Analisis Kombinasi Dua Jenis Agregat Kasar Dengan Tambahan Aditif Polimer Terhadap Sifat Mekanik Beton

Audrey Agdennia Gustiaranti[1], Dewi Pertiwi[2], Eka Susanti[3], Heri Istiono[4], Indra Komara[5]

Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya[1,2,3,4,5]

e-mail: audreyagdennia@gmail.com

ABSTRACT

The mechanical properties of concrete represent characteristics that reflect the quality or grade of the concrete, so good mechanical properties will enhance the strength of the concrete. The combination of two types of coarse aggregates with different characteristics will affect the composition of the concrete, which in turn impacts the concrete's mechanical properties. Therefore, it is important to analyze the mechanical properties of this aggregate combination through careful testing to determine whether the combination is suitable for construction.In this study, the mechanical properties of concrete, including compressive strength, flexural strength, shear strength, and deflection, are examined. Some of these mechanical properties are related to reinforcement using rebar. Therefore, this research was conducted by creating test specimens that combine two different types of coarse aggregates, from Bangkalan and Pandaan, along with the addition of polymer additives and rebar to strengthen the concrete. The highest compressive strength for the specimens without additives was 20.18 N/mm2, while the highest compressive strength with additives was 28.16 N/mm2, showing an average increase of 26.70%. In terms of the flexural strength tests, the average flexural strength was 11.20 N/mm2. The Mn value from the test reached 8,400,000 Nmm, while the Mn from the analysis was 7,753,154 Nmm, exceeding the analysis by 8.34%. This higher capacity was attributed to the combination of aggregates and the addition of polymer additives. Meanwhile, the deflection analysis showed that the highest values were at points C and E because they directly interacted with the force during the flexural test. The maximum deflection calculation for the reinforced specimen was 0.632 mm, while the beam without reinforcement had a deflection of 0.316 mm, showing a 51.64% increase due to the reinforcement. In the shear strength analysis, the average test got 42,000 N, while the Vn analysis yielded 258,043 N. Since the actual shear strength was only 16.28% of the planned value, the design for the stirrups supporting the shear load was excessively large. Therefore, a review of the design of the shear reinforcement is necessary for these beams.

Kata kunci: *mechanical properties of concrete, aggregate combination, polymer additives*

ABSTRAK

Sifat mekanik beton merupakan karakteristik yang dapat merepresentasikan kualitas atau mutu beton, sehingga sifat mekanik yang baik akan meningkatkan kekuatan beton. Kombinasi dua jenis agregat kasar yang berbeda karakteristik akan mempengaruhi susunan dalam beton, yang pada gilirannya mempengaruhi sifat mekanik beton. Oleh karena itu, penting untuk menganalisis sifat mekanik dari kombinasi kedua jenis agregat tersebut melalui uji yang cermat guna memastikan apakah kombinasi tersebut layak diterapkan dalam konstruksi atau tidak. Dalam penelitian ini diteliti sifat mekanik beton yaitu kuat tekan, kuat lentur, kuat geser serta lendutan. Beberapa sifat mekanik tersebut berkaitan dengan perkuatan menggunakan tulangan. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan dengan membuat benda uji yang menggabungkan dua jenis agregat kasar berbeda, yaitu dari Bangkalan dan Pandaan, serta menambahkan aditif polimer dan tulangan yang berfungsi untuk memperkuat beton.

Hasil penelitian kuat tekan tertinggi dari benda uji tanpa aditif 20,18 N/mm2 sedangkan, kuat tekan tertinggi dengan aditif bernilai 28,16N/mm2, dapat dilihat terjadi peningkatan kuat tekan dengan rata-rata kenaikan 26,70%. Pada pengujian kuat lentur, didapat kuat lentur rata-rata adalah 11,20N/mm². Untuk nilai Mn hasil uji 8.400.000Nmm, sedangkan Mn analisis 7.753.154Nmm, hasil melebihi 8,34% dari Mn analisis, balok tersebut memiliki kapasitas kekuatan yang lebih tinggi dari perencanaan analisis, dikarenakan adanya

kombinasi agregat serta penambahan aditif polimer. Dari analisis lendutan, nilai tertinggi pada titik C dan E karena titik tersebut berinteraksi langsung dengan gaya saat pengujian lentur. Hasil perhitungan lendutan maksimal benda uji dengan tulangan 0,632 mm, sedangkan balok tanpa tulangan hanya 0,316mm. Terjadi kenaikan 51,64% berkat penambahan tulangan. Pada analisa perhitungan kuat geser hasil uji rata-rata sebesar 42.000N, sedangkan Vn analisis sebesar 258.043N. Maka, menunjukkan kuat geser yang terjadi hanya sebesar 16,28% rencana, maka disimpulkan desain sengkang yang mendukung beban geser terlalu besar, sehingga perlu peninjauan ulang dalam mendesain tulangan geser untuk balok tersebut.

Kata kunci: sifat mekanik beton, kombinasi agregat, aditif polimer

PENDAHULUAN

Sifat mekanik beton merupakan karakteristik mekanik dari beton yang dapat merepresentasikan kualitas atau mutu dari beton tersebut sehingga sifat mekanik baik tentunya akan meningkatkan kekuatan dari beton. Dalam pembangunan, terutama struktur, diharuskan mempunyai sifat mekanik yang baik sehingga struktur tersebut dapat berfungsi dengan optimal. Oleh karena itu, penting diperhatikan karakteristik agregat kasar yang akan digunakan karena hal ini akan berdampak langsung pada sifat mekanik beton yang dihasilkan. Setiap daerah memiliki karakteristik agregat kasar yang berbeda-beda. Terkadang kualitas agregat kurang bagus, contohnya di daerah Pulau Madura dibilang kurang bagus sehingga perlu mendatangkan dari luar pulau Jawa. Pada penelitian terdahulu oleh Julistiono Handojo, Handoko Sugiharto (2001) berjudul "Potensi Pemakaian Kerikil Paterongan, Torjun dan Omben di Pulau Madura untuk Beton Struktur" [1].Hasil yang diperoleh dikatakan bahwa fisik kerikil di Pulau Madura dekat dengan sifat kerikil dari Pasuruan .Dalam penelitian terdahulu oleh Achmat Wahyu Setiawan dengan judul "Optimalisasi Penggunaan Agregat Bangkalan 10/20 Dan Agregat Pandaan 5/10 Dengan Zat Additive Tipe Polimer Untuk Mutu Beton Tinggi" [2]. Didapatkan bahwa agregat kasar Pandaan dan agregat halus Lumajang yang dipakai memenuhi syarat standar peraturan yang berlaku. Dan juga dalam penelitian terdahulu, penelitian Muhammad Rifqi Malik (2019) berjudul "Variasi Agregat Kasar 5-10 Pandaan dengan 10-20 Bangkalan pada Campuran Beton dengan Mutu Fc' 25 Mpa" [3]. Dapat disimpulkan bahwa penggunaan variasi 70% ukuran 10-20 agregat kasar Bangkalan dan 30% agregat kasar Pandaan ukuran 5-10 menghasilkan kuat tekan paling tinggi dan mencapai target yang direncanakan .

Dalam penelitian ini akan dicoba membuat balok dan silinder dengan mengkombinasikan agregat kasar dari wilayah Madura (Bangkalan) berukuran 10-20 dan kerikil Pasuruan (Pandaan) ukuran 5-10, yang nantinya akan dilakukan uji coba dengan persentase agregat kasar Bangkalan lebih banyak daripada penelitian sebelumnya sehingga dapat memaksimalkan penggunaan agregat kasar daerah sekitar dan nantinya akan ditambahkan additive polimer untuk mendukung kombinasi tersebut.

TINJAUAN PUSTAKA

Berikut uraian beberapa teori dan rumus yang akan digunakan untuk menyelesaikan masalah yang berkaitan dengan penelitian.

Beton

Beton merupakan hasil dari pengerasan gabungan antara semen, air, pasir (agregat halus), dan kerikil (agregat kasar), yang terkadang diperkaya dengan bahan tambah untuk meningkatkan mutu beton tersebut [4].

Sifat Mekanik Beton

Sifat mekanik beton adalah karakteristik mekanik dari beton yang dapat merepresentasikan kualitas atau mutu dari beton tersebut.

Kuat Tekan

Kuat tekan beton adalah besarnya beban yang diterapkan pada benda uji sehingga mengalami kehancuran yang dibagi dengan luas penampang. Dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{Kuat Tekan} = \frac{P}{A} \text{.....(1)}$$

Dimana :

P : Beban (kg)

A: Luas Penampang (cm^2)

Kuat Lentur

Kuat lentur adalah kemampuan balok beton menahan gaya tegak lurus saat diletakkan pada dua perletakan. Dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{Kuat Lentur} = \frac{PL}{BD^2} \text{.....(2)}$$

Dimana :

P = Beban (KN)

B = Lebar Balok (cm)

D = Tebal Balok (cm)

L = Panjang Perletakkan (cm)

Dalam pengujian kuat lentur juga dapat dihitung momen nominal yang terjadi pada balok tersebut, dengan rumus dibawah ini :

$$Mn = (As)(fy)\left(d - \frac{a}{2}\right) \text{.....(3)}$$

$$a = \frac{(As)(fy)}{(0.85)(fc')(b)} \text{.....(4)}$$

$$Mn = Mn_1 + Mn_2 \text{.....(5)}$$

Dimana :

As = Luas Penampang Tulangan Tarik

fy = Kuat Leleh Tulangan

d = Tinggi Efektif

a = Kedalaman Balok

b = Lebar Balok

fc = Kuat Tekan Beton

Perhitungan Kuat Geser

Pengujian kuat geser balok beton adalah prosedur untuk menilai kapabilitas balok beton menahan gaya geser atau tekanan lateral. Dapat dihitung dengan rumus acuan dari SNI 2847-2019 [5] :

$$Vn = Vc + Vs \qquad (6)$$

Dimana :

Vn : Kapasitas balok menahan gaya geser

Vc : Kapasitas geser beton

Vs : Kapasitas tulangan

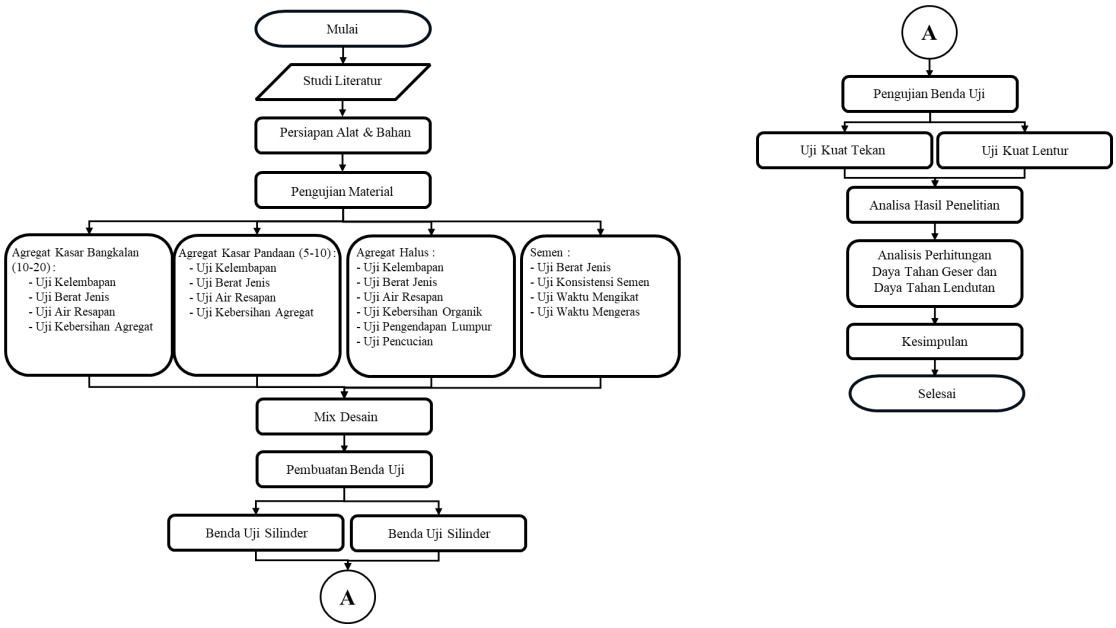
Perhitungan Lendutan

Lendutan merupakan perubahan bentuk atau posisi akibat beban yang bekerja, lendutan terjadi dikarenakan adanya perubahan bentuk elastisitas material struktur tersebut. Dapat dihitung dengan rumus :

$$\Delta, \delta = \int_0^L \frac{Mx\, mx}{EI}\, dx \ \ldots\ldots\ldots(7)$$

Dimana :
Mx = momen akibat beban eksternal
mx = momen akibat gaya redundant

METODE



Gambar 1 Diagram Alir
Sumber : Penulis, 2023

Studi Literatur, Persiapan Alat & Bahan

Dalam studi literatur ini dilakukan dengan mengkaji teori dan syarat yang sesuai dengan judul penelitian dan berfungsi sebagai acuan pelaksanaan penelitian. Alat yang disiapkan

menggunakan alat dari dari Laboratorium Teknologi Beton Adhi Tama Surabaya. Untuk Bahan yang disiapkan adalah semen pcc, agregat kasar Bangkalan 10-20 dan Pandaan 5-10, agregat halus Lumajang,serta air dari PDAM.

Pengujian Material dan Mix Desain
Pengujian material yang diuji ada 3 material yaitu agregat kasar, agregat halus dan semen. Dalam mix desain penelitian kali ini akan digunakan acuan mix design sesuai SNI 03-2834-2000 [6].

Pembuatan Benda Uji
Dalam penelitian ini dilakukan dengan pembuatan benda uji berbentuk balok sebanyak 6 buah dan silinder sebanyak 6 buah.

Pengujian Benda Uji & Analisis Hasil Perhitungan
Untuk pengujian dilakukan dengan pengujian kuat tekan dan kuat lentur pada benda uji. Untuk analisis perhitungan dilakukan perhitungan kuat geser serta besar lendutan menggunakan data hasil pengujian benda uji.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Material Agregat Kasar
Dalam penelitian ini diuji agregat kasar untuk mengetahui sifat dari agregat yang akan dipakai :

Tabel 1. Hasil Pengujian Material Agregat Kasar

No.	Pengujian	Hasil Agregat Kasar Bangkalan	Hasil Agregat Kasar Pandaan	Batasan	Acuan
1	Uji Kelembaban	0,15 %	1.05%	> 5%	ASTM C566 [7]
2	Uji Berat Jenis	2,61 kg/cm^3	2.58 kg/cm^3	± 2,50	SNI 1970-2008 [8]
3	Uji Air Resapan	3,90 %	2,88 %	0% - 3%	SNI 03-1737-89 [9]
4	Uji Kebersihan Agregat Kasar	1,35 %	2,10 %	0% - 1%	PBI 1971 [10]
5	Analisa Saringan Agregat Kasar	Zona Seragam	Zona Seragam	Zona 1-4	SNI 2834-2000 [6]

Sumber : Penelitian, 2023

Dari tabel 1 dapat terlihat untuk air resapan agregat kasar tidak memenuhi batasan yaitu batasannya harus berada di rentang 0% hingga 3%, tetapi hasil pengujian menunjukkan angka sebesar 3,90%. Ini menunjukkan bahwa batu Bangkalan memiliki rongga yang cukup besar sehingga agregat kasar Bangkalan memiliki kemampuan penyerapan air yang cukup tinggi.

Dari tabel 1 Untuk analisa agregat kasar Bangkalan dan Pandaan hasilnya pada zona seragam, Seharusnya, jika distribusi agregat tidak seragam atau berada dalam satu zona, agregat kasar yang tertahan pada ayakan seharusnya tersebar merata di seluruh ayakan. Oleh karena itu, untuk

penelitian ini, agregat kasar Bangkalan akan disaring menggunakan ayakan maksimal 20 mm dan agregat Bangakalan akan di ayak maksimal 10 mm, yang mengacu pada penelitian terdahulu oleh Achmat Wahyu Setiawan [2].

Pengujian Material Agregat Halus

Dalam penelitian ini diuji agregat halus untuk mengetahui sifat dari agregat yang akan dipakai :

Tabel 2. Hasil Pengujian Material Agregat Halus

No.	Pengujian	Hasil	Batasan	Acuan	Keterangan
1	Uji Kelembaban	0,4 %	> 5 %	ASTM C566 [7]	Memenuhi
2	Uji Berat Jenis	2,66 kg/cm^3	2,5-2,7	SNI 1970-2008 [8]	Memenuhi
3	Uji Air Resapan	0,6 %	0% - 3%	SNI 03-1737-89	Memenuhi
4	Uji Kebersihan Terhadap Bahan Organik	Bening	Bening	PBI 1971 [10]	Memenuhi
5	Uji Pengendapan Lumpur	1,25 %	0% - 5%	PBI 1971 [10]	Memenuhi
6	Uji Pencucian	0,60 %	0% - 5%	PBI 1971 [10]	Memenuhi

Sumber : Hasil Analisis, 2023

Dari tabel 2 dapat dilihat bahwa agregat halus telah memenuhi standar yang diperlukan untuk penggunaan, karena telah lolos dari serangkaian pengujian yang dilakukan.

Pengujian Material Semen

Tabel 3. Hasil Pengujian Material Semen

No.	Pengujian	Hasil	Batasan	Acuan	Keterangan
1	Uji Berat Jenis	3,095 kg/cm^3	± 3,14	SNI 15-2049-2004 [11]	Memenuhi
2	Uji Konsistensi Normal Semen	26.07%	Penurunan mencapai 10 mm	SNI 15-2049-2004 [11]	Memenuhi
3	Uji Waktu Mengikat	135 menit	Penurunan mencapai 25 mm	SNI 15-2049-2004 [11]	Memenuhi

4	Uji Waktu Mengeras	210 menit	Penurunan mencapai 0 mm	SNI 15-2049-2004 [11]	Memenuhi

Dari tabel 3 dapat dilihat bahwa semen telah memenuhi standar yang diperlukan untuk penggunaan, karena telah lolos dari serangkaian pengujian yang dilakukan.

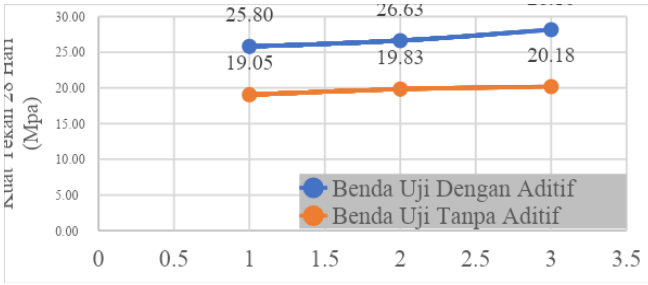
Pembuatan Benda Uji

Dalam penelitian ini dilakukan dengan pembuatan benda uji berbentuk balok dengan dimensi 15x15x60 cm sejumlah 6 buah yaitu 3 buah dengan tulangan dan 3 buah tanpa tulangan. Benda uji balok dengan tulangan utama yang memiliki diameter sepanjang 8 milimeter dan tulangan geser yang memiliki diameter sepanjang 6 milimeter. Dalam penelitian ini juga akan dibuat benda uji berbentuk silinder berdiameter 15 centimeter dengan tinggi 30 centimeter sebanyak 6 buah, yaitu dengan 3 buah dengan tambahan aditif dan 3 buah tanpa tambahan aditif polimer yang.

Digunakan aditif polimer dikarenakan dikarenakan rongga dari agregat kasar cukup banyak dan mengakibatkan penyerapan oleh agregat kasar cukup tinggi sehingga diperlukan penambahan aditif untuk mengatasi masalah tersebut. Oleh karena itu, penambahan aditif akan digunakan dengan acuan berdasarkan penelitian sebelumnya oleh Mario Calvindo, Marcellius E. Muklim, dan Handoko Sugiharto dalam jurnal berjudul "Penggunaan Zat Aditif Polimer Produk X Sebagai Campuran Ikatan Mortar". Dalam jurnal tersebut, aditif polimer membantu membatasi aliran air pada pori-pori, yang pada akhirnya mengurangi penyerapan dari agregat kasar [12].

Pembahasan Hasil Pengujian Kuat Tekan

Dari pengujian kuat tekan yang telah dilaksanakan maka didapat hasil seperti berikut :



Gambar 2. Hasil Pengujian Kuat Tekan
Sumber : Penelitian, 2023

Berdasarkan gambar grafik 2, Pengujian kuat tekan yang beracuan pada SNI 03-1974-2011 [13] terlihat benda uji menunjukkan peningkatan kuat tekan rata-rata sebesar 26,70% setelah penambahan aditif polimer. Peningkatan ini menunjukkan bahwa penggunaan aditif polimer memberikan dampak meningkatkan ketahanan kekuatan pada benda uji.

Pembahasan Hasil Pengujian Kuat Lentur

Dari pengujian kuat lentur yang telah dilaksanakan maka didapat hasil seperti berikut :

Tabel 4. Hasil Pengujian Kuat Lentur

No	Kode	Ukuran	Berat	Beban Maks		Kuat Lentur (fs)	Rata-Rata Kuat Lentur
		mm	Kg	kN	N	N/mm2	(N/mm2)
1	E1	150 x 150 x 600	33.32	81	81000	10.80	11.20
2	E2	150 x 150 x 600	33.68	85	85000	11.33	
3	E3	150 x 150 x 600	31.28	86	86000	11.47	

Sumber : Penelitian, 2023

Berdasarkan tabel 4 pengujian gaya lentur dengan acuan pada SNI 4431-2011 [14] terlihat gaya lentur maksimal berbanding lurus dengan kuat lentur balok. Dapat terlihat kuat lentur maksimal mencapai 11,47 N/mm2 sedangkan untuk rata-rata kuat lentur yang terjadi sebesar 11,20 N/mm2. Dari data tersebut maka dapat dihitung momen nominal dari balok tersebut seperti dibawah ini :

Tabel 5. Hasil Perhitungan Momen Nominal

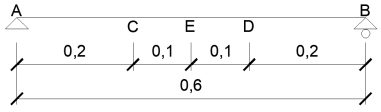
No	Kode	Mn Hasil Uji	Mn Analisa	ϕMn Analisa
		Nmm	Nmm	Nmm
1	E1	8,100,000	8,614,616	7,753,154
2	E2	8,500,000	8,614,616	7,753,154
3	E3	8,600,000	8,614,616	7,753,154
Rata - Rata		8,400,000	8,614,616	7,753,154

Sumber : Penelitian, 2023

Berdasarkan tabel 5 momen nominal hasil uji rata-rata adalah sebesar 8.400.000 Nmm, sedangkan kapasitas momen nominal analisis sebesar 7.753.154 Nmm, yang hasilnya melebihi 8,34% dari momen nominal analisis. Kenaikan momen disebabkan oleh kombinasi agregat kasar Bangkalan Pandaan serta penguatan dengan aditif polimer yang terlihat pada pengujian tekan sebelumnya, terlihat bahwa aditif polimer berhasil mempengaruhi kekuatan tekan beton.

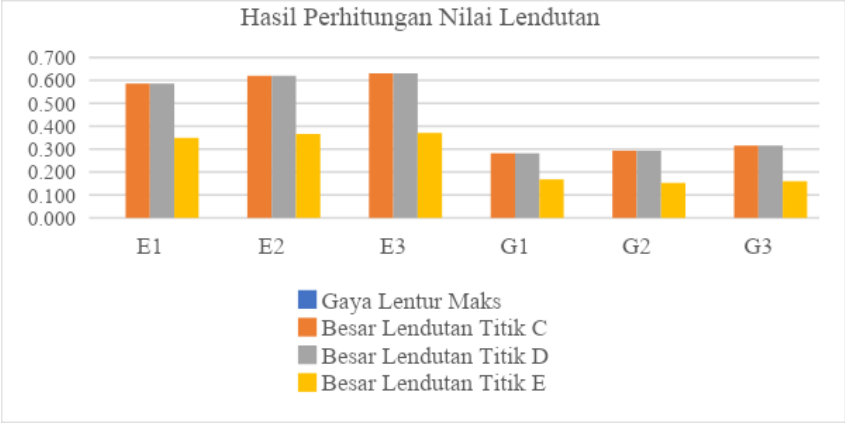
Pembahasan Analisa Perhitungan Lendutan

Dari analisis perhitungan lendutan dihitung terhadap 3 titik yaitu titik C,D dan E seperti gambar dibawah ini :



Gambar 3 Titik Perhitungan Lendutan
Sumber : Penelitian, 2023

Maka didapat hasil perhitungan nilai lendutan seperti dibawah ini :



Gambar 4. Hasil Perhitungan Lendutan
Sumber : Penelitian, 2023

Dari gambar grafik 4 hasil dari analisis lendutan, nilai tertinggi terjadi pada titik C dan E karena pada titik tersebut balok berinteraksi langsung dengan gaya yang terjadi saat pengujian lentur. Lendutan maksimal pada benda uji dengan tulangan 0,632 mm, sedangkan pada balok tanpa tulangan hanya 0,316 mm. Dapat terlihat, terjadi kenaikan signifikan sebesar 51,64% berkat adanya penambahan tulangan. Dapat terlihat pola lendutan menunjukkan hubungan langsung antara gaya lentur maksimal dan besar lendutan.

Pembahasan Analisa Perhitungan Kuat Geser

Tabel 6. Hasil Analisa Kuat Geser

No	Kode	Gaya Lentur Maks (P)	Vn Hasil Uji (N)	Vc (N)	Vs (N)	Vn (N)	ϕVn (N)
						Vc+Vs	N
1	E1	81,000	40,500	12,857	331,200	344,057	258,043
2	E2	85,000	42,500	12,857	331,200	344,057	258,043
3	E3	86,000	43,000	12,857	331,200	344,057	258,043
Rata-Rata		84,000	42,000	12,857	331,200	344,057	258,043

Sumber : Penelitian, 2023

Dari tabel 6 terlihat bahwa Vn hasil uji rata-rata sebesar 42.000N, sedangkan Vn analisa sebesar 258.043N. Kuat geser yang terjadi hanya sebesar 16,28% dari yang direncanakan. Hal ini mengindikasikan bahwa desain sengkang yang mendukung beban geser terlalu besar, sehingga perlu dilakukan peninjauan ulang dalam mendesain tulangan geser untuk balok tersebut.

Tabel 7. Pola Retakan

Pola Retakan		
		
E1	E2	E3

Sumber : Penelitian, 2023

Pada tabel 7 terlihat bahwa retakan dominan adalah retakan lentur. Menunjukan balok tidak mengalami kegagalan geser, hanya mengalami kegagalan lentur.

KESIMPULAN

a. Pada pengujian kuat tekan menunjukkan kuat tekan tertinggi dari benda uji tanpa aditif bernilai sebesar 20.18 N/mm2 sedangkan. kuat tekan tertinggi benda uji dengan aditif adalah bernilai sebesar 28.16 N/mm2. dapat dilihat terjadi peningkatan kuat tekan dengan rata-rata kenaikan sebanyak 26.70%.
b. Pada pengujian kuat lentur, nilai kuat lentur meningkat seiring dengan kenaikan gaya lentur maksimal, menunjukkan hubungan berbanding lurus. Nilai kuat lentur rata-rata adalah 11,20 N/mm². Dari pengujian kuat lentur tersebut Mn hasil uji rata-rata adalah sebesar 8.400.000 Nmm, sedangkan kapasitas Mn analisis adalah 0,90 dari nilai Mn analisis sehingga nilai Mn sebesar 7.753.154 Nmm. Dengan demikian, nilai Mn hasil uji melebihi 8,34% dari Mn analisis. Oleh karena itu, balok tersebut dianggap memiliki kapasitas kekuatan yang lebih tinggi dari yang direncanakan dalam analisis awal. Kenaikan momen disebabkan oleh kombinasi agregat Bangkalan dan Pandaan serta penguatan dengan penambahan aditif polimer.
c. .Dari analisis lendutan, nilai tertinggi terjadi pada titik C dan E karena pada titik tersebut balok berinteraksi langsung dengan gaya yang terjadi saat pengujian lentur. Lendutan maksimal pada benda uji dengan tulangan 0,632 mm, sedangkan pada balok tanpa tulangan hanya 0,316 mm. Terjadi kenaikan signifikan sebesar 51,64% berkat penambahan tulangan. Pola lendutan menunjukkan hubungan langsung antara gaya lentur maksimal dan besar lendutan.
d. Dalam analisis kuat geser, Vn hasil uji rata-rata sebesar 42.000, sedangkan Vn analisa adalah 0,75 dari nilai momen analisis, sehingga nilai momen analisis sebesar 258.043 N. Dengan demikian, balok tersebut dianggap memiliki kuat geser dalam batas dari Vn analisa, menunjukkan bahwa kuat geser yang terjadi sebesar 16,28% dari yang direncanakan. Hal ini mengindikasikan bahwa desain sengkang yang mendukung beban geser terlalu besar, sehingga perlu dilakukan peninjauan ulang dalam mendesain tulangan geser untuk balok tersebut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini pula saya sampaikan terima kasih sebesar – besarnya kepada :

1. Direktorat Riset Teknologi dan Pengabdian Masyarakat yang telah mendanai penelitian PDUPT tahun 2022 dengan Nomor Kontrak Perjanjian / Kontrak Nomor

028/SP2H/PT-L/LL7/2022 Tanggal 16 Maret 2022, 02/KP/LPPM/ITATS/2022 Tanggal 17 Maret 2022
2. Ketua Yayasan Pendidikan Teknik Surabaya
3. Rektor Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya
4. Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian masyarakat Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

DAFTAR PUSTAKA

[1] J. Handojo dan H. Sugiharto, "Potensi Kerikil Paterongan, Torjun dan Omben di Pulau Madura untuk Beton Struktur," *Dimensi Teknik Sipil ,* pp. 51-58, 2001.

[2] A. W. Setiawan, Optimalisasi Penggunaan Agregat Bangkalan 10/20 Dan Agregat Pandaan 5/10 Dengan Zat Additive Tipe Polimer Untuk Mutu Beton Tinggi, Surabaya: ITATS, 2019.

[3] M. R. Malik, Variasi Agregat Kasar 5-10 Pandaan dengan 10-20 Bangkalan pada Campuran Beton dengan Mutu Fc' 25 Mpa, Surabaya: ITATS, 2019.

[4] A. Asroni, Teori dan Desain Balok Plat Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847 -2013, Surakarta: Muhammadiyah University Press, 2017.

[5] Standar Nasional Indonesia 2847-2019, "Persyaratan beton struktural untuk bangunan Gedung dan Penjelasan," 2019.

[6] Standar Nasional Indonesia 03-2834-2000, "Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal," 2000.

[7] American Society for Testing and Materials, ASTM C566-97.

[8] Standar Nasional Indonesia 1970:2008, "Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus," 2008.

[9] Standar Nasional Indonesia, Tata Cara Pelaksanaan Laston Untuk Jalan Raya, 1989.

[10] Standarisasi Nasional Indonesia 03-1971-1990, "Metode Pengujian Kadar Air Agregat," 1990.

[11] Standar Nasional Indonesia 15-2049-2004, "Semen Portland," 2004.

[12] M. Calvindo , M. E. Muklim dan H. Sugiharto, Penggunaan Zat Aditif Polimer Produk X Sebagai Campuran Mortar.

[13] Standar Nasional Indonesia 1974:2011, "Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji Silinder," 2011.

[14] Standar Nasional Indonesia 4431:2011, "Cara Uji Kuat Lentur Beton Normal Dengan Dua Titik Pembebanan," 2011.