

# PENGARUH PENGGUNAAN SERBUK BAN KARET SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT HALUS PADA CAMPURAN LASTON (AC-WC) TERHADAP KINERJA PERKERASAN JALAN RAYA

Muhammad Rezki Fadhilah<sup>1</sup>, Berlian Kushari<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia

Email: rezkifadh01@yahoo.com

<sup>2</sup> Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia  
Email: bkushari@uii.ac.id

**Abstract:** *The increase in the number of motorized vehicles and cars has caused the need for vehicle tires to increase. Periodically, the tires of these vehicles will be replaced with new ones because they are not suitable for use and waste of used tires is even increasing every year. This problem is getting bigger because tires cannot be decomposed easily if they are left just like that. One of the materials that is expected to be substitute for fine aggregates is rubber powder. Generally, road pavement damage in the wear layer is cracks and permanent deformations. The purpose of this study was to analyze the characteristics of the mixture of AC-WC which containing granules / used tire powder and compare it with the laston mixture without used tire powder. The research stage starts from examining the physical properties of the material, determining optimum bitumen content, conducting Marshall test, ITS, and Cantabro. The standard used in the examination of physical material properties refers to Bina Marga 2010. The results showed due to the use of rubber powder levels as replacement of fine aggregates No. 30 towards the characteristics of Marshall testing, namely decreasing value of stability, MQ, VFWA, and an increasing value of flow, VITM, and VMA. ITS values experienced the largest increase at 100% rubber powder levels of 33.67%. Cantabro values experienced the largest decline in 100% rubber powder levels of 3.1996%. Based on the results of ITS, Cantabro and marshall test showed the increase in percentage of rubber powder increased flow value and decreased value of MQ but it was still above the standard. Overall, it indicated that the mixture of the used tires was stronger and resistant to the flexibility, fatigue and crack, and it proposed using 25-75% of rubber powder, because related to the specifications of Bina marga.*

**Keywords:** *crumb rubber, AC-WC layer, Marshall, ITS, Cantabro*

## 1. PENDAHULUAN

Peningkatan jumlah kendaraan bermotor sepanjang tahun mencapai 10 juta unit. Hal ini mengakibatkan populasi kendaraan bermotor yang tercatat pada tahun 2016 naik sebesar 8,3% menjadi 105,2 juta unit dibandingkan periode tahun 2015 hanya 98,8 juta unit. Menurut data terakhir Korps Lalu Lintas Kepolisian Republik Indonesia, pertambahan terbanyak adalah mobil pribadi dan sepeda motor. Sepeda motor baru yang dibeli konsumen pada tahun 2016 mencapai 8.551.047 unit, sedangkan mobil pribadi baru yang dicatat kepolisian mencapai 984.314 unit.

Peningkatan jumlah kendaraan bermotor yang pesat ini mengakibatkan kebutuhan

akan ban kendaraan menjadi semakin meningkat. Secara berkala ban-ban kendaraan ini akan diganti dengan yang baru karena sudah tidak layak pakai dan limbah ban bekas pun menjadi bertambah setiap tahunnya. Masalah ini menjadi semakin besar karena ban tidak dapat terurai dengan mudah apabila hanya dibiarkan begitu saja.

Kerusakan perkerasan jalan pada lapisan aus umumnya adalah retak dan deformasi permanen. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis karakteristik campuran laston AC-WC yang mengandung butiran/serbuk ban bekas dan membandingkan dengan campuran laston tanpa serbuk ban bekas, Lapis Aus (AC-WC) merupakan lapisan permukaan yang

bersentuhan langsung dengan roda kendaraan, dengan gradasi menerus yang mengandalkan ikatan saling mengunci (*interlocking*) antara butiran agregat. Namun kelemahannya dalam hal kelenturan, keawetan dan rentan terhadap retak kelelahan (*fatigue cracking*). Sehingga penggunaan serbuk ban bekas diharapkan dapat mengatasi kelemahan yang ada.

## 2. LASTON AC-WC

Laston sebagai lapis aus (*Wearing Course*) adalah lapisan perkerasan yang berhubungan langsung dengan ban kendaraan yang merupakan lapisan yang kedap air, tahan terhadap cuaca, dan mempunyai kekesatan yang disyaratkan dengan tebal nominal minimum 40 mm dan ukuran maksimum agregat masing-masing campuran adalah 19 mm (Bina Marga, 2010). Lapisan-lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkannya ke lapisan dibawahnya berupa muatan kendaraan (gaya *vertikal*), gaya rem (*Horizontal*) dan pukulan Roda kendaraan (getaran).

## 3. PENYUSUN CAMPURAN PERKERASAN LASTON (AC-WC)

Adapun beberapa penyusun campuran perkerasan AC-WC dalam penelitian ini yaitu agregat, aspal, filler dan serbuk ban karet.

### a Agregat

Agregat merupakan sekumpulan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lainnya, baik berupa hasil alam atau buatan.

### b Aspal

Aspal merupakan material berwarna hitam atau coklat tua yang berbentuk padat, apabila dipanaskan pada suhu tertentu aspal menjadi lunak/cair sehingga dapat membungkus partikel agregat, namun jika suhu diturunkan aspal akan mengeras dan mengikat agregat pada tempatnya (sifat termoplastis).

### c Bahan Pengisi (*Filler*)

*Filler* adalah mineral agregat yang umumnya lolos saringan no. 200. *Filler* atau bahan pengisi ini akan mengisi rongga antara partikel agregat kasar dalam rangka mengurangi besarnya rongga, meningkatkan

kerapatan dan stabilitas dari massa tersebut. Rongga udara pada agregat kasar diisi dengan partikel yang lolos saringan no. 200, sehingga membuat rongga udara lebih kecil dan kerapatan massanya lebih besar (Sukirman, 2003).

### d Serbuk Ban Karet

Benang yang dipakai pada umumnya seperti polyester, rayon atau nilon. Berdasarkan bahan-bahan penyusun utamanya yaitu karet alam dan karet sintesis, dimana karet memiliki sifat tahan terhadap cuaca, tahan terhadap air, memiliki kestabilan yang cukup, ketahanan yang tinggi, dan memiliki tingkat fleksibilitas dan sifat lentur yang cukup baik serta karet memiliki sifat menyerap getaran sehingga memberikan kenyamanan dalam menggunakan kendaraan (Dwi Ariyanto, 2006).

## 4. METODE PENCAMPURAN DAN HITUNGAN

Adapun metode pencampuran sebagai berikut:

- Panaskan agregat ke 180° C.
- Tambahkan karet ke agregat dan campurkan.

Dalam proses pencampuran metode yang digunakan ialah menggunakan perbandingan berat antara serbuk ban karet dengan agregat halus. Perbandingan berat dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$= \frac{\text{BJ agregat halus}}{\text{BJ serbuk ban karet}} \times \text{berat agregat dalam pencampuran}$$

- Panaskan aspal sampai 180 ° C dan campur.
- Biarkan campuran mendingin ke suhu pemadatan 140 ° C.
- 75 pukulan x 2 dengan *marshall Harmer* adalah kemudahan pemadatan.

## 5. PARAMETER PENGUJIAN MARSHALL

Adapun dasar perhitungan yang menjadi acuan dalam penganalisisan data yaitu mengacu pada SNI 06-2489-1991 dan *The Asphalt Institute* sebagai berikut

- Berat Jenis Aspal

$$BJ = \frac{(C-A)}{(B-A)-(D-C)} \quad (1)$$

b Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat

1) Berat jenis kering

$$Sd = \frac{A}{(B-C)} \quad (2)$$

2) Berat jenis semu

$$Sa = \frac{A}{(A-C)} \quad (3)$$

3) Penyerapan air

$$Sw = \left[ \frac{B-A}{A} \times 100\% \right] \quad (4)$$

4) Berat jenis efektif

$$BJ \text{ efektif} = \frac{Sa+Sd}{2} \quad (5)$$

c Rongga Dalam Agregat (*VMA*)

*Voids in Mineral Aggregate* adalah ruang rongga diantara partikel agregat pada suatu perkerasan, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif (tidak terhadap volume aspal yang diserap agregat).

d Rongga Dalam Campuran (*VITM*)

*Voids in Mix* dalam campuran perkerasan beraspal terdiri atas ruang udara diantara partikel agregat yang terselimuti aspal

e Voids Filled With Asphalt (*VFWA*)

Rongga terisi aspal atau *Voids Filled With Asphalt (VFWA)* adalah persen rongga yang terdapat diantara partikel agregat (*VMA*) yang terisi oleh aspal, tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat

## 6. PENGUJIAN INDIRECT TENSILE STRENGTH

*Indirect tensile strength test* adalah suatu metode untuk mengetahui nilai gaya tarik dari campuran beton aspal. Gaya tarik terkadang digunakan untuk mengevaluasi potensi retakan (*fatigue*) pada campuran beton aspal. Sifat uji ini adalah kegagalan gaya tarik yang berguna untuk memperkirakan potensial retakan (Sunarjono, 2012).

Pengujian kuat tarik tidak langsung (*ITS*) ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan material dalam menerima gaya tarik. Dikatakan tidak langsung karena tidak diuji dengan pembebanan tarik secara langsung. Tetapi dihitung dari pembebanan maksimum dimana dilakukan pembebanan tekan yang dilakukan secara terus menerus dengan laju konstan sampai mencapai beban maksimum (Zachraini, 2012).

Nilai kuat tarik tidak langsung dapat dihitung menggunakan persamaan berikut

$$St = \frac{2 \times P \max}{\pi \times d \times h} \quad (6)$$

## 7. PENGUJIAN CANTABRO

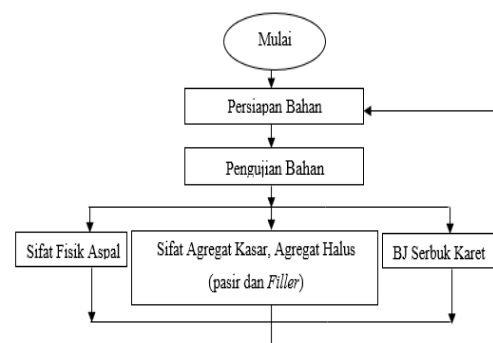
Pengujian ini bertujuan untuk menentukan ketahanan benda uji terhadap keausan dengan menggunakan mesin *Los Angles*. Benda uji yang didiamkan selama 48 jam pada suhu ruang dan minimal 6 jam sebelum pengujian suhu harus dijaga berada pada suhu ruang. Nilai *Cantabro* dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut

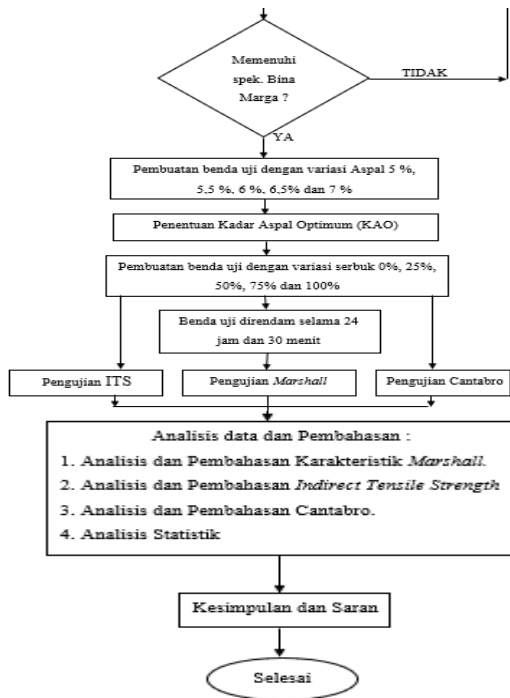
$$L = Mo - Mi \ Mo \times 100\% \quad (7)$$

## 8. ANALISIS STATISTIK

Dalam penelitian ini, data hasil pengujian akan dianalisis menggunakan statistik. Analisis data lebih difokuskan untuk menjawab rumusan masalah dan menguji hipotesis penelitian yang diajukan (sugiyono, 2010). Analisis statistik yang digunakan yaitu *T-test* dan ANOVA satu arah.

## 9. METODE PENELITIAN





**Gambar 1 Bagan Alir (Flowchart) Pelaksanaan Penelitian**

**10. ANALISIS DAN PEMBAHASAN**  
Seluruh pengujian dilakukan dilaboratorium Jalan Raya, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia yang mengacu pada SNI dan Bina Marga 2010

a. Sifat Fisik Material

Pengujian sifat fisik material terdiri dari pengujian agregat kasar dan agregat halus dan pengujian aspal dapat dilihat pada tabel 1, tabel 2 dan tabel 3 berikut

**Tabel 1 Hasil Pengujian Agregat Kasar**

No	Jenis Pengujian	Nilai Persyaratan	Hasil	Keterangan
1	Berat Jenis	> 2,5	2,695	Memenuhi
2	Penyerapan Agregat Terhadap Air (%)	<3	2,166	Memenuhi
3	Kelekatan Agregat Terhadap Aspal (%)	>95	98	Memenuhi
4	Keausan dengan Mesin Los Angeles	<40	11,91	Memenuhi

**Tabel 2 Hasil Pengujian Agregat Halus**

	Jenis Pengujian	Nilai Persyaratan	Hasil	Keterangan
1	Berat Jenis	> 2,5	2,627	Memenuhi
2	Penyerapan Agregat Terhadap Air (%)	<3	2,349	Memenuhi
3	Sand Equivalent (%)	>50	91,28	Memenuhi

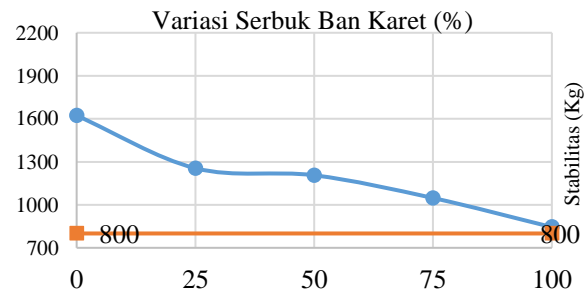
**Tabel 3 Hasil Pengujian Aspal pen 60/70**

	Jenis Pengujian	Nilai Persyaratan	Hasil	Keterangan
1	Berat Jenis	> 1,0	1,061	Memenuhi
2	Penetrasi (0,1 mm)	60 – 70	61,5	Memenuhi
3	Daktilitas (cm)	> 100	164	Memenuhi
4	Titik Nyala ©	> 232	270	Memenuhi
5	Kelarutan TCE (%)	> 99	99,2	Memenuhi
6	Titik Lembek ©	> 48	48,1	Memenuhi

b. Hasil pengujian karakteristik *marshall*  
Pembahasan dari hasil pengujian marshall adalah sebagai berikut:

1) Nilai Stabilitas

Analisis pengaruh penambahan serbuk ban karet terhadap nilai stabilitas dapat dilihat pada gambar 2 berikut

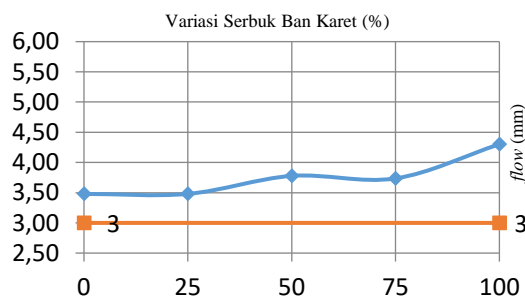


**Gambar 2 Pengaruh Kadar Serbuk Ban Karet terhadap Stabilitas**

Berdasarkan grafik stabilitas dalam Gambar 2 dapat dilihat bahwa nilai *stabilitas* pada campuran menggunakan serbuk ban karet cenderung menurun, dan sebaliknya terjadi pada campuran tanpa serbuk karet. Menurunnya nilai stabilitas dapat disebabkan

karena bertambahnya kadar karet akan menyebabkan bertambah tebalnya selimut aspal, sehingga apabila telah mencapai kondisi optimum, gesekan internal antar butiran agregat akan berkurang dan Karena fungsi aspal adalah sebagai bahan ikat, maka dapat dikatakan bahwa ikatan antar butiran agregat pada campuran menggunakan serbuk ban karet lebih tidak stabil dari pada campuran tanpa serbuk karet.

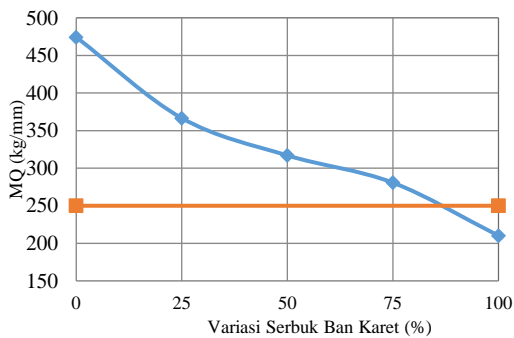
2) Nilai *Flow*



**Gambar 3 Pengaruh Kadar Serbuk Ban Karet terhadap *Flow***

Berdasarkan grafik *flow* dalam Gambar 3 dapat dilihat bahwa nilai *Flow* pada campuran menggunakan serbuk ban karet Pada umumnya cenderung , meningkat sejalan dengan bertambahnya kadar karet. Hal ini disebabkan oleh semakin meningkatnya kadar karet maka campuran akan semakin bersifat elastis, sehingga akan semakin sulit mengalami deformasi saat menerima beban.

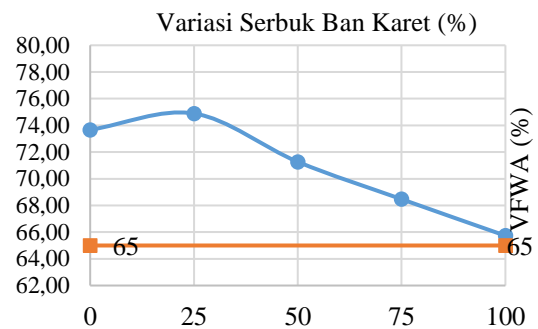
3) Nilai *MQ*



**Gambar 4 Pengaruh Kadar Serbuk Ban Karet terhadap *MQ***

Nilai *MQ* yang rendah pada campuran menggunakan serbuk ban karet dengan kadar karet 100% terjadi karena nilai stabilitas yang rendah namun tidak diiringi dengan *flow* yang rendah juga. Sehingga campuran pada kadar aspal tersebut dapat dikatakan cenderung bersifat elastis. Sebaliknya terjadi pada kadar karet 0% yang nilai stabilitasnya tinggi namun dengan nilai *flow* yang rendah sehingga campurannya bersifat lebih kaku.

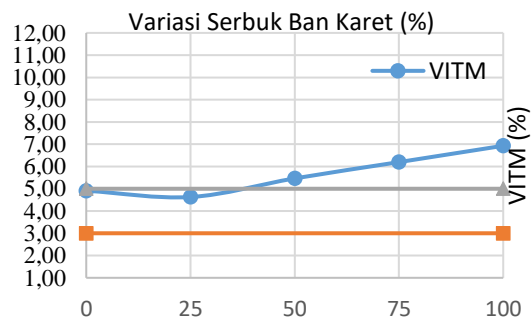
4) Nilai *VFWA*



**Gambar 5 Pengaruh Kadar Serbuk Ban Karet terhadap *VFWA***

Grafik pada Gambar 5 menunjukkan bahwa semakin bertambahnya kadar karet diikuti dengan menurun persentase rongga yang terisi aspal. Berdasarkan grafik pada Gambar 5 dapat dilihat bahwa nilai *VITM* pada campuran AC-WC terhadap serbuk ban karet semakin naik seiring dengan bertambahnya kadar serbuk ban karet. Hal ini disebabkan karena rongga-rongga yang ada sudah terisi oleh serbuk ban karet sehingga aspal tidak dapat masuk atau susah masuk.

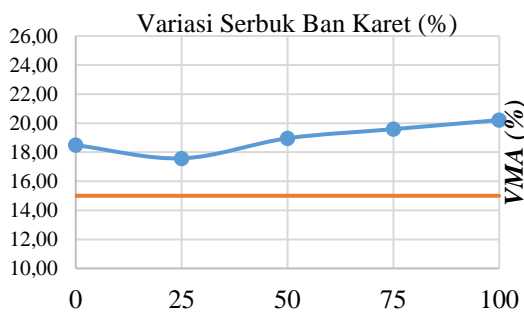
5) Nilai *VITM*



**Gambar 6 Pengaruh Kadar Serbuk Ban Karet terhadap VITM**

Berdasarkan grafik pada Gambar 6 dapat dilihat bahwa nilai *VITM* pada campuran AC-WC terhadap serbuk ban karet semakin naik seiring dengan bertambahnya kadar serbuk ban karet. Hal ini disebabkan karena semakin banyak kadar karet yang digunakan maka jumlah rongga yang terisi aspal (*VFWA*) akan bertambah sedikit, sehingga jumlah *VITM* bertambah.

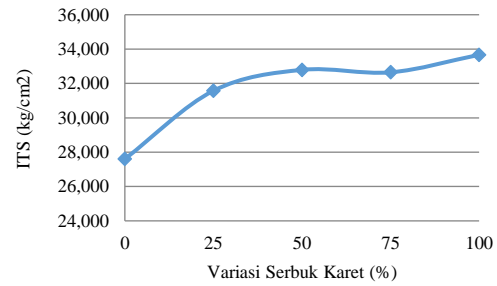
6). Nilai *VMA*



**Gambar 7 Pengaruh Kadar Serbuk Ban Karet terhadap VMA**

Grafik pada Gambar 7 menunjukkan bahwa nilai *VMA* pada campuran AC-WC dengan mengganti agregat halus no.30 dengan serbuk ban karet cenderung semakin meningkat seiring dengan bertambahnya kadar karet. Nilai *VMA* pada campuran AC-WC dengan kadar karet semakin bertambah maka cenderung lebih tinggi dari pada tanpa menggunakan kadar karet dapat disebabkan karena pada kadar aspal yang sama, serbuk ban karet bersifat mengikat seperti halnya sifat aspal sehingga aspal lebih sulit mengisi rongga antar butiran agregat. Hal ini mengakibatkan aspal yang menyelimuti agregat (*VMA*) akan semakin besar. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa semua nilai *VMA* memenuhi spesifikasi *AASHTO* yaitu minimum 15%.

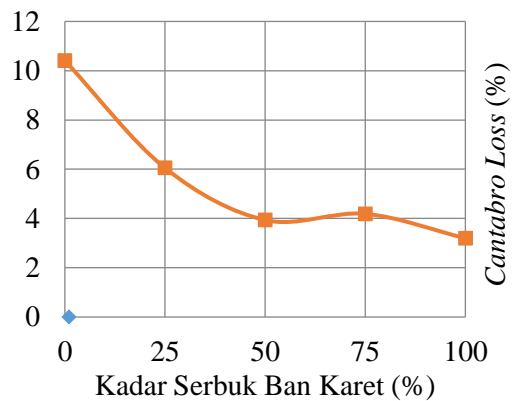
d. Nilai *ITS*



**Gambar 8 Hubungan Variasi Serbuk ban Karet dengan Nilai ITS**

Dari grafik dalam Gambar 8 dapat dilihat bahwa nilai stabilitas *ITS* pada campuran AC-WC yang menggunakan serbuk ban karet cenderung mengalami kenaikan seiring dengan bertambahnya kadar serbuk ban karet dalam campuran. Kenaikan nilai *ITS* pada campuran menggunakan serbuk ban karet terlihat lebih tinggi dari pada campuran tanpa serbuk karet, dengan nilai sebesar 27,602%. Nilai *ITS* pada campuran menggunakan serbuk ban karet terlihat meningkat dan memiliki nilai yang lebih tinggi dari pada campuran tanpa serbuk karet.

e. Nilai *Cantabro*



**Gambar 9 Hubungan Variasi Serbuk ban Karet dengan Nilai Cantabro**

Dari grafik dalam Gambar 9 dapat dilihat bahwa nilai *Cantabro* pada campuran AC-WC yang menggunakan serbuk ban karet cenderung mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya kadar serbuk ban karet dalam campuran. Penurunan nilai *Cantabro* pada campuran menggunakan serbuk ban karet terlihat lebih rendah dari pada campuran tanpa serbuk karet, dengan nilai

sebesar 10,409% dan 3,199 % menggunakan 100% serbuk karet. Hal ini menandakan bahwasannya campuran menggunakan serbuk ban karet memiliki tingkat keausan yang lebih bagus dari pada campuran tanpa serbuk ban karet.

f. Signifikansi dengan Anova Satu Arah dan T-test

Hasil rekapitulasi analisis menggunakan ANOVA satu arah dan T-test dapat dilihat pada Tabel 4 Berikut

T-test		
Parameter	Hasil analisis	Keterangan
Stabilitas	Pengaruh Signifikan	Ha diterima
Flow	Pengaruh Signifikan	Ha diterima
MQ	Pengaruh Signifikan	Ha diterima
VITM	Pengaruh Signifikan	Ha diterima
VFWA	Pengaruh Signifikan	Ha diterima
VMA	Pengaruh Signifikan	Ha diterima
ITS	Pengaruh Signifikan	Ha diterima
Cantabro	Pengaruh Signifikan	Ha diterima

**11. KESIMPULAN DAN SARAN**

Berdasarkan hasil analisis dari kinerja campuran AC-WC dengan menggunakan serbuk ban karet sebagai pengganti agregat halus dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Penurunan stabilitas terbesar pada kadar serbuk ban karet 100% sebesar 844,60kg, nilai MQ mengalami penurunan terbesar pada kadar serbuk ban karet 100% sebesar 210,20kg/mm, nilai VFWA mengalami penurunan terbesar pada kadar serbuk ban karet 100% sebesar 65,74%, nilai flow mengalami peningkatan terbesar pada kadar serbuk ban karet 100% sebesar 4,30%, nilai VITM mengalami peningkatan terbesar pada kadar serbuk ban karet 100% sebesar 6,93%, nilai VMA mengalami peningkatan terbesar pada kadar ban karet 100% sebesar 20,21%.
2. Nilai kuat tarik langsung atau ITS pada campuran AC-WC yang menggunakan kadar serbuk ban karet sebagai pengganti

agregat halus no.30 mengalami peningkatan dari kadar serbuk ban karet 0 % -100 %. Nilai ITS mengalami peningkatan terbesar pada kadar serbuk ban karet 100% sebesar 33,667 %

3. Nilai Cantabro pada campuran AC-WC yang menggunakan kadar serbuk ban karet sebagai pengganti agregat halus no.30 mengalami persentase kehilangan berat yang menurun dari kadar serbuk ban karet 0 % -100 %. nilai Cantabro mengalami penurunan terbesar pada kadar serbuk ban karet 100% sebesar 3,1996 %
4. Berdasarkan hasil pengujian ITS, Cantabro dan Marshall yang menunjukkan bahwa kenaikan persentase serbuk ban karet menaikkan nilai flow dan menurunkan nilai MQ namun tetap berada diatas standar yang secara keseluruhan hal ini mengindikasikan ketahanan campuran pada penggunaan serbuk ban bekas lebih kuat dan tahan terhadap kelenturan, keawetan dan retak kelelahan

Berdasarkan hasil yang didapat dalam penelitian ini, dapat diberikan beberapa saran sebagai berikut:

1. Dalam mengatasi kelemahan dalam campuran laston AC-WC yaitu dalam hal kelenturan, keawetan dan rentan terhadap retak kelelahan diusulkan menggunakan kadar serbuk ban karet 25% - 75 %, karena hal ini terkait terpenuhnya spesifikasi dalam bina marga.
2. Berdasarkan hasil analisis penelitian ini, diusulkan bahwa perlu proses pencampuran dengan metode yang lain, dimana serbuk ban bekas dicampur paling akhir setelah aspal tercampur rata dengan agregat. Hal ini untuk menghindari perubahan suhu dan bentuk serbuk ban bekas pada saat proses pemanasan agregat.

**12. DAFTAR PUSTAKA**

American Associate of Sate Highway and Transportation Officials. 1982. Standard Specifications for Transportation Materials of Sampling and Testing. Part 2. Washington DC.

- Adisasmita. 2012. *Studi Karakteristik Perkerasan HRS-WC Menggunakan Aspal Minyak dan Penambahan Aditif Lateks*. Laporan hasil akhir penelitian Program Studi/Jurusan Teknik Sipil/Fakultas Teknik. Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Ananda, T. S., 2009. *Pengaruh Gradasi dan Penggunaan Serbuk Ban Bekas terhadap Kinerja Campuran Beton Aspal Lapis Aus (AC-WC)*. Tesis Magister. Program Magister STJR, Institut Teknologi Bandung
- Badan Pusat Statistik. (2016). *Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis tahun 1987-2016*. Retrieved 2017. ([http://www.bps.go.id/tabsub/view.php?tabel=1&id\\_subyek=17&notab=12](http://www.bps.go.id/tabsub/view.php?tabel=1&id_subyek=17&notab=12))
- Direktorat Jendral Bina Marga. 2010. *Spesifikasi Umum*. Edisi 2010 (Rev. 3).
- Darunifah, N. 2007. *Pengaruh Bahan Tambah Karet Padat terhadap Karakteristik Campuran Hot Rolled Sheet Wearing Course (HRS-WC)*. Tesis. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Dwi Ariyanto. 2006. *Pemanfaatan Limbah Vulkanisir Ban (Crumb Rubber) Sebagai Modifikasi Bitumen*. *Skripsi*. Jurusan Teknik Sipil. Fakultas Teknik. Universitas Sebelas Maret. Surakarta
- Federal Highway Administration and U.S. Environmental Protection Agency. *A Study of the Use of Recycled Paving Material*. Report No. FHWA-RD-93-147 and EPA/600/R-93/095 Washington, DC1993.
- Sugiyanto. 2008. *Kajian karakteristik campuran hot rolled asphalt akibat penambahan limbah serbuk ban bekas*. *Tugas Akhir*. Universitas Jendral Sudirman. Purwokerto.
- Sukirman, S. 2003. *Beton Aspal Campuran Panas*. Granit. Jakarta.
- Sunarjono, S. 2012, *Analisis Kekuatan Tarik Material Campuran SMA (Split Mastic Asphalt) Grading 0/11 Menggunakan Sistem Pengujian Indirect Tensile Strength*, Seminar Nasional Teknik Sipil UMS, Surakarta
- Taslim. 2015. *Optimasi Kinerja Aspal BNA Blend 75:25 Terhadap Campuran Aspal Beton Menggunakan Variasi Serbuk Ban Karet*. *Tugas Akhir*. Bandar Lampung.
- Thaniya. 2015. *Kajian Karakteristik Campuran Lapis Tipis Aspal Pasir (Latasir) Kelas A Dengan Crumb Rubber 40 Mesh Sebagai Substitusi Sebagian Agregat Halus*. Laporan hasil akhir penelitian Program Studi/Jurusan Teknik Sipil/Fakultas Teknik. Universitas Udayana. Bali.
- Zachraini, M.R. 2012, *Pengaruh Perendaman Terhadap Karakteristik Aspal Porus yang Menggunakan Liquid Asbuton Sebagai Bahan Pengikat*, *Resume Tugas Akhir*, Universitas Hasanuddin, Makassar.