

IDENTIFIKASI JUMLAH CaO_{free} DALAM CAMPURAN BETON DENGAN MENGGUNAKAN AGEN POZZOLANIK

Ernesto Silitonga

Universitas Negeri Medan, Medan, Indonesia, 20221

email : ernestosilitonga@unimed.ac.id

ABSTRAK, Campuran pozzolanik seperti abu terbang, Silica Fume dll telah dikenal dapat memberikan peningkatan performa dalam penggunaannya pada beton ataupun stabilisasi tanah. Reaksi pozzolanik memerlukan beberapa elemen primer untuk dapat bereaksi secara maksimal dan memberikan peningkatan performa tambahan. CaO_{free} merupakan salah satu dari elemen primer tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan persentase CaO_{free} yang tersedia untuk reaksi pozzolanik. Campuran pozzolanik yang dipergunakan adalah dua jenis abu terbang dengan karakteristik fisik dan kimia yang berbeda. Performa fisik dan kimia dari dua jenis abu terbang tersebut dipaparkan dalam makalah ini. Selain abu terbang, kapur dan semen yang digunakan merupakan type yang biasa digunakan dalam pekerjaan beton. Berdasarkan hasil yang didapatkan bahwa abu terbang yang memiliki persentase dari SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 yang lebih tinggi memperlihatkan persentase CaO_{free} yang lebih tinggi dan akan memberikan peningkatan performa yang lebih baik.

Kata Kunci:

Abu terbang, CaO_{free} , karakteristik fisik, karakteristik mineralogi

PENDAHULUAN

Penggunaan campuran alternatif dalam meningkatkan performa telah lama direalisasikan oleh peneliti. Salah satu dari campuran yang dapat meningkatkan performa ini adalah campuran pozzolanik. Jenis campuran alternatif ini telah dikenal akan kemampuannya dalam meningkatkan performa mekanik pada bidang beton. Selain dalam beton, beberapa penelitian yang telah dilakukan memperlihatkan bahwa campuran pozzolanik dapat membantu stabilisasi tanah bermasalah. Salah satu pekerjaan stabilisasi tanah bermasalah direalisasikan oleh Silitonga dimana pada penelitian ini, peneliti menggunakan limbah pelabuhan hasil pekerjaan pengerukan dari pelabuhan dengan menggunakan kapur dan semen sebagai campuran, hasil penelitian memperlihatkan bahwa sedimen terkontaminasi setelah distabilisasi dengan kapur dan semen memperlihatkan peningkatan performa untuk digunakan sebagai material pengganti dalam pekerjaan pembangunan jalan (Mezazigh dkk, 2012) (Silitonga, 2017)^{1,2} Tanah-tanah dengan tingkat kontaminasi yang tinggi memiliki karakter yang membuat tanah tersebut sukar untuk distabilisasi oleh campuran hidrolik biasa seperti contohnya semen dan kapur. (Silitonga, 2017)³ (Silitonga' 2016)¹ Hal ini disebabkan oleh polutan-polutan dari tersebut menghambat reaksi hidratisasi semen atau kapur. Hasil percobaan yang direalisasikan oleh Silitonga memperlihatkan daya tekan pada stabilisasi sedimen hasil pekerjaan pengerukan terkontaminasi logam berat memperlihatkan peningkatan yang cukup signifikan apabila ditambah Silica Fume (Silitonga' 2016)^{2,3} Pada penelitian ini, campuran pozzolanik yang digunakan adalah Abu terbang. Campuran pozzolanik ini telah digunakan dalam berbagai penelitian. Penelitian yang direalisasikan oleh Silitonga, (Silitonga' 2014)⁴ (Silitonga dkk, 2010)¹ dalam menstabilisasi limbah pelabuhan dari pelabuhan yang terkontaminasi oleh logam berat. Pada penelitian ini, abu terbang yang khusus diproduksi untuk keperluan pekerjaan stabilisasi. Penelitian dengan menggunakan campuran pozzolanik lainnya (Silica Fume) telah dilakukan oleh Silitonga (Silitonga' 2010)² (Silitonga' 2016)³ (Silitonga' 2014) Pada penelitian ini Silitonga menstabilisasi sedimen sangat terkontaminasi logam berat memperlihatkan bahwa, penambahan Silica Fume dengan dosis tertentu, tidak hanya meningkatkan karakteristik geoteknik dari bahan tersebut akan tetapi juga dapat menurunkan kadar polutan logam berat yang berada dalam sedimen hasil pekerjaan

pengerukan tersebut. (Silitonga, dkk, 2014) (Silitonga dkk, 2015)¹ Berdasarkan hasil penelitian yang menggunakan stabilisasi tanah dengan Silica Fume (Silitonga 2017)⁴ dan (Silitonga 2017)⁵ (Silitonga 2008)⁴ (Silitonga 2009) penurunan yang signifikan terlihat pada persentase elemen-elemen logam berat

MATERIAL

Pada penelitian ini digunakan dua jenis Abu terbang yang berbeda, yaitu Sodeline dan Soproline. Dua jenis Abu terbang ini dapat dikategorikan sebagai Abu terbang jenis Alumino-Silikat yang berasal dari pembakaran batubara dengan metode Circulating Fluidized Bed. Dua jenis abu terbang ini berasal dari tambang batubara yang berbeda. Oleh karena itu diprediksi ukuran partikel dan karakteristik mineralogy dari dua jenis abu terbang ini akan berbeda.

HASIL PERCOBAAN DAN ANALISA

A. Distribusi ukuran partikel dari Abu Terbang

Dalam upaya mendefinisikan distribusi ukuran partikel abu terbang, disebabkan oleh ukuran partikel yang sangat kecil dari abu terbang ($< 2 \mu\text{m}$) maka alat laser diffractometer Coulter LS200 harus digunakan. Dengan menggunakan alat ini, peneliti dapat mengidentifikasi ukuran partikel sampai dengan ukuran $< 2 \mu\text{m}$.

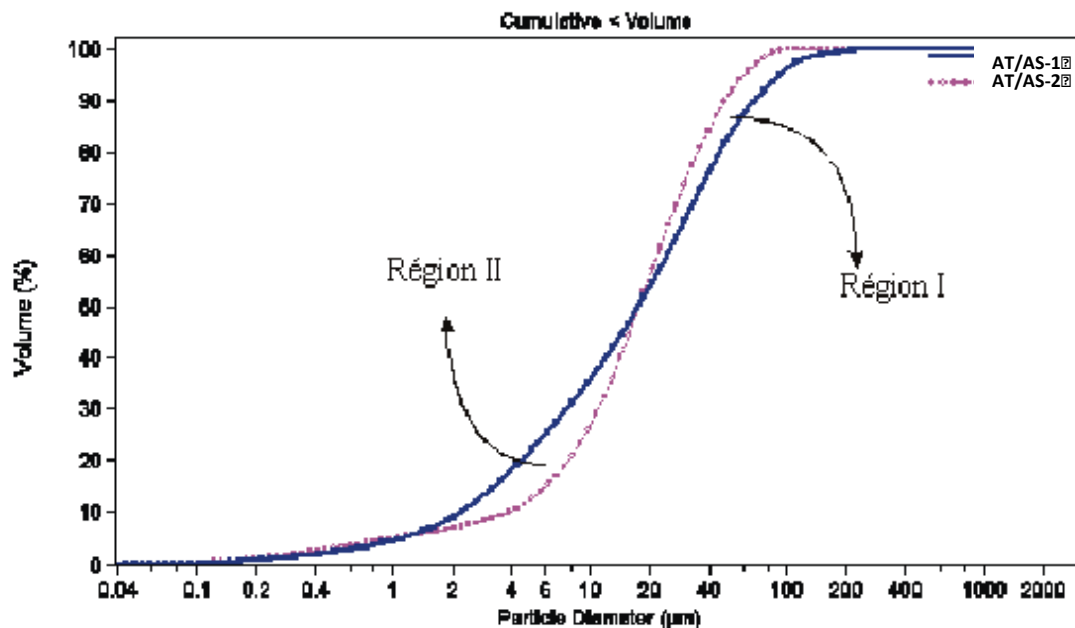
Hasil percobaan Laser Granulometrie diperlihatkan pada GAMBAR 1, Hasil memperlihatkan bahwa partikel yang membentuk dua jenis abu terbang semuanya memiliki diameter antara $0,04 \mu\text{m}$ dan $300 \mu\text{m}$. Sodeline memiliki persentase distribusi partikel mayoritas diwakili oleh ukuran diameter $34 \mu\text{m}$, dan untuk Soproline memiliki persentase distribusi partikel mayoritas diwakili oleh ukuran diameter dan $18 \mu\text{m}$. Kurva pada Gambar 1 menunjukkan dua wilayah yang mewakili perbedaan antara dua jenis Abu Terbang yg berbeda (Sodeline dan Soproline). Wilayah 1 ($1,5 \mu\text{m} - 18 \mu\text{m}$), pada wilayah ini dapat dilihat bahwa Sodeline memiliki persentase volume yang lebih tinggi dibanding Soproline. Pada Wilayah 2 ($20 \mu\text{m} - 160 \mu\text{m}$) Sodeline memiliki persentase volume lebih rendah dibanding Soproline. Hasil Laser Granulometri ini memperlihatkan bahwa Sodeline memiliki lebih banyak partikel dengan diameter seperti silts, clays, dan koloid, sedangkan Soproline di sisi lain, Soproline mengandung lebih banyak partikel besar ($> 20 \mu\text{m}$) daripada Sodeline. Berdasarkan hasil ini berarti dapat disimpulkan bahwa Sodeline memerlukan rasio W / C yang lebih tinggi, dan Soproline akan kurang tahan terhadap serangan sulfat daripada Sodeline. Seperti yang telah diketahui bahwa rasio air dan semen yang lebih tinggi, ini memungkinkan hidrasi medium berpori dan pembentukan kristal besar kalsium hidroksida dan ettringit, senyawa yang bertanggung jawab atas pembengkakan / perluasan mortar. Kecilnya diameter partikel adalah salah satu karakteristik fisik utama fly ash. Jika kita menambahkan bentuknya, mereka memiliki pengaruh besar pada penanganan dan reaksi pozzolanic. Semakin halus butirannya, semakin besar kemampuan kerja campuran, dan semakin banyak reaksi pozzolanic yang akan meningkat

B. Karakteristik Mineralogi

Percobaan identifikasi karakteristik mineralogi dari Abu terbang direalisasikan dengan menggunakan X-Ray Powder Diffraction (XRD). Seperti yang telah diketahui bahwa abu terbang yang digunakan merupakan abu terbang Alumino-Silikat, yang berasal dari pembakaran Circulating Fluidized Bed pada suhu 850°C . Hasil XRD (TABEL 1) memperlihatkan bahwa abu terbang yang digunakan memiliki karakteristik mineralogi seperti karakteristik abu terbang bersifat silico-aluminous namun dengan tingkat belerang dan kapur yang lebih tinggi daripada abu konvensional. Hasil percobaan memperlihatkan bahwa perbedaan utama komposisi antara dua abu terbang yang terdiri dari persentase volume dari kandungan kalsium oksida, silika dan sulfat.

Hasil percobaan menunjukkan bahwa Soproline mengandung lebih banyak kapur (CaO), sedikit silika (SiO₂), dan lebih banyak sulfat (SO₃) dibanding Sodeline

GAMBAR 1. Distribusi partikel dari abu terbang Sodeline dan Soproline



TABEL 1. Karakteristik mineralog abu terbang

Parameter	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	MgO	CaO _{total}	SO ₃
Sodeline	47.3	7.09	21.63	3.32	8.52	4.02
Soproline	20.3	1.91	11.7	1.07	35.3	17.1

Seperti yang telah diketahui bahwa SiO₂, Fe₂O₃, Al₂O₃ dan CaO free sangat berperan dalam berhasilnya reaksi pozzolanik dalam memberikan Performa mekanik lebih baik. Berdasarkan Hasil ini dapat diprediksi bahwa Sodeline akan lebih reaktif dibanding Soproline. Hal ini memperlihatkan bahwa Abu terbang Sodeline berdasarkan karakteristiknya mineralogi akan memberikan keunggulan dibanding Soproline.

C. Campuran Semen dan Kapur

Selain campuran pozzolanik seperti abu terbang, pada penelitian ini digunakan juga semen dan kapur. Tujuan menggunakan . Semen adalah sebagai sumber kekuatan untuk sampel dengan usia muda (7-14 hari). Seperti yang telah diketahui bahwa reaksi pozzolanik baru dapat memberikan kekuatan setelah usia sampel berusia 14 hari. Reaksi pozzolanik memerlukan waktu lama dalam membentuk CSH (calcium Silicate Hydrated) dan CAH (Calcium Aluminate Hydrated). Kedua elemen ini dipercaya mempunyai peranan dominan dalam memberikan kekuatan terhadap sampel. Untuk mengantisipasi lemahnya kekuatan sampel pada usia muda (7-14 hari) maka peneliti menggunakan type semen CEM I Portland 42,5R. Jenis semen ini kerap digunakan dalam pekerjaan konstruksi. Penggunaan semen ini diprediksi dapat meningkatkan kekuatan tekan pada sampel di usia muda.

Selain Semen, Kapur juga digunakan pada penelitian ini. Dua jenis kapur yang digunakan pada penelitian ini. Type kapur dibedakan berdasarkan reaktifitas kapur tersebut. Berdasarkan hasil pada TABEL @, LIM 2 menghasilkan temperatur yang selalu lebih tinggi dibanding LIM1. Berdasarkan hal ini dapat disimpulkan bahwa LIM2 lebih reaktif dibanding LIM1.

Reaktivitas ini sangat berpengaruh dalam berhasilnya reaksi pozzolanik dalam memberikan kekuatan sampel. Semakin reaktif kapur yang digunakan dapat membantu reaksi pozzolanik

TABEL 2. Hasil Percobaan reaktifitas Kapur.

Waktu	LIM1	LIM2
5 menit	43°C	65°C
10 menit	60°C	72°C
15 menit	63°C	74°C
20 menit	68°C	75°C

Reaktifitas kapur tersebut dapat diidentifikasi melalui percobaan dengan membandingkan waktu yang diperlukan berbanding dengan suhu yang dikeluarkan disaat hydratasi kapur tersebut. TABEL 2 memperlihatkan hasil percobaan reaktivitas tertentu memberikan hasil yang tidak umum untuk kapur yang digunakan dalam rekayasa jalan. Dua jenis kapur yang digunakan yaitu; Kapur pertama ini tercatat sebagai LM1 dalam penelitian ini, dibandingkan dengan kapur kedua yang tercatat sebagai LM2.

D. Campuran Semen dan Kapur

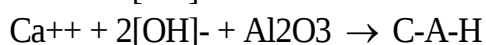
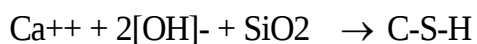
Persentase volume dari setiap campuran direalisasikan sesuai dengan kepentingan, contohnya peningkatan persentase Abu terbang direalisasikan untuk mengidentifikasi pengaruh yang diberikan abu terbang. Selain itu Formulasi campuran dapat dilihat pada TABEL 3. Pembuatan sampel yang hanya terdiri dari semen dan kapur tanpa adanya abu terbang, direalisasikan untuk menjadi tolak ukur dan dapat menjadi perbandingan disbanding sampel dengan abu terbang. Pada TABEL 3 diperlihatkan formulasi yang direalisasikan pada penelitian ini, dapat dilihat bahwa persentase Abu terbang yaitu 75-80% dan kapur 15% sementara semen sekitar 5%.

TABEL 3. Formulasi Campuran yang direalisasikan

	Sodeline	Soproline	LM1	LM2	Semen
SDL_80a	80	-	15	-	5
SDL_80a (LM2)	80	-	15	80	5
SDL_80b	-	80	15	-	5
SDL_75a	75	-	15	-	5
SDL_75b	-	75	15	-	5
SPRL_80a	-	80	15	-	5
SPRL_80b	-	80	15	-	5

E. Percobaan Uji CaO_{free}

Uji Chapelle menghitung jumlah CaO bebas yang tersedia untuk reaksi pozzolanik, dan dengan demikian menentukan konsentrasi ion hidroksida dari larutan. Dalam deskripsi asli dari uji Chapelle, solusinya diaduk pada suhu 1000C. Uji Chapelle merupakan suatu percobaan yang berguna untuk menghitung jumlah CaO bebas yang tersedia untuk reaksi pozzolanik. Reaksi tersebut menciptakan media yang sangat kuat yang membantu mengurangi keasaman bahan. Ini berarti pH meningkat dari 7 sampai 12 atau lebih. Hal ini sangat penting untuk membentuk reaksi pozzolanik, sesuai dengan hubungan berikut:



Hasil percobaan Chapelle test diperlihatkan pada TABEL 4. Pada TABEL 4, kita dapat melihat bahwa persentase CaO bebas untuk Soproline pada 48 jam lebih rendah daripada yang diperoleh pada 24 jam, perbedaan besar di antara keduanya, berarti reaksi pozzolanik untuk Soproline berlanjut sampai akhir. 24 jam. Memang semakin banyak reaksi berlanjut, dengan CaO kurang tersedia untuk reaksi pozzolanik. Sebaliknya, pada Gambar 4, persentase CaO bebas untuk Sodeline pada 24 jam dan 48 jam hampir sama, ini berarti bahwa reaksi Sodeline selesai setelah 24 jam. Jadi kita bisa mengatakan bahwa reaksi pozzolanik berdasarkan Sodeline lebih kuat dari pada Soproline.

$\text{CaO}_{\text{bebas}}(\%)$	Soproline		Sodeline	
	24 jam	48 jam	24 jam	48 jam
Rata-rata (%)	68,73	67,02	77,17	63,63
Standar deviasi (%)	4,91	8,99	8,07	5,59

Berdasarkan hasil percobaan pada TABEL 4 maka dapat disimpulkan bahwa: (a) penyimpangan standar persentase CaO rata-rata bebas dalam larutan untuk kedua jenis fly ash pada 24 jam dan 48 jam kurang dari 10%, yang berarti bahwa nilai eksperimen dianggap dapat diterima. (b) Persentase rata-rata CaO untuk Sodeline dan Soproline bebas di atas 50%, yang berarti bahwa reaksi tidak terlalu kuat namun cukup untuk memberikan CaO bebas untuk reaksi pozzolanik. Sodeline memberi lebih banyak persentase CaO bebas untuk reaksi pozzolanik dari pada Soproline. Pada akhir reaksi, persentase CaO untuk Sodeline bebas adalah 67,02% dan 63,63% untuk Soproline. Hal ini membuktikan bahwa Sodeline mengandung CaO yang lebih bebas dari pada Soproline

KESIMPULAN

Penelitian ini direalisasikan untuk mengidentifikasi karakteristik abu terbang dan jumlah CaO_{free} dalam campuran beton. Identifikasi karakteristik fisik dengan menganalisa ukuran distribusi partikel dari agen yang digunakan dalam campuran. Hasil berdasarkan percobaan identifikasi distribusi ukuran partikel menunjukkan bahwa Soproline mengandung partikel yang lebih kasar, lihat nilai D50. Artinya Soproline kurang tahan terhadap serangan sulfat dibanding Sodeline. Berdasarkan hasil ini dapat diprediksi bahwa pasta Sodeline memiliki kemampuan mendistribusi kekuatan tambahan lebih banyak daripada Soproline, selain itu Sodeline membutuhkan lebih sedikit air, untuk mendapatkan campuran dengan komposisi terbaik. Peneliti mencoba mengidentifikasi aktifitas pozzolanik Sodeline dan Soproline, dengan percobaan yang memungkinkan untuk menentukan jumlah CaO bebas yang tersedia untuk reaksi pozzolanik. Berdasarkan hasil yang dapat ditentukan bahwa Sodeline

memiliki aktivitas yang lebih intens dibanding Soproline. Hasil percobaan memperlihatkan reaksi Sodeline berakhir setelah 24 jam sedangkan untuk Soproline, akan berlanjut. Selain itu, reaksi Sodeline memberi lebih banyak CaO untuk reaksi pozzolanik dari pada Soproline

REFERENSI

- Mezazigh S., Silitonga E., Lei X., Bai X., Etude de la durabilité des sédiments de dragage du port d'Honfleur traités
au ciment et additifs, proceeding of XIIèmes Journées Nationales Génie Côtier – Génie Civil, Cherbourg, 12-14 juin 2012, pp 1075-1084 (2012)

- Silitonga E., Proses stabilisasi limbah pelabuhan terkontaminasi logam berat dengan menggunakan agen pengikat hdirolik, Proceeding Seminar Nasional Gempa Sumatera Utara: Resiko dan Antisipasinya, p 140-147 (2017)¹
- Silitonga E., Proses stabilisasi sedimen pelabuhan terkontaminasi logam berat dalam penggunaannya pada pekerjaan pembangunan jalan raya.dengan menggunakan agen pengikat hdirok, Proceeding Seminar Nasional Energi dan Teknologi (SINERGI) 9 Mei 2017, p 537-544 (2017)²
- Silitonga, E., Stabilization / solidification of polluted marine dredged sediment of port en Bessin France, using hydraulic binders and silica fume, IOP Conference series; Material Science and Engineering, Vol 237, 6p, (2017)³
- Silitonga, E., Stabilisasi dan identifikasi sedimen hasil pekerjaan pengerukan, Educational Building, vol. 2 no. 2, (2016)¹
- Silitonga E., Pengaruh kontaminasi logam berat pada sedimen hasil pekerjaan pengerukan sebagai material baru dalam pekerjaan pembangun jalan.Proceeding Seminar Nasional Teknik Sipil XII, pp 468-477, (2016)²
- Silitonga E., Pengaruh penambahan Silica Fume pada karakteristik geoteknik dan kimia dari limbah pelabuhan dalam penggunaannya pada pekerjaan pembangunan jalan, Educational Building, vol. 3, no. 1 (2017)⁴
- Silitonga E., Levacher D., Mezazigh S, Utilization of fly ash for stabilization of marine dredged sediments, European Journal of Environmental and Civil Engineering, vol. 14, issue 2., pp 253-265 (2010).
- Silitonga E., Valorisation des sédiments Marins contaminés par solidification/ stabilisation à base de liants hydrauliques et de fumée de silice. Thesis doctorat Université de Caen, France, 160p, (2010)
- Silitonga E., Reutilisasi sedimen hasil pekerjaan pengerukan sebagai material baru dalam pekerjaan pembangunan jalan, Educational Building, vol. 2, no. 1 (2016)
- Silitonga E., Siregar S., Sebayang N., Taufik R., Reutilisasi sedimen hasil pekerjaan pengerukan sebagai material baru dalam pekerjaan pembangunan jalan, Proceeding seminar nasional HAKI; Indonesia siaga gempa, pp 125-132, (2014)
- Silitonga E., Sebayang N., Siregar S., Taufik R., Reutilisasi sedimen hasil pekerjaan pengerukan sebagai material baru dalam pekerjaan pembangunan jalan, Proceeding Seminar Nasional dan Pameran Konstruksi Himpunan Ahli Konstruksi Indonesia Komda Sumut 2015, 5-6 Jun 2015, Medan, pp 1216-23, (2015)
- Silitonga E., Mezazigh S., Levacher D., Etude de la durabilité de sédiments marins traités avec différents types de fumée de silice, proceeding of XIèmes Journées Nationales Génie Côtier – Génie Civil, Les Sables d'Olonne, 22-25 juin 2010, p 895-907 (2010)
- Silitonga E., Stabilisasi limbah terkontaminasi logam berat pada pekerjaan pengerukan pelabuhan dengan menggunakan Silica Fume, Proceeding Seminar Nasional Seminar Nasional Sains, Rekayasa & Teknologi (SNSRT) 2017, 17-18 May 2017, pp 1216-23, (2017)
- Silitonga E., Mezazigh S, Levacher D., Characterization of mechanical properties of dredged marine sediment stabilized by fly ash, Conférence Méditerranéenne Côtière et Maritime, edition 1, Hamamet, Tunisie, pp 155-158 (2008).
- Silitonga E., Levacher D., Mezazigh S., Effects of the use of fly ash as a binder on the mechanical behavior of treated dredged sediments, Environmental Technology (2009)
- Silitonga E., Experimental research of stabilization of polluted Marine dredged sediments by using Silica Fume, Matec Web of Conferences, Volume 138, EACEF, Sustainable Construction Material, 10 p (2017)⁵