

STUDI KARAKTERISTIK ASPAL AC- BC DAN RESISTENSI TERHADAP INFILTRASI AIR LAUT DENGAN *POFA* SEBAGAI *FILLER*

¹Syaifuddin, ^{2*}Kurniati, ^{3*}Aiyub, ^{4*}Miswar,
^{5*}Iponsyah Putra Bin Amiruddin, ^{6*}Parha Kamilatun Nuha Daulay

^{1,2,3,4,5,6}Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Lhokseumawe
Jln. B. Aceh Medan Km.280 Buketrata 24301 INDONESIA

¹syaifuddin@pnl.ac.id

^{2*}kurniati@pnl.ac.id

^{3*}Aiyubts9@gmail.com

^{4*}miswarsipil65@pnl.ac.id

^{5*}iponputra@gmail.com

^{6*}kamilatunparha0505@gmail.com

Abstrak - *POFA* merupakan bahan pengolahan hasil limbah kelapa sawit yang memiliki sifat *pozzolanik*, yang berarti dapat bereaksi dengan kalsium hidroksida yang dihasilkan selama hidrasi semen pada aspal sebagai *filler* pada campuran aspal *AC-BC*. Penelitian di laboratorium terhadap uji *Marshall* mengikuti pedoman pada SNI 2489-2018. Tujuan penelitian untuk mengamati Karakteristik *Marshall* campuran *AC-BC* dengan *POFA* dan semen sebagai *filler* dan untuk mengetahui pengaruh infiltrasi air laut pada kadar salinitas yang berbeda dan variasi persentase *POFA* yang berbeda terhadap aspal *AC-BC*. Metode penelitian terhadap Aspal *AC-BC* mengacu pada Spesifikasi Bina Marga 2018, Penelitian yang dilakukan merupakan penelitian eksperimental, hasil penelitian menunjukkan perolehan kadar aspal optimum (KAO) sebesar 5,7%. Selanjutnya Pembuatan benda uji dengan variasi *filler POFA* 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% terhadap *filler* semen. Uji perendaman menggunakan air laut dengan kadar salinitas 3%, diperoleh hasil Pengujian *Marshall* terbaik pada kadar *POFA* 50% dengan nilai stabilitas 1840 kg, Flow 3,5%, *VIM* 4,4%, *VMA* 14,6% dan *VFB* 80,95%, selanjutnya pada Kadar *POFA* 50% dilakukan pengujian *marshall* dengan dengan benda uji yang direndam pada variasi kadar salinitas 6%, 9%, 12% dan 15%. Dari sampel hasil perendaman dengan variasi kadar salinitas yang berbeda tersebut ternyata nilai parameter *Marshall* menurun seiring dengan penambahan persentase kadar salinitasnya. Untuk benda uji standar (air normal) penggunaan *POFA* sebagai *filler* ternyata memberikan kontribusi positif seiring penambahan persentase *POFA* mulai dari 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% seluruh sampel yang diuji dengan *marshall* test menunjukkan karakteristik *marshall*, dengan nilai stabilitas melebihi nilai stabilitas jika menggunakan *filler* semen, sehingga *filler POFA* dapat digunakan secara utuh menjadi alternatif *filler* baru selain menggunakan semen dan *filler* lainnya.

Kata Kunci : Limbah kelapa sawit, *POFA*, *filler*, Aspal, *AC-BC*, *Marshall*.

Abstract - *POFA* is a material that has *pozzolan* properties, which means it can react with calcium hydroxide produced during the hydration of cement in asphalt as a *filler* in *AC-BC* asphalt mixtures. Laboratory research on the Marshall test follows the guidelines in SNI 2489-2018. The aim of the research was to observe the Marshall characteristics of the *AC-BC* mixture with *POFA* and cement as *filler* and to determine the effect of seawater infiltration at different salinity levels and different percentage variations of *POFA* in *AC-BC* asphalt. The research method for *AC-BC* Asphalt refers to the 2018 Bina Marga Specifications. The research carried out was experimental research, the results of the research showed that the optimum asphalt content (KAO) was 5.7%. Next, make test objects with *POFA filler* variations of 0%, 25%, 50%, 75% and 100% cement *filler*. The immersion test using seawater with a salinity content of 3%, obtained the best Marshall Test results at a *POFA* content of 50% with a stability value of 1840 kg, Flow 3.5%, *VIM* 4.4%, *VMA* 14.6% and *VFB* 80.95% , then at a *POFA* level of 50% Marshall testing was carried out using test objects immersed in varying salinity levels of 6%, 9%, 12% and 15%. From samples resulting from immersion with different variations in salinity levels, it turns out that the Marshall parameter value decreases as the percentage of salinity level increases. For standard test objects (normal water), the use of *POFA* as a *filler* turned out to make a positive contribution as the percentage of *POFA* was added starting from 0%, 25%, 50%, 75% and 100%. All samples tested with the Marshall test showed Marshall characteristics, with stability values. exceeds the stability value when using cement *filler*, so *POFA filler* can be used in its entirety as a new alternative *filler* besides using cement and other *fillers*.

Keywords: Palm oil waste, *POFA*, *filler*, asphalt, *AC-BC*, *Marshall*.

I. PENDAHULUAN

Aspal campuran adalah material konstruksi yang penting dalam pembangunan infrastruktur jalan. Campuran aspal terdiri dari agregat kasar, agregat halus, dan aspal. Jalan memiliki syarat umum yaitu dari segi konstruksi harus kuat, awet dan kedap air. Berdasarkan sudut pandang pelayanan, jalan harus rata, tidak licin, geometrik memadai dan ekonomis [1].

Limbah padat yang dihasilkan dari pengolahan kelapa sawit berupa cangkang, serabut, dan tandan kelapa sawit,

limbah kelapa sawit akan terus bertambah dan menumpuk dan bila tidak ditangani dengan tepat dan baik maka akan dapat menyebabkan pencemaran lingkungan [2] Proses pengolahan *POFA* dihasilkan oleh penghancuran sisa-sisa pertanian, seperti ijuk dan cangkang inti sawit di pembangkit listrik tenaga panas biomassa. Setelah pembakaran, sekitar 5% dari total padatan terbentuk berubah menjadi *POFA*, yang sebagian besar terdiri dari silika dan alumina. Namun, sebagian besar *POFA* dibuang sebagai limbah, yang menyebabkan pencemaran tanah dan hal-hal terkait lainnya masalah lingkungan [3]

Menurut Usman dkk [4] Abu Bahan Bakar Minyak Sawit yang dikenal sebagai *Palm oil fuel ash (POFA)* adalah hasil sampingan abu dari pembakaran biomassa pohon sawit, termasuk tandan buah sawit kosong, serat, kernel/cangkang, daun sawit di pabrik kelapa sawit. *POFA* idealnya berwarna abu-abu tetapi berubah menjadi hitam tergantung pada proporsi karbon yang tidak terbakar. Persentase karbon tidak terbakar yang lebih tinggi membuat *POFA* menjadi hitam; karenanya pembakaran lebih lanjut pada 1000°C mengembalikan *POFA* menjadi abu-abu. Berat jenis *POFA* berkisar antara 1,89 hingga 2,6, dan memiliki kandungan silika dan alumina yang tinggi, sehingga bersifat pozzolan. Karakteristik dan kandungan kimia *POFA* sangat berbeda, terutama dipengaruhi oleh beberapa faktor yang terdiri dari (i) bagian biomassa yang digunakan dalam produksinya, (ii) lokasi geografis biomassa kelapa sawit, (iii) suhu pembakaran, (iv) ukuran partikel, dan (v) Perlakuan pra atau pasca produksi yang diterapkan.

Abu bahan bakar minyak sawit (*POFA*) yang diambil dari tengah menara cerobong dan dikumpulkan dari Sime Darby, Kilang Kelapa Sawit, Ladang Tanah Merah, Port Dickson, Negeri Sembilan. Adsorben yang diperoleh diayak melalui saringan no $75\mu\text{m}$ dan $250\mu\text{m}$. selanjutnya dicuci dengan air deionisasi beberapa kali untuk menghilangkan partikel asing dan dikeringkan dengan oven pada suhu 105°C semalam. Fluoresensi sinar-X (XRF, Bruker, SB-Tiger) digunakan untuk mengidentifikasi komposisi kimia bahan baku *POFA* dan komposit *POFA* [5]

Agregat berfungsi sebagai kerangka yang memberikan kekuatan dan kekakuan pada campuran aspal, sedangkan aspal bertindak sebagai pengikat yang menempelkan agregat bersama-sama dan memberikan daya tahan terhadap air dan lalu lintas. Dalam upaya untuk meningkatkan sifat-sifat campuran aspal, telah dilakukan penelitian untuk menambahkan bahan tambahan ke dalam campuran. Salah satu bahan tambahan yang digunakan adalah *Palm Oil Fuel Ash (POFA)*, yaitu sisa pembakaran limbah cangkang kelapa sawit. *POFA* memiliki kandungan silika dan ion sulfat yang sangat tinggi, sehingga dapat mengikat stabilitas pada aspal, ion sulfat juga dapat menurunkan panas hidrasi semen. Studi karakteristik campuran aspal dengan menggunakan *POFA* sebagai *filler* pada campuran aspal *AC-BC* bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh *POFA* sebagai *filler* terhadap sifat-sifat campuran aspal. Studi ini melibatkan pengujian fisik dan mekanik campuran aspal, seperti, stabilitas, kekuatan lekat, modulus elastisitas, dan kelelahan.

Ordinary Portland Cement (OPC) banyak digunakan sebagai bahan konstruksi. Produksi *OPC* telah menimbulkan masalah lingkungan, karena pelepasan CO_2 di dalam udara. Abu bahan bakar minyak sawit (*POFA*) merupakan limbah bahan dari tanur kelapa sawit yang juga kaya akan kandungan *Si* dan *Al* sehingga dianggap sebagai bahan baru dalam pengikat geopolimer [6].

Laju pertumbuhan areal perkebunan kelapa sawit di Indonesia terus meningkat yang ditandai dengan peningkatan produksi *Crude Palm Oil (CPO)* dan *Kernel Palm Oil (KPO)*. Berdasarkan data laporan yang

dikeluarkan oleh Badan Pusat Statistik (BPS) Tahun 2020 bahwa luas areal perkebunan kelapa sawit di Indonesia pada tahun 2017 mencapai 12,38 juta hektar dengan hasil produksi 34,94 juta ton, pada tahun 2018 meningkat menjadi 14,33 juta hektar dengan hasil produksi 42,88 juta ton, dan pada tahun 2019 mencapai 14.60 juta hektar dengan hasil produksi 48,42 juta tongkos, cangkang dan sabut [7]

Sejalan dengan semakin meningkatnya produksi kelapa sawit dari tahun ke tahun, akan terjadi pula peningkatan volume limbahnya. Umumnya limbah padat industri kelapa sawit mengandung bahan organik yang tinggi sehingga berdampak pada pencemaran lingkungan. Penanganan limbah secara tidak tepat akan mencemari lingkungan. Berbagai upaya telah dilakukan untuk mengolah dan meningkatkan nilai ekonomi limbah padat kelapa sawit. Limbah kelapa sawit adalah sisa-sisa hasil tanaman kelapa sawit yang tidak termasuk dalam produk utama atau merupakan hasil ikutan dari proses pengolahan kelapa sawit baik berupa limbah padat maupun limbah cair. Limbah padat kelapa sawit dapat berupa tandan kosong, cangkang dan *fiber* (sabut) [8]

Rendaman air laut menunjukkan pengaruh terhadap karakteristik aspal khususnya pada perendaman dengan waktu 48 jam dibandingkan dengan perendaman air laut yang dilakukan selama 24 jam dimana dapat dilihat jelas garis trendline grafik tiap hasil pengujian yang menunjukkan adanya penurunan seperti pada nilai stabilitas, kelelahan, dan nilai *marshall quotient* [9]

Pada Hasil Penelitian terdahulu Dari Winayati dan Fadrizal Lubis (2018). Kinerja campuran *AC-BC* menggunakan *filler* abu batu dan abu tandan sawit dengan persentasi 50% - 50% menghasilkan karakteristik *marshall* antara lain memiliki stabilitas, *VIM*, *VMA*, *VFB*, dan *IRS* menunjukkan nilai diatas nilai yang disyaratkan dalam Spesifikasi Umum Bina Marga 2010.

Filler hanya dianggap mengisi rongga dalam agregat. Namun, studi menunjukkan bahwa peran bahan pengisi (*filler*) dalam kinerja campuran beraspal lebih dari sekedar mengisi rongga tergantung pada jenis yang digunakan. Banyak penelitian telah dilakukan tentang pengaruh bahan pengisi terhadap perilaku campuran aspal. Bahan pengisi yang berbeda mungkin memiliki sifat mekanik yang berbeda dalam campuran aspal. Namun, pemahaman menyeluruh tentang efek partikel halus dalam *filler* sebagai pengikat dan campuran aspal masih perlu diteliti lebih lanjut [10]

POFA yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari *Crude Palm Oil Factory PT. Syaokath Sejahtera, Bireuen*. Bahan pembentuk laston dengan menggunakan aspal penetrasi 60/70. Untuk material digunakan pasir halus, agregat kasar digunakan batu pecah (*split*) hasil produksi *stone crusher PT Bugak Berawang Cemerlang Lhokseumawe*, sedangkan *filler* merupakan substitusi antara *POFA* vs Semen Portland. Uji rendaman juga menggunakan air laut yang diambil pada wilayah pantai Kota Lhokseumawe dengan memodifikasi variasi kadar salinitasnya, sedangkan air normal menggunakan *aquadest*.

Filler bahan pengisi pada aspal adalah suatu bahan tambahan yang ditambahkan ke dalam campuran aspal untuk meningkatkan sifat-sifat mekanik seperti modulus, ketahanan terhadap deformasi, dan kestabilan termal. Bahan-bahan *filler* yang sering digunakan dalam industri aspal meliputi pasir, abu, dan limbah industri seperti serpihan besi, *fly ash*, dan *slag*. Pencampuran fraksi agregat adalah proses menggabungkan fraksi-fraksi agregat yang berbeda dalam proporsi yang telah ditentukan untuk menciptakan campuran agregat yang diinginkan. Mutu dan sifat agregat merupakan salah satu faktor penentu kemampuan perkerasan jalan dalam memikul beban lalu lintas. Selain itu, mutu dan sifat agregat juga merupakan faktor penting dalam menentukan daya tahan terhadap material perkerasan jalan, diperlukan pemeriksaan yang teliti untuk mencapai hasil yang maksimal. Pemeriksaan terhadap sifat-sifat fisis agregat yang dilakukan pada penelitian ini meliputi berat jenis dan penyerapan, tumbukan, keausan agregat, serta kelekatan terhadap aspal. Spesifikasi sifat-sifat fisis agregat untuk perkerasan jalan

II. METODOLOGI

Jenis penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah penelitian eksperimental dengan melakukan rekayasa terhadap satu atau lebih variabel dengan suatu cara yang dapat mempengaruhi variabel tersebut. Penelitian dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Politeknik Negeri Lhokseumawe. Peralatan yang digunakan meliputi peralatan pemeriksaan sifat-sifat fisis, alat pemadatan dan percobaan Marshall. Material yang digunakan terdiri dari; Agregat merupakan batu pecah yang diperoleh dari PT. Alhas Jaya Group Kabupaten Aceh Utara, jenis aspal penetrasi 60/70, serta POFA (Palm Oil Fuel Ash) yang diperoleh dari PT. Saukah Sejahtera, Bireuen, Aceh. Berikut adalah gambar POFA yang sudah dihaluskan.



Gambar 1. POFA yang Telah Dihaluskan

Penggilingan abu: Abu yang telah disaring kemudian digiling dengan menggunakan mesin alat Los Angeles Abrasion (gambar 2) hingga mencapai ukuran partikel yang diinginkan. Penyaringan abu: Abu hasil pembakaran kemudian disaring untuk memisahkan partikel-partikel yang lebih besar dari ukuran yang diinginkan dengan menggunakan ayakan no saringan 200. Setelah proses tersebut selesai, POFA siap digunakan sebagai bahan tambahan.



Gambar 2 Mesin Los angeles

Agregat campuran adalah agregat yang diperoleh dari mencampur secara proporsional agregat kasar (*split*), agregat sedang (*screen*), agregat halus (pasir). Proporsi dari masing-masing fraksi agregat yang direncanakan secara proporsional sehingga diperoleh gradasi yang diinginkan. Dalam rancangan campuran agregat ini akan digunakan metode analitis. Perencanaan campuran agregat dengan aspal dan rancangan benda uji alat dan prosedur penyediaan benda uji dari contoh agregat yang telah diambil dari lapangan dilakukan dengan metode perempatan (*quartering*).

Perendaman dilakukan dengan menggunakan air laut dan dengan air normal, dalam pengujian air laut diambil di Pantai Ujong Blang Kota Lhokseumawe, hasil pengujian menunjukkan bahwa kadar garam di pantai Ujong Blang Kota Lhokseumawe adalah 3%. Setelah dilakukan pemadatan, benda uji dikeluarkan dari cetakan dan didiamkan pada suhu ruang selama 24 jam. Dan selanjutnya direndam dalam air selama 24 jam. Setelah 24 jam benda uji diangkat dari bak perendaman untuk ditimbang berat dalam air dan pada permukaan kering permukaan jenuh. Selanjutnya benda uji direndam kembali dalam Waterbath selama 30 menit dengan suhu air 60°C. Setelah itu benda uji dikeluarkan dan diuji nilai Marshall nya untuk mendapatkan nilai kadar aspal optimumnya.

Data primer meliputi pengujian ayakan, pengujian berat jenis agregat halus dan agregat kasar, pengujian berat jenis aspal, dan pengujian stabilitas campuran taspal beton. Stabilitas campuran beton aspal ditinjau dengan alat Marshall terhadap benda uji normal 2 x 75 tumbukan. Sedangkan data sekunder merupakan data pendukung seperti sifat fisis aspal meliputi berat jenis, penetrasi, daktilitas dan kelekatan aspal terhadap agregat, daftar

spesifikasi campuran, angka koreksi benda uji, angka kalibrasi alat.

Pada Hasil penelitian terdahulu Dari Winayati dan Fadrizal Lubis(2018), Kinerja campuran AC-BC menggunakan filler abu dan abu tandan sawit dengan persentase 50%-50% menghasilkan karakteristik Marshall antara lain memiliki stabilitas, VIM, VMA, VFB dan IRS menunjukkan nilai berada di atas yang disyaratkan dalam spesifikasi Umum Bina Marga 2010. Berdasarkan latar belakang tersebut dilakukan penelitian dengan penggunaan substitusi POFA dan semen sebagai filler dengan persentase 0%, 25%, 50%, 75%, 100%. Jenis penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah penelitian eksperimen. Penelitian ini dilakukan dengan cara pengamatan langsung (participant) di Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Lhokseumawe. Data yang dikumpulkan meliputi data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data utama yang dikumpulkan secara langsung melalui berbagai macam pengujian yang dilakukan dengan mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI). Pengujian tersebut meliputi pengujian sifat fisis agregat berupa pengujian analisa saringan, pengujian berat jenis agregat halus dan agregat kasar, pengujian berat isi agregat, pengujian keausan agregat, pengujian kelekatan aspal terhadap agregat dan pengujian sifat fisis aspal yang meliputi pengujian berat jenis aspal, pengujian penetrasi aspal, pengujian titik lembek aspal. Sampel yang diuji dalam penelitian ini berjumlah 15 Sampel yang merupakan keseluruhan dalam variasi yang akan diuji pada parameter marshall, ketentuannya sebagai berikut:

Tabel 1 Rancangan Benda Uji

No	Filler		Jumlah Tumbukan	Jumlah Benda Uji
	Kadar PoFA (%)	Kadar Semen (%)		
1	0	100	2x75	3
2	25	75	2x75	3
3	50	50	2x75	3
4	75	25	2x75	3
5	100	0	2x75	3
Jumlah				15

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada benda uji dengan campuran agregat halus dan batu pecah, nilai CA yang digunakan sebesar 57,8 %, nilai FA 36,7 %, serta filler sebanyak 5,6 %, didapatkan kadar aspal tengah 5,2 %, selanjutnya untuk penentuan kadar aspal optimum dilakukan melalui persentase pengujian terhadap benda uji dengan persentase kadar aspal adalah 4,2 %, 4,7%, 5,2%, 5,7% dan 6,2%. Berikut ini ditampilkan hasil pengujian tersebut:

Tabel 2 Hasil Pengujian Marshall vs Variasi Kadar Aspal

No	Parameter Marshall	Variasi Kadar Aspal					Spesifikasi Umum 2018
		4,2%	4,7%	5,2%	5,7%	6,2%	
1	Stabilitas (kg)	1616	1812	1906	1779	1441	Min 800
2	Flow (mm)	2,3	2,7	2,9	3,2	3,5	2-4
3	VIM (%)	5,0	4,9	4,1	4,0	3,2	3-5
4	VMA (%)	12,5	13,6	14,0	15,0	15,0	Min 14
5	VFB (%)	82,5	81,5	81,9	81,0	81,4	Min 65

Berdasarkan parameter marshall yang diperoleh dari pengujian laboratorium diperoleh nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) yang dihasilkan sebesar 5,7%, Berdasarkan nilai KAO yang diperoleh pengujian selanjutnya dilakukan pengujian Marshall melalui substitusi kadar POFA dan Semen Portland dengan berbagai variasi seperti ditunjukkan pada tabel 3, serta perlakuan lanjutan dengan melakukan perendaman dengan menggunakan air normal dan air laut dengan kadar salinitas yang berbeda.

Pengujian parameter Marshall

Pengujian parameter Marshall setelah penambahan POFA dilakukan dengan cara mengganti filler semen dengan POFA berdasarkan persentase POFA 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% dengan hasil pada Tabel 3.

Tabel 3 Nilai Parameter Marshall Berdasarkan Filler

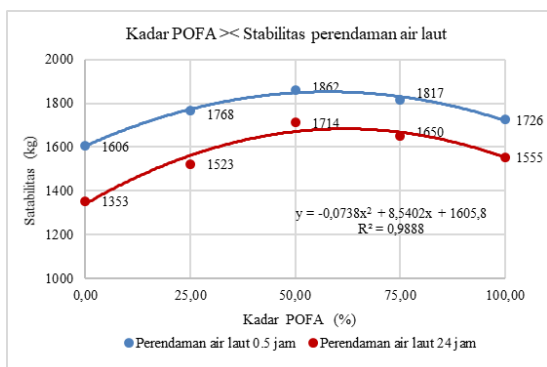
No	Substitusi Filler		Stabilitas (kg)	Flow (mm)	VIM (%)	VMA (%)	VFB (%)
	POFA (%)	Semen (%)					
1	0	100	1779	3,2	4,8	15,0	80,16
2	25	75	1790	3,3	4,5	14,7	80,86
3	50	50	1840	3,5	4,4	14,6	80,95
4	75	25	1865	3,8	4,2	14,4	81,40
5	100	0	1907	3,9	4,1	14,3	81,61

Pengujian Marshall pada benda uji aspal AC-BC dengan penambahan POFA dengan variasi 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% terhadap kadar aspal optimum dengan 2 x 75 tumbukan, diperoleh nilai parameter marshall seperti diperlihatkan pada tabel 4, dan output yang dihasilkan dalam bentuk grafik pada gambar 3, menunjukkan bahwa nilai parameter kinerja struktural yaitu Stabilitas, Flow, VIM, VMA, VFB dan IRS. Pada nilai stabilitas menunjukkan, dengan penambahan POFA semakin tinggi kadar POFA, maka semakin tinggi pula nilai stabilitas yang dihasilkan, hal ini menunjukkan bahwa, penambahan POFA memberikan efek yang signifikan terhadap nilai stabilitas. Nilai Durabilitas campuran diperoleh dari perbandingan perendaman selama 0,5 jam dengan perendaman selama 24 jam pada suhu 60°C. Hasil dari pengujian adalah pada Tabel 4.

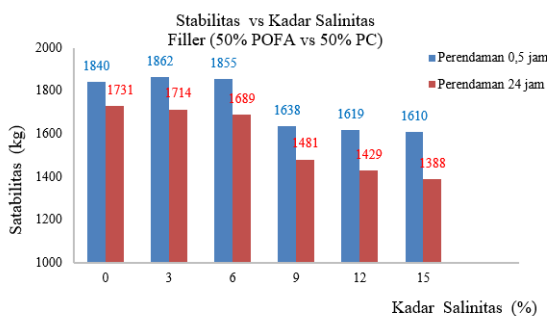
Tabel 4 Durabilitas Perendaman dengan Air Normal

No	Variasi POFA (%)	Stabilitas Marshal perendaman 0,5 jam	Stabilitas Marshal perendaman 24 jam	IRS
1.	0	1779	1779,1	89,87
2.	25	1790	1652,2	92,32
3.	50	1840	1731,2	94,06
4.	75	1865	1782,1	95,57
5.	100	1907	1832,2	96,08

Pada grafik berikut diperlihatkan Durabilitas campuran diperoleh dari perbandingan perendaman selama 0,5 jam dengan perendaman selama 24 jam pada suhu 60°C. Hasil dari pengujian adalah pada Tabel 5. Gambar 1 Grafik Stabilitas perendaman air laut 0,5 jam dan 24 jam



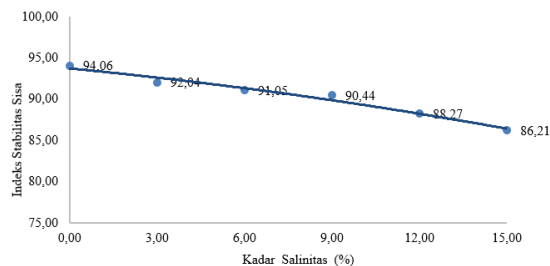
Gambar 3 Stabilitas vs Kadar POFA dan Kadar Salinitas



Gambar 4 Stabilitas vs Variasi Kadar Salinitas

Berdasarkan grafik di atas durabilitas yang terinfiltrasi air laut dengan kadar garam 3% pada persentase POFA 50%, diperoleh nilai tertinggi pada parameter Marshall-nya, sedangkan kadar POFA di atas persentase tersebut nilai parameter Marshall AC-BC mengalami penurunan. Pada perendaman air laut 0,5 jam dan 24 jam didapatkan persentase kadar POFA tertinggi pada persentase 50%, setelah itu dilakukan dengan pengujian kadar salinitas, dengan menambah kadar garam sebanyak 6%, 9%, 12% dan 15%, dapat dilihat pada tabel 6 berikut:

Dari grafik berikut terlihat bahwa semakin tinggi kadar POFA maka nilai durabilitas cenderung mengalami penurunan



Gambar 4. Grafik penambahan Salinitas

Dari Grafik diatas terlihat bahwa setiap peningkatan persentase Salinitas POFA maka semakin menurun nilai durabilitasnya, hal itu terjadi karena garam dapat menyebabkan penurunan ketahanan terhadap deformasi plastis, seperti rutting atau pemadatan permukaan jalan akibat lalu lintas kendaraan.

IV. KESIMPULAN

1. Penggunaan substitusi POFA dan semen sebagai filler dalam campuran aspal AC-BC terus mengalami peningkatan terhadap Karakteristik Marshall seiring dengan kenaikan persentase POFA, sehingga POFA sebagai filler dapat digunakan sebagai pengganti filler semen, atau filler lainnya.
2. Aspal AC-BC yang terinfiltrasi air laut dengan kadar garam 3% dan POFA 50%, diperoleh nilai tertinggi pada parameter Marshallnya, sedangkan kadar POFA di atas persentase tersebut nilai parameter Marshall AC-BC mengalami penurunan.
3. Penggunaan filler POFA 100% diperoleh nilai Marshall yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan penggunaan semen 100%, dengan kata lain penggunaan filler POFA ternyata lebih baik jika dibandingkan dengan penggunaan filler semen, namun ketahanan terhadap kadar garam menurun seiring dengan peningkatan persentase POFA.

REFERENSI

- [1] F. Maklas and D. Erizal, "Analisis Perencanaan Tebal Perkerasan Jalan pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Bogor-Ciawi-Sukabumi (Analysis of Road Pavement Thickness Planning on Bogor-Ciawi-Sukabumi Toll Road)," 2019.
- [2] A. Haryanti, N. Norsamsi, P. S. Fanny Sholiha, and N. P. Putri, "Studi Pemanfaatan Limbah Padat Kelapa Sawit," *Konversi*, vol. 3, no. 2, p. 20, Oct. 2014, doi: 10.20527/k.v3i2.161.
- [3] K. Wi, H. S. Lee, S. Lim, M. A. Ismail, and M. W. Hussin, "Effect of using micropalm oil fuel ash as partial replacement of cement on the properties of cement mortar," *Advances in Materials Science and Engineering*, vol. 2018, 2018, doi: 10.1155/2018/5164030.

- [4] K. R. Usman *et al.*, “Durability of POFA-modified dense-graded cold mix asphalt,” in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, IOP Publishing Ltd, Feb. 2022. doi: 10.1088/1755-1315/971/1/012006.
- [5] M. K. Manikam, A. A. Halim, and M. M. Hanafiah, “Pollutants removal from sewage wastewater using palm oil fuel ash,” in *AIP Conference Proceedings*, American Institute of Physics Inc., Jun. 2019. doi: 10.1063/1.5111270.
- [6] Mulizar, Fazliah, Iskandar, Aiyub, and A. Fauzi, “Effect of POFA as a replacement material on fly ash based geopolymer mortar,” in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Institute of Physics Publishing, Jul. 2020. doi: 10.1088/1757-899X/854/1/012012.
- [7] A. Agusri, “Uji Pemanfaatan Palm Oil Fuel Ash (Pofa) Sebagai Adsorben Dalam Menetralkan pH Dan Mendegradasi TSS, COD Limbah Penatu,” UIN Ar-Raniry Banda Aceh, Banda Aceh, 2022.
- [8] A. Haryanti, N. Norsamsi, P. S. Fanny Sholiha, and N. P. Putri, “Studi Pemanfaatan Limbah Padat Kelapa Sawit,” *Konversi*, vol. 3, no. 2, pp. 57–66, Oct. 2014, doi: 10.20527/k.v3i2.161.
- [9] A. Sabarno and I. Farida, “Karakteristik Aspal (HRS-WC) Dalam Kondisi Terendam Air Laut Dengan Variasi Waktu Rendaman Berdasarkan Uji Marshall,” *Hexagon*, vol. 3, no. 1, 2022, Accessed: Aug. 24, 2023. [Online]. Available: <https://jurnal.uts.ac.id/index.php/hexagon/article/view/1330>
- [10] A. M. Maleka, A. W. Hamad, and R. P. Jaya, “Effect of Palm Oil Fuel Ash (POFA) on the Durability of Asphaltic Concrete,” *Applied Mechanics and Materials*, vol. 744–746, pp. 1560–1565, Mar. 2015, doi: 10.4028/www.scientific.net/amm.744-746.1560.