

ANALISIS PENGGUNAAN ABU CANGKANG SAWIT TERHADAP SIFAT MEKANIS BETON NORMAL

Marco Christian¹ dan Widodo Kushartomo²

¹Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No.1 Jakarta
marco.325190044@stu.untar.ac.id

²Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No.1 Jakarta
widodo@untar.ac.id

Masuk: 13-07-2023, revisi: 25-07-2023, diterima untuk diterbitkan: 29-07-2023

ABSTRACT

Concrete is one of the most important materials used in building structures. A material that can be used to create normal concrete with this method is to add palm shell ash to the concrete mix. Palm shell ash can be used as a filler material, because the ash has a chemical composition contains silica (SiO_2) which is amorphous and highly reactive at room temperature. The use of palm shell ash as an additive to the concrete mixture aims to improve the quality of the concrete which is planned after palm shell ash is added to the concrete mixture. The tests carried out in this study were compressive power, split tensile power, flexural power, and modulus of elasticity at the age of 28 days concrete. The number of samples made was 36 cylinders and 12 blocks for variations in percentage of 0%, 5%, 10%, 15%, 20% and 25%. The treatment of the specimens was done by immersing them for 26 days. The values of compressive power, split tensile power, flexural power, and elastic modulus will decrease when the percentage of palm shell ash in the concrete mixture increases.

Keywords: Normal; Compression; Flexibility; Split; Elasticity

ABSTRAK

Beton merupakan suatu material yang begitu vital untuk diaplikasikan dalam dunia konstruksi. Suatu materi yang bisa dimanfaatkan untuk menciptakan beton normal dengan metode ini adalah dengan menambahkan abu cangkang sawit ke dalam campuran beton. Abu cangkang sawit bisa dimanfaatkan selaku materi pengisi (*filler*), sebab abu tersebut memiliki komponen kimia yang mengandung silika (SiO_2) yang bersifat *amorphous* (bukan kristal) dan sangat reaktif pada temperature kamar. Penggunaan abu cangkang sawit selaku materi tambahan dalam campuran beton bertujuan untuk meningkatkan mutu beton yang direncanakan setelah abu cangkang sawit ditambahkan pada campuran beton. Percobaan yang diselenggarakan pada penelitian berikut adalah kuat tekan, kuat tarik belah, kuat lentur, dan modulus elastisitas terhadap usia beton 28 hari. Jumlah sampel yang dibuat adalah 36 buah berbentuk silinder dan 12 buah berbentuk balok dengan variasi persentase sebesar 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25%. Perawatan materi pengujian dilakukan dengan upaya direndam dalam 26 hari. Hasil kuat tekan, kuat tarik belah, kuat lentur, dan modulus elastisitas menurun ketika persentase abu cangkang sawit pada campuran beton meningkat.

Kata Kunci: Normal; Tekan; Lentur; Belah; Elastisitas

1. PENDAHULUAN

Latar belakang

Dalam SNI 2847:2019, beton merupakan percampuran atas materi pembentuknya yang terbagi melalui semen *portland*, agregat kasar, agregat halus, dan air dengan ataupun tanpa menambahkan materi pelengkap (*admixture* ataupun *additive*). Seiring dengan pertambahan usia, semakin kuat beton juga semakin menjangkau kekuatan rencana ketika umur 28 hari.

Untuk meningkatkan beton, pemanfaatan air ataupun aspek air dan semen semestinya rendah dengan efek penanganan beton nantinya menjadi kering yang menyebabkan campuran beton menjadi lebih kental sehingga nilai workabilitasnya menjadi rendah. Hal itu bisa dicegah melalui penambahan materi tambahan misalnya *superplasticizer* (Yusra & Amir, 2016).

Dalam dunia konstruksi, beton memiliki kelebihan dan kekurangan. Kelebihan beton yaitu kuat tekan yang relatif tinggi, mudah dibentuk sesuai kebutuhan, perawatan murah, dan dapat dikombinasikan dengan bahan lain (Kushartomo, 2019). Sedangkan, kelemahan beton seperti beton memiliki kuat tarik yang kecil karena mudah retak.

Selain itu, beton segar menyusut ketika pengeringan dan mengembang apabila basah. Beton akan mengeras dan mengecil jika memasuki peralihan suhu. Beton sukar kedap air dengan maksimal karena kerap bisa dimasukkan air yang memuat garam bisa mengganggu tulangan beton. Beton bersifat getas sehingga patut dikalkulasi dan didalami dengan teliti supaya setelah digabungkan dengan baja tulangan, beton menjadi berkarakter daktail (Tjokrodimuljo, 2007).

Beton mutu tinggi adalah beton yang berkekuatan tekan lebih besar daripada beton standar. Pendapat PD T-04-2004-C mengenai Tata Cara Pembuatan dan Pelaksanaan Beton Berkekuatan Tinggi, yang terspesifikasi beton berkualitas besar ialah beton yang berkekuatan tekan diantara 40 - 80 MPa. Jenis beton tersebut tercantum pada SNI 03-6468-2000 dideskripsikan dengan beton yang berkekuatan tekan yang digambarkan lebih dari 41,4 MPa.

Oleh karena itu, suatu beton membutuhkan mutu dan spesifikasi material yang berstandar secara nasional. Kualitas dari beton bergantung pada langkah-langkah pekerjaan dan bahan yang digunakan. Salah satu langkah yang paling penting adalah perawatan beton setelah dicetak atau disebut dengan *curing*. Perawatan ini dilakukan agar proses hidrasi selanjutnya tidak mengalami gangguan. Jika hal ini terjadi, beton akan mengalami keretakan karena kehilangan air yang begitu cepat. Perawatan dilakukan minimal selama 7 hari dan beton berkekuatan awal tinggi minimal selama 3 hari serta harus dipertahankan dalam kondisi lembab, kecuali dilakukan dengan perawatan yang dipercepat (Departemen Pekerjaan Umum, 1989). Perawatan ini tidak hanya bertujuan untuk mendapatkan kekuatan tekan beton yang tinggi tapi juga bertujuan untuk memperbaiki mutu dari keawetan beton, kedekatan terhadap air, ketahanan terhadap aus, serta stabilitas dari dimensi struktur.

Pada penelitian berikut, bahan yang diaplikasikan adalah cangkang kelapa sawit. Cangkang kelapa sawit yakni limbah atas kelapa sawit yang berfungsi selaku bahan pembakaran. Selain itu, hasil pembakaran berubah menjadi abu boiler kelapa sawit yang mewujudkan perolehan atas pembakaran cangkang kelapa sawit. Abu berikut memuat sintesis kimia berwujud silika (SiO_2) yang merupakan kandungan yang tertinggi (Vitri & Herman, 2019).

Abu cangkang kelapa sawit merupakan serbuk yang sudah melakukan prosedur penghalusan melalui lapisan dalam prosedur pembakaran cangkang dan serat buah dalam dapur tungku boiler yang diimplementasikan bagi pabrik lainnya yang menggunakan boiler. Serbuk cangkang kelapa sawit juga mewujudkan *biomass* dengan muatan silika (SiO_2) secara tersembunyi yang digunakan untuk meningkatkan mutu beton apabila dicampur dengan semen dan air (Gunawan et al., 2018).

Abu cangkang kelapa sawit berpotensi menjadi material tambahan yang berfungsi untuk memperbaiki struktur mikro pada bahan *additive* yang mengandung silika (SiO_2) yang bersifat *amorphus* (bukan kristal) dan sangat reaktif pada temperature kamar sehingga bereaksi dengan semen yang mengandung *pozzolanic* (Antoni, 2007; Kushartomo, 2018).

Tabel 1. Komposisi senyawa kimia abu cangkang sawit (Gunawan et al., 2018)

No	Kandungan	Nilai Satuan (%)
1	SiO_2	89,91
2	CaCO_3	2,47
3	MgCO_3	0,73
4	Fe_2O_3	0,19
5	Al_2O_3	0,001

Rumusan Masalah

Adapun beberapa rumusan masalah yang dapat terjadi pada penelitian ini, yaitu:

1. Apakah penggunaan abu cangkang sawit mempengaruhi workabilitas yang digunakan?
2. Apakah penggunaan abu cangkang sawit mampu meningkatkan sifat mekanis beton yang direncanakan?

Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, tujuan diadakan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Meningkatkan workabilitas beton yang direncanakan setelah abu cangkang sawit ditambahkan pada campuran beton.
2. Mengetahui pengaruh kekuatan pada sifat mekanis beton jika abu cangkang sawit ditambahkan pada campuran beton.

2. METODE PENELITIAN

Metode yang diaplikasikan pada penelitian berikut adalah metode penelitian eksperimental dimana dilaksanakan pengujian penambahan abu cangkang kelapa sawit terhadap sifat mekanis beton. Penelitian berikut akan diselenggarakan pada Laboratorium Konstruksi dan Teknologi Beton, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tarumanagara. Penelitian berikut akan dimulai pada April 2023. Sampel yang akan diuji terbagi menjadi dua bentuk yaitu silinder dengan berdiameter 10 cm dan tinggi 20 cm serta balok berdimensi 10 cm × 10 cm × 40 cm dengan variasi persentase abu cangkang sawit sebesar 0%, 5%, 10%, 15%, 20% dan 25%. Pengujian beton dilakukan ketika beton berumur 28 hari. Jumlah dari tiap benda uji dengan variasi persentase abu cangkang sawit adalah 6 benda uji. Jumlah benda uji sebanyak 38 sampel (36 sampel asli + 2 sampel cadangan) berbentuk silinder dan 12 benda uji berbentuk balok. Selanjutnya dilakukan perawatan benda uji dengan direndam selama 28 hari. Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini berupa kuat tekan, kuat tarik belah, kuat lentur, dan modulus elastisitas.

Mix design

Perencanaan campuran beton yang tepat dan sesuai dengan proporsi campuran adukan beton diperlukan untuk mendapatkan kualitas beton yang baik. Dalam penelitian ini digunakan rancangan campuran beton yang mengacu pada peraturan SK.SNI.T-15-1990-03. Kuat tekan ($f'c$) yang terjadi diharapkan memenuhi target 25 MPa.

Berdasarkan perhitungan, komposisi *mix design* dalam riset berikut bisa diamati melalui tabel di bawah.

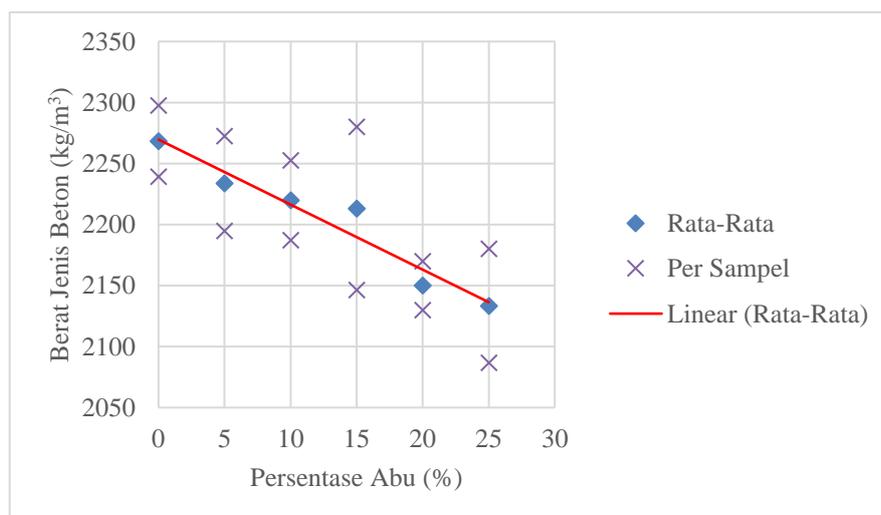
Tabel 2. Hasil *mix design* untuk 1m³

Bahan	0%	5%	10%	15%	20%	25%
Semen (kg)	401,964	401,964	401,964	401,964	401,964	401,964
Pasir (kg)	650,687	650,687	650,687	650,687	650,687	650,687
Kerikil (kg)	991,019	991,019	991,019	991,019	991,019	991,019
Air (liter)	193,627	193,627	193,627	193,627	193,627	193,627
Superplasticizer (kg)	6,02946	6,02946	6,02946	6,02946	6,02946	6,02946
Abu Cangkang Sawit (kg)	0	20,0982	40,1964	60,2946	80,3928	100,491

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berat jenis beton

Percobaan berat jenis beton dilaksanakan ketika beton berusia 28 hari. Perolehan dari percobaan berat jenis beton bisa diamati melalui Gambar 1.



Gambar 1. Grafik hubungan antara berat jenis beton dengan persentase abu cangkang sawit

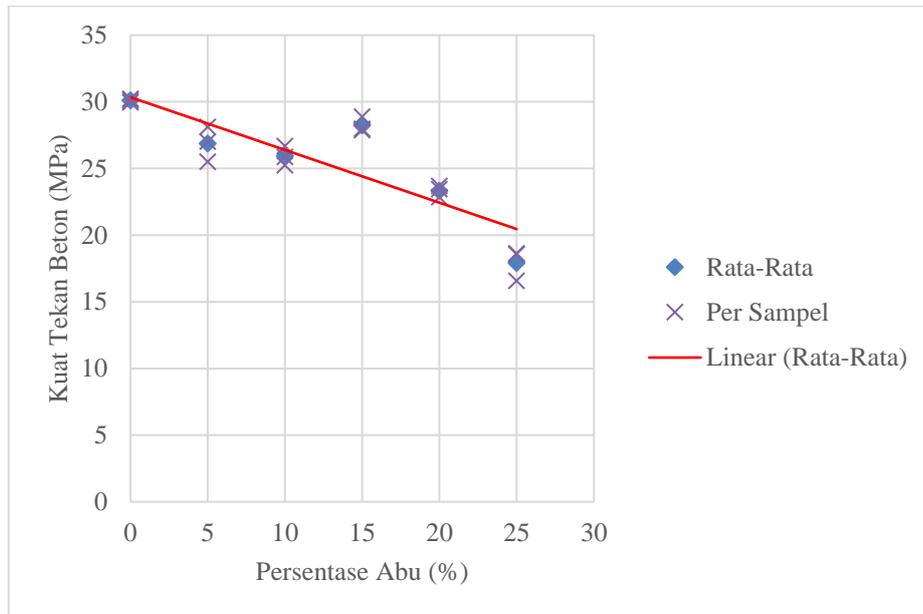
Berdasarkan Gambar 1, hasil penelitian menunjukkan bahwa berat jenis beton kian menyusut selaras dengan meningkatnya persentase abu yang terdapat dalam campuran beton. Nilai berat jenis beton pada persentase abu 0%,

5%, 10%, dan 15% yang dihasilkan sudah memenuhi standar beton normal yaitu sekitar 2200 – 2400 kg/m³ (Mulyono, 2006). Pada persentase 15%, hal ini disebabkan karena saat pengadukan campuran beton di molen kurang rata dan kurang kandungan air sehingga terjadi anomali pada hasil kuat tekan beton.

Penambahan abu cangkang sawit menyebabkan nilai berat jenis beton menurun. Hal ini disebabkan karena abu cangkang sawit dapat menyerap air sehingga beton sulit dipadatkan serta menimbulkan banyak rongga udara pada beton.

Kuat tekan beton

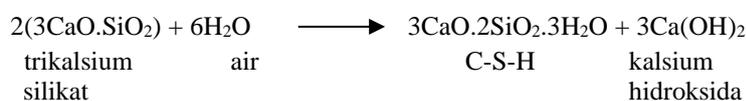
Perolehan atas percobaan kuat tekan beton bisa diamati melalui Gambar 2.



Gambar 2. Grafik hubungan antara kuat tekan beton dengan persentase abu cangkang sawit

Berdasarkan Gambar 2, hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat tekan beton menurun juga naik pada beton dengan persentase 15% kemudian menurun lagi selaras dengan pertambahan persentase abu cangkang sawit dalam campuran beton. Pada persentase 15%, hal ini disebabkan karena saat pengadukan campuran beton di molen kurang rata dan kurang kandungan air sehingga terjadi anomali pada hasil kuat tekan beton.

Peningkatan kuat tekan beton ditinjau dari komposisi kimia yang terjadi apabila komposisi kimia pada abu cangkang sawit bertemu dengan material mengandung SiO₂ seperti *pozzolanic* material yaitu *silica fume*, abu terbang atau abu vulkanik (Kushartomo et al., 2013). Selain itu, kuat tekan beton juga dipengaruhi oleh reaksi hidrasi yang dikenal sebagai reaksi kimia antara semen dan air. Reaksi hidrasi yang terjadi menurut Sutandi dan Kushartomo (2019) dapat dilihat seperti yang tertulis pada persamaan di bawah ini:

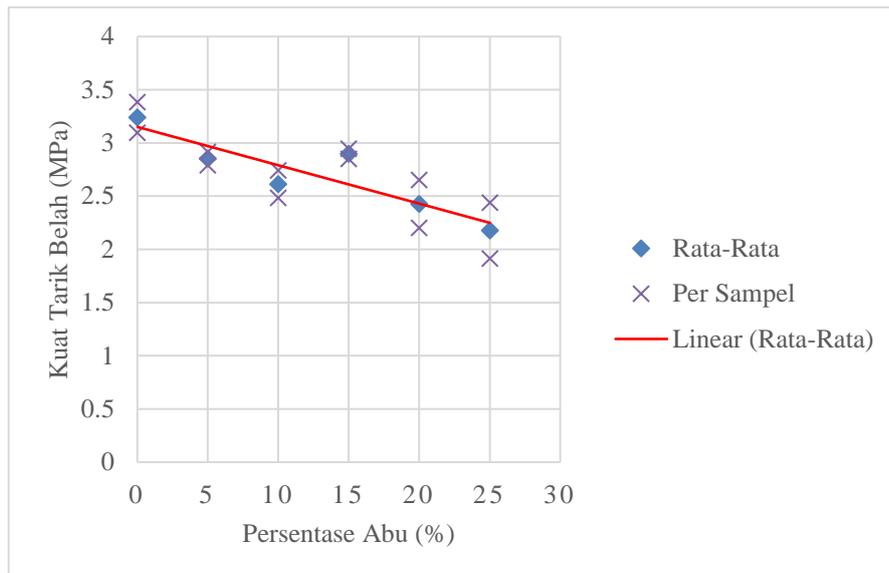


Material abu cangkang sawit dapat dikategorikan dalam material “*pozzolan*” karena mengandung SiO₂ dan alumina serta material cementious seperti yang terdapat pada semen, sehingga menjadi aditif yang baik untuk beton (Kushartomo & Tandio, 2016).

Dalam penelitian ini, tidak terjadi peningkatan kuat tekan beton karena diduga abu cangkang sawit tidak mengandung SiO₂ sehingga tidak terjadi reaksi *pozzolanic*. Selain itu, abu dapat menyerap air yang menimbulkan munculnya rongga-rongga udara pada beton. Berdasarkan penelitian tersebut, komposisi kimia abu cangkang sawit tidak mempengaruhi peningkatan kekuatan beton.

Kuat tarik belah beton

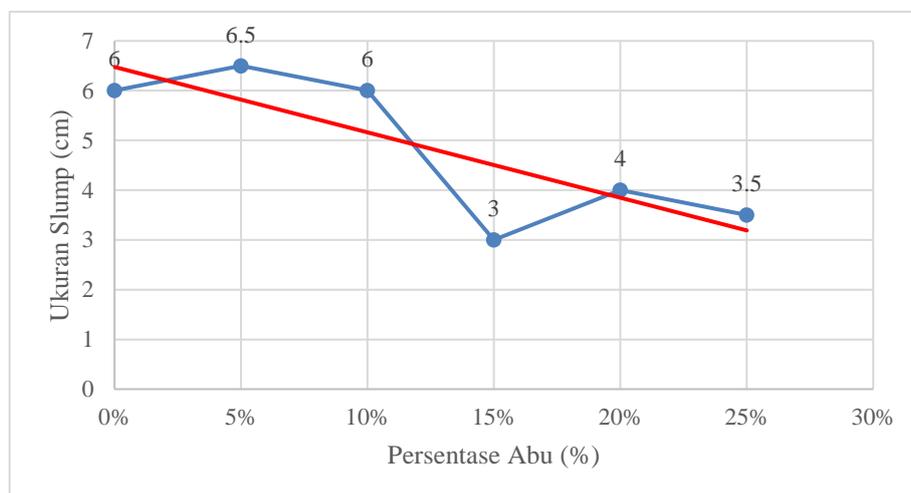
Perolehan dari percobaan daya tarik belah beton bisa diamati melalui Gambar 3.



Gambar 3. Grafik hubungan antara kuat tarik belah beton dengan persentase abu cangkang sawit

Berdasarkan Gambar 3, hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat tarik belah beton menurun dan bertambah terhadap beton dengan persentase 15% kemudian menurun lagi seiring bertambahnya persentase abu cangkang sawit dalam campuran beton. Pada persentase 15%, hal ini disebabkan karena saat pengadukan campuran beton di molen kurang rata dan kurang kandungan air sehingga terjadi anomali pada hasil kuat tekan beton.

Penurunan kekuatan tarik belah beton sebanding dengan penurunan kekuatan tekan beton yang disebabkan oleh peningkatan rongga udara pada beton dan kenaikan pada persentase 15% serta sebanding dengan kenaikan kekuatan tekan beton. Hal ini terjadi karena seiring bertambahnya persentase abu ke dalam campuran beton menyebabkan workabilitas campuran beton menurun sehingga pemadatan beton agak sulit. Hal ini dibuktikan pula dengan Gambar 4.

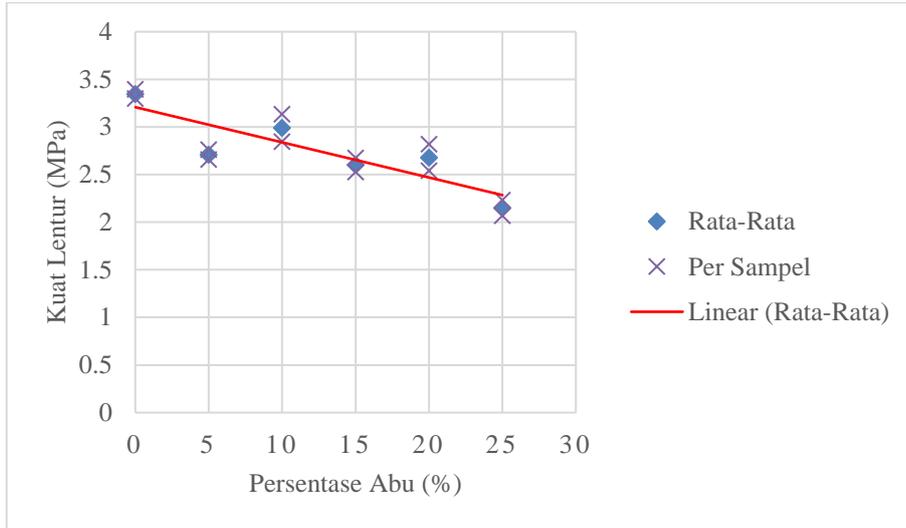


Gambar 4. Nilai workabilitas *slump* beton

Nukrirullah et al. (2022) juga menyatakan bahwa rongga nantinya tercipta di dalam campuran beton yang tidak terpadatkan dengan maksimal karenanya beton menjadi lebih lunak juga menyebabkan kuat tarik belah menurun. Beton yang lebih lunak pula memicu rapuhnya rangkaian diantara beton juga abu ketika menopang muatan diakibatkan tarikan.

Kuat lentur beton

Perolehan dari percobaan kuat lentur beton bisa diamati melalui Gambar 5.

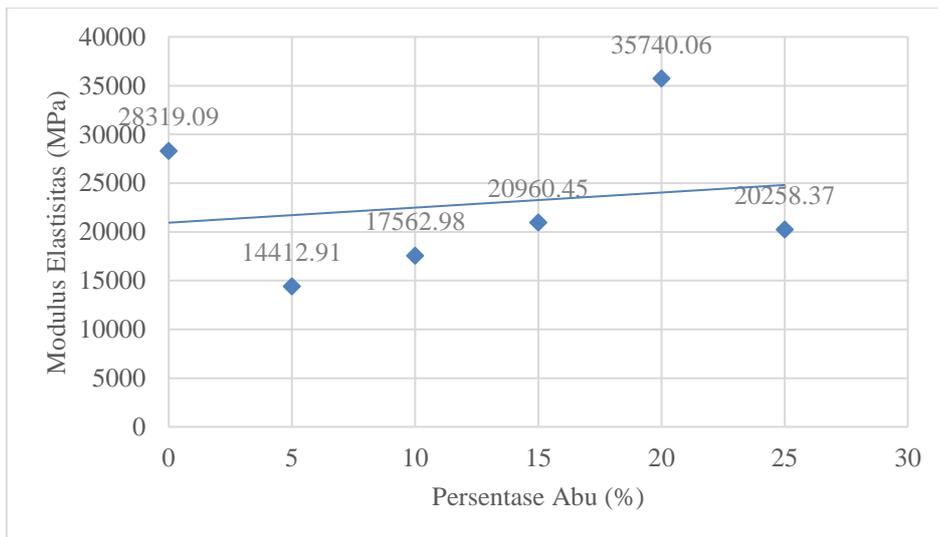


Gambar 5. Grafik hubungan antara kuat lentur beton dengan persentase abu cangkang sawit

Berdasarkan Gambar 5, hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat lentur beton menurun pada persentase 0%, 5%, 15%, dan 25% kemudian naik pada persentase 10% dan 20%. Pada persentase 20%, hal ini disebabkan karena saat pengadukan campuran beton di molen kurang rata dan kurang kandungan air sehingga terjadi anomali pada hasil kuat tekan beton. Nilai kuat lentur menurun dipengaruhi banyaknya abu yang diberikan yang dapat menyerap air sehingga muncul rongga-rongga udara pada beton. Hal ini menyebabkan keterikatan antara abu dan campuran beton melemah karena jumlahnya yang semakin banyak. Jatmika dan Mahyudin (2017) juga berpendapat bahwa ikatan tersebut yang melemah menyebabkan sampel tidak mampu menahan beban yang diberikan terlalu banyak dan nilai kuat lentur menjadi menurun.

Modulus elastisitas beton

Perolehan pengelolaan data hasil percobaan modulus elastisitas beton bisa diamati melalui Gambar 6.



Gambar 6. Grafik hubungan antara modulus elastisitas beton dengan persentase abu

Berdasarkan Gambar 6, hasil penelitian menunjukkan bahwa modulus elastisitas beton turun pada persentase 5% kemudian naik pada persentase 10%, 15%, dan 20%. Setelah itu, kembali turun lagi pada persentase 25%. Hasil modulus elastisitas dalam penelitian ini sangat dipengaruhi oleh ketelitian saat pembacaan jarum yang masih dilakukan secara manual. Selain itu laboratorium yang juga digunakan untuk penelitian lainnya serta waktu pengujian

setiap variasi abu cangkang sawit yang tidak bersamaan menyebabkan kecepatan pembebanan tidak sama untuk setiap benda uji dengan persentase yang berbeda sehingga mempengaruhi nilai bacaan dan tegangan hancur yang dialami oleh benda uji beton saat pengujian. Faktor lainnya juga dipengaruhi oleh permukaan benda uji yang tidak rata ataupun penempatan benda uji pada alat uji kurang baik sehingga terjadi anomali pada persentase 20%, hasil modulus elastisitas meningkat drastis.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Menurut perolehan penelitian juga uraian dalam bab 4, bisa disimpulkan seperti di bawah ini:

1. Mengingat kuat tekan yang dihasilkan menurun, diduga karena abu cangkang sawit yang digunakan tidak mengandung komposisi kimia SiO_2 yang *amorphus* (bukan kristal).
2. Semakin besar persentase abu yang terdapat pada campuran beton, semakin ringan pula beton yang didapatkan karena karakteristik abu yang tidak mengandung SiO_2 . Nilai berat jenis beton dengan persentase abu 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25% secara berurutan adalah 2268,36 kg/m^3 ; 2233,64 kg/m^3 ; 2219,82 kg/m^3 ; 2213,20 kg/m^3 ; 2149,93 kg/m^3 ; dan 2133,29 kg/m^3 .
3. Besarnya kuat tekan beton terdampak oleh seberapa besar persentase abu pada campuran beton. Semakin tinggi persentase abu, semakin kecil kuat tekan yang didapatkan. Nilai kuat tekan beton dengan persentase abu 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25% secara berurutan adalah 31,29 MPa; 27,96 MPa; 26,97 MPa; 29,38 MPa; 24,26 MPa; dan 18,64 MPa.
4. Besarnya kuat tarik belah beton terdampak oleh besaran persentase abu pada campuran beton. Semakin tinggi persentase abu akan membuat kuat tarik belah terhadap beton menjadi menurun. Nilai kuat tarik belah beton dengan persentase abu 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25% secara berurutan adalah 3,24 MPa; 2,85 MPa; 2,61 MPa; 2,90 MPa; 2,43 MPa; dan 2,18 MPa.
5. Semakin besar persentase abu pada campuran beton, semakin menurun pula kuat lentur beton. Sehingga penurunan dari kuat lentur berbanding lurus dengan penurunan kuat tekan dan kuat tarik belah beton. Nilai kuat lentur beton dengan persentase abu 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25% secara berurutan adalah 3,35 MPa; 2,71 MPa; 2,99 MPa; 2,60 MPa; 2,68 MPa; dan 2,15 MPa.
6. Nilai modulus elastisitas beton dengan persentase abu 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25% secara berurutan adalah 28319,09 MPa; 14412,91 MPa; 17562,98 MPa; 20960,45 MPa; 35740,06 MPa; dan 20258,37 MPa.

Saran yang dibutuhkan dari penelitian berikut di bawah ini:

- Dibutuhkan penelitian mendalam terhadap beton abu cangkang sawit dengan melakukan pengujian komposisi kimia untuk mengetahui komposisi SiO_2 bersifat *amorphus* atau bukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Antoni, A. & Nugraha, P. (2007). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Andi.
- Departemen Pekerjaan Umum. (1989). Badan Penelitian dan Pengembangan PU, Pedoman Beton 1989. In SKBI.1.4.53.1989, *Draft Konsensus*. Jakarta: DPU.
- Gunawan, C. H., Mungok, C. D., & Lestyowati, Y. (2018). Pemanfaatan Abu Boiler Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Bahan Tambah Pada Campuran Beton. *Jurnal Teknik Sipil Fakultas Teknik*, 5(2), 1-8.
- Jatmika, L. P., & Mahyudin, A. (2017). Pengaruh Persentase Serat Sabut Kelapa dan Resin Polyester Terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Papan Beton Ringan. *Jurnal Fisika FMIPA Universitas Andalas*, 6(4), 387-393.
- Kushartomo, W., & Sari, P. D. (2018). Sifat Mekanis Beton Normal dengan Campuran Tepung Marmer. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 24(1), 71-78.
- Kushartomo, W., & Tandio, K. (2016). Pengaruh Penggunaan Abu Terbang Terhadap Sifat Mekanis Reactive Powder Concrete. *Jurnal Teknik Sipil Universitas Tarumanagara*, 119-126.
- Kushartomo, W., Makarim, C. A., Supartono, F. X., & Sumawiganda, S. (2013). Pengaruh penambahan quartz powder pada reactive powder concrete terhadap terbentuknya kalsium-silikat-hidrat. *Journal of Civil Engineering*, 20(3), 187-194.
- Mulyono, T. (2006). *Teknologi Beton*. Surabaya: Andi.
- Nukrirullah, M., Pathoni, H., & Wanda, A. (2022). Hubungan Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton dengan Serat Bambu dan Tusuk Gigi Sebagai Bahan Tambah. *Jurnal Teknik Sipil Universitas Jambi*, 11(1), 56-65.
- Standar Nasional Indonesia. (2000). *SNI 03-6468-2000 tentang Tata Cara Perencanaan Campuran Tinggi Dengan Semen Portland dengan Abu Terbang*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia. (2019). *SNI 2847:2019 tentang Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Sutandi, A., & Kushartomo, W. (2019). Pengaruh Ukuran Butiran Maksimum Terhadap Kuat Tekan Reactive Powder Concrete. *Jurnal Muara Sains, Teknologi, Kedokteran, dan Ilmu Kesehatan*, 3(1), 161-170.

- Tjokrodinuljo, K. (2007). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.
- Vitri, G., & Herman, H. (2019). Pemanfaatan Limbah Kelapa Sawit Sebagai Material Tambahan Beton. *Jurnal Teknik Sipil ITP*, 6(2), 78-87.
- Yusra, A., & Amir, A. (2016). Pengaruh Zat Tambah Abu Cangkang Sawit Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi. *Jurnal Teknik Sipil Fakultas Teknik*, 2(1), 29-36.