusak sehingga lekatan antara beton dan tulangan hanya dipikul oleh friksi saja. Selanjutnya kapasitas lekatan berangsur-angsur turun karena berkurangnya friksi yang menyebabkan slip.

Kuat lekat antara beton dan baja tulangan akan berkurang apabila mendapat tegangan yang tinggi karena pada beton terjadi retak-retak. Hal ini apabila terus berlanjut akan dapat mengakibatkan retakan yang terjadi pada beton menjadi lebih lebar dan biasanya bersamaan dengan itu akan terjadi defleksi pada balok. Dalam hal ini fungsi dari beton bertulang menjadi hilang karena baja tulangan telah terlepas dari beton. Meskipun demikian, penggelinciran yang terjadi antara baja tulangan dan beton disekelilingnya kadang tidak mengakibatkan keruntuhan balok secara

menyeluruh. Hal ini disebabkan karena ujung-ujung baja tulangan masih berjangkar dengan kuat, sekalipun telah terjadi pemisahan diseluruh batang baja tulangan.

Untuk memperoleh nilai tegangan lekat rata-rata, maka digunakan rumus:

$$\tau = \frac{P}{\pi \cdot D \cdot l_d} \quad (1)$$

(sumber: G. Nawy, Reinforced Concrete, 2009.)

Dimana: τ = Tegangan Lekat Rata-Rata (Mpa)

P = Beban Maksimum (KN)

D = Diameter Tulangan (mm)

l_d = Panjang Penyaluran (mm)

D. Tipe Keruntuhan

Menurut Mindess S. (1994) mengatakan keruntuhan lekatan antara beton dan tulangan pada pengujian tegangan lekat, pada umumnya ditunjukkan oleh terjadinya salah satu dari berikut ini.

1. *Splitting failure*

Kondisi ini ditunjukkan adanya retak pada beton akibat tegangan tarik yang tidak bisa ditahan oleh *cover* beton, keruntuhan ini mengakibatkan menurunnya tegangan lekat antara beton dan tulangan.

2. *Pull out failure (slip)*

Merupakan suatu kondisi keruntuhan dimana besi tulangan tercabut dari dalam beton tanpa mengalami retak yang diakibatkan oleh komponen tegangan geser yang memecahkan beton diantara uliran tulangan

3. Keruntuhan tarik beton

Merupakan suatu kondisi dimana penampang beton tidak mampu menerima tegangan tarik yang disalurkan oleh tulangan.

4. Tulangan mencapai leleh dan akhirnya putus.

Kuat lekatan jauh lebih besar dari pada kuat putus tulangan, sehingga tulangan putus.

Penelitian terhadap sifat keruntuhan lekatan yang dilakukan terhadap bentuk tulangan dapat dikembangkan sebagai berikut :

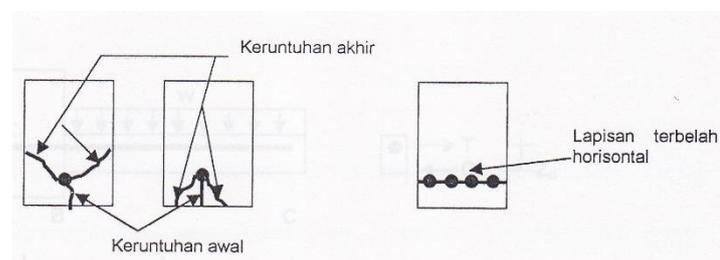
1. Tulangan baja polos

Pada tulangan baja polos, lekatan yang terjadi adalah karena adanya adhesi antara beton dengan permukaan tulangan. Tegangan tarik pada baja walaupun relative kecil dapat mengakibatkan terjadinya *slip* yang cukup untuk menghilangkan adhesi pada lokasi yang berdekatan

langsung dengan retak didalam beton. Susut juga dapat menimbulkan gesekan pada batang tulangan. Bila adhesi cukup tinggi tegangan tarik dapat mengakibatkan terlepasnya tulangan dari beton karena terbelah di arah memanjang. Sedangkan bila adhesi relatif rendah, tegangan tarik tulangan akan terlepas keluar meninggalkan lobang bulat dalam beton.

2. Tulangan baja deformasian (ulir)

Tulangan baja ulir lebih mengandalkan tahanan dari gerigi terhadap beton. Menurut Wang (1979) keruntuhan lekatan antara baja ulir dengan beton hampir selalu merupakan keruntuhan akibat terbelahnya penampang sekitar tulangan sebagai berikut:



Gambar 3. Bentuk kegagalan lekatan tulangan deformasian

E. Panjang Penyaluran

Panjang penyaluran dasar l_d merupakan suatu fungsi dari ukuran (dimensi) dan tegangan leleh tulangan yang sangat menentukan ketahanan tulangan untuk terjadinya *slip*. Kuat lekat beton τ adalah suatu fungsi dari kuat tekan beton.

Hubungan antara kuat tekan beton dengan kuat lekat dapat dilihat pada rumus dibawah ini:

$$\tau = k \sqrt{f'_c} \quad (2)$$

(Sumber: Edward G. Nawy, Reinforced Concrete, 2009.)

Dimana:

τ = kuat lekat beton (MPa)

f'_c = kuat tekan beton

k = koefisien

Untuk menentukan panjang penyaluran dasar l_d digunakan rumus sebagai berikut:

$$Ld = k \frac{F_y}{\sqrt{F'_c}} Ab \quad (3)$$

(Sumber:Edward G. Nawy, Reinforced Concrete, 2009.)

Dimana :

l_d = panjang penyaluran l_d (mm)

f_y = tegangan leleh tulangan (MPa)

f'_c = kuat tekan beton (MPa)

Ab = luas tulangan (mm²)

k = koefisien hubungan antara kuat lekat dengan kuat tekan beton

F. Penelitian Terdahulu

A. Arwin Amiruddin (2015), Dewasa ini penggunaan wiremesh menjadi suatu alternatif penggunaan tulangan pada beton bertulang. Lekatan yang baik antara wiremesh dan beton menjadi hal yang penting untuk diteliti. Hilangnya kohesi antara beton dan tulangan mengakibatkan kehancuran total dari balok dan kolom. Mengingat cengkaman yang dilakukan oleh tergantung pada kekuatan tekan oleh beton itu sendiri terhadap baja tulangan. Oleh karena itu, *self-compacting concrete* (SCC) yang memiliki kemampuan untuk memadat lebih baik dari beton biasa dicoba digunakan sebagai material blok(kubus) beton SCC. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis perilaku lekatan antara wiremesh dan beton SCC. Pengujian dilakukan dengan uji tarik (pullout) wiremesh dan beton SCC. Dalam penelitian ini, benda uji terbuat dari wiremesh dan kubus beton SCC dengan dimensi 150x150x150 mm. Variasi wiremesh yang digunakan adalah 25mm x 25mm berdiameter 2mm (D2) dan wiremesh ukuran 50mm x 50mm berdiameter 3mm (D3). Beton normal (NVC) dibuat sebagai kontrol terhadap beton SCC. Pada benda uji direncanakan kekuatan tekan beton NVC dan SCC adalah 25MPa, panjang penyaluran (bonded) sebesar 100mm dan yang tidak direkatkan (un-bonded) sebesar 50mm. Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa wiremesh memiliki lekatan yang cukup untuk menghindari terjadinya slip terhadap kubus beton. Perilaku peningkatan tegangan lekatan SCC terjadi untuk D3, yaitu sebesar 3.3% terhadap NVC sebagai kontrol.

Randhy Raymond Mandolang, Ronny Pandaleke, Reky Windah (2016), Beton memiliki kuat tekan yang tinggi, dan mempunyai gaya tarik yang rendah. Oleh karena itu, beton tidak dapat menahan gaya tarik melebihi nilai tertentu sehingga harus diberikan penguatan penulangan untuk menahan gaya tarik yang timbul. Faktor lekatan (Adhesi) adalah salah satu faktor yang menyebabkan tulangan dan beton dapat bekerja sama. Daya lekat (tegangan lekat) akan dipengaruhi oleh kualitas dari beton itu sendiri dan juga dimensi beton serta tulangan yang dipakai. Oleh karena itu, dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh tulangan terhadap daya lekat yang timbul antara tulangan dan beton. Pada penelitian ini menggunakan benda uji berbentuk silinder ukuran 150x200 mm. Dengan menggunakan metode pembuatan campuran beton SNI. Untuk kuat tekan rencana yang dipakai 30 MPa. Untuk mendapatkan nilai tegangan lekat antara tulangan baja dan beton, maka dilakukan pengujian tarik pencabutan keluar (pull-out test) dengan menggunakan baja yang terpisah yang ditanamkan pada kedua sisi permukaan benda uji. Variasi baja yang di gunakan pada penelitian ini adalah baja polos D 19 mm, D 16 mm, D 12 mm, D 10 mm, dan D 8 mm. Dari hasil penelitian ini untuk kuat tekan rencana 30 MPa untuk semua sampel, didapat kuat tekan rata-rata 31,35 MPa, 28,6825 MPa, 34,2175 MPa, 27,64 MPa, dan 33,16 MPa. Pada pengujian pullout dengan menggunakan variasi tulangan mulai dari D8 mm, D10 mm, D12 mm, D16 mm, D19 mm didapatkan hasil tegangan

lekat (μ) rata-rata sebesar 2,372 MPa, 1,955 MPa, 2,152 MPa, 1,943 MPa, 1,995 MPa.

Arusmalem Ginting, Tri Wahyu Purnomo (2010), Salah satu persyaratan dalam perancangan beton bertulang yang harus diperhatikan adalah panjang penyaluran tulangan. Panjang penyaluran adalah panjang penambatan yang diperlukan untuk mengembangkan tegangan luluh pada tulangan yang merupakan fungsi dari tegangan luluh baja, diameter tulangan, dan tegangan lekat. Panjang penyaluran menentukan tahanan terhadap tergelincirnya tulangan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh panjang penyaluran terhadap kuat cabut tulangan baja dari beton. Pada penelitian ini digunakan 12 buah benda uji kuat cabut yang berupa silinder beton dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Pada bagian tengah silinder ditanam tulangan ulir berdiameter 16,4 mm dengan panjang penyaluran tulangan (l_d) dibuat bervariasi. Variasi panjang penyaluran yang digunakan adalah: 50, 100, 150, 200, 250, dan 300 mm. Jumlah benda uji untuk masing-masing variasi panjang penyaluran sebanyak dua buah. Pengujian kuat lekat dilakukan dengan cara menempatkan silinder beton pada loading frame yang dilengkapi dengan hydraulic jack dan load cells, batang tulangan yang tertanam pada silinder ditarik sampai tercabut. Hasil pengujian yang didapat berupa data beban cabut maksimum. Dari hasil penelitian ini didapat kuat tekan rata-rata silinder beton sebesar 27,63 MPa. Tegangan luluh rata-rata tulangan D16,4 sebesar 483,66 MPa. Peningkatan panjang penyaluran dari 50,

100, 150, 200, 250, hingga 300 mm meningkatkan kemampuan benda uji untuk mendukung gaya cabut. Kuat cabut meningkat dan berbanding lurus sampai panjang penyaluran tertentu. Kegagalan pada uji cabut tulangan dapat berupa tulangan tercabut beton utuh atau tulangan tercabut beton terbelah.

Sofianto (2017), Salah satu persyaratan dalam struktur beton bertulang adalah dengan adanya lekatan antara baja tulangan dan beton. Hilangnya lekatan antara beton dan baja tulangan pada struktur mengakibatkan keruntuhan total pada beton. Untuk menghindari hal tersebut perlu ditinjau nilai tegangan lekat beton dan baja tulangan agar diperoleh keseimbangan gaya antara baja tulangan dan beton. Kuat lekat beton terhadap baja tulangan dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya adalah mutu beton. Menurut logika semakin besar diameter baja tulangan maka semakin kuat pula daya cengkram lekatan terhadap tulangan, namun hal ini masih belum dapat ditentukan nilai yang pasti dari setiap besarnya diameter baja tulangan. Penelitian ini dilakukan dengan cara membandingkan kuat lekat beton dengan baja tulangan pada diameter baja tulangan yang berbeda beda. Penelitian ini merupakan eksperimen dengan cara membuat benda uji beton bentuk "T" dengan baja tulangan D10, D13, dan D16 dengan panjang 30 cm. Baja tulangan ini ditanam pada beton dengan kedalaman 16 cm pada bagian atas dilebihkan 14 cm untuk dijepit pada saat pengujian tarik (*pull out*) beton. Uji *pull out* dilakukan pada saat benda uji berumur 28 hari dengan

menggunakan Universal Testing Mechine. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar baja tulangan maka beban lekat maksimal yang terjadi semakin kecil. Besar nilai beban lekat yang terjadi yang terkecil 31500 N dan yang paling besar 51333 N. Ditinjau dari kuat lekat yang terjadi, semakin besar diameter baja tulangan maka kuat lekat maksimal beton pada baja tulangan semakin besar. Besar nilai kuat lekat yang terjadi yang paling kecil 6,674 MPa dan yang terbesar 7,023 MPa. Ditinjau dari tegangan baja tulangan yang terjadi, semakin besar baja tulangan maka tegangan baja tulangan yang terjadi semakin kecil. Besar nilai tegangan baja tulangan yang terjadi paling kecil 228,57 N dan yang paling besar 413,53 N. Ditinjau dari kerusakan benda uji, semua kerusakan benda uji terjadi pada beton namun semakin besar diameter baja tulangan maka kerusakan yang terjadi pada beton semakin besar.

William Langi, Ellen J. Kumaat, Hieryco Manalip (2018), Beton mempunyai kekuatan tekan yang tinggi, dan ketahanan terhadap tarik rendah. Oleh karena itu, beton yang tidak dapat menahan gaya tarik melebihi nilai tertentu ini harus diberikan perkuatan penulangan yang terutama akan mengemban tugas menahan gaya tarik yang timbul. Salah satu hal yang menyebabkan tulangan dan beton dapat bekerja sama adalah faktor lekatan (adhesi) antara beton dan permukaan tulangan. Daya lekat (tegangan lekat) akan dipengaruhi oleh kualitas dari beton itu sendiri. Mutu atau kualitas dari suatu beton ditentukan dari besarnya kuat tekan beton yang didapatkan. Oleh karena itu dilakukan penelitian untuk

mendapatkan hubungan antara kuat tekan betondengan tegangan lekat antara baja dan beton. Pada penelitian ini menggunakan benda uji berbentuk silinder dengan ukuran 100x200 mm. Dengan menggunakan metode pembuatan campuran beton ACI 211.1-91, didesain variasi kuat tekan rencana mulai dari 40 MPa, 50 MPa, 60 MPa, dan 70 MPa. Untuk mendapatkan nilai tegangan lekat antara tulangan baja dan beton, maka dilakukan pengujian kuat tekan dengan menggunakan 1 batang tulangan baja yang ditanamkan ditengah benda uji. Baja tulangan yang digunakan adalah BJTP D12 mm. Dari hasil penelitian untuk kuat tekan rencana mulai dari 40 MPa, 50 MPa, 60 MPa, dan 70 MPa didapatkan kuat tekan rata-rata sebesar 41.15 MPa, 54.42 MPa, 61.49 MPa, dan 73.25 MPa. Pada pengujian kuat lekat didapatkan hasil tegangan lekat (μ) rata-rata sebesar 2.5 MPa, 3.0 MPa, 3.0 MPa dan 4.2 MPa.