



PENGARUH SUBSTITUSI TANAH DIATOME SEBAGAI FILLER TERHADAP KEGAGALAN RETAK BERDASARKAN NILAI TEGANGAN REGANGAN PERKERASAN BETON ASPAL

Hamzani

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh,
Lhokseumawe, Indonesia

email : hamzani@unimal.ac.id

ABSTRAK

Abstrak — Kerusakan perkerasan aspal sering terjadi akibat lemahnya ikatan antara aspal sebagai bahan pengikat dengan agregat sehingga tidak dapat menahan tegangan dan regangan yang timbul akibat beban lalu lintas. Penelitian ini bertujuan untuk menilai kinerja kelelahan terhadap ketahanan retak berdasarkan hubungan tegangan regangan pada perkerasan beton aspal melalui pembebanan tekan dengan sistem uji tipe Freesia Macross HJ-15A kapasitas 1000 kN. Tegangan-regangan tersebut dihitung berdasarkan nilai rata-rata yang tercatat dari kedua transduser secara otomatis. Specimen uji diusulkan sebagai metode kuantitatif untuk menganalisis material tanah diatome sebagai pengganti filler dalam rancangan matrik beton aspal melalui uji tekan untuk korelasi tegangan-regangan. Studi tentang peranan filler dalam campuran beraspal yang terbatas menunjukkan bahwa melalui uji dan analisis ini dapat memberikan ukuran kinerja yang praktis dalam kegagalan akibat tegangan-regangan akibat beban lalu lintas.

Kata kunci : *AC-WC, tanah diatome, tegangan, regangan*

1. PENDAHULUAN

Kerusakan dini perkerasan aspal berupa retak salah satu gejala awal dan utama yang dapat mengurangi kinerja secara signifikan pelayanan dan usia layan serta menimbulkan masalah serius terhadap pengemudi lalu lintas. Kegagalan akibat retak pada perkerasan berdasarkan penyelidikan awal akibat buruknya kualitas material konstruksi, seperti rasio aspal dengan agregat, gradasi agregat, dan suhu pemadatan. Penggunaan material perkerasan harus dirancang dengan komposisi yang tepat untuk kondisi dan iklim suatu wilayah serta pola lalu lintas agar dapat mengurangi tanda-tanda kegagalan sehingga memperpanjang usia layan [1]. Pengikat aspal harus mampu menahan tekanan termal akibat perubahan suhu, penyusutan perkerasan akibat proses pemuatan dan pembongkaran berulang serta menahan tegangan akibat lalu lintas berat [2]. Penyusutan yang disebabkan oleh perubahan iklim sering menyebabkan terjadinya tegangan tarik maupun tekan dalam campuran yang bergesernya butiran

agregat (Hamzani, dkk, 2021). Peranan aspal harus kuat menahan gaya geser dan tarik dalam campuran lapisan perkerasan sehingga memerlukan pemikiran serius bagi peneliti karena berdampak kepada efisiensi biaya pelaksanaan dan pemeliharaan jalan (Anonim, 2001). Selain hal tersebut peranan material pengisi dalam membentuk mastic aspal memiliki peranan yang signifikan untuk mempertahankan ikatan dengan agregat kasar sehingga retak dan pelepasan butir agregat dalam campuran dapat dikurangi. Studi juga menunjukkan bahwa berbagai jenis material pengisi seperti abu batu, abu terbang batu bara, semen, maupun material lainnya, telah digunakan sebagai bahan pengisi dalam mastic aspal. Kondisi tersebut mengakibatkan penggunaan material pengisi perlu perhatian serius untuk dievaluasi terutama kualitas material maupun komposisi yang tepat sehingga perpaduan antara jenis filler dengan aspal dapat berfungsi dengan baik.

Salah satu cara untuk memperbaiki kerusakan akibat tegangan vertikal dan horizontal pada jalan adalah dengan memodifikasi material pembentuk campuran beraspal. Penambahan material baru untuk meningkatkan kerentanan campuran akibat pengaruh suhu yang bervariasi. Material baru yang dapat digunakan sebagai bahan tambah banyak jenisnya mulai dari material yang memiliki kandungan silika yang tinggi maupun tingkat kekerasan material sehingga kinerja campuran ditingkatkan. Penambahan maupun substitusi material baru dalam campuran dengan tujuan dapat meningkatkan kekakuan campuran aspal serta meningkatkan ketahanan terhadap *rutting* dari suhu dan cuaca yang panas (Onyango dkk., 2015).

Potensi material baru cukup besar tersedia di daerah kita khususnya pulau Sumatera baik sebagai bahan aditif / substitusi agregat maupun aspal cukup menjanjikan untuk dilakukan pengembangan. Selain biaya yang murah penggunaan material baru ini juga dapat meningkatkan pemanfaatan sumber daya alam yang dapat meningkatnya penggunaan sumber daya mineral dalam mempengaruhi pendapatan asli daerah. Terdapat beberapa persyaratan untuk dapat berpotensi menjadi material pengisi alternatif baik material alam maupun daur ulang. Proses kegiatan tersebut harus menyerap bahan baku dalam jumlah besar, melalui proses seminimal mungkin untuk menghemat biaya dan produknya harus aman bagi lingkungan (Wong dkk., 2017).

Darus (2020), menyebutkan peluang besar masih terbuka untuk meningkatkan potensi penggunaan material baru maupun daur ulang limbah di Indonesia. Penggunaan tanah diatome sebagai bahan tambah dikarenakan material tersebut sebagai klas alami bahan pozzolanic (Anonim, 2019) dan juga sebagai salah satu bahan penyemenan dengan silika yang relatif tinggi (Hasan M, dkk, 2020). Beberapa penelitian telah dilakukan untuk menggantikan semen dengan tanah diatome ini dalam campuran beton berkekuatan tinggi (beton dengan kekuatan tekan antara 45 dan 90 MPa (Hasan M, dkk, 2020) tetapi belum ditemukan pada penggunaan dalam campuran beton aspal. Penggunaan material ziolit sebagai

filler dapat meningkatkan nilai stabilitas campuran AC-BC (Saleh dan Suparma, 2015). Campuran aspal yang dimodifikasi dengan tanah diatome memiliki potensi yang cukup baik dalam mengurangi penyusutan dikarenakan material tanah diatome memiliki daya tahan yang cukup baik, disamping itu memiliki penyerapan dan permeabilitas yang rendah (Shaheen E dan Shrive N, 2006, Rahmawati, 2017).

Gradasi agregat merupakan distribusi partikel-partikel agregat berdasarkan ukurannya yang saling mengisi dan membentuk suatu ikatan saling mengunci (*interlocking*) sehingga dapat mempengaruhi stabilitas perkerasan. Gradasi rapat adalah gradasi agregat dimana terdapat butiran dari agregat kasar sampai halus, sehingga sering juga disebut gradasi menerus, atau gradasi baik (*well graded*), sedangkan gradasi terbuka adalah gradasi agregat dimana ukuran agregat yang ada tidak lengkap atau ada fraksi agregat yang tidak ada atau jumlahnya sedikit sekali. Gradasi tersebut sangat penting untuk diseleksi karena perbedaan gradasi baik menjadi gradasi senjang dapat mempengaruhi kebutuhan komposisi agregat halus maupun kinerja campuran (Nadiah, dkk, 2014). Fungsi agregat halus untuk menutupi rongga antar agregat besar sehingga berubah tingkat kepadatan campuran beraspal.

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui kerentanan terhadap retak pada campuran aspal beton AC-WC dengan agregat material halus yaitu filler dimodifikasi dengan substitusi tanah diatome. Selain itu untuk mengetahui persentase optimum substitusi tanah diatome sebagai filler pada campuran aspal AC-WC dengan gradasi senjang dengan pengujian beban mekanis.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan secara eksperimental di Laboratorium Transportasi Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh, Provinsi Aceh. Bahan material yang digunakan berupa agregat yang berasal dari *quarry* lokal yaitu Sawang Kabupaten Aceh Utara, serta aspal yang digunakan berupa aspal keras dengan penetrasi 60/70 produksi PT. Pertamina. Metode pengujian mengikuti prosedur pengujian Marshall, Bina Marga, AASHTO dan ASTM (Anonim 2018, 2001, 2019). Tahapan dalam penelitian ini antara lain pemeriksaan sifat-sifat fisis material, perancangan matrik campuran aspal, pembuatan benda uji dan pengujian parameter Marshall untuk mendapatkan kadar aspal optimum maupun pengujian tegangan regangan yang diusulkan dengan sistem uji tekan tipe Freesia Macross HJ-15A kapasitas 1000 kN.

Dalam melakukan perencanaan aspal, terlebih dahulu dilakukan pengujian analisa saringan untuk memperoleh gradasi agregat rencana yang terseleksi sesuai dengan spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 3 tahun 2014 untuk campuran laston lapis aus (AC-WC). Lalu, kadar aspal ditentukan berdasarkan pada perkiraan awal yang

merupakan kadar aspal tengah ideal (Pb). Pb dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$Pb = 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\%Filler) + C..... (1)$$

Dimana, CA : persen agregat kasar tertahan saringan No. 8, FA : persen agregat halus lolos saringan No. 8 dan tertahan No. 200, dan filler : agregat minimal 6,5% lolos saringan No. 200. Kadar aspal tengah diperlukan untuk menentukan Kadar Aspal Optimum (KAO) dalam campuran.

Berdasarkan KAO tersebut lalu dibuat rancangan benda uji yang disubstitusi tanah diatome dengan variasi 0%, 5%, 15%, dan 25% yang telah disiapkan sebelumnya sesuai spesifikasi material filler yaitu dengan ukuran lolos saringan 200. Benda uji dibuat sebanyak 3 buah untuk masing-masing variasi sesuai rancangan gradasi yang digunakan yaitu gradasi senjang. Selanjutnya, tiap benda uji dilakukan pengujian terhadap parameter Marshall, yang terdiri dari nilai stabilitas, density, VMA, VIM, VFA, flow, dan Marshall Quotient (MQ). Hasil yang diperoleh pada tahap kedua dianalisis untuk setiap parameter Marshall dengan berpatokan pada benda uji kontrol yaitu specimen dengan variasi tanah diatome 0%. Untuk memudahkan analisis dibuat grafik hubungan antara variasi tanah diatome (%) dengan masing-masing nilai parameter uji tekan berupa nilai tegangan, regangan maupun parameter lainnya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pemeriksaan Sifat Fisis Agregat

Berdasarkan pemeriksaan sifat fisis agregat dan bahan pengikat aspal hasil ditunjukkan pada Tabel 1 dan 2, dimana hasil yang diperoleh memenuhi persyaratan yang ditentukan, sehingga material uji dapat digunakan dalam penelitian ini.

Tabel 1 Hasil Pemeriksaan Sifat-sifat Fisis Agregat

No.	Sifat Fisis	Hasil	Spesifikasi	Satndar
1.	Berat Jenis	2,805	Min. 2,5	SNI 03 – 1969 - 1991
2.	Penyerapan thd. air (%)	1,250	Maks. 3	SNI 03 – 1969 - 1991
3.	Indeks Kepipihan (%)	9,71	Maks.10%	ASTM D – 4791
4.	Indeks Kelonjongan (%)	9,64	Maks.10%	ASTM D - 4791
5.	Abrasi (%)	35,21	Maks.40%	SNI 2417 - 2008
6.	Kelekatan thd. aspal (%)	98	-	SNI 2439 - 2011

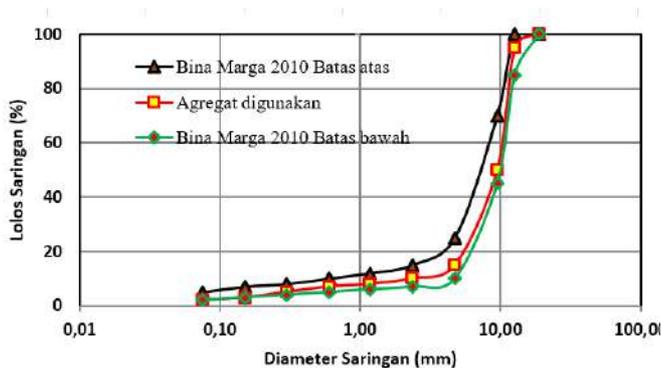
Tabel 2 Hasil Pemeriksaan Sifat Fisis Aspal Pen. 60/70

No.	Sifat Fisis	Hasil	Spesifikasi	Satndar
1.	Berat Jenis	1,123	≥ 1	SNI 2441-12011
2.	Penetrasi (0,1 mm)	70	60 – 70	SNI 06 – 2456 -1991

3. Daktilitas (cm)	>101,3	≥ 100	SNI 2432 - 2011
4. Titik lembek (°C)	51,25	≥ 48	SNI 2434 - 2011

Hasil pemeriksaan gradasi

Gradasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah gradasi senjang berdasarkan nilai tengah dari spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 3 tahun 2014 untuk campuran laston lapis aus (AC-WC). Selanjutnya dari gradasi rencana tersebut dihitung komposisi campuran dan proporsi kadar aspal penetrasi 60/70. Gambar 3 dan 4 menunjukkan hasil uji alat kasar dan halus gradasi senjang.

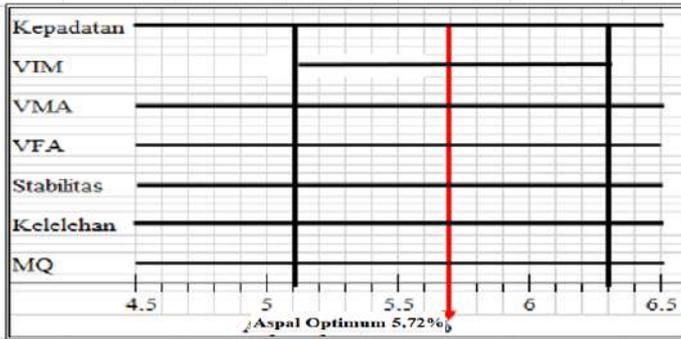


Gambar 1. Gradasi agregat campuran AC - WC

Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Penentuan KAO dilakukan untuk mengetahui kadar aspal dalam campuran sebagai dasar patokan dibuatnya rancangan benda uji. Penentuan kadar aspal ini dilakukan berdasarkan hasil pengujian Marshall dengan gradasi rapat dengan variasi kadar aspal 4,5%; 5%; 5,5%; 6%; dan 6,5%.

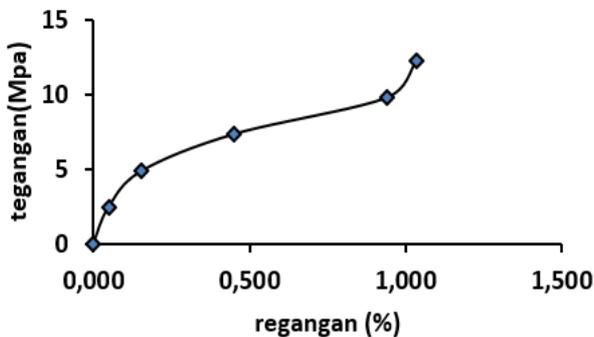
Grafik hubungan antara variasi kadar aspal beton lapis aus AC-WC dan evaluasi parameter Marshall diperlihatkan pada Gambar 2. Nilai KAO yang diperoleh berdasarkan persyaratan parameter Marshall untuk campuran aspal beton lapis aus (AC-WC) gradasi rapat yaitu sebesar 5,72 % seperti diperlihatkan pada Gambar 2.



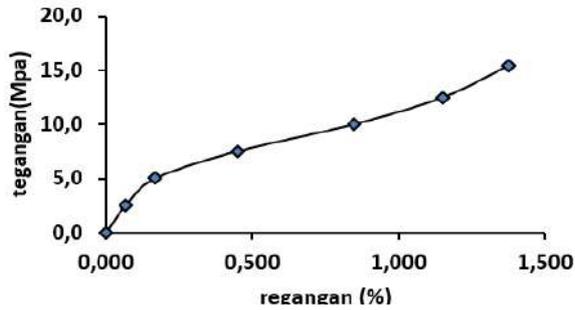
Gambar 2. Hasil penentuan kadar aspal optimum agregat gradasi senjang

Hubungan tegangan - regangan

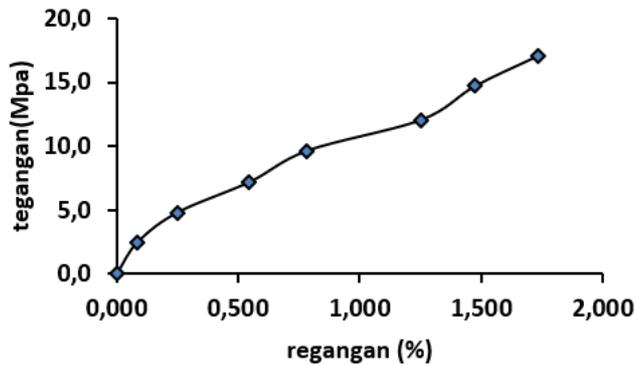
Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan dengan system uji tekan tipe Freesia Macross HJ-15A kapasitas 1000 kN diperoleh nilai tegangan dan regangan. Nilai tegangan dan regangan tersebut dikorelasikan menjadi bentuk kurva yang menghasilkan bentuk garis hubungan antara tegangan dan regangan pada setiap variasi tanah diatome yang diusulkan. Dari hubungan tegangan dan regangan secara umum bentuk garis yang diperoleh rata-rata merupakan garis linier, dimana titik terjadi penyimpangan dari garis lurus menandakan specimen sudah mengalami perubahan fase. Perkerasan fleksibel umumnya terdiri dari fase elastis, fase plastis dan terakhir merupakan fase kegagalan benda uji berupa hancur ataupun patah specimen. Adapun hasil hubungan tegangan dan regangan campuran aspal beton AC -WC yang diusulkan diperlihatkan masing-masing pada Gambar 3, 4, 5 dan 6.



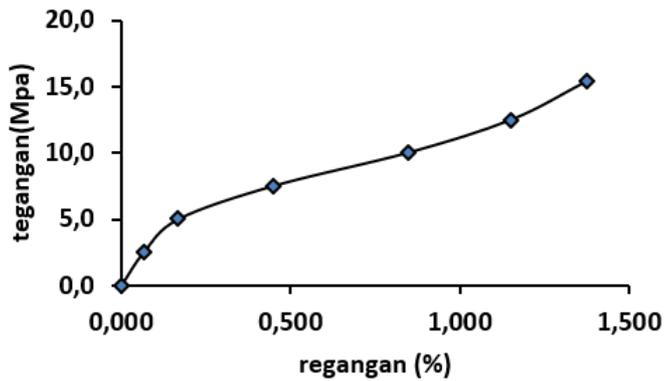
Gambar 3. Hubungan tegangan-regangan pada 0% tanah diatome



Gambar 4. Hubungan tegangan-regangan pada 5% tanah diatome



Gambar 5. Hubungan tegangan-regangan pada 15% tanah diatome



Gambar 6. Hubungan tegangan-regangan pada 25% tanah diatome

Berdasarkan hasil yang diperlihatkan pada grafik di atas dapat dijelaskan bahwa kondisi elastisitas, plastisitas, dan tahapan kegagalan campuran berupa hancurnya spesimen aspal AC – WC mengalami tingkat respon yang berbeda-beda. Perbedaan tersebut terlihat jelas baik nilai tegangan maupun regangan, menandakan substitusi tanah diatome sebagai material filler dalam campuran aspal beto AC – WC mempengaruhi ketahanan kehancuran terhadap beban mekanik. Berdasarkan Gambar 3 di atas kondisi fase elastis sempurna campuran sebelum substitusi tanah diatome (tanah diatome 0%) mampu bertahan sampai tegangan 5 MPa dan regangan pada kondisi tersebut sebesar 0,156%. Setelah melewati tegangan 5 MPa campuran mulai mengalami fase plastis sampai diperoleh tegangan maksimum sebesar 12,20 MPa sehingga pada kondisi tersebut specimen mengalami kegagalan yaitu runtuhnya specimen dengan regangan maksimum sebesar 1,033. Adapun untuk specimen dengan substitusi tanah diatome 5% pada material filler fase elastis campuran relative sama namun sedikit meningkat yaitu dapat menahan pada tegangan 5,10 Mpa dan regangan pada posisi tersebut sebesar 0,17%. Sedangkan rentang fase plastis lebih panjang dengan tegangan maksimum yang diperoleh sebesar 14,70 MPa dan keruntuhan specimen terjadi dengan regangan maksimum yang timbul sebesar 1,273%. Dari kondisi tersebut dapat dinyatakan penggunaan tanah diatome sebagai substitusi filler mempengaruhi ketahanan campuran terhadap keruntuhan sangat signifikan, hal ini dapat dijelaskan bahwa material tanah diatome yang memiliki kadar silika 56%. memberikan dampak yang signifikan untuk peranan filler dalam meningkatkan ketahanan campuran terhadap beban mekanis. Ketahanan campuran terhadap beban mekanis berdasarkan tegangan regangan dengan substitusi tanah diatome pada material filler ditunjukkan pada Gambar 4 di atas secara umum dapat dinyatakan akibat meningkatnya nilai kekakuan campuran.

Adapun ketahanan campuran dengan substitusi tanah diatome 15% dan 25% pada filler berdasar Gambar 5 dan 6 dapat dijelaskan bahwa fase elastis campuran mampu bertahan sampai pada tegangan sebesar 2,80 Mpa dan 4,80 MPa dengan regangan yang terjadi sebesar 0,095% dan 0,079. Kondisi elastis campuran ini lebih kecil dari kedua kondisi di atas dengan kadar diatome (0% dan 5%), namun keadaan fase plastis dengan rentang lebih dari pada penggunaan tanah diatome 0% dan 5% dengan ketahanan terhadap tegangan dan regangan maksimum masing-masing pada nilai 16,70 MPa dan 16,50 MPa dan 1,85% dan 1,74%. Secara umum bentuk garis yang dihasilkan relative sama yaitu membentuk hubungan antara tegangan dan regangan membentuk be-linier.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dilakukan bahwa ketahanan campuran beton aspal lapis aus (AC-WC) dengan substitusi tanah diatome dapat meningkatkan ketahanan terhadap kehancuran akibat pengaruh beban mekanis. Ketahanan campuran terhadap kehancuran campuran lebih disebabkan oleh meningkatnya nilai kekakuan campuran dengan bentuk garis hubungan tegangan regangan menyerupai be-linier.

5. DAFTAR PUSTAKA

1. ASTM C618-19, (2019), Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete. West Conshohocken (PA), USA: ASTM.
6. Asphalt Institute, (2001), Construction of Hot Mix Asphalt Pavement, MS-22, Six Edition, Lexington, Kentucky, USA.
7. Darus, N., Maya T, Tirawaty S., Muchtazar, (2020) "An Overview of Plastic Waste Recycling in the Urban Areas of Java Island in Indonesia", *Journal of Environmental Science and Sustainable Development*, 3(2), pp. 402–415. doi: 10.7454/jessd.v3i2.1073.
8. Faheem and H. Wen, "Effect of Mineral Filler on Damage Resistance Characteristics of Asphalt Binders," *Assoc Paving Techn-Proc of The Tech Sessions January 2008*, no. November, 2014
9. Hasan M, Saidi T, Muyasir A, Alkhaly YR, Muslimsyah M. (2020), Characteristic of calcined diatomaceous earth from Aceh Besar District - Indonesia as cementitious binder. *IOP Conf Ser Mater Sci Eng.*;933:012008.
10. Hamzani, Munirwansyah, S. Sugiarto and M. Hasan, (2021), "Tegangan dan regangan dinamis perkerasan semi fleksibel dengan modifikasi reologi aspal dan substitusi ziolit pada semen mortar, *Teras jurnal* vol. 11 (1), 103, doi, [10.29103/tj.v11i1.405](https://doi.org/10.29103/tj.v11i1.405).
11. Hasan M, Muyasir A, Saidi T, Husaini, Azzahra R. Properties of high strength concrete with calcined diatomaceous earth as cement replacement under compression. *Defect Diffus Forum.* 2020;402:7- 13
12. Onyango, F. et al. (2015) 'Effect of Rubber Tyre and Plastic Wastes Use in Asphalt Concrete Pavement', *International Journal of Civil, Environmental, Structural, Construction and Architectural Engineering*, 9(11), pp. 1327–1331

13. Rahmawati, A. (2017) 'Perbandingan Penggunaan Polypropilene (Pp) Dan High Density Polyethylene (Hdpe) Pada Campuran Laston_Wc', *Media Teknik Sipil*, vol. 15 (1), doi: [10.22219/jmts.v15i1.4414](https://doi.org/10.22219/jmts.v15i1.4414).
14. Shaheen E, Shrive N., (2006), Optimization of mechanical properties and durability of reactive powder concrete. *ACI Mater*; 103:444-51.
15. Saleh A dan Suparma L. B., (2015), Perancangan Laboratorium Pada Campuran Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC) Dengan Menggunakan Aspal Pen 60 / 70 Dan Zeolit Alam Sebagai Filler, *Annual Civil Engineering Seminar 2015*, Pekan Baru, PP 978-979