

KARAKTERISTIK MARSHALL CAMPURAN AC-BC PADA PENGUJIAN MARSHALL MENGGUNAKAN ALAT UJI ANALOG DAN DIGITAL

Akhmad Taufik Aditama
Mahasiswa S-1 Teknik Sipil
Fak. Teknik Universitas Jember
Jl. Kalimantan 37 Jember 68121
Aditamataufik0@gmail.com

Sonya Sulistyono
Jurusan Teknik Sipil
Fak. Teknik Universitas Jember
Jl. Kalimantan 37 Jember 68121
Telp./Fax. +62 331 322415
sonya.sulistyono@yahoo.co.id

Ririn Endah B.
Jurusan Teknik Sipil
Fak. Teknik Universitas Jember
Jl. Kalimantan 37 Jember 68121
Telp./Fax. +62 332 425709
ririndidin@gmail.com

Abstrak

Kekuatan lapis permukaan perkerasan jalan dapat diketahui dari hasil karakteristik Marshall menggunakan alat uji Marshall. Jenis alat uji untuk pengujian Marshall dapat berupa analog dan digital. Alat uji digital menggunakan sistem komputer, dan menghasilkan data yang meminimumkan intervensi operator/laboran untuk efisiensi maksimum. Sedangkan alat uji analog dengan pembacaan data secara manual sangat bergantung pada ketrampilan operator. Penelitian ini melakukan pengujian Marshall pada campuran AC-BC menggunakan alat uji Marshall analog dan digital, untuk mengetahui hasil karakteristik Marshall yang dihasilkan. Metode pengujian material, pencampuran aspal dan agregat serta pengujian Marshall mengikuti pedoman dalam Standar Nasional Indonesia (SNI). Hasil uji pendahuluan diperoleh kadar aspal optimum 6,75%, selanjutnya benda uji dibuat sebanyak 28 buah (2 x 14). Berdasar hasil analisa perbedaan dua rata-rata menunjukkan tidak terdapat perbedaan secara nyata karakteristik Marshall dari hasil pengujian menggunakan alat uji analog dan digital. Pendugaan hasil pengujian Marshall menggunakan alat uji analog diperoleh: stabilitas = $\pm 208,26$ kg, $Flow = \pm 0,29$ mm dan $MQ = \pm 40,07$ kg/mm. Alat uji digital diperoleh: stabilitas = $\pm 175,47$ kg, $Flow = \pm 0,48$ mm dan $MQ = \pm 60,93$ kg/mm.

Kata Kunci: Campuran AC-BC, karakteristik Marshall, alat uji Marshall analog dan digital.

Abstract

The strength of the surface pavement can be seen from Marshall Characteristics using Marshall test equipment. Equipment type for Marshall Test can be analog and digital. Digital test equipment using the computer system, and minimize operator/ laboratory intervention for maximum efficiency. The reading of the data was done manually on analog test equipment, so it is very dependent on operator skill. This study examined a mixture of AC-BC using analog and digital Marshall Test equipment, to determine result of Marshall Characteristic. Methods of Marshall Test, material test, mix of bitumen and aggregate follow the guidelines in the Indonesian National Standard (SNI). Results of preliminary test obtained optimum bitumen content of 6.75%, and then the sample is made of 28 pieces (2 x 14). The analysis results of the average difference in the two shows there is no real difference in the Marshall Characteristics of the testing results using analog and digital test equipment. Estimation results of Marshall Characteristics using analog test equipment acquired: stability = $\pm 208,26$ kg, Flow = $\pm 0,29$ mm dan MQ = $\pm 40,07$ kg/mm. Digital test equipment acquired: stability = $\pm 175,47$ kg, Flow = $\pm 0,48$ mm dan MQ = $\pm 60,93$ kg/mm.

Key Words: Mixture of AC-BC, Marshall Characteristics, analog and digital Marshall Test equipment

PENDAHULUAN

Pengujian Marshall dilakukan untuk mengetahui karakteristik suatu lapis perkerasan jalan. Salah satu alat pengujian Marshall yang banyak digunakan di laboratorium adalah alat uji Marshall analog. Alat uji tersebut dalam pembacaan dial nilai stabilitas dan *flow*, masih menggunakan kecermatan dan ketelitian dari penglihatan manusia yang dibantu oleh rekaman video. Rekaman video ini berfungsi untuk mengoreksi kembali, apabila kurang yakin dengan pembacaan dial secara langsung. Dampak yang mungkin terjadi adalah adanya kesalahan yang diakibatkan oleh faktor manusia yaitu kelalaian, kelelahan dan kondisi psikologis operator. Akibatnya dapat mempengaruhi tingkat kecepatan dan akurasi data yang dihasilkan.

Seiring kemajuan teknologi alat uji marshall sudah dikembangkan secara inovatif dan komersial. Salah satunya adalah alat uji Marshall digital. Berbeda dengan alat uji analog, Alat uji Marshall digital mampu mengendalikan sistem uji dengan intervensi operator minimum untuk efisiensi maksimum. Alat tersebut bekerja dengan cara dihubungkan

langsung pada perangkat lunak di sebuah sistem komputer. Komputer tersebut selanjutnya digunakan untuk menginput, mengontrol, melaksanakan dan mengolah data hasil pengujian Marshall secara digital. Sehingga dapat mengurangi kesalahan yang diakibatkan oleh faktor manusia.

Penggunaan alat uji analog dan digital dalam pengujian Marshall akan memberikan kecepatan dan akurasi data sesuai kemampuannya. Untuk itu evaluasi karakteristik Marshall menggunakan alat uji Marshall analog dan digital perlu dilakukan. Evaluasi yang dilakukan adalah membandingkan hasil pengujian alat uji analog dan digital, apakah ada perbedaan secara signifikan atau tidak. Kemudian menganalisa pendugaan hasil pengujian menggunakan alat uji Marshall analog dan digital. Penelitian dilakukan dengan melaksanakan pengujian Marshall pada campuran aspal panas *Asphalt Concrete - Binder Course (AC-BC)*.

METODE PENELITIAN

Alat Pengujian Marshall

Alat Marshall merupakan alat penguji benda uji untuk menentukan nilai stabilitas dan *flow*. Alat tekan ini dilengkapi dengan *proving ring* (cincin penguji) berkapasitas 22,2 KN atau setara 5000 lbf untuk menguji stabilitas dan *flowmeter* untuk mengukur kelelahan plastis atau *flow*. Benda uji Marshall berbentuk silinder berdiameter 4 inci atau setara 10,2 cm dan tinggi 2,5 inci atau setara 6,35 cm. (Silvia Sukirman, 2003).



Gambar 1 Alat Uji Analog



Gambar 2 Alat Uji Digital

Tahapan Pelaksanaan penelitian

1. Uji pendahuluan: pengujian bahan (agregat kasar, halus, *filler* dan aspal pen 60/70), perencanaan komposisi campuran, pembuatan benda uji, pengujian Marshall, penentuan KAO.
1. Penentuan jumlah kebutuhan sampel untuk alat uji analog dan digital.
2. Pembuatan benda uji sesuai KAO dan kebutuhan sampel.
3. Pengujian Marshall menggunakan alat uji Marshall analog dan digital.
4. Analisa Perbedaan Dua Rata-rata (*independent sample test*).
5. Pendugaan hasil pengujian.
6. Kesimpulan dan saran.

Hipotesa

Tidak ada perbedaan secara signifikan pada hasil pengujian Marshall menggunakan alat uji Marshall analog dan digital ($\mu_1 = \mu_2$) pada campuran *Asphalt Concrete - Binder Course (AC-BC)*.

Keterangan :

μ_1 : Rata-rata hasil pengujian menggunakan alat uji analog

μ_2 : Rata-rata hasil pengujian menggunakan alat uji digital

Penentuan Jumlah Sample

Berdasarkan pernyataan (Roscoe 1975) untuk penelitian eksperimental sederhana dengan kontrol eksperimen yang ketat, penelitian yang sukses adalah mungkin dengan ukuran sampel kecil antara 10 sampai dengan 20. Sehingga ditetapkan populasi sebanyak 14 buah dengan menggunakan tingkat kesalahan sebesar 5%. Untuk perhitungannya ditunjukkan dalam rumus Slovin (dalam Riduwan, 2005 :65) sebagai berikut:

$$n = \frac{N}{(1 + N e^2)}$$

$$n = \frac{14}{(1 + 0.05^2)}$$

$$= 13,99 \text{ buah} \approx 14 \text{ buah}$$

Analisa Data

Nilai karakteristik Marshall hasil pengujian di olah dan di analisa menggunakan distribusi t. Distribusi t berfungsi untuk menguji hipotesis dan membuat pendugaan hasil pengujian dari maksimal dua populasi. Tahapan dalam menganalisa data menggunakan uji t ditunjukkan sebagai berikut:

Pengujian Perbedaan Dua Rata-rata

Pengujian dilakukan untuk menguji kebenaran atau kepaluan hipotesis nol, apakah ada perbedaan yang signifikan atau tidak. Untuk menguji hipotesis dapat dilakukan dengan langkah (Supranto, 2009) berikut:

1. Mencari nilai rata-rata sampel yang diteliti

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum X_i = \frac{1}{n} (X_1 + X_2 + \dots + X_n) \quad (3.1)$$

1. Menghitung nilai standart deviasi

$$s = \frac{\sqrt{1 (\sum (X_i - \bar{X})^2)}}{n-1} \quad (3.2)$$

$$S_x = \frac{\sqrt{S}}{\sqrt{n}} \quad (3.3)$$

2. Merumuskan hipotesis

H₀ : $\mu_1 - \mu_2 = 0$ ($\mu_1 = \mu_2$), maka hipotesis H₀ diterima

H₁ : $\mu_1 - \mu_2 \neq 0$ ($\mu_1 \neq \mu_2$), maka hipotesis H₁ diterima

3. Pengujian hipotesis dengan Perbedaan Dua Rata-rata ($n \leq 30$) (3.4)

4. Jika nilai $t_{hitung} \geq t_{tabel}$ maka H_0 ditolak, artinya ada perbedaan yang signifikan dari hasil pengujian menggunakan alat uji analog dan alat uji digital. Jika $t_{hitung} \leq t_{tabel}$ maka H_0 diterima, artinya tidak ada perbedaan yang signifikan dari hasil pengujian menggunakan alat uji analog dengan alat uji digital.

Pendugaan Hasil Pengujian

Pengujian dilakukan untuk mencari pendugaan nilai berupa interval yang dibatasi oleh dua nilai, yaitu nilai batas bawah dan batas atas. Untuk menguji pendugaan hasil pengujian dapat dilakukan dengan langkah berikut (Supranto, 2009):

1. Menentukan rata-rata sampel

$$X = \frac{1}{n} \sum X_i = \frac{1}{n} (X_1 + X_2 + \dots + X_n) \quad (3.5)$$

1. Menentukan tingkat kesalahan sebesar 5 % atau probabilitas sebesar 95 %.

2. Menentukan standart deviasi

$$s = \frac{\sqrt{1 (\sum (X_i - X)^2)}}{n-1} \quad (3.6)$$

$$s = \frac{\sqrt{S}}{\sqrt{n}} \quad (3.7)$$

3. Menghitung nilai pendugaan hasil pengujian (3.8)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Lapisan Asphalt concrete-Binder Course (AC-BC)

Lapisan *AC-BC* adalah lapisan pengikat yang terletak diantara lapis aus dan lapis pondasi. Lapisan *AC-BC* tersusun dari agregat kasar, agregat halus dan filler. Lapisan dengan tebal 5 cm ini berfungsi untuk menyalurkan beban dari lapis aus ke lapis pondasi akibat deformasi lalu lintas.

Ada tujuh karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh beton aspal. Karakteristik tersebut adalah stabilitas, keawetan, durabilitas, fleksibilitas, ketahanan terhadap kelelahan, ketahanan geser, kedap air dan kemudahan pelaksanaan. (Sukirman, 2003). Maka untuk mendapatkan tujuh karakteristik Marshall diperlukan perencanaan campuran. Perencanaan campuran harus sesuai persyaratan dan spesifikasi seperti ditunjukkan pada table 1 dan tabel 2.

Tabel 1 Persyaratan Gradasi AC-BC*

No	Ukuran Ayakan		% Berat Yang Lolos
	ASTM	(mm)	AC - BC
1	1 1/2"	37,5	100
2	1"	25	100
3	3/4"	19	90 - 100
4	1/2"	12,5	Maks. 90
5	No. 8	1,36	23 - 49
6	No.	0,075	8-Apr

Tabel 2 Persyaratan Sifat AC-BC **

No	Sifat-sifat Campuran	Laston	
		BC	
1	Jumlah tumbukan per bidang		75
2	Rongga dalam campuran (%)	min	3,5
3		max	5,5
4	Rongga dalam agregat (VMA) (%)	min	14
5	Rongga terisi aspal (%)	min	63
6	Stabilitas Marshall (kg)	min	800

Daerah Larangan							
7				7		max	-
8	No. 8	1,36	34,6	8	Pelelehan (mm)	min	3
9	No. 16	1,18	22,3 - 28,3	9	Marshall Quotient (kg/mm)		250
10	No. 30	0,6	16,7 - 20,7	10	Stabilitas Marshall sisa (%) setelah perendaman	min	80
11	No. 50	0,3	13,7	11	selama 24 jam, 60°C pada VIM + 7 %		
				12	Rongga dalam campuran (%) pada Kepadatan	min	2,5
				13	Membal (refusal)		

*sumber : pedoman teknik Bina Marga 1999

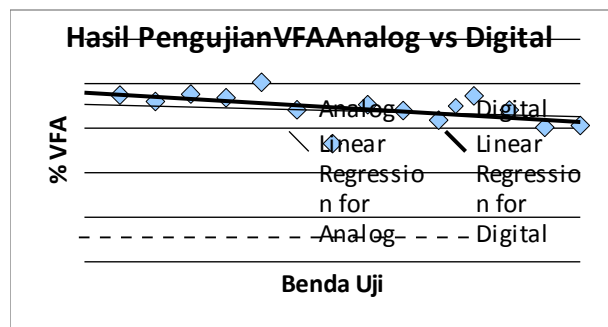
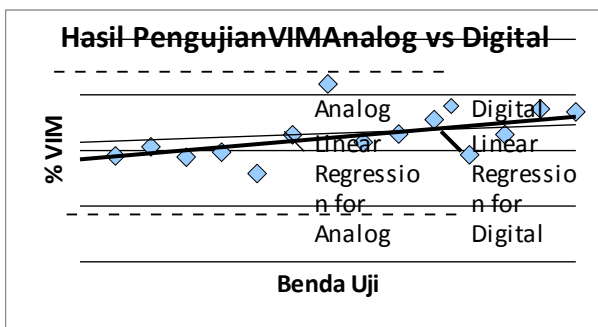
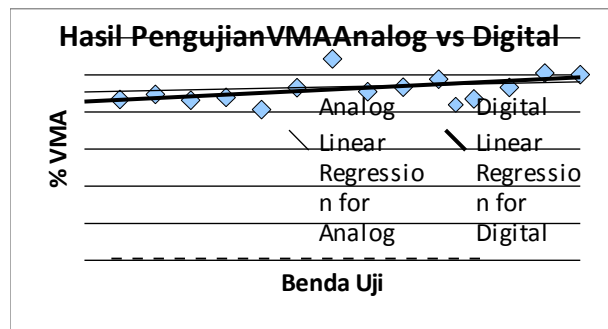
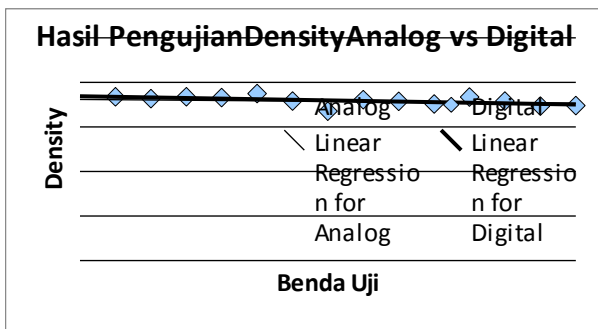
**sumber : rancangan spesifikasi umum bidang jalan dan jembatan, divisi VI perkerasan beraspal Dep. PU 2007

Uji Pendahuluan

Uji pendahuluan dilakukan untuk mendapatkan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO). Langkah pertama untuk mendapatkan KAO adalah dengan menguji kelayakan bahan campuran beton aspal, yaitu agregat kasar, agregat halus, *filler* dan aspal pen 60/70. Kemudian merencanakan proporsi agregat dan kadar aspal ideal sesuai campuran AC-BC. Selanjutnya membuat benda uji sebanyak 18 buah dengan 6 kadar aspal, yaitu 4,5 %; 5 %; 5,5 %; 6 %; 6,5 %; 7 %. Setelah dilakukan pengujian Marshall didapatkan nilai KAO 6,75%.

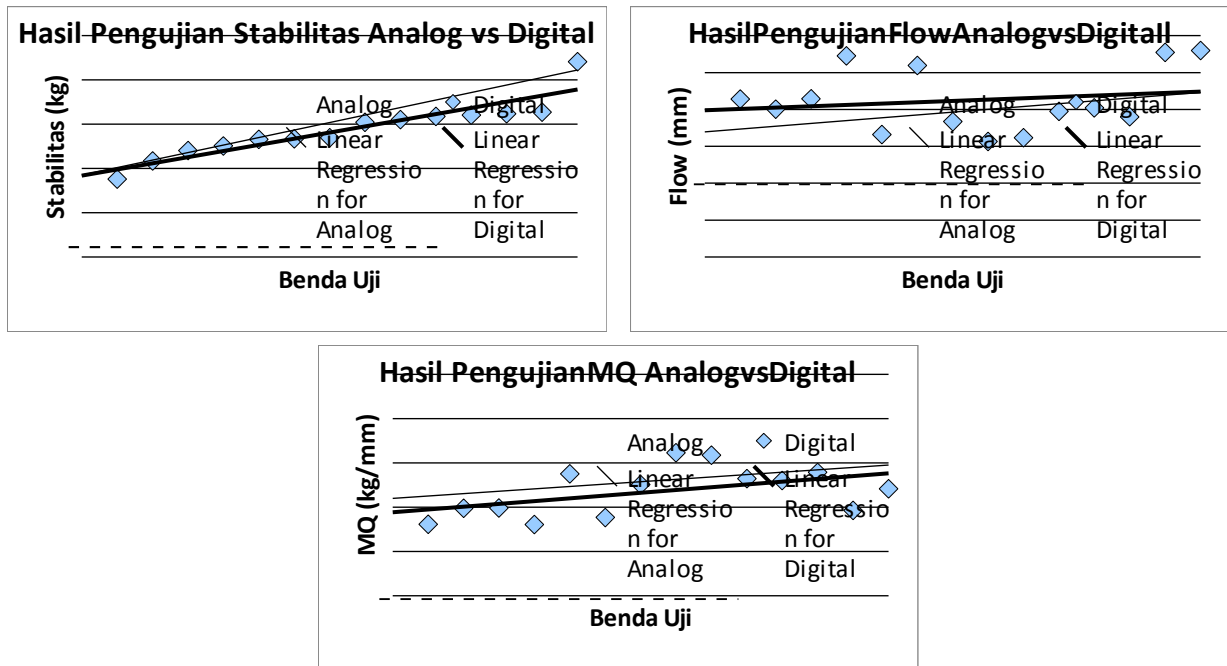
Hasil Pengujian Karakteristik Marshall Menggunakan Alat Uji Analog dan Digital

Karakteristik Marshall merupakan sifat-sifat campuran di dalam beton aspal padat. Ada tujuh sifat campuran yang harus di miliki dalam beton aspal, yaitu stabilitas, *flow*, *MQ*, *VIM*, *VMA*, *VFA* dan *Density*. Dari hasil pengujian sebanyak empat belas benda uji menggunakan alat uji analog dan digital, maka didapatkan nilai perbandingan karakteristik Marshall seperti pada Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 3 Perbandingan *Density*, *VMA*, *VIM* dan *VFA*

Rata-rata nilai *density* benda uji yang akan di uji menggunakan alat analog dan digital sebesar $2,36 \text{ kg/m}^3$. Hal ini menunjukkan kerapatan pada campuran beton aspal padat yang akan di uji menggunakan alat uji analog sama dengan alat uji digital. Nilai rata-rata *VMA* yang akan di uji menggunakan alat uji analog sebesar 18,69 %. Nilai tersebut lebih tinggi dibandingkan dengan alat uji digital (18,63 %). Hal ini menunjukkan rongga pori diantara butir agregat didalam beton aspal padat yang akan di uji menggunakan alat uji analog lebih besar dari pada alat uji digital. Nilai rata-rata *VIM* yang akan di uji menggunakan alat analog sebesar 4,32 %. Nilai tersebut lebih tinggi dibandingkan dengan alat uji digital (4,25 %). Hal ini menunjukkan proses oksidasi, penuaan dan penurunan durabilitas beton aspal yang akan di uji menggunakan alat uji analog lebih cepat daripada alat uji digital. Nilai rata-rata *VFA* yang akan di uji menggunakan alat analog sebesar 76,94 %. Nilai tersebut lebih rendah dibandingkan dengan alat uji digital (77,22 %). Hal ini menunjukkan aspal yang menyelimuti butir agregat di dalam beton aspal padat yang akan di uji menggunakan alat uji analog lebih rendah dibandingkan alat uji digital.



Gambar 4 Perbandingan Stabilitas, *Flow*, dan *MQ* Alat Uji Analog dan Digital

Rata-rata nilai stabilitas menggunakan alat uji analog sebesar 2060,39 kg. Nilai tersebut lebih tinggi dibandingkan menggunakan alat uji digital sebesar 1939,86 kg. Sedangkan rata-rata nilai flow memperlihatkan hasil berbeda. Nilai flow alat uji analog (3,96 mm) cenderung lebih rendah dibandingkan alat uji digital (4,25 mm). Kelelahan plastis akibat deformasi dalam beton aspal padat dan kemampuan beton aspal untuk menerima repetisi beban tanpa terjadinya retak memperlihatkan hasil pengujian alat uji analog lebih rendah dibandingkan dengan menggunakan alat uji digital. Rata-rata nilai *MQ* hasil analisa dari stabilitas terhadap *flow* menggunakan alat uji analog diperoleh sebesar 520,96 kg/mm. Nilai ini lebih tinggi dibandingkan rata-rata nilai *MQ* yang diuji menggunakan alat uji digital (471,43 kg/mm). Kekakuan dalam beton aspal padat yang telah di uji menggunakan alat uji analog lebih tinggi dibandingkan menggunakan alat uji digital.

Uji Perbedaan Dua Rata-rata

Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah ada perbedaan secara signifikan atau tidak pada hasil pengujian karakteristik Marshall menggunakan alat uji analog dan digital. Hasil analisa perbedaan dua rata-rata pada karakteristik Marshall menggunakan SPSS (*independent sample test*) ditunjukkan dalam Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3 Pengujian Perbedaan Dua Rata-rata Volumetrik Benda Uji

No	Karakteristik Marshall	Jumlah Benda Uji	Rata-rata		Alfa	Sig	T hitung	T tabel	Ket
			Alat Analog	Alat Digital					
1	Density	14	2.36	2.36	0.05	0.168	0.540	2.0555	terima
2	VMA	14	18.69	18.64	0.05	0.168	0.409	2.0555	terima
3	VIM	14	4.32	4.25	0.05	0.168	0.407	2.0555	terima
4	VFA	14	76.94	77.22	0.05	0.168	0.411	2.0555	terima

Untuk kaidah keputusannya adalah :

Jika $t_{hitung} \geq t_{tabel}$ maka ada perbedaan secara signifikan, jika $t_{hitung} \leq t_{tabel}$ maka tidak ada perbedaan secara signifikan. Dari hasil perhitungan diperoleh data $t_{hitung} \leq t_{tabel}$. Dari hasil analisa dari 14 pengujian dengan taraf kesalahan 5 % menunjukkan nilai t_{hitung} pada setiap hasil pengujian karakteristik Marshall lebih kecil dari t_{tabel} (2,0555).

Jadi tidak terdapat perbedaan secara signifikan pada benda uji yang akan di uji menggunakan alat Marshall analog dan digital.

Tabel 4 Pengujian Perbedaan Dua Rata-rata Menggunakan Alat Analog dan Digital

No	Karakteristik Marshall	Jumlah Benda Uji	Rata-rata		Alfa	Sig	T hitung	T tabel	Ket
			Alat Analog	Alat Digital					
1	Stabilitas	14	2060.39	1939.86	0.05	0.364	0.924	2.0555	terima
2	Flow	14	3.96	4.25	0.05	0.296	1.066	2.0555	terima
3	MQ	14	496.38	471.43	0.05	0.168	1.418	2.0555	terima

Untuk kaidah keputusannya adalah :

Jika $t_{hitung} \geq t_{tabel}$ maka ada perbedaan secara signifikan, jika $t_{hitung} \leq t_{tabel}$ maka tidak ada perbedaan secara signifikan. Dari hasil perhitungan diperoleh data $t_{hitung} \leq t_{tabel}$. Dari hasil analisa dari 14 pengujian dengan taraf kesalahan 5 % menunjukkan nilai t_{hitung} pada setiap hasil pengujian karakteristik Marshall lebih kecil dari t_{tabel} (2,0555).

Jadi tidak terdapat perbedaan secara signifikan pada hasil pengujian Marshall menggunakan alat uji analog dan digital.

Pendugaan Hasil Pengujian

Pendugaan hasil pengujian dilakukan untuk mendapatkan nilai terhadap parameter. Nilai yang dihasilkan adalah nilai batas atas dan batas bawah atau interval. Sehingga parameter dapat terletak di nilai interval yang telah di duga dari hasil analisa. Pendugaan hasil pengujian karakteristik Marshall ditunjukkan dalam Tabel 5 dan Tabel 6.

Tabel 5 Pendugaan Hasil Pengujian Volumetrik Benda Uji

No	Karakteristik Marshall	Benda Uji Σ	Rata - rata		SD Rata - rata		Nilai T (tabel t)	Pendugaan Hasil Pengujian	
			Analog	Digital	Analog	Digital		Benda Uji Untuk Alat Analog	Benda Uji Untuk Alat Digital
1	Density	14	2.36	2.36	0.00	0.00	2.1604	± 0.006	± 0.006
2	VMA	14	18.69	18.63	0.09	0.10	2.1604	± 0.20	± 0.21
3	VIM	14	4.32	4.25	0.11	0.11	2.1604	± 0.24	± 0.25
4	VFA	14	76.94	77.22	0.47	0.49	2.1604	± 1.01	± 1.05

Pendugaan hasil pengujian volumetrik benda uji didapatkan melalui analisa data sebanyak empat belas benda uji. Tabel di atas menunjukkan bahwa, secara umum nilai pendugaan hasil pengujian pada benda uji yang akan di uji menggunakan alat uji analog lebih kecil dibanding alat uji digital. Tetapi nilai volumetrik beton aspal yang akan di uji menggunakan alat analog dan digital memperlihatkan kecenderungan nilai yang sama.

Tabel 6 Pendugaan Hasil Pengujian Marshall Menggunakan Alat Analog dan Digital

No	Karakteristik Marshall	Benda Uji Σ	Rata - rata		SD Rata - rata		Nilai T (tabel t)	Pendugaan Hasil Pengujian	
			Analog	Digital	Analog	Digital		Analog	Digital
1	Stabilitas	14	2060.39	1939.86	96.40	81.22	2.1604	± 208.26	± 175.47
2	Flow	14	3.96	4.25	0.13	0.22	2.1604	± 0.29	± 0.48
3	MQ	14	520.96	471.43	18.55	28.20	2.1604	± 40.07	± 60.93

Pendugaan hasil pengujian Marshall didapatkan melalui analisa data sebanyak empat belas benda uji. Pendugaan hasil pengujian menggunakan alat uji analog pada nilai stabilitas = $\pm 208,26$ kg, *Flow* = $\pm 0,29$ mm dan *MQ* = $\pm 40,07$ kg/mm. Sedangkan pendugaan hasil pengujian menggunakan alat uji digital pada nilai stabilitas = $\pm 175,47$ kg, *Flow* = $\pm 0,48$ mm dan *MQ* = $\pm 60,93$ kg/mm.

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan analisa menunjukkan bahwa, tidak terdapat perbedaan secara signifikan pada hasil pengujian karakteristik Marshall yang di uji menggunakan alat uji analog dan digital.

Saran

Untuk penelitian lebih lanjut dapat dilakukan dengan metode yang sama, tetapi kecepatan alat uji digital dalam proses menekan benda uji harus diatur sama dengan alat uji analog dan lama proses penekanan benda uji perlu diperhatikan.

Dalam penelitian ini mengevaluasi hasil pembacaan dial stabilitas dan *flow* dengan menggunakan alat uji digital (komputer) dan alat uji analog (bantuan video). Disarankan

untuk penelitian selanjutnya mengevaluasi pembacaan dial stabilitas dan *flow* dilakukan dengan alat uji digital (komputer), alat uji analog (bantuan video) dan alat uji analog (penglihatan langsung).

DAFTAR RUJUKAN

- Departemen Pekerjaan Umum. 2007. *Rancangan Spesifikasi Umum Bidang Jalan Jembatan*. Divisi VI Perkerasan Beraspal. Jakarta.
- DPU Bina Marga. 1999. *Pedoman Perencanaan Campuran Beraspal dengan Pendekatan Kepadatan Mutlak*. Penerbit: PT. Mediatama Saptakarya.
- Riduwan dan Sunarto. 2013. *Pengantar Statistika Untuk Penelitian: Pendidikan, Sosial, Komunikasi, Ekonomi, dan Bisnis*. Bandung: Alfabeta.
- Roscoe di kutip dari Uma Sekaran. 2006. *Metode Penelitian Bisnis*. Jakarta: Salemba Empat.
- Sukirman. 2003. *Beton Aspal Campuran Panas*. Jakarta: Granit.
- Supranto. 2009. *Statistik Teori dan Aplikasi Jilid 7*. Jakarta: Erlangga.