

KUAT LENTUR BALOK TANPA TULANGAN DENGAN KEMIRINGAN SAMBUNGAN 45° DI ½ DAN ¼ BENTANG

Fajar Surya Herlambang¹, I.G.A. Neny Purnawirati²

Politeknik Negeri Semarang, Jl. Prof. Sudarto, SH., Semarang, Jawa Tengah, 50275

Politeknik Negeri Bali, Jl. Kampus, Bukit Jimbaran, Badung Selatan, Bali, 80361

nenypurnawirati@pnb.ac.id,

ABSTRAK : Kuat lentur balok tanpa tulangan dengan kemiringan sambungan 45° di ½ dan ¼ bentang. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui lebih jauh pengaruh sambungan balok beton terhadap pengujian kuat lentur balok dengan 1 titik pembebanan, pola patah balok akibat adanya sambungan dimana proses pengecoran beton di proyek sering kali tidak dapat diselesaikan dalam satu rangkaian pengecoran. Hal ini bisa terjadi karena metode pelaksanaan yang diterapkan bertahap, area pengecoran yang sangat luas sehingga volume beton sangat besar maupun keterbatasan tenaga kerja, peralatan dan bahan. Akibatnya akan terjadi sambungan pengecoran. Yang menjadi perdebatan di lapangan adalah di manakah pengecoran sebaiknya dihentikan. Untuk menjawab pertanyaan tersebut maka dilakukan penelitian ini. Pendekatan dilakukan dengan menguji kuat lentur balok beton berukuran 15x20x120 cm. Kuat tekan beton yang digunakan adalah $f'c$ 20. Balok ini tanpa tulangan. Jadi akan diketahui perilaku betonnya tanpa dipengaruhi tulangan. Pengecoran balok dilakukan 2 tahap dengan selisih waktu pengecoran 1 hari dan sudut kemiringan sambungan adalah 45°. Sambungan dilakukan pada posisi ¼ dan ½ bentang balok. Sebagai bentuk perkuatan pada sambungan ditambahkan lem beton. Pengujian kuat lentur dilakukan pada umur beton 14, 21 dan 28 hari. Hasil pengujian diketahui bahwa semua balok yang memiliki sambungan, patah pada sambungannya dengan pola patah sesuai penyambungan. Secara keseluruhan balok yang memiliki sambungan kuat lenturnya turun hingga 75%. Dengan demikian proses pengecoran yang tidak tuntas akan menghasilkan sambungan beton yang memiliki resiko sama dan tidak dapat ditentukan mana yang lebih baik antara penyambungan di ¼ ataupun ½ bentang. Hal tersebut membuktikan bahwa sambungan beton merupakan titik yang rawan terjadinya patah akibat lentur.

Kata kunci: **Sambungan Beton; Kuat Lentur Beton; Pola Patah Balok Beton.**

ABSTRACT : Flexural strength of unreinforced beams with 45° joint inclination at ½ and ¼ span. This study aims to further investigate the effect of concrete beam joints on the flexural strength testing of beams with 1 loading point, beam fracture patterns due to the presence of joints where the concrete casting process in projects often cannot be completed in one series of castings. This can happen because the implementation method is applied in stages, the casting area is very large so the volume of concrete is very large and the limitations of manpower, equipment and materials. The result will be casting joints. What is being debated in the field is where the casting should be stopped. To answer this question, this research was conducted. The approach is carried out by testing the flexural strength of a concrete block measuring 15x20x120 cm. The compressive strength of the concrete used is $f'c$ 20. This beam is without reinforcement. So the concrete behavior will be known without being affected by reinforcement. Casting of beams was carried out in 2 stages with 1 day casting time difference and the angle of inclination of the joints was 45°. Connections are made at ¼ and ½ beam span positions. As a form of reinforcement, concrete adhesive is added to the joints. Flexural strength testing was carried out at the age of 14, 21 and 28 days of concrete. The test results show that all beams that have joints are broken at the joints with a broken pattern according to the connection. Overall the beams that have flexural strength joints drop by up to 75%. Thus the casting process that is not complete will produce concrete joints that have the same risk and it cannot be determined which is better between joints in ¼ or ½ span. This proves that concrete joints are points that are prone to fracture due to bending.

Keywords: **Concrete joints; Flexurel bending capacity; Broken pattern of concrete beams.**

*History & License of Article Publication:**Received: 23/10/2024 Revision: 29/10/2024 Published: 14/12/2024*

DOI: <https://doi.org/10.37971/radial.vXXiXX.XXX>

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

PENDAHULUAN

Proses pengecoran beton di proyek sering kali tidak dapat diselesaikan dalam satu rangkaian pengecoran karena beberapa sebab seperti metode pelaksanaan yang diterapkan bertahap, area pengecoran yang sangat luas maupun keterbatasan tenaga kerja, peralatan dan bahan. Pada rangkaian pengecoran berikutnya akan terjadi sambungan beton antara beton yang mulai mengeras dengan beton segar. Persoalan yang muncul terhadap sambungan adalah 1) keraguan terhadap kekuatan sambungan karena memikul beban dan 2) penentuan lokasi penyetopan pengecoran harus tepat yang sekiranya dapat memberikan resiko paling kecil terhadap ketidakmampuan struktur memikul beban. Selain dua persoalan tersebut perlu juga diketahui kekuatan sambungan pada umur beton tertentu karena hal ini terkait langsung dengan waktu pembukaan acuan dan perancah.

Proyek-proyek berskala besar tidak mungkin menghindari adanya sambungan beton. Penelitian tentang sambungan beton itu dilakukan dengan membandingkan nilai momen antara balok tanpa sambungan dengan balok yang memiliki sambungan. Sambungan yang diberikan terletak ditengah bentang dengan sudut penyambungan 90° dan diberi sebuah tulangan angkur. Hasil dari penelitiannya menunjukkan bahwa kenaikan mutu beton akan menurunkan nilai momen dan nilai momen dari kedua tipe benda uji tersebut tidak berbeda jauh dengan kecenderungan momen balok sambungan dengan tulangan nilainya lebih kecil [1].

Hal lain yang dilakukan untuk memperkuat sambungan beton adalah dengan memberi lem menggunakan lem beton. Pengujian yang dilakukan berupa uji kuat tekan memakai benda uji berbentuk silinder 15x30 cm, dan uji kuat lentur balok 15x15x60 cm. dari serangkaian uji coba diketahui bahwa sambungan beton yang menggunakan lem Styrobond lebih kuat dibandingkan dengan sambungan tanpa menggunakan lem beton [2]. Penggunaan bonding agent juga dapat meningkatkan kekuatan beton yang disambung. Namun demikian jika dibandingkan dengan yang tanpa sambungan kekuatannya tetap mengalami penurunan [3]. Oleh karena itu pada penelitian ini sambungan tetap diberi lem beton dalam upaya mencapai kemampuan lebih baik. Demikian juga dengan pemilihan sudut sambungan 45° yang dinyatakan lebih baik dari pada sudut sambungan 60° [4].

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui lebih jauh pengaruh sambungan balok beton terhadap pengujian kuat lentur balok dengan 1 titik pembebanan, pola patah balok akibat adanya sambungan sehingga dapat menentukan titik stop pengecoran dilakukan dan pada umur berapa sebaiknya pembongkaran acuan dan perancah dilakukan.

METODE PENELITIAN

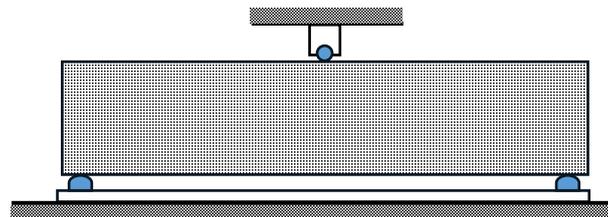
Penelitian ini akan membandingkan hasil uji antara balok beton yang tidak memiliki sambungan dengan balok yang memiliki sambungan. Balok beton yang dibuat memiliki dimensi 15 x 20 x 120 cm. Pengecoran dilakukan 2 kali dengan selisih pengecoran 1 hari. Sambungan betonnya dibuat membentuk sudut 45° pada jarak ¼ dan ½ bentang. Sambungan beton diberi lem beton sebelum dilakukan pengecoran tahap ke 2. Lem beton yang digunakan yaitu Sikacim Bonding Adhesive sesuai gambar 1. Komposisi lem

beton sesuai dengan aturan pemakaian yaitu perbandingan campuran 1 bagian air, 1 bagian Sikacim Bonding Adhesive dan 2 bagian semen.



Gambar 1. Lem Beton yang digunakan

Pengujian kuat lentur dilakukan pada umur beton 14, 21 dan 28 hari dihitung dari tahap pengecoran ke 2. Uji lentur dilakukan berdasarkan SNI [5]. Yaitu dengan 1 titik pembebanan dengan skema pengujian sebagai berikut:



Gambar 2. Skema Pengujian Kuat Lentur

Perhitungan kuat lentur berdasarkan persamaan berikut ini:

$$f_{lt} = \frac{3PL}{2bh^2}$$

Di mana:

f_{lt} = kuat lentur, Mpa

P = beban maksimum yang mengakibatkan keruntuhan balok uji, N

L = panjang bentang diantara kedua blok tumpuan, mm

b = lebar balok rata-rata pada penampang runtuh, mm

d = tinggi balok rata-rata pada penampang runtuh, mm

HASIL DAN PEMBAHASAN

Mutu beton rencana yang digunakan dalam penelitian ini adalah $f_c'20$ namundalam perancangannya didapat hasil yang sedikit lebih besar diri mutu rencana. Yakni pada kisaran 22 MPa atau 23,8 MPa sesuai dengan hasil uji tekan benda uji silinder pada pelaksanaan job mix design. Hasil uji kuat tekan ditunjukkan pada tabel 1 di bawah.

Tabel 1. Hasil Uji Kuat Tekan Job Mix Design

Kode Sampel	Umur Beton (hari)	Berat benda uji (kg)	Beban Hancur		Bidang tekan (mm ²)	Kuat Tekan		
			(kN)	(N)		Sesuai Hari (N/mm ²)	Konversi ke-28 hari (N/mm ²)	Rata-rata (N/mm ²)
S1	7	10,9	278	278000	17671,5	15,73	24,2	23,8
S2	7	10,8	312	312000	17671,5	17,66	27,2	
S3	14	10,6	352	352000	17671,5	19,92	22,6	
S4	14	11,0	366	366000	17671,5	20,71	23,5	
S5	28	10,6	398	398000	17671,5	22,52	22,5	
S6	28	10,5	402	402000	17671,5	22,75	22,7	

Pengecoran balok uji dilakukan bertahap dengan selisih pengecoran 1 hari. Oleh karena itu pengecoran berhenti pada $\frac{1}{4}$ dan $\frac{1}{2}$ bentang. Hasil pengecoran tahap 1 diperlihatkan pada gambar 2. Kelanjutan pengecoran didahului dengan pemberian lem beton dengan komposisi dan cara yang telah ditentukan oleh produsen. Lem diberikan merata ke seluruh permukaan sambungan dan saat masih basah dilanjutkan pengecoran hingga selesai. Rangkaian pemberian lem beton ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 2. Hasil Pengecoran Balok Uji



Gambar 3. Pencampuran Lem beton dan Pemberian Lem Beton pada Permukaan yang akan disambung

Rangkaian proses pengecoran mengalami kesulitan. Yaitu pemadatan pada akhir pengecoran pada titik di mana beton akan berhenti dengan kemiringan 45°. Hasil pemadatan dirasa tidak maksimal karena beton terus bergerak saat dipadatkan. Oleh karena itu saat pengecoran sesungguhnya di proyek perlu diberikan stop cor yang bersifat kuat menerima tekanan beton saat dilakukan pemadatan dan upaya memperkuat sambungan dengan menambahkan lem tetap harus dilakukan untuk menjaga kerapatan dari sambungan sehingga terhindar dari kebocoran.

Pembukaan cetakan dilakukan pada umur 6 hari dengan harapan beton sudah bisa menahan beratnya sendiri sehingga tidak mengalami lendutan dan dalam kondisi yang baik. Balok beton benda uji hasil pengecoran ditunjukkan pada Gambar 4. Beton hasil



pengecoran tidak menunjukkan adanya keropos atau retak-retak namun terlihat adanya sambungan



Gambar 4. Benda Uji Balok

Pengujian Kuat Lentur dilakukan pada umur sambungan 14, 21 dan 28 hari. Metode pengujian sesuai dengan SNI-4154-2014 tentang Metode uji kekuatan lentur beton (menggunakan balok sederhana dengan beban terpusat di tengah bentang). Pelaksanaan pengujian ditunjukkan pada Gambar 5 di bawah sedangkan hasil uji dapat dilihat pada table 2, 3 dan gambar 6.



Gambar 5. Uji Kuat Lentur Balok

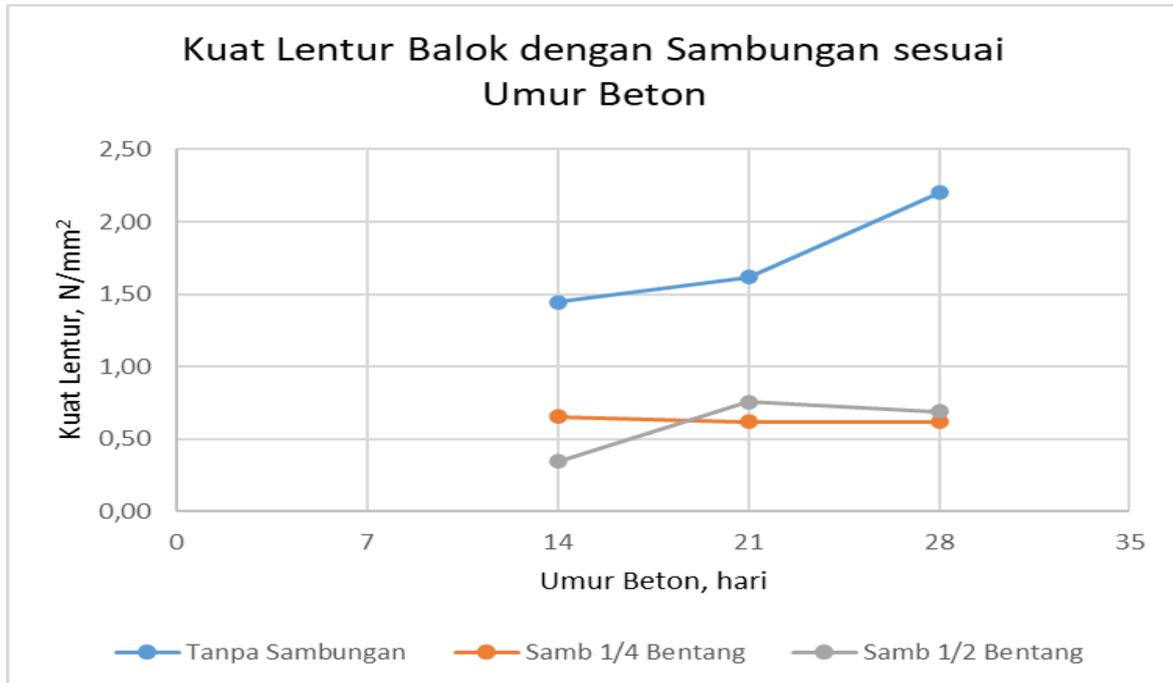
Tabel 2. Perhitungan Kuat Lentur Berdasarkan Umur Benda Uji

Tipe Benda Uji	Berat (kg)	Beban Lentur, P		L (mm)	b (mm)	h (mm)	$3PL$	$2bh^2$	Kuat Lentur (Mpa)	
		(divisi)	(N)						Benda Uji	Rata-rata
Umur 14 hari										
Tanpa Sambungan	73,8	10	5000	1100	150	200	16500000	12000000	1,38	1,44
	74	11	5500	1100	150	200	18150000	12000000	1,51	
Sambungan $\frac{1}{4}$ bentang	69,8	4,5	2250	1100	150	200	7425000	12000000	0,62	0,65
	69,5	5	2500	1100	150	200	8250000	12000000	0,69	
Sambungan $\frac{1}{2}$ bentang	69,8	2,5	1250	1100	150	200	4125000	12000000	0,34	0,34
	71,3	2,5	1250	1100	150	200	4125000	12000000	0,34	
Umur 21 hari										
Tanpa Sambungan	72,7	12,5	6250	1100	150	200	20625000	12000000	1,72	1,62
	71,5	11	5500	1100	150	200	18150000	12000000	1,51	
Sambungan $\frac{1}{4}$ bentang	74,9	4	2000	1100	150	200	6600000	12000000	0,55	0,62
	72,5	5	2500	1100	150	200	8250000	12000000	0,69	
Sambungan $\frac{1}{2}$ bentang	73,3	5	2500	1100	150	200	8250000	12000000	0,69	0,76
	74,6	6	3000	1100	150	200	9900000	12000000	0,83	
Umur 28 hari										
Tanpa Sambungan	69	15,5	7750	1100	150	200	25575000	12000000	2,13	2,20
	69	16,5	8250	1100	150	200	27225000	12000000	2,27	
Sambungan $\frac{1}{4}$ bentang	70	5	2500	1100	150	200	8250000	12000000	0,69	0,62
	71	4	2000	1100	150	200	6600000	12000000	0,55	
Sambungan $\frac{1}{2}$ bentang	71	4	2000	1100	150	200	6600000	12000000	0,55	0,69
	71	6	3000	1100	150	200	9900000	12000000	0,83	

Tabel 3. Resume Hasil Pengujian Kuat Lentur Sesuai Umur Beton

Umur Beton	Tanpa	Sambungan pada $\frac{1}{4}$ Bentang	Sambungan pada $\frac{1}{4}$ Bentang
------------	-------	--------------------------------------	--------------------------------------

(hari)	Sambungan				
	Kuat Lentur (N/mm ²)	Kuat Lentur (N/mm ²)	Penurunan (%)	Kuat Lentur (N/mm ²)	Penurunan (%)
14	1,44	0,65	54,76	0,34	76,19
21	1,62	0,62	61,70	0,76	53,19
28	2,20	0,62	71,88	0,69	68,75



Gambar 6. Grafik Nilai Kuat Lentur Balok dengan Sambungan pada berbagai Umur Beton

Analisis Kuat Lentur

Dari gambar 6 dapat dengan mudah diketahui bahwa kuat lentur balok tanpa sambungan nilainya lebih besar dari pada balok yang memiliki sambungan. Penurunan nilai kuat lentur balok dengan sambungan diperlihatkan pada table 3. Nilai penurunan kuat lenturnya mencapai kisaran 50% hingga 75%. Penurunan ini sangat signifikan baik pada berbagai umur beton maupun pada semua lokasi sambungan.

Nilai kuat lentur ditinjau dari umur beton mengalami penurunan pada semua umur. Penurunan terbesar terlihat pada umur 28 hari karena selisih nilai kuat lentur yang sangat besar. Namun jika diperhatikan lebih jauh, nilai kuat lentur balok dengan sambungan pada semua umur pengamatan cenderung tetap sehingga variable umur tidak mempengaruhi kekuatan lentur balok dengan sambungan.

Nilai kuat lentur ditinjau dari posisi sambungan juga memperlihatkan pola yang sama dengan tinjauan umur. Dimana pada posisi sambungan di mana saja nilai kuat lenturnya cenderung tetap dalam pengertian perubahannya sedikit.

Dengan demikian nilai kuat lentur berdasarkan tinjauan umur beton dan posisi sambungan cenderung sama. Hal tersebut membuktikan bahwa sambungan pengecoran pada balok merupakan titik lemah dan harus mendapat perhatian lebih.

Analisis Pola Patah

Balok dengan beban terpusat di tengah bentang akan menerima momen maksimal di tengah bentang yang berarti terjadi gaya Tarik pada bagian bawah penampang balok. Pola patah ditunjukkan pada gambar 7 berikut ini.



14 hari

21 hari

28 hari

Gambar 7. Pola Patah Benda Uji Akibat Beban Lentur pada Berbagai Umur Beton

Pada gambar 8 di bawah ini dapat dilihat bahwa benda uji tanpa sambungan mengalami patah di tengah bentang dengan pola patah tegak lurus sumbu batang sesuai dengan teori. Retak pada balok tanpa sambungan dan tanpa tulangan ini tegak lurus sumbu batang balok sesuai dengan hasil penelitian sebelumnya yang menyatakan pola retak balok menunjukkan arah yang tegak lurus di daerah momen murni [6]. Sedangkan pada benda uji balok beton dengan sambungan, ternyata pola patahnya sesuai dengan sambungan yang diberikan yaitu pada $\frac{1}{2}$ dan $\frac{1}{4}$ bentang serta membentuk sudut 45° . Hal itu sesuai dengan pola sambungan yang diterapkan dalam penelitian ini.

Dengan demikian diketahui bahwa patah balok uji terjadi sesuai dengan kaidah teori dan posisi sambungannya. Hal ini bahwa sambungan merupakan wilayah yang paling lemah dan berpotensi menjadi lokasi patahnya balok.

Analisis Kuat Lentur terhadap Kondisi Pengecoran di Proyek

Latar belakang yang diangkat pada penelitian ini adalah penyambungan beton yang terjadi karena proses pengecoran dalam volume yang besar berlangsung tidak dalam satu periode atau metode pelaksanaan yang diterapkan menyebabkan pengecoran harus dilakukan secara bertahap. Titik setop atau penyambungan sering kali menjadi topik yang dibicarakan secara serius dan mengerucut pada pilihan di tengah ($\frac{1}{2}$ bentang) atau pada tepi ($\frac{1}{4}$ bentang). Secara mekanika teknik kedua pilihan memiliki resiko yang sama tidak baiknya namun dengan penyebab yang berbeda.

Pilihan sambungan beton di tengah ($\frac{1}{2}$ bentang) memiliki resiko kerusakan lendut karena momen maksimum ada di tengah bentang. Di mana momen akan menimbulkan lendutan sehingga pada penampang balok akan timbul gaya Tarik dan tekan. gaya Tarik inilah yang membuat balok patah dan kejadian patah terjadi di tengah bentang. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa sambungan beton di tengah bentang akan patah karena momen.

Pilihan sambungan beton di tepi ($\frac{1}{4}$ bentang) juga beresiko kerusakan karena nilai gaya geser yang besar di daerah menjelang tepi. Gaya geser ini akan membuat penampang balok seperti terpotong. Posisi patah pada sambungan tepi ($\frac{1}{4}$ bentang) terjadi juga di lokasi sambungan berada. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa sambungan beton di tepi bentang akan patah karena gaya geser.

Karena hasil penelitian menunjukkan balok patah pada sambungannya maka perlu diperhatikan penulangan yang baik karena pada proses pembebanan akan timbul gaya Tarik akibat momen atau lendutan.

KSIMPULAN

Berdasarkan proses uji kuat lentur dan analisis yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan bahwasanya benda uji balok beton yang memiliki sambungan baik itu di tengah maupun tepi bentang memiliki nilai kuat lentur yang lebih rendah dari benda uji tanpa sambungan. Penurunan nilai kuat lentur tersebut tidak tergantung pada umur beton artinya di semua umur beton terjadi penurunan kuat lentur yang besarnya penurunannya mencapai kisaran 50% hingga 75%. Mendapati seluruh benda uji dengan sambungan patah disambungannya maka dapat dikatakan bahwa tidak ada lokasi yang terbaik untuk penyambungan beton.

DAFTAR PUSTAKA

- N. N. Gerges, C. A. Issa, and S. Fawaz, "The effect of construction joints on the flexural bending capacity of singly reinforced beams," *Case Studies in Construction Materials*, vol. 5, 2016, doi: 10.1016/j.cscm.2016.09.004.
- A. T. Yahya and A. Sudjatmiko, "Perbandingan Kuat Lentur Sambungan Beton Keras Dan Beton Segar Menggunakan Bahan Tambah Lem Beton Styrobond Sebagai Perikat Dan Sambungan Tanpa Lem Beton," Surakarta: Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2019. Accessed: Aug. 06, 2023. [Online]. Available: [//proceedings.ums.ac.id/index.php/sipil/article/view/1542/1504](http://proceedings.ums.ac.id/index.php/sipil/article/view/1542/1504)
- P. Dybeł and D. Wałach, "Evaluation of the Development of Bond Strength between Two Concrete Layers," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Institute of Physics Publishing, Nov. 2017. doi: 10.1088/1757-899X/245/3/032056.
- A. F. Setiawan, D. Natalius, and J. Karmela, "Studi Eksperimental Pengaruh Sudut Kemiringan Penyambungan Balok Beton dengan Bondcrete Terhadap Kuat Lentur Beton," *Borneo Engineering: Jurnal Teknik Sipil*, vol. 5, no. 1, 2021, doi: 10.35334/be.v5i1.1858.
- Badan Standarisasi Nasional, *Metode uji kekuatan lentur beton (menggunakan balok sederhana dengan beban terpusat di tengah bentang)*. 2014. [Online]. Available: www.bsn.go.id
- D. B. Setiawan, "Pola Retak Lentur Geser Balok Beton Bertulang Dengan Orthotropic Model," in *Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif Semarang*, 2016.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ini, kami sampaikan kepada para mahasiswa Politeknik Negeri Bali yang telah membantu dalam kegiatan selama praktek di laboratorium bahan dan material, dan kami sangat berterima kasih pada editor serta penilai yang telah membantu meningkatkan kualitas dari penelitian ini.