

Analisis Nilai Keausan pada Lapis *Hot Rolled Sheet* (HRS) dengan Menggunakan *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP) dan *Styrofoam*

Dapot Syaloom Harianja¹, Fadrizal Lubis², Alfian Saleh^{3*}

^{1,2,3} Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lancang Kuning
Jl. Yos Sudarso km. 8 Rumbai, Pekanbaru, Telp. (0761) 52324

Email: dapotsyaloom@unilak.ac.id, fadrizal@unilak.ac.id, alfian.saleh@unilak.ac.id*

ABSTRAK

Penerapan *recycling* dengan menggunakan *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP), dimana *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP) merupakan konsep rehabilitasi struktur jalan, dengan mengoptimalkan penggunaan kembali material lama menjadi material perkerasan baru. Pada penelitian ini menggunakan bahan dari *Reclaimed Asphalt Pavement* untuk lapisan *Hot Rolled Sheet* (HRS) dengan memanfaatkan bahan tambah berupa material limbah *styrofoam*. *Styrofoam* memiliki sifat yang sama dengan aspal yaitu termoplastik yang menjadi salah satu alasan dijadikan bahan tambah. Dari hasil pengujian KAO dibuat dengan variasi nilai 6,2%; 6,7%; 7,2%; 7,7%; 8,2% dan didapat nilai kadar aspal optimum sebesar 7,24%. Dari kadar aspal optimum yang didapatkan dilanjutkan dengan melakukan pencarian kadar *styrofoam* optimum. Pencarian kadar *styrofoam* optimum dilakukan dengan menggunakan penambahan variasi nilai 0%, 6%, 12%, 18%, 24% terhadap berat aspal. Dimana semua hasil pengujian memenuhi spesifikasi Bina Marga Tahun 2018 dengan nilai stabilitas tertinggi sebesar 3.688,87 kg dan kadar *styrofoam* optimum sebesar 17,218%. Setelah mendapatkan kadar aspal dan *styrofoam* optimum maka dilakukan pengujian *cantabro* dengan nilai kehilangan berat rata-rata sebesar 3,81%. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan material *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP) yang ditambah dengan *styrofoam* pada lapisan perkerasan *Hot Rolled Sheet* memiliki nilai ketahanan yang tinggi terhadap keausan.

Kata Kunci: *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP), *Styrofoam*, *Cantabro*

ABSTRACT

The application of recycling using Reclaimed Asphalt Pavement (RAP), where Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) is a road structure rehabilitation concept, by optimizing the reuse of old materials into new pavement materials. In this study, materials from Reclaimed Asphalt Pavement were used for the Hot Rolled Sheet (HRS) layer by utilizing added material in the form of Styrofoam waste material. Styrofoam has the same properties as asphalt, namely thermoplastic which is one of the reasons it is used as an added material. From the results of the KAO test, it was made with a value variation of 6.2%; 6.7%; 7.2%; 7.7%; 8.2% and obtained the optimum asphalt content value of 7.24%. From the optimum asphalt content obtained, it is continued by searching for the optimum styrofoam content. The search for optimum styrofoam content was carried out using the addition of various values of 0%, 6%, 12%, 18%, 24% of the asphalt weight. Where all test results meet the 2018 Highways specifications with the highest stability value of 3,688.87 kg and optimum styrofoam content of 17.218%. After getting the optimum asphalt and styrofoam content, the cantabro test was carried out with an average weight loss value of 3.81%. The results of this study indicate that the use of Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) material added with Styrofoam on the Hot Rolled Sheet pavement layer has a high resistance to wear and tear.

Keywords: *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP), *Styrofoam*, *Cantabro*

1. PENDAHULUAN

Aspal daur ulang (RAP) adalah material yang dapat dimanfaatkan kembali sebagai material perkerasan jalan untuk mengurangi kebutuhan akan agregat alam yang tidak terpakai (Copeland, 2011). Material RAP yang didapat dari hasil pengupasan lapisan aus pada Jalan Yos Sudarso, Rumbai. Lapisan perkerasan lentur ini merupakan lapisan AC-WC yang dikupas menggunakan *cold milling*. Material RAP dapat digunakan kembali sebagai perkerasan baru. Tidak hanya lapis perkerasan AC-WC, penggunaan material RAP dapat dirancang

menjadi jenis lapisan perkerasan lain seperti *Hot Rolled Sheet* (HRS). Lapis HRS merupakan campuran aspal yang memakai agregat dengan gradasi senjang. Gradasi senjang inilah menjadikan *Hot Rolled Sheet* (HRS) memiliki karakteristik ketahanan cuaca dan memiliki permukaan yang tahan lama, sehingga dapat menahan lalu lintas berat tanpa menyebabkan keretakan (Natsner, 2016). Pada penelitian ini menggunakan bahan dari *Reclaimed Asphalt Pavement* yang dimodifikasi pada lapisan *Hot Rolled Sheet* (HRS) dengan memanfaatkan material limbah berupa *Styrofoam*. *Styrofoam* sendiri merupakan salah satu limbah plastik yang paling banyak ditemukan

penggunaannya. Pada penelitian ini menggunakan bahan dari *Reclaimed Asphalt Pavement* yang dimodifikasi pada lapisan *Hot Rolled Sheet* (HRS) dengan memanfaatkan material limbah berupa *Styrofoam*. *Styrofoam* sendiri merupakan salah satu limbah plastik yang paling banyak ditemukan penggunaannya dalam kehidupan sehari-hari. *Styrofoam* yang digunakan merupakan *styrofoam* untuk tempat makanan.

1.1 Campuran Aspal Lapis *Hot Rolled Sheet* (HRS)

Perancangan lapis tipis aspal beton memiliki tujuan agar dapat menjadikan lapis dengan daya dukung yang memiliki fungsi sebagai lapis yang kedap air, dan yang berfungsi mempertahankan lapis yang ada dibawahnya. Karakteristik *Hot Rolled Sheet* yaitu memiliki kelenturan dan ketahanan yang tinggi, hal ini dikarenakan campuran HRS memiliki gradasi timpang sehingga celah yang terdapat dalam campuran cukup besar.

1.2 Material Aspal dan Agregat

1.2.1 Aspal

Aspal atau bitumen adalah material yang memiliki warna hitam kecoklatan dengan sifat kekentalannya, aspal dapat melembek dan meleleh apabila dipanaskan dan sebaliknya. Dan aspal juga merupakan salah satu turunan material alam yang berbasis minyak dari hasil penyulingan minyak bumi atau biasanya lebih dikenal sebagai aspal keras.

Aspal keras adalah hasil dari tahapan destilasi fraksi ringan yang terdapat pada minyak bumi yang diuraikan menggunakan proses destilasi sederhana yang menyisakan suatu fraksi sisa (residu).

1.2.2 Agregat

Agregat/batuan adalah komponen utama dari lapisan perkerasan dan kandungannya berkisar 90% sampai 95% massa agregat atau 75% sampai 85% volume agregat. Sehingga daya dukung beban, keawetan dan kualitas perkerasan jalan juga didasarkan oleh jenis agregat dan hasil pencampuran dengan bahan lain.

Agregat yang digunakan dalam pengujian merupakan hasil pemisahan material aspal dan agregat dari RAP. RAP yang sudah dipisahkan menggunakan solar, kemudian dijemur sampai kering. Setelah material kering maka dilanjutkan dengan pengujian agregat untuk melihat karakteristik dari agregat tersebut.

1.3 Gradasi Agregat

Gradasi atau distribusi partikel yang didasarkan ukuran agregat adalah bagian penting dalam menghasilkan stabilitas jalan. Gradasi agregat dipengaruhi oleh ukuran rongga antar butir dan menentukan stabilitas serta kemudahan pada saat tahapan pengerjaannya. Pada lapis perkerasan *Hot Rolled Sheet* jenis gradasi agregat yang digunakan merupakan gradasi senjang.

Gradasi senjang atau gap graded adalah agregat yang tidak memenuhi dua kategori yaitu gradasi seragam maupun gradasi rapat. Agregat yang diklasifikasikan secara umum yang digunakan untuk lapis perkerasan lentur adalah gradasi celah (*gap graded*) dikarenakan

campuran agregat ada satu fraksi hilang fraksi yang sedikit, sehingga ada juga menamakan dengan gradasi senjang. Gradasi senjang akan menjadikan suatu lapis perkerasan yang kualitasnya terletak antara dua jenis gradasi di atas.

Tabel 1. Gradasi Agregat Untuk Campuran Beraspal HRS

Ukuran Ayakan		% Berat Lolos terhadap Total Agregat	Nilai Tengah
ASTM	(mm)	WC	
1 1/2"	37,50	0	0
1"	25,00	0	0
3/4"	19,00	100	100
1/2"	12,50	90-100	95
3/8"	9,50	75-85	80
No. 4	4,75	0	0
No. 8	2,36	50-72	61
No. 16	1,18	0	0
No. 30	0,60	35-60	47,5
No. 50	0,30	0	0
No. 100	0,15	0	0
No. 200	0,075	6-10	8

1.4 Penentuan KAO

Untuk mendapatkan nilai kadar aspal secara teoritis perlu dilakukan perhitungan untuk menentukan persentase agregat yang akan digunakan dalam menentukan kadar aspal secara teoritis.

$$P_b = 0,035(\%CA) + 0,045(\%MA) + 0,18(\%FA) + C$$

Dimana : C = konstanta dimana nilai C sekitar 1,0 untuk AC dan 2,0 – 3,0 untuk HRS

Agar mendapatkan nilai KAO, maka hasil pengujian setiap sampel harus memenuhi persyaratan Bina Marga Tahun 2018 sesuai tabel 2.

Tabel 2. Ketentuan Sifat-Sifat Campuran Lataston

Sifat-sifat Campuran		Lataston	
		Lapis Aus	Lapis Fondasi
Kadar aspal efektif (%)	Min	5,9	5,5
Jumlah tumbukan per bidang		50	
Rongga dalam campuran (%) ⁽⁴⁾	Min	4,0	
	Maks.	6,0	
Rongga dalam Agregat (VMA) (%)	Min	18	17
Rongga terisi aspal (%)	Min	68	
Stabilitas Marshall (kg)	Min	600	
Marshall Quotient (kg/mm)	Min	250	
Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60 °C ⁽⁵⁾	Min	90	

2. METODE PENELITIAN

Pengujian dilakukan dengan melakukan pemeriksaan benda uji material RAP yang telah dipisahkan dari aspal dan dijemur kering. Setelah pemeriksaan agregat selesai dilanjutkan dengan pembuatan benda uji dan pengujian keausan.

Benda uji terdiri dari 3 (tiga) kelompok yaitu:

1. Benda uji campuran aspal dengan campuran variasi kadar aspal penetrasi 60/70 agar mendapatkan nilai kadar aspal optimum.
2. Benda uji campuran aspal dengan KAO dan penambahan kadar *styrofoam* yang dibuat dengan 5 (lima) variasi persentasi.
3. Pembuatan benda uji sebanyak 3 (tiga) buah setelah mendapatkan nilai KAO dan kadar *styrofoam* optimum.

Material RAP yang didapat dari hasil pengupasan lapisan aus pada Jalan Yos Sudarso, Rumbai. Lapisan perkerasan lentur ini merupakan lapisan AC-WC yang dikupas menggunakan cold milling. Material RAP dapat digunakan kembali sebagai perkerasan baru.

Pada penelitian ini menggunakan aspal keras dengan jenis aspal yaitu Aspal Pertamina dengan Pen 60/70. Aspal ini diperoleh dari *Asphalt Mixing Plant* PT Lutvindo Wijaya Perkasa.

2.1 Perencanaan Campuran

Untuk menentukan nilai kadar aspal secara teoritis maka dilakukan perhitungan nilai persentase CA, FA dan filler seperti yang diberikan pada tabel 3.

Tabel 3. Penentuan persentase agregat untuk kadar aspal secara teoritis

Bahan	Ukuran Saringan		Spesifikasi lolos		Tinggal diatas	%V	%V*G	Jumlah Bahan menurut spec.		Jumlah Bahan
	mm	ASTM	Kisaran	Target	% V	Tinggal %	gram	Tinggal (%)	gram	Agregat
Agregat 100 % 1.200 gr	19	3/4"	0 - 100	100,00	-	-	0,000	-	-	-
	12.5	1/2"	90 - 100	95,00	5,00	5,00	12,905	4,9947	59,9368	59,94
	9.5	3/8"	75 - 85	80,00	20,00	15,00	38,715	14,9842	179,8105	239,75
	2.36	No. 8	50 - 72	61,00	39,00	19,00	49,039	18,9800	227,7600	467,51
	0.6	No. 30	35 - 60	45,00	55,00	16,00	41,296	15,9832	191,7979	191,80
0.075	No. 200	6 - 10	8,00	92,00	37,00	95,497	36,9610	443,5326	635,33	
>0.075	Pan			100,00	8,00	20,920	8,0969	97,1622		
Filler		Abu Batu	6% x 1200							97,16 0,00

Dari tabel diatas didapat nilai persentase CA yaitu 38,96%; persentase FA yaitu 52,94%; dan filler yaitu 8,1%. Berdasarkan nilai yang telah diperoleh maka dapat dilakukan perhitungan kadar aspal dengan menggunakan rumus dibawah ini.

$$P_b = 0,035(\%CA) + 0,045(\%MA) + 0,18(\%FA) + C$$

$$P_b = 0,035(38,96) + 0,045(52,94) + 0,18(8,1) + 2$$

$$P_b = 1,36 + 2,38 + 1,46 + 2 = 7,2\%$$

Dimana : C = konstanta dimana nilai C sekitar 1,0 untuk AC dan 2,0 – 3,0 untuk HRS

Setelah mendapatkan nilai rencana kadar aspal secara teoritis maka selanjutnya mencari nilai kadar aspal optimum dengan membagi menjadi 5 (lima) kadar aspal dengan masing-masing 3 (tiga) benda uji seperti yang tertera pada tabel 3.

Tabel 4. Rencana Penentuan Variasi Campuran untuk Menentukan Nilai KAO

No.	Variasi Pencampuran Kadar Aspal	Kadar Aspal (%)	Jumlah Benda Uji (bh)
1	Rencana KAO (Pb - 1,0%)	6,2%	3

2	Rencana KAO (Pb - 0,5%)	6,7%	3
3	Rencana KAO (Pb %)	7,2%	3
4	Rencana KAO (Pb + 0,5%)	7,7%	3
5	Rencana KAO (Pb + 1,0%)	8,2%	3
Jumlah Total Benda Uji			15

Dari tabel 3 selanjutnya dicari nilai persentase KAO yang memenuhi parameter-parameter Bina Marga 2018. Setelah mendapatkan nilai persentase KAO dari tabel 3, maka perhitungan selanjutnya yaitu dengan mencari nilai kadar *styrofoam* optimum sesuai dengan tabel 4.

Tabel 5 Benda uji dengan Variasi Kadar *Styrofoam*

No.	Variasi Pencampuran Kadar Aspal	Jumlah Benda Uji
1	Rencana KAO Optimum + 0% Styrofoam	3
2	Rencana KAO Optimum + 6% Styrofoam	3
3	Rencana KAO Optimum + 12% Styrofoam	3
4	Rencana KAO Optimum + 18% Styrofoam	3
5	Rencana KAO Optimum + 24% Styrofoam	3
Jumlah total benda uji		15

Setelah mendapatkan nilai KAO dan *styrofoam* optimum maka tahap berikutnya yaitu pengujian keausan atau *cantabro loss*. Dimana pengujian dilakukan dengan membuat benda uji sebanyak 3(tiga) buah yang akan diputar sampai 50 putaran. Dimana, nilai cantabro test mendeskripsikan tahanan benda uji terhadap keausan dengan menggunakan mesin Los Angeles.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum melakukan pengujian agar dapat memperoleh nilai kadar aspal optimum dan kadar *styrofoam* optimum, maka terlebih dahulu beberapa penelitian awal terhadap agregat yang dimulai dari pengujian analisa saringan, berat jenis, keausan dan lain sebagainya. Dilanjutkan dengan pengujian untuk memperoleh kadar aspal optimum sampai mendapatkan nilai keausan terhadap kadar *styrofoam* optimum.

3.1 Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat

Pemeriksaan ini terdiri dari pemeriksaan agregat kasar dan halus, pemeriksaan karakteristik agregat di Laboratorium Jalan Raya Program Studi Teknik Sipil Universitas Lancang Kuning Provinsi Riau Kota Pekanbaru.

Tabel 6. Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar

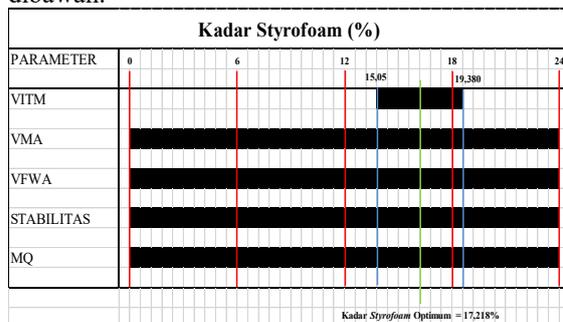
No.	Jenis Pemeriksaan	Nilai Persyaratan (Berd. Bina Marga 2018)	Hasil Pengujian Material RAP	Keterangan
1	Kelekatatan agregat terhadap aspal	Min. 95%	120	Memenuhi
2	Keausan dengan mesin Los Angeles %	Maks. 40%	50	Tidak Memenuhi
3	Berat jenis agregat	$\geq 2,5$	2,52	Memenuhi
4	Penyerapan air oleh agregat	< 3	0,120	Memenuhi

Tabel 7. Hasil Pemeriksaan Agregat Halus

No.	Jenis Pemeriksaan	Nilai Persyaratan (Berd. Bina Marga 2018)	Hasil Pengujian Material RAP	Keterangan
1	Berat jenis agregat	$\geq 2,5$	2,52	Memenuhi
2	Sand equivalent	> 50	62	Memenuhi
3	Penyerapan air oleh agregat	< 3	0,043	Memenuhi

3.2 Kadar Styrofoam Optimum

Penentuan kadar *styrofoam* optimumnya pada spesifikasi yang digunakan untuk menentukan kadar penambahan *styrofoam* pada lapis perkerasan *Hot Rolled Sheet* (HRS) adalah spesifikasi Bina Marga 2018. Kadar penambahan *styrofoam* optimum ditentukan secara grafis digambarkan pada gambar 1 dibawah.



Gambar 1. Grafik Kadar Styrofoam Optimum

Pada parameter VITM masih terdapat kadar *styrofoam* yang belum memenuhi persyaratan sehingga harus melakukan pengecekan dengan interpolasi agar dapat mengetahui persentase kadar *styrofoam* yang memenuhi semua parameter yang telah dipersyaratkan. Dari interpolasi pada lampiran 4 di dapat bahwa nilai batas 4 berada pada persentase 15,056% dan pada batas 6 berada pada persentase 19,38%.

Dari gambar diatas diperoleh nilai kadar *styrofoam* optimumnya sebesar 17,218%. Kadar *styrofoam* optimum didapat dengan dengan melihat batas-batas yang memenuhi parameter dan diambil nilai rata-rata dari kadar

aspal terendah dan terbesar. Setelah didapat nilai kadar *styrofoam* optimum maka dilakukan pengujian untuk mencari nilai keausan yang terjadi dilakukan penambahan *styrofoam* yang ditentukan sebelumnya.

3.3 Pemeriksaan Cantabro Test

Pengujian *cantabro loss* ini dilakukan pada benda uji yang dibuat dari campuran kadar aspal optimum dan kadar *styrofoam* optimum sebesar 7,24% dan 17,218%. Dari kadar aspal optimum dan kadar *styrofoam* optimum tersebut dibuat 3 (tiga) sampel yang dituang kedalam mesin Los Angeles. Sebelum melakukan pengujian dengan mesin Los Angeles, sampel ditimbang agarmengetahui berat awal. Pengujian *cantabro* ini mendeskripsikan seberapa besar ketahanan suatu perkerasan aspal yang telah ditambah dengan *styrofoam* untuk menahan gesekan antara roda kendaraan dengan permukaan jalan. Hasil perhitungan nilai *cantabro* dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 8. Hasil pengujian *cantabro loss*

NO.	PUTARAN KE-	BERAT BENDA UJI -1	BERAT BENDA UJI -2	BERAT BENDA UJI -3
1	Berat Awal	1238	1282	1251,3
2	50	1234	1280	1247,8
3	100	1216	1276	1243,7
4	150	1224	1272	1238,7
5	200	1214	1270	1229,7
6	250	1208	1268	1222,6
7	300	1202	1266	1217,7
8	350	1204	1262	1209
9	400	1192	1258	1204,1
10	450	1188	1256	1198,1
11	500	1184	1254	1190,3
	Berat Awal (Gram)	1238	1282	1251,3
	Berat Akhir (Gram)	1184	1254	1190,3
	Kehilangan Berat (Gram)	54	28	61
	Persentase Kehilangan Berat (%)	4,36%	2,18%	4,87%
	Persentase Kehilangan Berat Rata-Rata (%)	3,81%		

Dari hasil pengujian *Cantabro* pada tabel 4.5 didapat nilai keausan setelah 500 putaran adalah 3,81% dan sudah memenuhi nilai ambang batas persyaratan nilai keausan $\leq 20\%$, sehingga dapat dianalisis bahwa pada komposisi penggunaan material reclaimed asphalt pavement pada kadar aspal optimum 7,24% dan kadar *styrofoam* optimum 17,218% yang dapat digunakan untuk bahan tambah lapis perkerasan *Hot Rolled Sheet* (HRS) yang tahan terhadap keausan.

4. KESIMPULAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, analisis data dan pembahasan yang telah dilakukan maka dapat diambil beberapa kesimpulan dan saran antara lain:

- Hasil pengujian KAO yang ditambahkan dengan *styrofoam* terhadap berat aspal didapat nilai *styrofoam* terhadap berat aspal didapat nilai *styrofoam* dengan stabilitas yang memenuhi spesifikasi Bina Marga Tahun 2018. Nilai stabilitas tertinggi berada pada persentase *styrofoam* 18% dengan nilai stabilitas 3.608,87 kg. Akan tetapi nilai kadar *styrofoam* yang memenuhi kriteria Bina Marga Tahun 2018 berada pada kadar *styrofoam* 17,218% .
- Dari hasil penelitian tersebut didapat bahwa nilai keausan adalah 3,81%. Hal ini menunjukkan bahwa

pengujian yang dilakukan memenuhi syarat nilai ambang batas nilai keausan sebesar $\leq 20\%$. Sehingga penambahan styrofoam pada lapis perkerasan Hot Rolled Sheet (HRS) memenuhi kriteria persyaratan nilai keausan.

4.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan penulis dapat memberikan beberapa saran sebagai berikut:

- a. Penggunaan styrofoam dalam hal ini yaitu styrofoam untuk kotak makanan dapat dimanfaatkan kembali dalam pelaksanaan pekerjaan perkerasan jalan sehingga dapat meningkatkan kembali nilai guna styrofoam sebagai bahan tambah suatu campuran.
- b. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan jenis styrofoam yang lain.
- c. Perlu lebih diperhatikan dalam proses pemisahan RAP agar material tersebut memenuhi standar.
- d. Pemanfaatan kembali limbah perkerasan jalan raya yang merupakan hasil dari buangan mesin cold milling dapat dimanfaatkan kembali sebagai lapisan perkerasan jalan. Sebaiknya limbah perkerasan dikumpulkan dan dipisahkan dari aspal agar agregat bisa langsung digunakan.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Arianto, H., Saleh, S. M., & Anggraini, R. (2021). Karakteristik Campuran AC-WC Menggunakan Material Reclaimed Asphalt Pavement Dengan Tamabahan Aspal Pen. 60/70 Yang Disubsitusi Styrofoam. *Jurnal Arsip Rekayasa Sipil dan Perencanaan (JARSP)*, 149-157.
- Permadi, M. R., Prastyaningrum, R. H., & Setiadji, B. H. (2015). Pengaruh Penggunaan Material Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) Sebagai Material Penyusun Terhadap Karakteristik Campuran Beraspal Baru AC-BC (Asphalt Concrete-Binder Course). *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 4, 394-405. Retrieved from <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jkts>
- Septiani, R., Saleh Sofyan M., & Lulusi. (2021). "Penggunaan Styrofoam dan Abu Serbuk Kayu pada Campuran Laston Lapis Aus dengan Metode Pencampuran Basah". *Journal of The Civil Engineering Student*, 3(1), 57-63.
- Saleh, S., & Anggraini, R. (2014). Karakteristik Campuran Aspal Porus dengan Substitusi Styrofoam pada Aspal Penetrasi 60/70 Hesty Aquina *Jurnal Teoretis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil* *Jurnal Teoretis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil*. Desember, 21(3).
- Sukirman, S. (1992). *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Bandung: NOVA.
- Winayati, Rahmat, H., & Saleh, A. (2017). Analisis Penggunaan Abu Tandan Kelapa Sawit Sebagai Filler Ditinjau Dari Nilai Keausan Perkerasan (Cantabro Test). *Prosiding Konferensi Nasional Teknik Sipil dan Perencanaan (KN-TSP)*, (pp. 93-102). Pekanbaru.
- Yuniarti, R., & Widianty, D. (2021). *Prosiding Saintek*. Pengaruh Daktilitas Aspal Modifikasi Getah

Pinus dan Limbah Styrofoam Terhadap Karakteristik Campuran Aspal Beton. *LPPM Universitas Mataram*.

Yuniarti, R., Made, D., & Karyawan, A. (2021). IKLU: Jurnal Teknik Sipil Pengaruh Penetration Index Terhadap Karakteristik Marshall Laston Menggunakan Limbah Styrofoam dan PVC. 7(1), 71-79. doi:10.31849/siklus.v7i1.6060