

## EFEKTIVITAS *SOIL STABILIZER* TERHADAP BETON YANG MENGGUNAKAN PASIR DENGAN KANDUNGAN LEMPUNG TINGGI

Ashar Saputra<sup>1</sup>, Suprpto Siswosukarto<sup>1</sup>, Hakan Malika Anshafa<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada  
Jln Grafika No 2 Yogyakarta

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada  
Jln Grafika No 2 Yogyakarta

\*Corresponding author: [hakan.m.a@mail.ugm.ac.id](mailto:hakan.m.a@mail.ugm.ac.id)

**Abstract:** Indonesia is an earthquake-prone country, hence the concrete compressive strength for earthquake-resistant constructions must be reached. However, local sand often contain significant clay percentage, reducing the compressive strength. This situation lead increasing cost for transporting sand from other site. Currently, soil stabilizer materials used to increase soil strength by forming gibbsite and ettringite have been found. However, their impact on concrete' strength using clayey sand remains uncertain. The purpose of this study is to know the influence of soil stabilizer on the concrete' compressive strength made using clayey sand. Clay was used as a disturbance material at 10%, 20%, and 30% with soil stabilizer at 0 kg/m<sup>3</sup>, 1 kg/m<sup>3</sup>, and 1,5 kg/m<sup>3</sup> for each clay content. Compressive strength was tested after cured 7, 14, and 28 days. The mix design was consistent throughout all variation, with normal concrete as the control. The result indicated soil stabilizer did not perform well at early age, especially at 20% and 30% clay content. After 28 days curing age, the soil stabilizer slightly increased the concrete' compressive strength. At 10% clay content, the maximum compressive strength was 23,25 MPa, increase 9% at 1,5 kg/m<sup>3</sup> soil stabilizer dosage. The highest compressive strength at 20% clay concentration was 15,57 MPa, with a 9% increase after adding 1 kg/m<sup>3</sup> soil stabilizer. While the maximum compressive strength for 30% clay concentration was 12,10 MPa, increased by 12% with 1,5 kg/m<sup>3</sup> of soil stabilizer.

**Keywords:** concrete compressive strength, sand, clayey sand, soil stabilizer

**Abstrak:** Indonesia terletak di daerah rawan gempa sehingga kuat tekan beton untuk struktur tahan gempa harus terpenuhi. Namun, material pasir lokal terkadang memiliki kandungan lumpur tinggi yang menyebabkan penurunan kuat tekan beton sehingga harus menambah biaya untuk mendatangkan pasir dari lokasi lain. Saat ini sudah ditemukan bahan *soil stabilizer* yang digunakan untuk meningkatkan kuat dukung tanah dengan membentuk mineral *gibbsite* dan *ettringite*. Akan tetapi, efektivitasnya terhadap kekuatan beton dengan pasir berlumpur belum diketahui. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh *soil stabilizer* dalam memperbaiki kuat tekan beton yang menggunakan pasir berlumpur. Lumpur sebagai zat pengganggu yang digunakan adalah lempung dengan kadar 10%, 20%, dan 30% serta *soil stabilizer* sebesar 0 kg/m<sup>3</sup>, 1 kg/m<sup>3</sup>, dan 1,5 kg/m<sup>3</sup> untuk setiap kadar lempung. Tiap variasi diuji kuat tekan pada umur 7, 14, dan 28 hari. Rancangan *mix design* dibuat sama untuk semua variasi. Hasil penelitian menunjukkan *soil stabilizer* belum bekerja efektif pada umur 7 dan 14 hari pada kadar lempung 20% dan 30%. Pada umur 28 hari, penambahan *soil stabilizer* meningkatkan kuat tekan pada semua kadar lempung. Pada kandungan lempung 10%, kuat tekan maksimal didapatkan pada penambahan *soil stabilizer* 1,5 kg/m<sup>3</sup> sebesar 23,25 MPa dengan kenaikan 9% dibandingkan tanpa *soil stabilizer*. Untuk kadar lempung 20%, didapatkan kuat tekan maksimal 15,57 MPa dengan kenaikan 9% pada penambahan soil stabilizer 1 kg/m<sup>3</sup>. Sementara untuk kadar lempung 30%, kuat tekan tertinggi sebesar 12,10 MPa dengan kenaikan 12% pada penambahan *soil stabilizer* 1,5 kg/m<sup>3</sup>.

**Kata kunci:** : kuat tekan beton, pasir, pasir berlumpur, *soil stabilizer*

### 1. PENDAHULUAN

Material konstruksi beton sudah banyak diterapkan di Indonesia karena memiliki keunggulan seperti kuat tekan tinggi, tahan lama, tahan terhadap api, dan mudah dibentuk (Sujatmiko, 2019). Namun, risiko kerusakan

bangunan beton akibat gempa cukup tinggi karena memiliki bobot yang berat (Hasibuan dkk., 2020). Ditambah dengan susunan tektonik yang kompleks dan sistem patahan aktif membuat tingginya potensi gempa bumi di Indonesia (Setiawan dkk., 2022). Oleh karena itu, untuk membuat struktur tahan gempa, SNI 2847:2013 mensyaratkan kuat tekan

beton tidak kurang dari 20 MPa. Kuat tekan merupakan parameter yang paling penting untuk merancang struktur beton (Kaloop dkk., 2020).

Di samping itu, berdasarkan Badan Pusat Statistik Indonesia, jumlah penduduk terus mengalami kenaikan mencapai 1,6 juta jiwa dari semester I tahun 2023 hingga tahun 2024. Peningkatan jumlah penduduk tentu berbanding lurus dengan jumlah perumahan yang harus tersedia, sehingga material untuk pembangunan perumahan juga akan meningkat. Penggunaan pasir lokal merupakan salah satu cara untuk memenuhi kebutuhan material konstruksi yang banyak. Akan tetapi, penting untuk memastikan bahwa karakteristik pasir yang akan digunakan berkualitas dan memenuhi standar nasional Indonesia (SNI) yang ada (Antonia dkk., 2023). Menurut SK SNI S-04-1989-F, salah satu syarat pasir dapat digunakan untuk material konstruksi adalah kadar lumpur maksimal 5%.

Tingginya kandungan lumpur membuat kuat tekan beton turun pada banyak percobaan (Elahi dan Ali, 2017). Penurunan kekuatan yang terjadi akibat tingginya kadar lumpur dapat mencapai 44% dibandingkan beton normal (25,88 MPa menjadi 14,51 MPa) untuk kandungan lumpur 10% (Romadhon, 2021). Untuk kadar lumpur pasir 25%, hasil penelitian Romadhon (2021) menunjukkan penurunan kuat tekan beton mencapai 63,25% (25,88 MPa menjadi 9,51 MPa). Penurunan kuat tekan beton dapat terjadi karena partikel lumpur akan menutupi permukaan agregat, sehingga mengurangi kekuatan lekatan antara pasta semen dengan agregat yang berdampak pada pengurangan kuat tekan (Cozy dan Saetan, 2019).

Penggunaan secara langsung pasir yang tidak memenuhi syarat tersebut tentu memiliki risiko tinggi bangunan mengalami kegagalan atau roboh karena kuat tekan tidak sesuai dengan perencanaan. Pasir dengan kandungan lumpur yang melebihi syarat harus melalui proses pencucian untuk mengurangi kandungan lumpurnya (SK SNI S-04-1989-F). Namun, pencucian agregat butuh waktu yang lama. Cara lainnya adalah dengan mendatangkan pasir dari sumber lain. Akan tetapi, mendatangkan material dari daerah lain tentu akan memakan biaya dan waktu untuk proses pengirimannya.

Dalam bidang geoteknik saat ini, sudah terdapat bahan tambah yang dapat mengubah

struktur tanah yang tidak stabil menjadi lebih stabil yang disebut dengan *soil stabilizer*. *Soil stabilizer* digunakan bersama dengan semen dan air dapat mengubah struktur kimia tanah dengan melepaskan molekul air dari permukaan partikel tanah dan akibat gaya adhesi (*leaching*). Pasta semen kemudian dapat mengikat kuat dengan partikel tanah serta dapat membentuk mineral *ettringite* yang mengisi pori-pori dalam tanah dan mineral *gibbsite* yang mengurangi sifat plastisitas tanah (Maharkarya, 2018). Bahan *soil stabilizer* tersebut biasa digunakan pada proyek pembangunan jalan untuk meningkatkan kuat dukung tanah dasar.

Selain digunakan untuk memperbaiki daya dukung tanah, pernah dilakukan penelitian penambahan *soil stabilizer* pada elemen gedung, yaitu mortar, yang dibuat dengan pasir berlumpur oleh Nusantoro dan Pambudi (2021). Hasil penelitian Nusantoro dan Pambudi menyatakan bahwa penambahan *soil stabilizer* dapat meningkatkan kuat tekan mortar yang dibuat menggunakan pasir berlumpur. Pasir dengan kadar lumpur 6,70% menghasilkan kuat tekan sebesar 22,46 MPa, kemudian maksimum naik menjadi 23,63 setelah penambahan *soil stabilizer* 1,75% kadar semen. Sementara itu, pada kadar lumpur yang lebih tinggi, yaitu 14,87%, diperoleh kuat tekan mortar sebesar 11,54 MPa. Setelah penambahan *soil stabilizer*, kuat tekan maksimum menjadi 12,94 MPa, pada dosis 1,5% berat semen.

Meskipun demikian, sampai saat ini belum banyak riset terkait dengan penggunaan bahan *soil stabilizer* untuk beton yang dibuat menggunakan agregat berlumpur. Oleh karena itu, dilakukan penelitian ini dengan membandingkan kekuatan beton dengan agregat biasa dan agregat berlumpur serta efektivitas dari penggunaan *soil stabilizer* untuk memperbaiki kekuatan beton dengan agregat berlumpur tersebut. Terstabilisasinya lumpur yang terkandung dalam agregat halus diharapkan dapat memperbaiki kuat tekan beton secara signifikan setelah penambahan *soil stabilizer*.

Lumpur sebagai zat pengganggu lekatan pasta semen dengan agregat yang digunakan adalah tanah liat atau lempung setelah melalui proses pengayaan ukuran 0,075 mm. Pengayaan dilakukan untuk menghindari adanya kandungan lain dalam lempung yang dapat menambah variabel penelitian. Bahan tambah *soil stabilizer* yang digunakan untuk penelitian ini adalah Difa *soil stabilizer* (Difa SS) dari PT. Difa Mahakarya.

## 2. METODE

Penelitian yang dilakukan berupa penelitian eksperimental dengan melakukan pengujian secara langsung untuk mengetahui efektivitas dari *soil stabilizer* pada beton yang dibuat dengan pasir berlempung. Penelitian dilakukan di Laboratorium Bahan Bangunan dan Laboratorium Mekanika Tanah, Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada.

Benda uji menggunakan silinder berukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Variasi yang digunakan meliputi beton normal, beton dengan kadar lempung pada pasir sebesar 10%, 20%, dan 30%, serta penggunaan *soil stabilizer* sebanyak 0 kg/m<sup>3</sup>, 1 kg/m<sup>3</sup>, dan 1,5 kg/m<sup>3</sup> untuk masing-masing kadar lempung. Setiap variasi diuji pada umur 7, 14, dan 28 hari dengan 3 silinder tiap pengujian, sehingga total silinder beton sebanyak 90. Detail penggunaan benda uji ditampilkan pada Tabel 1.

**Tabel 1** Detail Benda Uji Penelitian

Kode	Kadar lempung pada pasir %	<i>Soil stabilizer</i> kg/m <sup>3</sup>	Jumlah benda uji		
			7 hari	14 hari	28 hari
N	0	0	3	3	3
L10-SS0	10	0	3	3	3
L10-SS1	10	1	3	3	3
L10-SS1.5	10	1,5	3	3	3
L20-SS0	20	0	3	3	3
L20-SS1	20	1	3	3	3
L20-SS1.5	20	1,5	3	3	3
L30-SS0	30	0	3	3	3
L30-SS1	30	1	3	3	3
L30-SS1.5	30	1,5	3	3	3
Total benda uji			30	30	30

### Material dan perancangan beton

Untuk memastikan telah memenuhi standar teknis, karakteristik agregat halus dan agregat kasar diuji terlebih dahulu. Selain itu, lempung yang digunakan juga diuji sifat fisiknya untuk mengetahui jenis yang digunakan. Acuan prosedur pengujian karakteristik material hingga pengujian beton berdasarkan SNI ditunjukkan pada Tabel 2.

Sementara itu, perancangan *mix design* meliputi:

- Kuat tekan beton yang disyaratkan pada umur 28 hari sebesar 25 MPa.
- Nilai faktor air semen (FAS) yang digunakan dalam perancangan adalah 0,45.
- Jenis semen yang digunakan berupa semen portland komposit atau *Portland Composite Cement* (PCC) tipe 1.
- Tanah dan *soil stabilizer* dicampur bersamaan dengan material penyusun beton lain (*soil stabilizer* dilarutkan dalam air untuk campuran).

Kuat tekan beton diuji pada umur yang berbeda untuk melihat efek dari lempung dan bahan tambah *soil stabilizer* terhadap pengerasan awal beton. Pengujian kuat tekan silinder menggunakan alat dengan ketelitian gaya tekan sebesar 5 kN. Pada penelitian ini, benda uji normal dibuat sebagai kontrol. Contoh pengujian tekan ditunjukkan pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Contoh Pengujian Tekan Silinder Beton

**Tabel 2** Acuan Standar Prosedur Penelitian

Prosedur	Standar aturan	Pembuatan proporsi agregat campuran	SNI 03-2834-2000
Pengujian kadar air agregat halus dan agregat kasar	SNI 03-1971-1990	Pengujian berat jenis tanah	SNI 1964:2008
Pengujian berat jenis agregat halus dan agregat kasar	SNI 1970:2008	Pengujian batas cair dan indeks aliran tanah	SNI 1967:2008
Pengujian berat satuan agregat halus	SNI 03-4804-1998	Pengujian batas plastis dan indeks plastisitas tanah	SNI 1966:2008
Pengujian gradasi agregat halus dan agregat kasar	SNI 03-1968-1990	Pengujian batas susut tanah	SNI 3422:2008
Pengujian kandungan zat organik dalam agregat halus	SNI 03-2816-1992	Pengujian distribusi ukuran tanah	SNI 3423:2008
Pengujian kandungan lumpur dalam agregat halus dan agregat kasar	SNI 03-4142 1995	Perancangan <i>mix design</i>	SNI 03-2834-2000
Pengujian berat satuan agregat kasar	SNI 03-4804-1998	Pengujian nilai <i>slump</i>	SNI 03-1972-1990
Pengujian ketahanan aus agregat kasar dengan mesin Los Angeles	SNI 2417:2008	Metode perawatan beton	SNI 2493:2011
		Pembuatan kaping beton	SNI 6369:2008
		Pengujian kuat tekan silinder beton	SNI 1974:2011

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Beton normal tersusun dari semen, air, agregat halus, dan agregat kasar. Sementara untuk variasi beton ditambahkan *soil stabilizer* dan sebagian pasir diganti lempung pada kadar tertentu. Hasil pengujian karakteristik agregat halus dan agregat kasar berturut-turut ditampilkan pada Tabel 3 dan Tabel 4. Berdasarkan pengujian yang dilakukan, agregat halus dan agregat kasar

memenuhi kriteria untuk digunakan sebagai bahan campuran beton.

Sementara itu, hasil pengujian lempung ditampilkan pada Tabel 5. Agar tidak mengganggu proses hidrasi, lempung dibuat dalam kondisi jenuh serta dilakukan *trial mix* untuk mendapatkan nilai *slump* yang mirip dengan *slump* beton normal. Digunakan lempung dalam kondisi jenuh air pada kadar air sebesar 100%.

**Tabel 3** Karakteristik Agregat Halus

Karakteristik	Hasil/nilai	Standar hasil	Acuan nilai standar	Keterangan
Berat jenis	2,71			
Kadar air kondisi SSD	1,68%	<5%	(Hidayat dkk., 2021)	Normal
Berat satuan	1,54 g/cm <sup>3</sup>	1,52—1,68 g/cm <sup>3</sup>	(Mehta dan Monteiro, 2006)	Normal
Gradasi (MHB)	2,72	1,8—3,8	SK SNI S-04-1989-F	Kehalusan sedang
Pemeriksaan kandungan zat organik	Air diatas endapan lebih cerah	Air diatas endapan harus lebih cerah	SNI 03-2816-1992	Memenuhi syarat
Kandungan lumpur	2,056%	<5%	SK SNI S-04-1989-F	Memenuhi syarat

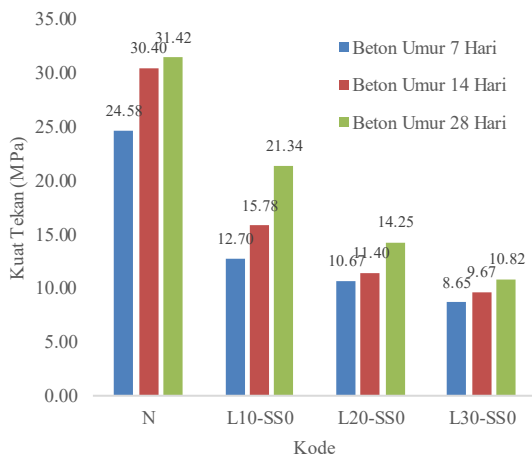
**Tabel 4** Karakteristik Agregat Kasar

Karakteristik	Hasil/nilai	Standar hasil	Acuan nilai standar	Keterangan
Berat jenis	2,66	2,50—2,70	SK SNI T-15-1991-01	Normal
Kadar air kondisi SSD	2,14%	<5%	(Hidayat dkk., 2021)	Normal
Berat satuan	1,41 g/cm <sup>3</sup>	1,40—1,80 g/cm <sup>3</sup>	(Mindess dkk., 2003)	Normal
Gradasi (MHB)	6,64	6—7,1	SK SNI S-04-1989-F	Normal
Ketahanan aus dengan mesin Los Angeles	Bagian hancur 21,30%	Bagian hancur <27%	SK SNI S-04-1989-F	Memenuhi syarat

**Tabel 5** Karakteristik Lempung

Pengujian	Hasil/nilai
Berat jenis lempung	2,25
Berat jenis pasir dengan lempung 10%	2,62
Berat jenis pasir dengan lempung 20%	2,58
Berat jenis pasir dengan lempung 30%	2,53
Batas cair tanah	105,38%
Indeks aliran tanah	36,66
Batas plastis tanah	44,44%
Indeks plastisitas	60,95
Batas susut tanah	9,81%
Klasifikasi lempung berdasarkan ASTM (1995)	CH (lempung dengan plastisitas tinggi)
Kelompok lempung (USCS)	Lempung gemuk

Berdasarkan hasil pengujian yang tertera pada Gambar 2, pada umur 7 hari kuat tekan beton normal yang berperan sebagai kontrol sudah mencapai 24,58 MPa. Peningkatan kandungan lempung pada agregat halus menurunkan kuat tekan secara signifikan, semakin tinggi kadar lempung pada pasir, kuat tekan yang dihasilkan akan semakin kecil.



**Gambar 2.** Pengaruh Kadar Lempung terhadap Kuat Tekan Beton

Hasil yang serupa terjadi pada penelitian Romadhon (2021). Untuk kandungan lumpur

10%, pada penelitian Romadhon kuat tekan beton turun sebesar 64,23%, sedangkan pada penelitian yang dilakukan kuat tekan beton turun sebesar 48,34%. Sementara untuk kadar lumpur yang lebih tinggi, yaitu pada 25%, kuat tekan pada penelitian Romadhon turun sebesar 71,54%, sedangkan pada penelitian yang dilakukan, penambahan lempung pada kadar 20% mengalami penurunan 56,58% dan pada kadar lempung 30% hanya mengalami penurunan 64,79%. Kuat tekan yang didapatkan dari penelitian yang dilakukan lebih baik dibandingkan dengan penelitian Romadhon (2021), bahkan untuk kadar lempung yang lebih tinggi.

Untuk mengetahui perilaku perkembangan kuat tekan beton normal dan beton dengan pasir berlempung, setiap variasi juga diuji kuat tekannya pada umur 14 hari. Pada pengujian hari ke 14 ini, beton normal sebagai kontrol sudah mencapai kekuatan rata-rata 30,40 MPa, yang berarti kekuatan rencana sebesar 25 MPa sudah terlampaui. Sama seperti pengujian umur 7 hari, seiring penambahan kadar lempung, kuat tekan beton semakin berkurang. Selain itu, peningkatan kuat tekan beton yang menggunakan pasir berlempung ini lebih kecil dibandingkan beton normal. Beton normal mengalami kenaikan kuat tekan sebesar 5,82 MPa dari umur 7 ke 14 hari,

sedangkan untuk beton dengan pasir berlumpur hanya mengalami kenaikan 3,08 MPa, 0,73 Mpa, dan 1,01 MPa untuk kadar lumpur 10%, 20%, dan 30% berturut-turut. Hal ini menunjukkan lempung yang terkandung dalam pasir mengganggu proses pengerasan beton hingga umur ke-14 hari. Pengujian terakhir beton, yaitu pada umur 28 hari. Pada umur 28 hari, kuat tekan beton yang menggunakan agregat berlumpur mulai naik signifikan, berbanding terbalik dengan beton normal. Pada beton normal, kenaikan kuat tekan dari umur 14 ke 28 hari hanya 1,02 MPa, sedangkan untuk beton dengan pasir berlumpur mengalami kenaikan 5,56 MPa, 2,85 Mpa, dan 1,15 MPa untuk kadar lempung 10%, 20%, dan 30% berturut-turut. Hal ini berarti proses pengikatan antara pasta semen dengan agregat baru mulai terbentuk. Meskipun naik signifikan pada umur 28 hari, kuat tekan beton dengan kadar lempung tinggi tetap mengalami penurunan yang besar dibandingkan beton normal. Kuat tekan beton normal tercapai 31,42 MPa. Sementara itu, Pada kadar lempung 10%, kuat tekan beton menjadi 21,34 MPa, sedangkan untuk kadar lempung 20% menjadi 14,25 MPa, dan pada kadar lempung 30% diperoleh 10,82 MPa. Hasil penelitian yang didapatkan sesuai dengan penelitian Romadhon (2022). Untuk kandungan lumpur 10%, kuat tekan beton pada penelitian Romadhon turun 37,39%, sedangkan penurunan kuat tekan beton pada penelitian yang dilakukan sebesar 32,07%. Sementara untuk kadar lumpur yang 25%, kuat tekan beton hasil dari penelitian Romadhon turun sebesar 58,97%, sedangkan pada penelitian yang dilakukan, penambahan lempung pada kadar 20% mengalami penurunan 54,63% dan pada kadar lempung 30% mengalami penurunan 65,56%.

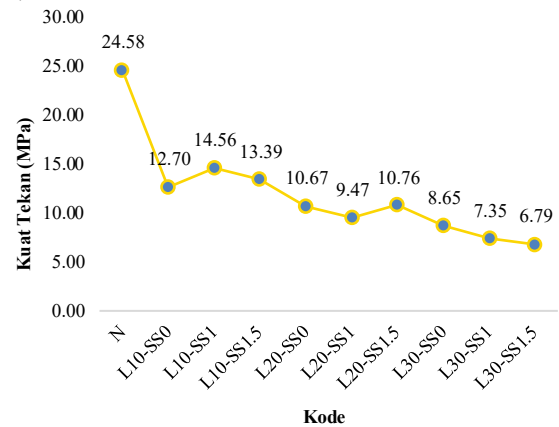
### Efektivitas *soil stabilizer* terhadap kuat tekan beton dengan pasir berlumpur

Selain melihat pengaruh dari kandungan lempung pada agregat halus terhadap kuat tekan beton, penelitian ini juga menguji efektivitas penambahan bahan tambah *soil stabilizer* terhadap kuat tekan beton yang menggunakan agregat dengan kandungan lempung tinggi. Grafik perbandingan pengujian efektivitas *soil stabilizer* ditampilkan per umur pengujian.

#### Efektivitas *soil stabilizer* pada umur 7 hari

Pada pengujian umur 7 hari, dosis optimal penggunaan *soil stabilizer* berbeda untuk tiap

kandungan lempung, sesuai dengan Gambar 3. Pada kadar lempung 10%, dosis penggunaan *soil stabilizer* yang paling efektif adalah 1 kg/m<sup>3</sup> dengan peningkatan kuat tekan sebesar 15% dari tanpa penggunaan *soil stabilizer*. Sementara untuk kadar lempung 20%, dosis yang paling optimal adalah 1,5 kg/m<sup>3</sup> dengan penambahan 1% dibandingkan tanpa penggunaan *soil stabilizer*. Sementara itu, untuk kadar lempung 30%, penggunaan *soil stabilizer* 0 kg/m<sup>3</sup> atau tanpa penambahan zat aditif justru memiliki kuat tekan yang paling baik, dengan kuat tekan diperoleh 8,65 MPa.

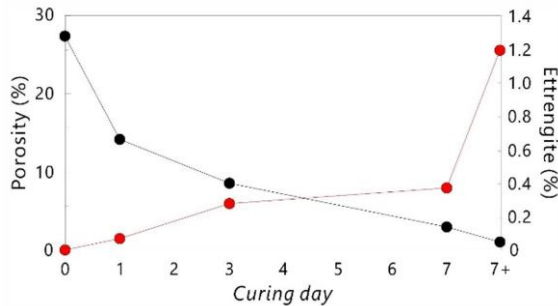


**Gambar 3.** Grafik Pengujian Kuat Tekan Umur 7 Hari

Hasil yang didapatkan berdasarkan penelitian di atas sedikit berbeda dibandingkan penelitian yang dilakukan oleh Nusantoro dan Pambudi (2021), terutama pada kadar lempung yang tinggi, yaitu pada kadar 20% dan 30%. Berdasarkan penelitian Nusantoro dan pambudi, penambahan *soil stabilizer* meningkatkan kuat tekan mortar pada semua kadar lumpur pada umur 7 hari. Penambahan paling besar untuk kadar lumpur 6,7% didapatkan pada dosis *soil stabilizer* sebesar 1,75% kadar semen dengan peningkatan kuat tekan 0,64 MPa. Sementara pada kadar lumpur 14,87%, dosis optimal *soil stabilizer* sebesar 1,5% kadar semen dengan peningkatan 0,5 MPa.

Penambahan *soil stabilizer* seharusnya dapat memperbaiki kuat tekan beton dengan cara menyebabkan *leaching* pada mineral lempung ditambah dengan proses hidrolisis air dan semen akan membentuk kristal *ettringite* dan *gibbsite*. Namun, pada pengujian awal, penambahan *soil stabilizer* pada kadar lempung 20% dan 30% tidak terlalu memperbaiki keadaan atau bahkan efektivitasnya lebih kecil dibandingkan tanpa

penambahan *soil stabilizer*. Hal ini kemungkinan terjadi karena *ettringite* belum terbentuk dan belum mengisi pori rongga tanah. Seperti yang ditunjukkan grafik pada Gambar 4, mineral *ettringite* dan *gibbsite* (diwakili data persentase *ettringite*) terbentuk dengan lebih cepat di umur perawatan lebih dari 7 hari.



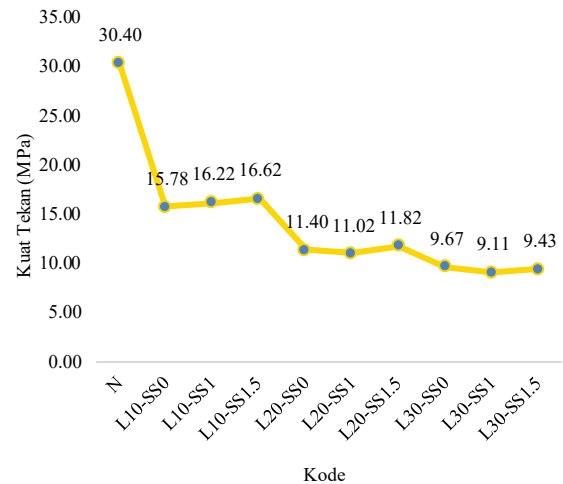
**Gambar 4.** Korelasi Negatif Porositas dengan Kadar Mineral Ettringite pada Tanah Berdasarkan Waktu Curing (Sumber: Mahakarya, 2018)

#### Efektivitas *soil stabilizer* pada umur 14 hari

Sama seperti pengujian pengaruh lempung terhadap kuat tekan beton, untuk mengetahui perkembangan kekuatan beton, setiap variasi juga diuji kuat tekannya pada umur 14 hari. Sedikit berbeda dari pengujian 7 hari, pada hari ke-14, efektivitas *soil stabilizer* tiap dosis pada kadar lempung tertentu dapat berubah. Hasil pengujian variasi pada pengujian umur 14 hari ditunjukkan pada Gambar 5.

Pada kadar lempung 10%, *soil stabilizer* dengan dosis 1,5 kg/m<sup>3</sup> memiliki kuat tekan paling tinggi, yaitu 16,62 MPa atau meningkat 5% dari tanpa penggunaan *soil stabilizer*. Seperti halnya pada kadar lempung 20%, dosis efektif *soil stabilizer* berubah menjadi 1 kg/m<sup>3</sup> dengan kekuatan tekan 11,82 MPa, meningkat 4%. Sementara untuk kadar lempung 30% masih sama, tanpa penggunaan *soil stabilizer* memiliki kuat tekan tertinggi, yaitu 9,67 MPa, tetapi selisih yang didapatkan lebih kecil dibandingkan ketika pengujian umur 7 hari. Pada kadar lempung 30%, kenaikan kuat tekan dengan penambahan *soil stabilizer*, baik pada dosis 1 kg/m<sup>3</sup> maupun 1,5 kg/m<sup>3</sup>, mengalami kenaikan kuat tekan yang lebih signifikan dibandingkan tanpa penambahan *soil stabilizer*. Kenaikan dengan penambahan 1,5 kg/m<sup>3</sup> dan 1 kg/m<sup>3</sup> berturut-turut sebesar 24,0% dan 38,9%, sedangkan tanpa penambahan *soil stabilizer* hanya mengalami kenaikan 11,7%. Hal ini bisa berarti bahwa *ettringite* dan *gibbsite* dari proses *leaching* pada permukaan mineral tanah

lempung sudah mulai terbentuk dan menutup pori pada beton.

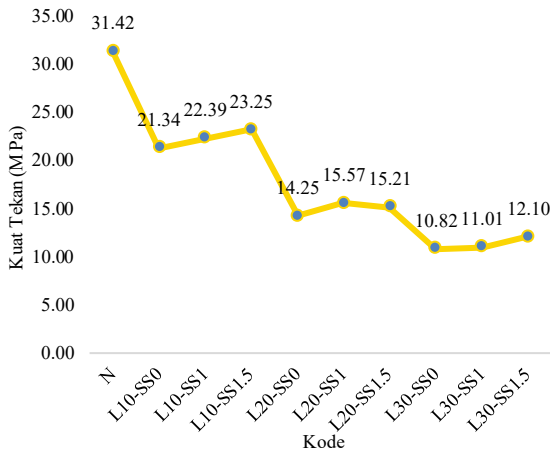


**Gambar 5.** Grafik pengujian Kuat Tekan Umur 14 Hari

Hasil yang didapatkan berdasarkan penelitian di atas sudah mendekati penelitian yang dilakukan oleh Nusantoro dan Pambudi (2021). Namun, pada penelitian Nusantoro dan Pambudi (2021), dosis optimal *soil stabilizer* di pengujian umur 7 hari dan 14 hari tidak berubah. Penambahan paling besar untuk kadar lumpur 6,7% didapatkan pada dosis *soil stabilizer* 1,75% kadar semen dengan peningkatan kuat tekan 1,24 MPa. Sementara pada kadar lumpur 14,87%, dosis optimal *soil stabilizer* sebesar 1,5% kadar semen dengan peningkatan 1,21 MPa. Hasil penelitian Nusantoro dan Pambudi juga menunjukkan apabila peningkatan kuat tekan dengan penambahan *soil stabilizer* belum signifikan hingga pada pengujian umur 14 hari.

#### Efektivitas *soil stabilizer* pada umur 28 hari

Seperti halnya pada pengujian sebelumnya, walaupun tidak terlalu signifikan, penambahan *soil stabilizer* juga memiliki pengaruh terhadap kuat tekan pada kadar lempung yang sama. Tidak seperti pada pengujian umur 7 dan 14, pada umur 28 hari, penambahan *soil stabilizer* memberikan dampak yang positif terhadap kuat tekan beton pada semua kadar lempung, termasuk pada kadar lempung 20% dan 30%. Hasil pengujian variasi pada pengujian umur 28 hari ditunjukkan pada Gambar 6.



**Gambar 6.** Hasil Pengujian Kuat Tekan Umur 28 Hari

Hasil yang didapatkan berdasarkan penelitian sudah sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Nusantoro dan Pambudi (2021). Penambahan paling besar untuk kadar lumpur 6,7% didapatkan pada dosis *soil stabilizer* sebesar 1,75% kadar semen dengan peningkatan kuat tekan 1,17 MPa. Sementara pada kadar lumpur 14,87%, dosis optimal *soil stabilizer* sebesar 1,5% kadar semen dengan peningkatan 1,40 MPa. Peningkatan kuat tekan yang diperoleh pun juga hampir sama dengan penelitian yang dilakukan. Peningkatan kuat tekan maksimum yang diperoleh pada kadar lumpung 10% adalah sebesar 9%, sedangkan pada kadar lumpung 20% peningkatan kuat tekan tertinggi sebesar 9%. Begitu juga pada kadar lumpung 30%, peningkatan kuat tekan maksimum adalah 12%.

Di umur 28 hari ini, mineral *ettringite* dan *gibbsite* dari hasil proses hidrolisis dan *leaching* pada mineral lumpung dari reaksi *soil stabilizer* dengan pasta semen sudah terbentuk serta menutup pori pada beton, sehingga terjadi peningkatan kuat tekan. Pada pengujian umur 28, penggunaan *soil stabilizer* meningkatkan kuat tekan beton lebih baik dibandingkan tanpa penggunaan *soil stabilizer*. Pada umur 28 ini merupakan penentuan dosis optimal *soil stabilizer* jika akan digunakan sebagai bahan tambahan campuran pada beton yang memakai pasir dengan kandungan lumpung tinggi. Dosis optimal pasir dengan kandungan lumpung 10% dan 30% adalah sebesar 1,5 kg/m<sup>3</sup>. Sementara untuk kandungan lumpung 20%, dosis optimal *soil stabilizer* adalah 1 kg/m<sup>3</sup>.

Penggunaan *soil stabilizer* pada akhirnya memang dapat meningkatkan kuat tekan beton

yang menggunakan agregat berlempung. Namun, peningkatan yang diberikan terbilang kecil. Beton normal tanpa kandungan lumpung dapat mencapai kuat tekan 31,42 MPa pada 28 hari. Dengan adanya kadar lumpung sebesar 10%, kuat tekan yang diperoleh adalah 21,34 Mpa. Sementara itu, setelah penambahan *soil stabilizer*, kuat tekan tertinggi yang dihasilkan adalah 23,25 MPa atau meningkat 9%. Begitu pula pada kadar lumpung 20% dan 30%. Semakin tinggi kadar lumpung pasir, kenaikan yang diperoleh dari penambahan *soil stabilizer* semakin kecil. Pada kadar lumpung 20%, tanpa penambahan *soil stabilizer* diperoleh kuat tekan sebesar 14,25 MPa, kemudian setelah penambahan *soil stabilizer* maksimum naik 9% menjadi 15,57 MPa. Sementara pada kadar lumpung 30%, tanpa bahan tambah *soil stabilizer* kuat tekan diperoleh 10,82 MPa dan maksimum naik 12% menjadi 12,10 MPa.

Berdasarkan hasil pengujian yang didapatkan dan selisih tinggi grafik tiap variabel pada Gambar 6, kadar lumpung pada pasir sangat memengaruhi kuat tekan beton. Setelah penambahan zat aditif *soil stabilizer*, kuat tekan maksimal yang diperoleh tidak jauh berbeda dibandingkan tanpa penambahan. Dengan demikian, pembuatan beton dengan agregat berlempung tetap tidak disarankan, meskipun dengan penambahan zat aditif *soil stabilizer*, terutama pada kandungan lumpung melebihi 10%, jika metode penyampuran *soil stabilizer* dan lumpung dengan material pembuatan beton lain dilakukan bersamaan..

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian didapatkan bahwa kadar lumpung pada pasir memengaruhi kuat tekan beton secara signifikan. Semakin tinggi kadar lumpung pada pasir, kuat tekan yang diperoleh semakin kecil.

Efektivitas *soil stabilizer* belum terlihat pada pengujian umur 7 dan 14 hari terutama pada kadar lumpung yang sangat tinggi, yaitu 20% dan 30%. Penentuan dosis *soil stabilizer* yang paling optimal untuk ditambahkan pada campuran diambil pada pengujian umur 28 hari. Pada kadar lumpur 10%, didapatkan kuat tekan tertinggi pada penambahan *soil stabilizer* 1,5 kg/m<sup>3</sup> dengan kenaikan kuat tekan 1.91 MPa atau 9%. Sementara untuk kadar lumpung 20% didapatkan pada penambahan *soil stabilizer* 1 kg/m<sup>3</sup> dengan kenaikan 1,32 MPa atau 9%. Terakhir untuk kadar lumpung 30%, kuat tekan maksimal dicapai ketika

penambahan *soil stabilizer* 1,5 kg/m<sup>3</sup> dengan kenaikan 1,28 MPa atau 12%.

Meskipun pada akhirnya dapat meningkatkan kuat tekan, tetapi kenaikan yang terjadi tidak signifikan. Oleh karena itu, penggunaan pasir dengan kadar lempung tinggi tetap tidak direkomendasikan walaupun dengan penambahan *soil stabilizer*. Untuk mendapatkan hasil yang berbeda, semen jenis *ordinary portland cement* (OPC) atau *portland cement* (PC) direkomendasikan untuk dicoba apabila ingin dilakukan penelitian serupa. Selain itu, metode pencampuran beton dapat diubah dengan mencampurkan *soil stabilizer* pada tanah (tanah distabilkan) terlebih dahulu, kemudian dilanjutkan dengan pencampuran bahan penyusun beton yang lain.

## 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada yang telah memberikan dukungan berupa dana hibah sehingga penelitian dapat berjalan lancar. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada PT. Difa Mahakarya yang telah memberikan dukungan berupa material *soil stabilizer*.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- Antonia, E.J., Gawei, A.B.P., Meilawaty, O., Waluyo, R., Lendra, 2023. *Analisis Kuat Tekan Beton Menggunakan Agregat Lokal di Kecamatan Tewah Kabupaten Gunung Mas*. Jurnal Serambi Engineering 8, 7541–7546.
- Badan Standardisasi Nasional, 2013. *SNI 2847:2013: Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan*. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional, 1992. *SNI 03-2816-1992: Metode Pengujian Kotoran Organik dalam Pasir untuk Campuran Mortar atau Beton*. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional, 1991. *SK SNI T-15-1991-01: Beton Normal, yaitu Beton yang Mempunyai Berat Isi 2.200–2.500 kg/m<sup>3</sup>*. Bandung.
- Badan Standardisasi Nasional, 1989. *SK SNI S-04-1989-F: Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A (Bahan Bangunan Bukan Logam)*. Jakarta.
- Cozy, Z., Saelan, P., 2019. *Tinjauan Ulang Mengenai Kadar Maksimum Lumpur Pasir dalam Campuran Beton Cara SNI*. RekaRencana: Jurnal Teknik Sipil 5, 64–73.
- Elahi, A., Ali, A., 2017. *Effect of Clay on Properties of Concrete*, dalam: *Proceedings of International Structural Engineering and Construction*. ISEC Press, Valencia, hlm. 1–6.
- Hasibuan, W.S., Siswanto, A., Teddy, L., 2020. *Upaya Mitigasi Bencana Pada Pemukiman di Wilayah Rawan Gempa di Indonesia*, dalam: *Seminar Nasional AVoER XII*. Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya, Online, hlm. 569–572.
- Hidayat, N.A., Herlina, N., Nursani. Rosi, 2021. *Analisa Karakteristik Kuat Tekan Beton Fc' 25 MPa dengan Menggunakan bahan Tambah Gula Merah*. Akselerasi: Jurnal Ilmiah Teknik Sipil 3, 1–11.
- Kalooop, M.R., Kumar, D., Samui, P., Hu, J.W., Kim, D., 2020. *Compressive strength prediction of high-performance concrete using gradient tree boosting machine*. Constr Build Mater 264, 120198.  
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.120198>
- Mehta, P.K., Monteiro, P.J.M., 2006. *Concrete: Microstructure, Properties, and Materials*, 4 ed. McGraw-Hill Education, New York.
- Mindess, S., Young, J.F., Darwin, D., 2003. *Concrete*, 2 ed. Pearson Education, Upper Saddle River.
- Nusantoro, A., Pambudi, F.S., 2021. *Kajian Kuat Tekan Mortar Pasir Sungai Berlumpur dengan Menggunakan Bahan Tambah DIFA Soil Stabilizer*. Jurnal Konstruksia 12, 14–23.
- PT. Difa Mahakarya, 2018. *Profil Produk DIFA 2018*, 1 ed. PT. Difa Mahakarya, Sleman.
- Romadhon, E.S., 2019. *Pengaruh Lumpur pada Pasir Terhadap Kekuatan Tekan Beton*. Jurnal Teknik Sipil-Arsitektur 20, 25–34.
- Setiawan, N., Krismawati, D., Pramana, S., Tanur, E., 2022. *Klasterisasi Wilayah Rentan Bencana Alam Berupa Gerakan Tanah dan Gempa Bumi Di Indonesia*, dalam: *Seminar Nasional Official Statistics*. Politektik Statistika STIS, Jakarta, hlm. 669–676.
- Sujatmiko, B., 2019. *Teknologi Beton dan Bahan Bangunan*, 1 ed. MediaSahabat Cendekia, Surabaya.