

Korelasi Temperatur Pencampuran dan Pemadatan terhadap Nilai Kuat Tarik Tidak Langsung pada Campuran AC-WC

Kiki Angela*, Riska Mulka, Mukhtar Thahir Syarkawi, Muh. Husni Maricar,
Andi Alifuddin

Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muslim Indonesia

*kikiangela03@gmail.com

Diajukan: 13 Agustus 2024, Revisi: 18 Agustus 2024, Diterima: 20 Agustus 2024

Abstract

Temperature is the primary factor influencing the deformation response of the asphalt pavement layer structure. The dispersion of the value of indirect tensile strength due to the mixing temperature is suspected to have a correlation with the dispersion of the values of indirect tensile strength due to variations in compaction temperature. This correlation information will be useful in controlling the quality of asphalt mixtures related to mixing and compaction temperatures both in the lab and in real-world conditions. The approach employed in this study will be an experimental method. Based on the test results, it was concluded that the correlation between the mixing temperature and the ITS value was quite strong (correlation coefficient > 0.50) and the relationship between the compaction temperature and the ITS value. From the dispersion of the ITS value to the mixing temperature is at 155°C , and the maximum ITS value occurs at the compaction temperature of 145°C . the effect of mixing and compaction temperature on the ITS value is based on the multiple linear regression equation $\text{ITS} = -0,597 X_1 + 1,057 X_2 - 5,064$ with X_1 and X_2 respectively as the mixing and compaction temperature variables.

Keywords: *Correlation, Mixing Temperature, Compaction Temperature, Indirect Tensile Strength (ITS)*

Abstrak

Temperatur merupakan faktor utama yang mempengaruhi respon deformasi pada struktur lapisan perkerasan aspal. Adapun dispersi nilai kuat tarik tidak langsung akibat temperatur pencampuran diduga memiliki korelasi dengan dispersi nilai kuat tarik tidak langsung akibat variasi temperatur pemadatan. Informasi korelasi ini akan bermanfaat dalam pengendalian kualitas campuran aspal yang berkaitan dengan temperatur pencampuran dan pemadatan baik dilaboratorium maupun dilapangan. Metode yang akan digunakan dalam penelitian ini ialah metode eksperimen. Berdasarkan hasil pengujian disimpulkan bahwa korelasi antara temperatur pencampuran dan nilai ITS cukup kuat (koefisien korelasi $> 0,50$) demikian juga halnya dengan korelasi antara temperatur pemadatan dan nilai ITS. Dari dispersi nilai ITS terhadap temperatur pencampuran berada pada temperatur pencampuran 155°C , dan nilai ITS maksimum terjadi pada temperatur pemadatan 145°C . pengaruh temperatur pencampuran dan pemadatan terhadap nilai ITS berdasarkan persamaan regresi linear berganda $\text{ITS} = -0,597 X_1 + 1,057 X_2 - 5,064$ dengan X_1 and X_2 secara berurutan sebagai Variabel temperatur pencampuran dan pemadatan.

Kata Kunci: Korelasi, Temperatur Pencampuran, Temperatur Pemadatan, Kuat tarik Tidak Langsung

1. PENDAHULUAN

Temperatur pencampuran dapat mempengaruhi kinerja campuran aspal dengan menyebabkan perubahan sifat viskositas aspal, yang mengakibatkan penurunan daya lekat. Akibatnya, aspal menjadi lebih getas dan daya tarik campuran aspal berkurang. Hal ini berdampak pada terbentuknya retak akibat gaya tarik pada bagian bawah lapisan (Lagaligo et al., 2022).

Selain temperatur pencampuran, temperatur pemadatan juga sangat mempengaruhi kinerja campuran aspal. Suhu pemadatan mempengaruhi formasi agregat dalam campuran, yang berdampak pada kepadatan. Jika suhu pemadatan terlalu rendah, viskositas aspal akan menurun sehingga aspal sebagai pengikat akan mengalami pembekuan. Hal ini menyebabkan terbentuknya rongga-rongga pada campuran yang dapat memengaruhi nilai kuat tarik tidak langsung pada perkerasan aspal (Sentosa et al., 2013).

Kuat tarik tidak langsung (*Indirect Tensile Strength/ITS*) pada perkerasan bertujuan untuk menilai kemampuan lapis perkerasan dalam menahan beban tarik yang terjadi secara horizontal. Temperatur sangat berpengaruh terhadap respon deformasi struktur lapisan perkerasan aspal dimana karakteristik penyebaran beban bergantung pada sensitivitas modulus lapisan terhadap temperatur. Kekuatan lapisan akan berkurang seiring dengan meningkatnya temperatur (Manik, 2021). Uji ITS bertujuan untuk mengevaluasi probabilitas terjadinya retakan pada lapis perkerasan.

Dispersi nilai kuat tarik tidak langsung akibat temperatur pencampuran diduga memiliki korelasi dengan dispersi nilai kuat tarik tidak langsung akibat variasi temperatur pemadatan. Informasi korelasi ini akan bermanfaat dalam pengendalian kualitas campuran aspal yang berkaitan dengan temperatur pencampuran dan pemadatan baik dilaboratorium maupun di lapangan.

Tujuan dilakukannya penelitian ini yaitu untuk mengetahui perubahan nilai ITS akibat variasi temperatur pencampuran dan temperatur pemadatan serta korelasi antara nilai ITS dengan variasi temperatur pencampuran dan temperatur pemadatan.

2. METODE PENELITIAN

A. Lokasi Penelitian

Penelitian ini berlangsung di Laboratorium Bahan Perkerasan Jalan, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muslim Indonesia.

B. Bahan dan Alat Penelitian

Aspal yang digunakan dalam campuran yaitu Aspal AC-WC Penetrasi 60/70 yang di produksi oleh PT. Pertamina (Persero). Agregat yang digunakan yaitu agregat berupa batu pecah berukuran 1-2 cm, 0,5-1 cm dan abu batu yang dihasilkan dari proses pemecahan batu alam di daerah Bili-Bili, Kab. Gowa. Adapun peralatan yang digunakan telah tersedia di Laboratorium.

C. Tahapan Penelitian

a) Persiapan dan Pemeriksaan Bahan

Penelitian ini diawali dengan tahapan persiapan bahan kemudian dilanjutkan dengan proses pemeriksaan bahan berupa aspal dan agregat melalui beberapa pengujian sesuai dengan standar yang ditentukan.

b) Perencanaan Campuran

Pada tahap ini dilakukan penentuan komposisi campuran terlebih dahulu dengan metode *Triall and Error*. Selanjutnya, dilakukan penggabungan agregat dengan perbandingan yang ditentukan untuk masing-masing material. Untuk menentukan kadar aspal optimum (KAO), terlebih dahulu dilakukan penentuan Kadar Aspal Rencana (KAR) berdasarkan jumlah presentasi fraksi campuran.

c) Pembuatan Benda Uji

Tahapan selanjutnya adalah perencanaan KAO. Untuk perencanaan ini, akan dicetak sebanyak 15 sampel yang dibagi menjadi 5 kelompok berdasarkan kadar aspal yang direncanakan, dengan 3 sampel mewakili masing-masing kelompok. Pengujian sampel-sampel ini akan dilakukan menggunakan alat *Marshall Test*. Kemudian dilakukan pembuatan benda uji dengan KAO yang telah ditentukan menggunakan variasi temperatur pencampuran dan pemadatan masing-masing diuji 3 sampel pada pengujian ITS.

d) Pengujian *Marshall Test*

Pengujian Marshall bertujuan untuk mengukur ketahanan (stabilitas) dan kelelahan plastis (*flow*). Stabilitas merujuk pada kemampuan campuran aspal untuk menahan beban, sedangkan *flow* diartikan sebagai perubahan atau deformasi campuran dari kondisi tanpa beban hingga mencapai beban maksimum, yang diukur dalam milimeter (Syarif et al., 2022).

e) Pengujian *Indirect Tensile Strength (ITS)*

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui gaya tarik *asphalt concrete*. Gaya tarik ini merupakan perkiraan potensi retakan pada suatu struktur lapisan. Pengujian dilakukan setelah mendapatkan KAO pada benda uji untuk selanjutnya diuji kuat tariknya (Arifin et al., 2019).



Gambar 1 **Alat *Indirect Tensile Strength***

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pemeriksaan Agregat dan Aspal

Pemeriksaan agregat mencakup pemeriksaan agregat kasar dan agregat halus. Data yang diperoleh pada pemeriksaan karakteristik agregat dan *Filler* serta pemeriksaan aspal (**Tabel 1**) telah memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2018.

Tabel 1 Hasil Karakteristik Sifat Fisik Agregat Halus

Pemeriksaan	Hasil Pemeriksaan	Spesifikasi
Penetrasi pada 25°C (0,1 mm)	61	55-68
Titik Lembek (°C)	52	≥ 49
Daktilitas pada 25°C (cm)	146	≥ 100
Titik Nyala (°C)	270	≥ 232
Titik Bakar (°C)	275	≥ 200
Berat Jenis	1,030	≥ 1.0

Sumber : (PUPR, 2018)

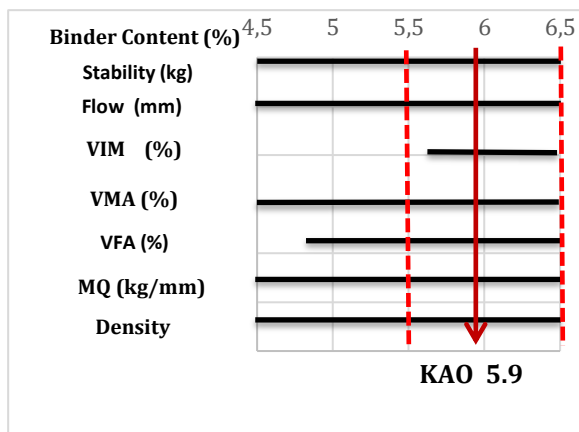
B. Hasil Pengujian Marshall

Hasil rekapitulasi karakteristik Marshall yang tercantum dalam **Tabel 4** dan digambarkan secara grafis pada **Gambar 2** menunjukkan bahwa dengan komposisi campuran AC-WC dengan campuran aspal minyak pen 60/70 didapat KAO yaitu 5,9%.

Tabel 2 Rekapitulasi Pengujian Karakteristik Marshall Campuran AC-WC

Sifat-sifat Campuran	Hasil Pengujian					Spesifikasi
Kadar Aspal (%)	4,5	5	5,5	6	6,5	
Stabilitas (kg)	1198,46	1260,91	1293,42	1268,79	1196,88	800-1800 kg
Flow (mm)	3,17	2,80	2,70	2,80	3,20	2-4 mm
VIM (%)	6,32	5,74	5,35	4,34	4,14	3-5%
VMA (%)	15,99	16,46	16,66	16,31	16,67	≥ 15%
VFA (%)	60,47	65,19	68,04	73,44	75,41	≥ 63%
Density	2,25	2,26	2,26	2,27	2,25	≥ 2.2 kg/mm ³
MQ; kg/mm	381,25	454,96	483,28	460,74	395,18	Min. 250 kg/mm

Sumber : (PUPR, 2018)



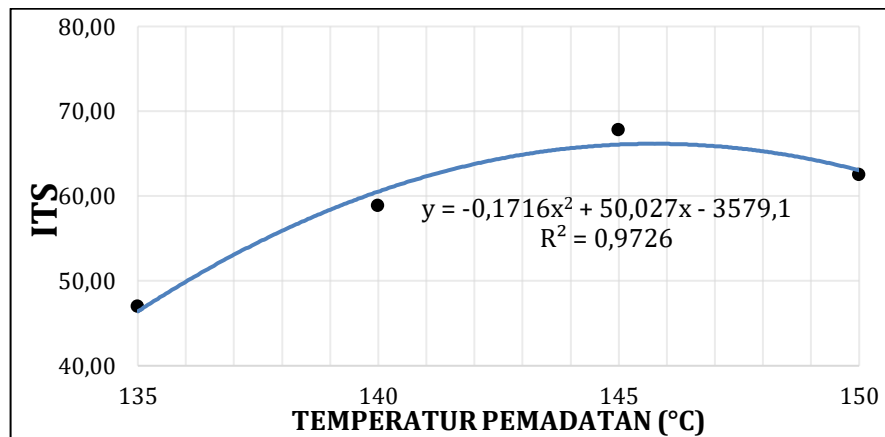
Gambar 2 Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

C. Hubungan Temperatur Pencampuran dan pemadatan Campuran AC-WC dengan Alat ITS (*Indirect Tensile Strength*)

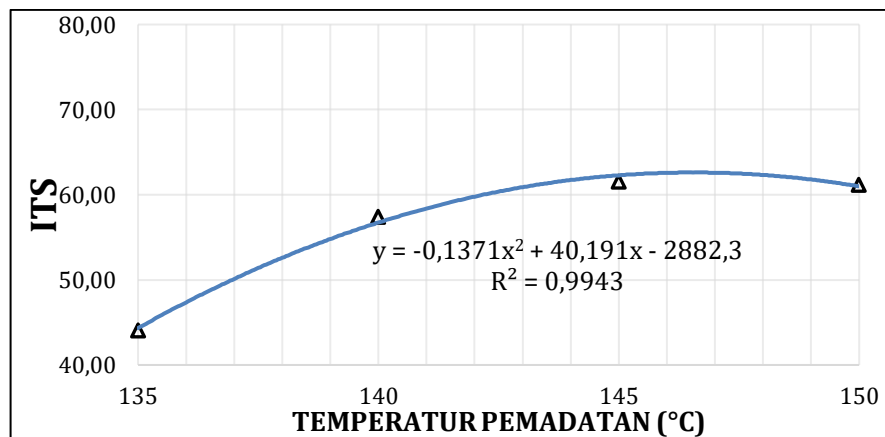
Dari data yang dihasilkan serta ketiga tampilan grafik pada **Gambar 3**, **Gambar 4** dan **Gambar 5** relatif menunjukkan hubungan yang sama, yaitu nilai ITS mengalami peningkatan seiring dengan kenaikan temperatur pemadatan hingga mencapai temperatur pemadatan optimum. Setelah nilai temperatur pemadatan melewati optimum maka nilai ITS akan menurun. Penjelasan dari fenomena ini berkaitan dengan perubahan viskositas aspal dalam campuran AC-WC akibat peningkatan temperatur pemadatan. Kelacakan campuran AC-WC dalam proses pemadatan yang lebih baik akan meningkatkan kepadatan dan mengakibatkan peningkatan nilai ITS.

Tabel 3 Variasi Nilai ITS pada Temperatur Pencampuran terhadap Temperatur Pemadatan

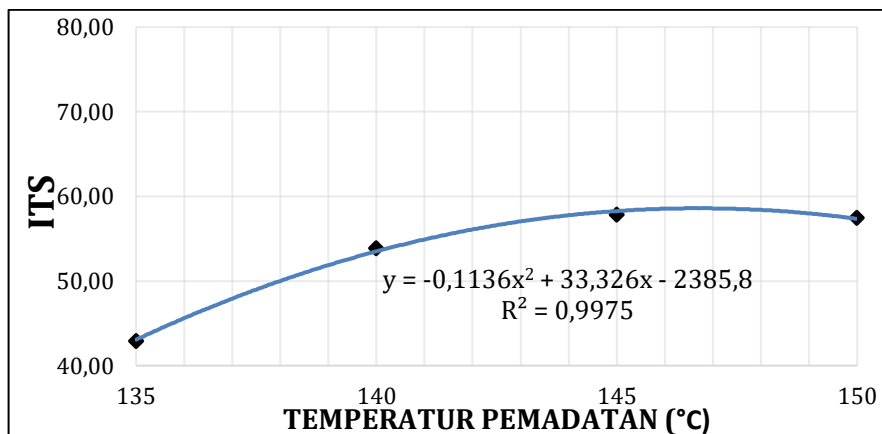
Temperatur Pemadatan	Nilai ITS pada Temperatur Pencampuran (kPa)		
	145°C	150 °C	155 °C
135 °C	46,97	44,09	42,93
140 °C	58,84	57,45	53,91
145 °C	67,78	61,57	57,86
150 °C	62,48	61,22	57,49



Gambar 3 Grafik Variasi Nilai ITS pada Temperatur Pencampuran 145°C terhadap Temperatur Pemadatan

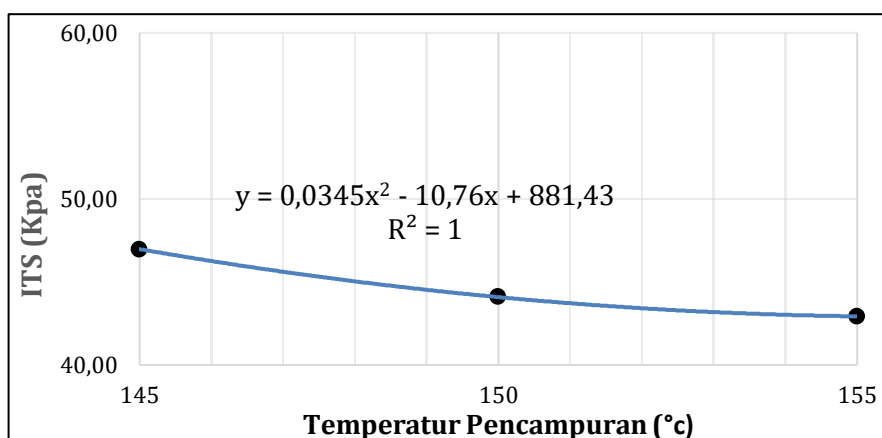


Gambar 4 Grafik Variasi Nilai ITS pada Temperatur Pencampuran 150°C terhadap Temperatur Pemadatan

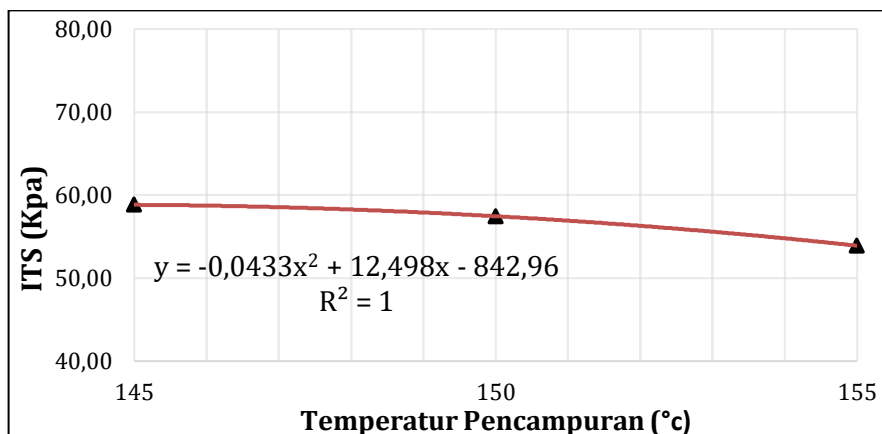


Gambar 5 Grafik Variasi Nilai ITS pada Temperatur Pencampuran 155°C terhadap Temperatur Pemadatan

Untuk hubungan variasi temperatur pencampuran terhadap nilai ITS dengan berbagai kondisi temperatur pemadatan dapat dilihat pada grafik yang di sajikan dalam **Gambar 6**, **Gambar 7**, **Gambar 8** dan **Gambar 9**.



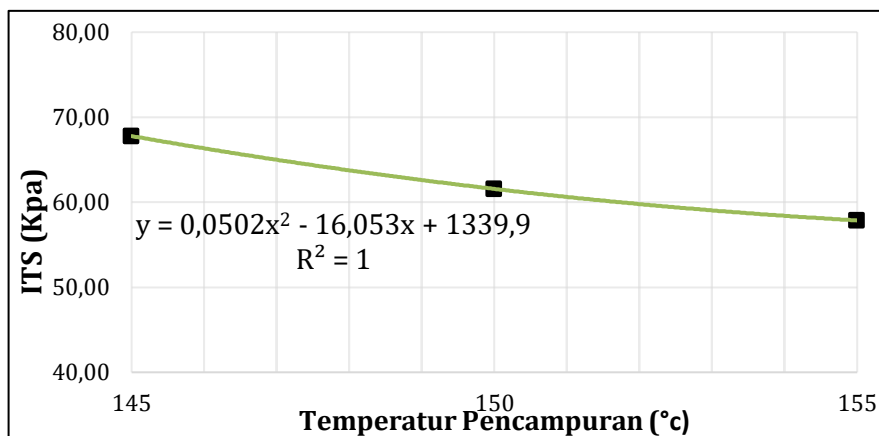
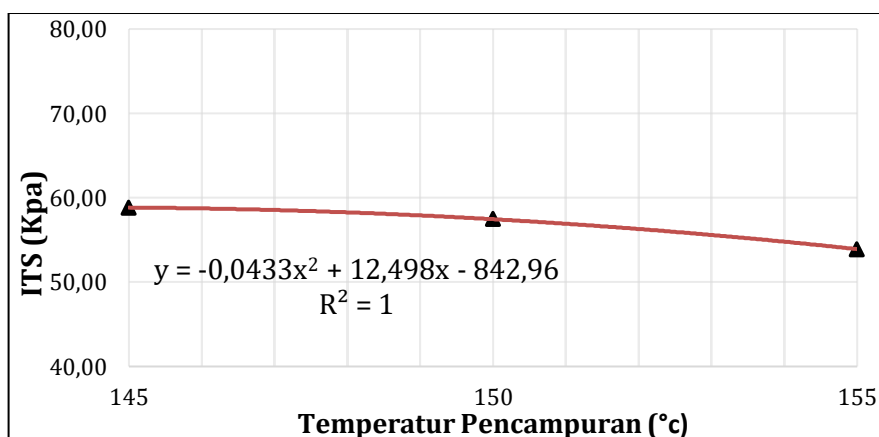
Gambar 6 Variasi Nilai ITS pada Temperatur Pemadatan 135°C terhadap Temperatur Pencampuran



Gambar 7 Variasi Nilai ITS pada Temperatur Pemadatan 140°C terhadap Temperatur Pencampuran

Tabel 4 Variasi Nilai ITS pada Temperatur Pencampuran terhadap Temperatur Pemadatan

Temperatur Pencampuran	Nilai ITS pada Temperatur Pemadatan (kPa)			
	135°C	140 °C	145 °C	150 °C
145 °C	46,97	58,84	67,78	62,48
150 °C	44,09	57,45	61,57	61,22
155 °C	42,93	53,91	57,86	57,49

**Gambar 8 Variasi Nilai ITS pada Temperatur Pemadatan 145°C terhadap Temperatur Pencampuran****Gambar 9 Variasi Nilai ITS pada Temperatur Pemadatan 150°C terhadap Temperatur Pencampuran**

Terlihat pada **Gambar 6**, **Gambar 7**, **Gambar 8** dan **Gambar 9** tersebut diatas ada kecenderungan penurunan nilai ITS seiring dengan peningkatan temperatur pencampuran pada setiap kondisi temperatur pemadatan. Interpretasi dari fenomena ini disebabkan oleh 3 hal yaitu:

1. temperatur yang lebih tinggi mengakibatkan penurunan nilai viskositas aspal dalam campuran AC-WC yang berakibat pada penurunan kinerja daya lekatnya (adhesi), karena pengujian ITS dilakukan sesaat setelah sampel/briket dipadatkan maka kemampuan adhesi aspal dengan agregat belum sempat mengalami peningkatan sehingga nilai ITS akan relatif menurun dengan peningkatan temperatur pencampuran.
2. Akibat penurunan nilai viskositas aspal (semakin encer) dalam campuran AC-WC karena peningkatan temperatur pencampuran menyebabkan aspal akan lebih banyak di

absorpsi oleh agregat. Hal ini berdampak pada berkurangnya kuantitas aspal dalam campuran yang berfungsi sebagai perekat antar agregat (cementing).

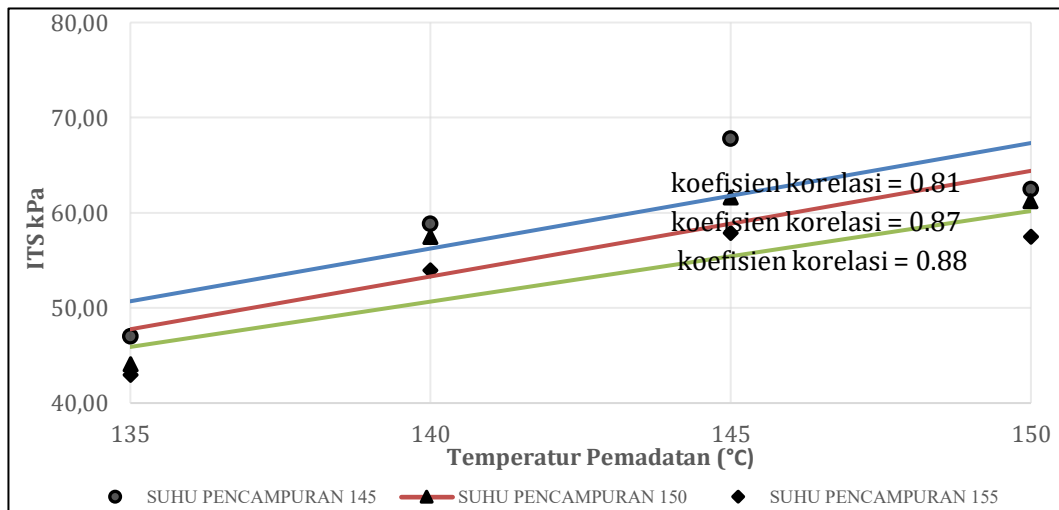
3. Temperatur pencampuran yang lebih tinggi berpeluang terhadap penguapan resin pada material aspal dalam campuran. Semakin banyak kuantitas resin yang hilang maka akan menurunkan kinerja daya lekat antara aspal dengan agregat dan agregat dengan agregat. Penurunan kemampuan daya lekat ini akan menyebabkan penurunan nilai ITS campuran AC-WC.

D. Korelasi antara Temperatur Pencampuran dan pepadatan Campuran AC-WC terhadap Nilai Kuat Tarik Tidak Langsung atau ITS (*Indirect Tensile Strength*)

Tabel 5 Tabel Matriks Nilai Korelasi antara Temperatur Pencampuran dan Pepadatan

		Temperatur Pencampuran			
		145	150	155	Koefisien Korelasi
Temperatur Pepadatan	135	46.97	44.09	42.93	-0.97
	140	58.84	57.45	53.91	-0.97
	145	67.78	61.57	57.86	-0.99
	150	62.48	61.22	57.49	-0.96
	Koefisien Korelasi	0.81	0.87	0.88	

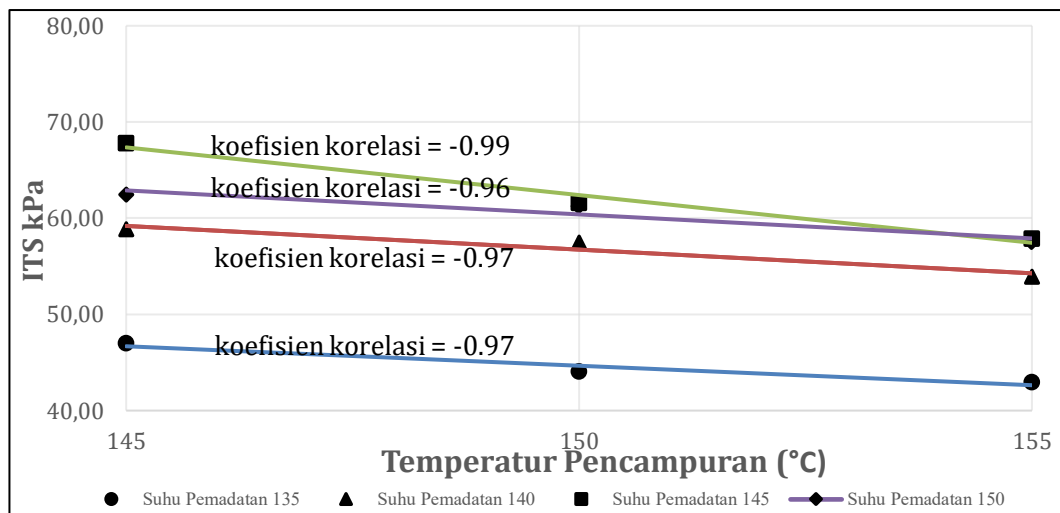
Adapun 2 variabel, yakni temperatur pencampuran dan pepadatan pada campuran AC-WC terhadap nilai kuat tarik tidak langsung dapat dilihat pada **Tabel 5**.



Gambar 10 Nilai Korelasi Temperatur Pepadatan terhadap Nilai ITS Temperatur pencampuran

Pada **Gambar 10**, grafik menunjukkan antara temperatur pepadatan dan nilai ITS pada masing-masing temperatur pencampuran tertentu menghasilkan koefisien korelasi yang rendah apabila temperatur pencampuran tidak mencapai temperatur pencampuran optimum (yang dipersyaratkan dalam spesifikasi bina marga 2018) dan dapat dilihat bahwa semakin mendekati temperatur pencampuran optimum, maka nilai koefisien korelasinya semakin besar. Hal ini memperlihatkan bahwa korelasi terbaik antara temperatur pepadatan dan nilai ITS terjadi pada temperatur pencampuran 155°C dengan nilai koefisien korelasi yaitu 0,88.

Pada **Gambar 11**, grafik menunjukkan korelasi antara temperatur pencampuran dan nilai ITS pada temperatur pemadatan tertentu berkorelasi negatif. Apabila benda uji dipadatkan dibawah suhu optimum maka nilai koefisien korelasinya juga rendah dan jika mencapai suhu optimum koefisien korelasinya meningkat sedangkan apabila suhu pemadatan diatas suhu optimum maka nilai koefisien korelasinya cenderung mengalami penurunan kembali. Hal ini menunjukkan bahwa korelasi terbaik antara temperatur pencampuran dan nilai ITS temperatur pemadatan terjadi pada temperatur 145°C, yaitu sesuai yang dipersyaratkan dalam spesifikasi Bina Marga 2018 dengan nilai koefisien korelasi yaitu : -0,99.



Gambar 11 Nilai korelasi Temperatur Pencampuran terhadap Nilai ITS Temperatur Pemadatan

Analisa multivariant dengan metode regresi linear berganda dilakukan untuk mengetahui pengaruh dari masing-masing variabel, yaitu temperatur pencampuran (X_1) dan temperatur pemadatan (X_2) secara bersama-sama terhadap nilai ITS campuran AC-WC. Pada metode regresi dengan bantuan aplikasi Microsoft Excel untuk menentukan hubungan/pengaruh gabungan temperatur pencampuran dan temperatur pemadatan terhadap nilai ITS, diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$ITS = -0,597 X_1 + 1,057 X_2 - 5,064 \quad (1)$$

Dimana : X_1 = Variabel Temperatur Pencampuran
 X_2 = Variabel Temperatur Pemadatan

4. PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut:

- 1) Perubahan nilai ITS akan semakin turun apabila variasi temperatur pencampuran semakin tinggi pada temperatur pemadatan tertentu, Sedangkan perubahan nilai ITS akan semakin tinggi jika adanya peningkatan temperatur pemadatan hingga mencapai temperatur pemadatan yang dianjurkan dalam spesifikasi Bina Marga 2018 dan mengalami penurunan jika melewati temperatur pemadatan tersebut.
- 2) Korelasi antara nilai ITS dan temperatur pencampuran pada kondisi temperatur pemadatan tertentu, dan antara nilai ITS dengan temperatur pemadatan pada kondisi

temperatur pencampuran tertentu cukup kuat berdasarkan nilai koefisien korelasi melebihi 0,5. Korelasi negatif terjadi terhadap nilai ITS dan temperatur pencampuran pada temperatur pemadatan tertentu dan korelasi positif terjadi terhadap nilai ITS dengan temperatur pemadatan pada kondisi temperatur pencampuran tertentu. Pengaruh variasi temperatur pencampuran dan pemadatan berdasarkan hasil regresi linear berganda menunjukkan bahwa temperatur pemadatan lebih dominan mempengaruhi nilai ITS campuran AC-WC.

B. Saran

- 1) Peneliti berharap agar penelitian ini lebih dikembangkan lagi untuk meneliti lebih mendalam terhadap korelasi temperatur pencampuran dan pemadatan terhadap nilai ITS campuran aspal AC-WC (*Asphalt concrete wearing course*) dengan menggunakan metode lain.
- 2) Peneliti menyarankan agar selanjutnya melakukan penelitian dengan menggunakan temperatur lebih bervariasi supaya dapat mengetahui lebih luas korelasi antara dan kuat tarik tidak langsung dengan jenis variasi temperatur yang berbeda.

5. 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* [Universitas Sebelas Maret]. <https://core.ac.uk/download/pdf/12348967.pdf>
- Amrin, M. A., Gaus, A., & Darwis, M. (2017). Studi Kuat Tarik Tidak Langsung Pada Campuran Asphalt Concrete Menggunakan Asbuton. *Jurnal Sipil Sains*, 7(14), 1–12. <http://ejournal.unkhair.ac.id/index.php/sipils/article/view/499>
- Annisa, H., & Yunus, I. (2023). Analisis Penggunaan Serat Jute Pada Campuran Laston AC-WC Terhadap Peningkatan Kuat Tarik Tidak Langsung. *Jurnal Teknik Sipil Universitas Lamappapoleonro (JTEKSIL)*, 1(2), 38–48. <https://doi.org/10.57093/jteksil.v1i2>
- Ansyori Alamsyah, A. (2015). Korelasi Antara Temperatur Pemadatan Pada Campuran Aspal Beton Hasil Daur Ulang Terhadap Stabilitas Marshall. *Jurnal Media Teknik Sipil*, 13(1), 21. <https://doi.org/10.22219/jmts.v13i1.2539>
- Arifin, W., Rahman, S., & Yasser, M. (2019). Analisis Indirect Tensile Strenght Test pada Lapisan Aspal (AC-WC) dengan Menggunakan Serat Jute. *Jurnal Teknik Sipil MACCA*, 4(2), 202–215. <https://doi.org/10.33096/jtsm.v4i2.375>
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2018). Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 (Revisi 2) Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan Dan Jembatan. In *Edaran Dirjen Bina Marga Nomor 02/SE/Db/2018* (Issue Revisi 2). https://binamarga.pu.go.id/uploads/files/425/preview_425-1-5.pdf
- Lagaligo, D., Said, L. B., & Alifuddin, A. (2022). Pengaruh Temperatur Pemadatan pada Campuran Beton Aspal (AC-WC) dengan Bahan Tambah Karet Alam terhadap Ketahanan Deformasi dan Kuat Tarik Tidak Langsung. *Konstruksi*, 1(11), 23–36. <https://pasca-umi.ac.id/index.php/kons/article/view/1230>
- Magfirah, P. W., Yusuf, A. A. M., Massara, A., & Alifuddin, A. (2023). Analisis Penggunaan Serbuk Pelepah Batang Pisang pada Campuran (Ac-Wc) dengan Menggunakan Pengujian Marshall Test dan Indirect Tensile Strength. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Sipil*, 5(1), 22–33. <https://repository.umi.ac.id/5953/1/608-Article>

Text-1148-2-10-20230313.pdf

- Manik, M. B. P. (2021). *Pengaruh Suhu Perendaman terhadap Nilai Kuat Tarik Tidak Langsung Campuran AC-WC yang Menggunakan Batu Sakartemen sebagai Agregat Kasar* (Vol. 4, Issue 1) [Universitas Hasanuddin]. https://repository.unhas.ac.id/id/eprint/14474/2/D012181037_tesis_bab_1-2.pdf
- Massara, A., Afif, A., & S, I. F. A. (2024). *Pengaruh Temperatur Pemadatan Terhadap Karakteristik Mekanis Aspal AC-BC dengan Menguntukkan Serbuk Arang Tempurung Kelapa sebagai Substitusi Filler*. 9(2), 119–128. <https://doi.org/https://doi.org/10.33096/jtsm.v9i2.803>
- Muhammad, F., Badaron, S. F., Arifin, W., & Alifuddin, A. (2019). Analisis Kuat Tarik Tidak Langsung terhadap Campuran Aspal Beton dengan Menggunakan Abu Batu Kapur pada Filler. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Sipil*, 1(4), 499–509. <https://jurnal.ft.umi.ac.id/index.php/JILMATEKS/article/view/485>
- Nursalam. (2020). BAB IV Metode Penelitian. In *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952.
- Pareira, R. G., Nainggolan, T. H., & Santosa, A. A. (2019). Pengaruh Variasi Temperatur Pada Proses Pemadatan Berdasarkan Uji Marshall Pada Campuran Lapis Beton (AC-WC). *Concept and Communication*, 217–224. <https://ejournal.itn.ac.id/index.php/gelagar/article/view/3552>
- PUPR, K. (2018). Spesifikasi Umum Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan Revisi 1. In *Edaran Dirjen Bina Marga Nomor 02/SE/Db/2018* (Issue September).
- Raya, S. E., Priyo, P., & Dwi, H. (2015). Variasi Temperatur Pencampuran Terhadap Parameter Marshall pada Campuran Lapis Aspal Beton. *Jrsdd*, 3(3), 455–468. <https://www.neliti.com/publications/128420/variati-temperatur-pencampuran-terhadap-parameter-marshall-pada-campuran-lapis-a>
- Saroan, I., Alpius, & Fitrian, E. B. (2023). Pengaruh Temperatur Pencampuran Terhadap Campuran Ac-Bc Yang Menggunakan Batu Gunung Kongkang Kesu'. *Paulus Civil Engineering Journal*, 5(2), 264–274. <https://doi.org/10.52722/pcej.v5i2.635>
- Sentosa, L., Alwinda, Y., Elianora, & Susilo, J. (2013). Pengaruh Variasi Suhu Pencampuran dan Pemadatan Campuran Beraspal Panas Menggunakan Aspal Retona Blend 55. *FSTPT Internasional Symposium, UMS Surakarta, April*. https://www.researchgate.net/profile/Leo-Sentosa/publication/369907252_Pengaruh_Suhu_Pemadatan_Aspal_Retona_-_Leo_Sentosa/links/6432de67609c170a1304d14f/Pengaruh-Suhu-Pemadatan-Aspal-Retona-Leo-Sentosa.pdf
- Sukirman, S. (2016). Beton Aspal Campuran Panas. In *Institut Teknologi Nasional* (3rd ed.). Institut Teknologi Nasional. <https://ebook.itenas.ac.id/repository/9df74dd5f5afcf366e0fffb21e5a8a92.pdf>
- Syarif, M., Maryam H, S., & Massara, A. (2022). Studi Experimental Campuran Split Mastic Asphalt (SMA) Dengan Substitusi Polimer Elvaloy Terhadap Nilai Durabilitas Dengan Modulus Elastisitas. *Jurnal Konstruksi*, 1(7), 11–21. <http://pasca-umi.ac.id/index.php/kons/article/view/1131>