

BAB V

HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

Bab ini akan membahas tentang hasil pengujian yang telah dilaksanakan pada penelitian ini. Penelitian dilakukan dalam beberapa tahap, yaitu pengujian kekuatan beton, pengujian kekuatan bambu, pengujian kekuatan lekat tulangan bambu terhadap beton, perhitungan dimensi takikan, pengujian kekuatan lekat tulangan bambu dengan takikan terhadap beton, pengujian kekuatan lekat tulangan baja terhadap beton, pembahasan hasil penelitian, dan penarikan kesimpulan penelitian.

5.1 Pengujian Kekuatan Beton

Tujuan dari pengujian kekuatan beton pada penelitian ini adalah untuk mengetahui kekuatan beton untuk digunakan pada perhitungan dimensi takikan. Pengujian kekuatan beton dilakukan terhadap kuat tekan beton dan kuat geser beton. Berikut merupakan pengujian dan analisis data yang dilakukan untuk mendapatkan hasil pengujian kekuatan beton.

5.1.1 Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan dengan beberapa tahapan, yaitu pengujian bahan susun beton, *mix design* (pembuatan campuran beton), dan pengujian kuat tekan beton. Berikut merupakan tahapan pengujian kuat tekan beton.

1. Pengujian bahan susun beton

a. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus

Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus menggunakan standar acuan SNI 03-1970-1990. Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan berat jenis dan penyerapan agregat halus. Berikut merupakan hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus pada tabel 5.1.

Tabel 5.1 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Keterangan	Hasil Pengujian
Berat pasir kering mutlak (gram)	485,6
Berat pasir SSD (gram)	500
Berat piknometer berisi pasir dan air (gram)	1175,2
Berat piknometer berisi air (gram)	860,2
Berat jenis curah	2,63
Berat jenis SSD	2,70
Berat jenis semu	2,85
Penyerapan air	2,97%

Hasil dari pengujian pada tabel 5.1 menunjukkan berat jenis SSD (perbandingan berat agregat jenuh kering permukaan dengan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh) agregat halus adalah 2,70. Sedangkan penyerapan air (perbandingan berat air yang dapat diserap pori dengan berat agregat kering) agregat halus adalah 2,97%. Menurut SK.SNI.T-15-1990:1, agregat halus yang digunakan pada penelitian ini adalah agregat normal, di mana berat jenis SSD agregat normal adalah 2,5-2,7.

b. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar

Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar menggunakan standar acuan SNI 03-1970-1990. Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan berat jenis dan penyerapan agregat kasar. Berikut merupakan hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar pada tabel 5.2.

Tabel 5.2 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Keterangan	Hasil Pengujian
Berat kerikil kering mutlak (gram)	4935,5
Berat kerikil SSD (gram)	5000
Berat kerikil dalam air (gram)	3007,5
Berat jenis curah	2,49
Berat jenis SSD	2,52
Berat jenis semu	2,57
Penyerapan air	1,31%

Hasil dari pengujian pada tabel 5.2 menunjukkan berat jenis SSD (perbandingan berat agregat jenuh kering permukaan dengan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh) agregat kasar

adalah 2,52. Sedangkan penyerapan air (perbandingan berat air yang dapat diserap pori dengan berat agregat kering) agregat kasar adalah 1,31%. Menurut SK.SNI.T-15-1990:1, agregat kasar yang digunakan pada penelitian ini adalah agregat normal, di mana berat jenis SSD agregat normal adalah 2,5-2,7.

c. Pengujian analisa saringan agregat halus

Pengujian analisa saringan agregat halus menggunakan standar acuan SNI 03-1968-1990. Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan gradasi ukurn butir agregat halus. Berikut merupakan hasil pengujian analisa saringan agregat halus pada tabel 5.3.

Tabel 5.3 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus

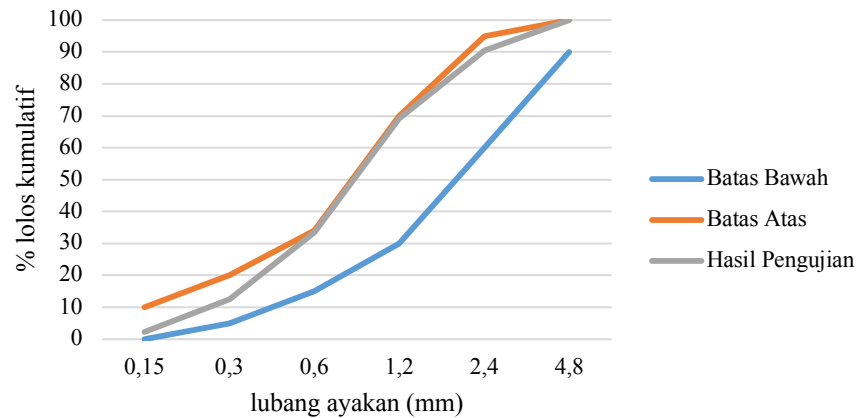
Lubang ayakan (mm)	Berat tertinggal (gram)	Berat tertinggal (%)	Berat tertinggal kumulatif (gram)	Persen lolos kumulatif (%)	Batas Gradasi pasir (%)
10,00	0	0	0	100	100
4,80	0	0	0	100	90-100
2,4	190,74	9,54	9,54	90,46	60-95
1,2	426,76	21,34	30,87	69,13	30-70
0,6	711,45	35,57	66,45	33,55	15-34
0,3	419,37	20,97	87,42	12,58	5-20
0,15	206,45	10,32	97,74	2,26	0-10
pan	45,24	2,26	100	0,00	-
Jumlah	2000	100,00	291,99	Gradasi	Daerah I

Berdasarkan tabel 5.3, maka nilai modulus halus butir (MHB) agregat halus dapat dihitung sebagai berikut:

$$\text{Modulus Halus Butir} = \frac{291,99}{100} = 2,92$$

Berdasarkan hasil pengujian, didapatkan nilai modulus halus butir (MHB) agregat halus sebesar 2,92. Hasil tersebut sesuai dengan persyaratan SK SNI S-04-1989-F dimana nilai modulus halus butir agregat halus normal berada diantara 1,5 - 3,8. Tingkat gradasi mempengaruhi volume pori, kemampuan, dan kebutuhan semen. Hasil dari pengujian yang dilakukan menunjukkan gradasi ukuran butir agregat halus adalah Daerah I yang merupakan pasir

kasar. Grafik hubungan antara persentase lolos kumulatif dan batas gradasi agregat halus dapat dilihat pada gambar 5.1 berikut.



Gambar 5.1 Grafik Gradasi Agregat Halus

d. Pengujian analisa saringan agregat kasar

Pengujian analisa saringan agregat kasar menggunakan standar acuan SNI 03-1968-1990. Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan ukuran butiran maksimum agregat kasar. Berikut merupakan hasil pengujian analisa saringan agregat kasar pada tabel 5.4.

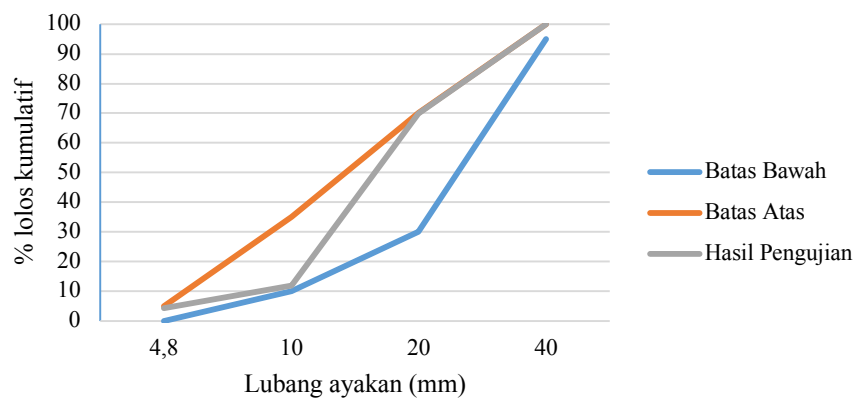
Tabel 5.4 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar

Lubang ayakan (mm)	Berat tertinggal (gram)	Berat tertinggal (%)	Berat tertinggal kumulatif (gram)	Persen lolos kumulatif (%)	Batas gradasi kerikil (%)
40,00	0	0	0	100	95-100
20,00	1500,5	30,01	30,01	69,99	30-70
10,00	2899,5	57,99	88,00	12,00	10-35
4,80	442,5	8,85	96,85	3,15	0-5
2,40	57,0	1,14	97,99	2,01	-
1,20	20,0	0,40	98,39	1,61	-
0,60	19,5	0,39	98,78	1,22	-
0,30	18,0	0,36	99,14	0,86	-
0,15	13,5	0,27	99,41	0,59	-
sisa	29,5	0,59	100	0	-
Jumlah	5000	100,00	708,57		40 mm

Berdasarkan tabel 5.4, maka nilai modulus halus butir (MHB) agregat kasar dapat dihitung sebagai berikut:

$$\text{Modulus Halus Butir} = \frac{708,57}{100} = 7,09$$

Berdasarkan hasil pengujian, didapatkan nilai modulus halus butir (MHB) agregat kasar sebesar 7,09. Hasil tersebut sesuai dengan persyaratan SK SNI S-04-1989-F dimana nilai modulus halus butir agregat kasar normal berada diantara 6,5 - 7,1. Ukuran butir agregat kasar mempengaruhi volume pori, kemampuan, dan kebutuhan semen. Hasil dari pengujian yang dilakukan menunjukkan besar butiran maksimum agregat kasar adalah 40 mm. Grafik hubungan antara persentase lolos kumulatif dan batas gradasi agregat kasar dapat dilihat pada gambar 5.2 berikut.



Gambar 5.2 Grafik Gradasi Agregat Kasar

e. Pengujian kandungan lumpur dalam pasir

Pengujian kandungan lumpur pada pasir menggunakan standar acuan SNI 03-4142-1996. Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan nilai kandungan lumpur dalam pasir. Berikut merupakan hasil pengujian kandungan lumpur dalam pasir pada tabel 5.5.

Tabel 5.5 Hasil Pengujian Kandungan Lumpur dalam Pasir

Keterangan	Hasil Pengujian
Berat agregat kering oven (gram)	500
Berat agregat kering oven setelah dicuci (gram)	490,1
Kandungan lumpur dalam agregat (%)	1,98

Hasil dari pengujian pada tabel 5.5 menunjukkan nilai kandungan lumpur dalam agregat halus adalah 1,98%. Menurut Persyaratan Umum Bahan

Bangunan di Indonesia 1982 (PUBI-1982), kandungan lumpur dalam agregat halus maksimal adalah 5%, sehingga agregat tidak perlu dicuci untuk digunakan pada pembuatan campuran beton.

2. *Mix design* (perencanaan campuran beton)

Mix design (perencanaan campuran beton) menggunakan standar acuan SNI 03-2834-2000. Perencanaan dilakukan dengan menggunakan hasil penelitian yang telah didapat dari pengujian bahan susun beton dan ketentuan-ketentuan yang ditetapkan oleh SNI. Berikut merupakan rekapitulasi hasil perencanaan campuran beton pada tabel 5.6.

Tabel 5.6 Rekapitulasi Hasil Perencanaan Campuran Beton

No.	Keterangan	Satuan	Nilai
1	Kuat tekan beton rencana ($f'c$)	MPa	25
2	Jumlah benda uji	buah	5
3	Nilai tambah/margin (M)	MPa	12
4	Kuat tekan beton tertarget (fcr)	MPa	37
5	Jenis semen		Portland tipe I
6	Jenis agregat kasar		Batu pecah
7	Jenis agregat halus		Pasir
8	Faktor air semen bebas		0,43
9	Faktor air semen maksimum		0,6
10	Faktor air semen digunakan (fas)		0,43
11	Slump	mm	60-180
12	Ukuran agregat maksimum	mm	40
13	Kadar air bebas	Liter	185
14	Kadar semen	kg/m ³	430,23
15	Kadar semen minimum	kg/m ³	275
16	Kadar semen digunakan	kg/m ³	430,23
17	Susunan besar butir agregat halus		Daerah I
18	Berat jenis agregat halus		2,70
19	Berat jenis agregat kasar		2,52
20	Persen agregat halus		43%
21	Persen agregat kasar		57%
22	Berat jenis relatif agregat SSD		2,60
23	Berat isi beton	kg/m ³	2375
24	Kadar agregat gabungan	kg/m ³	1759,77
25	Kadar agregat halus	kg/m ³	756,70
26	Kadar agregat kasar	kg/m ³	1003,07

Kuat tekan beton rencana ($f'c$) dalam penelitian ini adalah 25 MPa. Pembuatan campuran beton menggunakan semen *portland* tipe I, agregat kasar menggunakan batu pecah, dan agregat halus menggunakan pasir. Hasil yang didapatkan dari *mix design* yang dilakukan adalah berat isi beton sebesar 2375 kg/m³, kadar semen yang digunakan adalah 430,23 kg/m³, kadar air yang digunakan adalah 185 liter/m³, kadar agregat halus yang digunakan adalah 756,70 kg/m³, dan kadar agregat kasar yang digunakan adalah 1003,07 kg/m³.

Tabel 5.7 Volume Pekerjaan Pembuatan Campuran Beton

Jenis Pengujian	Jenis benda uji	Volume benda uji	Jumlah benda uji	Volume pekerjaan (m ³)
1. Pengujian kekuatan beton, kuat lekat tulangan bambu	Silinder	0,0053	5	0,0265
	Kubus	0,0034	5	0,0165
	Total volume pekerjaan			0,0430
2. Kuat lekat tulangan bambu dengan takikan, kuat lekat tulangan baja	Silinder	0,0053	5	0,0265
	Kubus	0,0034	14	0,0473
	Total volume pekerjaan			0,0738

Tabel 5.8 Proporsi Campuran Beton

Keterangan	Semen (kg)	Air (kg)	Pasir (kg)	Kerikil (kg)
Proporsi campuran setiap m ³	430,23	185	780,35	1034,42
Proporsi campuran pengujian pertama	23,34	10,03	41,04	54,41
Proporsi campuran pengujian kedua	39,67	17,06	69,78	92,49

Volume pekerjaan pembuatan campuran beton pada penelitian ini adalah 0,0430 m³ untuk pengujian pertama dan 0,0738 m³ untuk pengujian kedua. Sehingga proporsi campuran beton yang didapat pada setiap pengujian adalah 23,34 kg semen, 10,03 kg air, 41,04 kg pasir, dan 54,41 kg kerikil untuk pengujian pertama dan 39,67 kg semen, 17,06 kg air, 69,78 kg pasir, dan 92,49 kg kerikil untuk pengujian kedua.

3. Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton pada penelitian ini menggunakan standar acuan SNI 03-1974-1990 Metode Pengujian Kuat Tekan Beton. Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan beban tekan maksimum yang dapat ditahan oleh beton untuk

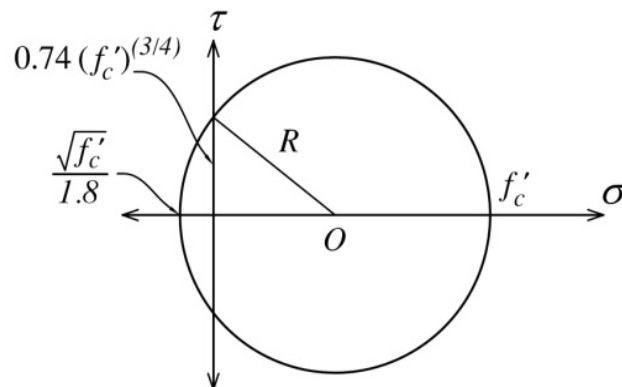
mendapatkan nilai kuat tekan beton. Pengujian dilakukan terhadap silinder beton dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm dan pengujian dilakukan pada umur benda uji 28 hari. Pengujian dilakukan terhadap 5 benda uji silinder beton. Berdasarkan hasil pengujian pada tabel 5.9, didapatkan nilai kuat tekan beton rata-rata sebesar 30,559 MPa. Berikut merupakan hasil pengujian kuat tekan beton untuk pengujian kekuatan beton pada tabel 5.9.

Tabel 5.9 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

No. Benda Uji	Diameter (mm)	Luas Bidang Uji (mm ²)	P maks. (kN)	Kuat Tekan (N/mm ²)
1	149,65	17589,09	595	33,828
2	150,20	17718,61	460	30,559
3	150,88	17878,23	540	30,204
4	151,27	17971,96	465	30,559
5	150,23	17724,51	490	27,645
			Rata-rata	30,559

5.1.2 Perhitungan Kuat Geser Beton

Menurut Azadeh (2013), takikan dan kuat geser beton memiliki hubungan yang rumit. Diperlukan penelitian yang lebih detail untuk mendapatkan nilai pasti untuk kuat geser beton. Nilai kuat geser beton berkisar antara 10 sampai 15 persen kuat tekan beton. Nilai kuat geser beton dapat ditentukan dengan analisis *Mohr's Circle* berdasarkan kuat tekan dan kuat tarik beton. Berikut merupakan analisis *Mohr's Circle* pada gambar 5.3 dan persamaan 5.1.



Gambar 5.3 Mohr's Circle

(Sumber: Azadeh, 2013)

Berdasarkan gambar 5.3, nilai kuat geser beton dapat ditentukan dari nilai kuat tekan beton. Nilai kuat geser beton dapat ditentukan dari persamaan berikut.

$$\tau_c = 0,74 (f_c')^{\frac{3}{4}} \quad (5.1)$$

dengan:

τ_c : kuat geser beton (N/mm²)

f_c' : kuat tekan beton (N/mm²)

Dari hasil perhitungan yang dilakukan dengan menggunakan persamaan 5.1, nilai kuat geser beton rata-rata yang didapatkan adalah 9,618 N/mm². Berikut merupakan hasil perhitungan nilai kuat geser beton pada gambar 5.10.

Tabel 5.10 Hasil Perhitungan Nilai Kuat Geser Beton

No. Benda Uji	Kuat Tekan (N/mm ²)	Kuat Geser (N/mm ²)
1	33,828	10,380
2	30,559	9,618
3	30,204	9,534
4	30,559	9,618
5	27,645	8,922
	Rata-rata	9,618

5.2 Pengujian Kekuatan Bambu

Tujuan dari pengujian kekuatan bambu pada penelitian ini adalah untuk mengetahui kekuatan bambu untuk digunakan pada perhitungan dimensi takikan. Pengujian kekuatan bambu dilakukan terhadap pengujian kuat tekan bambu dan kuat geser bambu. Berikut merupakan pengujian dan analisis data yang dilakukan untuk mendapatkan kekuatan bambu.

5.2.1 Pengujian Kuat Geser Bambu

Pengujian kuat geser bambu menggunakan standar acuan SNI 03-3400-1994 Metode Pengujian Kuat Geser Kayu di Laboratorium. Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan beban geser maksimum yang dapat ditahan oleh bambu untuk mendapatkan nilai kuat geser bambu sejajar serat. Hasil pengujian kuat geser bambu dapat dilihat pada tabel 5.11.

Tabel 5.11 Hasil Pengujian Kuat Geser Bambu

No. Benda Uji	Berat		Kadar air (%)	Dimensi		Luas bidang uji (mm ²)	Beban maks. (N)	Kuat geser (N/mm ²)
	Awal (gram)	Kering (gram)		Lebar (mm)	Tinggi (mm)			
1	11,3	9,7	16,5	34,48	19,48	671,40	5246,56	7,81
2	9,9	8,5	16,5	32	20,3	649,60	3554,91	5,47
3	10,1	8,7	16,1	34,25	19,10	654,18	4795,45	7,33
4	9,6	8,2	17,1	32,9	17,63	579,86	3089,09	5,33
5	9,2	11,29	19,2	34,95	18,5	646,58	4805,26	7,43
							Rata-rata	6,68

Pengujian kuat geser bambu yang dilakukan pada pengujian ini dilakukan pada searah serat bambu. Kekuatan geser bambu dipengaruhi oleh luas bidang geser benda uji dan beban maksimum yang ditahan oleh bambu. Pengujian dilakukan terhadap 5 benda uji bambu petung (*Dendrocalamus asper*) yang telah disiapkan sesuai dengan persyaratan yang berlaku. Berdasarkan hasil pengujian pada tabel 5.11, nilai kuat geser bambu rata-rata yang didapatkan adalah 6,68 N/mm².

5.2.2 Pengujian Kuat Tekan Bambu

Pengujian kuat tekan bambu menggunakan standar acuan ISO TR 22157 *Bamboo – Determination of Physical and Mechanical Properties*. Pengujian ini dilakukan untuk untuk mendapatkan beban tekan maksimum yang dapat ditahan oleh bambu untuk mendapatkan nilai kuat tekan bambu sejajar serat. hasil pengujian kuat tekan bambu dapat dilihat pada tabel 5.12:

Tabel 5.12 Hasil Pengujian Kuat Tekan Bambu

No. Benda Uji	Berat		Kadar air (%)	Dimensi		Luas bidang uji (mm ²)	Beban maks. (kN)	Kuat tekan (N/mm ²)
	Awal (gram)	Kering (gram)		Diameter luar (mm)	Tebal (mm)			
1	847,0	735,8	13,13	142,00	40,10	7658,27	365	47,66
2	654,7	560,4	14,40	130,43	35,30	6255,50	276	44,12
3	613,7	521,4	15,04	132,84	35,50	6054,18	280	43,65
4	551,5	475,9	13,71	128,43	32,06	5079,86	275	48,23
5	562,2	488,1	13,18	130,94	35,44	6046,58	245	38,90
							Rata-rata	44,51

Pengujian kuat tekan bambu pada pengujian ini dilakukan pada searah serat bambu. Kekuatan tekan bambu dipengaruhi oleh luas bidang tekan benda uji dan beban maksimum yang dapat ditahan bambu. Pengujian dilakukan terhadap 5 benda uji bambu petung (*Dendrocalamus asper*) yang telah disiapkan sesuai dengan persyaratan yang berlaku. Berdasarkan hasil pengujian pada tabel 5.17, nilai kuat tekan bambu rata-rata yang didapatkan adalah 44,51 N/mm².

5.3 Pengujian Kekuatan Lekat Tulangan Bambu terhadap Beton

Tujuan dari pengujian kekuatan lekat tulangan bambu terhadap beton pada penelitian ini adalah untuk mengetahui kekuatan lekat antara tulangan bambu yang dilapisi pernis terhadap beton untuk digunakan pada perhitungan dimensi takikan. Pengujian kekuatan lekat antara tulangan dan beton menggunakan standar acuan SNI 03-4809-1998 Metode Pengujian untuk Membandingkan Berbagai Beton Berdasarkan Kuat Lekat yang Timbul terhadap Tulangan. Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan beban geser maksimum pada permukaan tulangan dan beton untuk mendapatkan nilai kuat lekat tulangan. Berikut merupakan hasil pengujian kuat lekat tulangan bambu terhadap beton pada tabel 5.13.

Tabel 5.13 Hasil Pengujian Kuat Lekat Tulangan Bambu terhadap Beton

No. Benda Uji	Keliling Tulangan (mm)	Panjang Penyaluran (mm)	Luas Bidang Uji (mm ²)	Beban maks. (kN)	Kuat Lekat (N/mm ²)
1	89,60	153,63	13765,25	15396,44	1,119
2	81,6	152,21	12320,54	12503,48	1,007
3	88,4	151,86	13424,65	14857,08	1,107
4	84,75	153,39	12999,59	13337,04	1,026
5	87,4	152,40	13319,76	14072,54	1,057
				rata-rata	1,063

Pengujian kuat lekat tulangan pada pengujian ini menggunakan tulangan bambu petung yang dilapisi pernis. Kekuatan lekat tulangan dipengaruhi oleh jenis permukaan tulangan, panjang penyaluran, ukuran tulangan. Pengujian dilakukan terhadap 5 benda uji bambu petung yang telah disiapkan sesuai dengan persyaratan yang berlaku. Berdasarkan hasil pengujian pada tabel 5.13, nilai kuat lekat tulangan rata-rata yang didapatkan adalah 1,063 N/mm².

5.4 Perhitungan Dimensi Takikan

Hasil dari analisis data pengujian kekuatan beton, pengujian kekuatan bambu, dan pengujian kekuatan tulangan bambu yang dilapisi pernis terhadap beton digunakan pada tahap ini untuk mendesain dimensi takikan pada tulangan bambu. Dimensi takikan yang dihitung adalah tinggi takikan (h), jarak antar takikan (b), dan lebar takikan (c). Perhitungan dilakukan dengan menggunakan persamaan (3.5). Parameter-parameter yang digunakan pada persamaan (3.5) adalah kuat geser bambu, kuat tekan bambu, kuat tekan beton, kuat geser beton, dan tegangan lekat antara tulangan bambu dan beton. Berikut merupakan rekapitulasi hasil dan analisis data pengujian kekuatan beton, pengujian kekuatan bambu, dan pengujian kekuatan lekat tulangan bambu yang dilapisi pernis terhadap beton pada tabel 5.14.

Tabel 5.14 Rekapitulasi Hasil Analisis Data untuk Perhitungan Takikan

No. Benda Uji	Kuat geser bambu (N/mm ²)	Kuat tekan bambu (N/mm ²)	Kuat Tekan Beton (N/mm ²)	Kuat Geser Beton (N/mm ²)	Kuat Lekat Tulangan (N/mm ²)
1	7,81	47,66	33,828	10,380	1,119
2	5,47	44,12	30,559	9,618	1,007
3	7,33	43,65	30,204	9,534	1,107
4	5,33	48,23	30,559	9,618	1,026
5	7,43	38,90	27,645	8,922	1,057
rata-rata	6,68	44,51	30,559	9,618	1,063

Dimensi-dimensi pada takikan dapat dihitung menggunakan rekapitulasi hasil pengujian pada tabel 5.14. Berikut merupakan perhitungan dimensi takikan dengan tinggi (h) takikan 2 mm, 3 mm, dan 4 mm.

$$h:b:c=h : \frac{\sigma_{cb}}{\tau_b - \tau_{cb}} xh : \frac{\sigma_{cb}}{\tau_c - \tau_{cb}} xh \quad (3.5)$$

dimana:

σ_{cb} : kuat tekan terkecil antara bambu dan beton (N/mm²)

τ_b : kuat geser bambu (N/mm²)

τ_c : kuat geser beton (N/mm²)

τ_{cb} : kuat lekat antara tulangan bambu dan beton (N/mm²)

b : jarak antar takikan (mm)

h : tinggi takikan (mm)

c : lebar takikan (mm)

1. takikan 2 mm

$$b = \frac{\sigma_{cb}}{\tau_b - \tau_{cb}} \times h$$

$$b = \frac{30,559 \text{ N/mm}^2}{(6,68 \text{ N/mm}^2 - 1,063 \text{ N/mm}^2)} \times 2 \text{ mm}$$

$$= 11 \text{ mm}$$

$$c = \frac{\sigma_{cb}}{\tau_c - \tau_{cb}} \times h$$

$$c = \frac{30,559 \text{ N/mm}^2}{(9,618 \text{ N/mm}^2 - 1,063 \text{ N/mm}^2)} \times 2 \text{ mm}$$

$$= 7 \text{ mm}$$

2. takikan 3 mm

$$b = \frac{\sigma_{cb}}{\tau_b - \tau_{cb}} \times h$$

$$b = \frac{30,559 \text{ N/mm}^2}{(6,68 \text{ N/mm}^2 - 1,063 \text{ N/mm}^2)} \times 3 \text{ mm}$$

$$= 16 \text{ mm}$$

$$c = \frac{\sigma_{cb}}{\tau_c - \tau_{cb}} \times h$$

$$c = \frac{30,559 \text{ N/mm}^2}{(9,618 \text{ N/mm}^2 - 1,063 \text{ N/mm}^2)} \times 3 \text{ mm}$$

$$= 11 \text{ mm}$$

3. takikan 4 mm

$$b = \frac{\sigma_{cb}}{\tau_b - \tau_{cb}} \times h$$

$$b = \frac{30,559 \text{ N/mm}^2}{(6,68 \text{ N/mm}^2 - 1,063 \text{ N/mm}^2)} \times 4 \text{ mm}$$

$$= 22 \text{ mm}$$

$$c = \frac{\sigma_{cb}}{\tau_c - \tau_{cb}} \times h$$

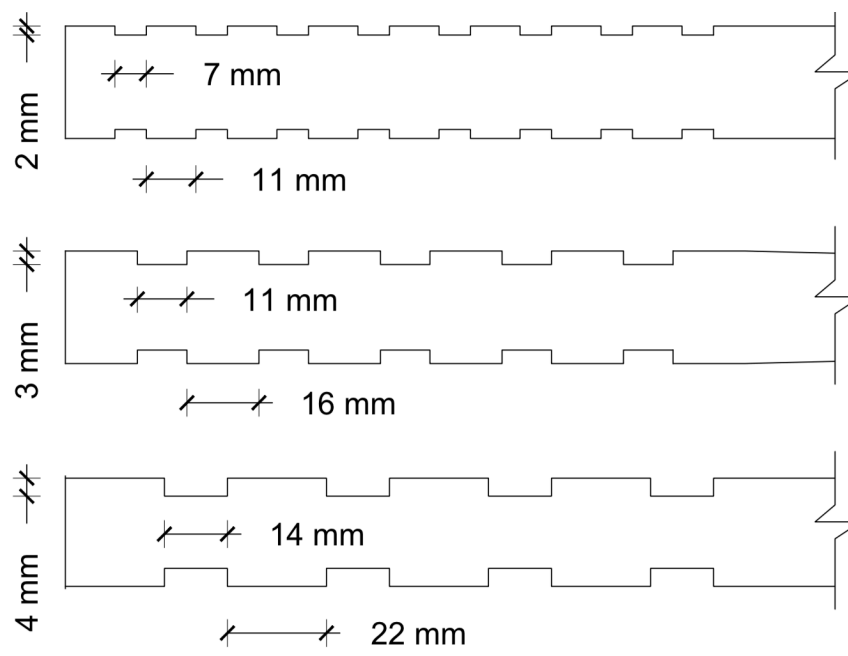
$$c = \frac{30,559 \text{ N/mm}^2}{(9,618 \text{ N/mm}^2 - 1,063 \text{ N/mm}^2)} \times 4 \text{ mm}$$

= 14 mm

Berikut merupakan rekapitulasi hasil perhitungan dimensi takikan tulangan bambu dan gambar tulangan bambu dengan takikan pada tabel 5.15 dan gambar 5.4.

Tabel 5.15 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Dimensi Takikan

No.	Variasi Takikan	Jarak antar Takikan (b)	Lebar Takikan (c)	Tinggi Takikan (h)
1	2 mm	11 mm	7 mm	2 mm
2	3 mm	16 mm	11 mm	3 mm
3	4 mm	22 mm	14 mm	4 mm



Gambar 5.4 Hasil Perhitungan Dimensi Takikan

5.5 Pengujian Kekuatan Lekat Tulangan Bambu dengan Takikan terhadap Beton

Tujuan dari pengujian kekuatan lekat tulangan bambu dengan takikan terhadap beton pada penelitian ini adalah untuk mengetahui kekuatan lekat tulangan bambu yang dilapisi pernis terhadap beton yang diberi takikan pada permukaan tulangan. Pengujian yang dilakukan pada pengujian ini adalah pengujian kuat tekan beton dan pengujian kuat lekat antara tulangan dan beton. Berikut merupakan pengujian dan analisis data yang dilakukan untuk mendapatkan nilai kuat lekat tulangan bambu dengan takikan terhadap beton.

1. Pengujian kuat tekan beton

Pengujian kuat tekan beton menggunakan standar acuan SNI 03-1974-1990 Metode Pengujian Kuat Tekan Beton. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk membandingkan nilai kuat tekan beton pada pengujian ini dengan pengujian kekuatan beton. Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan beban tekan maksimum yang dapat ditahan oleh beton untuk mendapatkan nilai kuat tekan beton. Pengujian dilakukan terhadap silinder beton dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm dan pengujian dilakukan pada umur benda uji 28 hari. Pengujian dilakukan terhadap 5 benda uji silinder beton. Berdasarkan hasil pengujian pada tabel 5.16, didapatkan nilai kuat tekan beton rata-rata sebesar 31,485 MPa. Hal tersebut berarti beton yang digunakan pada pengujian ini memiliki kuat tekan yang lebih besar daripada kuat tekan beton pada pengujian kekuatan beton. Sehingga beton yang digunakan pada pengujian ini tidak mengurangi nilai kekuatan lekat pada pengujian kuat lekat tulangan bambu dengan takikan terhadap beton. Berikut merupakan hasil pengujian kuat tekan beton untuk pengujian kekuatan lekat tulangan bambu dengan takikan pada tabel 5.16.

Tabel 5.16 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton untuk Pengujian Kekuatan Lekat Tulangan Bambu dengan Takikan

No. Benda Uji	Diameter (mm)	Luas Bidang Uji (mm ²)	P maks. (kN)	Kuat Tekan (N/mm ²)
1	150,05	17683,2416	595	33,648
2	151,475	18020,7061	590	32,740
3	149,825	17630,2493	530	30,062
4	150,975	17901,9343	605	33,795
5	150,725	17842,6956	485	27,182
			Rata-rata	31,845

2. Pengujian kuat lekat tulangan bambu dengan takikan terhadap beton

Pengujian kuat lekat tulangan dengan takikan terhadap beton menggunakan standar acuan SNI 03-4809-1998 Metode Pengujian untuk Membandingkan Berbagai Beton Berdasarkan Kuat Lekat yang Timbul terhadap Tulangan. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mendapatkan beban geser maksimum

pada permukaan tulangan dan beton untuk mendapatkan nilai kuat lekat tulangan. Berikut merupakan hasil pengujian kuat lekat antara tulangan bambu dengan takikan terhadap beton pada tabel 5.17 dan tabel 5.18.

Tabel 5.17 Hasil Pengujian Kuat Lekat Tulangan Bambu dengan Takikan

No.	Variasi Takikan	Keliling Tulangan (mm)	Panjang Penyaluran (mm)	Luas Bidang Uji (mm ²)	Beban maks. (kN)	Kuat Lekat (N/mm ²)
1	tanpa takikan	88,4	151,86	13424,65	14857,08	1,107
2		84,75	153,39	12999,59	13337,04	1,026
3		87,4	152,40	13319,76	14072,54	1,057
4	2 mm	86,20	153,89	13222,41	39520,80	2,989
5		88,90	153,24	13407,26	38540,14	2,875
6		95,15	117,62	10568,33	33734,86	3,192
7	3 mm	87,50	154,15	13148,11	37657,54	2,864
8		88,80	150,46	13046,30	37657,54	2,886
9		94,98	151,89	13169,86	39324,67	2,986
8	4 mm	97,90	151,36	13362,09	37657,54	2,818
9		98,27	150,99	13030,15	40991,80	3,146
10		99,05	148,60	13211,59	45895,12	3,474

Tabel 5.18 Rekapitulasi Hasil Pengujian Kuat Lekat Tulangan Bambu dengan Takikan

No. Benda Uji	Kuat Lekat Tulangan Bambu			
	Tanpa Takikan (N/mm ²)	Takikan 2 mm (N/mm ²)	Takikan 3 mm (N/mm ²)	Takikan 4 mm (N/mm ²)
1	1,107	2,989	2,864	2,818
2	1,026	2,875	2,886	3,146
3	1,057	3,192	2,986	3,474
rata-rata	1,063	3,019	2,912	3,146

Pengujian kuat lekat tulangan bambu dengan takikan pada penelitian ini menggunakan tulangan bambu petung yang dilapisi pernis. Pada permukaan tulangan, diberi takikan pada 2 sisi tulangan dengan dimensi yang telah dihitung sebelumnya. Kekuatan lekat tulangan dengan takikan dipengaruhi oleh kuat tekan bambu, kuat geser bambu, kuat geser beton, dan kuat lekat antara

permukaan tulangan dan beton. Pengujian dilakukan terhadap benda uji tulangan bambu petung yang telah disiapkan sesuai dengan persyaratan yang berlaku. Jumlah benda uji yang digunakan adalah 3 benda uji untuk setiap dimensi takikan. Berdasarkan hasil pengujian pada tabel 5.17 dan tabel 5.18, nilai kuat lekat tulangan yang dilapisi pernis dengan takikan terhadap beton rata-rata pada tulangan tanpa takikan adalah $1,063 \text{ N/mm}^2$, tulangan dengan takikan 2 mm adalah $3,019 \text{ N/mm}^2$, tulangan dengan takikan 3 mm adalah $2,912 \text{ N/mm}^2$, dan tulangan dengan takikan 4 mm adalah $3,146 \text{ N/mm}^2$.

5.6 Pengujian Kekuatan Lekat Tulangan Baja terhadap Beton

Tujuan dari pengujian kekuatan lekat tulangan baja terhadap beton pada penelitian ini adalah untuk mengetahui kekuatan lekat tulangan baja berulir terhadap beton. Pengujian yang dilakukan pada pengujian ini adalah pengujian kuat tekan beton dan pengujian kuat lekat antara tulangan dan beton. Berikut merupakan pengujian dan analisis data yang dilakukan untuk mendapatkan nilai kuat lekat tulangan baja terhadap beton.

1. Pengujian kuat tekan beton

Pengujian kuat tekan beton menggunakan standar acuan SNI 03-1974-1990 Metode Pengujian Kuat Tekan Beton. Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan beban tekan maksimum yang dapat ditahan oleh beton untuk mendapatkan nilai kuat tekan beton. Pengujian dilakukan terhadap silinder beton dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm dan pengujian dilakukan pada umur benda uji 28 hari. Tujuan dari pengujian kuat tekan beton untuk pengujian ini adalah untuk membandingkan nilai kuat tekan beton pada pengujian ini dengan pengujian kekuatan beton. Pengujian dilakukan terhadap 5 benda uji silinder beton. Berdasarkan hasil pengujian pada tabel 5.24, didapatkan nilai kuat tekan beton rata-rata sebesar 31,485 MPa. Hal tersebut berarti beton yang digunakan pada pengujian ini memiliki kuat tekan yang lebih besar daripada kuat tekan beton pada pengujian kekuatan beton. Sehingga beton yang digunakan pada pengujian ini tidak mengurangi nilai kekuatan lekat pada pengujian kekuatan lekat tulangan baja terhadap beton. Berikut merupakan hasil pengujian kuat tekan beton untuk pengujian kekuatan lekat antara tulangan baja pada tabel 5.19.

Tabel 5.19 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton untuk Pengujian Kekuatan Lekat Tulangan Baja terhadap Beton

No. Benda Uji	Diameter (mm)	Luas Bidang Uji (mm ²)	P maks. (kN)	Kuat Tekan (N/mm ²)
1	150,05	17683,2416	595	33,648
2	151,475	18020,7061	590	32,740
3	149,825	17630,2493	530	30,062
4	150,975	17901,9343	605	33,795
5	150,725	17842,6956	485	27,182
			Rata-rata	31,845

2. Pengujian kuat lekat tulangan baja berulir terhadap beton

Pengujian kuat lekat tulangan baja berulir terhadap beton menggunakan standar acuan SNI 03-4809-1998 Metode Pengujian untuk Membandingkan Berbagai Beton Berdasarkan Kuat Lekat yang Timbul terhadap Tulangan. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mendapatkan beban geser maksimum pada permukaan tulangan dan beton untuk mendapatkan nilai kuat lekat tulangan. Berikut merupakan hasil pengujian kuat lekat tulangan baja ulir pada tabel 5.20.

Tabel 5.20 Hasil Pengujian Kuat Lekat Tulangan Baja Berulir

No. Benda Uji	Keliling Tulangan (mm)	Panjang Penyaluran (mm)	Luas Bidang Uji (mm ²)	Beban maks. (kN)	Kuat Lekat (N/mm ²)
1	15,65	155,95	7667,426	40697,60	5,308
2	15,65	153,94	7568,480	41678,26	5,507
3	15,7	153,15	7553,818	49523,58	6,556
4	15,6	154,15	7554,714	45846,09	6,069
5	15,7	155,15	7652,464	43884,76	5,735
				rata-rata	5,835

Pengujian kuat lekat tulangan baja berulir terhadap beton pada penelitian ini menggunakan tulangan baja ulir (BJTS-35) dengan dimensi 16 mm. Tulangan baja yang digunakan diproduksi oleh PT. Lautan Steel. Kekuatan lekat tulangan baja terhadap beton dipengaruhi oleh sirip (ulir) pada permukaan tulangan. Pengujian dilakukan terhadap benda uji tulangan baja yang telah disiapkan sesuai dengan persyaratan yang berlaku. Jumlah benda uji yang digunakan

adalah 5 benda uji. Berdasarkan hasil pengujian pada tabel 5.20, nilai kuat lekat tulangan baja terhadap beton rata-rata yang didapatkan adalah $5,835 \text{ N/mm}^2$.

5.7 Pembahasan Hasil Penelitian

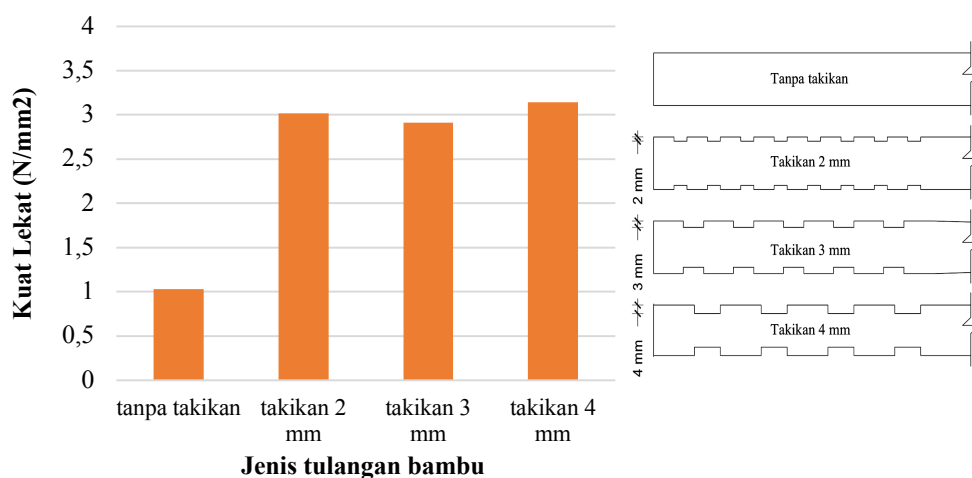
Hasil analisis data dari hasil pengujian yang telah dilakukan akan dibahas sesuai dengan rumusan masalah yang telah ditentukan. Berikut merupakan pembahasan hasil analisis data dari pengujian yang telah dilakukan.

5.7.1 Pengaruh Takikan pada Tulangan Bambu yang dilapisi Pernis

Permukaan bambu yang polos (tidak berulir) dapat mengakibatkan penggelinciran (*slip*) antara beton dan tulangan. Penambahan takikan pada permukaan tulangan bambu dapat menambah kekuatan lekat antara tulangan dan beton. Berikut merupakan rekapitulasi hasil pengujian kekuatan lekat tulangan bambu yang dilapisi pernis terhadap beton pada tabel 5.21 dan gambar 5.5.

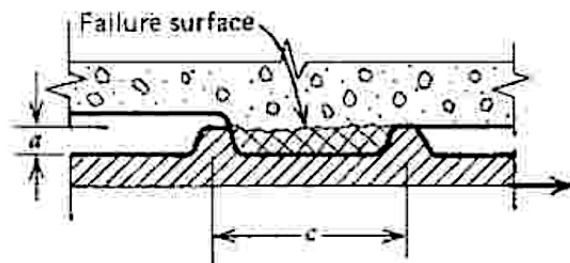
Tabel 5.21 Rekapitulasi Kekuatan Lekat Tulangan Bambu

No. Benda Uji	Kuat Lekat Tulangan Bambu			
	Tanpa Takikan (N/mm^2)	Takikan 2 mm (N/mm^2)	Takikan 3 mm (N/mm^2)	Takikan 4 mm (N/mm^2)
1	1,107	2,989	2,864	2,818
2	1,026	2,875	2,886	3,146
3	1,057	3,192	2,986	3,474
rata-rata	1,063	3,019	2,912	3,146



Gambar 5.5 Grafik Hasil Pengujian Kuat Lekat Tulangan Bambu terhadap Beton

Rekapitulasi hasil pengujian pada tabel 5.26 dan gambar 5.5 menunjukkan bahwa penambahan takikan pada permukaan tulangan dapat meningkatkan kekuatan lekat tulangan bambu terhadap beton sebesar 284% hingga 296% dibandingkan dengan tulangan bambu tanpa takikan. Peningkatan nilai kuat lekat tulangan bambu oleh takikan disebabkan oleh mekanisme *interlocking* yang terjadi pada tulangan bambu. Tegangan tarik yang terjadi ditahan oleh kuat geser beton yang ada pada tulangan bambu. Berikut merupakan mekanisme *interlocking* yang terjadi pada tulangan pada tabel 5.6.



Gambar 5.6 Mekanisme Interlocking pada Tulangan

(Sumber: Azadeh, 2013)

Penelitian yang dilakukan oleh Lestari (2015) menunjukkan kait pada tulangan bambu dapat meningkatkan nilai kuat lekat tulangan bambu terhadap beton hingga 80,39%. Sedangkan pola keruntuhan balok bertulangan bambu dengan kait dan tanpa kait pada umumnya sama, yaitu kombinasi dari keruntuhan lentur dan hilangnya lekatan antara tulangan bambu dan beton. Sedangkan pada penelitian ini menunjukkan takikan pada tulangan bambu dapat meningkatkan nilai kuat lekat tulangan bambu terhadap beton hingga 296%. Perbedaan peningkatan nilai kuat lekat tulangan bambu terhadap beton yang signifikan dapat disebabkan karena dua hal, yaitu kemampuan takikan dalam menahan tegangan geser yang terjadi, dan pelapis tulangan yang digunakan.

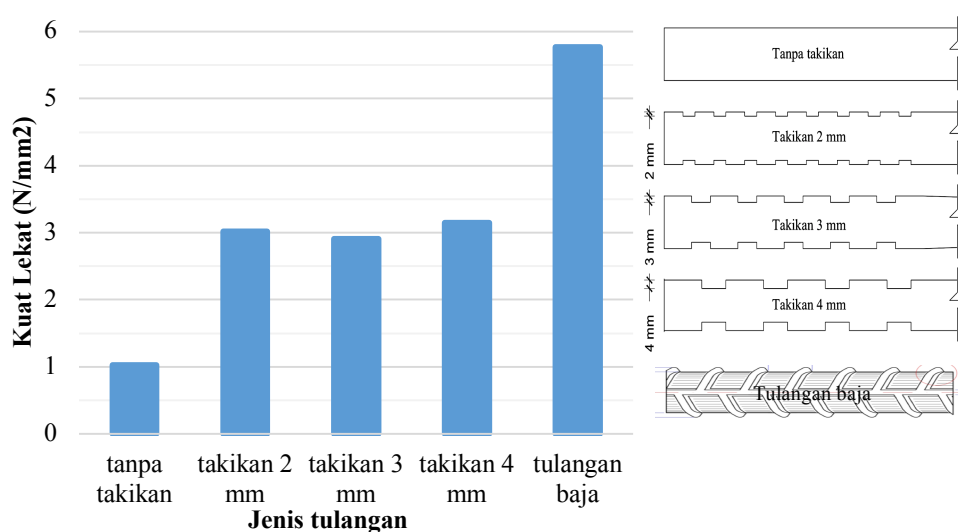
Perbedaan tinggi takikan tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kekuatan lekat antara tulangan dan beton. Hal tersebut disebabkan karena dimensi takikan telah dihitung dengan persamaan (3.5) pada Bab III, sehingga tinggi takikan (h) juga mempengaruhi lebar takikan (c) dan jarak antar takikan (b). Sedangkan perbedaan kekuatan lekat antar variasi dimensi takikan (2 mm, 3 mm, dan 4 mm) disebabkan karena ketidakseragaman kekuatan tulangan bambu.

5.7.2 Perbandingan Kekuatan Lekat antara Tulangan Bambu dan Tulangan Baja

Teori *interlocking* pada tulangan baja berulir menahan tegangan tarik (*pull-out*) yang terjadi untuk menghindari penggelinciran. Pada mekanisme tersebut, ulir pada tulangan akan mengunci bagian beton yang berada pada cekungan antar ulir. Sehingga kuat geser beton akan menahan gaya tarik yang terjadi. Sedangkan takikan pada tulangan bambu memiliki fungsi yang sama dengan ulir pada baja. Berikut merupakan rekapitulasi hasil pengujian kekuatan lekat tulangan bambu dan tulangan baja pada tabel 5.22 dan gambar 5.7.

Tabel 5.22 Rekapitulasi Kekuatan Lekat Tulangan Bambu dan Tulangan Baja

No. Benda Uji	Kuat Lekat				
	Tulangan Bambu Tanpa Takikan (N/mm ²)	Tulangan Bambu Takikan 2 mm (N/mm ²)	Tulangan Bambu Takikan 3 mm (N/mm ²)	Tulangan Bambu Takikan 4 mm (N/mm ²)	Tulangan Baja Berulir (N/mm ²)
1	1,107	2,989	2,864	2,818	5,507
2	1,026	2,875	2,886	3,146	6,069
3	1,057	3,192	2,986	3,474	5,735
rata-rata	1,063	3,019	2,912	3,146	5,770



Gambar 5.7 Grafik Hasil Pengujian Kuat Lekat Tulangan Bambu dan Tulangan Baja

Rekapitulasi hasil pengujian pada tabel 5.22 dan gambar 5.7 menunjukkan bahwa tulangan bambu yang dilapisi pernis tanpa takikan memiliki kekuatan lekat lebih rendah 543% dari tulangan baja berulir. Sedangkan tulangan bambu yang dilapisi pernis dengan takikan memiliki kekuatan lekat lebih rendah 183% hingga 191% dari tulangan baja berulir. Hal tersebut disebabkan takikan hanya diberikan di dua sisi tulangan bambu, sedangkan tulangan baja memiliki ulir diseluruh sisi tulangan. Sehingga tulangan bambu dengan takikan memiliki kemampuan yang lebih rendah dalam menahan kuat cabut (*pull-out*) dibandingkan tulangan baja.

Sunarmasto (2007) melakukan penelitian tentang pengujian kuat lekat antara tulangan dan beton terhadap tulangan baja berulir dan polos. Hasil yang didapatkan adalah kuat lekat tulangan baja polos (BJTP) terhadap beton adalah 1,958-3,279 MPa, dan kuat lekat tulangan baja berulir (BJTS) terhadap beton adalah 4,326-6,962 MPa. Sementara itu, kuat lekat tulangan bambu yang dilapisi pernis dengan takikan pada penelitian ini adalah 2,912-3,146 MPa. Hal tersebut berarti tulangan bambu petung yang dilapisi pernis dengan takikan pada penelitian ini memiliki kekuatan lekat yang hampir sama dengan kekuatan lekat tulangan baja polos terhadap beton.