

KUAT TEKAN BETON MENGGUNAKAN *NANO PORTLAND COMPOSITE CEMENT* (NPCC) SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN SEMEN DAN *SUPERPLASTICIZER* UNTUK BANGUNAN GEDUNG BERTINGKAT

Fadia Amanda Putri; Ir. Suhendro Trinugroho, M.T.

Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta

ABSTRAK

Beton merupakan material konstruksi yang banyak digunakan karena memiliki kekuatan tekan yang baik, ekonomis, dan mudah dibentuk. Namun, beton masih memiliki kelemahan berupa porositas yang dapat menurunkan kuat tekan. Salah satu upaya untuk meningkatkan kualitas beton adalah dengan penggunaan nano material dan bahan tambah kimia berupa superplasticizer. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan *Nano Portland Composite Cement* (NPCC) sebagai pengganti sebagian semen *Portland Composite Cement* (PCC) dan penambahan superplasticizer terhadap kuat tekan beton mutu rencana f_c 25 MPa. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk memperoleh komposisi campuran yang paling optimal serta mengevaluasi kelayakan penggunaannya pada bangunan gedung bertingkat. Metode penelitian dilakukan secara eksperimental dengan menggunakan semen PCC *Dynamix Extra Power* yang dihaluskan menjadi nano semen menggunakan mesin *tumbler ball mill*. Variasi campuran terdiri atas penggantian semen PCC dengan NPCC sebesar 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100%, serta penggunaan superplasticizer sebesar 0,9%. Benda uji berupa silinder beton dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm yang dirawat selama 28 hari. Hasil yang diharapkan dari penelitian ini adalah diperolehnya karakteristik NPCC yang lebih baik dibandingkan PCC, peningkatan kuat tekan beton akibat penggunaan NPCC dan *superplasticizer*, serta diperolehnya komposisi campuran optimum yang memenuhi persyaratan beton untuk bangunan gedung bertingkat. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan teknologi beton melalui pemanfaatan nano material guna menghasilkan beton dengan kekuatan dan kinerja yang lebih baik.

Kata Kunci: Beton, Gedung bertingkat, Kuat tekan., *Nano Portland Composite Cement* (NPCC), *Portland Composite Cement* (PCC), *Superplasticizer*.

ABSTRACT

Concrete is a widely used construction material because it has good compressive strength, is economical, and is easy to shape. However, concrete still has weaknesses in the form of porosity which can reduce compressive strength. One effort to improve the quality of concrete is by using nano materials and chemical additives in the form of superplasticizers. This study aims to determine the effect of using *Nano Portland Composite Cement* (NPCC) as a partial replacement of *Portland Composite Cement* (PCC) and the addition of superplasticizers on the compressive strength of concrete with a design quality of f_c 25 MPa. In addition, this study also aims to obtain the most optimal mixture composition and evaluate the feasibility of its use in high-rise buildings. The research method was carried out experimentally using PCC *Dynamix Extra Power* cement which was ground into nano cement using a *tumbler ball mill* machine. Mixture variations consisted of replacing PCC cement with NPCC at 0%, 25%, 50%, 75%, and 100%, as well as the use of superplasticizer at 0.9%. The test object was a concrete cylinder with a diameter of 15 cm and a height of 30 cm which was cured for 28 days. The expected results of this study are obtaining better NPCC characteristics compared to PCC, increasing the compressive strength of concrete due to the use of NPCC and superplasticizer, and obtaining an optimum mixture composition that meets the requirements of concrete for high-rise buildings. This research is expected to contribute to the development of concrete technology through the use of nano materials to produce concrete with better strength and performance.

Keywords: *Concrete, High-rise buildings, Compressive strength, Nano Portland Composite Cement (NPCC), Portland Composite Cement (PCC), Superplasticizer.*

1. PENDAHULUAN

Beton merupakan material yang memiliki kekuatan tekan yang cukup memadai, mudah dibentuk, mudah diproduksi secara lokal, relatif kaku dan ekonomis (Pujianto, 2010). Namun, beton juga memiliki banyak keterbatasan dalam proses produksi dan sifat-sifat mekaniknya, sehingga beton hanya digunakan pada konstruksi dengan ukuran kecil dan menengah. Dengan berjalannya waktu, beton sudah banyak dikembangkan dengan berbagai jenis bahan tambahan atau *admixture* dan *additives* sebagai bahan campuran beton, terutama *water reducer* atau *plasticizer* dan *superplasticizer*. Penggunaan bahan campuran tersebut merupakan salah satu solusi yang cukup potensial untuk meningkatkan kualitas beton. Ketersediaan sumber daya air yang akhir-akhir ini cukup mengkhawatirkan karena jumlah penggunaan pada beberapa wilayah telah melebihi batas sumber daya alam terbarukan tersebut menjadikan salah satu alasan dibutuhkan solusi pengurangan penggunaan air pada proses pembuatan beton (Arifin et al., 2024).

Kuat tekan beton dapat dipengaruhi oleh porositas. Semakin besar porositasnya, maka kuat tekan beton tersebut akan semakin kecil, dan juga sebaliknya. Nilai besar kecilnya porositas dapat dipengaruhi oleh besar kecilnya faktor air semen yang digunakan. Semakin besar nilai faktor air semen maka porositasnya akan semakin besar, dan juga sebaliknya. Beton yang memiliki kuat tekan tinggi memiliki nilai faktor air semen yang rendah, tetapi jika nilai faktor air semen terlalu kecil maka pengerjaan beton akan cukup sulit dilakukan, sehingga pada proses pemadatannya tidak dapat maksimal dan dapat menyebabkan beton menjadi keropos. Hal tersebut menyebabkan menurunnya nilai kuat tekan beton (Pujianto, 2010). Oleh karena itu, penggunaan *superplasticizer* adalah jawaban dari masalah - masalah tersebut. *Superplasticizer* memiliki sifat yang mengurangi penggunaan air yang mengakibatkan nilai faktor air semen dapat lebih kecil, tetapi tetap mudah pada pengerjaannya.

2. METODE

Metode penelitian yang digunakan yaitu menggunakan metode kuantitatif, dengan melakukan eksperimen penelitian pada Laboratorium Bahan Konstruksi Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta. Alatm, bahan, dan langkah-langkah yang digunakan adalah:

Alat yang digunakan yaitu gelas ukur, loyang, *vicat apparatus*, timbangan skala 1 gram, timbangan skala 5 gram, kerucut *conus* dan tongkat baja Ø16 mm, *hellige tester*, *picnometer*, semprotan, *oven*, cetok, *los angeles*, *sieve shaker*, satu set saringan, *concrete mixer*, kerucut *abram's* dan tongkat baja, plat datar, *bekisting*, penggaris, *universal testing machine*, *tumbler ball mill*, *vibrator concrete*, dan peralatan lainnya.

Bahan yang digunakan yaitu air, semen PCC (*Portland Composite Cement*) *Dynamix Extra Power*, abu batu, *superplasticizer* produk SIKA *Concrete* dari PT Sika Indonesia, agregat kasar, *Nano Portland*

Composite Cement yang didapat melalui proses penghalusan semen PCC selama 40 jam menggunakan alat *tumbler ball mill*.

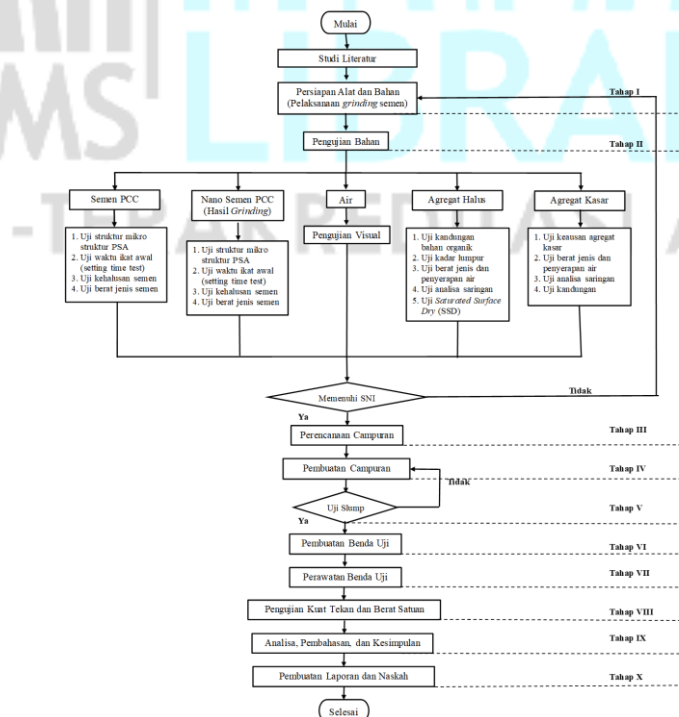
Tahapan penelitian yaitu tahap pertama studi literatur, tahap kedua persiapan alat dan bahan yang diperlukan, tahap ketiga melakukan pengujian bahan, tahap keempat merencanakan campuran beton, tahap kelima membuat campuran beton, tahap keenam membuat benda uji dan pengujian *slump test*, tahap ketujuh melakukan perawatan benda uji, tahap kedelapan melakukan pengujian berat satuan, kembang susut, dan kuat tekan benda uji, tahap kesembilan menganalisis data dan kesimpulan, tahap kesepuluh menyusun laporan.

Perancangan campuran beton dilaksanakan sesuai dengan SNI 7656:2012 dengan rencana mutu kuat tekan beton f'_c 25 MPa.

Tabel 1. Perencanaan campuran beton

Komposisi	Air	PCC	NPCC	Superplasticizer	Agregat halus	Agregat kasar	
						< 1 cm (5/6)	< 2 cm (1/6)
PCC : NPCC : SP	(kg)	(kg)	(kg)	(ml/kg)	(kg)	(kg)	(kg)
99,1% : 0% : 0,9%	2,39	4,67	0	7,25	6,24	11,71	2,34
74,3% : 24,8% : 0,9%	2,39	3,5	1,17	7,25	6,24	11,71	2,34
49,5% : 49,5% : 0,9%	2,39	2,33	2,33	7,25	6,24	11,71	2,34
24,8% : 74,3% : 0,9%	2,39	1,17	3,5	7,25	6,24	11,71	2,34
0% : 99,1% : 0,9%	2,39	0	4,67	7,25	6,24	11,71	2,34

Benda uji yang dibuat berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Perawatan benda uji dengan cara disiram selama umur 28 hari. Pengujian benda uji dilakukan dengan alat *Universal Testing Machine* (UTM).



Gambar 1. Alur bagan penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Perencanaan Komposisi Campuran Beton

Perancangan campuran beton dalam penelitian ini menggunakan metode Standar Nasional Indonesia (SNI) berdasarkan beberapa hasil percobaan yang telah dilakukan. Rancangan campuran dibuat untuk $f_c' = 25$ MPa.

Tabel 2. Perencanaan beton (kg) PCC dan NPCC tanpa SP

Bahan (kg)	Komposisi PCC : NPCC				
	100% : 0%	75% : 25%	50% : 50%	25% : 75%	0% : 100%
	Campuran ke				
	1	2	3	4	5
Air	2,39	2,39	2,39	2,39	2,39
Semen PCC	4,67	3,5	2,33	1,17	0
Nano PCC	0	1,17	2,33	3,5	4,67
Agregat halus	6,24	6,24	6,24	6,24	6,24
Agregat kasar	14,05				
< 1 cm (5/6)	11,71	11,71	11,71	11,71	11,71
< 2 cm (1/6)	2,34	2,34	2,34	2,34	2,34

Tabel 3. Perencanaan beton (kg) PCC dan NPCC dengan SP

Bahan (kg)	Komposisi PCC : NPCC				
	100% : 0%	75% : 25%	50% : 50%	25% : 75%	0% : 100%
	Campuran ke				
	1	2	3	4	5
Air	2,39	2,39	2,39	2,39	2,39
Semen PCC	4,67	3,5	2,33	1,17	0
Nano PCC	0	1,17	2,33	3,5	4,67
Agregat halus	6,24	6,24	6,24	6,24	6,24
Agregat kasar	14,05				
< 1 cm (5/6)	11,71	11,71	11,71	11,71	11,71
< 2 cm (1/6)	2,34	2,34	2,34	2,34	2,34
SP (7,25 ml/kg semen)	33,86	33,86	33,86	33,86	33,86

Berdasarkan tabel 2 dan tabel 3, diperoleh bahwa kebutuhan material untuk setiap variasi campuran beton tanpa penambahan *superplasticizer*. Benda uji 1 dan 2 menggunakan 4,67 kg semen PCC dan 0 kg NPCC. Benda uji 3 dan 4 menggunakan 3,5 kg semen PCC serta 1,17 kg NPCC. Pada benda uji 5 dan 6 digunakan 2,33 kg semen PCC dan 2,33 kg NPCC. Selanjutnya, benda uji 7 dan 8 menggunakan 1,17 kg semen PCC dan 3,5 kg NPCC. Sementara itu, benda uji 9 dan 10 memakai 0 kg semen PCC dan 4,67 kg NPCC.

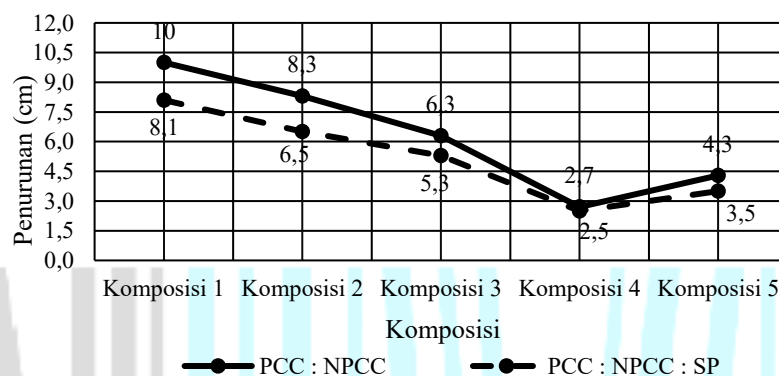
Kebutuhan material untuk setiap variasi campuran beton dengan penambahan *superplasticizer* sebesar 7,25 ml/kg semen. Benda uji 1 dan 2 menggunakan 4,67 kg semen PCC dan 0 kg NPCC. Benda uji 3 dan 4 menggunakan 3,5 kg semen PCC serta 1,17 kg NPCC. Pada benda uji 5 dan 6 digunakan 2,33 kg semen PCC dan 2,33 kg NS-PCC. Selanjutnya, benda uji 7 dan 8 menggunakan 1,17 kg semen PCC dan 3,5 kg NPCC. Sementara itu, benda uji 9 dan 10 memakai 0 kg semen PCC dan 4,67 kg NPCC.

3.2 Pengujian Beton Segar

3.2.1 Pengujian *slump test*

Tabel 4. Pengujian *slump test* beton

Komposisi	Komposisi PCC : NPCC	Nilai <i>slump</i> (cm)	Komposisi PCC : NPCC : SP	Nilai <i>slump</i> (cm)
Komposisi 1	100% : 0%	10	99,1% : 0% : 0,9%	8,1
Komposisi 2	75% : 25%	8,3	74,3% : 24,8% : 0,9%	6,5
Komposisi 3	50% : 50%	6,3	49,5% : 49,5% : 0,9%	5,3
Komposisi 4	25% : 75%	2,7	24,8% : 74,3% : 0,9%	2,5
Komposisi 5	0% : 100%	4,3	0% : 99,1% : 0,9%	3,5



Gambar 2. Pengujian *slump test* beton

Berdasarkan tabel 4 dan gambar 2, diperoleh bahwa nilai *slump* untuk beton PCC dan NPCC tanpa *superplasticizer* dan dengan *superplasticizer* telah sesuai dengan persyaratan SNI 7656:2012, yaitu nilai *slump* untuk beton gedung bertingkat untuk balok dan dinding bertulang berada pada rentang 25-100 mm.

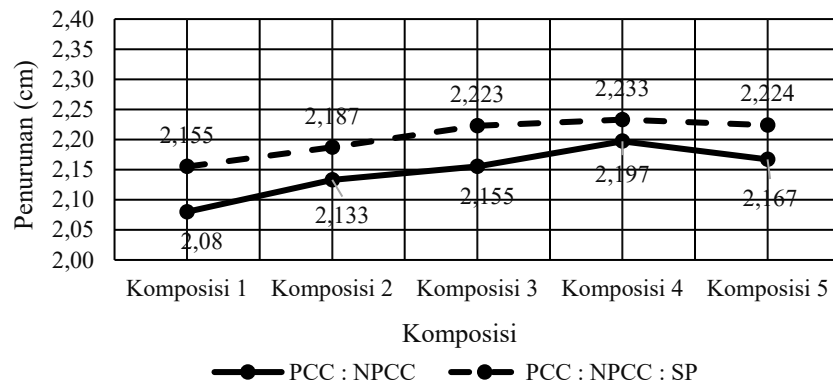
Penggunaan NPCC yang lebih banyak dapat menyebabkan nilai slump test yang lebih kecil. Hal tersebut disebabkan karena ukuran partikel NPCC yang lebih kecil sehingga memiliki luas permukaan yang semakin besar yang berakibat pada reaksi antara air dengan butiran menjadi lebih besar dan kecepatan reaksi bertambah.

3.3 Pengujian Beton Keras

3.3.1 Pengujian berat satuan

Tabel 5. Pengujian berat satuan beton

Komposisi	Komposisi PCC : NPCC	Berat satuan rata-rata (g/cm ³)	Komposisi PCC : NPCC : SP	Berat satuan rata-rata (g/cm ³)
Komposisi 1	100% : 0%	2,08	99,1% : 0% : 0,9%	2,155
Komposisi 2	75% : 25%	2,133	74,3% : 24,8% : 0,9%	2,187
Komposisi 3	50% : 50%	2,155	49,5% : 49,5% : 0,9%	2,223
Komposisi 4	25% : 75%	2,197	24,8% : 74,3% : 0,9%	2,233
Komposisi 5	0% : 100%	2,167	0% : 99,1% : 0,9%	2,224



Gambar 3. Pengujian berat satuan beton

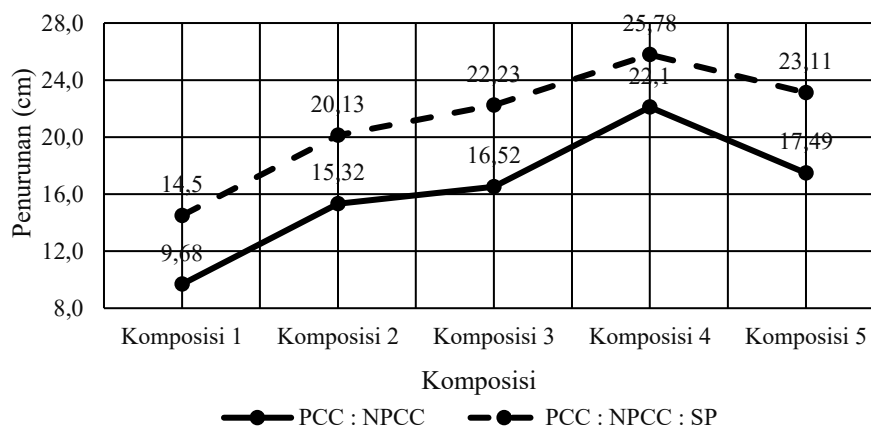
Berdasarkan tabel 5 dan gambar 3, diperoleh bahwa nilai berat satuan beton PCC dan NPCC tanpa *superplasticizer* berada pada kisaran 2.000 – 2.200 kg/m³, dengan nilai berat satuan tertinggi yaitu 2.197 kg/m³. Nilai berat satuan beton PCC dan NPCC dengan *superplasticizer* berada pada kisaran 2.100 – 2.240 m³, dengan nilai berat satuan tertinggi yaitu 2.233 kg/m³. Berdasarkan SNI 7656:2012, bahwa nilai berat satuan beton yaitu 2.200 – 2.500 kg/m³. Kondisi ini menunjukkan bahwa proses pencampuran dan pemadatan tidak berjalan secara optimal.

Peningkatan berat satuan pada beton yang diberikan bahan tambahan *superplasticizer* menunjukkan bahwa *superplasticizer* dapat meningkatkan kepadatan beton. Penggunaan NPCC yang memiliki ukuran partikel yang lebih halus dibandingkan PCC juga dapat menyebabkan berkurangnya rongga udara pada beton sehingga beton dapat lebih padat.

3.3.2 Pengujian kuat tekan

Tabel 6. Pengujian kuat tekan beton

Komposisi	Komposisi PCC : NPCC	Kuat Tekan Rata-Rata MPa	Komposisi PCC : NPCC : SP	Kuat Tekan Rata-Rata MPa
Komposisi 1	100% : 0%	9,68	99,1% : 0% : 0,9%	14,5
Komposisi 2	75% : 25%	15,32	74,3% : 24,8% : 0,9%	20,13
Komposisi 3	50% : 50%	16,52	49,5% : 49,5% : 0,9%	22,23
Komposisi 4	25% : 75%	22,1	24,8% : 74,3% : 0,9%	25,78
Komposisi 5	0% : 100%	17,49	0% : 99,1% : 0,9%	23,11



Gambar 4. Pengujian kuat tekan beton

Berdasarkan tabel 6 dan gambar 4, diperoleh nilai kuat tekan rata-rata beton PCC dan NPCC tanpa *superplasticizer* adalah 9,68 MPa pada 0% NPCC, kemudian meningkat menjadi 15,32 MPa pada 25%, 16,52 MPa pada 50%, 22,10 MPa pada 75%, dan 17,49 MPa pada 100%. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan NPCC tetap dapat meningkatkan kuat tekan pada variasi tertentu, terutama pada komposisi 25% PCC : 75% NPCC yang menghasilkan nilai kuat tekan tertinggi di antara variasi tanpa *superplasticizer*. Berdasarkan SNI 2847:2019 mengenai persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung nilai minimum kuat tekan yaitu 21 MPa, hanya pada variasi 25% PCC : 75% NPCC yang bernilai 22,10 MPa yang sesuai dengan persyaratan tersebut.

Nilai kuat tekan rata-rata beton PCC dan NPCC dengan *superplasticizer* adalah 14,50 MPa pada 0% NPCC, kemudian meningkat menjadi 20,13 MPa pada 25%, 22,23 MPa pada 50%, 25,78 MPa pada 75%, dan 23,11 MPa pada 100%. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan NPCC tetap dapat meningkatkan kuat tekan pada variasi tertentu, terutama pada komposisi 25% PCC : 75% NPCC yang menghasilkan nilai kuat tekan tertinggi di antara variasi tanpa *superplasticizer*. Berdasarkan SNI 2847:2019 mengenai persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung nilai minimum kuat tekan yaitu 21 MPa, hanya pada variasi 49,5% PCC : 49,5% NPCC : 0,9% SP memiliki nilai kuat tekan beton sebesar 22,23 MPa; variasi campuran 24,8% PCC : 74,3% NPCC : 0,9% SP memiliki nilai kuat tekan beton sebesar 25,78 MPa; dan variasi campuran 0% PCC : 99,1% NPCC : 0,9% SP memiliki nilai kuat tekan beton sebesar 23,11 MPa yang sesuai dengan persyaratan tersebut.

4. Penutup

4.1 Kesimpulan

Pada penelitian mengenai variasi penggunaan NPCC dan PCC tanpa *superplasticizer* dan dengan *superplasticizer* terhadap nilai kuat tekan beton dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Hasil perbandingan pengujian, penambahan *superplasticizer* dapat meningkatkan kuat tekan beton. Campuran beton tanpa *superplasticizer* menghasilkan nilai kuat tekan beton sebesar 22,10 MPa yang diperoleh pada variasi campuran 25% PCC : 75% NPCC, sedangkan campuran beton dengan *superplasticizer* menghasilkan nilai kuat tekan sebesar 25,78 MPa yang diperoleh pada campuran 24,8% PCC : 74,3% NPCC : 0,9% SP.
- 2) Hasil campuran beton dengan *superplasticizer* dengan variasi campuran 49,5% PCC : 49,5% NPCC : 0,9% SP memiliki nilai kuat tekan beton sebesar 22,23 MPa; variasi campuran 24,8% PCC : 74,3% NPCC : 0,9% SP memiliki nilai kuat tekan beton sebesar 25,78 MPa; dan variasi campuran 0% PCC : 99,1% NPCC : 0,9% SP memiliki nilai kuat tekan beton sebesar 23,11 MPa telah memenuhi persyaratan minimum nilai kuat tekan beton struktural untuk gedung berdasarkan SNI 2847:2019 yaitu sebesar 21 MPa. Pada campuran beton tanpa *superplasticizer* dengan variasi campuran 25% PCC : 75% NPCC memiliki nilai kuat tekan beton sebesar 22,10 MPa dan telah memenuhi persyaratan SNI 2847:2019.

4.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disarankan agar penelitian yang akan dilakukan selanjutnya dapat mengoptimalkan penggunaan material yang ada.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, H., Fajar, M. N., Purwantoro, D. S., Maysyurah, A., & Aris, M. (2024). Pengaruh Penambahan Superplasticizer Terhadap Kuat Tekan Pada Beton Campuran Air Laut. *Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi)*, 6(1), 89–93. <https://doi.org/10.26740/proteksi.v6n1.p89-93>
- Badan Standarisasi Nasional. (2019). SNI 2847:2019: Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasan. BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (1991a). SNI 03-2530-1991: Metode Pembuatan Dan Perawatan Benda Uji Beton Di Laboratorium. BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2002b). SNI 03-6828-2002: Metode Pengujian Kuat Tekan Mortar Semen Portland Untuk Pekerjaan Sipil. BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2008a). SNI 1972:2008: Cara Uji Slump Beton. BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2011). SNI 1974:2011: Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji Silinder. BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2012a). SNI 7656:2012: Tata Cara Pemilihan Campuran Untuk Beton Normal, Beton Berat, Dan Beton Massa. BSN.
- Pujianto, A. (2010). Beton Mutu Tinggi dengan Bahan Tambah Superplastisizer dan Fly Ash. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*, 13(2), 171–180.

UMS LIBRARY
-TERAKREDITASI A-