

Stabilisasi Tanah Lempung dengan Campuran *Fly Ash* dan Serbuk Batu Karang terhadap Nilai CBR

Try Sunanda Fathanah^{1*} Duha Awaluddin Kurniatullah^{2*} Alfian Adie Chandra^{3*}

^{1*}Mahasiswa Karyasiswa Kementerian PUPR Program Studi S-1 Teknik Sipil,
Universitas Cenderawasih,

^{2*}Program Studi S-1 Teknik Sipil, Universitas Cenderawasih,

^{3*}Program Studi S-1 Teknik Sipil, Universitas Cenderawasih,

Jl. Kampwolker, Jayapura

¹e-mail: nandaboess@gmail.com ²e-mail: duhaawaluddin@gmail.com

, ³e-mail: alfiansipiluncen@gmail.com

ABSTRACT : Clay soils generally have low bearing capacity and are vulnerable to the water. Therefore, stabilization is necessary as an effort to increase the bearing capacity and improve the other parameters, one of them by adding other materials such as fly ash and coral limestone powder as done in this research. The purpose of this research is to understand the effect of fly ash and coral limestone powder addition to the bearing capacity of clay soils after compaction process in term of CBR value by adding 15% fly ash and 0%, 10%, 20%, 30% coral limestone powder variations. The analysis results show that the original soil is an inorganic clay with 47,84% plasticity index. By adding fly ash and coral limestone powder variations decreases the plasticity index value to the lowest value 20,23%. The specific gravity increased on the 15% fly ash addition from 2,63 to 2,868 and decreased along with coral limestone powder addition to the lowest value 2,556. The maximum dry density decreased by adding 15% fly ash from 1,465 gr/cm³ on the original soil to 1,450 gr/cm³ and increased along with coral limestone powder addition to the highest value 1,522 gr/cm³. The optimum moisture content decreased along with the fly ash and coral limestone powder addition from 26,80% to 20,50%. The CBR value increased from the lowest value 0,47% to the highest value 15,29%.

Keywords: clay soils, fly ash, coral limestone powder, compaction, CBR

ABSTRAK : Tanah lempung pada umumnya memiliki daya dukung yang rendah dan memiliki kelemahan terhadap air. Oleh karena itu, perlu dilakukan stabilisasi sebagai upaya untuk meningkatkan daya dukung dan memperbaiki parameter lainnya, salah satunya dengan cara menambahkan material lain yaitu *fly ash* dan serbuk batu karang seperti yang dilakukan pada penelitian ini. Tujuan penelitian ini adalah untuk memahami pengaruh penambahan *fly ash* dan serbuk batu karang terhadap daya dukung tanah lempung setelah dilakukan proses pemadatan yang ditinjau dari nilai CBR dengan penambahan fly ash 15% dan variasi serbuk batu karang 0%, 10%, 20%, 30%. Hasil analisis menunjukkan bahwa tanah asli merupakan jenis tanah lempung anorganik dengan indeks plastisitas 47,84%. Penambahan variasi *fly ash* dan serbuk batu karang menurunkan nilai indeks plastisitas sampai ke nilai terendah 20,23%. Nilai berat jenis meningkat pada penambahan 15% *fly ash* dari 2,63 ke 2,868 dan menurun seiring penambahan serbuk batu karang sampai ke nilai terendah 2,556. Nilai berat isi kering maksimum menurun pada penambahan 15% *fly ash* dari 1,465 gr/cm³ pada tanah asli ke 1,450 gr/cm³ dan kembali meningkat seiring penambahan serbuk batu karang sampai ke nilai tertinggi 1,522 gr/cm³. Nilai kadar air optimum menurun seiring dengan penambahan *fly ash* dan serbuk batu karang dari 26,80% sampai ke 20,50%. Nilai CBR mengalami peningkatan dari nilai terendah 0,47% sampai ke nilai tertinggi 15,29%.

Kata Kunci: tanah lempung, *fly ash*, serbuk batu karang, pemadatan, CBR

1. PENDAHULUAN

Tanah merupakan faktor yang sangat penting pada sebuah konstruksi. Tanah sebagai lapisan dasar perletakan suatu struktur konstruksi harus mempunyai sifat dan daya dukung yang baik. Namun tidak semua jenis tanah memiliki sifat dan daya dukung yang baik, salah satunya adalah tanah lempung. Tanah lempung pada umumnya memiliki daya dukung yang

rendah dan memiliki kelemahan terhadap air, karena kemampuannya mengikat air sehingga mudah mengembang dan menyusut.

Sampai saat ini, banyak penelitian-penelitian untuk mengupayakan bagaimana meningkatkan daya dukung tanah lempung dan memperbaiki sifat-sifatnya. Salah satunya dengan menggunakan *fly ash* sebagai bahan stabilisasi. Pemanfaatan *fly ash* di Indonesia memiliki potensi yang sangat besar karena pemanfaatan batubara untuk penyediaan energi sangat besar. Hal ini dibuktikan bahwa peran batubara untuk penyediaan dan pemanfaatan energi primer sebesar 26% dan ditargetkan meningkat menjadi 30% pada tahun 2025. Sekitar 48% batu bara dalam negeri dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) sebesar 67,01 juta ton pada tahun 2019. (Ditjen Mineral dan Batubara, 2021). Terlebih lagi *fly ash* dari PLTU sudah tidak termasuk limbah B3.

Penelitian-penelitian sebelumnya mengenai stabilisasi tanah dengan *fly ash* mendapatkan hasil peningkatan nilai CBR (*California Bearing Ratio*) pada tanah lempung namun tidak begitu besar dan cenderung menunjukkan kadar *fly ash* optimumnya di rentang 10% sampai dengan 20%. Seperti penelitian yang dilakukan oleh Wibowo dkk (2021) mendapatkan hasil peningkatan nilai CBR *unsoaked* tanah lempung sampai 15,07% pada kadar optimum *fly ash* 18%. Siregar, dkk (2021) pada penelitiannya mendapatkan hasil nilai CBR meningkat sampai 7,7% pada kadar optimum *fly ash* sebesar 10%.

Pada umumnya sebagian besar penyusun material *fly ash* adalah silika dan alumina, yaitu lebih dari 50% (ASTM dalam Suraneni dkk, 2021). Oleh karena itu *fly ash* memiliki sifat pozzolan. *Fly ash* sebagai bahan pozzolan tidak memiliki kemampuan mengikat (*non-cementitious*), namun dalam bentuk yang sangat halus dapat bereaksi dengan kalsium hidroksida (dihasilkan melalui reaksi kalsium oksida (CaO) dengan air) yang membentuk senyawa yang memiliki sifat semen (Wattimena dkk, 2017).

Dari uraian di atas, dengan mengingat bahwa keberadaan batu karang di Provinsi Papua khususnya di Kabupaten dan Kota Jayapura sangat berlimpah yang berdasarkan penelitian Islamiyati dan Abram (2020) bahwa batu karang mengandung kapur (CaO) lebih dari 90%, maka penulis bermaksud untuk melakukan penelitian tentang stabilisasi tanah lempung ditinjau dari nilai CBR dengan material *fly ash* pada kadar optimumnya ditambah dengan serbuk batu karang yang diharapkan reaksi antara silika alumina pada *fly ash*, kalsium oksida pada batu karang, dan air pada saat pemadatan akan membentuk ikatan butiran tanah yang lebih kaku sehingga dapat meningkatkan tahanan penetrasinya.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Tanah

Tanah adalah kombinasi mineral dan unsur organik yang berbentuk padat, gas, dan berair. Tanah terdiri dari partikel-partikel yang terbentuk dari batuan yang pecah yang telah berubah karena efek kimia dan lingkungan, termasuk cuaca dan erosi. Partikel tanah tersusun secara longgar, menciptakan formasi tanah yang terdiri dari ruang pori (Darwis, 2018).

Fly Ash

Fly ash atau abu terbang adalah residu yang tercacah halus yang dihasilkan dari pembakaran bongkahan batubara atau bubuk batubara yang terangkut oleh gas buangan. Pada Umumnya sebagian besar penyusun material *fly ash* adalah silika dan alumina, yaitu lebih dari 50% (ASTM dalam Suraneni dkk, 2021). Oleh karena itu *fly ash* memiliki sifat pozzolan. *Fly ash*. Sebagai bahan pozzolan tidak memiliki kemampuan mengikat (*non-cementitious*), namun dalam bentuk yang sangat halus dapat bereaksi dengan kalsium hidroksida (dihasilkan melalui reaksi kalsium oksida (CaO) dengan air) yang membentuk senyawa yang memiliki sifat semen (Wattimena dkk, 2017).

Batu Karang (*Coral Limestone*)

Batu karang gunung atau batu gamping atau yang lebih dikenal oleh masyarakat sebagai batu kapur adalah batuan sedimen yang berasal dari organisme laut yang telah mati dan berubah menjadi kalsium karbonat (CaCO₃) (Fathmaulida, 2013 dalam Mustofiyah, 2020). Pembentukan batu gamping di alam sebagian besar terjadi secara organik, dimana unsur karbonat pada organisme laut seperti kerang-kerangan dan tiram didegradasikan menjadi unsur yang lebih kecil lagi oleh mikroorganisme mikroskopik seperti *foraminifera* membentuk pasir karbonat atau lumpur karbonat yang secara terus menerus akan mengendap dan mengeras membentuk pegunungan kapur. Islamiyati dan Abram (2020) di dalam penelitiannya mendapatkan hasil bahwa unsur penyusun batu karang gunung atau batu gamping koral didominasi oleh kalsium oksida (CaO) yang jumlahnya lebih dari 90%.

Stabilisasi Tanah

Darwis (2017) berpendapat bahwa stabilisasi tanah adalah suatu metode rekayasa tanah yang bertujuan untuk meningkatkan dan atau mempertahankan sifat-sifat tertentu pada tanah, agar selalu memenuhi syarat teknis yang dibutuhkan.

Darwis (2017) dan Panguriseng (2001) membedakan jenis stabilisasi tanah berdasarkan dari proses yang terjadi dalam pelaksanaannya yaitu sebagai berikut:

1. Stabilisasi kimia, yaitu menambah bahan kimia tertentu dengan tanah sehingga terjadi reaksi kimia antara tanah dengan bahan pencampurnya yang akan menghasilkan material baru yang memiliki sifat teknis yang lebih baik. Contohnya adalah stabilisasi dengan semen, kapur, larutan kimia, dan lain-lain.
2. Stabilisasi fisik, yaitu stabilisasi dengan menggunakan energi dari beban dinamis atau beban statis ke dalam lapisan tanah, sehingga terjadi dekomposisi baru dalam massa tanah yang memperbaiki karakteristik lapisan tanah sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai. Contohnya adalah pemadatan dengan penggilasan, penumbukan atau penggetaran.
3. Stabilisasi mekanis, yaitu stabilisasi dengan memasukkan material sisipan ke dalam lapisan tanah sehingga mampu meningkatkan karakteristik teknis dalam massa tanah sesuai dengan tujuan tindakan stabilisasi yang ingin dicapai. Stabilisasi mekanis juga sering disebut dengan istilah perkuatan tanah (*soil reinforcement*). Contohnya adalah stabilisasi dengan *metal strip*, *geotextile*, *geomembrane*, *geogrid*, *vertical drain*, dan lain sebagainya.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dimulai dengan melakukan studi pustaka terlebih dahulu dengan mencari referensi yang akan digunakan sebagai dasar teori untuk merumuskan masalah yang akan diteliti. Setelah perumusan masalah, selanjutnya mempersiapkan pengujian laboratorium dimulai dengan pengambilan sampel. Sampel tanah diambil di Kelurahan Koya Tengah, Distrik Muara Tami, Kota Jayapura, material *fly ash* diambil PLTU Holtekamp Jayapura, material batu karang diambil di Desa Yakonde, Distrik Waibu, Kabupaten Jayapura yang dapat dilihat pada gambar 1, 2, dan 3 di bawah ini.



Gambar 1. Lokasi pengambilan sampel tanah (*Google earth*, 2023)

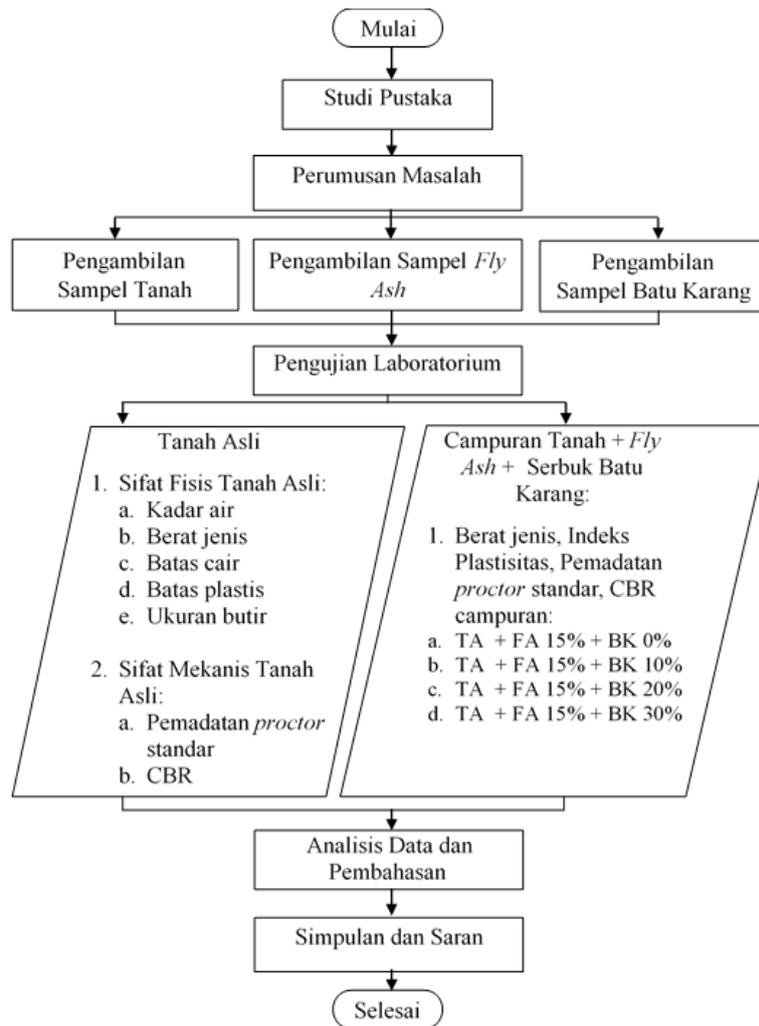


Gambar 2. Lokasi pengambilan material *fly ash* (Google earth, 2023)



Gambar 3. Lokasi pengambilan material batu karang (Google earth, 2023)

Pengujian laboratorium dimulai dengan pengujian sifat fisis tanah asli berupa kadar air mengacu SNI 1965:2008, berat jenis mengacu SNI 1964:2008, batas-batas konsistensi mengacu SNI 1967:2008 dan SNI 1966:2008, dan analisis ukuran butir mengacu SNI 3423:2008 untuk menentukan jenisnya berdasarkan AASHTO dan USCS. Kemudian dilanjutkan dengan pengujian sifat mekanis tanah asli maupun campuran tanah asli dengan *fly ash* dan serbuk batu karang berupa pengujian pemadatan *proctor* standar mengacu SNI 1742:2008 untuk menentukan kadar air optimumnya dan pengujian CBR mengacu SNI 1744:2012 untuk menentukan daya dukungnya. Sampel CBR diperam terlebih dahulu selama 3 hari sebelum direndam selama 96 jam. Keseluruhan tahapan penelitian dapat dilihat pada gambar 4 di bawah ini.



Gambar 4. Diagram alir penelitian

4. PEMBAHASAN

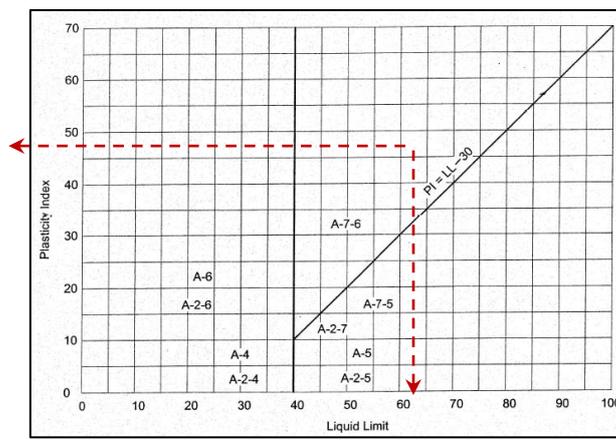
Klasifikasi Tanah Asli

Dari hasil pengujian laboratorium diperoleh data-data karakteristik tanah asli tertera pada tabel 1 sebagai berikut.

Tabel 1. Karakteristik tanah asli (Hasil pengujian, 2023)

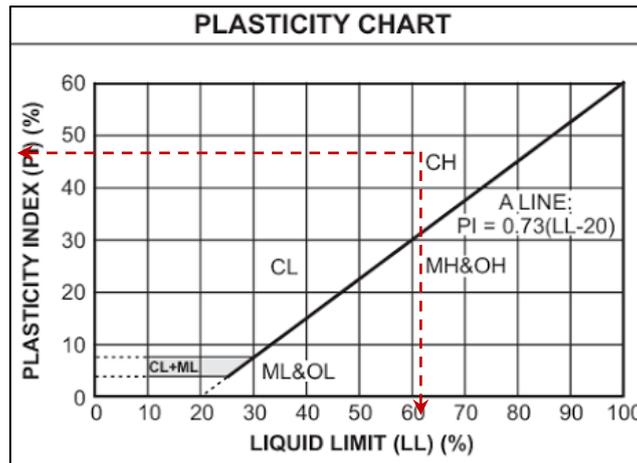
No.	Parameter	Satuan	Nilai Parameter
1	Kadar air (w)	%	55,31
2	Berat jenis (Gs)	-	2,63
3	Batas cair (LL)	%	76,25
4	Batas plastis (PL)	%	28,41
5	Indeks Plastisitas (PI)	%	47,84
6	Lolos saringan no. 200	%	96,10

Berdasarkan sistem klasifikasi tanah AASHTO, dengan parameter ukuran butir tanah lolos saringan nomor 200 lebih dari 35%, maka sampel tanah asli termasuk dalam klasifikasi umum tanah lanau-lempung (*silt-clay materials*). Dari parameter batas cair yang nilainya lebih besar dari 41% dan parameter indeks plastisitas yang nilainya lebih besar dari 11%, maka sampel tanah asli termasuk dalam klasifikasi kelompok tanah lempung A-7. Dan berdasarkan grafik hubungan batas cair dengan indeks plastisitas pada gambar 5 di bawah, sampel tanah asli termasuk dalam subkelompok A-7-6 dimana nilai indeks plastisitas tanah lebih besar dari nilai batas cair dikurang 30 ($PI > LL - 30$).



Gambar 5. Klasifikasi sampel tanah asli berdasarkan AASHTO
(Hasil analisis, 2023 dan AASHTO, 2004)

Berdasarkan sistem klasifikasi tanah USCS, dengan melihat parameter ukuran butir tanah lolos saringan nomor 200 lebih dari 50%, maka sampel tanah asli termasuk dalam klasifikasi utama tanah berbutir halus (*fine-grained soils*). Dari parameter batas cair, dimana nilai batas cair tanah asli lebih besar dari 50%, maka sampel tanah asli dikelompokkan ke dalam lanau dan lempung. Dan berdasarkan grafik hubungan batas cair dengan indeks plastisitas pada gambar 6 di bawah, sampel tanah asli termasuk dalam subkelompok CH, yaitu lempung anorganik dengan plastisitas tinggi (*fat clays*).



Gambar 6. Klasifikasi sampel tanah asli berdasarkan USCS (Hasil analisis, 2023 dan CALTRANS, 2023)

Spesifikasi Sampel *Fly Ash*

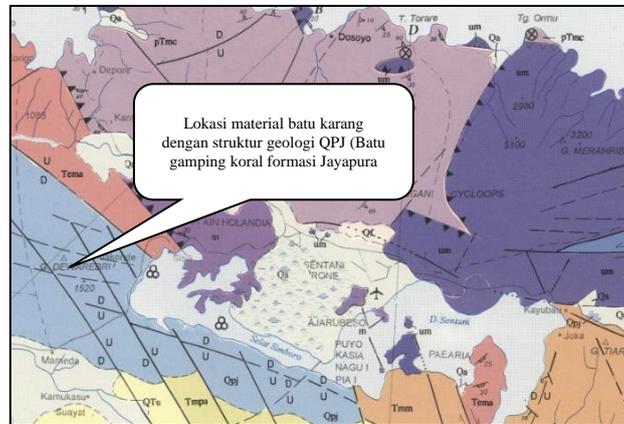
Rochmawati, dkk (2022) dalam penelitiannya melakukan pengujian karakteristik kimia *fly ash* PLTU Papua 2 Holtekamp Jayapura dan hasilnya seperti yang tertera pada tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. Karakteristik kimia *fly ash* PLTU Papua 2 Holtekamp (Rochmawati dkk, 2022)

No.	Parameter	Unit	Hasil Pengujian
1	SiO ₂	% wt	12,90
2	Al ₂ O ₃	% wt	8,94
3	Fe ₂ O ₃	% wt	11,71
No.	Parameter	Unit	Hasil Pengujian
4	TiO ₂	% wt	0,66
5	CaO	% wt	27,07
6	MgO	% wt	6,56
7	Cr ₂ O ₃	% wt	0,01
8	K ₂ O	% wt	0,31
9	Na ₂ O	% wt	0,99
10	SO ₃	% wt	2,45

Spesifikasi Sampel Batu Karang

Berdasarkan peta geologi lembar Jayapura (Suwarna dan Noya, 1995), lokasi pengambilan material batu karang merupakan daerah dengan struktur geologi batu gamping koral formasi Jayapura seperti yang terlihat pada gambar 7 di bawah ini.



Gambar 7. Struktur geologi lokasi pengambilan material batu karang
(Suwarna dan Noya, 1995)

Fandy (2019) dalam penelitiannya menyebutkan bahwa komposisi mineral batu gamping Yakonde adalah mineral karbonat dengan kepadatan kering $1,620 \text{ gr/cm}^3$.

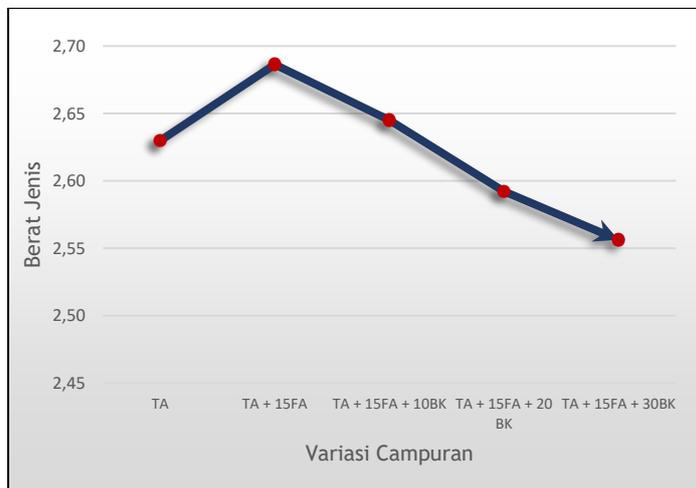
Pengaruh Penambahan *Fly Ash* dan Serbuk Batu Karang Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Tanah Lempung

Dari hasil pengujian laboratorium terhadap campuran tanah asli dengan *fly ash* dan serbuk batu karang diperoleh data-data yang ditampilkan pada tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Hasil pengujian laboratorium tiap campuran (Hasil pengujian, 2023)

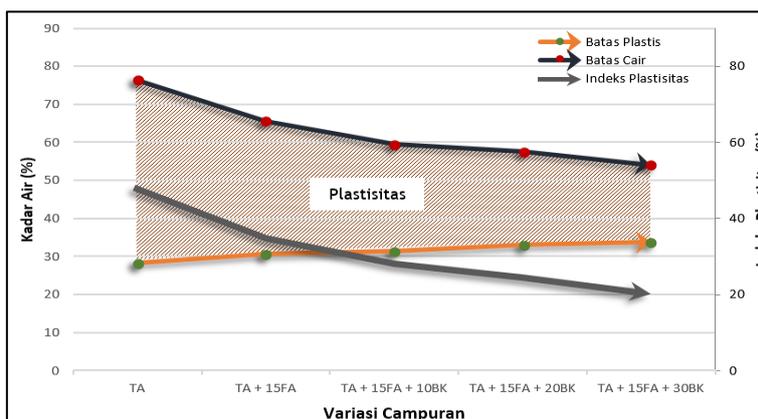
No.	Parameter	Satuan	Campuran				
			TA	TA + 15FA	TA + 15FA + 10BK	TA + 15FA + 20BK	TA + 15FA + 30BK
1	Berat Jenis		2,630	2,686	2,645	2,592	2,556
2	Batas Cair	%	76,25	65,50	59,50	57,50	54,00
3	Batas Plastis	%	28,41	30,66	31,49	33,05	33,77
4	Indeks Plastisitas	%	47,84	34,84	28,01	24,45	20,23
5	Berat Isi Kering Maksimum	gr/cm^3	1,465	1,450	1,472	1,517	1,522
6	Kadar Air Optimum	%	26,80	24,50	23,80	21,30	20,50
7	CBR						
	10 tumbukan	%	0,47	1,56	2,34	2,13	2,64
	30 tumbukan		1,75	3,96	4,18	7,50	10,05
	65 tumbukan		1,81	6,82	12,66	13,05	15,29

Dari tabel 3 di atas dapat terlihat bahwa penambahan *fly ash* dan serbuk batu karang mempengaruhi tiap-tiap parameter tanah. Pada parameter berat jenis, campuran tanah asli dengan 15% *fly ash* mengalami peningkatan dan kembali mengalami penurunan seiring dengan penambahan persentase serbuk batu karang. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat grafik pada gambar 8 di bawah ini.



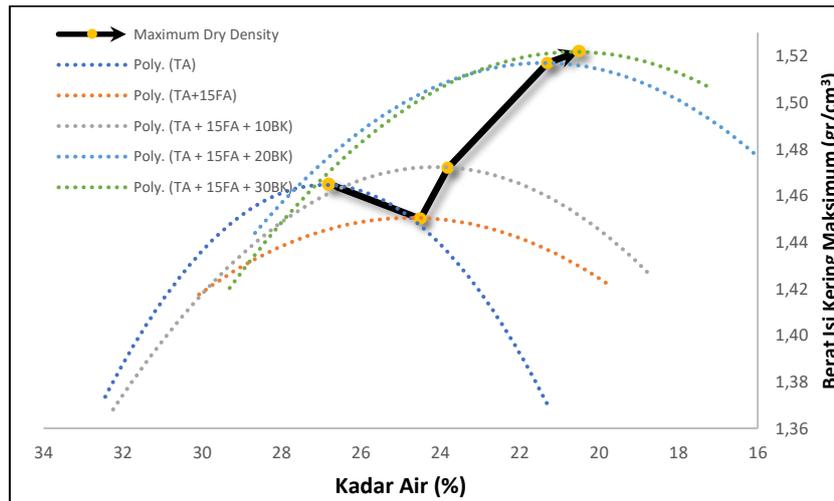
Gambar 8. Pengaruh penambahan *fly ash* dan serbuk batu karang terhadap berat jenis tanah lempung (Hasil analisis, 2023)

Pada parameter indeks plastisitas, kadar air batas cair tanah mengalami penurunan dan kadar air batas plastis tanah mengalami peningkatan seiring dengan penambahan *fly ash* dan serbuk batu karang seperti yang terlihat pada gambar 9 di bawah ini. Dengan menambahkan 15% *fly ash* sudah menunjukkan penurunan indeks plastisitas tanah dan semakin menurun seiring dengan penambahan persentase serbuk batu karang.

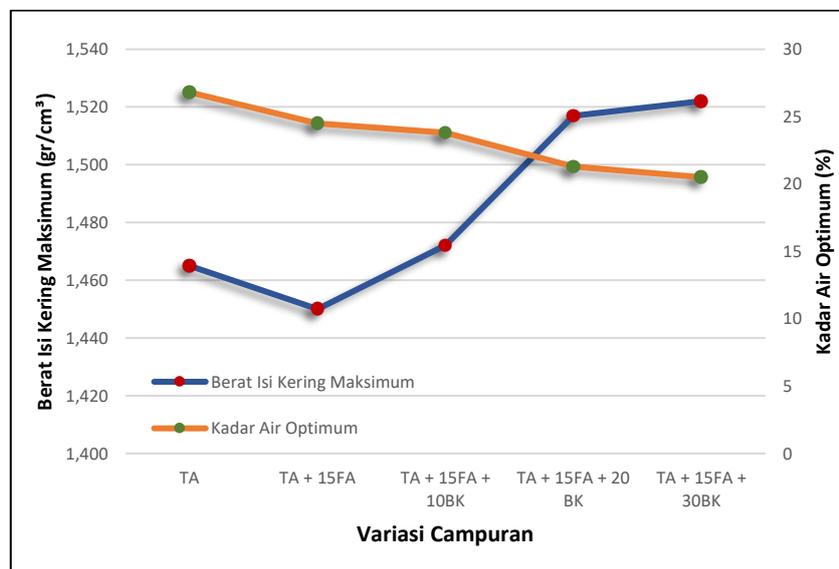


Gambar 9. Pengaruh penambahan *fly ash* dan serbuk batu karang terhadap indeks plastisitas tanah lempung (Hasil analisis, 2023)

Pada parameter kepadatan, penambahan *fly ash* dan serbuk batu karang mempengaruhi nilai berat isi kering maksimum dan kadar air optimum tanah lempung. Seperti yang terlihat pada gambar grafik 10 dan 11 di bawah, penambahan 15% *fly ash* justru menurunkan nilai berat isi kering maksimumnya dan menurunkan nilai kadar air optimumnya. Namun ketika serbuk batu karang ditambahkan pada campuran tanah asli dengan *fly ash*, nilai berat isi kering maksimumnya kembali mengalami peningkatan dan kadar air optimumnya semakin menurun seiring penambahan persentase serbuk batu karang.



Gambar 10. Kurva pemadatan pada tiap campuran (Hasil pengujian, 2023)

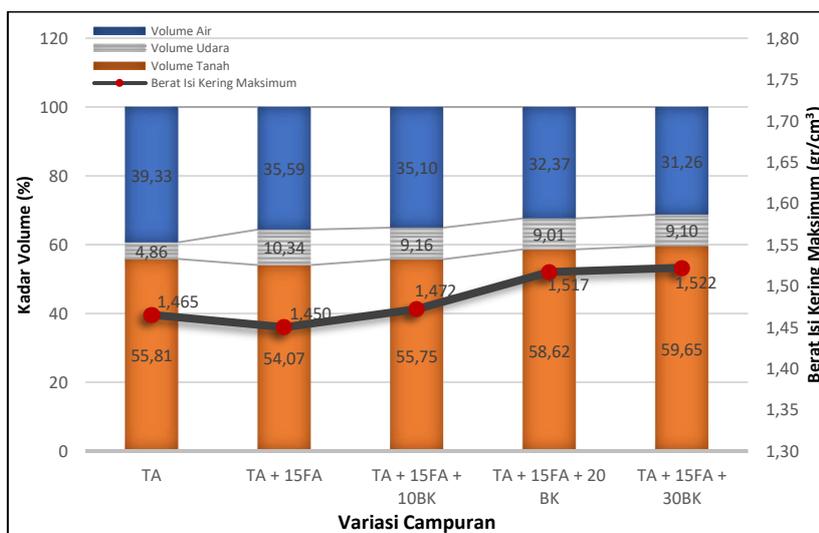


Gambar 11. Pengaruh campuran *fly ash* dan serbuk batu karang terhadap parameter kepadatan tanah lempung (Hasil pengujian, 2023)

Dari data ini penulis berkesimpulan bahwa campuran tanah lempung dengan *fly ash* tidak membentuk ikatan butiran yang baik. Hal ini dapat dibuktikan dengan membuat persentase tiap volume komposisi tanah, air, dan udara terhadap volume cetakan *proctor* standar sebagai volume totalnya dan diperoleh data sebagai berikut.

Tabel 4. Komposisi komponen tanah pada kondisi kadar air optimum tiap campuran (Hasil analisis, 2023)

No.	Campuran	Volume tanah (%)	Volume air (%)	Volume udara (%)
1	TA	55,81	39,33	4,86
2	TA + 15FA	54,07	35,59	10,34
3	TA + 15FA + 10BK	55,75	35,10	9,16
4	TA + 15FA + 20BK	58,62	32,37	9,01
5	TA + 15FA + 30BK	59,65	31,26	9,10

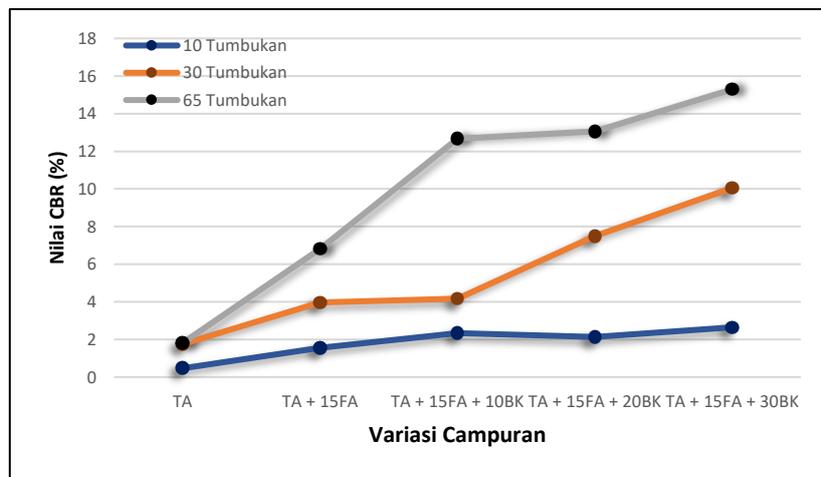


Gambar 12. Grafik komposisi komponen tanah dan berat isi kering maksimum pada tiap campuran (Hasil analisis, 2023)

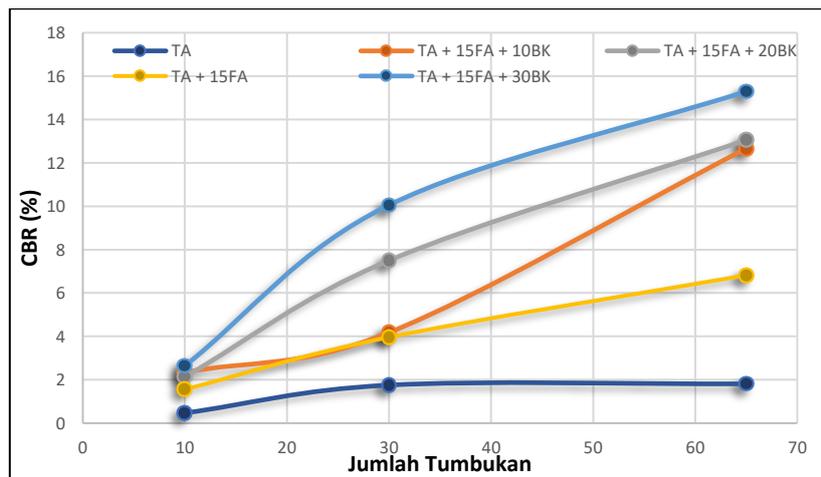
Dari tabel 4 dan grafik 12 di atas, dapat terlihat bahwa volume tanah berkurang pada campuran tanah asli dengan 15% *fly ash* dan kembali meningkat seiring dengan penambahan persentase serbuk batu karang. Ini dapat membuktikan bahwa campuran tanah lempung dengan *fly ash* tidak membentuk ikatan yang baik sehingga pada saat pemadatan dilakukan butiran-butiran campuran tanah tidak membentuk struktur yang lebih rapat namun sebaliknya

menyisakan rongga yang lebih besar. Penurunan kadar volume air menunjukkan menurunnya kemampuan tanah lempung dalam mengikat air sehingga pengaruh air terhadap volume tanah menjadi berkurang. Hal ini juga selaras dengan hasil pengujian indeks plastisitas tanah lempung yang menunjukkan penurunan.

Pada parameter nilai CBR, penambahan *fly ash* dan serbuk batu karang meningkatkan nilai CBR tanah lempung dari masing-masing variasi tumbukan 10, 30, dan 65. Mulai dari penambahan 15% *fly ash* sudah menunjukkan peningkatan nilai CBR dan semakin meningkat seiring dengan penambahan persentase serbuk batu karang seperti yang terlihat pada gambar 13 dan 14 di bawah ini.



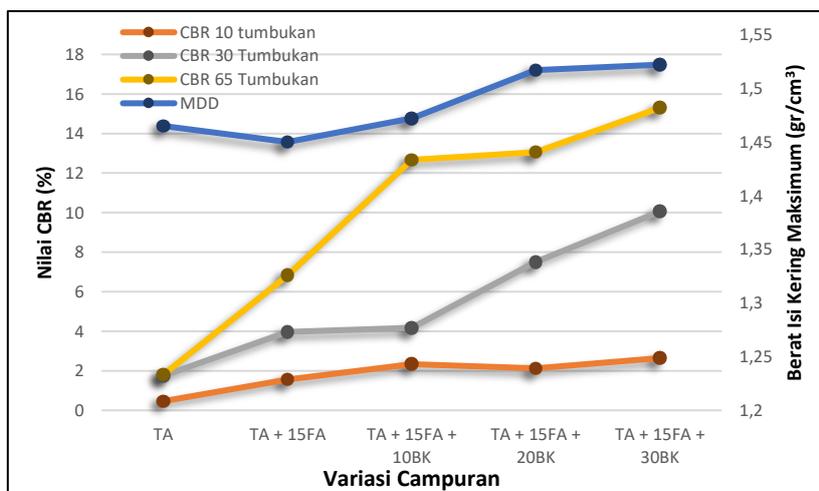
Gambar 13. Pengaruh penambahan *fly ash* dan serbuk batu karang terhadap nilai CBR pada tiap variasi tumbukan (Hasil analisis, 2023)



Gambar 14. Nilai CBR masing-masing campuran (Hasil analisis, 2023)

Peningkatan nilai CBR tertinggi yang dapat dicapai adalah sebesar 15,29% yaitu pada campuran tanah asli dengan 15% *fly ash* dan 30% serbuk batu karang dan sampai penambahan 30% serbuk batu karang belum menunjukkan nilai kadar campuran optimumnya.

Namun menariknya bahwa pengaruh penambahan *fly ash* dan serbuk batu karang terhadap meningkatnya nilai CBR tidak selalu selaras dengan pengaruhnya terhadap parameter kepadatan tanah. Seperti yang dijelaskan sebelumnya bahwa campuran tanah lempung dengan *fly ash* tidak membentuk ikatan yang baik sehingga menurunkan berat isi kering maksimumnya namun pada parameter CBR campuran tanah lempung dengan *fly ash* menunjukkan peningkatan nilai CBR seperti yang terlihat pada gambar 15 di bawah ini.



Gambar 15. Nilai CBR dan berat isi kering maksimum pada tiap campuran (Hasil analisis, 2023)

Dari hasil pengujian dan analisis di atas dapat menunjukkan bahwa kemungkinan ada suatu reaksi kimia yang terjadi antara tanah lempung, *fly ash*, dan serbuk batu karang yang membentuk butiran tanah yang lebih keras dan kaku. Namun untuk membuktikan hal itu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai reaksi kimia yang terjadi antara tanah lempung, *fly ash*, dan serbuk batu karang.

5. KESIMPULAN

Setelah melakukan analisis maka kesimpulan yang didapat adalah sebagai berikut:

1. Jenis tanah di Kelurahan Koya Tengah, Distrik Muara Tami, Kota Jayapura berdasarkan sistem klasifikasi AASHTO adalah tanah lempung A-7-6 dan berdasarkan sistem klasifikasi USCS adalah tanah lempung anorganik/*fat clay* (CH).
2. Daya dukung tanah berdasarkan nilai CBR pada penambahan campuran *fly ash* dan serbuk batu karang meningkat dari nilai CBR terendah tanah asli sebesar 0,47% sampai mencapai nilai tertingginya sebesar 15,29%.
3. Dari penambahan *fly ash* 15% dan 0% serbuk batu karang sampai dengan penambahan 15% *fly ash* dan 30% serbuk batu karang belum menunjukkan persentase optimumnya.

DAFTAR PUSTAKA

- American Association of State Highway and Transportation Officials., 2004, *Standard Specification for Classification of Soils and Soil-Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes*, AASHTO Designation: M145-91, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington DC.
- California Department of Transportation., tanpa tahun, *Unified Soil Classification System*, California Department of Transportation, Sacramento.
- Darwis., 2017, *Dasar-Dasar Teknik Perbaikan Tanah*, Cetakan I, Pustaka AQ, Yogyakarta.
- Darwis., 2018, *Dasar-Dasar Mekanika Tanah*, Cetakan I, Pena Indis, Yogyakarta.
- Fandy, P. M., 2019, *Inventarisasi Sifat Fisik Dan Mekanik Batu Gamping Di Kota Jayapura, Kabupaten Jayapura, Dan Kabupaten Keerom*, Prosiding Seminar Hasil Penelitian Pengembangan IPTEKS dan Seni, Edisi V.
- Islamiyati, A. D., Abram, P. H., 2020, *Analisis Kadar Kalsium Oksida (CaO) Pada Batu Karang di Daerah Pesisir Bayang Dampelas Donggala*, Media Eksakta, Vol. 16, No. 1.
- Mustofiyah, A., 2020, *Gambaran Kadar C-Reactive Protein (CRP) Pada Pekerja Batu Kapur*, Universitas Muhammadiyah Semarang, Semarang.
- Panguriseng, D., 2001, *Buku Ajar Stabilisasi Tanah*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas 45 Makassar, Makassar.
- Rochmawati, R., Irianto., Lopian, F. E. P., Mabui, D. S. S., 2022, *Pengaruh Penambahan Fly Ash Pada Tanah Lempung Terhadap Nilai Indeks Plastisitas Tanah*, Konferensi Nasional Teknil Sipil, Vol. 16, No. GT-26
- Siregar, M. A., Gusrizal., Syukri., 2021, *Pemanfaatan Limbah Batu Bara (Fly Ash) untuk Peningkatan Daya Dukung Tanah Lempung*, Jurnal Sipil Sains Terapan, Vol. 4, No. 1.

- Suraneni, P., Burris, L., Shearer, C. R., Hooton, R. D., 2021, *ASTM C618 Fly Ash Specification: Comparison with Other Specifications, Shortcomings, and Solutions*, ACI Materials Journal, No. 118-M15.
- Suwarna, N., Noya, Y., 1995, *Peta Geologi Lembar Jayapura (Peg. Cycloops) Irian Jaya*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Jakarta.
- Wattimena, O. K., Antoni., Hardjito, D., 2017, *A Review on the Effect of Fly Ash Characteristics and Their Variations on the Synthesis of Fly Ash Based Geopolymer*, American Institute of Physics Conference Proceedings, Vol. 1887, No. 020041.
- Wibowo, A. S., Styawan, A., Rochim, A., Fitriyana, L., 2021, *Pengaruh Penambahan Fly Ash Terhadap Stabilisasi Tanah Lempung*, Jurusan Tekniks Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung, Semarang.
- Yasin, C. M., Lesmana, B., Praditya, A., Ferlianta, W., Ramanda, Y., Ariyanto, D., Handayani, R., Susilawati, S. S. R., Huda, M., Simatupang, G. G., Ampun, S. S. A., Lucia, A., Prasetyo, H., Ambarsari, L., 2021, *Road Map Pengembangan dan Pemanfaatan Batubara 2021-2045*, Direktorat Jenderal Mineral dan Batubara Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, Jakarta.