



BETON DENGAN CAMPURAN LIMBAH BATERAI PRIMER

Oleh

Dasa Aprisandi*¹, Muhamad Komarudin², Shifa Ainun Rahma³, Nawwaf Farras⁴, Amalia Naurah Patria⁵

^{1,2,3,4,5}Institut Sains dan Teknologi Nasional; Jurusan Teknik Sipil, Jakarta

e-mail: *¹dasa@istn.ac.id

Abstrak

Baterai primer bekas, yang kerap dibuang tanpa pengelolaan khusus, mengandung logam berat berbahaya seperti zinc dan mangan yang dapat mencemari lingkungan. Limbah baterai bekas dikumpulkan dari lingkungan kampus dan dicampurkan dalam beton instan mutu K-175. Penelitian ini bertujuan untuk mengolah limbah baterai primer bekas sebagai campuran beton non-struktural guna mengurangi dampak negatif limbah B3 terhadap lingkungan seperti dapat mengganggu keseimbangan mikroorganisme tanah, yang penting untuk kesuburan dan ekosistem serta dapat membahayakan organisme akuatik dan mengganggu rantai makanan. Metode penelitian menggunakan analisis deskriptif dengan mengambil data melalui pengumpulan bahan, pembuatan sampel beton dengan campuran baterai bekas, dan uji kuat tekan pada usia 7, 14, dan 28 hari. Hasil uji kuat tekan pada sampel benda uji kemudian dianalisis untuk mengetahui hasil penelitian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa beton dengan campuran limbah baterai tidak mencapai mutu K-175, namun memiliki potensi untuk aplikasi produk non-struktural seperti paving blok dan pot tanaman. Penelitian ini menekankan pentingnya pemanfaatan limbah berbahaya secara kreatif untuk mendukung pembangunan berkelanjutan, meskipun perlu penelitian lebih lanjut untuk meningkatkan mutu beton.

Kata Kunci: Beton, Baterai primer, Limbah B3

PENDAHULUAN

Perkembangan era digital semakin pesat. Kegiatan masyarakat banyak terbantu oleh perkembangan digital baik alat komunikasi, transaksi keuangan, dan media pembelajaran. Alat digital yang digunakan banyak yang menggunakan baterai primer sebagai sumber energi. Baterai tersebut mempunyai harga yang murah dan tersedia di toko terdekat dan memiliki umur pakai yang pendek.

Baterai primer bekas yang sudah tidak terpakai umumnya hanya dibuang begitu saja tanpa ada pengelolaan yang jelas. Masyarakat menganggap baterai bekas tersebut dapat disatukan dengan sampah lain seperti sampah organik maupun sampah plastik, padahal baterai bekas merupakan limbah B3 yang perlu pengelolaan dan pengolahan khusus.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021, limbah baterai termasuk B3 karena di dalamnya mengandung logam berat, sehingga memerlukan pengelolaan khusus agar tidak mencemari lingkungan. Pada baterai primer terkandung unsur Zinc-carbon, campuran MnO₂ (Mangan Dioksida), serbuk karbon, NH₄Cl (Ammonium Klorida), nikel, mercury, kadmium, dan silver. Bahan-bahan tersebut yang membuat baterai bekas termasuk dalam kategori limbah B3. Semua jenis logam tersebut jika masuk ke lingkungan akan menjadi micropolutan. Micropolutan adalah zat yang dapat menyebabkan kerusakan lingkungan yang menyebabkan daya urai rendah. Menurut ahli kesehatan keracunan logam dapat menyebabkan tekanan darah tinggi, kerusakan ginjal, kehilangan sel darah



merah, gangguan lambung, hingga kerapuhan tulang. Kadmium juga dianggap berbahaya karena elemen kadmium merupakan senyawa karsinogenik. Sedangkan merkuri dapat berefek pada kesehatan manusia, terutama berkaitan dengan sistem syaraf yang sangat sensitif.

Berdasarkan permasalahan tersebut, kami mengusulkan untuk mengolah limbah baterai primer bekas untuk dijadikan campuran beton non-struktural. Limbah baterai bekas dikumpulkan dari lingkungan kampus ISTN dan wilayah yang berada di sekitar kampus untuk dijadikan beton ramah lingkungan. Baterai primer bekas ini akan menyatu dengan material lain dan menjadi beton sehingga baterai bekas akan terproteksi dan tidak mencemari lingkungan dan tidak membahayakan masyarakat. Penggunaan baterai primer di lingkungan kampus ISTN dirasa cukup banyak, seperti untuk penggunaan alat elektronik, remote, maupun alat penerangan. Baterai yang sudah tidak terpakai tersebut dapat digunakan kembali sebagai bahan campuran beton non-struktural yang dapat dijadikan beton pracetak untuk sakuran air, penutup bak sampah, pengganjal roda kendaraan di tempat parkir, maupun con blok.

Pengolahan limbah baterai bekas ini memiliki manfaat yang besar. Dari segi akademis ini merupakan inovasi yang dapat dijadikan riset oleh dosen, mahasiswa dan laboran. Sedangkan dari sisi teknis, kegiatan ini merupakan upaya menjaga lingkungan dari tempat yang kecil yaitu kampus, serta berpartisipasi dalam mendukung *sustainable development goals*.

Beberapa hal yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah :

1. Mengetahui kuat tekan beton yang menggunakan campuran limbah baterai bekas untuk mutu beton K-175 .
2. Mengetahui penggunaan beton ramah lingkungan yang dicampur dengan limbah baterai bekas.

Penelitian sejenis yang telah dilakukan sebelumnya adalah :

1. Ledesma, E. A., et al. Tahun 2019. Penelitian ini memberikan wawasan tentang penggunaan limbah plastik dalam beton. Hasilnya menunjukkan bahwa penambahan limbah plastik dapat mengurangi berat beton dan meningkatkan sifat isolasi termal.
2. Xie, H., et al. Tahun 2020. Penelitian ini mengkaji penggunaan limbah industri sebagai bahan tambahan dalam beton. Hasilnya menunjukkan bahwa beton dengan bahan tambahan limbah dapat mengurangi jejak karbon dan meningkatkan daya tahan beton.
3. Mehta, P. K., & Monteiro, P. J. M. Tahun 2021. Studi ini menyelidiki pengaruh penggunaan bahan daur ulang dalam campuran beton. Ditemukan bahwa penggunaan agregat daur ulang tidak hanya mengurangi limbah, tetapi juga memberikan performa yang sebanding dengan beton konvensional.
4. Aslani, F., et al. tahun 2022, penelitian ini fokus pada pengembangan beton menggunakan material organik dan bahan alami. Hasil menunjukkan bahwa beton ini memiliki emisi CO₂ yang lebih rendah dan kekuatan yang memadai untuk aplikasi konstruksi.
5. Zhang, Y., et al. Tahun 2023. Penelitian ini menilai efek penggunaan pozzolan alami dalam beton. Hasilnya menunjukkan bahwa beton dengan pozzolan alami memiliki kinerja mekanik yang lebih baik dan lebih ramah lingkungan dibandingkan beton biasa.
6. Kabiraj Phuyal, Ujwal Sharma, James Mahar, Kunal Mondal, Mustafa Mashal. Tahun 2023. Penelitian ini mengembangkan beton ramah lingkungan menggunakan produk limbah seperti *precipitated calcium carbonate* (PCC) dan *upcycled recycled concrete aggregate* (UCA) untuk meningkatkan kekuatan tekan beton. Hasilnya menunjukkan bahwa penggunaan PCC hingga 30% dalam



campuran beton mampu mencapai kekuatan tekan optimal sebesar 28 Mpa.

7. Don State Technical University, tahun 2024. Penelitian ini menggunakan abu daun pisang (BLA) sebagai pengganti sebagian semen dalam beton, dengan kandungan BLA hingga 14%. Penggunaan 6% BLA memberikan hasil terbaik, dengan peningkatan kekuatan tekan sebesar 7,42%, kekuatan lentur sebesar 7,01%, dan penurunan absorpsi air hingga 9,28%, menjadikan beton ini lebih ramah lingkungan.
8. Ghinaya dan Masek. Tahun 2021. Penelitian ini mengevaluasi penggunaan berbagai limbah seperti sekam millet, abu sekam padi, dan botol plastik sebagai bahan pengganti sebagian agregat dalam beton. Beton dengan campuran abu sekam padi dan plastik menunjukkan peningkatan kekuatan mekanik yang signifikan, membuatnya cocok untuk beton ramah lingkungan di masa depan.

Penelitian sebelumnya telah melakukan pembuatan beton dengan campuran beberapa bahan, namun belum ada yang melakukan penelitian beton dengan campuran limbah baterai primer. Penelitian ini menggunakan beton instan dan campuran baterai primer bekas.

LANDASAN TEORI

1. Beton

Beton merupakan campuran semen portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan campuran tambahan (SNI 2847:2013, 2013). Beton merupakan material komposit. Disebut komposit karena terdiri dari media pengikat (pada umumnya campuran semen hidrolis dan air), agregat halus (pada umumnya pasir), dan agregat kasar (pada umumnya kerikil) dengan atau tanpa bahan tambahan/campuran (Bahar, 2005). Beton merupakan salah satu komponen struktur yang sangat dikenal di dunia teknik sipil. Beton biasa

digunakan pada struktur bangunan seperti gedung, bangunan air, jembatan, jalan, dll. Beton dipilih sebagai salah satu komponen struktur bangunan karena kekuatannya. Kuat tekan beton merupakan salah satu andalan utama bahan ini (Lie, 2017). Selain itu, beton memiliki kelebihan lain, yaitu tahan terhadap air, mudah dibentuk, dan mudah perawatannya. Kelebihan beton juga terdapat pada material penyusunnya yang relatif mudah didapat.

Selain kelebihan tersebut, beton juga memiliki kekurangan. Kekurangan beton yaitu sifatnya yang kaku dan kuat tarik yang lebih rendah dibanding kuat tekannya. Sifat kaku atau getas, mengakibatkan beton menjadi susah dibentuk ketika beton sudah mengeras, selain itu, beton yang terlalu getas tidak memberi tanda berupa retakan ketika akan mengalami kegagalan struktur atau runtuh. Beton yang sudah retak, kekuatannya akan berkurang dan sulit untuk diperbaiki.

Saat ini terdapat beberapa jenis beton yang dapat ditemui. Jenis-jenis beton tersebut digunakan berdasarkan fungsinya. Menurut Bahar (2005), jenis-jenis beton dan fungsinya diuraikan sebagai berikut:

1. Beton ringan memiliki berat jenis kurang dari 1.900 kg/m³. Beton ringan digunakan untuk elemen non-struktural. Beton ringan dibuat dengan cara membuat gelembung udara dalam adukan semen dan menggunakan agregat ringan (tanah liat bakar/batu apung) atau pembuatan beton non-pasir.
2. Beton normal memiliki berat jenis 2.200 – 2.500 kg/m³. Beton normal digunakan hampir pada setiap elemen struktur bangunan.
3. Beton berat memiliki berat jenis lebih dari 2.500 kg/m³. Beton berat digunakan untuk struktur tertentu, seperti struktur yang harus tahan terhadap radiasi atom.
4. Beton jenis lain merupakan beton yang digunakan untuk struktur yang memiliki persyaratan khusus, seperti: beton massa,



ferosemen, beton serat, beton siklop, beton hampa, beton ekspos, dll.

Selain itu, jenis-jenis beton berdasarkan kuat tekan dapat dikategorikan seperti di bawah ini:

1. Beton mutu rendah yaitu beton yang memiliki nilai kuat tekan di bawah 20 MPa. Beton mutu rendah biasa digunakan untuk struktur rumah tinggal.
2. Beton mutu sedang yaitu beton yang memiliki nilai kuat tekan 21 MPa hingga 40 MPa. Beton mutu sedang biasa digunakan untuk struktur bangunan bertingkat
3. Beton mutu tinggi yaitu beton yang memiliki nilai kuat tekan di atas 41 MPa. Beton mutu tinggi biasa digunakan pada bangunan pencakar langit atau High Rise Building

Kekuatan yang dihasilkan oleh beton bergantung pada beberapa faktor, antara lain: proporsi campuran, kondisi temperatur, dan kelembaban tempat beton akan mengeras (Pratikto, 2009). Proporsi campuran untuk adukan beton harus diperhitungkan dengan baik sesuai dengan metode yang digunakan. Pengujian bahan untuk campuran adukan beton juga harus sesuai dengan metode yang digunakan. Kondisi temperatur udara dan kelembaban tempat beton akan mengeras harus dikendalikan agar selama proses hidrasi beton tidak mengalami retak akibat panas hidrasi. Panas hidrasi adalah efek samping dari proses hidrasi yaitu berupa pelepasan panas/kalor dari reaksi hidrasi (Bahar, 2005). Kuat tekan pada beton juga dipengaruhi oleh faktor-faktor yang lain. Menurut Mustafid (2016), faktor-faktor tersebut dijelaskan dalam uraian berikut:

1. Faktor Air Semen (FAS)
2. Perbandingan campuran
3. Proses pembuatan dan quality control
4. Perawatan
5. Jenis semen
6. Susunan dan gradasi agregat
7. Umur beton

2. Beton Instant

Berbeda dengan beton konvensional, beton instan merupakan campuran beton siap pakai yang komposisinya terdiri dari semen, pasir, agregat serta aditif, yang diproses dengan pencampuran yang konsisten dan homogen menggunakan mesin. Pencampuran yang solid ini kemudian dikemas dalam bentuk sak yang praktis.



Gambar 1. Beton Instant

3. Baterai primer

Baterai primer adalah baterai yang hanya digunakan satu kali saja, dimana jenis baterai ini tidak dapat diisi ulang ketika daya yang ada pada baterai tersebut telah habis. Baterai primer ini terbuat dari sel-sel elektrokimia yang dapat digunakan sekali pakai, contoh baterai primer yang banyak digunakan adalah baterai alkaline. Baterai primer memiliki beberapa macam bentuk, diantaranya seperti sel koin dan baterai AA. Baterai primer selalu memiliki energi spesifik yang tinggi dengan sistem yang digunakan untuk mengkonsumsi daya yang rendah, sehingga baterai dapat bertahan sangat lama.



Gambar 2. Baterai Primer

4. Limbah B3 Zinc dan Mangan pada Baterai Primer

Pengertian limbah B3 berdasarkan Peraturan Pemerintah nomor 101 tahun 2014 adalah sisa suatu usaha atau kegiatan yang mengandung B3. Sedangkan limbah B3 adalah sisa suatu usaha atau kegiatan yang mengandung bahan berbahaya dan beracun yang karena sifat, konsentrasinya, dan jumlahnya baik secara langsung maupun tidak langsung dapat mencemarkan atau merusakkan lingkungan hidup, dapat mencemari dan merusakkan lingkungan hidup, dapat membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, kelangsungan hidup manusia serta makhluk hidup lain. Limbah B3 memiliki karakteristik mudah meledak, mudah terbakar, reaktif, beracun, infeksius, dan menyebabkan korosif. Dampak limbah B3 dari zinc dan mangan terhadap lingkungan adalah:

1. Pencemaran tanah, zinc dan mangan dari baterai bekas dapat larut ke dalam tanah melalui proses korosi jika dibuang sembarangan. Akumulasi logam ini di tanah dapat mengganggu keseimbangan mikroorganisme tanah, yang penting untuk kesuburan dan ekosistem.
2. Pencemaran air, ketika baterai bekas terpapar air hujan, logam seperti zinc dan mangan dapat larut dan masuk ke sumber air permukaan atau air tanah. Peningkatan kadar zinc atau mangan dalam air dapat membahayakan organisme akuatik dan mengganggu rantai makanan.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini membuat sampel percobaan terlebih dahulu, kemudian dilakukan dengan pengujian. Pengolahan data dilakukan dengan metode analisis dekriptif yang menjelaskan hasil dari eksperimen tersebut. Data yang telah dianalisis kemudian dijadikan suatu kesimpulan dan saran untuk penelitian berikutnya. Berikut adalah diagram alur dalam penelitian ini :



Gambar 3. Diagram Alur Persiapan

Persiapan yang dilakukan meliputi persiapan studi literatur, pengadaan alat dan bahan serta persiapan laboratorium.

Bahan yang dipersiapkan adalah :

1. Beton instan mutu K-175
2. Baterai primer bekas dan baru
3. Air

Alat yang akan digunakan adalah ;

1. Timbangan
2. Concrete mixer
3. Sekop
4. Sendok semen
5. Wadah besi
6. Ember
7. Gelas ukur
8. Cetakan silinder ukuran 15 cm x 30 cm
9. Cetakan kbus ukuran 15 cm x 15 cm
10. Alat uji slump



11. Alat uji kuat tekan beton
12. Meteran

Perencanaan Campuran

Campuran dalam pembuatan benda uji terdiri dari campuran beton normal dan campuran dengan baterai primer bekas dan baru. Campuran beton normal yaitu terdiri dari beton instant K-175 dengan air saja. Campuran beton dengan baterai primer terdiri dari beton instant, air dan baterai primer. Campuran beton normal disiapkan untuk membuat 3 buah benda uji. Campuran beton dengan baterai primer disiapkan untuk membuat 9 benda uji. Berikut perencanaan campuran yang akan dibuat benda uji.

Tabel 1. Campuran benda uji

No.	Benda Uji	Beton instant (kg)	Berat air (kg)	Baterai primer (kg)	Jumlah Benda Uji
1	Beton Normal	11	0,06	0	3
2	Beton 15 %	11	0,06	1,6	3
3	Beton 20 %	11	0,06	2,2	3
4	Beton 25 %	11	0,06	2,75	3

Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji sebanyak 12 buah dengan ukuran Silinder 150 mm x 300 mm. Langkah pembuatan benda uji adalah sebagai berikut:

1. Mempersiapkan bahan dan alat-alat yang akan digunakan untuk pembuatan benda uji.
2. Setelah bahan dan alat disiapkan serta rencana campuran beton telah dibuat, dilakukan penimbangan bahan-bahan sesuai proporsi yang telah ditentukan.
3. Mencampur bahan-bahan yang sudah ditimbang ke dalam molen, kemudian diaduk hingga wama adukan tampak rata dan kepekatan yang cukup (tidak terlalu cair dan tidak terlalu padat).
4. Untuk mengetahui kelecakan adukan, beton maka dilakukan pengukuran slump dengan kerucut abrams ϕ atas 10 cm, ϕ bawah 20 cm dan tinggi 30 cm, yang

dilengkapi tongkat penumbuk dari baja ϕ 16 mm. Pelaksanaan percobaan slump dilakukan dengan cara kerucut didesak kebawah pada penyokong-penyokong kakinya sambil diisi adukan beton, dibuat tiga lapis adukan dan tiap lapis ditumbuk sebanyak 25 kali. Bagian atas kerucut adukan diratakan dan didiamkan \pm 30 detik, kemudian kerucut abrams diangkat perlahan-lahan secara tegak lurus dan diletakan disamping adukan tersebut, selisih tinggi tersebut dinamakan slump. Slump yang diperoleh adalah 8 cm.

5. Masukkan beton tersebut kedalam cetakan silinder.
6. Setelah 24 jam maka beton dapat dikerluarkan dari cetakan.

Rawatan Benda Uji

Rawatan benda uji adalah upaya untuk menjaga agar permukaan beton selalu lembab. Kelembaban permukaan beton untuk menjaga proses hidrasi semen berlangsung dengan sempurna. Bila rawatan ini tidak dilakukan, akan terjadi retak-retak yang menyebabkan beton kurang kuat. Rawatan dilakukan dengan menutupi sampel yang baru dibuat dengan karung goni basah dan menjaga kelembabannya dengan cara membasahi atau menyirami terus menerus karung goni tersebut. Rawatan dilakukan paling sedikit selama 7 hari dan 14 Hari.

Pengujian Beton

Tahapan ini dilakukan pengujian beton yang mengacu pada SNI 03-2491-2002. Langkah pengujian kuat tekan beton adalah sebagai berikut:

1. Benda uji diletakan pada alas pembebanan mesin uji kuat desak beton.
2. Mesin uji desak dihidupkan, pembebanan akan diberikan berangsur-angsur, sehingga benda uji tersebut hancur pada beban maksimal, kemudian mesin dimatikan, besar beban dicatat sesuai jarum pembebanan.



Analisis Data dan Pembahasan

Tahapan ini dilakukan pengolahan data dari pengujian yang telah dilakukan dengan bantuan program Microsoft Excel, kemudian dilakukan pembahasan terkait hasil pengujian yang diperoleh.

Penarikan Kesimpulan

Tahapan ini merupakan tahapan terakhir dari penelitian ini. Dalam tahapan ini data yang sudah dianalisis dibuat suatu kesimpulan penelitian yang berhubungan dengan tujuan penelitian, selain itu dibuat juga saran- saran untuk penelitian selanjutnya.

Hasil Pengujian Sampel

Kekuatan beton setelah pengeringan dipengaruhi oleh sejumlah faktor. Berikut adalah beberapa faktor utama yang berperan dalam menentukan kekuatan beton:

1. Rasio Air terhadap Semen (W/C)
2. Rasio Rendah: Semakin rendah rasio air terhadap semen, semakin tinggi kekuatan beton. Terlalu banyak air dapat mengurangi kepadatan dan meningkatkan porositas beton.
3. Jenis Semen
4. Kualitas Semen: Jenis dan kualitas semen yang digunakan mempengaruhi reaksi hidrasi dan kekuatan akhir beton. Semen Portland adalah yang paling umum digunakan.
5. Agregat
6. Ukuran dan Gradasi: Ukuran dan gradasi agregat mempengaruhi kepadatan campuran beton. Agregat yang lebih kecil dapat meningkatkan kekuatan, tetapi agregat yang bervariasi dalam ukuran memberikan hasil yang lebih baik.
7. Kualitas Agregat: Agregat yang bersih dan bebas dari kotoran meningkatkan daya lekat dan kekuatan.
8. Pencampuran
9. Konsistensi Campuran: Pencampuran yang tidak merata dapat menyebabkan variasi dalam kekuatan. Campuran harus homogen.
10. Metode Pencampuran: Penggunaan mixer

yang tepat dan proses pencampuran yang efektif juga berkontribusi pada kualitas beton.

11. Pengujian dan Perawatan
12. Perawatan Beton: Perawatan yang baik setelah pencetakan, seperti menjaga kelembapan dan suhu, sangat penting untuk mencapai kekuatan maksimum. Kurangnya perawatan dapat menyebabkan retakan dan mengurangi kekuatan.
13. Waktu Pengeringan: Beton perlu waktu untuk mengeras dan mencapai kekuatan yang diinginkan. Pengeringan yang terlalu cepat dapat mengakibatkan keretakan.
14. Aditif
15. Penggunaan Aditif: Aditif seperti penghambat pengeringan atau pengeras dapat mempengaruhi kekuatan akhir beton. Aditif yang tepat dapat meningkatkan sifat tertentu beton.
16. Suhu dan Kelembapan Lingkungan
17. Suhu: Suhu yang tinggi dapat mempercepat proses pengeringan, tetapi juga dapat menyebabkan keretakan. Sebaliknya, suhu rendah dapat memperlambat pengeringan.
18. Kelembapan: Kelembapan lingkungan mempengaruhi penguapan air dari beton. Kelembapan yang cukup membantu dalam proses hidrasi.

Waktu Hidrasi

Durasi Hidrasi: Proses hidrasi semen berlangsung selama beberapa minggu. Semakin lama waktu hidrasi, semakin tinggi kekuatan beton yang dapat dicapai.

Kondisi Pekerjaan

Teknik Pekerjaan: Teknik penuangan dan pemadatan yang tepat memastikan bahwa tidak ada rongga udara yang terbentuk, yang dapat mempengaruhi kekuatan.

Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji menggunakan beton instan dengan campuran air dan baterai primer. Material tersebut dicampur bersamaan sesuai dengan takaran yang telah direncanakan sebelumnya. Benda uji yang dibuat sebanyak dua belas buah dengan menggunakan cetakan



silinder dan 3 buah menggunakan cetakan kubus yang akan dilakukan pengujian pada hari ke 7, 14 dan 28 hari.



Gambar 4. Sampel benda uji

Pengujian Benda Uji

Benda uji yang telah mengering kemudian dilakukan uji kuat tekan dengan menggunakan alat crushing test yang ada di laboratorium bahan beton ISTN.

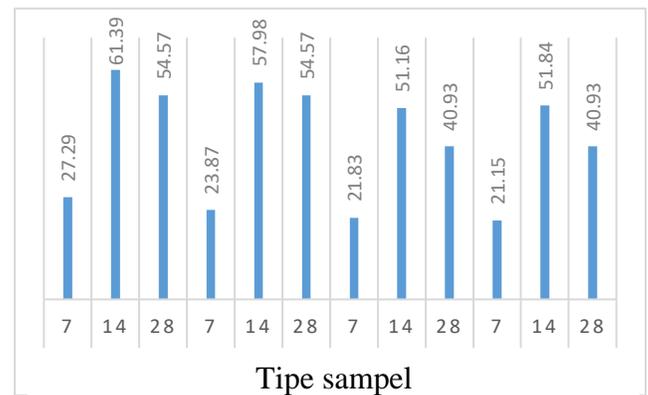
Pengujian kuat tekan berdasarkan umur pembuatan benda uji, yang terdiri dari 7 hari, 14 hari, dan 28 hari dengan masing-masing benda uji berjumlah 3 buah.



Gambar 5. Pengujian benda uji

Hasil Pengujian Benda Uji

Benda uji yang telah dilakukan pengujian kuat tekan beton menghasilkan nilai kuat tekan beton yang beragam. Nilai pengujian dapat dilihat pada lampiran 1. Berdasarkan nilai tersebut, untuk beton normal menggunakan beton instant dengan merek X tidak sesuai dengan spesifikasi yaitu mutu K-175. Beton yang menggunakan campuran baterai juga tidak ada yang mencapai mutu K-175. Ini menandakan bahwa penggunaan campuran baterai pada beton tidak menaikkan mutu beton. Hasil nilai kuat tekan dapat dilihat pada lampiran dan grafik dibawah ini.



Gambar 6. Nilai Kuat tekan



Gambar 7. Produk beton ramah lingkungan



PENUTUP

Kesimpulan

1. Baterai primer yang digunakan sebagai campuran beton tidak dapat menaikkan mutu beton.
2. Produk yang dapat dihasilkan dari beton dengan campuran baterai bekas adalah paving blok dan pot tanaman dengan menggunakan campuran baterai primer bekas sebanyak 15%. Pemilihan campuran ini dipilih karena menghasilkan kuat tekan yang lebih tinggi dari campuran lain.

Saran

Penelitian berikutnya dapat membuat beton ramah lingkungan dengan menggunakan material lain.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Andina Prima Putri, dkk. 2018. Analisis kuat tekan beton menggunakan substitusi bahan ramah lingkungan. *Journal Kajian Teknik Sipil*, Vol. 3 No. 2. <https://doi.org/10.52447/jkts.v3i2.1353>
- [2] Hendramawat, dkk. 2021. Beton ramah lingkungan dengan abu sekam padi sebagai pengganti sebagian semen pada era New Normal. *Jurnal Riset Rekayasa Sipil*, Vol. 4 No. 2. <https://doi.org/10.20961/jrrs.v4i2.42978>
- [3] Safarizki, Hendramawat Aski, & Ristanto, I. (2019). Kajian Kuat Tekan Papercrete Mutu Tinggi Dengan Bahan Tambah Limbah Keramik. *Jurnal Ilmiah Teknosains*. <https://doi.org/10.26877/jitek.v4i2.2947>
- [4] Meliyana, M., Rahmawati, C., & Handayani, L. (2019). Sintesis Silika Dari Abu Sekam Padi Dan Pengaruhnya Terhadap Karakteristik Bata Ringan. *Elkawanie*. <https://doi.org/10.22373/ekw.v5i2.5533>
- [5] Andika, R., & Safarizki, H. A. (2019). Pemanfaatan Limbah Cangkang Kerang Dara (Anadara Granosa) Sebagai Bahan Tambah Dan Komplemen Terhadap Kuat Tekan Beton Normal. *MoDuluS: Media Komunikasi Dunia Ilmu Sipil*. <https://doi.org/10.32585/modulus.v1i1.374>
- [6] Oktavia Kurnianingsih, dkk (2022). Pemanfaatan Limbah Botol Plastik dan Masker untuk Pembuatan Deker Saluran Beton Ramah Lingkungan di Desa Ngijo. *Jurnal Abdi Insani*. Vol.9 No.4 (2022). <https://doi.org/10.29303/abdiinsani.v9i4.746>
- [7] Johan Oberlyn, dkk (2021). Pengujian Kuat Tekan Beton Terhadap Penggunaan Cangkang Kemiri pada Beton Ramah Lingkungan. *Jurnal Darma Agung*. Vol.29 No.1. <http://dx.doi.org/10.46930/ojsuda.v29i2.942>
- [8] Aıtcin, P.-C. (2000). *Sustainable Development and Concrete Technology*. *Cement and Concrete Research*, 30(5), 691-698. DOI: 10.1016/S0008-8846(00)00329-2
- [9] Kumar, A., & Kumar, P. (2016). *Recycling of Waste Materials for Concrete Production*. *International Journal of Civil Engineering and Technology*, 7(3), 101-108. URL: http://www.iaeme.com/MasterAdmin/UploadFolder/IJCIET_07_03_012/IJCIET_07_03_012.pdf
- [10] Zhang, M.-H., & Malhotra, V. M. (2004). *High-Performance Concrete with Fly Ash*. *ACI Materials Journal*, 101(3), 234-240. URL: <https://www.concrete.org/publications/internationalconcreteabstractsportal.aspx?m=details&ID=100516>
- [11] Poon, C. S., & Chan, D. (2006). *The Use of Recycled Aggregate in Concrete*. *Construction and Building Materials*, 20(1), 1-10. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2005.01.002
- [12] Neville, A. M. (2010). *Properties of Concrete*. *Longman Scientific &*



Technical.

ISBN: 978-0137063020

- [13] Huang, Y., & Zhang, X. (2017). *Utilization of Waste Materials in Concrete: A Review. Sustainability*, 9(9), 1645.
DOI: 10.3390/su9091645
- [14] Wang, K., & Zhang, L. (2016). *Green Concrete: Properties, Applications, and Future Directions. Journal of Cleaner Production*, 112, 1960-1976.
DOI: 10.1016/j.jclepro.2015.07.079
- [15] González, J. A., & Martínez, B. (2018). *Sustainable Concrete: A Review of the Use of Recycled Aggregates. Materials*, 11(2), 223.
DOI: 10.3390/ma11020223
- [16] Reddy, B. V., & Gupta, S. (2016). "High-Strength Concrete with Alccofine and Fly Ash." *Materials Today: Proceedings*, 3(10), 4025-4031.