

STUDI EKSPERIMENTAL KUAT TARIK BELAH HIGH EARLY STRENGTH CONCRETE (HESC) DENGAN PENAMBAHAN ABU CANGKANG SAWIT (Persentase 0%,3%,5%,7% Untuk Mutu Beton 25 MPa)

Aulia Rahman^{1,*}, Cut Nadia Putri²,

^{1,2}Universitas Teuku Umar

**Corresponding author, email address: auliarahman@utu.ac.id*

ARTICLE INFO

Article History:

Received 4 Mei 2025

Accepted 12 Juni 2025

Online 23 Juni 2025

ABSTRAK

Aceh Barat menghasilkan kelapa sawit sebanyak dengan jumlah limbah cangkang sawit mencapai 1,8 juta ton/tahun. Pemanfaatan dan solusi terhadap limbah cangkang sawit dapat dilakukan dengan pembakaran cangkang sawit pada suhu tinggi hingga menjadi abu. Abu sawit mengandung sejumlah silika dan memiliki kualitas pozzolan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan abu cangkang sawit dan silicafume pada campuran *High Early Strength Concrete* (HESC) terhadap besarnya nilai kuat tarik belah maksimum beton. Metode yang digunakan yaitu metode eksperimental laboratotium American Concrete Institute (ACI). Komposisi benda uji yaitu menggunakan beton normal (BN) beton abu cangkang sawit (BCS) dengan persentase 3%, 5%, dan 7% ditambah *silica fume* 1,5% terhadap berat semen. Benda uji menggunakan silinder diameter 150 mm x 300 mm berjumlah 12 buah. Hasil kuat tarik belah beton maksimum umur 7 hari sebesar 2,548 MPa benda uji BN, nilai minimum sebesar 2,453 MPa benda uji BCS 3% dan BCS 5%. Pada umur 28 hari kuat tarik belah beton maksimum sebesar 3,020 MPa benda uji BCS 3%, nilai minimum sebesar 2,548 MPa benda uji BCS 5%. Berdasarkan hasil pengujian di lakukan dapat disimpulkan bahwa penambahan abu dan analisis yang cangkang sawit dan silica fume pada campuran beton dapat meningkatkan kuat tarik belah beton rata-rata. Seiring berjalannya waktu disebabkan pengaruh persentase abu cangkang yang bersifat pozzolan dan adiktif *silica fume*.

Kata Kunci: HESC; Abu cangkang sawit; Kuat tarik belah.

ABSTRACT

West Aceh produces as much palm oil as the amount of palm kernel shell waste reaches 1.8 million tons/year. Utilization and solutions to palm kernel shell waste can be done by burning palm kernel shells at high temperatures to become ash. Palm ash contains a certain amount of silica and has pozzolanic qualities. This study aims to determine the effect of using palm kernel shell ash and

silicafume in High Early Strength Concrete (HESC) mixtures on the maximum split tensile strength value of concrete. The method used is the American Concrete Institute (ACI) laboratory experimental method. The composition of the test specimens is using normal concrete (BN) palm kernel shell ash concrete (BCS) with a percentage of 3%, 5%, and 7% plus silica fume 1.5% by weight of cement. The test specimens used cylinders with a diameter of 150 mm x 300 mm totaling 12 pieces. The maximum concrete split tensile strength at the age of 7 days was 2.548 MPa for the BN test specimen, the minimum value was 2.453 MPa for the BCS 3% and BCS 5% test specimens. At the age of 28 days the maximum concrete split tensile strength was 3.020 MPa for the BCS 3% test specimen, the minimum value was 2.548 MPa for the BCS 5% test specimen. Based on the test results, it can be concluded that the addition of ash and analysis of palm kernel shells and silica fume in concrete mixtures can increase the average concrete split tensile strength. Over time due to the influence of the percentage of shell ash which is pozzolanic and additive silica fume.

1. PENDAHULUAN

Beton berkekuatan awal tinggi merupakan beton yang memerlukan penanganan khusus dan spesifikasi konsisten yang tidak selalu memungkinkan dengan bahan standar dalam prosedur pencampuran, penempatan, dan pengawetan standar, *American Concrete Institute (ACI)*. Manfaat penggunaan beton sebagai bahan bangunan utama meliputi kemampuannya menahan tekanan tekan, mudah dibentuk, tahan terhadap suhu tinggi, dan biaya yang lebih rendah jika dibandingkan dengan baja. Beton juga memiliki kekurangan selain banyak manfaatnya. Kerapuhan beton dan ketahanannya yang buruk terhadap tekanan tarik merupakan kekurangannya (Manaf, 2023). Unsur terpenting dalam pembuatan beton berkekuatan awal tinggi adalah komposisi bahan pada materialnya sehingga diperoleh beton sesuai dengan kriteria yang telah direncanakan. Untuk menghasilkan kualitas beton yang baik dilakukan penambahan bahan tambah pada beton agar mampu meningkatkan kekuatan terhadap beton dan memperbaiki sifat-sifat beton menjadi lebih berkualitas. (Sopa, 2023).

Kabupaten Aceh Barat menghasilkan kelapa sawit sebanyak ton/tahun dengan jumlah limbah cangkang sawit mencapai 1,8 juta ton/tahun. Pemanfaatan dan solusi harus dilakukan terhadap jumlah limbah cangkang sawit yang cukup besar. Secara khusus pembakaran cangkang sawit pada suhu tinggi akan mengakibatkan terbentuknya kerak keras berwarna putih keabu-abuan yang dikenal sebagai abu cangkang sawit. Seperti diketahui abu sawit mengandung sejumlah besar silika (sekitar 61%) dan memiliki kualitas pozzolan. Abu cangkang sawit tersebut diupayakan agar dapat menjadi bahan yang berguna sebagai bahan campuran beton karena jumlah ketersediaan cangkang sawit sangat banyak dan mudah diperoleh.

Pelaksanaan penelitian ini dilakukan langsung dengan membuat benda uji (sampel) di laboratorium Universitas Teuku Umar. Desain campuran adukan beton (mix design) menggunakan metode *American Concrete Institute (ACI 211.1.91)*. Benda uji yang digunakan yaitu dalam bentuk silinder berdiameter 150 mm x 300 mm dengan jumlah benda uji 12 buah. Kemudian benda uji direndam dan dilakukan pengujian kuat tarik belah beton yang mengacu pada standar SNI 1974-2011 pada umur beton 7 dan 28 hari. Tujuan penelitian untuk mencoba memanfaatkan bahan lokal abu cangkang sawit dan silica fume dalam campuran beton. Penggunaan abu cangkang sawit dan silica fume pada beton *High Early Strength Concrete (HESC)* menghasilkan mutu beton yang baik atau lebih tinggi dari yang direncanakan sehingga mengetahui besarnya nilai kuat tekan dan kuat tarik

belah Selain itu penelitian ini dimaksudkan untuk maksimum yang dihasilkan mengurangi keberadaan limbah cangkang sawit sehingga tercipta lingkungan yang bersih dan sehat.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan metode analisis kuantitatif untuk mengeksplorasi potensi kebutuhan WFC.

2.1. Persiapan Alat dan Bahan

Bahan dan alat untuk penelitian ini diantaranya:

a. Bahan

- 1) Pasir, atau agregat halus, digunakan sebagai pengisi di antara agregat kasar (pasir) untuk memaksimalkan volume dan kepadatan dalam campuran.
- 2) Untuk membuat beton padat, gunakan agregat kasar (kerikil) sebagai pengisi volume dalam campuran.
- 3) Semen portland composite cement (PCC) tipe I untuk bangunan umum tanpa persyaratan khusus seperti yang diisyaratkan pada jenis-jenis lain.
- 4) Abu cangkang sawit sebagai bahan tambah pada beton.
- 5) Zat adiktif yang digunakan adalah *silicafume additive*, sebagai bahan tambah yang dapat mengisi rongga-rongga campuran beton sehingga dapat meningkatkan kuat tekan pada beton.
- 6) Air sebagai bahan dasar sebagai pengikat

b. Alat

- 1) Alat-alat pemeriksaan agregat seperti analisis saringan ukuran untuk saringan standar ASTM yang disesuaikan: 25,4 mm, 19 mm, 12,7 mm, 9,5 mm, 4,75 mm, 2,36 mm, 1,18 mm, 0,6 mm, 0,3 mm, dan 0,15 mm.
- 2) Oven sebagai alat mengeringkan sampel bahan.
- 3) Alat-alat untuk pembuatan beton terdiri dari ember, cangkul, terpal, sendok baja, dan keranjang besi (basket)
- 4) Timbangan digital dengan beban 6 kg dan akurasi 0,1% dari berat benda uji
- 5) Mixer beton sebagai alat untuk mencampurkan semua bahan dalam membuat adonan beton baru,
- 6) Cetakan benda uji berbentuk silinder diameter 15 cm dan tinggi 30 cm
- 7) Plat datar, tongkat ukur, penggaris, dan kerucut Abram merupakan peralatan uji slump.
- 8) Kekuatan tekan dan tarik belah beton dapat diukur menggunakan peralatan uji universal testing machine (UTM).

2.2 Penentuan Populasi dan Sampel

Dalam penelitian ini, digunakan sebanyak 24 benda uji berupa sampel beton berbentuk silinder dengan dimensi diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Benda uji tersebut dirancang untuk mengevaluasi pengaruh penambahan bahan aditif terhadap sifat mekanik beton. Komposisi campuran beton dimodifikasi dengan menambahkan *silica fume* sebanyak 1,5% dari berat semen sebagai bahan pozzolan untuk meningkatkan kinerja beton, khususnya dalam hal kekuatan tekan dan durabilitas.

Selain itu, abu cangkang sawit juga digunakan sebagai substitusi sebagian bahan pengisi (filler) dalam proporsi yang bervariasi, yaitu sebesar 3%, 5%, dan 7% dari berat total agregat. Variasi ini dimaksudkan untuk mengetahui proporsi optimal dalam meningkatkan performa beton ramah lingkungan berbasis limbah biomassa.

Tabel 1. Jumlah Variasi Sampel Untuk Benda Uji Kuat Tarik Belah

Kode Benda Uji	Kebutuhan Bahan Dasar			Jumlah Benda Uji	
	Semen	Abu Cangkang Sawit	Zat Adiktif	7 Hari	28 Hari
BN	100%	-	-	3	3
BCS HESC-3	97%	3%	1,5%	3	3
BCS HESC-5	95%	5%	1,5%	3	3
BCS HESC-7	93%	7%	1,5%	3	3
Total					24

Keterangan :

BN : Beton Normal.

BCS 3% : Beton abu cangkang sawit 3% + silica fume 1,5% dari berat semen.

BCS 5% : Beton abu cangkang sawit 5% + silica fume 1,5% dari berat semen.

BCS 7% : Beton abu cangkang sawit 7% + silica fume 1,5% dari berat semen.

1. Tahapan Pemeriksaan Agregat (Kasar dan Halus)

Pada tahap ini akan dilakukan pemeriksaan terhadap agregat diantaranya:

- Periksa nilai berat jenis oven dry (OD) dan berat jenis saturated surface dry (SSD). Berat komposisi volume campuran beton dapat dipastikan dari nilai pemeriksaan.
- Pemeriksaan berat isi (bulk density), ang menentukan nilai berat volume agregat yang penting saat material padat atau tidak dipadatkan.
- Analisa saringan (sieve analysis), berfungsi sebagai penentuan jumlah agregat halus dan agregat kasar pada adukan beton.
- Jumlah agregat halus dan kasar dalam campuran beton dipastikan dengan analisis saringan (sieve analysis).
- Untuk menyesuaikan jumlah air yang digunakan dalam campuran beton berdasarkan kondisi agregat di lapangan, pemeriksaan kadar air (absorpsi) penting dilakukan. Faktor air semen (FAS), yang memengaruhi kualitas beton, dapat dipengaruhi oleh kadar air agregat.
- Pemeriksaan kadar lumpur, berfungsi untuk memeriksa kadar pasir pada agregat yang akan digunakan, agregat tidak boleh mengandung pasir lebih dari 5% dari berat kering. Apabila agregat mengandung pasir lebih dari 5% maka diperlukan pencucian agregat.

2. Perencanaan campuran (Mix Design)

Tahap selanjutnya adalah merencanakan campuran beton (*mix design*) setelah dilakukan pengujian air, cangkang kelapa sawit, agregat kasar, dan agregat halus. Metode *American Concrete Institute* (ACI 211.1.91) digunakan dalam beton ditetapkan untuk menciptakan campuran yang dapat mempercepat proses pengerjaan namun tetap memenuhi kekuatan dan ketahanan yang dibutuhkan. proses *mix design*.

3. Pembuatan Benda Uji

Pada penelitian ini benda uji yang dipakai berbentuk silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm dengan mutu beton rencana 25 Mpa. Benda uji dibuat sebanyak 3 buah untuk setiap variasi penambahan abu cangkang sawit sehingga jumlah keseluruhan benda uji adalah sebanyak 24 buah. Sebagai benda uji pembanding dibuat benda uji beton normal tanpa penambahan abu cangkang sawit (0%). Pengujian kuat tekan beton dan kuat tarik belah beton dilakukan setelah beton mencapai umur rencana yaitu pada umur 7 dan 28 hari.

4. Pengujian Slump

Pengujian slump dilakukan berdasarkan standar yang telah ditetapkan yaitu berdasarkan dari (SNI 1972-2022). Tujuan pengujian ini adalah untuk menilai viskositas campuran (*workability*) dan seberapa mudahnya mengerjakan beton segar. Langkah-langkah berikut akan diambil dalam proses pencampuran beton segar untuk membuat sampel jika hasil uji slump sesuai dengan rencana:

- a) Oli bekas dioleskan ke cetakan dan pelat, lalu dilap biar merata.
- b) Cetakan diposisikan dengan aman di pelat.
- c) Tuang tiga lapis beton baru ke dalam cetakan. Sepertiga bagian cetakan ada di setiap lapisan. Setelah penuh, ditumbuk 25 kali setiap 1/3.
- d) Dengan menggunakan tongkat, ratakan permukaan benda uji, lalu angkat benda uji yang tersisa yang jatuh.
- e) Angkat dengan mantap dan perlahan.
- f) Untuk memperoleh pengukuran, balikkan cetakan dan letakkan dengan hati-hati di samping benda uji. Kemudian, ukur perbedaan tinggi cetakan.

5. Tahap Perawatan Beton

Setelah benda uji mengeras dan dikeluarkan dari cetakan, benda uji di timbang terlebih dahulu untuk mengetahui berat jenis beton nya. Selanjutnya dilakukan perawatan dengan merendam benda uji dalam air selama total 28 hari.

6. Pengujian Kuat Tekan dan Tarik Belah Beton

Prosedur berikut menguraikan cara menggunakan Mesin Universal Testing Machine (UTM) untuk menguji kekuatan tarik tekan dan tarik belah beton.

- a. Dipersiapkan sampel spesimen uji
- b. Periksa mesin UTM berada dalam kondisi yang baik
- c. Memasang alat pencengkeram yang sesuai di ujung sampel akan menjamin tarikan diterapkan secara merata.
- d. Letakkan sampel Beton di antara alat pegangan pada mesin UTM.
- e. Nyalakan UTM dan pilih kecepatan pengujian yang tepat, bergantung pada standar yang diikuti dan sifat beton yang diuji
- f. Berikan beban tarik secara bertahap di awal pengujian hingga sampel beton terbelah.
- g. Pastikan untuk mendokumentasikan regangan yang terjadi seiring waktu serta data saat regangan diterapkan.
- h. Periksa hasil pengujian, perhatikan gaya terbesar yang dihasilkan sebelum sampel terbelah.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

Hasil data dari pemeriksaan agregat yang telah di peroleh saat penelitian dapat digunakan sebagai proporsi campuran beton (*mix design*). Perhitungan proporsi adukan beton (*mix design*) dalam penelitian ini menggunakan metode *American Concrete Institute* (ACI 211.1-91). Dalam penelitian ini diameter maksimum agregat yang digunakan yaitu 19 mm dengan tinggi slump rencana 75 – 100 mm.

Tabel 2. Proporsi Campuran Beton Untuk 1 m³ Benda Uji Silinder

Material	Benda uji				Satuan
	BN	BCS HESC 3%	BCS HESC 5%	BCS HESC 7%	
Air	1,08	1,08	1,08	1,08	Liter
Semen	1,81	1,81	1,81	1,81	Kg
Agregat kasar	5,41	5,41	5,41	5,41	Kg
Agregat halus	3,40	3,40	3,40	3,40	Kg
Zat adiktif	0,27	0,27	0,27	0,27	Kg
Abu cangkang sawit	-	0,05	0,09	0,13	Kg
Total	11,97	12,02	12,06	12,10	Kg

Material untuk pencampuran benda uji silinder sebanyak 1 m³ pada benda uji BN memiliki berat total beton sebesar 11,97 kg, berdasarkan data pada Tabel 3.1. Berat benda uji BCS HESC 3% adalah 12,02 kg, benda uji BCS HESC 5% adalah 12,06 kg, dan benda uji BCS HESC 7% adalah 12,10 kg.

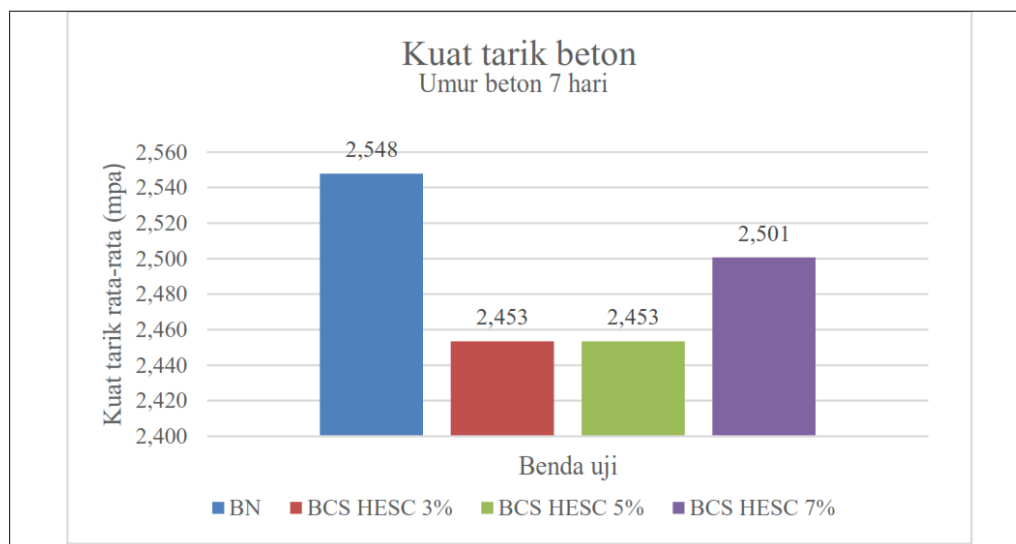
3.2 Hasil Uji Kuat Tarik Belah Beton

Uji kuat tarik belah dilakukan pada beton umur 7 dan 28 hari untuk mengetahui pengaruh penambahan abu cangkang kelapa sawit (ACCS) dan silica fume. Sebelum diuji, benda uji ditimbang untuk mengetahui berat setelah perendaman. Pengujian menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM) dengan variasi campuran ACCS sebesar 3%, 5%, dan 7%, serta *silica fume* 1,5% dari berat semen. Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi kekuatan tarik tidak langsung dari beton. Data yang diperoleh digunakan untuk menganalisis pengaruh variasi campuran terhadap performa beton secara struktural. Hasil ini juga menjadi dasar untuk menentukan komposisi campuran optimal dalam peningkatan mutu beton ramah lingkungan. Hasil pengujian kuat tarik belah disajikan pada tabel berikut.

Tabel 3. Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton Umur 7 Hari

Data Benda Uji Kuat Tarik Belah Beton Umur 7 Hari							Kuat Tarik Belah (Mpa)	Tarik Rata-rata
No	Benda Uji	Berat Benda Uji Kg	Volume Silinder m3	Luas Silinder mm2	Beban (P)		$f_{ct} = 2 P / \pi d L$ Mpa	$f_{ct} = \sum f_c / n$ Mpa
1	BN	11.46	0.0053	17662.5	160	160000	2.265	2.548
2	BN	11.04	0.0053	17662.5	170	170000	2.406	
3	BN	11.20	0.0053	17662.5	210	210000	2.972	
4	BCS HESC 3%	11.56	0.0053	17662.5	200	200000	2.831	2.453
5	BCS HESC 3%	11.36	0.0053	17662.5	170	170000	2.406	
6	BCS HESC 3%	11.42	0.0053	17662.5	150	150000	2.123	
7	BCS HESC 5%	12.04	0.0053	17662.5	180	180000	2.548	2.453
8	BCS HESC 5%	11.74	0.0053	17662.5	160	160000	2.265	
9	BCS HESC 5%	11.98	0.0053	17662.5	180	180000	2.548	
10	BCS HESC 7%	11.84	0.0053	17662.5	190	190000	2.689	2.501
11	BCS HESC 7%	12.16	0.0053	17662.5	160	160000	2.265	
12	BCS HESC 7%	11.88	0.0053	17662.5	180	180000	2.548	

Berdasarkan Tabel diatas, nilai rata-rata kuat tarik belah beton yang di diamkan selama 7 hari adalah 2,548 MPa untuk benda uji BN 2,453 MPa untuk benda uji BCS HESC 3% 2,453 MPa untuk benda uji BCS HESC 5% dan 2,501 MPa untuk benda uji BCS HESC 7%. Gambar 1. menampilkan grafik hasil uji kuat tarik belah beton pada umur 7 hari.

**Gambar 1.** Grafik Hasil Uji Kuat Tarik Belah Pada Umur Beton 7 Hari

Berdasarkan Gambar diatas, terlihat bahwa nilai kuat tarik belah beton pada umur 7 hari

menunjukkan pola fluktuatif, yaitu mengalami kenaikan dan penurunan pada setiap benda uji dengan variasi komposisi yang berbeda. Nilai kuat tarik belah tertinggi dicapai oleh benda uji kontrol (BN), yaitu sebesar 2,547 MPa, yang menandakan performa optimal pada beton tanpa penambahan abu cangkang sawit. Sebaliknya, nilai terendah dicapai oleh benda uji BCS HESC 3% dan BCS HESC 5%, dengan nilai masing-masing sebesar 2,453 MPa. Hasil ini menunjukkan bahwa pada umur awal (7 hari), penambahan abu cangkang sawit sebesar 3% dan 5% belum mampu memberikan kontribusi signifikan terhadap peningkatan kuat tarik belah beton, bahkan cenderung menurunkan kekuatannya dibandingkan beton normal.

Tabel 4. Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton Umur 28 Hari

No	Data Benda Uji Kuat Tarik Belah Beton Umur 28 Hari					Kuat Tarik Belah (Mpa)		Tari k Rata- rata fct = $\frac{\sum f_c}{n}$ Mpa
	Benda Uji	Berat Benda Uji Kg	Volume Silinder m3	Luas Silinder mm2	Beban (P)		fct = $\frac{2 P}{\pi d L}$ Mpa	
1	BN	11,1	0,0053	17662,5	220	220000	3,114	
2	BN	11,34	0,0053	17662,5	190	190000	2,689	2,783
3	BN	11,18	0,0053	17662,5	180	180000	2,548	
4	BCS HESC 3%	11,62	0,0053	17662,5	220	220000	3,114	
5	BCS HESC 3%	11,22	0,0053	17662,5	200	200000	2,831	3,020
6	BCS HESC 3%	11,34	0,0053	17662,5	220	220000	3,114	
7	BCS HESC 5%	12,06	0,0053	17662,5	200	200000	2,831	
8	BCS HESC 5%	11,6	0,0053	17662,5	170	170000	2,406	2,548
9	BCS HESC 5%	12,00	0,0053	17662,5	170	170000	2,406	
10	BCS HESC 7%	11,84	0,0053	17662,5	210	210000	2,972	
11	BCS HESC 7%	11,86	0,0053	17662,5	180	180000	2,548	2,736
12	BCS HESC 7%	11,9	0,0053	17662,5	190	190000	2,689	

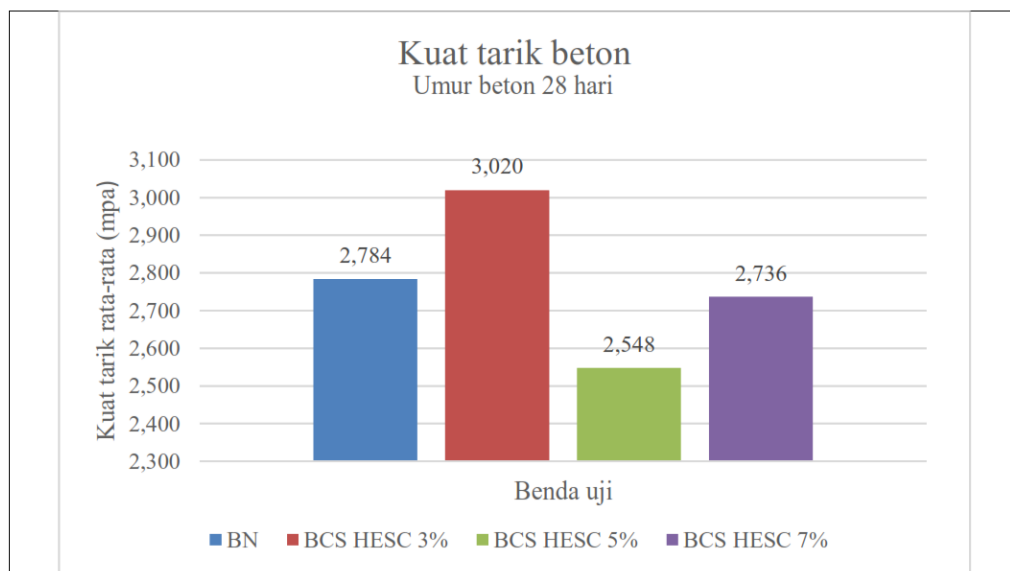
Berdasarkan tabel diatas, diketahui benda uji beton normal (BN), diperoleh nilai kuat tarik belah sebesar 3,114 MPa, 2,689 MPa, dan 2,548 MPa, dengan nilai rata-rata 2,783 MPa. Nilai ini menjadi acuan dalam menilai kinerja beton dengan penambahan bahan tambahan.

Untuk benda uji BCS HESC 3%, diperoleh nilai kuat tarik belah sebesar 3,114 MPa, 2,831 MPa, dan 3,114 MPa, dengan rata-rata 3,020 MPa. Terlihat bahwa penambahan abu cangkang sawit sebesar 3% justru memberikan peningkatan kekuatan tarik belah dibandingkan beton normal,

menunjukkan bahwa pada proporsi ini, abu cangkang sawit dapat berperan sebagai bahan tambahan yang memperkuat ikatan antar partikel dalam campuran beton. Sementara itu, pada benda uji BCS HESC 5%, nilai kuat tarik belah menurun, yaitu 2,831 MPa, 2,406 MPa, dan 2,406 MPa, dengan rata-rata 2,548 MPa. Penurunan ini menunjukkan bahwa penambahan abu cangkang sawit sebesar 5% belum mampu memberikan kontribusi positif terhadap kekuatan tarik belah beton, bahkan menyebabkan penurunan dibandingkan beton normal.

Pada benda uji BCS HESC 7%, nilai kuat tarik belah tercatat sebesar 2,972 MPa, 2,548 MPa, dan 2,689 MPa, dengan nilai rata-rata 2,736 MPa. Meskipun tidak setinggi pada variasi 3%, nilai ini lebih baik dibandingkan variasi 5%, namun masih sedikit di bawah nilai beton normal.

Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan bahwa penambahan abu cangkang sawit sebesar 3% memberikan hasil terbaik dalam meningkatkan kuat tarik belah beton pada umur 28 hari, sedangkan peningkatan kadar abu di atas 3% cenderung menurunkan kekuatan, yang kemungkinan disebabkan oleh gangguan pada keseimbangan komposisi material dan workability beton.



Gambar 2. Grafik Hasil Uji Kuat Tarik Belah Pada Umur Beton 28 Hari

Berdasarkan Gambar 4.5 dapat dilihat bahwa pada benda uji BCS HESC 3% nilai kuat tarik belah beton tertinggi pada umur beton 28 hari yaitu sebesar 3.019 MPa. Sedangkan nilai kuat tarik belah beton terendah pada umur 28 hari terjadi pada benda uji BCS HESC 5% sebesar 2,547 MPa. Berdasarkan grafik nilai kuat tarik belah beton semakin meningkat seiring berjalannya waktu karena menambahkan abu cangkang sawit ke beton akan meningkatkan kekuatan Tarik belahnya., dan kekuatan ini lebih ditingkatkan lagi dengan kompatibilitas abu dengan bahan-bahan dalam *silica fume*.

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian kuat tekan dan kuat tarik belah beton yang dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai hasil akhir dari penelitian:

1. Berdasarkan data dari kuat tarik rata-rata beton dengan abu cangkang sawit 3% adalah 2,453 MPa setelah 7 hari dan 3,019 MPa setelah 28 hari, sesuai dengan kuat tarik belah beton. Kuat tekan rata-rata 2,453 MPa setelah 7 hari dan 2,547 MPa setelah 28 hari diperoleh dengan kenaikan persentase 5%. Kuat tekan rata-rata 2,500 MPa setelah 7 hari dan 2,736 MPa setelah 28 hari diperoleh dengan kenaikan persentase 7%.
2. Berdasarkan data dari kuat tarik rata-rata beton dengan abu cangkang sawit 3% adalah 2,453 MPa setelah 7 hari dan 3,019 MPa setelah 28 hari, sesuai dengan kuat tarik belah beton. Kuat tekan rata-rata 2,453 MPa setelah 7 hari dan 2,547 MPa setelah 28 hari diperoleh dengan kenaikan persentase 5%. Kuat tekan rata-rata 2,500 MPa setelah 7 hari dan 2,736 MPa setelah 28 hari diperoleh dengan kenaikan persentase 7%.
3. Berdasarkan data dari abu cangkang kelapa sawit 3% ditambahkan ke beton pada umur 7 hari kuat tekan beton menurun sebesar 19,250%; tetapi setelah 28 hari kuat tekan beton meningkat sebesar 26,893%. Menurut data kuat Tarik belah, beton yang ditambahkan 3% abu cangkang kelapa sawit pada umur 7 hari mengalami penurunan kuat tekan sebesar 2,453% namun setelah 28 hari kuat tekan beton meningkat sebesar 3,020%.

DAFTAR PUSTAKA

1. Ageng, P. J., dan Satriani. (2019). Studi Pengaruh Penambahan Limbah Cangkang Sawit Terhadap Kuat Tekan Beton, *Jounal Development Engineering Of University*, No. 2, Vol. 1, 46-52, Politeknik Kotabaru.
2. American Concrete Institute, ACI 211.1.91 (2002). Standart Practice For Selecting Proportions For Normal, Heavyweight, And Mass Concreat, ACI 211.
3. Almufid. (2015). Beton Mutu Tinggi Dengan Bahan Tambahan, *Jurnal Fondasi*, No. 2, Vol.4, Banten.
4. Bagus, H. (2023). Analisis Penggunaan Abu Boiler Pabrik Kelapa Sawit Sebagai Bahan Tambah Terhadap Kuat Tekan Beton, Skripsi, Program Studi Teknik Sipil, Univ.Medan Area, Medan.
5. Berli, A.U. (2019). Penentuan kuat tekan beton ringan mutu K-225 dengan substitusi cangkang sawit memakai semen portland tipe I, *Jurnal Menara Ilmu*, No.6, Vol.13, 1-5, Padang.
6. Fendria, R. (2021) Desain Beton High Early Strength (HES) Dengan Campuran Superplasticizer, Skripsi, Program Studi Teknik Sipil, Univ. Medan Area, Medan.
7. Manaf, A., Rindhayani, I., Nasriana, Nurdin, A., Yusman, Mahmuda, A. F., Apriansyah, Sainuddin (2023). Penggunaan Cangkang Sawit Sebagai Pengganti Agregat Kasar Terhadap Kuat Tekan Beton, *Journal Of Civil Engineering*, No.1, Vol. 5, 59-66, Universitas Sulawesi barat.
8. Prayuda, H., Saleh, H. (2019). High Early Age Concrete Compressive Strength With Variation Superplasticizer And Silica Fume. *Univ.Muhammadiyah Yogyakarta*. No. 1, Vol. 17, 26-43, Yogyakarta.
9. Rahmadia, N. (2018). Pemanfaatan Abu Boiler Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Pengganti Sebagian Semen Untuk Beton Mutu Tinggi, Skripsi, Program Studi Teknik Sipil, Univ. Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan.
10. Sopa N.R., (2023). Pengaruh Penambahan Silica Fume Terhadap Kuat Tekan Beton Fc'25,

