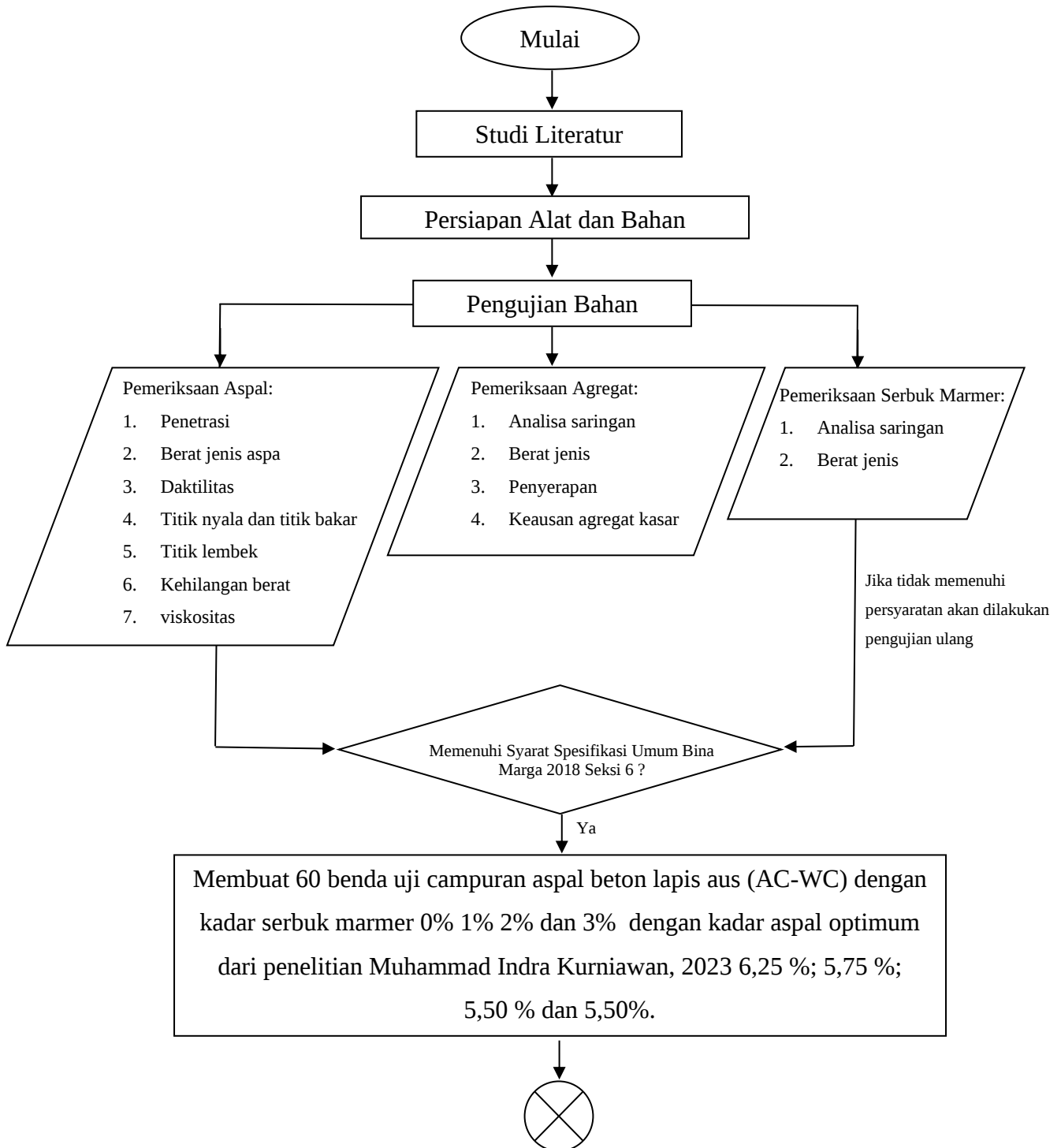


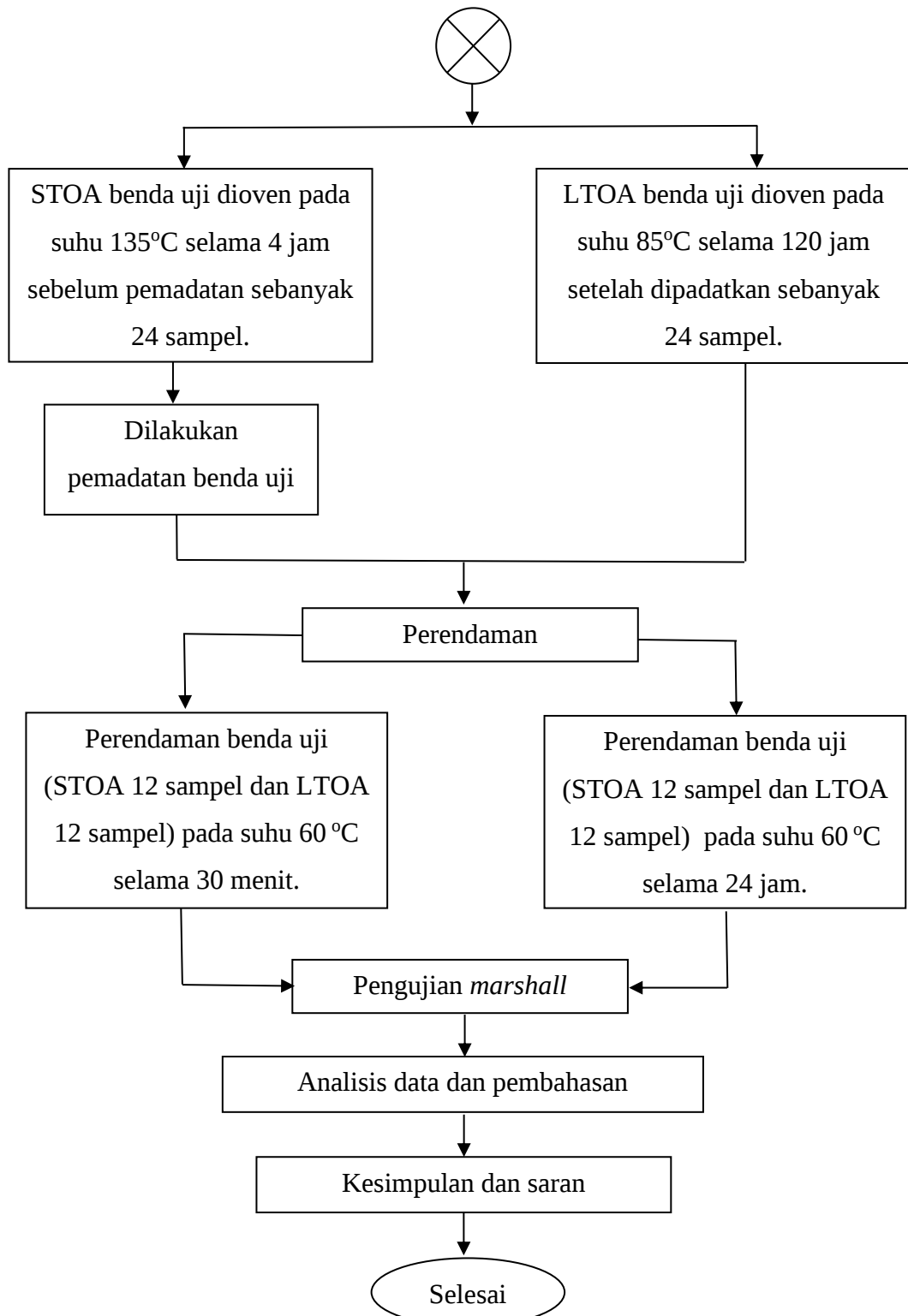
BAB 4

METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Prosedur Penelitian

Tahapan dalam melakukan penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.1 Diagram Alir Penelitian berikut.





Gambar 4.1 Diagram Alir Penelitian

(Sumber: Analisa Penulis, 2024)

4.1.1 Studi Literatur

Penelitian ini melanjutkan dari penelitian terdahulu (M. Indra Kurniawan, 2023) yang berjudul “Pemanfaatan Limbah Serbuk Marmer Sebagai Pengganti *Filler* Pada Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC)”. Penelitian tersebut menggunakan persentase serbuk marmer 0 %, 1 %, 2 %, dan 3 % (sesuai ketentuan) dan didapatkan nilai KAO sebesar 6,25 %; 5,75 %; 5,50 % dan 5,50%.

Tabel 4.1 Hasil Analisis Proporsi Ideal Penambahan Serbuk Marmer Dengan Kadar Aspal Optimum

Kadar Serbuk Marmer	Kadar Aspal Optimum	VIM	VMA	VFA	Stabilitas	Flow	MQ	Stabilitas Marshall Sisa
		3 - 5	Min. 15	Min. 65	Min. 800	2 - 4	Min. 250	
0 %	6,25	4,11	17,83	76,98	988,47	2,48	398,45	950,117
1 %	5,75	4,08	16,79	75,98	1098,30	2,55	430,66	1044,247
2 %	5,50	4,02	16,23	75,23	1192,44	2,52	473,18	1127,937
3 %	5,50	3,92	16,14	75,80	1072,15	2,46	435,80	1023,337

(Sumber : Muhammad Indra Kurniawan, 2023)

4.1.2 Persiapan aspal

a. Penetrasi

Pengujian penetrasi aspal bertujuan untuk menentukan kekasaran relatif atau fisik aspal. Nilai penetrasi aspal didapatkan dengan memasukkan jarum dengan beban 100 gram pada suhu 25°C, waktu pengujian selama 5 detik.

b. Berat Jenis Aspal

Berat jenis aspal merupakan perbandingan antara berat aspal dengan berat air suling dengan volume yang sama pada suhu tertentu. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai berat jenis aspal menggunakan piknometer.

c. Daktilitas

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai daktilitas (keelastisitan) aspal dari mengukur jarak terpanjang suatu aspal yang ditarik menggunakan alat daktilitas pada suhu dan kecepatan tarik tertentu.

d. Titik Nyala dan Titik Bakar

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui besaran suhu dimana api menyala di atas aspal kurang dari 5 detik untuk nilai titik nyala dan api menyala di atas aspal lebih dari 5 detik untuk nilai titik bakar.

e. Titik Lembek

Titik lembek aspal, merupakan angka yang menunjukkan suhu (temperatur) ketika aspal menyentuh plat dasar yang terletak di bawah cincin akibat dari kecepatan pemanasan. Pengujian ini bertujuan untuk menentukan besaran suhu titik lembek aspal dengan menggunakan cara *ring and ball*.

f. Kehilangan Berat

Tujuan dari pemeriksaan ini adalah untuk menentukan nilai berat jenis aspal padat atau keras menggunakan piknometer. Nilai ini dihitung dengan rumus berat jenis yang ditemukan dari hasil pengujian.

g. Kekentalan Aspal/Viskositas

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan kekentalan aspal pada suhu pencampuran dan pemadatan, sehingga aspal dapat bekerja dengan lebih efektif.

Tabel 4.2 Standar Pengujian Aspal

No.	Pengujian	Standar Uji	Spesifikasi
1	Penetrasi	SNI 2456:2011	60 – 70
2	Berat Jenis Aspal	SNI 2441:2011	$\geq 1,0$
3	Daktilitas	SNI 2432:2011	≥ 100
4	Titik Nyala dan Titik Bakar	SNI 2433:2011	≥ 232
5	Titik Lembek	SNI 2434:2011	≥ 48
6	Kehilangan Berat	SNI 06:2440:1991	$\leq 0,8$
7	Viskositas	SNI 7729:2011	Maks. 3,00

(Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 (Revisi 2))

4.1.3 Persiapan Agregat

a. Analisa Saringan

Pengujian ini berfungsi untuk mengetahui persentase gradasi (pembagian) butiran agregat kasar dan agregat halus.

b. Berat Jenis dan Penyerapan

Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan angka berat jenis curah, berat jenis permukaan jenuh, berat jenis semu, dan penyerapan air.

c. Uji Keausan Agregat Kasar

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan ketahanan agregat terhadap keausan menggunakan alat *Los Angeles Abrasion* (LAA) dengan perbandingan antara berat bahan aus terhadap berat semula dalam persen.

Tabel 4.3 Standar Pengujian Agregat Kasar

No.	Pengujian	Standar Uji	Spesifikasi
1	Analisa Saringan	SNI ASTM C136-2012	6 – 7,1
2	Berat Jenis Agregat Kasar - Bulk - SSD - Semu	SNI 1969:2016	- 2,53 - 2,54 - 2,62
3	Penyerapan Air Agregat Kasar	SNI 1969:2008	1,37 %
4	Keausan Agregat	SNI 2417:2008	Maks. 40 %

(Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 (Revisi 2))

Tabel 4.4 Standar Pengujian Agregat Halus

No.	Pengujian	Standar Uji	Spesifikasi
1	Analisa Saringan	ASTM C136-2012	1,50 – 3,8
2	Berat Jenis	SNI 1970:2016	Min. 2,55
3	Penyerapan Air Agregat	SNI 1970:2008	Maks. 4,1 %
4	Keausan Agregat	SNI 2417:2008	Maks. 40 %

(Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 (Revisi 2))

4.1.4 Perencanaan Gradasi Agregat

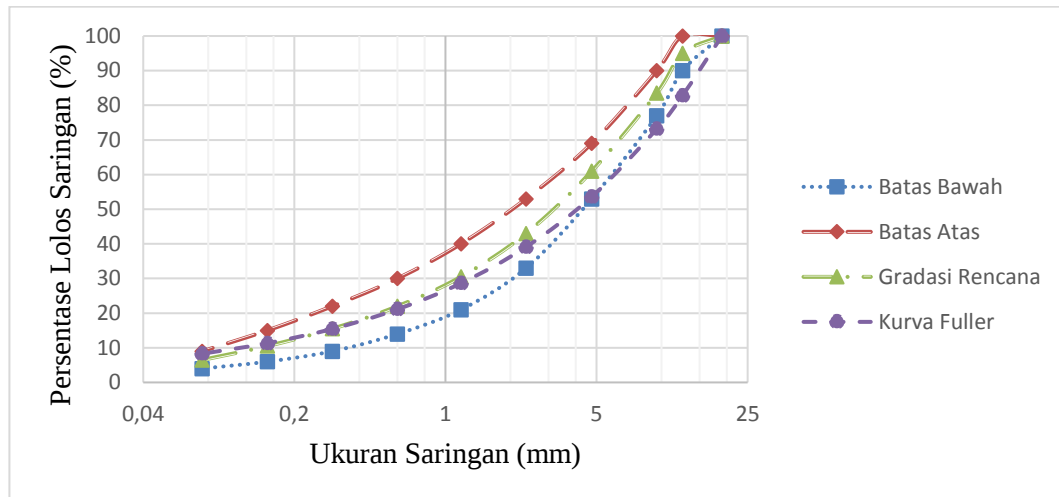
Perencanaan gradasi agregat harus memenuhi batas-batas pada Tabel 4.5. Penelitian ini menggunakan gradasi agregat untuk campuran beraspal lapis aus (AC-WC).

Tabel 4.5 Persyaratan Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Laston

Ukuran Ayakan		% Berat Yang Lolos Terhadap Total Agregat		
ASTM	(mm)	WC	BC	Base
11/2"	37,5			100
1"	25		100	90 – 100
3/4"	19	100	90 – 100	76 – 90
1/2"	12,5	90 – 100	75 – 90	60 -78
3/8"	9,5	77 – 90	66 – 82	52 – 71

No. 4	4,75	53 – 69	46 – 64	35 – 54
No. 8	2,36	33 – 53	30 – 49	23 – 41
No. 16	1,18	21 – 40	18 – 38	13 – 30
No. 30	0,600	14 – 30	12 – 28	10 – 22
No. 50	0,300	9 – 22	7 – 20	6 – 15
No. 100	0,150	6 – 15	5 – 13	4 – 10
No. 200	0,075	4 – 9	4 – 8	3 – 7

(Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 (Revisi 2))



Gambar 4.2 Grafik Gradasi Agregat Campuran AC-WC

(Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 (Revisi 2))

4.1.5 Persiapan Serbuk Marmer

Bahan Pengisi yang digunakan merupakan limbah serbuk marmer. Bahan pengisi harus kering dan bebas dari gumpalan dan harus lolos ayakan No. 200 (75 mikron). Bahan pengisi yang ditambahkan harus dalam rentang 1% sampai dengan 3 % (Bina Marga, 2018). Persentase serbuk marmer yang digunakan yaitu sebesar 0%, 1%, 2%, dan 3% terhadap berat total agregat. Tahapannya sebagai berikut:

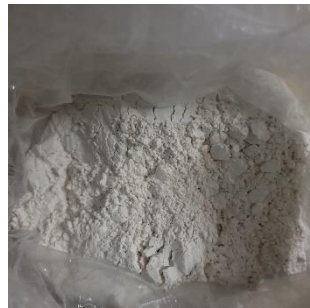
- Limbah serbuk marmer didapatkan dari pengolahan batuan (blok) marmer menjadi ubin hingga menghasilkan limbah marmer yang berbentuk bubuk melalui beberapa tahapan. Meliputi *cutting block* untuk memotong blok marmer menjadi slab. Kemudian melakukan *cross cutting* dengan memotong bagian ujung slab marmer tersebut. Setelah itu melakukan *calibrating* yaitu pemotongan untuk mendapatkan ukuran yang diinginkan dan terakhir di poles. Proses-proses tersebut menghasilkan limbah serbuk dan limbah potongan marmer.

- b. Serbuk marmer dimasukkan kedalam oven selama ± 24 jam dengan suhu $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$. Setelah itu dikeluarkan dari oven dan diamkan hingga dingin.
- c. Benda uji disaring menggunakan saringan No. 200.
- d. Dilakukan pengujian berat jenis dan kadar lumpurnya.

Tabel 4.5 Standar Pengujian *Filler*

No.	Pengujian	Standar Uji	Spesifikasi
1	Analisa Saringan	SNI ASTM C136-2012	Min. 75% terhadap beratnya.
2	Berat Jenis	SNI 03-4145-1996	2,25 – 2,7 gr/ml

(Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 (Revisi 2))



Gambar 4.3 Serbuk Marmer

(Sumber: Dokumentasi Penulis, 2024)

4.1.6 Metode Pembuatan Benda Uji

a. Penuaan Jangka Pendek (STOA)

Untuk pengujian STOA, benda uji akan dipanaskan selama 4 jam menggunakan oven dengan suhu 135°C sebelum pemadatan. Campuran diaduk dan dibalik satu jam sekali untuk memastikan seluruh campuran rata terkena panas dalam oven. Setelah dikeluarkan, campuran dibawa ke suhu pemadatan kemudian dipadatkan dengan menggunakan alat pemadatan sebanyak 75 kali tumbukan tiap sisinya (atas dan bawah). Setelah proses oven, pemadatan dan perendaman, dilakukan pengujian *marshall* terhadap benda uji.

b. Penuaan Jangka Panjang (LTOA)

Untuk benda uji LTOA, benda uji dibawa ke suhu pemadatan kemudian dipadatkan dengan menggunakan alat pemadatan sebanyak 75 kali tumbukan tiap sisinya (atas dan bawah). Kemudian campuran dipanaskan selama 120 jam

dalam oven pada suhu 85°C. Setelah proses pemadatan, oven dan perendaman, dilakukan pengujian *marshall* terhadap benda uji.

c. Proses pencampuran benda uji

- 1) Menyiapkan bahan yang sudah dilakukan pemeriksaan untuk setiap benda uji yang diperlukan.
- 2) Memanaskan agregat kasar, agregat halus dan *filler* serbuk marmer kemudian mengaduknya di penggorengan pencampur hingga suhu mencapai 165°C.
- 3) Memanaskan aspal secara terpisah hingga mencapai suhu 150°C dalam panci aspal dan mengaduknya secara konsisten, agar aspal tidak menggumpal atau campuran tidak menjadi homogen.
- 4) Meletakkan agregat kasar, agregat halus dan *filler* serbuk marmer yang sudah mencapai suhu 165°C pada timbangan dalam keadaan panas, kemudian menuangkan aspal yang telah dipanaskan pada suhu 150°C sebanyak kadar aspal yang dibutuhkan.
- 5) Mengaduk campuran tersebut dengan cepat sampai seluruh permukaan agregat terselimuti aspal secara merata. Suhu harus tetap 155°C selama pengadukan.

Tabel 4.6 Total Jumlah Benda Uji

Kadar Serbuk Marmer (%)	Kadar Aspal Optimum (%)	Benda Uji				
		<i>Marshall Test</i>	<i>Marshall Test</i>		<i>Marshall Rendaman</i>	
		Standar	STOA	LTOA	STOA	LTOA
0	6,25	3	3	3	3	3
1	5,75	3	3	3	3	3
2	5,50	3	3	3	3	3
3	5,50	3	3	3	3	3
Jumlah		60				

(Sumber: Analisa Penulis, 2024)

d. Pengujian *Marshall*

Pengujian *marshall* dilakukan berdasarkan prosedur pada SNI 06-2489- 1991 atau AASHTO T245-90 yaitu dengan meletakkan benda uji ke dalam segmen bawah, waktu yang diperlukan dari saat diangkat benda uji dari bak perendaman

maksimum tidak boleh melebihi 30 detik. Selanjutnya, benda uji dibebani dengan kecepatan sekitar 50 mm per menit sampai pembebanan maksimum tercapai atau pembebanan menurun seperti yang ditunjukkan oleh alat pencatat, kemudian mencatat *flow* dan stabilitas yang tertera pada alat.

4.2 Bahan atau materi

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian meliputi:

- a. Aspal penetrasi 60/70.
- b. Agregat kasar.
- c. Agregat halus.
- d. *Filler* Abu batu.
- e. *Filler* serbuk marmer.

4.3 Alat atau Instrumen

- a. Alat-alat yang digunakan pada pengujian aspal, meliputi: alat uji penetrasi, titik nyala dan bakar, titik lembek, daktilitas, berat jenis, kehilangan berat dan viskositas.
- b. Alat-alat yang digunakan pada pengujian agregat kasar dan halus, meliputi: satu set saringan (*sieve*), mesin *los angeles*, dan alat uji berat jenis (piknometer, timbangan, dan pemanas).
- c. Alat-alat yang digunakan pada pengujian Laston (Metode *Marshall*), meliputi:
 - 1) Alat cetak benda uji berbentuk silinder dengan diameter 10,16 cm dan tinggi 7,62 cm lengkap dengan pelat atas dan leher sambung.
 - 2) Alat penumbuk manual yang mempunyai permukaan tumbukan rata berbentuk silinder yang digunakan untuk pemadatan campuran sebanyak 75 kali tumbukan atas dan bawah.
 - 3) Alat pendorong benda uji, dongkrak hidrolik (*extruder*), untuk mengeluarkan benda uji yang sudah dipadatkan dari dalam cetakan.
 - 4) Alat uji tekan *Marshall* yang terdiri dari kepala penekan (*breaking head*) berbentuk lengkung, cincin penguji (*proving ring*) dengan kapasitas 2500 kg dan atau 5000 kg, dan arloji pengukur *flow* dengan ketelitian 0,25 mm beserta perlengkapannya.

- 5) Alat lainnya, meliputi: oven, bak perendam dengan pengatur suhu, timbangan yang dilengkapi dengan penggantung benda uji, mistar atau jangka sorong, pengukur suhu dari logam, penggorengan pencampur, kompor pemanas, sendok pengaduk/spatula, sarung tangan anti panas, kain lap, dan spidol untuk menandai benda uji.

4.4 Variabel Penelitian

Penelitian berikut termasuk kepada jenis variabel penelitian kuantitatif. Dalam penelitian ini digunakan dua variabel, yaitu *filler* serbuk marmer dan pengujian STOA dan LTOA sebagai variabel bebas dan karakteristik *marshall* sebagai variabel terikat. Dengan penggunaan *filler* serbuk marmer pada lapisan aspal beton lapis aus (AC-WC) dan juga dilakukannya pengujian STOA dan LTOA pada benda uji menyebabkan terpengaruhnya data karakteristik *marshall* yang didapatkan.

4.5 Analisa Data

Dari data hasil penelitian di laboratorium dihitung karakteristik campuran aspal yang terdiri dari Stabilitas, *Flow*, *Void in Mixture* (VIM), *Void in Mineral Aggregates* (VMA), *Void Filled with Asphalt* (VFA), dan *MQ* yang kemudian di analisis hubungan penuaan aspal terhadap hasil pengujian *Marshall Test*.