

## Penggunaan Cangkang Kemiri Sebagai Substitusi Agregat Kasar Dan Zat Tambah Terhadap Sifat Mekanis Beton

**Zainal Abidin Haris, Arman Setiawan, Eka Yuniarto**

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Bosowa

E-mail : zaenalabidinharismks99@gmail.com

### Artikel info

#### Artikel history:

Diterima: 02-09-2023

Direvisi: 05-01-2024

Disetujui: 30-01-2024

**Abstract.** *Indonesia is a developing country that is improving public infrastructure development, which serves to support the continuity of services to the community. Research that has often been carried out in general generally uses a simple technology by utilizing local resources including the use of waste as a building material, one of which is pecan shells. The purpose of this study was to obtain the effect of partial substitution of crushed stone with a kemiri shell by 5% and the addition of various added substances by 0.6% of the weight of cement on the compressive and tensile strength of concrete. There were 47 samples made, including 23 samples of normal concrete and 24 samples of variation concrete. Concrete samples were soaked for 28 days before testing the compressive strength and tensile strength of concrete. The results of this test showed that pecan shell mixed concrete experienced a decrease in compressive and tensile strength values compared to normal concrete, while in pecan mixed concrete variations of various added substances experienced higher compressive and tensile strength values than pecan mixed concrete.*

**Abstrak.** Indonesia adalah negara berkembang yang sedang meningkatkan pembangunan infrastruktur umum, yang berfungsi untuk menunjang kelangsungan pelayanan kepada masyarakat. Penelitian yang sudah sering dilakukan secara garis besar pada umumnya menggunakan suatu teknologi sederhana dengan memanfaatkan sumber daya lokal termasuk pemanfaatan limbah sebagai bahan bangunan, salah satunya adalah cangkang kemiri. Tujuan penelitian adalah untuk memperoleh pengaruh substitusi parsial batu pecah dengan cangkang kemiri sebesar 5% dan penambahan berbagai zat tambah sebesar 0,6% dari berat semen terhadap kekuatan tekan dan tarik belah beton. Ada 47 sampel yang dibuat, termasuk 23 sampel beton normal dan 24 sampel beton variasi. Sampel Beton direndam selama 28 hari sebelum dilakukan pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah beton. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa beton campuran cangkang kemiri mengalami penurunan nilai kuat tekan dan tarik belah dibanding beton normal, sedangkan pada beton campuran kemiri variasi berbagai zat tambah mengalami nilai kuat tekan dan tarik belah lebih tinggi dibandingkan beton campuran kemiri..

#### Keywords:

*Pecan Shell; Additives;*

*Compressive Strength; Split*

*Tensile Strength*

#### Corresponden author:

Email: zaenalabidinharismks99@gmail.com



artikel dengan akses terbuka dibawah lisensi CC BY -4.0

## 1. PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara berkembang yang sedang meningkatkan pembangunan infrastruktur umum, yang berfungsi untuk menunjang kelangsungan pelayanan kepada masyarakat. Kebutuhan fasilitas tersebut, secara langsung berimbas terhadap perkembangan dunia konstruksi. Akhir- akhir ini, konsep green building atau bangunan hijau yang ramah lingkungan sedang marak diterapkan pada dunia konstruksi.

Berbagai usaha terhadap upaya perkembangan teknologi konstruksi perlu didukung oleh penelitian. Penelitian yang sudah sering dilakukan secara garis besar pada umumnya menggunakan suatu teknologi sederhana dengan memanfaatkan sumber daya lokal termasuk pemanfaatan limbah sebagai bahan bangunan, salah satunya adalah cangkang kemiri. Di Sulawesi Selatan khususnya di daerah Camba kabupaten Maros merupakan penghasil kemiri ditiap tahunnya, dimana kemiri digunakan untuk bahan rempah-rempah, dan cangkang kemirinya digunakan untuk pengganti bahan bakar minyak atau gas oleh warga setempat. Cangkang kemiri mempunyai berat satuan yang sangat ringan yaitu sekitar 10 kg/cm<sup>2</sup> sampai 20 kg/cm<sup>2</sup>. Karena ringannya cangkang kemiri ini, maka beton yang dihasilkan juga tentunya akan sangat ringan bila dibandingkan dengan agregat alam (original aggregate). Pemanfaatan limbah cangkang kemiri masih belum optimal, namun pada kenyataannya potensial dari cangkang kemiri dapat dimanfaatkan lebih besar lagi. (Nasruddin et al., 2018).

Pada era teknologi sekarang ini, beton adalah sebagai salah satu bahan bangunan yang paling banyak digunakan di Indonesia, maka dari itu kualitas beton yang baik akan sangat mendukung keamanan dari segi

struktur. Dari sinilah para Engineer terinspirasi dan semakin tertantang untuk mengembangkan beton yang lebih berkualitas atau dengan kata lain memiliki keunggulan yang lebih baik dibandingkan dengan yang sudah ada selama ini. Dan rasa tertarik inilah yang mendasari munculnya variasi beton itu sendiri. Disamping itu, untuk keperluan tertentu terkadang campuran beton tersebut masih ditambahkan bahan tambah berupa zat-zat kimia tambahan (chemical additive) dan mineral/material tambahan.

Pada suatu proyek pembangunan, waktu yang dibutuhkan beton untuk mencapai kekuatan 100% adalah pada saat berumur 28 hari. Salah satu cara untuk menghemat waktu pengerasan adalah dengan menggunakan bahan tambah kimia. (Ariyani N & Tri Sasongko A. 2014). Tujuan pemberian bahan tambahan adalah untuk mengubah satu atau lebih sifat beton sewaktu masih dalam keadaan segar atau setelah mengeras. Misalnya : mempercepat pengerasan, meningkatkan workability, menambah kuat tekan, menambah daktilitas (mengurangi sifat getas), mengurangi retak-retak pengerasan, dan sebagainya. (Sulistiyawati, n.d.2009).

Pada proporsi tertentu superplasticizer akan mendispersi semen menjadi lebih merata, sehingga akan menghasilkan reaksi hidrasi yang lebih sempurna. Reaksi ini akan membuat gel menjadi lebih kompak dan padat sehingga daya ikat campuran menjadi lebih kuat dan meningkatkan kekuatan beton yang dihasilkan. Penambahan superplasticizer yang melebihi dosis optimal akan menyebabkan semen terdispersi ke segala arah dan menghasilkan gel yang tidak kompak sehingga daya ikat gel tidak sempurna. Hal ini menyebabkan terjadinya segregasi dan menurunkan kuat desak beton yang dihasilkan. (Rhaka Prayoga Razak, & Yunalia Muntafi. 2019)..

Tujuan penelitian adalah untuk memperoleh pengaruh substitusi parsial batu pecah dengan cangkang kemiri sebesar 5% dan penambahan berbagai zat tambah sebesar 0,6% dari berat semen terhadap kekuatan tekan dan tarik belah beton.

## 2. METODE PENELITIAN

Pemeriksaan, pembuatan dan pengujian benda uji di lakukan di Laboratorium Bosowa Beton Makassar pada bulan juni – Juli 2022 untuk beton normal. Dan dilanjutkan pada bulan September – Oktober 2022 untuk beton variasi.. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan desain penelitian eksperimental murni yang dilakukan di laboratorium untuk memberikan suatu gambaran mengenai pengaruh penggantian sebagian agregat kasar dengan cangkang kemiri dan penambahan berbagai zat tambah terhadap kuat tekan dan kuat tarik belah beton. Dengan substitusi cangkang kemiri pada agregat kasar (batu pecah) sebesar 5%, serta dengan penambahan zat tambah sebesar 0,6% dari berat semen. Dalam penelitian ini zat tambah yang digunakan ada 3 dengan notasi sampel A, B, dan C.

Ruang lingkup penelitian ini meliputi pengujian karakteristik agregat kasar dan agregat halus, melakukan perancangan campuran (*mix desain*) beton normal f'c 25 Mpa, pembuatan, perawatan sampel beton normal, pengujian kuat tekan beton normal, pembuatan, perawatan sampel beton variasi yang menggunakan Cangkang Kemiri dan Zat tambah, pengujian kuat tekan beton variasi, dan pengujian kuat tarik belah beton variasi.

Variabel bebas dalam penelitian ini yaitu cangkang kemiri dan zat tambah, variabel terikatnya yaitu kuat tekan dan kuat tarik belah beton. Sedangkan variabel tetapnya adalah semen dan agregat halus.

Benda uji yang dibutuhkan adalah silinder beton dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm untuk pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah beton. Rancangan Notasi dan komposisi benda uji diperlihatkan pada Tabel 1

**Tabel 1.** Notasi Sampel, Komposisi Campuran dan Jumlah Benda Uji

No	Notasi Sampel	PCC (%)	Batu Pecah (%)	Pasir (%)	Cangkang kemiri (%)	A (%)	B (%)	C (%)	Jumlah sampel	
									Kuat tekan	Kuat tarik belah
1	BN	100	100	100	-	-	-	-	20	3
2	BK	100	95	100	5				3	3
3	BK A	100	95	100	5				3	3
4	BK B	100	95	100	5	0,6			3	3
5	BK C	100	95	100	5		0,6	0,6	3	3

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium, 2022

Kuat tekan beton adalah besarnya beban yang dapat ditahan sampel beton per satuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur ketika dibebani dengan gaya tekan yang dihasilkan oleh mesin tekan. (Pane et al., 2015). Kuat tekan beton drumuskan sebagai:

$$f'_c = \frac{P}{A}$$

dimana :

- F'c = Kuat tekan beton (N/mm<sup>2</sup>)
- P = Beban maksimum
- A = Luas penampang

Kekuatan tarik beton relatif rendah, kirakira 10%-15% dari kekuatan tekan beton, kadang-kadang 20%. Kekuatan ini lebih sukar untuk diukur dan hasilnya berbeda-beda dari satu bahan percobaan ke baha percobaan yang lain dibandingkan untuk silinder-silinder tekan (Ferguson, 1986:11).

$$f_{ct} = \frac{2P}{\pi \cdot d \cdot L}$$

Dalam hal ini :

- f<sub>ct</sub> = Kuat tarik bela beton (Mpa)
- P = Beban maksimum (N)
- d = diameter benda uji silinder (mm)
- L = panjang benda uji silinder (mm)

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perancangan campuran (*mix design*) beton dilakukan untuk memperoleh komposisi campuran beton yang ideal sesuai dengan kuat tekan beton yang ingin dicapai. Penentuan komposisi campuran juga tergantung dari hasil pengujian agregat kasar dan agregat halus yang bertujuan untuk mendapatkan informasi mengenai karakteristik kedua jenis agregat tersebut. Pengujian karakteristik agregat yang dimaksud meliputi:

- a) Pemeriksaan analisa saringan; Pengujian ini melihat persentase lolos saringan ukuran butir agregat yang telah diayak lalu dilakukan penimbangan untuk diketahui berat butiran tertahan pada masing-masing ukuran saringan.
- b) Pengujian Kadar Lumpur; Bertujuan untuk menentukan jumlah lumpur di dalam agregat. Konsentrasi lumpur yang rendah menunjukkan agregat berkualitas tinggi.
- c) Pengujian Berat Isi Agregat; Merupakan suatu pengujian yang bertujuan untuk mengetahui density agregat dengan cara membandingkan berat agregat dengan volume dalam sebuah mold .
- d) Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar dan agregat halus; Berat jenis jenuh kering permukaan (*SSD specific gravity*) merupakan berat jenis yang mempertimbangkan volume pori yang hanya bisa dimasuki semen dan juga diresapi volume partikel.
- e) Pengujian kadar air agregat kasar dan agregat halus; Tujuan pengujian ini untuk mengetahui kandungan air yang berada dalam suatu agregat. Untuk dapat mengetahui suatu kadar air yaitu dengan cara membandingkan antara berat agregat sebelum dikeringkan dengan agragat setelah dilakukan pengeringan baik di oven ataupun di sangrai dan hasil dari perhitungan di laporkan dengan persen (%). Pengaruh dari kadar air dalam agragat sangat menentukan mutu atau kualitas mortar yang akan dibuat. Maka dari itu dalam melakukan perancangan suatu mutu mortar dibutuhkan adanya faktor koreksi agar mortar tidak mengalami bleeding.

Bahan tambah ialah bahan selain unsur pokok beton atau mortar (air, semen, dan agregat) yang ditambahkan saat pengadukan dan atau saat pelaksanaan pengecoran (*placing*). Sedangkan bahan tambah *additiv* ditambahkan saat pengadukan dilaksanakan. Tujuannya ialah untuk mengubah satu atau lebih sifat-sifat beton sewaktu pengerasan, menambah encer adukan, menambah kuat tekan, menambah daktilitas (mengurangi sifat getas), mengurangi retak-retak pengerasan, dan sebagainya.

Cangkang kemiri merupakan suatu potensi baru yang dapat dikembangkan dan dimanfaatkan lebih besar lagi. Tentu saja ini dapat meningkatkan nilai ekonomis cangkang kemiri yang selama ini hanya dikenal sebagai bahan buangan dari buah kemiri. Adapun komposisi cangkang kemiri yaitu CaO, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO, H<sub>2</sub>O, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Saat semua bereaksi, akan ada sisa SiO<sub>2</sub> yang belum bereaksi akan membentuk reaksi silika turunan dengan gel CSH-2 menghasilkan gel CSH-3 yang lebih padat, sehingga akan meningkatkan pasta semen dan agregat (Goldberd H.D Sinaga, 2013). Penggunaan cangkang kemiri ini dapat diperlakukan sebagai pengganti agregat kasar ataupun halus tergantung pada besar butiran cangkang kemiri yang digunakan, cangkang kemiri memiliki tekstur yang keras dan jika dipecah berbentuk menyudut, kemungkinan dapat digunakan sebagai bahan tambah campuran beton, karena dapat mengisi rongga-rongga pada beton, sehingga akan membuat beton menjadi lebih padat. Keuntungan menggunakan cangkang kemiri akan membuat beton jadi ringan.

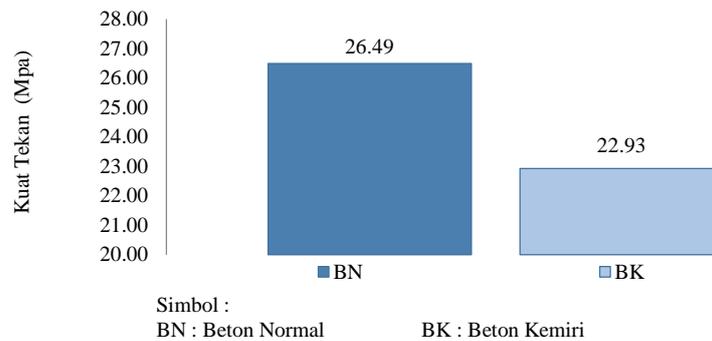
Bahan tambah kimia (*Chemical Adimixture*) ada bermacam-macam. Menurut ASTM C494-82, bahan tambah kimia itu terbagi menjadi:

- a) Tipe A adalah suatu bahan tambahan yang digunakan untuk mengurangi jumlah air campuran untuk menghasilkan beton sesuai dengan konsistensi yang ditetapkan.
- b) Tipe B adalah suatu bahan tambahan yang digunakan untuk memperlambat waktu pengikatan beton.
- c) Tipe C adalah suatu bahan tambahan yang digunakan untuk mempercepat waktu pengikatan dan menambah kekuatan awal beton.
- d) Tipe D adalah suatu bahan tambahan yang digunakan untuk mengurangi campuran untuk menghasilkan beton sesuai dengan konsistensi yang ditetapkan dan juga untuk memperlambat waktu pengikatan beton.
- e) Tipe E adalah suatu bahan tambahan yang digunakan untuk mengurangi jumlah air campuran untuk menghasilkan beton sesuai dengan konsistensi yang telah diterapkan dan juga untuk mempercepat waktu pengikatan serta menambah kekuatan awal beton.

- f) Tipe F adalah suatu bahan tambahan yang digunakan untuk mengurangi jumlah air campuran sebesar 12% atau lebih, untuk menghasilkan beton sesuai dengan konsistensi yang telah diterapkan.
- g) Tipe G adalah suatu bahan tambahan yang digunakan untuk mengurangi jumlah air campuran sebesar 12% atau lebih, untuk menghasilkan beton sesuai dengan konsistensi yang telah ditetapkan dan juga untuk memperlambat waktu pengikatan beton.

**Pengaruh Penggunaan Cangkang Kemiri Sebagai Substitusi Agregat Kasar Terhadap Kuat Tekan Beton**

Pada penelitian ini cangkang menjadi material substitusi terhadap agregat kasar dengan persentase sebesar 5% dan dapat dilihat pada Gambar 1. Berikut.



**Gambar 1.** Perbandingan Nilai Kuat Tekan Beton Normal terhadap Beton Substitusi Cangkang Kemiri

Berdasarkan Gambar 1. di atas dapat dilihat pada penggunaan cangkang kemiri sebagai substitusi agregat kasar mengalami penurunan nilai kuat tekan terhadap beton normal yaitu sebesar 22.93 Mpa, dimana kuat tekan rata-rata beton normal yang direncanakan yaitu sebesar 26.49 Mpa. Hal ini disebabkan karena tingkat kekerasan cangkang kemiri lebih rendah dari pada batu pecah yang mana pada proses pengujian kuat tekan beton permukaan beton lebih cepat mengalami retakan dan membuat daya tekan pada beton mengalami penurunan yang sangat besar.

Adapun perbandingan persentase kuat tekan antara beton normal terhadap beton campuran kemiri yaitu :

**Tabel 2.** Presentase Penurunan Kuat Tekan Beton Campuran Kemiri Terhadap Beton Normal

Notasi	Hasil Kuat Tekan (Mpa)	Selisih	Penurunan (%)
BN	26,49		
BK	22,93	3,56	13,44

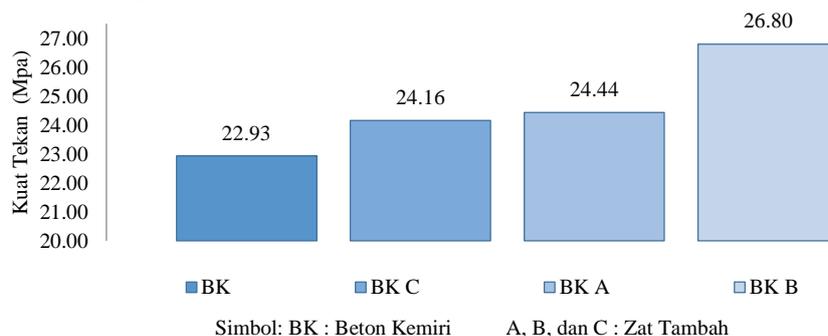
Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium, 2022

Nilai kuat tekan rerata pada beton yang menggunakan cangkang kemiri mengalami penurunan 13,44% terhadap beton normal.

**Pengaruh Penggunaan Cangkang Kemiri Sebagai Substitusi Agregat Kasar Dengan Penambahan Variasi Jenis Zat Tambah Terhadap Kuat Tekan Beton**

Pada penelitian ini, beton menggunakan cangkang kemiri sebagai substitusi dengan persentase 5% dengan penambahn berbagai zat tambah dengan dosis sebesar 0,6% dari berat semen.

Dari hasil uji kuat tekan beton cangkang kemiri diperoleh nilai kuat tekan beton sebesar  $f'c$  22,93 Mpa. Sedangkan pada beton cangkang kemiri variasi zat tambah nilai kuat tekan terbesar diperoleh pada variasi BK B = 26,80 Mpa, kemudian variasi BK A =  $f'c$  24,44 Mpa, dan BK C =  $f'c$  24,16 Mpa. Hasil pengujian ini dapat dilihat pada Gambar 2 sebagai berikut :



**Gambar 2.** Perbandingan Nilai Kuat Tekan Beton kemiri terhadap Beton Kemiri Penambahan Variasi Berbagai Jenis Zat Tambah

Gambar 2 dapat dijelaskan bahwasannya penambahan berbagai zat tambah additive pada beton campuran kemiri dapat meningkatkan nilai kuat tekan. variasi penambahan berbagai jenis zat tambah superplastizer dengan campuran substitusi cangkang kemiri mengalami peningkatan, dengan nilai kuat tekan terbesar yaitu sebesar 26.80 Mpa dengan menggunakan Bestmittel, sedangkan pada penggunaan Sikament LN sebesar 24.44 Mpa dan BetonMix sebesar 24.16 Mpa. Dalam hal ini penggunaan zat tambah superplastizer mempengaruhi nilai kuat tekan beton yang menggunakan cangkang kemiri sebagai substitusi agregat kasar.

Adapun perbandingan persentase peningkatan kuat tekan beton campuran kemiri dengan kuat tekan beton campuran kemiri dengan penambahan variasi berbagai zat tambah yaitu :

**Tabel 3.** Selisih Nilai Kuat Tekan Beton Kemiri Terhadap Beton Kemiri Variasi Berbagai Zat Tambah Superplastizer

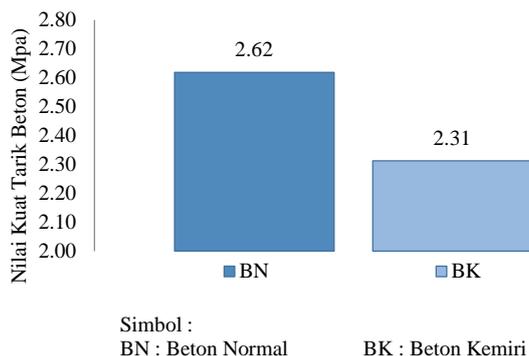
Notasi	Hasil Kuat Tekan (Mpa)	Selisih	Peningkatan (%)
BK	22,93		
BK A	24,44	1,51	6,58
BK	22,93		
BK B	26,80	3,87	16,87
BK	22,93		
BK C	24,16	1,23	5,35

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium, 2022

Nilai kuat tekan beton rerata pada benda uji yang memakai substitusi cangkang dan penambahan berbagai zat tambah additive yang mengalami peningkatan. Peningkatan kuat tekan beton paling tinggi diperoleh pada beton variasi BK B dengan persentasi peningkatan 16,87 %.

***Pengaruh Penggunaan Cangkang Kemiri Sebagai Substitusi Agregat Kasar Terhadap Kuat Tarik Belah Beton***

Hasil pengujian ini dapat dilihat pada Gambar 3 sebagai berikut :



**Gambar 3.** Perbandingan Kuat Tarik Belah Beton Normal Terhadap Beton Substitusi Cangkang Kemiri

Gambar 3 dapat dijelaskan bahwasannya beton campuran memiliki mengalami penurunan nilai kuat tarik belah beton terhadap beton normal. Beton penambahan cangkang kemiri sebagai substitusi agregat kasar dapat menurunkan nilai kuat tarik belah beton yang hanya mencapai sebesar 2.31 Mpa terhadap beton normal yaitu sebesar 2.61 Mpa. Adapun perbandingan persentase kuat tekan antara beton normal terhadap beton campuran kemiri sebagai berikut

**Tabel 4.** Selisih nilai Kuat Tarik Belah Beton Normal Terhadap Beton Substitusi Cangkang Kemir

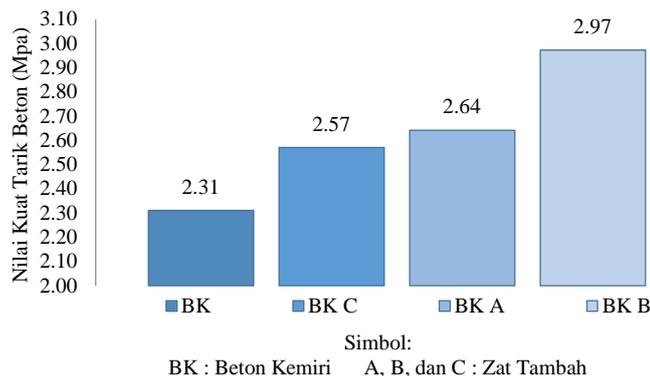
Notasi	Hasil Kuat Tarik (Mpa)	Selisih	Penurunan (%)
BN	2,62		
BK	2,31	0,31	11,71

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium, 2022

Nilai kuat tarik belah beton rerata pada benda uji yang memakai substitusi cangkang kemiri yang mengalami penurunan. Penurunan nilai kuat tarik belah yaitu sebesar 11,71% terhadap beton normal.

***Pengaruh Penggunaan Cangkang Kemiri Sebagai Substitusi Agregat Kasar Dengan Penambahan Variasi Jenis Zat Tambah Terhadap Kuat Tarik Belah Beton***

Hasil uji kuat lentur variasi beton cangkang kemiri dapat dilihat pada Gambar 4 sebagai berikut.



**Gambar 4.** Perbandingan Kuat Tarik Belah Beton Kemiri Terhadap Beton Kemiri Variasi Penambahan Berbagai Jenis Zat Tambah

Gambar 4 dapat dijelaskan bahwasannya penambahan berbagai zat tambah additive pada beton campuran kemiri dapat meningkatkan nilai kuat tarik belah beton. penambahan variasi berbagai jenis zat tambah superplastizer pada beton campuran kemiri mengalami peningkatan dengan Nilai kuat Tarik belah beton tertinggi yaitu sebesar 2.97 Mpa dengan menggunakan jenis zat tambah Besmittel, Sikament LN sebesar 2.64 Mpa dan BetonMix sebesar 2.57 Mpa.

Adapun perbandingan persentase peningkatan kuat tarik belah beton campuran kemiri dengan kuat tarik belah beton campuran kemiri dengan penambahan variasi berbagai zat tambah yaitu :

**Tabel 5** Selisih Nilai Kuat Tarik Belah Beton Kemiri Terhadap Beton Kemiri Variasi Berbagai Zat Tambah Superplastizer

Notasi	Hasil Kuat Tarik (Mpa)	Selisih	Peningkatan (%)
BK	2,31		
BK A	2,64	0,33	14,29
BK	2,31		
BK B	2,97	0,66	28,57
BK	2,31		
BK C	2,57	0,26	11,22

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium, 2022

Nilai kuat tarik belah rerata pada benda uji yang memakai substitusi cangkang dan penambahan berbagai zat tambah additive yang mengalami peningkatan. Peningkatan kuat tarik belah paling tinggi diperoleh pada beton variasi BK B dengan persentasi peningkatan 28,57 %.

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa komposisi campuran beton normal yang terdiri dari Semen 436,17 kg/m<sup>3</sup>, Pasir 688.62 kg/m<sup>3</sup>, Batu Pecah 1005.85 kg/m<sup>3</sup> dan Air 194.36 kg/m<sup>3</sup> diperoleh nilai kuat tekan 26.49 kg/m<sup>3</sup>. Pengaruh penambahan cangkang kemiri sebagai bahan substitusi agregat kasar beton mengakibatkan penurunan nilai kuat tekan dan tarik belah beton secara signifikan. Hal ini disebabkan karena tingkat kekerasan cangkang kemiri lebih rendah dari pada batu pecah yang mana pada proses pengujian kuat tekan beton permukaan beton lebih cepat mengalami retakan dan membuat daya tekan pada beton mengalami penurunan yang sangat besar. Penambahan berbagai jenis zat tambah pada beton campuran yang menggunakan cangkang kemiri sebagai substitusi agregat kasar, memberikan pengaruh peningkatan nilai kuat tekan dan tarik belah beton. Dalam hal ini persentase penggunaan zat tambah sebesar 0,6% dari berat semen.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

ASTM C.150-1985. Standard Specification for Portland Cement. Annual Books of ASTM Standard. Philadelphia, USA.

ASTM C494-82, Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete.

ASTM C 39/ C 39M – 01. 2006. Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens. USA : Annual Books of ASTM Standards

Badan Standardisasi Nasional. (1989): SK SNI S-04-1989-F. Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A (Bahan bangunan bukan logam). Bandung:BSN.

- Badan Standardisasi Nasional. (2002): SNI 03-2847-2002. Tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung (Beta version). Jakarta:BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2013): SNI 2847:2013 Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (1990) SK SNI S-18-1990-03, Spesifikasi Bahan Tambah Untuk Beton, Yayasan LPMB, Bandung.
- Badan Standardisasi Nasional (SNI), 1969-2008 "Cara Uji Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Kasar".
- Badan Standardisasi Nasional (SNI), 1970-2008 "Cara Uji Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Halus".
- Badan Standardisasi Nasional (SNI), 1973-2008 "Cara Uji Berat Isi, Volume Produksi Campuran Dan Kadar Udara Beton".
- Badan Standardisasi Nasional (SNI ASTM C117 2017. "Metode Pengujian Kadar Lumpur.
- Badan Standardisasi Nasional (SNI), 2834-2013., "Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal".
- Badan Standardisasi Nasional Indonesia (SNI) 1974 - 2011., "Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji Silinder".
- Badan Standardisasi Nasional. 2002. SNI 03-2491-2002: Metode Pengujian Kuat Tarik Belah Beton. BSN. Bandung.
- Nasruddin, N., Sampebulu, V., & Mushar, P. (2018). Uji Karakteristik dan Mix-Design Material Beton Berbahan Limbah Organik Cangkang Kemiri. Prosiding Temu Ilmiah IPLBI 2018, J044–J050. <https://doi.org/10.32315/ti.7.j044>
- Pane, F. P., Tanudjaja, H., & R.S. Windah. (2015). Pengujian Kuat Tarik Belah Dengan Variasi Kuat Tekan Beton. *Jurnal Sipil Statik*, 3(5), 313–321.
- Saputra, T. E., Mungok, C. D., & Budi, G. S. (n.d.). Pengaruh Variasi Penggunaan Sikament Ln Sebesar 0,4% 0,6% 0,8% Dan 1% Pada Pembuatan Beton Normal.
- Simanjuntak, J. O., Saragi, T. E., Simanjuntak, N. I., & Hulu, I. (2021). Pengujian Kuat Tekan Beton Terhadap Penggunaan Cangkang Kemiri Pada Beton Ramah Lingkungan. *Jurnal Darma Agung*, 29(2), 146. <https://doi.org/10.46930/ojsuda.v29i1.942>
- Sulistiyawati, R. (n.d.). Pengaruh Penggunaan Zat Additive Bestmittel Terhadap Kuat Tekan Beton. 13.