



Penggunaan *Palm Oil Fuel Ash (POFA)* Sebagai Bahan Substitusi *Filler* Pada Campuran *Agregat Kelas A*

Bambang Edison¹ & Hery Awan Susanto²

¹Program Studi Teknik Sipil
Universitas Pasir Penaraian
Jl. Tuanku Tambusai, Rambah,
Kec. Rambah Hilir, Kabupaten
Rokan Hulu, Riau 28558
bambang.edison@upp.ac.id

²Program Studi Teknik Sipil
Universitas Jenderal Soedirman
Purwokerto, Jln. Mayjen
Sunckono Km. 5, Purbalingga
Jawa Tengah 53371
heryas@gmail.com

ABSTRAK

Salah satu upaya untuk meningkatkan kemampuan konstruksi jalan untuk dapat mendukung repetisi beban lalu lintas adalah dengan meningkatkan kekuatan elemen struktur perkerasan jalan. Lapis pondasi agregat kelas A merupakan elemen struktur perkerasan lentur yang berfungsi menopang beban lalu lintas setelah elemen laston. Dalam spesifikasi Umum Bina Marga revisi 1 tahun 2018 disyaratkan bahwa nilai indeks plastis (*PI*) lapis pondasi agregat kelas A maks 6 dan nilai CBR minimumnya 90%. Permasalahan yang biasa terjadi dilapangan adalah penggunaan filler abu batu masih bercampur dengan filler yang mengandung unsur clay. Adanya unsur clay pada filler ini akan meningkatkan nilai indeks plastis (*PI*) dan menurunkan nilai CBR agregat kelas A. Oleh karena itu pemanfaatan abu limbah sawit atau disebut *Palm Oil Fuel Ash (POFA)* yang disubstitusikan pada campuran lapis pondasi agregat kelas A diharapkan dapat menjadi alternatif bahan filler dan dapat meningkatkan kekuatan elemen struktur perkerasan jalan dari parameter CBR. Metode yang digunakan melalui eksperimen dilaboratorium, desain dan pengujian bahan campuran lapis pondasi Agregat Kelas A mengacu pada Spesifikasi Umum Bina Marga Revisi 1 Tahun 2018. Metode Pengujian CBR Laboratorium mengacu SNI 03-1744-1989. Komposisi *Palm Oil Fuel Ash (POFA)* divariasikan pada 0%, 10%, 15% dan 20% terhadap filler abu batu. Hasil desain CBR Agregat Kelas A tanpa rendaman dengan substitusi *Palm Oil Fuel Ash (POFA)* 0% menghasilkan nilai CBR 95,41% dengan kepadatan kering maksimum (γ_{dry}) 2,192 gr/cm³. Untuk substitusi *Palm Oil Fuel Ash (POFA)* 10% menghasilkan nilai CBR 96,77% dengan kepadatan kering maksimum (γ_{dry}) 2,193 gr/cm³. Untuk substitusi *Palm Oil Fuel Ash (POFA)* 15% menghasilkan nilai CBR 97,45% dengan kepadatan kering maksimum (γ_{dry}) 2,194 gr/cm³. Sementara Agregat Kelas A substitusi *Palm Oil Fuel Ash (POFA)* 20% menghasilkan nilai CBR 98,735% dengan kepadatan kering maksimum (γ_{dry}) 2,206gr/cm³. Dapat disimpulkan bahwa substitusi filler *POFA* 20% pada campuran agregat kelas A dapat meningkatkan nilai CBR sebesar 3,35 % dan kepadatan kering (γ_{dry}) meningkat sebesar 0,61%.

Kata kunci: *Palm Oil Fuel Ash; Filler; Agregat Kelas A*

ABSTRACT

One of the efforts to increase the ability of road construction to be able to support repetitive traffic loads is to increase the strength of the road pavement structural elements. Class A aggregate foundation layer is a flexible pavement structural element that functions to support traffic loads after the laston element. In the General specifications for Bina Marga revision 1 of 2018 it is required that the plastic index (*PI*) value of class A aggregate base layer is max 6 and the minimum CBR value is 90%. The problem that usually occurs in the field is that the use of stone ash filler is still mixed with filler that contains clay elements. The presence of clay in this filler will increase the value of the plastic index (*PI*) and decrease the CBR value of the class A aggregate foundation layer. Therefore, the use of palm oil waste ash or called *Palm Oil Fuel Ash (POFA)* substituted in the class A aggregate foundation layer mixture is expected can be an alternative to non-*PI* filler materials and can increase the strength of road pavement structural elements based on CBR parameters. The method used through experiments in the laboratory, design and testing of the mixed material for the

Corresponding Author:
✉ Bambang Edison
Accepted on: 2023-12-04

Class Aggregate base layer refers to the General Specifications for Highways Revision 1 of 2018. Laboratory CBR Test Method refers to SNI 03-1744-1989. The composition of Palm Oil Fuel Ash (POFA) was varied at 0%, 10%, 15% and 20% for rock ash filler. The results of the Class A Aggregate CBR design without soaking with 0% Palm Oil Fuel Ash (POFA) substitution resulted in a CBR value of 95.41% with a maximum dry density (γ_{dry}) of 2.192 gr/cm³. Substitution of 10% Palm Oil Fuel Ash (POFA) produces a CBR value of 96.77% with a maximum dry density (γ_{dry}) of 2.193 gr/cm³. Substitution of 15% Palm Oil Fuel Ash (POFA) produces a CBR value of 97.45% with a maximum dry density (γ_{dry}) of 2.194 gr/cm³. Meanwhile Class A aggregate with 20% Palm Oil Fuel Ash (POFA) substitution yields a CBR value of 98.735% with a maximum dry density (γ_{dry}) of 2.206 gr/cm³. It can be concluded that substitution of 20% POFA filler in class A aggregate mixture can increase the CBR value by 3.35 % and dry density (γ_{dry}) increase by 0.61%.

Keywords: Palm Oil Fuel Ash; Filler; Class A Aggregate

1. PENDAHULUAN

Demikian pentingnya kebutuhan akan sarana transportasi jalan, maka harus diimbangi oleh kemampuan konstruksi jalan dalam menerima beban lalu lintas. Salah satu upaya untuk meningkatkan kemampuan konstruksi jalan untuk dapat mendukung beban lalu lintas kendaraan adalah dengan melakukan kajian dan eksperimen pemanfaatan material yang dapat meningkatkan kekuatan elemen perkerasan. Berbeda dengan struktur pada bangunan gedung yang lebih mengacu pada prinsip kekuatan struktur, sementara pada konstruksi jalan lebih banyak mengacu pada teori elastisitas untuk struktur semi padat. Struktur perkerasan jalan lentur (*flexibel pavement*) terdiri dari tanah dasar, lapis pondasi bawah, lapis pondasi atas dan *surface course* (lapis permukaan). Masing-masing elemen lapisan pada struktur perkerasan lentur bersama-sama memikul beban lalu lintas. Oleh karena itu kekuatan dan keawetan (*durabilitas*) perkerasan jalan sangat tergantung dari sifat bahan penyusunnya.

Lapis pondasi agregat merupakan bagian perkerasan lentur jalan raya yang terletak antara lapis permukaan dan tanah dasar. Lapis Pondasi Agregat kelas-A umumnya disebut juga Lapis Pondasi Atas (*Base Course*). Lapisan perkerasan ini berada diantara lapis pondasi bawah (*Subbase Course*) dan lapis permukaan (*Surface Course*), fungsi lapisan pondasi atas ini adalah :

- 1) Bagian perkerasan yang menahan gaya lintang dari beban roda dan menyebarkan beban kelapisan dibawahnya.
- 2) Lapisan peresapan untuk lapisan pondasi bawah.
- 3) Bantalan terhadap lapisan permukaan

Sebagai lapisan perantara, maka syarat-syarat untuk bahan perkerasan ini adalah :

- 1) Kualitas bahan harus baik.
- 2) Mengenai bentuk butir,
- 3) Gradasi butiran-butiran harus merupakan susunan yang rapat
- 4) Kandungan filler harus cukup tetapi tidak melampaui batas maksimum/minimum.
- 5) Homoginitas atau sesempurna mungkin

Material yang akan digunakan untuk lapis pondasi atas adalah material yang cukup kuat. Untuk lapis pondasi atas tanpa bahan pengikat, umumnya menggunakan material dengan $CBR \geq 90\%$ dan Plastis Indeks (PI) $\leq 6\%$ (sesuai spesifikasi Bina Marga tahun 2018). Bahan-bahan alam seperti batu pecah, kerikil pecah, stabilisasi tanah dengan semen dan kapur dapat digunakan sebagai lapis pondasi atas. Pada pelaksanaan di lapangan, nilai index plastisitas dari lapis pondasi agregat kelas-A dapat meningkat. Meningkatnya nilai index plastisitas dipengaruhi oleh kadar air dan karakteristik material dari material. Kenaikkan nilai index plastisitas dapat mempengaruhi nilai CBR pada lapis pondasi agregat kelas A.

Permasalahan yang biasa terjadi pada proses pembuatan Lapis Pondasi Agregat Kelas A adalah sulitnya memenuhi kebutuhan *filler*. Hal ini disebabkan sangat minim bahan *filler* abu batu di *stone crusher*, penggunaan *filler* abu batu lebih banyak diprioritaskan dalam campuran laston. Penelitian ini akan memanfaatkan *Palm Oil Fuel Ash* (POFA) sebagai bahan substitusi *filler* abu batu, diharapkan dapat meningkatkan nilai CBR lapis pondasi agregat kelas A yang pada akhirnya dapat meningkatkan kekuatan elemen struktur perkerasan jalan.

Agregat untuk lapis pondasi harus memenuhi sifat-sifat yang diberikan pada Tabel 1. dan dalam menentukan campuran gradasi untuk lapis pondasi agregat harus memenuhi persyaratan gradasi seperti pada Tabel 2 berikut ini.

Tabel 1. Sifat-Sifat Lapis Pondasi Agregat

Sifat-sifat	Kelas A	Kelas B
Abrasi (SNI 03-2417-1990)	0 - 40%	0 - 40%
Indeks Plastis (SNI 1996-1990)	0 - 6	0 - 10
Hasil Kali IP dengan % lolos No 200	Maks 25	-
Batas Cair (SNI 03-1967-1990)	0% - 6%	0% - 6%
CBR (SNI 03-1744-1989)	Min 90%	Min 60%

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga Rev 2 , 2010

Tabel 2. Gradasi Agregat Lapis Pondasi

Ukuran Ayakan	Ukuran Ayakan Mm	Persen Lolos Agg Kelas A	Persen Lolos Agg Kelas A
2"	50	-	100
1 1/2"	37,5	100	88 -95
1"	25,0	79 - 85	70 - 85
3/8"	9,5	44 - 58	30 - 65
No.4	4,75	29 - 44	25 - 55
No.10	2,0	17 - 30	15 - 40
No. 40	0,425	7 - 17	8 -20
No.200	0,075	2 - 8	2 - 8

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga Rev 2 , 2010

1.1 Palm Oil Fuel Ash (POFA)

Abu sawit yang disebut juga dengan *Palm Oil Fuel Ash* (POFA) dihasilkan dari pembakaran limbah padat kelapa sawit pada suhu sekitar 800 - 1.000°C pada pembangkit listrik tenaga uap di pabrik kelapa sawit [1]. Industri kelapa sawit menghasilkan limbah padat seperti serat, cangkang dan tandan kosong. Proses ekstraksi 100 ton tandan buah segar akan menghasilkan 20 ton cangkang, 7 ton serat, dan 25 ton tandan kosong [2]. Perkembangan industri kelapa sawit yang terus meningkat akan berdampak pada peningkatan limbah padat yang dihasilkan dari pengolahan tandan buah segar (TBS). Limbah ini adalah sisa produksi minyak sawit kasar berupa tandan kosong, serat dan cangkang sawit. Limbah tersebut digunakan sebagai bahan bakar ketel (boiler) untuk menghasilkan energi mekanik dan panas. Uap dari boiler dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik dan untuk merebus TBS sebelum diolah di dalam pabrik [3]. Masalah yang kemudian timbul adalah sisa dari pembakaran pada ketel (boiler) berupa abu (POFA) dengan jumlah yang terus meningkat sepanjang tahun. Namun POFA sendiri sampai saat ini masih belum dimanfaatkan secara optimal. Kondisi limbah POFA yang terus menerus meningkat seiring peningkatan industri kelapa sawit semakin membutuhkan lahan yang besar untuk menampung POFA.

POFA adalah salah satu abu limbah industri yang komposisi kimianya mengandung kadar silika yang tinggi dan sangat berpotensi tinggi untuk digunakan sebagai pengganti semen [1]. Menurut [4], POFA dengan kehalusan yang tinggi dengan $d_{50} = 10.1 \mu\text{m}$ adalah material reaktif pozzolanic yang bisa digunakan untuk membuat beton dengan mutu tinggi.

Mohammed [5] meneliti perilaku tanah granit yang distabilisasi dengan POFA dan kapur. POFA pada penelitian tersebut diambil dari PKS di Johor, Malaysia. [5] menggunakan POFA yang disaring hingga berukuran 300 μm hingga 425 μm . Ukuran ini menurut standar ASTM, adalah POFA yang lolos saringan No. 40 dan tertahan saringan No.50. [6] meneliti POFA sebagai bahan stabilisasi pada tanah lempung yang terganggu. POFA pada penelitian tersebut diambil dari PKS di Malaysia. Dalam penelitiannya, [6] menggunakan POFA yang berukuran 300 μm hingga 425 μm . Ukuran ini menurut standar ASTM, adalah POFA yang lolos saringan No. 40 dan tertahan saringan No.60. Aplikasi dalam ilmu teknik, POFA dimanfaatkan sebagai bahan tambahan pengeras semen dalam desain beton mutu tinggi, pengganti sebagian semen, bahan pengisi dalam lapisan perkerasan jalan raya, bahan stabilisator campuran tanah lempung dan tanah dasar pada lapisan jalan raya [3].

2. MATERIAL DAN METODE

2.1 Material

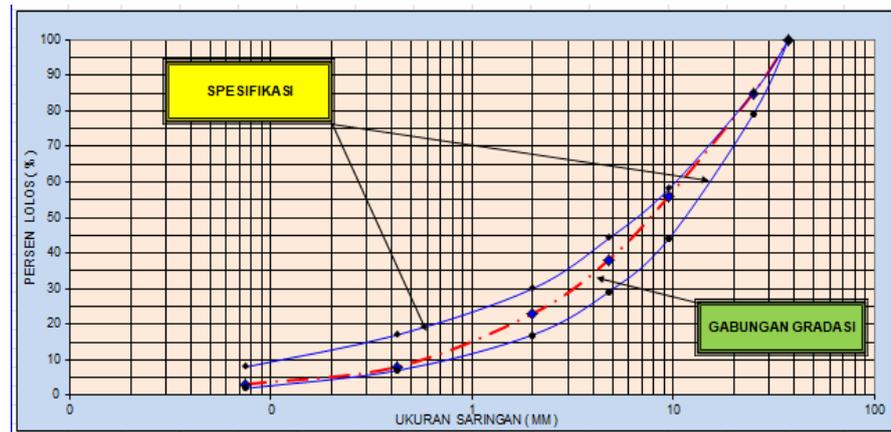
Bahan penyusun campuran agregat kelas A yang digunakan pada penelitian ini meliputi ; batu pecah 1-2, batu pecah medium, pasir saring, *filler* abu batu, dan *Palm Oil Fuel Ash* (POFA). Penelitian ini menggunakan POFA yang lolos saringan No 4 dan tertahan saringan No.200. Hasil uji berat jenis POFA pada penelitian ini adalah 2,44 gr/cc. Untuk hasil uji analisa saringan terhadap POFA pada penelitian ini diperoleh nilai *Cc* sebesar 2,11 dan nilai *Cu* sebesar 5,25. Berdasarkan pengklasifikasian USCS, nilai *Cc* dan *Cu* POFA pada penelitian ini dapat diklasifikasikan ke dalam golongan *poorly graded sand* (SP) atau pasir bergradasi buruk. Sedangkan berdasarkan AASHTO, POFA pada penelitian ini dapat diklasifikasikan ke dalam golongan A-3 yaitu tanah granular. Bahan agregat batu pecah 1-2 dan medium hasil uji berat jenis masing-masing adalah 2,59 gr/cc dan 2,56 gr/cc. Agregat halus berupa pasir saring hasil uji berat jenis sebesar 2,55 gr/cc.

2.2 Metode

Untuk mendapatkan data primer yang maka seluruh pengujian terhadap bahan agregat mengacu pada Spesifikasi Umum Bina Marga Revisi 3 Tahun 2010. Metode Pengujian CBR Laboratorium mengacu SNI 03-1744-1989, Metode pengujian Analisa saringan mengacu SNI.03-1968-1990. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat (SNI03-1969-1990), Metode Penyerapan air (SNI.03-1994-1990). Metode Berat Jenis (SNI.03-2816-1992), pengujian Abrasi *Los Angeles* merujuk SNI2417-2008, dan uji *Proctor Standart* dan *Modifeid* mengacu SNI1743- 2008 dan Metode CBR laboratorium mengacu pada SNI03-1744-1989.

2.3. Kombinasi Campuran Agregat Kelas A

Untuk mendapatkan campuran agregat yang memenuhi spesifikasi gradasi, maka peneliti mengkombinasi seluruh agregat yang digunakan untuk campuran agregat kelas A. Dari analisis kombinasi agregat gabungan diperoleh bahwa batas-batas minimum dan maksimum campuran agregat kelas A telah memenuhi spesifikasi. Komposisi masing-masing campuran agregat kelas A adalah Batu Pecah (BP) 1-2 sebesar 30%, Batu Pecah (BP) 1-2 sebesar 30%, Pasir Saring sebesar 20%, abu batu sebesar 15% dan jumlah POFA divariasikan dari 10%, 15%, 20% dan 25%. Komposisi ini menjadi dasar dalam design kebutuhan masing-masing bahan campuran agregat kelas A.



Gambar 1. Kurva kombinasi agregat

2.4. Pengujian *Standart Proctor*

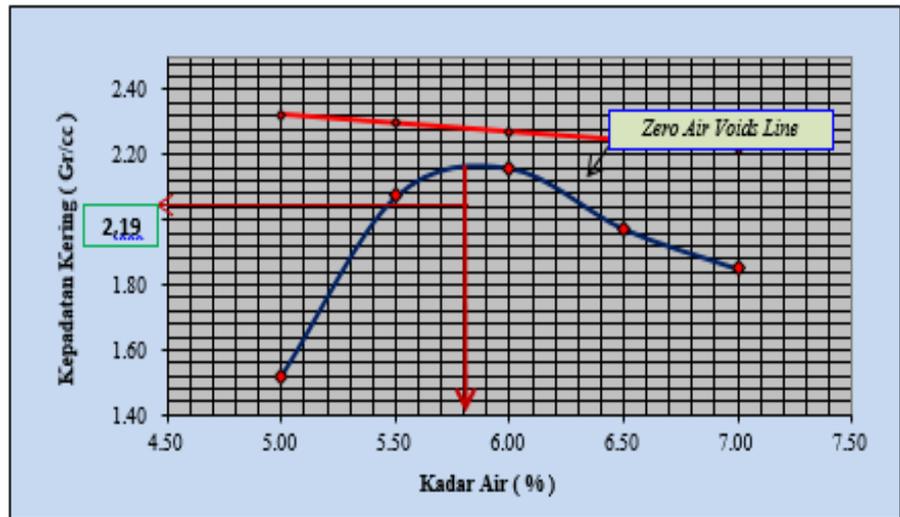
Desain CBR campuran agregat kelas A diawali dengan uji *Proctor Standart*, tahapan ini bertujuan untuk mendapatkan *Kadar Air Optimum (KAO)* dan *Berat Isi Kering Maksimum (γ_{dry})*. Hasil uji Proctor Standart dengan 25 tumbukan terdapat pada Tabel 3 dan kurva Kadar Air Optimum Pada Gambar 2 dibawah ini.

Tabel 3. Hasil Uji *Standart Proctor*

Percobaan No.	1	2	3	4	5
Berat Mold (Gr)	6090	5240	5240	5240	5240
Volume Mold (Gr/cc)	2457,7	2457,7	2457,7	2457,7	2129,4
Berat Tanah + Mold (Gr)	10015,0	10615,0	10870,0	10405,0	9285,0
Berat Tanah (Gr)	3925,0	5375,0	5630,0	5165,0	4045,0
Kepadatan Basah (Gr/cc)	1,597	2,187	2,291	2,102	1,900
Kepadatan Kering (Gr/ cc)	1,52	2,07	2,16	1,97	1,78
Angka Pori (e)	0,723	0,264	0,212	0,328	0,476
Zero Air Voids Lines (Gr / cc)	2,324	2,297	2,271	2,246	2,221

KADAR AIR

Percobaan No.	1	2	3	4	5
Cawan No.	A - 2	C - 4	B - 2	A - 3	D - 7
Berat Cawan (Gr)	2,34	2,34	2,34	2,34	2,34
Brt. Cawan + Tanah Basah (Gr)	102,34	102,34	102,34	102,34	102,34
Brt. Cawan + Tanah Kering (Gr)	97,94	96,94	95,64	95,50	94,35
Berat Air (Gr)	4,40	5,40	6,70	6,84	7,99
Berat Tanah Kering (Gr)	95,60	94,60	93,30	93,16	92,01
Kadar Air (%)	5,00	5,50	6,00	6,50	7,00

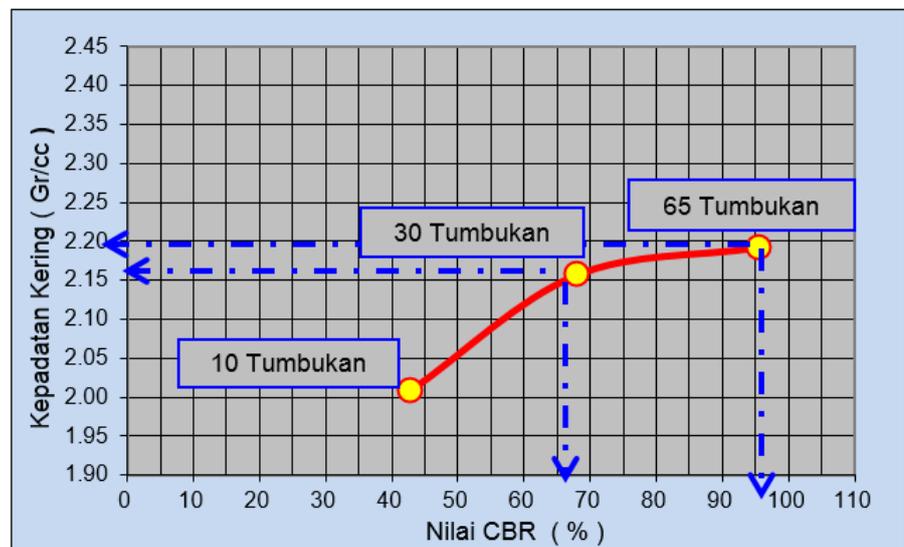


Gambar 2. Hubungan Berat Isi Kering Maks (γ_{dry}) dan Kadar Air

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Nilai **CBR** campuran agregat kelas A substitusi 0% **POFA**

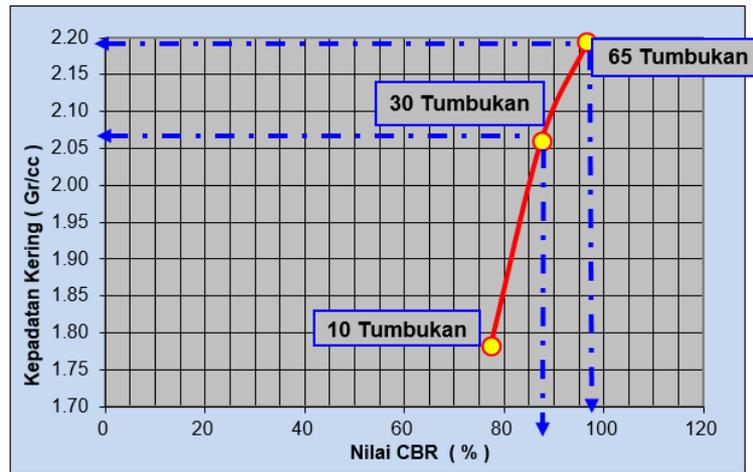
Hasil penelitian untuk campuran Agregat kelas A dengan substitusi 0% POFA dengan tanpa rendaman (*unsoaked*) diperoleh nilai Berat Isi Kering Maksimum (γ_{dry}) sebesar 2,192 gr/cm³, desain nilai CBR adalah CBR sebesar 95,41 %. Kurva desain **CBR** campuran agregat kelas A dengan substitusi 0% POFA pada Gambar 3 dibawah ini.



Gambar 3. **CBR** campuran agregat kelas A+ 0% POFA

3.2 Nilai **CBR** campuran agregat kelas A substitusi Substitusi 10% POFA.

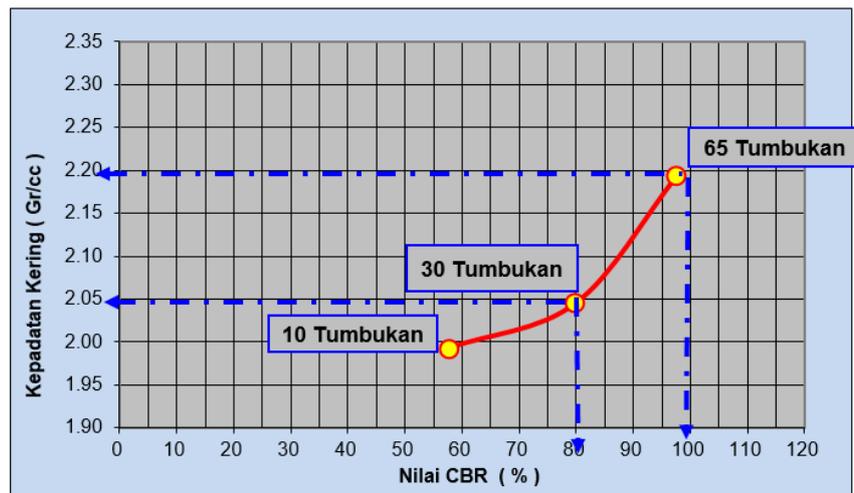
Hasil penelitian untuk campuran Agregat kelas A dengan substitusi 10% POFA dengan tanpa rendaman (*unsoaked*) diperoleh nilai Berat Isi Kering (γ_{dry}) sebesar 2,193 gr/cm³, desain nilai CBR adalah CBR sebesar 96,77 %. Kurva desain **CBR** campuran agregat kelas dengan substitusi 10% POFA pada Gambar 4 dibawah ini.



Gambar 4. CBR campuran agregat kelas A+ 10% POFA

3.3 Nilai CBR campuran agregat kelas A substitusi 15% POFA.

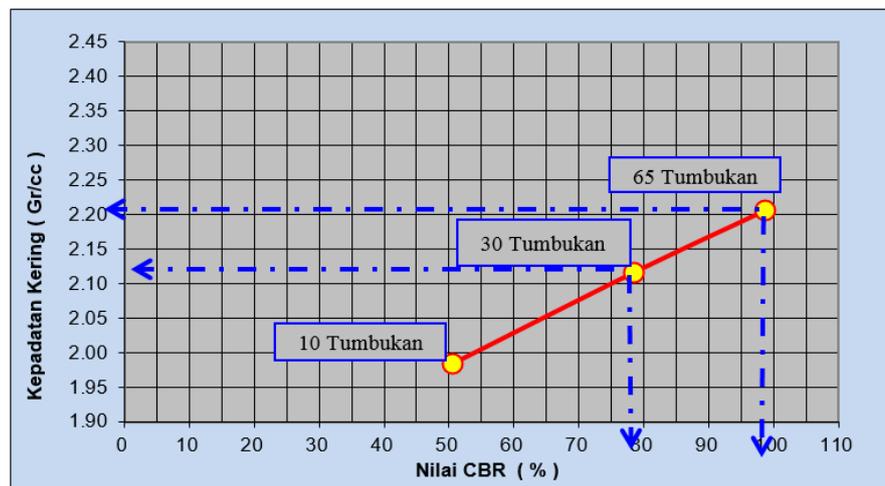
Hasil penelitian untuk campuran Agregat kelas A dengan substitusi 15% POFA dengan tanpa rendaman (*unsoaked*) diperoleh nilai berat isi kering maksimum (γ_{dry}) sebesar 2,194 gr/cm³, desain nilai CBR adalah CBR sebesar 97,45 %. Kurva desain CBR campuran agregat kelas dengan substitusi 15% POFA pada Gambar 5 dibawah ini.



Gambar 5. CBR campuran agregat kelas A+ 15% POFA

3.4 Nilai CBR campuran agregat kelas A substitusi Substitusi 20% POFA.

Hasil penelitian untuk campuran Agregat kelas A dengan substitusi 20% POFA dengan tanpa rendaman (*unsoaked*) diperoleh nilai berat isi kering maksimum (γ_{dry}) sebesar 2,206 gr/cm³, desain nilai CBR adalah CBR sebesar 98,73 %. Kurva desain CBR campuran agregat kelas dengan substitusi 20% POFA pada Gambar 6 dibawah ini.



Gambar 6. CBR campuran agregat kelas A+ 20% POFA

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian penggunaan POFA sebagai bahan substitusi *filler* pada campuran agregat kelas A dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. POFA yang merupakan limbah pabrik kelapa sawit dapat digunakan sebagai bahan alternatif pengganti *filler* abu batu pada campuran agregat kelas A.
2. Penggunaan POFA sampai 20% pada campuran agregat kelas A dapat meningkatkan nilai kepadatan kering maksimum (V_{dry}) sebesar 0,62 % dan nilai CBR sebesar 3,36 %.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih kami sampaikan kepada PT. Karya Samo Mas dan PT. Sarana Andalan Semesta yang telah memberikan sampel POFA dan bahan agregat untuk penelitian. Ucapan terimakasih juga peneliti sampaikan kepada Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Pasir Pengaraian dan Kepala Laboratorium Bahan & Struktur Program Studi Teknik Sipil Universitas Pasir Pengaraian yang telah membantu kelancaran penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Tangchirapat, W., Saeting, Jaturapitakkul, T.C., Kiattikomol, K., Siripanichgorn, A. "Use of waste ash from palm oil industry in concrete. Thailand". *Department of Civil Engineering, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangmod, Tungkru, Bangkok*. 2006.
- [2] Braja M. "Mekanika Tanah Jilid 1 (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis). Alih Bahasa Endah dan Mochtar". *Jakarta, Erlangga*. 1995.
- [3] Endriani, D. "Pengaruh Penambahan Abu Cangkang Sawit Terhadap Daya Dukung dan Kuat Tekan pada Tanah Lempung Ditinjau dari Uji UCT dan CBR Laboaratorium". *Tesis Program Pasca Sarjana Fakultas Teknik. Medan: Universitas Sumatera Utara*. 2012.
- [4] Nazarudin, Dwina dan Murdani. "Analisis Stabilisasi Tanah Gambut Dengan Menggunakan Campuran POFA (Palm Oil Fuel Ash) Ditinjau Dari Nilai CBR (California Bearing Ratio). *Universitas Jambi, Jambi*. 2020.
- [5] SNI 1965-2008. "Cara Uji Penentuan Kadar Air Tanah dan Batuan di Laboratorium". *Badan Standardisasi Nasional*. 2008.
- [6] SNI 1964-2008. "Cara Uji Berat Jenis Tanah 2008". *Badan Standardisasi Nasional*. 2008.
- [7] SNI 1966-2008. "Cara Uji Penentuan Batas Plastis dan Indeks Plastisitas Tanah". *Badan Standardisasi Nasional*. 2008.
- [8] SNI 1967-2008. "Cara Uji Penentuan Batas Cair Tanah". *Badan Standardisasi Nasional*. 2008.

- [9] SNI 3423-2008. "Cara Uji Analisis Ukuran Butir Tanah". Badan Standardisasi Nasional. 2008.
- [10] SNI 1743-2008. "Cara Uji Kepadatan Ringan untuk Tanah". Badan Standardisasi Nasional. 2008.
- [11] SNI 1744-2012. "Metode Uji CBR laboratorium". *Badan Standardisasi Nasional*. 2012.
- [12] SNI 13-6793-2002. "Metode Pengujian Kadar Air, kadar Abu dan Bahan Organik Dari Tanah Gambut Dan Tanah Organik Lainnya". *Badan Standardisasi Nasional*. 2002.
- [13] ASTM C618-12a. "Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete. United States". 2014.
- [14] ASTM D4427 : 92 : "Standard Classification of Peat Samples by Laboratory Testing". 2002.
- [15] ASTM D4427-92. "Standar Klasifikasi Gambut Sampel oleh Testing Laboratory". 2002.