

STUDI PENAMBAHAN *SUPERPLASTICIZER* PADA KUAT TEKAN BETON DENGAN VARIASI FAS 0,4 – 0,5 MENGGUNAKAN AGREGAT KASAR YANG DI PECAH (SPLIT)

Muhammad Farhan Kurniawan¹ Tri Mulyono² dan Daryati³

^{1,3}Pendidikan Teknik Bangunan, FT, UNJ

²D3 Teknik Sipil, FT, UNJ

Email: trimulyono@unj.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan superplasticizer terhadap kuat tekan beton dengan variasi rasio air semen menggunakan agregat kasar terbagi (split). Benda uji berbentuk silinder penelitian ini dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Desain beton tekan f_c '35 MPa, dengan variasi perbandingan air semen W / C 0,4; 0,45; 0,5 dan menggunakan bahan Superplasticizer Sikament LN 0,5% dari berat semen dan nilai slump 12 ± 2 cm. Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan nilai kuat tekan beton dengan penambahan superplasticizer. Rata-rata kuat tekan beton tanpa penambahan superplasticizer dan variasi rasio air semen W / C 0,4; 0,45; 0,5 pada 28 hari berturut-turut adalah 36,14 MPa, 34,73 MPa, 29,82 MPa. Sedangkan nilai kuat tekan beton dengan penambahan superplasticizer meningkat menjadi 39,73 MPa, 37,18 MPa, 31,23 MPa.

Kata kunci: beton, kuat tekan, rasio semen air, superplasticizer.

ABSTRACT

This study aims to determine the effect of superplasticizer usage on concrete compressive strength with variation of water cement ratio using subdivided crude aggregates (split). This research cylindrical test object with diameter 15 cm and height 30 cm. Compressive strength concrete design f_c '35 MPa, with variation of water cement ratio W/C 0,4; 0,45; 0,5 and using Superplasticizer Sikament LN materials 0,5% of the weight of cement and slump value 12 ± 2 cm. The result of research showed an increase the value of concrete compressive strength with the addition of superplasticizer. The average of concrete compressive strength without the addition of superplasticizer and variation of water cement ratio W/C 0,4; 0,45; 0,5 at 28 days in a row is 36,14 MPa, 34,73 MPa, 29,82 MPa. While the value of concrete compressive strength with the addition of superplasticizer increase to 39,73 MPa, 37,18 MPa, 31,23 MPa.

Keywords: concrete, compressive strength, water cement ratio, superplasticizer.

PENDAHULUAN

Sektor Konstruksi sebagai salah satu sektor yang memberi sumbangan terbesar pada Gross Domestic Product (GDP) perekonomian Indonesia tidak bisa dipungkiri memiliki peran strategis pada pembangunan. Nilai konstruksi yang diselesaikan hasil survei perusahaan konstruksi tahunan di Indonesia selama 2014–2015 menunjukkan peningkatan dengan laju pertumbuhan (growth) sebesar 11,48% , yaitu Rp. 570.905.169 juta menjadi Rp.636.453.562 juta (BPS, 2016).

Konstruksi adalah suatu kegiatan yang hasil akhirnya berupa bangunan/ konstruksi yang menyatu dengan lahan tempat kedudukannya, baik digunakan sebagai tempat tinggal atau sarana kegiatan lainnya (Ismail, 2013). Hasil kegiatan tersebut antara lain bangunan gedung, jalan, jembatan, rel dan jembatan kereta api, terowongan, bangunan air dan drainase, bangunan sanitasi, landasan pesawat terbang, dermaga, bangunan pembangkit listrik, transmisi, distribusi dan bangunan jaringan komunikasi (Sukma, 2015).

Penggunaan agregat kasar dalam pembuatan beton sering kali dihadapkan pada pilihan agregat kasar tidak dipecah (kerikil) atau agregat kasar yang dipecahkan (split). Menurut Paul Nugraha & Antoni (2007) kualitas terutama yang diharapkan dari agregat kasar, yaitu kekuatan, bentuk butir, gradasi. Selain itu, penting juga untuk mengetahui pengaruh bentuk dan tekstur permukaan butiran agregat kasar terhadap beton. Jenis agregat batu pecah (split) memiliki bentuk angular dengan tekstur permukaan kasar, sedangkan kerikil memiliki bentuk bulat dengan permukaan rata dan halus (Baskara, Patty, & Khamelda, 2019). Bentuk agregat kasar dapat menentukan mutu suatu beton, berdasarkan SNI 03 – 2834 – 2000 perkiraan kekuatan tekan beton yang dihasilkan dengan menggunakan agregat kasar tidak dipecah (kerikil) lebih rendah dibanding

menggunakan agregat kasar dipecahkan (split).

Salah satu masalah yang juga berpengaruh pada kuat tekan beton adalah porositas. Penyebab porositas adalah karena adanya partikel-partikel bahan penyusun beton yang relatif besar, sehingga kerapatan tidak maksimal. Besar dan kecilnya porositas juga dapat dipengaruhi oleh besar dan kecilnya faktor air semen (FAS) yang digunakan. Faktor air semen (FAS) merupakan hal terpenting didalam pembuatan beton. Faktor air semen (FAS) adalah angka yang menunjukkan perbandingan antara berat air dan berat semen. Semakin rendah perbandingan air semen semakin tinggi kekuatan desaknya (Wang & Salmon, 1990).

Faktor air semen juga sangat berhubungan dengan kuat tekan beton seperti yang dijelaskan oleh L. J Murdock dan K. M brook (1986), bahwa pada bahan beton dalam pengujian tertentu, jumlah air semen yang dipakai akan menentukan kuat tekan beton, asalkan campuran beton tersebut cukup plastis dan mudah untuk dikerjakan.

Menurut Sjafei Amri (2005) beton mutu tinggi sendiri membutuhkan FAS yang rendah, namun jika FAS terlalu rendah pengerjaan beton terutama ketika diaduk, dituang, diangkut, dan pada saat dipadatkan tidak maksimal, sehingga akan mengakibatkan beton menjadi keropos, hal tersebut akan mengakibatkan menurunnya kuat tekan beton. Dengan demikian, ada suatu nilai FAS yang optimal yang dapat menghasilkan kuat tekan beton yang maksimal. Umumnya nilai FAS yang diberikan dalam praktik pembuatan beton minimal 0,4 dan maksimal 0,65 (Tjokrodinuljo, 2007).

Kemajuan teknologi dalam bidang struktur, memberikan beberapa cara untuk mengatasi kelemahan pada konstruksibeton. Salah satu cara untuk meningkatkan mutu beton adalah dengan menambahkan bahan tambah (*admixture*s)

dalam proses pembuatan beton. Jenis bahan tambah (*admixtures*) yang dapat meningkatkan mutu beton adalah *superplasticizer*, yang mana memiliki beberapa kelebihan, yaitu selain untuk meningkatkan mutu beton juga untuk mengurangi air pencampur dalam proses pembuatan beton.

Superplasticizer merupakan salah satu jenis chemical *admixture*, yaitu bahan tambah bersifat kimiawi yang dicampurkan pada adukan beton dengan maksud agar diperoleh sifat-sifat yang berbeda pada beton dalam keadaan segar maupun setelah mengeras, misalnya sifat pengerjaan yang lebih mudah dan waktu pengikatan yang lebih lambat atau lebih cepat (Jong, Arifi, & Waluyohadi, 2018).

Penambahan *superplasticizer* merupakan cara yang dapat ditempuh untuk meningkatkan workability beton tanpa mengurangi faktor air semen yang digunakan untuk memengaruhi workability beton segar yang dihasilkan. Fungsi lain dari penambahan *superplasticizer* adalah untuk mengurangi *slump* loss, menegah timbulnya bleeding dan segregasi, menambah kadar udara (*air content*) serta memperlambat waktu pengikatan (*setting time*) (Nugraha & Antoni, 2007).

Menurut ASTM C 494-82 (Neville & Brooks, 1987) *superplasticizer* digunakan dengan tujuan meningkatkan workability tanpa memengaruhi waktu ikat beton segar termasuk *superplasticizer* tipe F, sedang yang digunakan untuk meningkatkan workability sekaligus memperlambat reaksi beton segar tergolong dalam tipe G (*high range water reducing and retarding*).

Berbagai produk bahan tambah *superplasticizer* memiliki tujuan penggunaan yang sama, yaitu meningkatkannilai *slump* dan kemudahan pekerjaan serta kekuatannya dengan takaran tertentu. Salah satu produk *superplasticizer* adalah Sikament LN. Sesuai dengan ASTM C494 Tipe F, Sikament LN merupakan

aditif pengurang air dan sangat efektif untuk meningkatkan pengerasan awal beton atau beton yang dipercepat dengan kemampuan kerja yang tinggi. Sikament LN sebagai aditif beton berfungsi sebagai campuran adukan beton untuk mengurangi keropos, memudahkan pengecoran dan mempercepat pengerasan beton (kekuatan awal beton) (Sika, 2016).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan *superplasticizer* Sikament LN dengan variasi nilai faktor air semen (FAS) pada kuat tekan beton normal yang menggunakan agregat kasar yang di pecah (Split).

METODE

Metode penelitian yang akan digunakan adalah metode eksperimen, dengan benda uji berbentuk silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm yang menggunakan agregat kasar berupa batu yang di pecah dan bahan tambah *superplasticizer* Sikament LN dengan kadar 0,5% dari berat semen dan variasi faktor air semen (FAS) 0,4; 0,45; 0,5.

Sampel yang akan diuji dalam penelitian ini berjumlah 54 benda uji, yang merupakan keseluruhan dalam populasi yang akan dilakukan uji kuat tekan.

Tabel 1. Rancangan Pembuatan Benda Uji

| FAS | TANPA SUPEPLASTICIZER | | | DENGAN SUPERPLASTICIZER | | | TOTAL |
|------|--------------------------|---------|---------|----------------------------|---------|---------|-------|
| | 7 HARI | 14 HARI | 28 HARI | 7 HARI | 14 HARI | 28 HARI | |
| | 0,4 | 3 bh | 3 bh | 3 bh | 3 bh | 3 bh | |
| 0,45 | 3 bh | 3 bh | 3 bh | 3 bh | 3 bh | 3 bh | 18 bh |
| 0,5 | 3 bh | 3 bh | 3 bh | 3 bh | 3 bh | 3 bh | 18 bh |
| | | | | | | | 54 bh |

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Pengujian *Slump*

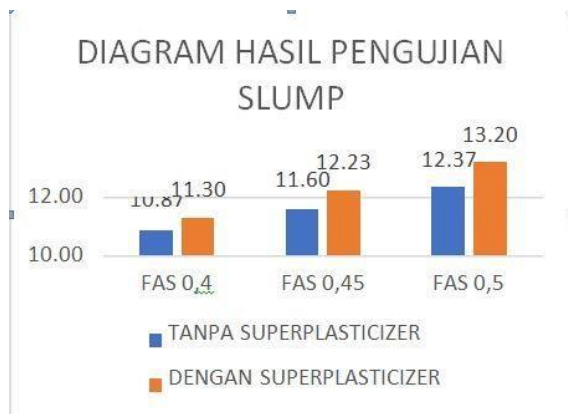
Uji *slump* dilakukan segera setelah percampuran sebelum dilakukan pencetakan benda uji. *slump* yang direncanakan adalah 12 ± 2 . Hasil pengujian *slump* pada beton

segar sesuai dengan perencanaan, dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji *Slump* Beton Segar

| FAS | NILAI SLUMP (cm) | |
|------|------------------------|--------|
| | TANPA SUPERPLASTICIZER | DENGAN |
| 0,4 | 10,8 | 11,3 |
| 0,45 | 11,6 | 12,2 |
| 0,5 | 11,3 | 13,2 |

Hasil pengujian *slump* pada beton segar dengan variasi faktor air semen tanpa penambahan *superplasticizer* Sikament LN dan dengan variasi faktor air semen menggunakan penambahan *superplasticizer* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Hasil Pengujian *Slump*

Berdasarkan Gambar 4.2 didapatkan nilai *slump* pada beton dengan variasi faktor air semen (FAS) 0,4; 0,45, 0,5 tanpa penambahan *superplasticizer* Sikament LN dan beton dengan penambahan *superplasticizer* secara berturut, yaitu 10,87 cm, 11,6 cm, 12,37 cm, 11,3 cm, 12,23 cm, dan 13,2 cm. Hasil pengujian *slump* dikatakan sesuai rencana, yaitu 12 ± 2 cm. Nilai pengujian *slump* menunjukkan bahwa semakin besar nilai faktor air semen yang digunakan serta penambahan *superplasticizer* pada campuran beton akan membuat campuran beton menjadi encer dan mengakibatkan nilai *slump* meningkat.

Hasil uji *slump* pada nilai FAS 0,4 menunjukkan dengan adanya penambahan bahan tambah *superplasticizer* membuat nilai *slump* pada campuran beton menjadi meningkat. Nilai *slump* yang dihasilkan dengan bahan tambah *superplasticizer* pada FAS 0,4, yaitu 11,30 cm, mengalami kenaikan sebesar 3,99% dari campuran beton tanpa bahan tambah *superplasticizer*, yakni 10,87 cm. Untuk Hasil uji *slump* pada nilai FAS 0,45 adalah 12,23 cm, mengalami kenaikan sebesar 5,46% dari campuran beton tanpa bahan tambah *superplasticizer*, yakni 11,60 cm. Kenaikan nilai *slump* secara signifikan terjadi pada campuran beton dengan bahan tambah *superplasticizer* dan nilai FAS 0,5, yaitu 13,20 m, mengalami kenaikan 6,74% dari beton tanpa penambahan *superplasticizer*, yaitu 12,37 cm.

2. Hasil Pengujian Berat Isi Beton Keras

Hasil berat isi beton keras dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Berat Isi Beton

| FAS | Berat Isi Beton Keras (kg/m ³) | | | | | |
|------|--|---------|---------|-------------------------|---------|---------|
| | TANPA SUPERPLASTICIZER | | | DENGAN SUPERPLASTICIZER | | |
| | 7 HARI | 14 HARI | 28 HARI | 7 HARI | 14 HARI | 28 HARI |
| 0,4 | 2329,2 | 2280,0 | 2322,6 | 2287,3 | 2314,7 | 2327,6 |
| 0,45 | 2305,1 | 2298,8 | 2301,2 | 2308,1 | 2289,3 | 2326,3 |
| 0,5 | 2323,8 | 2270,0 | 2297,4 | 2306,2 | 2289,3 | 2316,9 |

Berdasarkan data yang diperoleh pada Tabel 3. hasil berat isi beton keras cenderung fluktuatif. Salah satu faktor yang sangat berpengaruh terhadap berat isi beton yang cenderung naik turun adalah pemadatan saat melakukan pencetakan benda uji yang kurang maksimal. Berat isi beton tidak menjadi faktor yang memengaruhi kekuatan beton.

3. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan untuk mendapatkan nilai hasil kuat tekan beton dari benda uji yang telah dirancang kuat tekannya. Hasil nilai kuat tekan yang

didapat merupakan hasil pembagian dari beban maksimum yang diterima oleh benda uji dengan luas penampang benda uji. Hasil Kuat Tekan beton dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil Kuat Tekan Rata-Rata

| FAS | Kuat Tekan Rata-Rata (MPa) | | | | | |
|------|----------------------------|---------|---------|-------------------------|---------|---------|
| | TANPA SUPERPLASTICIZER | | | DENGAN SUPERPLASTICIZER | | |
| | 7 HARI | 14 HARI | 28 HARI | 7 HARI | 14 HARI | 28 HARI |
| 0,4 | 20,67 | 27,65 | 36,14 | 23,12 | 31,33 | 39,73 |
| 0,45 | 18,68 | 24,35 | 34,73 | 20,19 | 27,18 | 37,18 |
| 0,5 | 15,57 | 22,84 | 29,82 | 16,61 | 24,53 | 31,33 |

Hasil uji kuat tekan beton dengan bahan tambah *superplasticizer* pada variasi nilai FAS 0,4 – 0,5 menghasilkan kuat tekan yang lebih besar dari kuat tekan beton normal pada umur 7, 14, dan 28 hari.



Gambar 3. Diagram Perbandingan Nilai Kuat Tekan Beton Pada FAS 0,4

Hasil pengujian kuat tekan beton dengan bahan tambah *superplasticizer* pada nilai FAS 0,4 untuk umur 7 hari, yaitu 23,12 MPa, naik 11,87% dari campuran beton tanpa *superplasticizer*, yakni 20,67. Penambahan *superplasticizer* pada campuran beton dengan FAS 0,4 mencapai kuat tekan optimal pada umur 14 hari, yaitu sebesar 31,33 MPa mengalami kenaikan sebesar 13,31% dari campuran beton normal. Sementara untuk hasil pengujian kuat tekan beton pada umur 28 hari, beton tanpa penambahan *superplasticizer* menghasilkan kuat tekan 36,14 Mpa, sedangkan kuat tekan beton dengan penambahan *superplasticizer* mencapai

39,73 MPa mengalami kenaikan sebesar 9,92%.



Gambar 4. Diagram Perbandingan Nilai Kuat Tekan Beton Pada FAS 0,45

Untuk kuat tekan beton pada FAS 0,45 kenaikan signifikan terjadi pada kuat tekan beton umur 14 hari, yaitu sebesar 11,63%, kuat tekan beton normal mencapai 24,35 Mpa, sedangkan kuat tekan beton dengan penambahan *superplasticizer* mencapai 27,18 MPa. Pengujian beton pada umur 7 hari menghasilkan kuat tekan beton dengan bahan tambah *superplasticizer* sebesar 20,19 Mpa, naik 8,08% dari beton normal yakni 18,68%. Untuk pengujian pada umur 28 hari kuat tekan yang dihasilkan oleh beton dengan bahan tambah *superplasticizer*, yakni sebesar 37,18% mengalami kenaikan sebesar 7,07% dari beton normal tanpa *superplasticizer*, yakni 34,73 MPa.



Gambar 5. Diagram Perbandingan Nilai Kuat Tekan Beton Pada FAS 0,5

Untuk hasil pengujian kuat tekan beton pada FAS 0,5 pada umur 7 hari menghasilkan kuat tekan beton dengan bahan tambah *superplasticizer* sebesar

16,61 MPa, mengalami kenaikan 6,67% dari beton tanpa penambahan *superplasticizer*, yakni 15,57 MPa. Pada umur 14 hari kuat tekan beton dengan bahan tambah *superplasticizer* mengalami kenaikan sebesar 7,44%, yakni sebesar 24,53 MPa, sedangkan pada umur 28 hari kuat tekan beton dengan penambahan *superplasticizer* hanya mengalami kenaikan sebesar 4,75%.



Gambar 6. Diagram Perbandingan Nilai Kuat Tekan Beton Dengan Bahan Tambah *Superplasticizer* Berdasarkan Nilai Faktor Air Semen

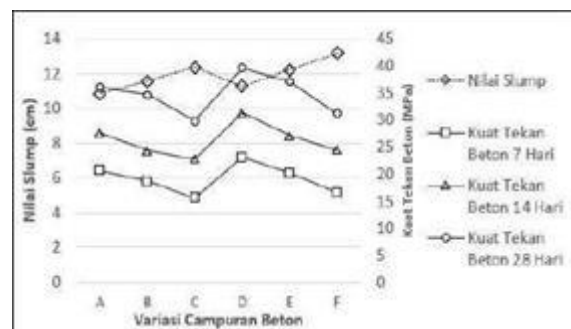
Berdasarkan Gambar 6. dapat dilihat perbandingan hasil kuat tekan rata-rata beton pada umur 7, 14 dan 28 hari. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai kuat tekan optimal dengan penggunaan bahan tambah *superplasticizer* pada umur 28 hari terjadi pada variasi campuran beton dengan nilai FAS 0,4, yakni sebesar 39,73 MPa, sedangkan pada nilai FAS 0,45 dan 0,5 kuat tekan secara berturut-turut adalah 37,18 MPa dan 31,23 MPa. Nilai kuat tekan beton dengan bahan tambah *superplasticizer* semakin menurun seiring bertambahnya nilai FAS yang digunakan.

Penurunan nilai kuat tekan pada beton yang menggunakan bahan tambah *superplasticizer* ini diakibatkan karena naiknya nilai faktor air semen yang berarti terjadi penambahan jumlah air pada adukan beton sehingga ada kelebihan air dalam pasta yang menyebabkan timbulnya pori atau rongga

yang dapat memperoleh kekuatan beton, atau dapat dikatakan nilai FAS berbanding terbalik dengan nilai kuat tekannya. Seperti yang dijelaskan oleh Tjokrodimuldo (2007), bahwa proporsi air yang agak banyak pada suatu campuran beton akan memberikan kemudahan pada waktu pengecoran, akan tetapi kuat tekan betonnya akan menjadi rendah dan beton menjadi keropos.

4. Analisis Keseluruhan Penelitian

Hasil uji keseluruhan penelitian mencakup nilai *slump*, berat isi beton keras, dan kuat tekan untuk umur 7, 14, dan 28 hari.



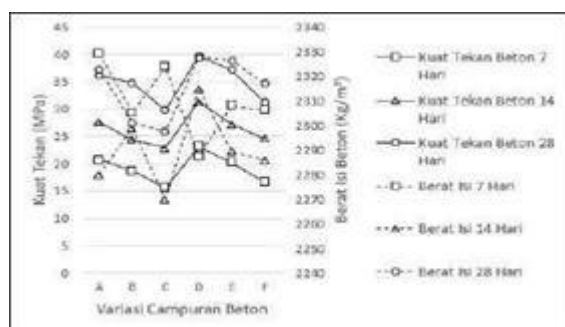
Gambar 7. Hubungan Nilai *Slump* dan Nilai Kuat Tekan Beton

Keterangan:

- A= Beton Normal FAS 0,4
- B= Beton Normal FAS 0,45
- C= Beton Normal FAS 0,5
- D= Beton 0,5% SP, FAS 0,4
- E= Beton 0,5% SP, FAS 0,45
- F= Beton 0,5% SP, FAS 0,5

Berdasarkan Gambar 7. ditunjukkan pada grafik tersebut bahwa semakin besar penggunaan nilai faktor air semen pada campuran beton dan penambahan *superplasticizer* mengakibatkan campuran beton menjadi encer dan berpengaruh terhadap nilai *slump*, sehingga nilai *slump* beton cenderung mengalami kenaikan di setiap variasi nilai faktor air semen (FAS) dengan penambahan *superplasticizer*. Dengan kata lain workability beton yang dihasilkan semakin baik. Sesuai dengan

fungsi dari *superplasticizer* diantaranya adalah dapat meningkatkan kinerja pengerjaan beton (*workability*), meningkatkan nilai *slump* beton, dan meningkatkan kuat tekan beton pada umur 28 hari. Berbeda dengan hasil berat isi beton yang dapat dilihat pada gambar 8. untuk setiap variasi umur beton yang cenderung naik turun untuk setiap variasi campuran beton. Hal tersebut menunjukkan bahwa berat isi beton tidak berpengaruh terhadap variasi nilai faktor air semen yang digunakan. Berdasarkan Gambar 8. berat isi beton tidak menjadi faktor yang memengaruhi kekuatan beton. Hasil berat isi beton yang cenderung fluktuatif dapat disebabkan pada proses pemadatan saat pencetakan benda uji.



Gambar 8. Hubungan Nilai Berat Isi Beton dan Nilai Kuat Tekan Beton

Keterangan:

- A= Beton Normal FAS 0,4
- B= Beton Normal FAS 0,45
- C= Beton Normal FAS 0,5
- D= Beton 0,5% SP, FAS 0,4
- E= Beton 0,5% SP, FAS 0,45
- F= Beton 0,5% SP, FAS 0,5

Hubungan antara nilai *slump* dan kuat tekan beton umur 7, 14 dan 28 hari ditunjukkan pada gambar 7, semakin besar nilai faktor air semen yang digunakan dan penambahan *superplasticizer* maka nilai *slump* beton akan meningkat, tetapi tidak untuk peningkatan nilai kuattekannya. Dari grafik tersebut nilai kuat tekan optimal terjadi pada campuran beton (D) (untuk beton umur 14 dan 28 hari), sedangkan pada campuran beton yang

menggunakan nilai faktor air semen 0,45 dan 0,5 cenderung mengalami penurunan nilai kuat tekan. Penurunan kuat tekan tersebut dapat disebabkan karena penggunaan nilai faktor air semen yang tinggi sehingga membuat campuran beton menjadi encer maka pada saat pembuatan benda uji agregat kasar dalam campuran tidak tercampur dengan baik. Kemudian, untuk pemakaian *superplasticizer* pada campuran beton terbukti dapat meningkatkan nilai kuat tekan beton.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dalam penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:

1. Peningkatan kuat tekan beton yang terjadi setelah penambahan *superplasticizer* Sikament LN dengan kadar 0,5% dari berat semen berkisar 13%.
2. Nilai kuat tekan optimum pada beton umur 28 hari terjadi pada benda uji dengan nilai faktor air semen 0,4 dan penambahan *superplasticizer* Sikament LN 0,5% dari berat semen, yaitu 39,73 MPa.
3. Selain meningkatkan kekuatan beton, penggunaan *admixture* Sikament LN juga dapat memperbaiki *workability* beton, dapat dilihat dari hasil pengujian *slump* dengan kadar 0,5% pada variasi FAS 0,4; 0,45; dan 0,5 berturut-turut adalah 11,30 cm, 12,23 cm, dan 13,20 cm.
4. Kuat tekan beton dengan bahan tambah *superplasticizer* pada nilai faktor air semen 0,4; 0,45; dan 0,5 pada umur 28 hari menghasilkan kuat tekan 39,73 MPa, 37,18 MPa, 31,23 MPa. Sedangkan beton tanpa bahan tambah *superplasticizer*

menghasilkan kuat tekan 36,14 MPa, 34,73 MPa, 29,82 Mpa

Wang, C. K., & Salmon, C. G. (1990). *Desain Beton Bertulang*. Jakarta: Erlangga.

DAFTAR PUSTAKA

Baskara, M. G., Patty, A. H., & Khamelda, L. (2019). Kajian Kuat Tekan Beton Normal Berdasarkan Karakteristik Agregat. *JSPUI*.

Ismail, I. (2013). Keterlambatan Proyek Konstruksi Gedung Faktor Penyebab dan Tindakan Pencegahannya. *Jurnal Momentum Teknik Geodesi*, 14(1).

Jong, E. I., Arifi, E., & Waluyohadi, I. (2018). Pengaruh Penggunaan Superplasticizer Terhadap Kuat Tekan Beton Porous yang Menggunakan RCA (Recycle Coarse Aggregate). *Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik sipil*, 1(2).

Murdock, L. J., & Brook, K. M. (1986). *Bahan dan Praktek Beton*. Jakarta: Erlangga.

Neville, A. M., & Brooks, J. J. (1987). *Concrete Technology*. London: Longman Scietific and Technical.

Nugraha, P., & Antoni. (2007). *Teknologi Beton dari Material, Pembuatan ke Beton Kinerja Tinggi*. Yogyakarta: Andi Offset.

Sjafei, A. (2005). *Teknologi Beton*. Jakarta: Yayasan Jhon Hi Tech Idetama.

Sukma, A. F. (2015). Efek pengganda Infrastruktur Pekerjaan Umum dalam Perekonomian Provinsi Bali. *Journal of Regional and City Planning*, 26(2).

Tjokrodimuljo, K. (2007). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Teknik Sipil dan Lingkungan UGM.