



## Pengaruh Korosi Tulangan Terhadap Panjang Penyaluran pada Beton

Widianti Sri Anjani<sup>1</sup>, Eko Walujodjati<sup>2</sup>

Jurnal Konstruksi  
Institut Teknologi Garut  
Jl. Mayor Syamsu No. 1 Jayaraga Garut 44151 Indonesia  
Email : [jurnal@itg.ac.id](mailto:jurnal@itg.ac.id)

<sup>1</sup>1811018@itg.ac.id

<sup>2</sup>eko.walujodjati@itg.ac.id

**Abstrak** - Beton bertulang merupakan dua bahan yang terdiri dari baja tulangan dan beton yang digunakan secara bersama. Tulangan baja harus mempunyai tegangan rekat yang sama dengan komponen beton yang mengelilinginya sehingga antara kedua bahan harus ada kuat lekat. Tulangan yang dipakai harus dalam keadaan baik dan tidak terkorosi. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui perbandingan nilai kuat lekat berdasarkan panjang penyaluran antara tulangan korosi dan tulangan tidak korosi menggunakan baja tulangan diameter 10 mm dengan tulangan polos. Metode yang dipakai dalam penelitian ini yaitu metode eksperimental (percobaan) yang dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sipil. Pengkorosikan tulangan dilakukan dengan cara laju korosi pada temperatur udara terbuka dimana tulangan di posisikan menerima udara bebas. Pada penelitian ini menggunakan 9 sampel benda uji menggunakan tulangan korosi, dan 9 sampel benda uji menggunakan tulangan tidak korosi. Pengujian kuat lekat dilakukan dengan cara uji *pull-out test*, dimana baja tulangan ditarik keluar (*pull out*) sampai terjadi slip atau sampai timbul retak pada beton. Tegangan lekat rata-rata tulangan korosi dengan panjang penyaluran 150 mm sebesar 3,808 Mpa sedangkan tulangan tidak korosi 4,137 Mpa. Tegangan lekat rata-rata tulangan korosi dengan panjang penyaluran 100 mm sebesar 3,66 Mpa sedangkan tulangan tidak korosi 4,222 Mpa. Tegangan lekat rata-rata tulangan korosi dengan panjang penyaluran 50 mm sebesar 7,363 Mpa sedangkan tulangan tidak korosi 6,684 Mpa. Pada tulangan korosi terjadi penurunan panjang penyaluran dari 150 mm ke 100 mm namun terjadi peningkatan pada 50 mm. Sedangkan tulangan tidak korosi terjadi peningkatan panjang penyaluran dari 150 mm, 100 mm, hingga 50 mm.

**Kata kunci** - Beton Bertulang; Korosi Tulangan; Kuat Lekat; Panjang Penyaluran; *Pull Out*.

### I. PENDAHULUAN

Dalam bidang konstruksi, beton digunakan sebagai material struktur dalam menunjang aktivitas pembangunan di masyarakat. Hal ini dikarenakan kelebihan dari beton sebagai bahan konstruksi antara lain memiliki kuat tekan yang tinggi, bebas mengikuti bentuk bangunan, tahan api dan relatif murah perawatannya. Disamping kelebihan tersebut beton juga memiliki kekurangan yakni lemah terhadap kuat tarik, sehingga beton diperkuat dengan material baja tulangan yang membentuk suatu material yang komposit dan disebut dengan beton bertulang.

Beton bertulang merupakan dua unsur bahan yang terdiri dari tulangan baja dan beton yang digunakan secara bersama. Tulangan baja yang ditanam dalam beton menjadi unsur kekuatan yang memberi tegangan tarik, karena pada dasarnya beton memiliki kuat tekan yang tinggi tetapi lemah terhadap tarik. Tulangan baja harus mempunyai tegangan lekat yang sama dengan komponen beton yang mengelilinginya sehingga antara kedua bahan harus ada kuat lekat[1]. Dengan demikian, ketika struktur beton menerima beban tidak akan terjadi selip

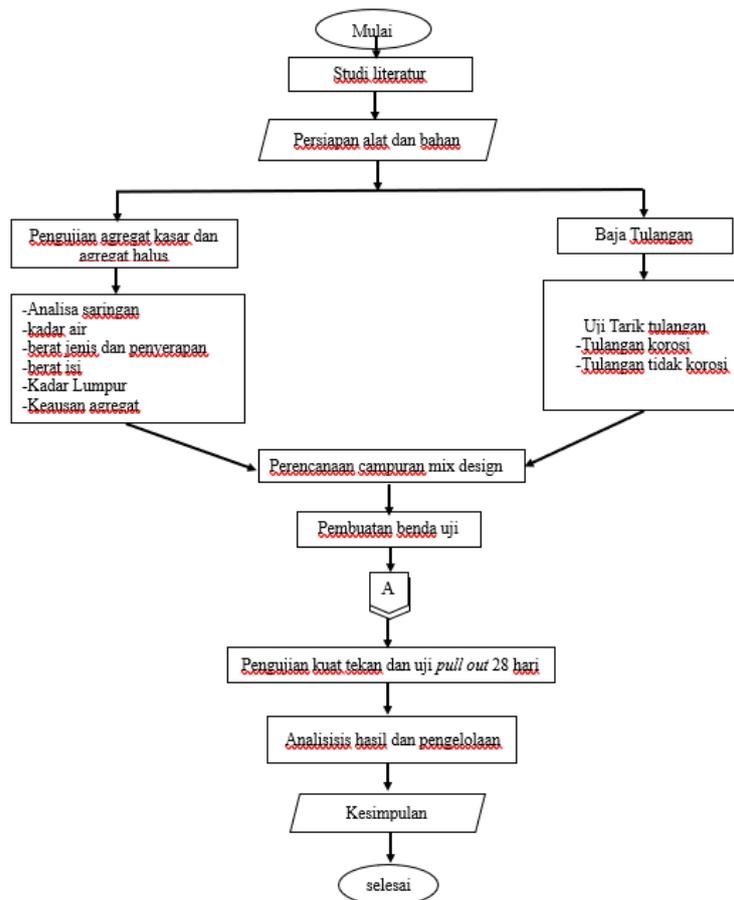
antara tulangan dan beton [2]. Panjang penyaluran dan diameter tulangan mempengaruhi daya rekat beton dan tulangan [3].

Tulangan yang dipakai harus dalam keadaan baik dan tidak terkorosi. Pada kenyataan di lapangan sebagian masyarakat menggunakan baja tulangan yang sudah terkorosi sebagai material bangunan. Pemberhentian bangunan yang dilakukan dalam jangka panjang atau membeli kebutuhan material yang dilakukan secara terlebih dahulu lalu dibiarkan secara telanjang tanpa adanya perlindungan dapat menimbulkan perubahan fisik seperti terbentuknya korosi pada sepanjang permukaannya. Proses ini akan berlanjut dan baja tulangan akan menurun tingkat kekuatannya hingga menyebabkan kerusakan. Korosi tulangan menyebabkan lemahnya lekatan antara tulangan dan beton yang menyebabkan kegagalan struktur bangunan [4]. Dengan menurunnya kualitas baja akibat korosi tersebut tentu saja akan mempengaruhi kekuatan beton yang diperkuatnya dalam menahan beban yang nantinya didukung oleh beton tersebut [5].

## II. METODOLOGI PENELITIAN

### A. Bagan Alir Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode eksperimental (percobaan) yang di laksanakan di laboratorium. Proses dalam melaksanakan tahapan penelitian mulai dari tahap awal hingga akhir memerlukan bagan alir agar proses pengerjaan terstruktur dan lebih mudah, seperti dalam Gambar 1 akan dilakukan diilustrasikan dalam bagan alir seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



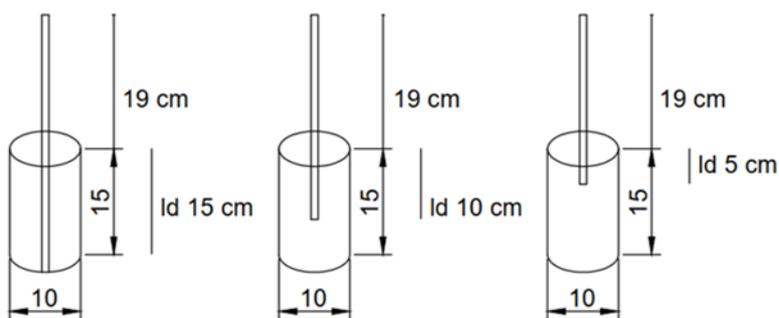
Gambar 1: Bagan Alir Penelitian

## B. Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Institut Teknologi Garut, mulai dari awal pengujian bahan sampai akhir pengujian benda silinder.

## C. Benda Uji

Sampel benda uji yang digunakan yaitu silinder dengan ukuran 100 x 150 mm, benda uji yang dibuat sebanyak 18 buah silinder untuk pengujian *pull-out test*. 9 sampel menggunakan tulangan korosi dan 9 sampel menggunakan tulangan tidak korosi dengan panjang penyaluran dibuat 150 mm, 100 mm, dan 50 mm. Pengkorosikan tulangan dilakukan dengan cara laju korosi pada temperatur udara terbuka dimana tulangan di posisikan menerima udara bebas seperti udara, suhu, kelembababan, terkena air hujan dan cahaya matahari dalam kurung waktu 4 bulan sehingga laju korosi lebih cepat karena temperature udara sangat mempengaruhi.



Gambar 2: Benda Uji

## D. Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang dipakai yaitu seperti: alat uji bahan, alat pengecoran, alat uji slump, alat uji tekan, dan alat uji tarik. Bahan yang dipakai yaitu agregat halus berupa pasir, agregat kasar berupa kerikil, semen tiga roda, dan tulangan polos diameter 10 mm korosi dan tidak korosi.[6]

## E. Pengujian Bahan

Pengujian bahan yang dilakukan dalam penelitian ini diantaranya analisis saringan agregat; berat jenis *specific gravity*; berat isi agregat; kadar zat organik agregat halus; kadar lumpur agregat halus; keausan agregat kasar; kadar air agregat, dan uji tarik tulangan [7]–[14].

## F. Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji adalah proses pemasukan campuran beton kedalam cetakan yang digunakan. Pada saat memasukan campuran beton kedalam cetakan dilakukan beberapa layer tidak langsung secara penuh hal tersebut dilakukan agar campuran beton benar-benar dalam keadaan padat [15].

## G. Perawatan Benda Uji

Setelah benda uji dibuat, maka tahap selanjutnya yaitu perawatan benda uji. Perawatan ini sangatlah penting dilakukan agar benda uji tetap baik saat dilakukan pengujian [15].

## H. Pengujian Benda Uji

Pengujian yang dilaksanakan yaitu kuat tekan dan uji *pull-out test*. Pada pengujian kuat tekan mutu beton yang ditargetkan adalah  $f'c$  20 Mpa. Pengujian dilakukan setelah umur beton mencapai 28 hari. Sampel yang digunakan yaitu silinder dengan ukuran 100 x 200 mm jumlah silinder yang dibuat adalah 3 buah. Pengujian kuat tekan beton dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3: Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian *pull-out test* dilakukan setelah umur beton 28 hari. Sampel yang digunakan yaitu silinder dengan ukuran 100 mm x 150 mm. Jumlah benda uji yang digunakan yaitu 18 buah sampel benda uji. 9 sampel menggunakan tulangan korosi dan 9 sampel menggunakan tulangan tidak korosi dengan panjang penyaluran dibuat 150 mm, 100 mm, dan 50 mm. Pengujian kuat lekat dilakukan dengan cara uji *pull out*, dimana benda uji silinder ditempatkan pada alat uji dengan baja tulangan menjulur ke atas setelah itu baja diklem kemudian pembebanan segera diberikan, baja tulangan ditarik keluar (*pull out*) sampai terjadi slip atau sampai timbul retak pada beton. Pengujian *pull out test* dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4: Pengujian *pull out test*

### III. HASIL DAN DISKUSI

#### A. Hasil Pengujian Bahan

Pengujian yang dilaksanakan yaitu pada agregat halus dan kasar serta pengujian uji tarik tulangan. Kemudian untuk semen dalam penelitian ini menggunakan jenis semen type 1 yaitu semen tiga roda yang diambil dari hasil pengujian yang dilaksanakan di Laboratorium Politeknik Negeri Bandung dikarenakan terdapat persamaan pada merek semen yang digunakan.

Berikut adalah hasil pengujian bahan yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 1, Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 1: Karakteristik Agregat Halus

No	Jenis pengujian	Hasil pengujian
1	Analisa saringan	3,08 %
2	Berat isi	1,74 kg/ltr
	Berat Jenis	
3	• BJ semu	2,61
	• BJ kering	2,54
	• Permukaan jenuh	2,56
4	Absorbsi	1,01 %
5	Kadar lumpur	2,22 %
6	Kadar air	7,42 %
7	Kadar Organik	No. 3

Berdasarkan hasil pengujian karakteristik agregat halus menunjukkan bahwa agregat halus dari pasir cilopang memenuhi sehingga bisa dijadikan bahan campuran beton.

Tabel 2: Karakteristik Agregat Kasar

No	Jenis pengujian	Hasil pengujian
1	Analisa saringan	8,05 %
2	Berat Isi	1,53 kg/ltr
	Berat jenis	
3	• BJ semu	2,83
	• BJ kering	2,50
	• Permukaan jenuh	2,61
5	Absorbsi	4,63 %
4	Keausan	23,4 %
5	Kadar air	2,70 %

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa agregat kasar dari cilopang memenuhi sehingga bisa dijadikan bahan campuran beton.

Pengujian baja tulangan dilakukan untuk mengetahui nilai tegangan baja pada saat keadaan elastis, nilai tegangan baja pada keadaan maksimum, dan untuk menentukan modulus elastisitas baja tersebut [16]. Pengujian ini dilakukan sebanyak 3 batang tulangan yang telah terkorosi dan 3 batang tulangan yang tidak terkorosi dengan panjang tulangan 35 cm. Hasil uji tarik tulangan rata-rata dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3: Hasil uji Tarik tulangan

No	Benda Uji	Diameter	Beban Luluh (KN)	Beban Maksimum (KN)	Fy (Mpa)	Rata-rata (Mpa)
1	Korosi	10	44,8	45,2	570,70	569,00
2		10	44,5	45,0	566,88	
3		10	44,7	44,9	569,43	
4	Tidak	10	46,4	46,8	591,08	586,84
5	korosi	10	45,5	46,8	580,89	
6		10	46,2	46,6	588,54	

Dari tabel di atas didapat nilai fy rata rata untuk tulangan korosi sebesar 569,00 Mpa, sedangkan untuk tulangan tidak korosi sebesar 586,84 Mpa. Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa nilai uji tarik tulangan tidak korosi lebih besar dari pada tulangan yang terkorosi, dikarenakan pada tulangan yang sudah terkorosi terdapat permukaan yang terkikis atau kasar pada tulangan sehingga mengakibatkan nilai uji nya lebih rendah dari pada tulangan tidak korosi.

## B. Desain Mix

Rancangan campuran beton dihitung berdasarkan metode SNI 7656-2012. Data bahan untuk campuran beton dengan rencana kekuatan beton f'c 20 Mpa pada umur 28 hari dengan nilai slump yang diambil  $100 \pm 20$  mm [17]. Tabel 4 didapat komposisi material untuk 1 m<sup>3</sup> beton, 3 sampel beton silinder dan 18 sampel beton silinder.

Tabel 4: Design Mix

Jenis Bahan	Berdasarkan Volume Absolut	Kebutuhan 3 Sample Beton (kg)	Kebutuhan 18 Sample Beton (kg)
Air Bersih	139,70	0,72	4,34
Semen	323,59	1,68	10,06
Agregat Kasar Kering	962,78	4,99	29,93
Agregat halus Kering	857,23	4,44	26,65
	2283,31	11,83	70,98

## C. Hasil Uji Slump Beton

Uji *slump* bertujuan untuk mengawasi kemudahan dalam pengerjaan (*workability*) juga sifat homogen pada adukan beton segar dengan kekentalan tertentu. Pencampuran beton dilakukan dengan 2 kali pencampuran karena keterbatasan alat. Hasil pengujian *slump* pada pencampuran pertama menunjukkan nilai slump yaitu 80 mm dan pencampuran kedua 90 mm yang masih memenuhi rencana awal dalam design mix [18].

Tabel 5: Hasil Pengujian Slump beton

Campuran	Nilai Slump (mm)	Keterangan
1	80	Memenuhi
2	90	Memenuhi

## D. Hasil Pengujian Tekan Beton

Pada usia perawatan beton 28 hari, kemampuan menahan tekan beton yang di targetkan adalah F'c 20 Mpa. Bersumber pada hasil pengujian, diperoleh nilai rata-rata kurang dari kualitas beton yang direncanakan. Tidak

tercapainya kekuatan beton yang ditargetkan dimungkinkan karena terdapat kesalahan dalam pengerjaan benda uji [19].

Tabel 6: Hasil Pengujian Kuat Tekan

Benda Uji (mm)	P (KN)	A (mm)	Kuat tekan (N/mm)	Kuat tekan (Mpa)
1A	76,8	7853,98	9,78	10,17
1B	86,0	7853,98	10,95	11,39
1C	92,0	7853,98	11,74	12,21
Rata rata				11,26

### E. Pengujian *Pull-Out Test*

Pengujian *pull-out test* dilakukan dengan menggunakan mesin *Universal Testing Machine (UTM)* yang dimodifikasi dengan menambahkan batang besi dengan dua titik tumpuan dipinggir dan satu ditengah sebagai penahan benda uji saat tulangan tertarik. Pengujian ini dilakukan dengan cara ditarik keluar (*pull out*) tulangan yang tertanam dalam silinder beton sampai terjadi slip atau sampai timbul retak pada beton. Berikut kerusakan yang terjadi pada beton setelah dilakukan pengujian.



Gambar 4: Kerusakan Pada Beton Panjang Penyaluran 150 mm

Pada panjang penyaluran 150 mm terlihat pada tulangan korosi kerusakan yang terjadi yaitu, tulangan tercabut beton dalam keadaan utuh. Sedangkan tulangan tidak korosi pada sampel A tulangan tercabut beton retak, sampel B dan C tulangan tercabut beton dalam keadaan utuh.



Gambar 5: Kerusakan Pada Beton Panjang Penyaluran 100 mm

Pada panjang penyaluran 100 mm terlihat pada tulangan korosi kerusakan yang terjadi yaitu, pada sampel A tulangan masih menempel pada beton walaupun sudah mencapai titik maksimal, pada sampel B dan C tulangan tercabut beton dalam keadaan utuh. Sedangkan tulangan tidak korosi kerusakan yang terjadi yaitu tulangan tercabut beton dalam keadaan utuh.



Gambar 6: Kerusakan Pada Beton Panjang Penyaluran 50 mm

Pada panjang penyaluran 50 mm tulangan korosi pada sampel A dan B tulangan tercabut beton dalam keadaan utuh, untuk sampel C tulangan masih menempel pada beton meski sudah mencapai titik maksimum. Sedangkan untuk tulangan tidak korosi sampel A dan C terlihat tulangan masih menempel pada beton sedangkan sampel B tulangan tercabut beton dalam keadaan utuh.

**F. Perhitungan Kuat Lekat**

Dari pengujian *pull-out test* yang dilakukan didapatkan nilai beban maksimum untuk menghitung nilai kuat lekat. Berikut adalah data hasil perhitungan dari masing-masing variasi tulangan.

Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\tau = \frac{P}{\pi \cdot d \cdot l_d}$$

dimana,

P = beban (N)

D = diameter baja tulangan (mm)

ld = panjang penyaluran (mm)

$\tau$  = tegangan lekat (MPa)

salah satu perhitungan benda uji adalah sebagai berikut :

$$\tau = \frac{P}{\pi \cdot d \cdot l_d}$$

$$\tau = \frac{17600}{\pi \cdot 10 \cdot 150} = 3,734 \text{ Mpa}$$

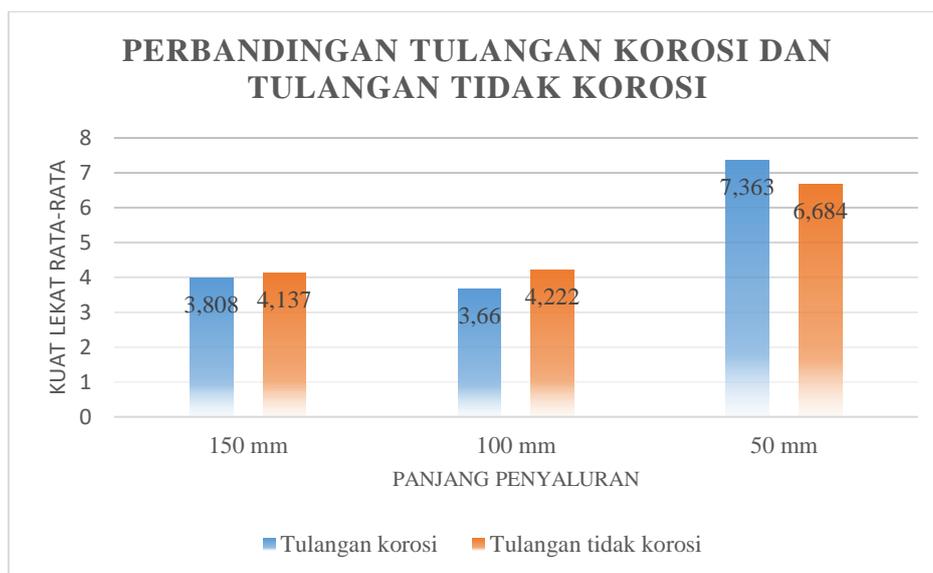
Untuk perhitungan lebih lengkapnya dapat dilihat pada Tabel 7

Tabel 7: Perhitungan Kuat Lekat

NO	Jenis Tulangan	Panjang Penyaluran (mm)	Gaya Cabut (N)	Kuat lekat (Mpa)	Rata-rata (Mpa)
1	Korosi	150	17200	3,649	3,808
2		150	18600	3,947	
3		150	20400	4,329	
4		100	6300	2,005	3,66
5		100	14900	4,742	

NO	Jenis Tulangan	Panjang Penyaluran (mm)	Gaya Cabut (N)	Kuat lekat (Mpa)	Rata-rata (Mpa)
6	Tidak Korosi	100	13300	4,233	7,363
7		50	13200	8,403	
8		50	11100	7,066	
9		50	10400	6,620	
10		150	17600	3,734	4,137
11		150	21700	4,604	
12		150	19200	4,074	
13		100	14900	4,742	
14		100	13200	4,201	4,222
15		100	11700	3,724	
16		50	9600	6,111	6,684
17		50	11100	7,066	
18		50	10800	6,875	

Dari hasil perhitungan untuk tulangan korosi pada panjang penyaluran 150 mm didapat nilai kuat lekat rata-rata 3,808 Mpa. Pada panjang penyaluran 100 mm didapat nilai kuat lekat rata-rata 3,66 Mpa. Sedangkan untuk panjang penyaluran 50 mm didapat nilai kuat lekat rata-rata 7,363 Mpa. Sedangkan untuk tulangan tidak korosi pada panjang penyaluran 150 mm didapat nilai kuat lekat rata-rata 4,137 Mpa. Pada panjang penyaluran 100 mm didapat nilai kuat lekat rata-rata 4,222 Mpa. Sedangkan untuk panjang penyaluran 50 mm didapat nilai kuat lekat rata-rata 6,684 Mpa. Untuk perbandingan nilai kuat lekat antara tulangan korosi dan tidak korosi dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7: Diagram Perbandingan Nilai Kuat Lekat

Dari diagram diatas dapat diketahui bahwa tegangan lekat rata-rata benda uji antara tulangan korosi dan tulangan tidak korosi berbeda. Untuk panjang penyaluran 150 mm tulangan tidak korosi nilai kuat lekatnya lebih tinggi dari pada tulangan korosi, untuk panjang penyaluran 100 mm tulangan tidak korosi nilai kuat lekatnya lebih tinggi dari pada tulangan korosi, sedangkan pada panjang penyaluran 50 mm nilai kuat lekat tulangan korosi lebih tinggi dari pada tulangan tidak korosi. Tulangan korosi yang lebih tinggi nilai kuat lekatnya dimungkinkan karena faktor korosi menambah kasar permukaan sehingga menambah nilai kuat lekatnya.

#### IV. KESIMPULAN

Bersumber pada hasil penelitian yang telah dilakukan diambil kesimpulan data yang dapat perhitungan kuat lekat berdasarkan panjang penyaluran. Pada panjang penyaluran 150 mm nilai kuat lekat tulangan korosi lebih tinggi yaitu 4,137 Mpa dari tulangan tidak korosi yaitu 3,975 Mpa. Pada panjang penyaluran 100 mm nilai kuat lekat tulangan normal lebih tinggi yaitu 4,222 Mpa dari pada tulangan korosi yaitu 3,66 Mpa. Pada panjang penyaluran 50 mm nilai kuat lekat tulangan korosi lebih tinggi yaitu 7,363 Mpa dari pada tulangan tidak korosi yaitu 6,684 Mpa. Pada tulangan korosi terjadi penurunan panjang penyaluran dari 150 mm ke 100 mm namun terjadi peningkatan pada panjang penyaluran 50 mm. Sedangkan tulangan tidak korosi terjadi peningkatan panjang penyaluran dari 150 mm, 100 mm, hingga 50 mm. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka perlu dilakukan penelitian kuat lekat dengan memvariasikan diameter tulangan dan lamanya waktu pengkorosian sehingga didapatkan perbandingan yang lebih bervariasi. Perlu dilakukan penelitian pengaruh panjang penyaluran dengan benda uji berupa balok. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan memvariasi mutu beton pada setiap benda uji.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Prihantono and Saefudin, "Pengaruh Korosi Baja Tulangan Terhadap Kuat Lekat Beton Bertulang Drs. Prihantono ST dan Saefudin," *Menara, J. Tek. Sipil*, vol. 1, no. 2, pp. 182–199, 2006.
- [2] P. Gunawan, "Pengaruh korosi baja tulangan terhadap kuat geser balok beton bertulang," pp. 21–30, 2007.
- [3] E. Walujodjati, "Development length on concrete with bundle bars," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 434, no. 1, 2018, doi: 10.1088/1757-899X/434/1/012197.
- [4] S. Rusyadi, "Pengaruh Mutu Beton Terhadap Kuat Lekat Antara Beton Dan Baja Tulangan," vol. 3, pp. 82–90, 2014.
- [5] I. N. Merdana *et al.*, "Pengaruh Temperatur Tinggi Terhadap Kuat Lekat Dan Initial Corrosion Tulangan Baja Dalam Beton," vol. 13, pp. 33–41, 2022.
- [6] SNI 03-2834-2000, "SNI 03-2834-2000: Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal," *Sni 03-2834-2000*, pp. 1–34, 2000.
- [7] Badan Standardisasi Nasional, "Metode uji untuk analisis saringan agregat halus dan agregat kasar," 2014.
- [8] S. 1969:2008, "Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar," *Badan Standar Nas. Indones.*, p. 20, 2008.
- [9] Badan Standardisasi Nasional, "Cara uji berat isi sni 1973," 2016.
- [10] Badan Standardisasi Nasional, "SNI 2816:2014. Metode Uji Bahan Organik dalam Agregat Halus untuk Beton," *Badan Standar Nas. Indones.*, p. 10, 2014.
- [11] Badan Standardisasi Nasional, "SNI S-04-1989 Kadar Lumpur Agregat," 2016.
- [12] Badan Standardisasi Nasional, "SNI 2417-2008 Cara Uji Keausan Dengan Agregat Dengan Mesin Abrasi Los Angeles," 2008.
- [13] Badan Standardisasi Nasional, "SNI 1971-2011 Cara uji kadar air total dengan pengeringan," 2011.
- [14] Badan Standardisasi Nasional, "SNI 07-2529-1991 Metode Pengujian Tarik Baja Beton," 1991.
- [15] SNI 2493-2011, "Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di Laboratorium," *Badan Standar Nas. Indones.*, p. 23, 2011.
- [16] B. Standardisasi, N. Badan, S. Nasional, S. Nasional, I. Standar, and N. Indonesia, *Standar Nasional Indonesia 07-8389-2017 Cara uji tarik logam*. 2017.
- [17] SNI 7656:2012, "Tata Cara Pemilihan Campuran untuk Beton Normal, Beton Berat dan Beton Massa," *Badan Standardisasi Nas.*, p. 52, 2012.
- [18] Badan Standardisasi Nasional, "SNI 03-1972-1990 : Metode Pengujian Slump Beton," *Badan Standar Nas. Indones.*, vol. 1, no. ICS 91.100.30, pp. 1–12, 1990.
- [19] S. 1974-2011, "SNI 1974-2011 Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder," *Badan Stand. Nas. Indones.*, p. 20, 2011.