

Analisis Pengaruh Perendaman terhadap Durabilitas dan Kuat Tarik Tidak Langsung pada Campuran Beton Aspal

Andi Tamliha Ali Damopolii¹, Faisal², Winarno Arifin³, Asma Massara⁴, Salim⁵

^{1,2,3,4,5}Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muslim Indonesia
Jl. Urip Sumoharjo Km 05 Panaikang, Kec. Panakkukang, Kota Makassar, Sulawesi Selatan 90231
Email: ¹anditamlika@yahoo.com; ²faisalprahara.FP@gmail.com; ³winarnoarifin56@gmail.com
⁴asma.massara@umi.ac.id; ⁵salim.salim@umi.ac.id

ABSTRAK

Jalan merupakan prasarana yang menunjang pertumbuhan suatu daerah sehingga perlu dilakukan usaha untuk menjaga kualitas layanan jalan. Penelitian ini dimaksudkan untuk menganalisis pengaruh lama perendaman terhadap durabilitas dan kuat tarik tidak langsung pada campuran Waktu perendaman divariasikan menjadi 30 menit, 1 hari, 2 hari, 3 hari, 4 hari dan 5 hari. Dari hasil perendaman yang kami lakukan memperoleh nilai indeks kekuatan sisa berurutan sebesar 91,65%, 82,45%, 67,98%, 61,27%, 55,63% Dari hasil perendaman yang kami lakukan memperoleh nilai indeks durabilitas pertama nilai 'r' 0,603% kehilangan kekuatan 246,404 hingga hari kelima terus berkurang sebesar nilai 'r' 0,235% kekuatan berkurang 204,840 kg. kemudian untuk nilai indeks durabilitas kedua untuk hari pertama nilai 'A' 7,50% kekurangan stabilitas 92,50%, terus berkurang hingga hari kelima dengan nilai 'A' sebesar 0,56% kekurangan stabilitas 76,25%. Berdasarkan hasil tersebut variasi perendaman dapat menurunkan durabilitas campuran beton aspal. Setelah perendaman kami melakukan pengujian *Indirect Tensile Strength Test* dengan variasi perendaman Dari hasil pengujian yang kami lakukan memperoleh nilai kuat tarik berurutan sebesar 55398, 50774,33KPa, 45675,64KPa, 37657,70KPa, 33942,41KPa, 30817,90KPa. Berdasarkan hasil tersebut dengan menggunakan variasi perendaman dapat menurunkan nilai kuat tarik pada campuran beton aspal.

Kata Kunci: Perendaman, Durabilitas campuran, kuat tarik tidak langsung

ABSTRACT

Roads are infrastructure that supports the growth of an area so efforts need to be made to maintain the quality of road services. This study was intended to analyze the effect of immersion time on the durability and indirect tensile strength of the mixture. The immersion time was varied to 30 minutes, 1 day, 2 days, 3 days, 4 days, and 5 days. From the results of the immersion that we did, the residual strength index values respectively were 91.65%, 82.45%, 67.98%, 61.27%, and 55.63%. *r* value was 0.603% while the lost strength was 246,404 until the fifth day continued to decrease by the value of 'r' 0.235% strength was reduced by 204.840 kg. then for the second durability index value for the first day, the 'A' value of 7.50% lacked 92.50% stability; and continued to decrease until the fifth day with the 'A' value of 0.56% lacking 76.25% stability. Based on these results, the variation of immersion can reduce the durability of the asphalt concrete mixture. After the immersion, we did the *Indirect Tensile Strength Test* with immersion variations. From the results of the tests we did, we obtained sequential tensile strength values of 55398, 50774,33KPa, 45675,64KPa, 37657,70KPa, 33942,41KPa, 30817,90KPa. Based on these results using immersion variations can reduce the value of the tensile strength of the asphalt concrete mixture.

Keywords: Immersion, mixed durability, indirect tensile strength

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Jalan memiliki peran krusial dalam pertumbuhan ekonomi suatu daerah karena merupakan prasarana transportasi darat yang menghubungkan antar wilayah dan menyediakan akses bagi masyarakat untuk memenuhi kebutuhannya (Silondae, 2016). Oleh karena itu, pemeliharaan kualitas pelayanan jalan selama masa layan adalah suatu keharusan agar pelayanan jalan dapat berjalan optimal baik secara struktural maupun fungsional (Trissiyana, 2017).

Komposisi perkerasan jalan yang mengandalkan sokongan struktural dari material granular diharapkan dapat membuat lapisan perkerasan kuat dan tahan terhadap perubahan cuaca (Al-Amri, 2013). Untuk mengukur potensi ketahanan campuran saat digunakan sebagai lapisan permukaan, salah satu parameter yang dianalisis adalah durabilitas (ketahanan campuran) (Nurlina et al., 2013). Kadar aspal yang tinggi yang terkadang menjadi cara untuk menghasilkan durabilitas yang tinggi tidak dapat menjadi jaminan bertaahannya lapisan perkerasan selama umur layan utamanya jika jalan sering terendam air (Nahyo et al., 2015).

Durabilitas merupakan ukuran seberapa awet lapisan permukaan jalan terhadap pengaruh air maupun cuaca dalam durasi yang lama (Arifin et al., 2008). Nilai durabilitas yang rendah merupakan cikal bakal kerusakan dini pada lapisan perkerasan. Durabilitas campuran dipengaruhi oleh gradasi campuran, kadar aspal, dan tingkat kepadatan sempurna (Widodo et al., 2012). Untuk upaya peningkatan kualitas campuran aspal akibat beban lalu lintas, pengaruh cuaca dan rendaman air dengan penambahan beban yang memiliki kemampuan dan ketahanan dalam menahan lendutan dan momen tanpa terjadi keretakan akibat beban yang berlebih.

Dari sudut pandang lainnya, pengaruh beban lalu lintas kendaraan yang terjadi di lapangan dapat disimulasikan dalam pengujian *Indirect Tensile Strength* (ITS) yang mengilustrasikan kekuatan material dalam menahan beban secara terus menerus yang memberikan tegangan pada lapisan serta menimbulkan regangan dengan nilai tertentu hingga sampel uji retak pada tegangan maksimal yang dapat diterima (Widayat, 2010).

Dengan pengujian kuat tarik tidak langsung, dapat diprediksi kinerja perkerasan akibat pembebanan yang dipengaruhi oleh komposisi dan sifat fisik dari material *visco-elastic* aspal sehingga dapat dirancang komposisi campuran yang mampu menghasilkan kinerja yang mampu mencegah terjadinya retak *thermal*, retak lelah, dan potensi kerusakan lainnya (Ahmad, 2010). Melalui penelitian ini diharapkan dapat diketahui pengaruh dari lama perendaman terhadap durabilitas dan kuat tarik tidak langsung campuran beton aspal yang menjadi simulasi sifat campuran saat diaplikasikan sebagai lapis permukaan jalan.

1.2 Rumusan Masalah

Berikut ini adalah permasalahan yang diidentifikasi menjadi inti dalam penelitian ini:

- 1) Bagaimana pengaruh perendaman terhadap durabilitas pada campuran beton aspal?
- 2) Bagaimana pengaruh perendaman terhadap kuat tarik tidak langsung pada campuran beton aspal?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Untuk mengetahui pengaruh perendaman campuran beton aspal terhadap durabilitas.
- 2) Untuk menganalisis pengaruh perendaman terhadap kuat Tarik tidak langsung pada campuran beton aspal

2. Metode Penelitian

2.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium Jalan Raya di Program Studi Teknik Sipil Fakultas teknik Universitas Muslim Indonesia.

2.2 Bahan dan Alat Penelitian

Bahan Penelitian

Aspal Pertamina penetrasi 60/70 yang berasal dari PU Bina Marga Baddoka adalah penyusun mortar dalam campuran ini yang kemudian ditambahkan dengan agregat kasar dan halus yang berasal dari Samata, Kab. Gowa.

Alat Penelitian

Penelitian ini menggunakan alat-alat yang berkaitan dengan pengujian properti aspal, agregat kasar, agregat halus, pengujian karakteristik Marshall, pengujian durabilitas, dan pengujian kuat tarik tidak langsung.

2.3 Tahapan Penelitian

- 1) Pengujian properti material
Setelah seluruh material disiapkan, dilakukan pengujian untuk memastikan bahwa setiap komponen memenuhi syarat untuk dijadikan bahan penyusun campuran aspal.
- 2) Penentuan Campuran
Penentuan fraksi campuran, penentuan kebutuhan material, penentuan kadar aspal rencana dengan interval 0,5%, lalu penentuan suhu pemadatan dan suhu pencampuran.
- 3) Pembuatan Benda Uji

Untuk memperoleh Kadar Aspal Optimum (KAO), masing-masing 3 (tiga) buah briket pada variasi kadar aspal 4,5%, 5%, 5,5%, 6%, 6,5% dilakukan pengujian *Marshall* lalu berdasarkan nilai KAO tersebut dilakukan pengujian campuran dengan variasi perendaman 1 hingga 5 hari sebanyak 5 briket tiap campuran.

2.4 Pengujian *indirect tensile strength*

Setelah benda uji dibersihkan dan diberikan tanda pembeda dari sampel lain, diameternya diukur dengan ketelitian 0,01 mm. Setelah dipanaskan, dua buah dial dipasang pada arah horizontal pada tiap sisi sampel (kiri dan kanan). Benda uji diatur pada mesin uji lalu dipastikan agar jarum dial dimulai dari titik 0. Beban kemudian ditambahkan dengan kecepatan 50 mm/ menit lalu pada pembebanan maksimal diukur *tensile* dan *compressive* yang terjadi.

2.5 Metode Analisis Data

Data yang terkumpul selanjutnya dianalisis menggunakan analisis regresi untuk melihat pola yang akan terjadi dari hasil pengujian durabilitas dan ITS pada setiap variasi sampel.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Analisis dan Hasil Pengujian Marshall Test untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Berikut merupakan hasil rekapitulasi karakteristik *Marshall* untuk tiap variasi sampel:

Tabel 1 Rekapitulasi pengujian *marshall* campuran AC-WC pen 60/70 untuk kadar aspal optimum (KAO)

Sifat-sifat campuran		Hasil pengujian					Spesifikasi
Kadar aspal; %	4.5	5	5.5	6	6.5		
Density	2,205	2,222	2,243	2,250	2,259	≥ 2.2 kg/mm³	
VIM; %	7,452	6,086	4,542	3,809	2,730	>3%	
VMA; %	17,462	17,255	16,910	17,101	17,181	≥15%	
VFA; %	57,329	64,749	73,148	78,979	85,335	≥63%	
Stabilitas, kg	1067,18	1100,42	1140,73	1116,55	1092,36	800-1800 kg	
Flow, mm	3,42	3,47	3,48	3,53	3,70	2-4 mm	
Hasil bagi marshall:	312.837	317.661	327.809	311.571	295.298	Min 250	

kg/mm

Berdasarkan perbandingan antara hasil pengujian dengan nilai spesifikasi diperoleh:

$$KAO = \frac{5,3\% + 6,5\%}{2} = 5,9\%$$

3.2 Hasil Pengaruh Variasi Perendaman terhadap Durabilitas Campuran Aspal Beton dan Kuat Tarik Tidak Langsung

Indeks Kekuatan Sisa (IKS)

Perendaman benda uji pada temperatur tetap $\pm 60^\circ\text{C}$ pada durasi waktu selama 30 menit dan 24 jam menjadi dasar untuk penentuan nilai IKS dimana stabilitas sampel yang mengalami perendaman 24 jam dibandingkan dengan stabilitas sampel yang mengalami perendaman 30 menit lalu

kg/mm

dikonversi menjadi persen. Selain nilai IKS, patokan dalam mengetahui kinerja durabilitas adalah Indeks Penurunan stabilitas (IPS) yaitu Indeks Durabilitas Pertama (IDP) dan Indeks Durabilitas Kedua (IDK).

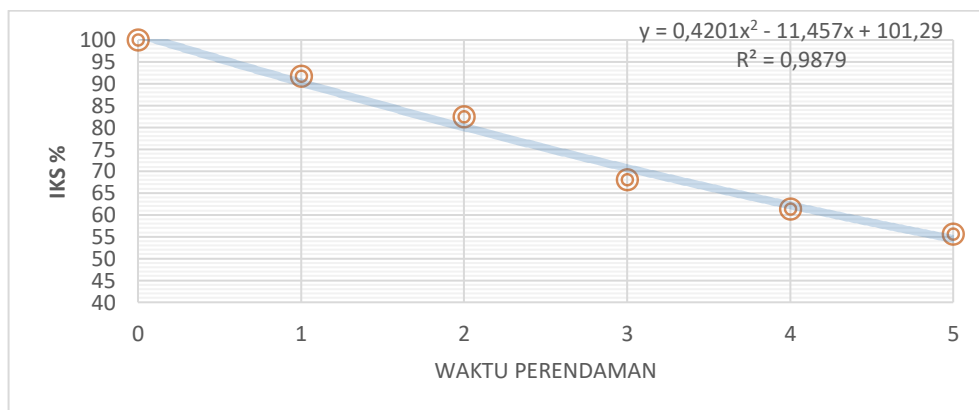
Perendaman benda uji dilakukan selama 1 hingga 5 Hari pada suhu 60°C . Nilai perbandingannya disebut dalam indeks stabilitas sisa atau Indeks Kekuatan Sisa (IKS) yang dinyatakan dalam persen (%). Standar kekuatan sisa atau stabilitas Marshall Standar kekuatan sisa atau stabilitas Marshall sisa yang disyaratkan dalam Revisi 3 Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 yaitu minimum 75%. Perhitungan Indeks Kekuatan Sisa (IKS%) = $S_2/S_1 \times 100\%$.

Tabel 2 Indeks Kekuatan Sisa

Suhu perendaman	ITS awal (kPa)	Lama perendaman (hari)									
		1		2		3		4		5	
		ITS (kPa)	IKS (%)	ITS (kPa)	IKS (%)	ITS (kPa)	IKS (%)	ITS (kPa)	IKS (%)	ITS (kPa)	IKS (%)
60°C	57732,4	50726,2	87,86	45737,9	79,22	37151,3	64,35	34294,7	59,4	31019,6	53,7
	54980,3	51465,0	93,61	45171,0	82,16	37641,4	68,46	34063,0	62,0	31156,7	56,7
	55856,1	50595,8	90,58	45587,2	81,62	37660,5	67,42	33980,5	60,8	30882,4	55,3
	54354,6	51307,2	94,39	45285,1	83,31	38466,0	70,77	33855,9	62,3	30558,6	56,2
	54070,4	49777,4	92,06	46596,6	86,18	37369,3	69,11	33518,0	62,0	30742,2	56,4
Rata-rata	55398,8	50744,4	91,65	45675,6	82,45	37657,7	67,98	33942,4	61,3	30817,9	55,6

Nilai IKS yang merupakan perbandingan nilai stabilitas campuran pada komposisi perendaman 1 hingga 5

hari. Berikut adalah plot nilai IKS masing-masing briket dengan lama perendaman yang berbeda-beda:



Gambar 1 Hubungan nilai iks dan lama perendaman

Berdasarkan gambar 1, nilai IKS untuk benda uji normal sebesar 91,64 % pada hari pertama, 82,45% pada perendaman hari kedua artinya untuk 2 hari pertama nilai IKS masih memenuhi batas minimal yang dipersyaratkan Bina Marga yaitu $\geq 75\%$ yang dapat diinterpretasikan sebagai campuran AC-WC yang masih dalam keadaan normal dan masih tahan terhadap kerusakan akibat pengaruh air dan suhu.

Selanjutnya, secara konsisten nilai IKS menurun hingga perendaman hari ke 5 hingga tidak memenuhi syarat dimulai dari perendaman empat dan lima hari dengan nilai IKS sebesar 67,98% dan 55,63% secara berturut-turut.

Indeks Durabilitas Pertama (IDP)

Berikut ini nilai Indeks Durabilitas Pertama (IDP) hasil pengujian:

Tabel 3 Nilai indeks durabilitas pertama

Suhu perendaman	ITS awal (kPa)	Stabilitas awal So (kg)	Lama perendaman (hari)									
			1		2		3		4		5	
			r (%)	R (kg)	r (%)	R (kg)	r (%)	R (kg)	r (%)	R (kg)	r (%)	R (kg)
60°C	55398,76		0,348	192,69	0,383	202,57	0,603	246,41	0,279	223,5	0,235	204,8

Kecendrungan penurunan nilai IDP yang landai menunjukkan kehilangan kekuatan yang kecil, sebaliknya kecendrungan penurunan penurunan nilai IDP yang curam artinya kehilangan kekuatan semakin berarti atau semakin sensitif terhadap perendaman. Pada tabel 3 terlihat bahwa untuk variasi rendaman 1 hari kehilangan kekuatan yang ditunjukkan oleh nilai 'r' sebesar 0,603% yaitu hilangnya kekuatan sebesar 246,404, dan begitupun pada perendaman 2 hari, 3 hari, 4 hari dan 5 hari terjadi kehilangan kekuatan yang ditunjukkan oleh nilai 'r' pada rendaman hari kedua

sebesar 0,383% yaitu kekuatan berkurang sebesar 202,556 kg, rendaman 3 hari sebesar 0,348% kehilangan kekuatan 192,685 kg, rendaman hari ke 4 sebesar 0,279% terjadi kehilangan kekuatan sebesar 223,504 kg, hingga pada hari ke 5 terus mengalami kehilangan kekuatan sebesar 0,235% yaitu 204,840 kg.

Indeks Durabilitas Kedua (IDK)

Nilai IDK menggambarkan kehilangan kekuatan selama satu hari. Nilai IDK bersimbol 'a'. Nilai positif menandakan besar kehilangan kekuatan yang dialami campuran beraspal.

Tabel 4 Nilai IDK berdasarkan lama perendaman

Waktu perendaman	A(%)	Sa(%)	A(kg)	Sa(kg)
1	7,50	92,50	4152,35	51246,41
2	6,44	86,06	3569,12	47677,28
3	7,24	78,83	4008,94	43668,34
4	2,01	76,81	1114,58	42553,76
5	0,56	76,25	312,45	42241,31

Pada tabel 4 peninjauan hari pertama terjadi kehilangan kekuatan yang ditunjukkan dengan nilai 'A' sebesar 7,50% atau kekurangan stabilitas menjadi 92,50%. Untuk setiap variasi rendaman, secara konsisten ditunjukkan

campuran beton aspal mengalami kehilangan kekuatan karena nilai A yang semuanya bernilai positif. Seiring berjalannya waktu yang dimulai pada hari pertama sampai dengan hari kelima selalu mengalami kekurangan stabilitas,

hingga pada hari kelima terus mengalami banyak kehilangan kekuatan yaitu sebesar 0,56% atau kekurangan stabilitas sebesar 76,25%.

3.3 Hasil Pengujian *Indirect Tensile Strength* (ITS) terhadap perendaman

Tabel 5 Rekapitulasi nilai ITS (*Indirect Tensile Strength*) pada masing-masing variasi perendaman

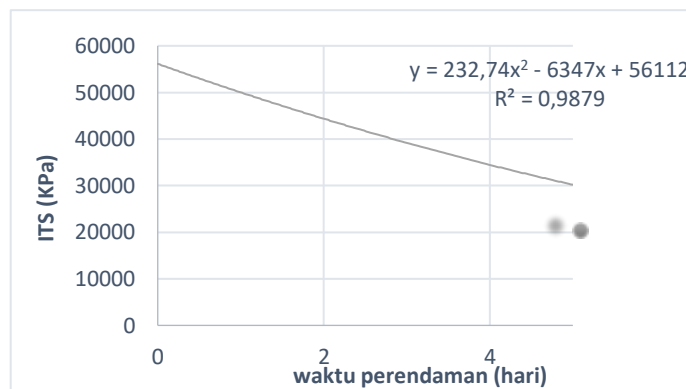
Variasi Perendaman hari	Nilai ITS (kPa) Durabilitas
0	55398,76
1	50774,33
2	45675,64
3	37657,70
4	33942,41
5	30817,90
	50835,34862

Nilai Kuat Tarik Tidak Langsung ITS (*Indirect Tensile Strength*) dari tiap-tiap

Hubungan Kuat Tarik Tidak Langsung terhadap Variasi waktu perendaman berdasarkan KAO

Tabel 5 adalah rekapitulasi nilai ITS untuk setiap variasi perendaman

variasi perendaman setiap waktu yang digunakan dapat dilihat pada (gambar 2)



Gambar 2 Hubungan ITS terhadap perendaman

Berdasarkan gambar 2, pada setiap penambahan waktu perendaman, kuat tarik mengalami penurunan sebesar 50774,33 Kpa pada waktu perendaman 1 Hari kemudian pada waktu peredaman 2 Hari kuat tarik terus mengalami penurunan hingga pada waktu perendaman 5 hari. Pada perendaman hari kedua nilai Its sebesar 45675,64 Kpa, Nilai ITS Rendaman hari ketiga sebesar 37657,70 Kpa, pada rendaman hari keempat nilai ITS sebesar 33942,41 Kpa kemudian nilai ITS pada rendaman hari kelima sebesar 30817,90 Kpa, sehingga peningkatan waktu

perendaman berdampak pada nilai ITS yang semakin besar.

Hubungan Regangan (ϵ) terhadap Variasi Perendaman berdasarkan Nilai ITS

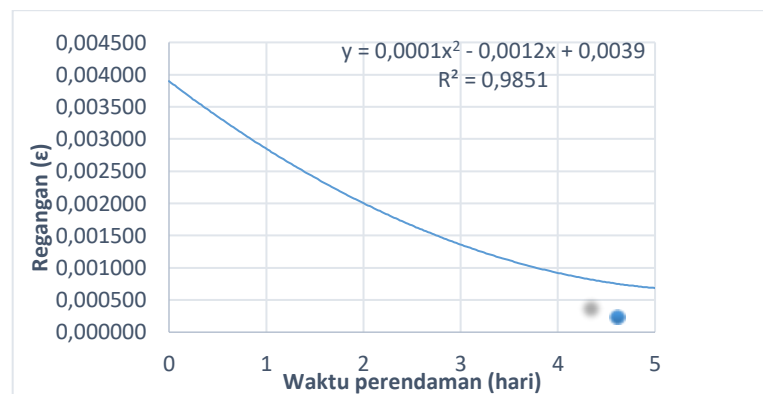
Hasil pengujian ITS menjadi dasar dalam penentuan nilai Regangan (ϵ) yaitu perubahan ukuran benda dibandingkan dengan ukuran semula akibat gaya dari luar. Tabel 6 menunjukkan nilai Regangan (ϵ) campuran aspal beton untuk setiap variasi perendaman

Tabel 6 Rekapitulasi nilai regangan (ϵ) pada nilai ITS dengan variasi perendaman

Waktu perendaman (hari)	Nilai regangan (ϵ)
0	0,003770
1	0,003066
2	0,002070
3	0,001152
4	0,000918
5	0,000742

Nilai rekapitulasi Regangan dari tiap-tiap variasi waktu perendaman yang

digunakan dapat dilihat pada (Gambar 3).



Gambar 3 Hubungan regangan (ϵ) terhadap waktu perendaman

Berdasarkan gambar 3 persentase perendaman 1-5 Hari yaitu nilai regangan mengalami penurunan pada waktu perendaman 1 Hari, dan terus terjadi penurunan hingga pada waktu perendaman 5 Hari. Jadi apabila variasi perendaman yang di gunakan untuk campuran aspal beton, maka nilai regangan akan menurun.

Hubungan Modulus Elastis (E) terhadap perendaman berdasarkan Nilai ITS

hubungan modulus elastis terhadap waktu perendaman pada persentase 1 Hari nilai modulus elastis mengalami peningkatan hingga pada waktu perendaman 5 Hari nilai modulus elastis mengalami peningkatan. Sehingga apabila semakin lama waktu perendaman, maka nilai modulus elastis akan semakin tinggi.

4. Penutup

4.1 Kesimpulan

Pengujian campuran aspal beton dengan pengaruh perendaman terhadap durabilitas dan kuat Tarik tidak langsung dapat disimpulkan sebagai berikut:

- 1) Setelah perendaman 1 Hari pada suhu 60°C, nilai IKS benda uji, menurun sebesar 91,65 % yaitu dari nilai ITS 50774,33 Kg dan nilai IKS tersebut cenderung menurun seiring semakin lamanya hari perendaman hingga hari ke 2 masih memenuhi syarat, namun hari ke 3 dengan nilai IKS 67,98 % dan hari ke 4 dengan nilai IKS 61,27% dan pada hari ke 5 nilai IKS terus menurun 55,63% < 75% sehingga sudah tidak memenuhi syarat. Sedangkan untuk nilai IDP dan IDK cenderung menurun atau benda uji mengalami kehilangan kekuatan. Penurunan nilai ITS untuk benda uji pada hari pertama hingga hari kelima berturut-

turut sebesar 0,603%, 0,383%, 0,348%, 0,279%, dan 0,235%. Nilai IDK Seiring berjalannya waktu yang dimulai pada hari pertama sampai dengan hari kelima cenderung mengalami kekurangan stabilitas, hingga pada hari kelima terus mengalami banyak kehilangan kekuatan yaitu sebesar 0,56% atau kekurangan stabilitas sebesar 76,25%.

- 2) Dari beberapa variasi perendaman dalam pengujian kuat Tarik tidak langsung, nilai tertinggi pada waktu perendaman 1 Hari sebesar 50774,33 Kpa dan nilai terendah yang didapat pada waktu perendaman 5 Hari sebesar 30817,90 Kpa. Artinya, semakin lama benda uji direndam, semakin menurun nilai kuat tarik tidak langsung.

4.2 Saran

Berikut beberapa hal yang dapat disarankan berdasarkan hasil penelitian:

- 1) Penelitian lanjutan dapat dilakukan menggunakan jenis aspal yang berbeda agar diketahui pengaruh perendaman terhadap durabilitas dan kuat tarik tidak langsung pada beberapa jenis aspal.
- 2) Pengembangan penelitian juga dapat dilakukan pada karakteristik campuran yang berbeda.

Daftar Pustaka

- Ahmad, M. (2010). *Kajian Karakter Indirect Tensile Strength Asphalt Concrete Recycle dengan Campuran Aspal Penetrasi 60/70 Dan Residu Oli pada Campuran Hangat*.
- Al-Amri, F. (2013). Studi Perbandingan Penggunaan Aspal Minyak Dengan Aspal Buton Lawele Pada Campuran Aspal Concrete Base Course (AC-BC) Menggunakan Metode Marshall Test. *RADIAL-Jurnal Peradaban Sains, Rekayasa Dan Teknologi*, 4(2), 181–190.
- Arifin, M. Z., Bowoputro, H., Yuwananingtyas S., A., & Rafiah A, F. (2008). Pengaruh Penggunaan Komposisi Batu Pecah Dan Piropilit Sebagai Agregat Kasar Dengan Variasi Kadar Aspal Terhadap Stabilitas Dan Durabilitas Campuran Hrs (Hot Rolled Sheet). *Jurnal Rekayasa Sipil*, 2(3), 225–239.
- Nahyo, N., Sudarno, S., & Setiadji, B. H. (2015). Durabilitas Campuran Hot Rolled Sheet-Wearing Course (Hrs-Wc) Akibat Rendaman Menerus Dan Berkala Air Rob. *Jurnal Teknik Sipil*, 13(1), 124–135.
<https://doi.org/10.30601/jtsu.v1i2.14>
- Nurlina, S., Anggraini, R., Unas, S. El, Hasyim, M. H., & Mutiara, D. (2013). *Pada Struktur Chimney Pltu (Studi Kasus : Chimney Pltu Paiton Unit 6 Dan 7)*. 7(1), 42–47.
- Silondae, S. (2016). Keterkaitan Jalur Transportasi Dan Interaksi Ekonomi Kabupaten Konawe Utara Dengan Kabupaten/Kota Sekitarnya. *Jurnal Progres Ekonomi Pembangunan*, 1(1), 49–64.
- Trissiyana. (2017). Penentuan Prioritas Pemeliharaan Jalan Kabupaten. *Media Ilmiah Teknik Lingkungan*, 2(2), 13–19.
- Widayat, D. (2010). Hubungan Parameter Kuat Tarik Langsung terhadap Modulus Resilien Campuran Beraspal Dingin dengan Aspal Busa. *Jurnal Jalan - Jembatan*, 27(2), 88–96.
- Widodo, S., Harnaeni, S. R., & Wijayanti, E. (2012). Pengaruh Penuaan Aspal terhadap Karakteristik Asphalt Concrete Wearing Course. *Seminar Nasional Teknik Sipil UMS 2012, 26 Mei*, 90–99.