

# KOMPARASI PENGARUH PEMANFAATAN PASIR PANTAI DAN PASIR SUNGAI SEBAGAI MATERIAL AC-BC TERHADAP DURABILITAS DAN MODULUS KEKAKUAN

Natasya Rosita Laksmi<sup>1</sup>, Agus Riyanto<sup>2</sup>, Sri Sunarjono<sup>3</sup>, Senja Rum Harnaeni<sup>4</sup>

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura 57102 Telp 0271 717417

Email: natasyarositalaksmi@gmail.com

## Abstrak

*Pasir sebagai salah satu jenis material agregat halus yang memiliki ketersediaan dalam kuantitas yang besar. Untuk membatasi penggunaan pasir sebagai agregat halus pada campuran beton aspal sulit terealisasi sehingga perlu diketahui efisiensi dalam penggunaan pasir agar optimal pemanfaatannya. Pemanfaatan yang semakin meningkat di masa yang akan datang menjadi bahan pertimbangan untuk meneliti lebih lanjut antara pasir pantai dengan pasir sungai dari segi kualitas terhadap struktur perkerasan jalan pada lapisan AC-BC. Penelitian ini membandingkan antara pengaruh pemanfaatan pasir sungai dengan pasir pantai dengan komposisi persentase campuran yang sama terhadap Durabilitas dan Modulus Kekakuan dengan perendaman air hujan. Persentase campuran pasir yang digunakan yaitu 0 %, 15 %, 30 %, dan 45 % dari berat total agregat halus. Penelitian ini menggunakan data sekunder pasir pantai dengan nilai KAO 5,42 % yang didapatkan dari penelitian sebelumnya dengan durasi perendaman 0,5 jam, 24 jam, 72 jam, 168 jam, dan 336 jam, sedangkan pada penelitian pasir sungai menggunakan durasi perendaman 0 jam, 72 jam, 168 jam, dan 336 jam. Pengujian menggunakan Marshall Test lalu dianalisis berdasarkan parameter durabilitas dan untuk mendapatkan nilai modulus kekakuan menggunakan Nomogram Van der Poel lalu dikembangkan dengan Nomogram Shell. Hasil penelitian yang didapatkan antara pengaruh pemanfaatan pasir pantai ataupun pasir sungai ditinjau dari nilai durabilitas dan modulus kekakuan cenderung mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya durasi perendaman, akan tetapi pada variasi persentase campuran pasir mengalami perbedaan yaitu pada pasir sungai semakin tinggi variasi campuran nilainya semakin tinggi, sedangkan pada pasir pantai nilainya semakin rendah. Persentase variasi campuran pasir sungai 45 % mendapatkan hasil tertinggi pada durasi perendaman 72 jam yaitu nilai IKS sebesar 93,89 % dan  $Smix 1,48 \times 10^9 N/m^2$ , sedangkan pada variasi campuran pasir pantai tertinggi pada durasi perendaman 24 jam dengan nilai IKS 92,78% dan  $Smix 9,90 \times 10^8 N/m^2$ .*

**Kata kunci:** AC-BC; Pasir Pantai; Pasir Sungai; Durabilitas; Modulus Kekakuan

## Pendahuluan

Laston terdiri dari campuran agregat (agregat kasar, agregat halus, *filler*) dan selebihnya adalah bahan pengikat (bitumen) (Bina Marga, 2010). Agregat merupakan komponen yang cukup dominan sebagai bahan penyusun campuran aspal khususnya pada agregat halus (Sukirman, 2003). Pasir sebagai salah satu jenis material agregat halus yang memiliki ketersediaan dalam kuantitas yang besar, namun secara kualitas harus diteliti lebih lanjut. Seiring dengan meningkatnya pembangunan jalan, maka akan semakin meningkat pula permintaan akan bahan dasar tersebut (Refi, 2015). Untuk membatasi penggunaan pasir sebagai agregat halus pada campuran beton aspal sulit terealisasi sehingga perlu dicari sumber lain sebagai bahan alternatif agar optimal pemanfaatannya terutama pada lapisan AC-BC (Rizki, 2015). Lapisan ini tidak berhubungan langsung dengan cuaca, akan tetapi harus memiliki kekakuan yang cukup untuk mengurangi tegangan/regangan akibat beban lalu lintas yang melewati lapisan aus dan dapat mendistribusikan ke lapisan pondasi dengan baik (Wicaksono, 2017).

Pada penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, diketahui bahwa kerusakan jalan dapat disebabkan oleh sistem drainase yang kurang memadai, air yang menggenangi konstruksi jalan dengan perkerasan aspal dan beban berlebih kendaraan sangat berpengaruh terhadap kinerja jalan, sehingga dapat memperpendek masa layannya (Gumilang, 2017). Untuk itulah penulis ingin meneliti tentang perbandingan pengaruh pemanfaatan pasir pantai dan pasir sungai sebagai bahan campuran perkerasan pada beton aspal dengan maksud meningkatkan mutu perkerasan jalan serta memanfaatkan sumber daya alam yang melimpah di suatu daerah tersebut.

**Metode Penelitian**

Penelitian ini menggunakan 2 jenis variasi agregat halus, yaitu variasi persentase campuran pasir pantai dan variasi campuran persentase pasir sungai dengan komposisi persentase campuran yang sama sebesar 0 %, 15 %, 30 %, dan 45 % dari berat total agregat halus (Setyawan, 2018). Bahan penyusun campuran terdiri dari agregat kasar, agregat medium, dan agregat halus dari penelitian sebelumnya dari Boyolali (Suhingtyas, 2017) dapat dilihat pada Tabel 1 . Variasi pasir yang digunakan sebagai perbandingan dari pasir Sungai Gendol Yogyakarta dan pasir Pantai Parangtritis Yogyakarta ditinjau terhadap Durabilitas dan Modulus Kekakuan dengan perendaman air hujan.

Penelitian ini menggunakan data sekunder pasir Pantai yang didapatkan dari penelitian sebelumnya dengan nilai KAO 5,42 % dengan durasi perendaman 0,5 jam, 24 jam, 72 jam, 168 jam, dan 336 jam, sedangkan pada penelitian pasir sungai menggunakan durasi perendaman 0 jam, 72 jam, 168 jam, dan 336 jam. Pengujian menggunakan *Marshall Test* (AASHTO, 1933) untuk mendapatkan nilai Stabilitas lalu dianalisis berdasarkan parameter Durabilitas untuk mendapatkan nilai IKS, IDP, dan IDK (Craus dkk, 1981). Tahap Selanjutnya mencari nilai Modulus Kekakuan Bitumen (*Sbit*) menggunakan Nomogram Van der Poel dengan parameter Waktu Pembebanan, *Temperature Difference*, *Softening Point*, dan *Penetration Index* (Van der Poel, 1945) lalu dikembangkan dengan Nomogram Shell Bitumen untuk mendapatkan nilai Modulus Kekakuan Campuran (*Smix*) dengan parameter *Sbit*, *Va* dan *Vb* (Shell, 1991). Berdasarkan nilai *Smix* didapatkan nilai koefisien kekuatan relatif (a) untuk mencari waktu kritis (Anita, 2017).

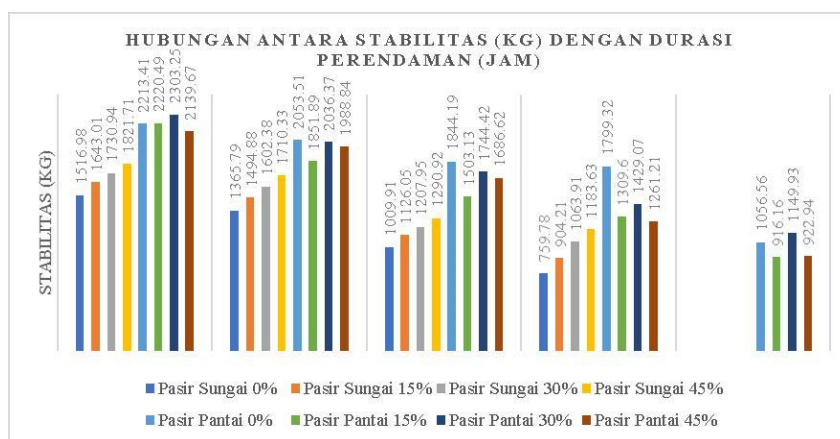
Tabel 1. Proporsi masing-masing Fraksi berdasarkan Variasi Kadar Pasir Sungai

No	Bahan Penyusun Campuran	Variasi Kadar Pasir (%)			
		0	15	30	45
1	Agregat Kasar 30%	360 gr	360 gr	360 gr	360 gr
2	Agregat Medium 30 %	360 gr	360 gr	360 gr	360 gr
3	Agregat Halus 40%	480 gr	408 gr	336 gr	264 gr
4	Pasir Sungai Gendol	0 gr	72 gr	144 gr	216 gr

**Hasil dan Pembahasan**

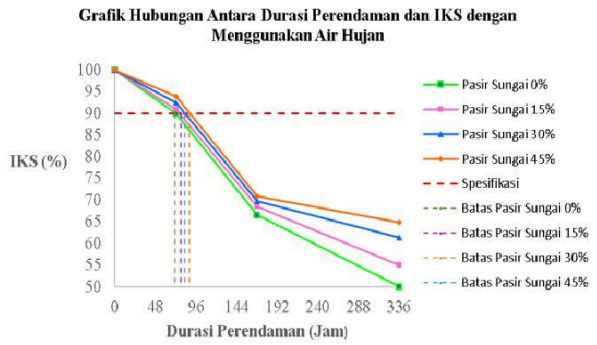
**Analisis Hubungan Campuran Pasir Sungai dan Pasir Pantai terhadap Durabilitas**

Berdasarkan hasil penelitian menggunakan variasi campuran pasir sungai dan pasir pantai dengan perendaman air hujan didapatkan nilai Indeks Kekuatan Sisa (IKS), Indeks Durabilitas Pertama (IDP) dan Indeks Durabilitas Kedua (IDK) dapat dilihat pada Grafik dibawah ini.

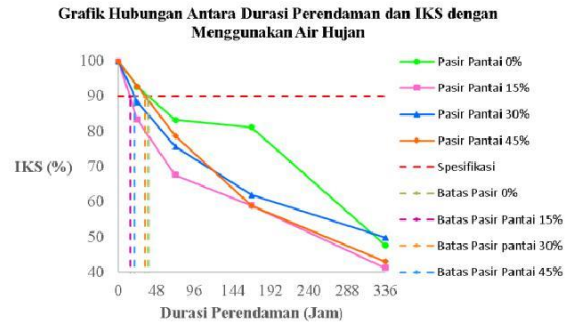


Grafik 1. Rekapitulasi hasil perbandingan nilai Stabilitas variasi campuran pasir sungai dan pasir pantai

Berdasarkan Grafik 1 dapat diketahui bahwa nilai stabilitas yang didapatkan antara pasir pantai dan pasir sungai tidak mengalami perbedaan yang cukup signifikan dan masih memenuhi spesifikasi yang telah diisyaratkan (Bina Marga,2010). Semakin bertambahnya durasi perendaman semakin menurun nilai stabilitas yang dihasilkan (Sutazril, 2014).

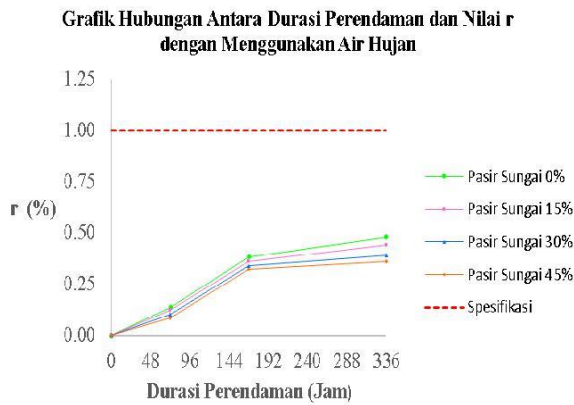


Grafik 2. Hubungan antara Durasi Perendaman dan Nilai IKS pada Pasir Sungai Grafik

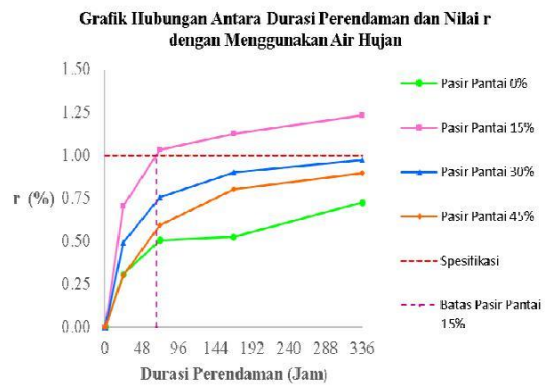


Grafik 3. Hubungan antara Durasi Perendaman dan Nilai IKS pada Pasir Pantai

Berdasarkan Grafik 2 dan Grafik 3 dapat diketahui bahwa nilai IKS cenderung mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya durasi perendaman, maka struktur lapisan akan semakin getas dan menjadi tidak awet ( *durable* ). Terdapat perbedaan pada nilai IKS pada pasir pantai mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya kadar variasi pasir pantai, sedangkan pada pasir sungai mengalami peningkatan yang cukup signifikan seiring dengan bertambahnya kadar variasi pasir sungai.

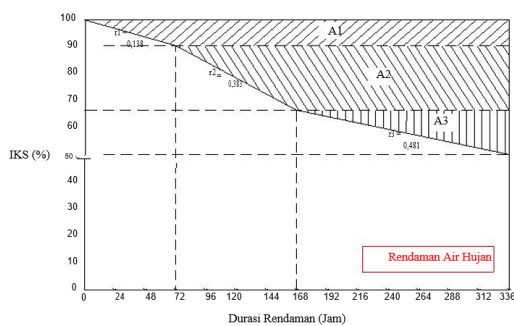


Grafik 4. Hubungan antara Durasi Perendaman dan Nilai r pada Pasir Sungai

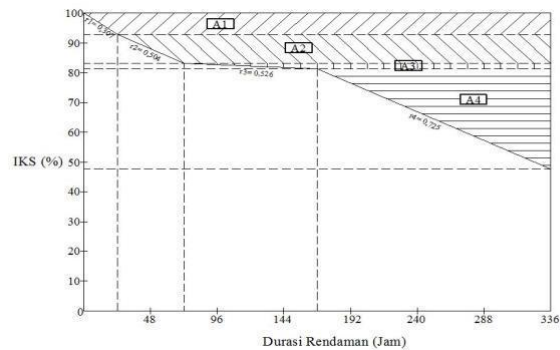


Grafik 5. Hubungan antara Durasi Perendaman dan Nilai r pada Pasir Pantai

Berdasarkan Grafik 3 dan Grafik 4 terlihat bahwa nilai IDP ( *r* ) semakin bertambah nilainya baik pasir pantai ataupun pasir sungai, dengan kata lain kehilangan kekuatan yang dialami oleh campuran beton aspal semakin besar seiring dengan bertambahnya durasi perendaman. Untuk menggambarkan persentase rerata luasan kehilangan kekuatan dan garis  $S_{0}=100%$  dapat dibuat Kurva Indeks Durabilitas Kedua (IDK) seperti Gambar 1 untuk variasi pasir sungai 0% dan Gambar 2 untuk variasi campuran pasir pantai 0%.



Gambar 1. Kurva IDK pada Pasir Sungai 0%



Gambar 2. Kurva IDK pada Pasir Pantai 0%

Berdasarkan hasil penelitian semakin lama campuran AC-BC terendam air hujan, maka tingkat durabilitas campuran AC-BC akan semakin menurun, baik ditinjau dari indikator Indeks Kekuatan Sisa (IKS), maupun Indeks Durabilitas Pertama (IDP) serta Indeks Durabilitas Kedua (IDK) (Gumilang, 2017)

**Analisis Hubungan Campuran Pasir Sungai dan Pasir Pantai terhadap Modulus Kekakuan**

Dalam perhitungan nilai modulus kekakuan dapat dicari dengan menggunakan nomogram atau menggunakan formula. Pencarian nilai modulus kekakuan dengan menggunakan nomogram Van der Poel (Hunter et al., 2015), terlebih dahulu harus mengetahui parameter-parameter sebagai berikut :

1. Waktu Pembebanan (*Time of Loading*)

Asumsi kecepatan kendaraan sebesar 5 km/jam, 10 km/jam, dan 15 km/jam dapat dicari dengan persamaan berikut :

$$t(5) = \frac{1}{v}$$

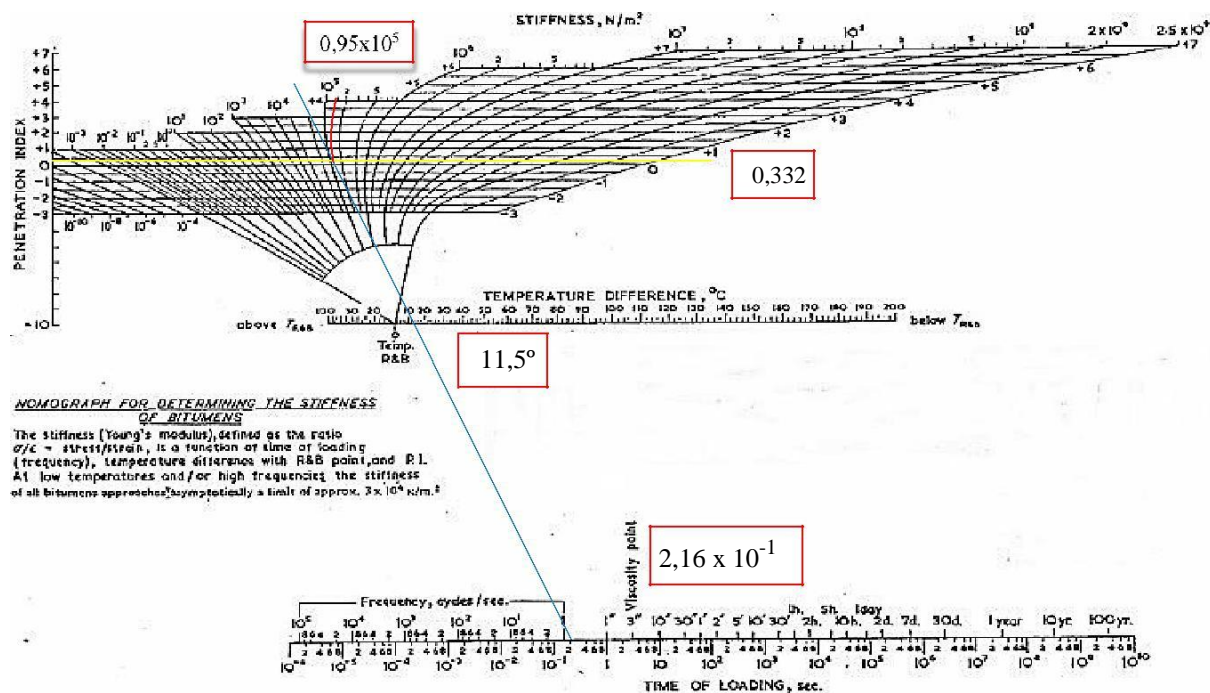
$$= \frac{30 \text{ cm}}{5 \text{ km/jam}}$$

$$= 2,16 \times 10^{-1} \text{ detik}$$

2. *Temperature Difference* ( $\Delta T$ )  $\Delta T = SP - \text{Suhu Jalan}$   
 $= 53,5^\circ\text{C} - 42^\circ\text{C}$   
 $= 11,5^\circ\text{C}$

3. *Penetration Index* (PI)  
 $PI = \frac{1952 - 500 \text{ Log}(Pen) - 20.SP}{50 \text{ Log}(Pen) - SP - 120}$   
 $= \frac{1952 - 500 \text{ Log}(65,9) - 20 \cdot 53,3}{50 \text{ Log}(65,9) - 53,5 - 120}$   
 $= 0,332$  (digunakan nilai PI=0)

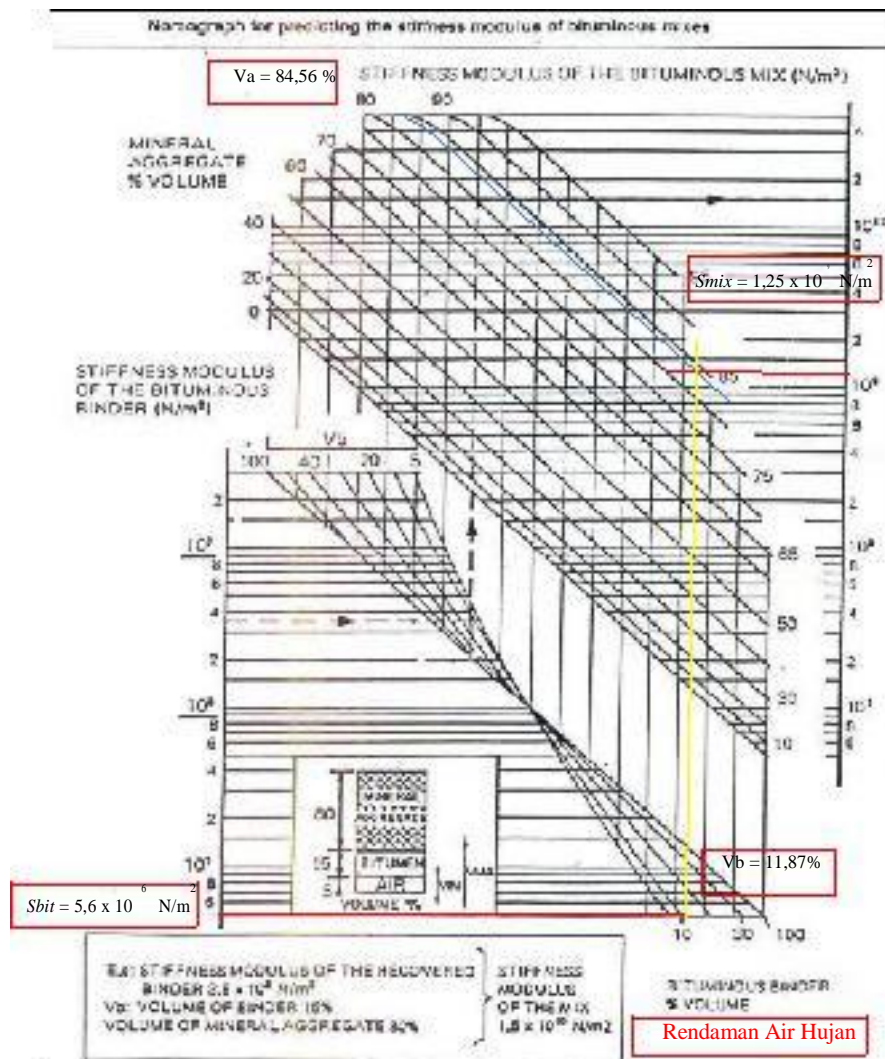
Dari parameter diatas maka dapat ditentukan nilai *Stiffness of Bitumen* (*Sbit*) untuk pembebanan t(5) dengan menggunakan nomogram pada Gambar 3.



Gambar 3. Pembacaan Nomogram untuk Menentukan Nilai *Sbit* pada Kecepatan Kendaraan 5 km/jam

Menurut AASHTO 1993 untuk mencari nilai *Stiffness of Mix* (*Smix*) dapat dilakukan dengan pembacaan nomogram dengan parameter sebagai berikut : Nilai *Sbit*, Volume Agregat (%) dan Volume Aspal(%), diketahui nilai *Sbit* terlalu kecil dan tidak tertera pada nomogram, maka digunakan nilai *Sbit* terkecil yang terdapat pada nomogram

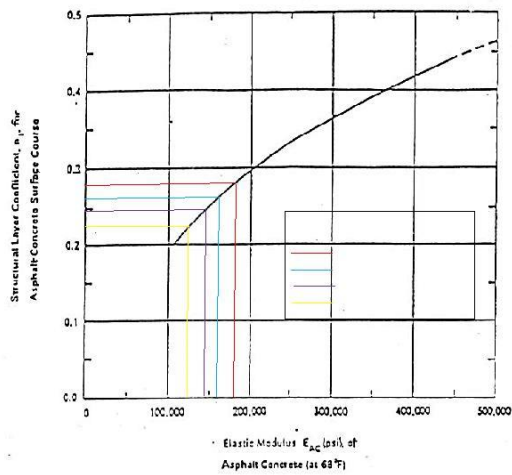
sebesar  $5 \times 10^6 \text{ N/m}^2$  (Rahman, 2018). Pembacaan nilai  $S_{mix}$  dengan presentase variasi campuran pasir sungai 0% pada masa perendaman 0 jam dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Pembacaan Nomogram untuk Mencari nilai  $S_{mix}$  Pasir Sungai dengan Lama Rendaman 0 jam

Berdasarkan hasil dari pembacaan Nomogram didapatkan nilai  $S_{mix}$  yang semakin menurun seiring dengan bertambahnya durasi perendaman. Nilai  $S_{mix}$  tertinggi pada pasir sungai sebesar  $1,48 \times 10^9 \text{ N/m}^2$  pada variasi campuran pasir 45% dengan durasi perendaman 0 jam, sedangkan pada pasir pantai nilai tertinggi pada variasi campuran 0% sebesar  $9,90 \times 10^8 \text{ N/m}^2$  dengan durasi perendaman 0,5jam. Tingginya nilai modulus kekakuan menyebabkan beton aspal menjadi lebih kaku dan tahan terhadap lendutan, namun rentan terhadap suhu dan retak lelah (*fatigue cracking*) (Widodo, 2011), sedangkan apabila nilai modulus kekakuan menurun maka akan terjadi penuaan aspal yang menyebabkan perkerasan mudah retak saat menerima beban yang berat (Saeed, 2009).

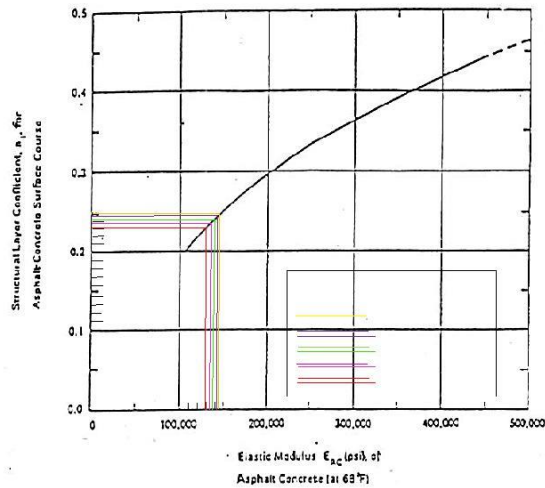
**Analisis Hubungan Campuran Pasir Sungai dan Pasir Pantai terhadap Nilai Koefisien Kekuatan Relatif** Dalam mencari nilai koefisien kekuatan relatif (a) dapat digunakan parameter yang didapatkan dari nilai  $S_{mix}$  dengan satuan psi (Yoder, 1975) untuk mencari waktu kritis pada bahan campuran AC-BC dapat dilihat pada Gambar 5 untuk variasi pasir sungai 0% dan Gambar 6 untuk variasi pasir pantai 0%.



Gambar 5. Nilai Koefisien Relatif Pasir Sungai 0%

Keterangan :

- Lama rendaman 0 Jam
- lama rendaman 72 Jam
- Lama rendaman 168 Jam
- Lama rendaman 336 Jam

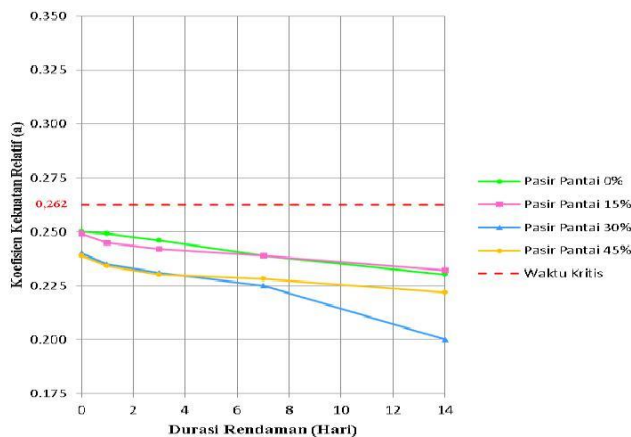


Gambar 6. Nilai Koefisien Relatif Pasir Pantai 0%

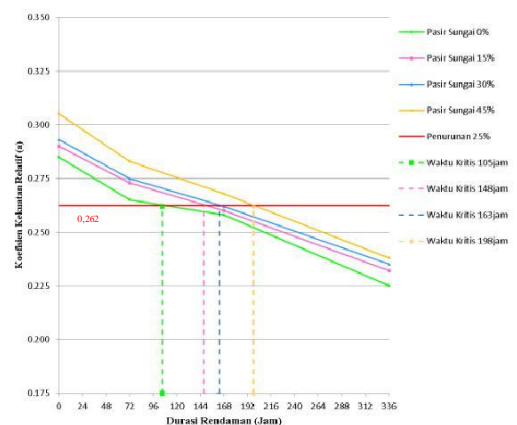
Keterangan :

- Lama rendaman 0,5 Jam
- Lama rendaman 0,5 Jam
- Lama rendaman 24 Jam
- Lama rendaman 24 Jam
- Lama rendaman 72 Jam
- Lama rendaman 72 Jam
- Lama rendaman 168 Jam
- Lama rendaman 168 Jam
- Lama rendaman 336 Jam
- Lama rendaman 336 Jam

Berdasarkan hasil rekapitulasi nilai koefisien kekuatan relatif (a) cenderung mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya durasi perendaman. Menurut Laston MS 744 untuk mengetahui waktu kritis dari lama rendaman, maka nilai maksimal yang digunakan dalam penentuan waktu kritis pada koefisien kekuatan relatif (a) diasumsikan sebesar 0,350, jadi asumsi batas akhir penurunan hanya 25 % dari nilai maksimal yaitu sebesar 0,262 dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Grafik 7. Hubungan Durasi Perendaman dengan Nilai Koefisien Relatif Pasir Pantai



Grafik 8. Hubungan Durasi Perendaman dengan Nilai Koefisien Relatif Pasir Sungai

Berdasarkan Grafik 7 dan Grafik 8 dapat diketahui bahwa pasir pantai tidak memenuhi persyaratan sebagai bahan campuran perkerasan yang dipergunakan pada kawasan simpang, halte, lampu merah maupun kawasan lain yang memiliki kecepatan kendaraan yang rendah, karena didapatkan hasil yang tidak memenuhi spesifikasi persyaratan Bina Marga (2010) sebesar minimal 75 %. Pada Grafik 8 didapatkan waktu kritis nilai koefisien relatif bahan campuran AC –BC dengan variasi persentase campuran pasir sungai 0 % pada masa rendaman 105 jam yang berarti bahwa setelah 105 jam perendaman maka nilai koefisien relatif bahan tidak dapat direkomendasikan, begitu pula dengan variasi persentase campuran pasir sungai 15 % pada masa rendaman 148 jam, campuran pasir sungai 30 % pada masa rendaman 163 jam, campuran pasir sungai 45 % pada masa rendaman 198 jam.

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan mengenai pengaruh pemanfaatan pasir pantai dan pasir sungai sebagai material AC-BC terhadap durabilitas dan modulus kekakuan dengan menggunakan perendaman air hujan diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil dari penggunaan campuran pasir pantai ataupun pasir sungai pada campuran beton aspal ditinjau dari nilai durabilitasnya secara keseluruhan cenderung mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya durasi perendaman.
2. Hasil dari pembacaan nomogram untuk mencari nilai *Smix* secara keseluruhan dengan menggunakan presentase variasi campuran pasir sungai ataupun pasir pantai mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya durasi perendaman.
3. Nilai koefisien kekuatan relatif pada benda uji setelah terendam air hujan menunjukkan nilai di bawah persyaratan spesifikasi yang diisyaratkan Bina Marga (2010), yaitu sebesar minimal 75 %, sehingga dapat diketahui bahwa pasir pantai tidak direkomendasikan dalam penggunaannya sebagai bahan campuran perkerasan, sedangkan pasir sungai masih bisa direkomendasikan sebagai bahan campuran perkerasan pada masa rendaman tertentu.

### Ucapan Terimakasih

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan Rahmat serta hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Tak lupa kepada Kedua Orangtua penulis Bapak Ir. Sukamdo dan Ibu Dra Sri Djumiartini, serta Kakak Anasya Arsita Laksmi, Adik Radistya Rizky yang telah memberikan doa dan dukungan kepada penulis, dan seluruh teman-teman yang telah membantu dalam proses penyelesaian Tugas Akhir ini.

### Daftar Pustaka

- AASHTO, 1993, *Guide for Design of Pavement Structures*, US: American Association of State Highway and Transportation Officials.
- Anonim, 2016, Modul Praktikum Bahan Perkerasan. Surakarta: Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Asphalt Institute, 1993, MS-22, *Construction of Hot Mix Asphalt Pavement*. US: Federal Highway Administration, USA.
- Bina Marga, 2010, Spesifikasi Umum Revisi 3. Jakarta: Direktorat Jendral Bina Marga.
- Bina Marga, 2010 Revisi 3, SNI 03-6819-2002. Spesifikasi Agregat Halus Untuk Campuran Perkerasan Beraspal. Jakarta: Pustran Balitbang Pekerjaan Umum.
- Bina Marga, 2010 Revisi 3. SNI 6753-2008. Cara Uji Ketahanan Campuran Beraspal Panas Terhadap Kerusakan Akibat Perendaman. Jakarta: Pustran Balitbang Pekerjaan Umum.
- Craus, J. Et Al, 1981 *Durability of Bituminous Paving Mixtures as Related to Filler Type and Properties, Proceedings Association of Asphalt paving technologists Technical Sessions*. San Diego, California, February 16, 17, and 18, 1981, Volume 50.
- Riyanto, Agus, 1996, Diktat Jalan Raya III. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta
- Shell Bitumen, 1991, *The Shell Bitumen Hand Book*. United Kingdom: Shell Bitumen UK, Chertsey.
- Van Der Poel, 1945, *Nilai Struktural Lapis Permukaan*, Materi Perkuliahan Bahan Perkerasan Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Gumilang, Damar, 2017, “Analisa Dampak Rendaman Air Tawar Terhadap Durabilitas dan *Properties Marshall* Pada Campuran *Asphalt Concrete – Binder Course (AC-BC)*”; Surakarta, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Refi, Ahmad, 2015, “Efek Pemakaian Pasir Laut Sebagai Agregat Halus Pada Campuran Aspal Panas (AC-BC) Dengan Pengujian *Marshall*” *Jurnal*. Padang: Jurnal Institut Teknologi Padang, Vol. 2, No.1.
- Sukirman, 2003, *Beton Aspal Campuran Panas*. Jakarta: Granit.

- Wicaksono, Muslim, 2017, “Analisa Dampak Rendaman Air Laut Terhadap Nilai Struktural Pada Campuran *Asphalt Concrete – Binder Course (AC-BC)*”; Surakarta, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Setyawan, Wahyu. 2018. “Analisis Penggunaan Pasir Pantai Parangtritis Sebagai Campuran *Asphalt Concrete – Binder Course (AC-BC)* Terhadap Durabilitas Dan Nilai Struktural ”; Surakarta, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Rizki. 2015. “Karakteristik Campuran Beraspal Jenis (*Asphalt Concrete – Binder Course*) AC/BC Menggunakan Pasir Alam Kampar dengan Pengujian *Marshall* Berdasarkan Spesifikasi Bina Marga 2010” *Skripsi*. Riau: Jurusan Teknik Sipil Universitas Riau.
- Suhingtyas, Novita Dewi. 2017. “Analisa Dampak Rendaman Air Laut Terhadap Durabilitas Campuran *Asphalt Concrete – Binder Course (AC-BC)*” *Skripsi*. Surakarta: Laporan Penelitian, Fakultas Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Budi Wijayanti, Anita. 2017. “Analisis Dampak Rendaman Air Tawar Terhadap Nilai Struktural pada Campuran *Asphalt Aggregate*” *Skripsi*. Surakarta: Laporan Penelitian, Fakultas Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Hunter, R. N., Self, A., & Read, J. (2015). *The Shell Bitumen Handbook (6th edition)*. London, Westminster, United Kingdom: ICE Publishing.
- Yoder.El dan Witzak.MW, (1975), *Principles of Pavement Design*, 2nd Edition John Wiley & Sons Inc. Canada
- Saeed Ghaffarpour jahromi dan Ali khodaii (2009). *Master Curves For Stiffness Asphalt Concrete*. International
- Journal of pavement Research and technology. vol.2no.4.Hlm.148-153.
- Widodo, S. dan Setyaningsih, I. (2011). Penggunaan Alat *Marshall* Untuk Menguji Modulus Elastisitas Beton Aspal. Makalah Disampaikan pada Simposium RAPI X FT UMS, ISSN N0.1412-9612. Surakarta.