

PENGUATAN BALOK BETON MENGGUNAKAN BETON BERKEKUATAN TINGGI DALAM 3 (TIGA) HARI

Henry Baginda Polianus Sitorus, Johannes Tarigan, Nursyamsi

Universitas Sumatera Utara, Medan, Indonesia

Email: hendribaginda@gmail.com, johannes.tarigan@usu.ac.id, nursyamsi@usu.ac.id

INFO ARTIKEL

Diterima
15 Juni 20202
Direvisi
12 Juli 2022
Diterima
23 Juli 2022

Kata kunci:

Balok, Beton,
Perkuatan,
Polypropylene Fibres,
Strengthening

Keywords:

Beam, Concrete,
Reinforcement,
Polypropylene Fibres,
Strengthening

ABSTRAK

Setiap bangunan terdiri atas bagian-bagian yang memiliki fungsi tertentu, tidak terkecuali juga balok beton. Elemen yang satu ini sangat berguna untuk menyangga lantai yang terletak di atasnya. Tidak hanya itu, ternyata balok juga memiliki peran sebagai penyalur momen menuju ke bagian kolom pada bangunan yang sedang dibuat. Perkuatan struktur balok beton menggunakan beton mutu tinggi (*High Strength Concrete*) dengan komposisi campuran yaitu semen, *silica fume*, pasir silica, pasir, *fly ash*, *superplasticizer*, air dan *polypropylene fibres*. Didapatkan pertambahan kuat lentur beton yang semula 33,9 MPa menjadi 37,8 MPa dengan besar pertambahan 3,9 MPa dalam 3 hari, sehingga tergolong *early strength*.

ABSTRACT

Every building consists of parts that have a specific function, including concrete beams. This element is very useful for supporting the floor above it. Not only that, it turns out that the beam also has a role as a channel for moments to the column section of the building being built. Reinforcement of the concrete beam structure uses high strength concrete with a mixed composition of cement, silica fume, silica sand, sand, fly ash, superplasticizer, water and polypropylene fibres. There was an increase in the flexural strength of the concrete from 33.9 MPa to 37.8 MPa with a large increase of 3.9 MPa in 3 days, so it was classified as early strength.

Pendahuluan

Saat ini pemerintah sedang menggarap Proyek Strategis Nasional (PSN) yang mana proyek tersebut terbagi kedalam beberapa sektor dan program, seperti program jalan, pelabuhan, kereta api, bandar udara, bendungan, energi, listrik, dan telekomunikasi (Sujadi, 2018). Dari sifat yang dimiliki beton itulah pemerintah fokus

How to cite:

Sitorus, Henry Baginda Polianus, Johannes Tarigan, Nursyamsi (2022). Penguatan Balok Beton Menggunakan Beton Berkekuatan Tinggi Dalam 3 (Tiga) Hari, *Jurnal Syntax Admiration*, 3 (7).
<https://doi.org/10.46799/jsa.v3i7.455>

E-ISSN:

2721-2769

Published by:

Ridwan Institute

terhadap sektor infrastruktur menuntut adanya pengembangan teknologi yang inovatif, maju, dan berkesinambungan terutama pada teknologi konstruksi beton yang unggul dalam perilaku mekanis dan aplikasi di lapangan.

Dalam bidang konstruksi, beton merupakan salah satu material yang banyak digunakan (Tanubrata, 2015). Beton adalah bahan yang didapat dengan mencampurkan semen portland atau semen hidrolis yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat (Pane et al., 2015). Beton sebagai material digunakan secara luas dibidang konstruksi seperti bendungan, drainase perkotaan, gorong-gorong, jalan raya, bahkan hampir seluruh struktur konstruksi akan menggunakan beton, minimal dalam pekerjaan pondasi. Teknologi campuran bahan pada beton terus berkembang, yang mendasari pemilihan dan penggunaan beton sebagai bahan konstruksi adalah faktor efektifitas dan tingkat efisiensinya, bahan tambah (*additive*) beton terbuat dari bahan-bahan yang mudah diperoleh, mudah diolah (*workability*) dan mempunyai keawetan (*durability*) serta kekuatan (*strength*) yang sangat diperlukan dalam suatu konstruksi. Dari sifat yang dimiliki beton itulah menjadikan beton sebagai bahan alternatif untuk diteliti (SYINA, 2022). Pada perkembangan konstruksi beton modern, beton dituntut menjadi material konstruksi yang bermutu tinggi, di Australia, beton berkekuatan 200 MPa merupakan hal biasa, bahkan di China, dengan menggunakan agregat sintetik, telah ada beton hingga 300 MPa, sedangkan di Indonesia, beton dengan kekuatan di atas 50 MPa sudah digolongkan beton mutu tinggi (Nasution, 2021)..

Saat ini perkembangan beton kekuatan tinggi (*high strength concrete*) telah digunakan secara luas karena kelebihanannya secara teknis dan ekonomis. Material ini, ditandai dengan sifat mekanik dan daya tahan yang meningkat akibat penambahan bahan kimia dan mineral yang diproduksi dengan proses khusus. Sementara penggunaan dan definisi beton mutu tinggi telah melalui perkembangan yang bertahap dan berkesinambungan selama bertahun-tahun (Fatriady et al., 2022). Beton dengan kuat tekan 34 MPa telah terhitung sebagai beton mutu tinggi pada tahun 1950. Sementara pada tahun 1980, beton dengan kuat tekan diatas 41 MPa dikategorikan sebagai high strength concrete, menurut SNI 03-6468-2000, beton yang memiliki kuat tekan 41,4 MPa atau lebih, sedangkan menurut ACI 363 2010, beton yang memiliki kuat tekan 55 MPa atau lebih. Pada beton modern, bahan tambah mineral aktif seperti fly ash, silica fume, slag, dan lain sebagainya, telah menjadi komponen penting yang menyediakan beton dengan kekuatan tekan yang lebih tinggi, fluiditas tinggi, dan daya tahan yang lebih tinggi. Penggunaan fly ash telah diakui dalam beberapa tahun terakhir demi penghematan semen, pemanfaatan limbah industri, dan meningkatkan daya tahan bahan, terutama terhadap fly ash dengan kualitas dan stabilitas yang telah ditingkatkan.

Untuk beton kinerja tinggi (*high performance concrete*) memiliki sifat-sifat istimewa yang dirancang untuk memenuhi beberapa keuntungan dalam pelaksanaan struktur beton yang tidak selalu bisa dipenuhi oleh beton konvensional. HPC secara umum didefinisikan sebagai beton dengan kuat tekan 60 MPa sampai dengan 130 MPa (batas praktis untuk beton dengan agregat biasa). Menurut the strategic highway research programme (SHRP), HPC untuk pekerjaan harus memenuhi kriteria kekuatan ≥ 70 MPa, dengan faktor air semen (water-cement ratio) $\leq 0,35$ (Priatama, 2012).

Perkembangan beton mutu tinggi/ultra high performance concrete (UHPC) diawali pada tahun 1970an dengan studi pada pasta semen high strength dengan komposisi campuran menggunakan kadar air rendah yaitu Faktor Air Semen (w/cm) dari 0,20 s/d 0,3 dengan hasil kuat tekan 200 MPa, dengan pengembangan HRWR (high range water reducer)/superplasticizer dan silica fume pada tahun 1980an. UHPC terus diteliti, sebagai contoh tentang penggunaan material UHPC (Hardjasaputra et al., 2009), perbandingan penggunaan nanosilika komersil dan nanosilika alam (Jonbi et al, 2013), penggunaan dosis super plasticizer (Chu dan Kwan, 2019) dan perbandingan campuran material dengan beberapa variasi dan metode campuran (Mendonca et al, 2019). Penggunaan UHPC secara komersil dimulai pada tahun 1990an di Eropa dan selanjutnya berkembang diseluruh dunia. (Nasution, 2021).

Di Canada, pertama kali penggunaan UHPC untuk konstruksi jembatan pada tahun 1997, di Amerika Serikat untuk infrastruktur jalan raya tahun 2001 dan bekerjasama dengan departemen transportasi tahun 2002, Perancis merekomendasikan UHPC tahun 2002 dan di Jerman mulai tahun 2005, selanjutnya beberapa negara menggunakan UHPC untuk konstruksi jembatan, seperti Australia, Austria, Kroasia, Italia, Jepang, Malaysia, Belanda, Selandia Baru, Slovenia, Korea Selatan dan Swiss. (U.S. Department of Transportation, 2013)

Setiap bangunan terdiri atas bagian-bagian yang memiliki fungsi tertentu, tidak terkecuali juga balok beton. Elemen yang satu ini sangat berguna untuk menyangga lantai yang terletak di atasnya. Tidak hanya itu, ternyata balok juga memiliki peran sebagai penyalur momen menuju ke bagian kolom pada bangunan yang sedang dibuat (Adhyaksa, 2021). Perkuatan struktur balok beton normal menggunakan beton mutu tinggi.

Beton adalah campuran semen portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan campuran tambahan (*admixture*), berat beton normal tipikal memiliki kepadatan (berat jenis) antara 2155 dan 2560 kg/m³, dan normalnya diambil nilai sebesar 2320 hingga 2400 kg/m³ dengan batas minimum kuat tekan beton struktur 21 MPa (SNI 2847, 2019). Menurut ACI 363R (2010), Beton Mutu Tinggi (*High Strength Concrete*) adalah beton yang memiliki kuat tekan ≥ 8000 psi (55 MPa), nilai 8000 psi (55 MPa) dipilih karena mewakili tingkat kekuatan yang istimewa. Seiring kemajuan dan perkembangan teknologi, penggunaan beton dengan kuat tekan semakin tinggi, kemungkinan definisi *High Strength Concrete* akan terus direvisi (Nasution, 2021).

Daya tahan dari bahan memiliki peran penting dalam infrastruktur beton secara berkelanjutan. Oleh karena itu, efek samping limbah industri pada daya tahan harus dikendalikan. ECC diidentifikasi sebagai kandidat untuk penghijauan material dengan tujuan meningkatkan keberlanjutan secara keseluruhan. ECC adalah *high performance fiber reinforced cementitious composite* (HPFRCC) yang dirancang untuk menahan kekuatan tarik dan geser yang besar sambil tetap kompatibel dengan beton biasa dalam hampir semua hal seperti kekuatan tekan dan suhu. ECC merupakan kelas unik yang terbaru dari komposit semen yang diperkuat serat kinerja tinggi (HPFRCC)

dengan keuletan yang tinggi dan menggunakan serat yang sedang. ECC adalah material yang tersusun dari komposit semen dan serat pendek secara acak dengan volume sekitar 2%. Sifat mekanikal yang dimiliki ECC dipengaruhi dengan type geometric, volume penyusun yang digunakan, dan karakteristik yang dimiliki fiber (Tuanakotta, 2018).

Metode Penelitian

Pada penelitian ini digunakan SNI 03-2834-2000 (Badan Standarisasi Nasional, 2000) sebagai acuan perencanaan campuran balok beton normal dengan $f_c' = 30$ MPa dan $f_s' = 45$ MPa. Perencanaan campuran balok beton dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Menentukan kekuatan tekan yang ditargetkan.
2. Menentukan jenis semen yang digunakan.
3. Menentukan jenis agregat kasar dan agregat halus yang digunakan, agregat yang digunakan dapat berupa agregat yang dipecah atau tidak dipecah.
4. Menetapkan faktor air semen yang digunakan.
5. Menetapkan slump agar diperoleh beton yang mudah dituangkan dan diratakan,
6. Menentukan ukuran agregat maksimum yang digunakan.
7. Menentukan nilai kadar air bebas, seperti pada tabel 1 di bawah ini:

Tabel 1

Perkiraan Kadar Air Bebas untuk campuran beton (SNI 03-2834-2000)

Diameter maksimum	Agregat	Slump			
		0-1 cm	1-3 cm	3-6 cm	6-18 cm
	Jenis	Kaku	Kental	Sedang	Encer
10	Tidak Pecah	150	180	205	225
	Pecah	180	205	230	250
20	Tidak Pecah	135	160	180	195
	Pecah	170	190	210	225
40	Tidak Pecah	115	140	160	175
	Pecah	155	175	190	205

8. Menghitung kebutuhan semen yang besarnya adalah kadar air bebas dibagi dengan faktor air semen yang telah ditetapkan,
9. Jumlah maksimum semen jika tidak ditetapkan dapat diabaikan
10. Menentukan jumlah semen minimum sesuai dengan Tabel 2 dibawah ini:

Tabel 2

Persyaratan jumlah semen minimum (SNI 03-2834-2000)

Lokasi	Jumlah semen minimum per m ³ Beton (kg)	Nilai FAS Mak
Beton dalam Ruang Bangunan		
a. Keadaan keliling non korosif	275	0,60
b. Keadaan keliling korosif yang disebabkan	325	0,52

oleh kondensi atau uap korosif		
Beton dilaur ruangan		
a. Tidak terlindungi dari hujan dan Teknik matahari langsung	325	0,60
b. Terlindungi dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,60

11. Menentukan susunan butir agregat halus,
12. Menentukan persentase pasir
13. Menghitung berat jenis relatif agregat dengan cara :

$$\text{Berat jenis agregat gabungan} = (\text{persentase agregat halus} \times \text{berat jenis agregat halus}) + (\text{persentase agregat kasar} \times \text{berat jenis agregat kasar}),$$
14. Menentukan berat isi beton
15. Menghitung kadar agregat gabungan yang besarnya adalah berat jenis beton dikurangi jumlah kadar semen dan kadar air bebas.
16. Menghitung kadar agregat halus yang besarnya adalah hasil kali persen pasir dengan kadar agregat gabungan.
17. Menghitung kadar agregat kasar yang besarnya adalah kadar agregat gabungan dikurangi dengan kadar agregat halus.
18. Setelah itu sudah didapatkan proporsi campuran untuk balok beton.

Penelitian dilakukan dengan eksperimen di Laboratorium Struktur dan Laboratorium Bahan dan Rekayasa Beton Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara. Penelitian diawali dengan studi pustaka dan dilanjutkan dengan penyiapan material penelitian hingga penelitian selesai untuk ditarik kesimpulan. Adapun tahapan penelitian secara rinci adalah:

1. Persiapan alat dan bahan penelitian.
2. Perencanaan komposisi campuran.
3. Pembuatan campuran beton (*mixing*).
4. Pemeriksaan slump,
5. Pencetakan
6. Perawatan
7. Pemeriksaan berat volume benda uji
8. Pengujian,
9. Menganalisa data hasil pengujian yang telah dilakukan
10. Membuat kesimpulan terhadap hasil penelitian.

Setelah dilakukan pengecekan terhadap ketersediaan peralatan dan memenuhi persyaratan di atas, serta penyediaan material yang dibutuhkan sudah tersedia, maka selanjutnya dilakukan pengecoran benda uji balok beton normal uk. 15x15x60 cm³ dengan umur beton 28 (dua puluh delapan) hari.

Selanjutnya setelah benda uji balok beton selesai dibuat, maka dihitung mix design perkuatan balok beton dengan tebal 2 cm pada 1 sisi balok (uk. 2x15x60 cm³) yang dapat dilihat pada tabel 3 di bawah ini:

Tabel 3
Mix Design Perkuatan

Material	Komposisi Campuran Beton
Semen	37.89%
<i>Silica Fume</i>	8.11%
Air	9.34%
Pasir Silika	8.11%
Pasir	31.21%
<i>Fly Ash</i>	3.47%
<i>Super Plasticizer</i>	1.69%
<i>Polypropylene Fiber</i>	0.2%
w/c	0.25
w/b	0.22

Bahan – bahan campuran high strength concrete (ACI Committee 363, 2010) yaitu:

1. Semen

Semen Portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen portland terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain (Nasional, 2004).

2. *Silica Fume*

Silica fume merupakan serbuk halus yang terdiri dari amorphous microsphere dengan diameter berkisar antara 0,1-1,0 micron meter, berperan penting terhadap pengaruh sifat kimia dan mekanik beton. Ditinjau dari sifat mekanik, secara geometrikal *silica fume* mengisi rongga-rongga di antara bahan semen (*grain of cement*), dan mengakibatkan *pore size distribution* (diameter pori) mengecil serta total volume pori juga berkurang (Subakti, 1995).

3. Pasir Silika

Silika mineral adalah senyawa yang banyak ditemui dalam bahan tambang/galian yang berupa mineral seperti pasir kuarsa, granit, dan *fledsfar* yang mengandung kristal-kristal silika (SiO₂). Silika mengandung senyawa pengotor yang terbawa selama proses pengendapan, sebelum digunakan sebagai bahan campuran beton harus di kontrol dengan melakukan pengujian kandungan lumpur di dalam pasir silika (Adi, 2018).

4. Pasir

Agregat halus berupa pasir, adalah agregat yang semua butir melalui ayakan 4,80 mm,

5. *Fly Ash*

Secara umum, *Fly Ash* merupakan material sisa atau pengotor dari batu bara yang tidak habis terbakar. *Fly Ash* berbentuk butiran halus, memiliki sifat

pozolanic yang keluar dari tungku pembakaran. *Fly Ash* banyak ditemukan dari sisa pembakaran Pusat Listrik Tenaga Uap (PLTU) dan Boiler kayu

6. *Super Plasticizer*

Super Plasticizer adalah *admixture* (bahan tambah) didefinisikan sebagai material selain air, agregat, semen dan fiber yang digunakan dalam campuran beton atau mortar, yang ditambahkan dalam adukan segera sebelum atau selama pengadukan dilakukan (ACI Committee 363, 2005).

7. *Polypropylene Fibres*

Polypropylene Fibre merupakan senyawa hidrokarbon dengan rumus kimia C_3H_6 yang berupa mikro monofilamen ataupun jaringan serabut tipis berbentuk jala yang berkualitas tinggi dengan ukuran panjang antara 6 mm – 50 mm dan diameter 90 mm,

8. Air

Hampir semua air alami yang dapat diminum dan tidak berasa atau bau dapat digunakan sebagai bahan campuran untuk membuat beton. Meskipun kelebihan air dalam proses pencampuran dapat mempengaruhi waktu proses, kekuatan beton, dan stabilitas volume, dan mungkin saja mengakibatkan perubahan warna pada beton dan korosi pada tulangan. Garam dan kandungan merugikan lainnya bisa saja ditemukan dalam campuran air. Kandungan-kandungan seperti ini harus diperhitungkan dalam proses pembuatan beton. ASTM C1602M mengizinkan penggunaan air minum untuk campuran tanpa diuji terlebih dahulu, termasuk metode untuk menentukan sumber air yang tidak dapat diminum, seperti dari hasil pengoperasian produksi beton, dengan pertimbangan waktu setting dan kekuatan. Frekuensi pengujian harus ditetapkan untuk memastikan pengawasan secara berkala terhadap kualitas air. ASTM C1602M juga menjelaskan batas opsional untuk kandungan klorida, sulfat, alkali, dan zat padat untuk air pencampur (Anggreini, 2020).

Pada penelitian ini dilakukan kontrol slump test dan kuat tekan beton untuk meninjau kelecakan (*workability*) serta kekuatan tekan beton. Benda uji beton yang digunakan merupakan silinder dengan ukuran diameter 10 cm dan tinggi 20 cm. Selanjutnya perkuatan balok beton dilakukan pada 1 sisi balok dengan sisi balok beton tersebut dipahat, kemudian dilakukan pengecoran setebal 2 cm.

Hasil dan Pembahasan

Sebelum dilakukan pengecoran ke salah satu sisi balok diambil nilai *slump* tesnya. Nilai *slump test* disajikan pada Tabel 4 di bawah ini :

Tabel 4
Nilai Slump Flow

No	Sampe l	Slump Flow (cm)	Slump Flow Rata-rata (cm)
1	PP 1	17	16,50
2	PP 2	16	
3	PP 3	16,5	

Analisis pengujian kuat tekan beton dilakukan dengan benda uji berbentuk silinder diameter 100 mm dan tinggi 200 mm, berdasarkan Metode Pengujian Kuat Tekan Beton (2011, 2011) dan disajikan dalam tabel 5 sebagai berikut:

Tabel 5
Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

No	Umur Beton (hari)	Sampel	Berat Sampel (g)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata- rata (MPa)
1	1	PP.1	3636	40.76	40.76
2		PP.2	3687	38.22	
3		PP.3	3702	43.31	

Untuk mengetahui kekuatan lentur beton normal dan setelah beton diperkuat, maka dilakukan Uji Kuat Lentur Beton sesuai SNI 4431:2011 (2011, 2011) dengan hasil dapat dilihat pada tabel 6 di bawah ini:

Tabel 6
Kuat Lentur Balok Beton

No	Benda Uji	Kuat Lentur Rata-Rata (MPa)
1	Balok Normal	33.9
2	Balok diperkuat	37.8

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dengan penggunaan beton mutu tinggi (*High Strength Concrete*) sebagai perkuatan balok beton dengan campuran perkuatan beton yaitu semen, silica fume, pasir silica, pasir, fly ash, superplastisier, air dan polypropylene fibres, mengalami pertambahan kuat lentur beton yang semula 33,9 MPa menjadi 37,8 MPa dalam 3 hari.

Dari hal tersebut maka dapat ditarik kesimpulan bahwasanya perkuatan balok beton menggunakan beton mutu tinggi (*High Strength Concrete*) mengalami pertambahan kuat lentur beton sebesar 3,9 MPa dalam 3 (tiga) hari setelah diperkuat pada balok beton normal dalam kondisi umum umur beton 28 (dua puluh delapan) hari atau lebih, sehingga tergolong *early strength*.

BIBLIOGRAFI

- 2011, S. N. I. 1974: (2011). Cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder. *Badan Stand. Nas. Indones.*, 20.
- ACI Committee 363. (2005). High-Strength Concrete (ACI 363R). *Symposium Paper*, 228.
- Adhyaksa. (2021). Pengertian dari Balok Beton untuk Bangunan.
- Adi, A. S. (2018). Analisa Penggunaan Pasir Silika sebagai Pengganti Agregat Halus pada Campuran Beton. *Jurnal Riset Pembangunan*, 1(1), 36–47. [Google Scholar](#)
- Anggreini, P. A. (2020). *Evaluasi Desain Struktur Balok Dan Kolom Gedung Sekolah MTS Darul Ulum Kab. Kotabaru Dengan SNI 2847: 2019*. Universitas Islam Kalimantan MAB. [Google Scholar](#)
- Fatriady, M. R., Rachman, M. R., Jamal, M., Muliawan, I. W., Mustika, W., & Mabui, D. S. S. (2022). *Teknologi Bangunan dan Material*. TOHAR MEDIA. [Google Scholar](#)
- Hardjasaputra, H., Tirtawijaya, J., & Tandaju, G. S. (2009). Ultra High Performance Concrete-Beton Generasi Baru berbasis Teknologi Nano. *Universitas Pelita Harapan*. [Google Scholar](#)
- Nasional, B. S. (2004). *Semen Portland*. SNI 15-2049-2004, Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Nasution, A. K. (2021). Sifat Mekanik High Strength Concrete dengan Menggunakan Pp Fibre dan Abu Vulkanik Gunung Sinabung. [Google Scholar](#)
- Pane, F. P., Tanudjaja, H., & Windah, R. S. (2015). Pengujian kuat tarik lentur beton dengan variasi kuat tekan beton. *Jurnal Sipil Statik*, 3(5). [Google Scholar](#)
- Priatama, A. (2012). Pengaruh Kadar Fly Ash sebagai Pengganti sebagian Semen terhadap Kuat Tarik Belah dan Modulus of Rupture pada High Volume Fly Ash–Self Compacting Concrete. [Google Scholar](#)
- Subakti, A. (1995). Teknologi beton dalam praktek. *Surabaya: ITS*. [Google Scholar](#)
- Sujadi, S. (2018). Kajian tentang pembangunan proyek strategis nasional (PSN) dan Keadilan Sosial (Perspektif Hukum Pancasila). *Jurnal Hukum Lingkungan Indonesia*, 4(2), 1–24. [Google Scholar](#)
- Syina, I. (2022). Analisis Dan Pengaruh Kuat Tarik Belah Beton Dengan Menggunakan Bahan Tambah Abu Tempurung Kelapa (Studi Penelitian). [Google Scholar](#)
- Tanubrata, M. (2015). Bahan-bahan konstruksi dalam konteks teknik sipil. *Jurnal*

Teknik Sipil, 11(2), 132–154. [Google Scholar](#)

Tuanakotta, A. (2018). *Mix Desain Engineered Cementitious Composite (ECC) Dengan Menggunakan Artificial Neural Network (ANN)*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. [Google Scholar](#)

Copyright holder :

Henry Baginda Polianus Sitorus, Johannes Tarigan dan Nursyamsi (2022)

First publication right :

Jurnal Syntax Admiration

This article is licensed under:

