

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Aspal Beton

Aspal beton adalah jenis perkerasan jalan yang terdiri dari agregat dan aspal, dengan atau tanpa bahan tambah (*additive*) yang dicampur dengan suhu tertentu. Campuran aspal beton memiliki sifat stabilitas, durabilitas, fleksibilitas, tahan terhadap geser, tahan terhadap kelelahan, kedap air dan mudah dilaksanakan.

Menurut Bina Marga (2010) aspal beton dapat dibedakan berdasarkan suhu pencampuran dan fungsinya. Berdasarkan temperatur ketika mencampur dan memadatkan campuran, aspal beton dapat dibedakan menjadi tiga macam yaitu aspal beton campuran panas (*hotmix*), aspal beton campuran sedang (*warm mix*) dan aspal beton campuran dingin (*cold mix*). Kemudian berdasarkan fungsinya, aspal beton dapat dibedakan menjadi aspal beton untuk lapisan aus (*wearing course*), aspal beton untuk lapisan pondasi (*binder course*) dan aspal beton untuk pembentuk dan perata lapisan aspal beton yang sudah lama.

Menurut Bina Marga (2010) jenis aspal beton campuran panas (*hotmix*) dapat dibedakan sebagai berikut.

1. Lapis tipis aspal pasir (Latasir), adalah aspal beton untuk jalan dengan lalu lintas ringan. Lapisan ini khusus mempunyai ketahanan alur (*rutting*) rendah, oleh karena itu tidak diperkenankan digunakan untuk daerah berlalu lintas berat atau daerah tanjakan.
2. Lapis tipis aspal beton (Lataston), adalah aspal beton bergradasi senjang. Lataston biasa disebut dengan HRS (*Hot Rolled Sheet*). Karakteristik aspal beton yang terpenting pada campuran ini adalah durabilitas dan fleksibilitas.
3. Lapis aspal beton (Laston), adalah aspal beton bergradasi menerus yang umum digunakan untuk jalan dengan beban lalu lintas berat. Laston dikenal dengan nama AC (*Asphalt Concrete*). Karakteristik aspal beton yang terpenting pada campuran ini adalah stabilitas.

3.2 Lapisan Laston Asphalt Concrete – Wearing Course (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). Karena sifat penyebaran beban, maka beban yang diterima oleh masing-masing lapisan berbeda dan semakin kebawah semakin besar. Lapisan yang paling atas disebut lapisan permukaan dimana lapisan permukaan ini harus mampu menerima seluruh jenis beban yang bekerja. Oleh karena itu lapisan permukaan mempunyai fungsi sebagai berikut :

1. Lapis perkerasan penahan beban roda, harus mempunyai stabilitas tinggi untuk menahan beban roda selama masa pelayanan.
2. Lapis kedap air, sehingga air hujan yang jatuh diatasnya tidak meresap ke lapisan dibawahnya dan melemahkan lapisan-lapisan tersebut.

3.3 Penyusun Campuran Perkerasan Laston Asphalt Concrete *Wearing Course (AC-WC)*

3.3.1 Agregat

Agregat merupakan sekumpulan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lainnya, baik berupa hasil alam atau buatan. Agregat yang dipakai dalam campuran laston lapis aus harus memenuhi persyaratan yang tercantum pada Tabel di bawah ini yang mencakup persyaratan agregat.

Agregat yang digunakan harus memenuhi persyaratan seperti tercantum dalam Tabel 3.1, Tabel 3.2 dan Tabel 3.3.

Tabel 3.1 Persyaratan Pemeriksaan Agregat Kasar

No	Pengujian	Standar	Syarat
1	Kekekalan bentuk terhadap natrium sulfat	SNI 3407:2008	Maks. 12%

Lanjutan Tabel 3.1 Persyaratan Pemeriksaan Agregat Kasar

No	Pengujian	Standar	Syarat
2	Keausan dengan mesin <i>Los Angeles</i>	SNI 2417:2008	Maks. 30%
3	Kelekatan agregat terhadap aspal	SNI 2439:2011	Min. 95%
4	Material lolos ayakan no.200	SNI 03-4142-1996	Maks. 2%

Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga (2010)

Tabel 3.2 Persyaratan Pemeriksaan Agregat Halus

No	Pengujian	Standar	Syarat
1	Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1997	Min. 60%
2	Angularitas dengan uji kadar rongga	SNI 03-6877-2002	Min. 45
3	Gumpalan lempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat	SNI 03-4141-1996	Maks. 1%
4	Agregat lolos ayakan no.200	SNI ASTM C117:2012	Maks. 10%

Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga (2010)

Tabel 3.3 Gradasi Agregat Gabungan untuk Campuran Aspal

Ukuran Ayakan (mm)	% Berat yang Lolos		
	Laston (AC)		
	WC	BC	Base
37,5	-	-	100
25	-	100	90-100
19	100	90-100	76-90
12,5	90-100	75-90	60-78
9,5	77-90	66-82	52-71
4,75	53-69	46-64	35-54
2,36	33-53	30-49	23-41
1,18	21-40	18-38	13-30
0,6	14-30	12-28	10-22
0,3	9-22	7-20	6-15

Lanjutan Tabel 3.3 Gradasi Agregat Gabungan untuk Campuran Aspal

Ukuran Ayakan (mm)	% Berat yang Lolos		
	Laston (AC)		
	WC	BC	Base
0,15	6-15	5-13	4-10
0,075	4-9	4-8	3-7

Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga (2010)

3.3.2 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). Pada penelitian ini menggunakan aspal penetrasi 60/70 dengan persyaratan dapat dilihat pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Pengujian dan Persyaratan Aspal Keras AC 60/70

No	Pengujian	Standar	Syarat
1	Penetrasi pada 25°C (0,1 mm)	SNI 06-2456-1991	60 - 70
2	Titik Lembek (°C)	SNI 2434:2011	≥ 48
3	Daktalitas pada 25°C, (cm)	SNI 2432:2011	≥ 100
4	Titik Nyala (°C)	SNI 2433:2011	≥ 232
5	Berat Jenis	SNI 2441:2011	≥ 1,0
6	Berat yang Hilang (%)	SNI 06-2441-1991	≤ 0,8
7	Kelarutan dalam Trichloroethylene (%)	ASSHTO T44-03	≥ 99

Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga (2010)

Kadar aspal optimum dapat ditentukan salah satunya dengan cara *Marshall* terhadap benda uji dengan jumlah tumbukan yang disesuaikan dengan klasifikasi lalu lintas. Berikut persyaratan untuk menentukan kadar aspal optimum terlihat pada Tabel 3.5

Tabel 3.5 Persyaratan Campuran Laston

Sifat - Sifat Campuran		Laston		
		Lapis Aus	Lapis Antara	Pondasi
Jumlah Tumbukan Per Bidang		75		112
Rasio partikel lolos ayakan 0,075 mm dengan kadar aspal efektif	Min	1		
	Maks	1,4		
Rongga Dalam Campuran (%)	Min	3		
	Maks	5		
Rongga Dalam Agregat (VMA) (%)	Min	15	14	13
Rongga Terisi Aspal (%)	Min	65	65	65
Stabilitas <i>Marshall</i> (Kg)	Min	800		1800
Pelelehan (mm)	Min	2		3
	Maks	4		6
<i>Marshall</i> Quotient (Kg/mm)	Min	250		300
Stabilitas <i>Marshall</i> Sisa (%) Setelah Perendaman Selama 24 Jam, 60 C	Min	90		
Rongga Dalam Campuran (%) Pada Kepadatan Membal (Refusal)	Min	2		
Stabilitas Dinamis, Lintasan / mm	Min	2500		

Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga (2010)

3.3.3. 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).

3.3.4 Serbuk Ban Karet

Ban Bekas merupakan salah satu bahan buangan dan bekas pakai yang dapat dengan mudah di cari dan ditemukan di setiap daerah di Indonesia dan jumlahnya relative cukup tinggi. Limbah Ban bekas terbuat dari karet sintetis dan karet alam di campur dengan karbon black dan unsur unsur kimia lain seperti silica, resin, anti oksidan, sulfur, paraffin, cobalt, salt, cure accelerators, aktifators, dan di tambah dengan benang dan gabungan kawat baja di mana benang berfungsi sebagai rangka atau tulangan ban.

Benang yang dipakai pada umumnya seperti polyester, rayon atau nilon. Berdasarkan bahan-bahan penyusun utamanya yaitu karet alam dan karet sintetis, 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 (Zachraini, M.R. 2012).

3.4 Pengujian *Marshall*

Metode pengujian *Marshall* dikembangkan oleh Bruce *Marshall* yang bekerja pada Departemen Raya Negeri Bagian Missisipi berkisar 1940-an. Pengujian ini bertujuan untuk mengukur daya tahan (stabilitas) campuran agregat dan aspal terhadap kelelahan plastis (*Flow*).

Alat *Marshall* adalah alat tekan yang dilengkapi dengan *proving ring* (cincin penguji) berkapasitas 22,2 kN atau 5000 lbf dan *Flowmeter* untuk mengukur kelelahan plastis atau *Flow*. Benda uji *Marshall* berbentuk silinder berdiameter 4 inci atau 10,2 cm dan tinggi 2,5 inci atau 6,35 cm (Sukirman, 2003).

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

3.4.1 Berat Jenis Aspal

Berat jenis aspal adalah perbandingan antara berat aspal dan berat air suling dengan isi yang sama pada suhu tertentu. Berat jenis aspal dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan 3.1.

$$BJ = \frac{(C-A)}{(B-A)-(D-C)} \quad (3.1)$$

dengan:

A = Berat piknometer kosong

B = Berat piknometer dan air

C = Berat piknometer dan benda uji

D = Berat piknometer, benda uji dan air

3.4.2 Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat

Agregat total terdiri atas fraksi-fraksi agregat kasar, agregat halus, dan bahan pengisi (*filler*) yang masing-masing mempunyai berat jenis yang berbeda, baik berat jenis kering dan berat jenis semu. Penyerapan terhadap air dan berat jenis efektifnya juga berbeda antara agregat kasar dan agregat halus. Adapun perhitungan dapat menggunakan rumus sebagai berikut

1. Agregat Kasar

a. Berat jenis kering

$$S_d = \frac{A}{(B-C)} \quad (3.2)$$

b. Berat jenis semu

$$S_a = \frac{A}{(A-C)} \quad (3.3)$$

c. Penyerapan air

$$S_w = \left[\frac{B-A}{A} \times 100\% \right] \quad (3.4)$$

d. Berat jenis efektif

$$BJ \text{ efektif} = \frac{S_a + S_d}{2} \quad (3.5)$$

dengan:

S_d = Berat jenis kering

- Sa = Berat jenis semu
- Sw = Penyerapan air
- A = Berat benda uji kering oven
- B = Berat benda uji jenuh kering permukaan
- C = Berat benda uji dalam air

2. Agregat Halus

a. Berat jenis kering

$$S_d = \frac{B_k}{(B+SSD-B_t)} \quad (3.6)$$

b. Berat jenis semu

$$S_a = \frac{B_k}{(B+B_k-B_t)} \quad (3.7)$$

c. Penyerapan air

$$S_w = \left[\frac{SSD-B_k}{B_k} \times 100\% \right] \quad (3.8)$$

d. Berat jenis efektif

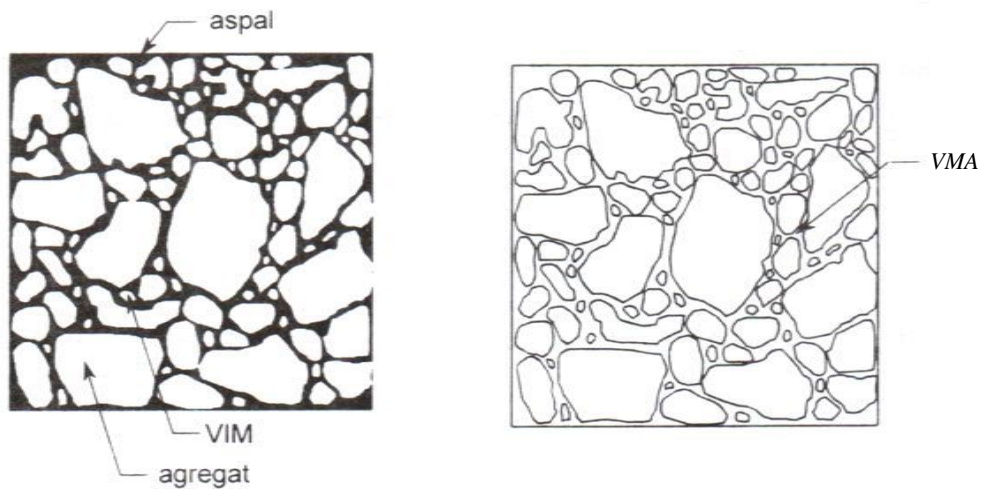
$$BJ \text{ efektif} = \frac{S_a+S_d}{2} \quad (3.9)$$

dengan:

- Sd = Berat jenis kering
- Sa = Berat jenis semu
- Sw = Penyerapan air
- Bk = Berat pasir kering
- B = Berat piknometer + air
- Bt = Berat piknometer + pasir + air
- SSD = Berat pasir kering permukaan

3.4.3 Voids in Mineral Agregate (VMA)

Voids in Mineral Agregate adalah ruang rongga diantara partikel agregat pada suatu perkerasan, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif (tidak terhadap volume aspal yang diserap agregat). *VMA* akan meningkat jika selimut aspal lebih tebal atau agregat yang digunakan bergradasi terbuka.



Gambar 3.1 Ilustrasi Pengertian VMA dan VITM

(Sumber: Sukirman, 2003)

VMA dapat dihitung dengan Persamaan 3.10.

$$VMA = 100 - \frac{(100 - \%aspal) \times \text{berat volume benda uji}}{BJ \text{ Agregat}} \quad (3.10)$$

dengan:

VMA = Rongga udara pada mineral agregat (%)

%Aspal = Kadar aspal terhadap campuran (%)

BJ Agregat = Berat jenis efektif

3.4.4 Voids in Mix (VITM)

Voids in Mix dalam campuran perkerasan beraspal terdiri atas ruang udara diantara partikel agregat yang terselimuti aspal. *VITM* dapat dihitung dengan Persamaan 3.11.

$$VITM = 100 - \frac{100 \times \text{berat volume benda uji}}{BJ \text{ max teoritis}} \quad (3.11)$$

Berat jenis maksimum teoritis dapat dihitung dengan Persamaan 3.12.

$$BJ = \frac{100}{\frac{\%agregat}{BJ \text{ agregat}} + \frac{\%aspal}{BJ \text{ aspal}}} \quad (3.12)$$

dengan:

VITM = Rongga udara pada campuran setelah pemadatan (%)

BJ teoritis = Berat jenis campuran maksimum teoritis setelah pemadatan (gr/cc)

3.4.5 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. *VFWA* dapat dihitung dengan Persamaan 3.13.

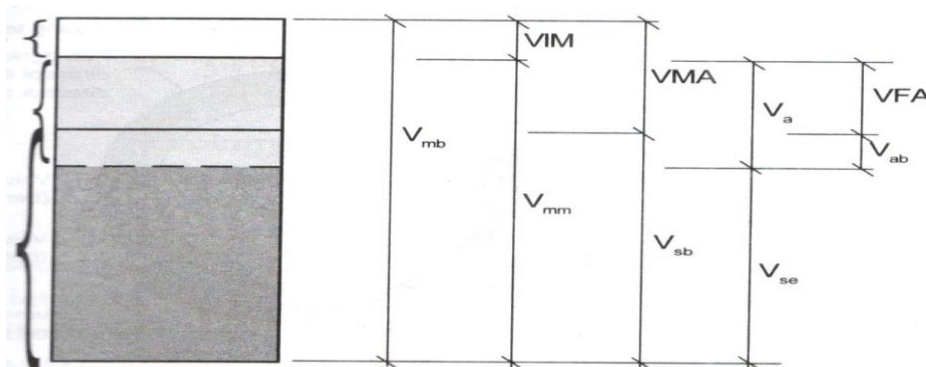
$$VFWA = 100 \times \frac{(VMA - VITM)}{VMA} \quad (3.13)$$

dengan:

VFWA = Rongga udara terisi aspal (%)

VMA = Rongga udara pada mineral agregat (%)

VITM = Rongga udara pada campuran setelah pemadatan (%)



Gambar 3.2 Skematis Jenis Volume Beton Aspal

(Sumber: Sukirman, 2003)

3.4.6 Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan suatu perkerasan untuk menahan deformasi atau perubahan yang disebabkan oleh beban lalu lintas. Nilai stabilitas didapat dari pembacaan arloji stabilitas yang kemudian dikalibrasi dengan *proving ring* dan dikoreksi tebal benda uji. Angka stabilitas dapat diperoleh dengan menggunakan Persamaan 3.14.

$$S = p \times q \quad (3.14)$$

dengan:

S = Angka stabilitas

p = Pembacaan arloji x kalibrasi alat

q = Angka koreksi tebal benda uji

3.4.7 Kelelehan (*Flow*)

Nilai *Flow* ditunjukkan oleh jarum arloji pembacaan *Flow* pada alat *Marshall*. Untuk arloji pembacaan *Flow*, nilai yang didapat sudah dalam satuan mm, sehingga tidak perlu dikonversi lebih lanjut.

3.4.8 *Marshall Quotient*

Marshall Quotient adalah perbandingan antara stabilitas dengan kelelehan plastis (*Flow*) yang digunakan sebagai pendekatan terhadap tingkatan kekakuan campuran. Campuran dengan stabilitas tinggi dan kelelehan plastis yang rendah akan menghasilkan nilai *MQ* yang tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa campuran tersebut kaku, sehingga perkerasan mudah mengalami perubahan bentuk jika mengalami beban lalu lintas. Sebaliknya, campuran dengan stabilitas yang rendah dengan kelelehan plastis tinggi akan menghasilkan *MQ* rendah, sehingga cenderung plastis dan tidak stabil'. *Marshall Quotient* dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.15.

$$MQ = \frac{MS}{MF} \quad (3.15)$$

dengan:

MQ = *Marshall Quotient* (kg/mm)

MS = *Marshall Stability* (kg)

MF = *Flow Marshall* (mm)

3.5 Pengujian Indirect Tensile Strength (*ITS*)

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). Menurut Rustanto yang dikutip oleh Sunarjono (2012), campuran penyusun lapisan perkerasan yang baik dapat menahan beban maksimum, sehingga dapat mencegah terjadinya retakan.

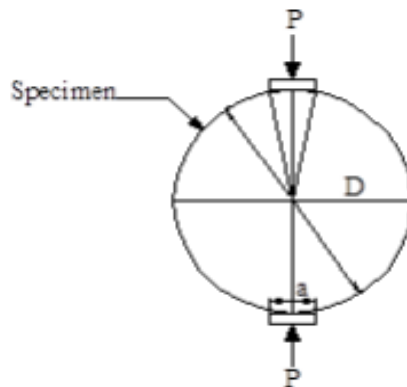
Retak yang disebabkan oleh pengulangan beban menyebabkan adanya gaya tarik yang dialami campuran beton aspal. Berbeda dengan beban tekan yang secara empiris dapat diperoleh dengan pengujian *Marshall* secara langsung. Besarnya beban tarik tidak dapat dilakukan pengujian secara langsung dengan *Marshall*, namun metode yang paling sesuai untuk mengetahui gaya tarik dari campuran aspal adalah dengan menggunakan metode Indirect Tensile Strength Test di laboratorium (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).

Menurut Sunarjono (2012), kerusakan pada perkerasan jalan akibat beban berulang kendaraan terjadi secara bertahap atau setahap demi setahap. Saat suatu perkerasan jalan menerima beban lalu lintas di atasnya, maka material lapisan permukaan bagian atas mendapatkan gaya tekan sedangkan material bagian bawah mendapat gaya tarik.

Beban roda kendaraan yang berhenti atau bergerak di atas struktur perkerasan akan menimbulkan gaya tekan ke bawah sehingga lapisan akan terjadi lendutan. Jika lapisan melendut, maka lapisan bagian atas terjadi gaya tekan dan sebaliknya lapisan bagian bawah terjadi gaya tarik. Akibat gaya tarik yang terjadi pada lapisan bagian bawah akan mengakibatkan retak, bila lapisan cukup tebal (>20cm) retak terjadi dari atas merambat ke bawah, dan bila lapisan tidak tebal (<20cm) retak terjadi dari bawah merambat ke atas.

Beban yang diberikan pada uji kuat tarik tidak langsung ini berupa strip (*Loading Strip*) dari bahan baja selebar 12,7 mm (0,5 in) dengan lanju 51 mm / menit (2 in/menit). Pembebanan dilakukan dengan menggunakan alat penekan *Marshall* (ASTM D 4123, 1989). Untuk lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 3.4 berikut.



Gambar 3.3 Uji Kuat Tarik Tidak Langsung

(Sumber: ASTM D 4123, 1989)

Menurut AASHTO T 283-89 nilai kuat tarik tidak langsung dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.16.

$$St = \frac{2 \times P_{\max}}{\pi \times d \times h} \quad (3.16)$$

dengan:

St = Nilai kuat tarik secara tidak langsung (kg/cm²)

Pmax = Beban maksimum (kg)

h = Tinggi benda uji (cm)

d = Diameter benda uji (cm)

3.6 Pengujian *Cantabro*

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan ketahanan benda uji terhadap keausan dengan menggunakan mesin *Los Angeles*. Benda uji yang didiamkan selama

48 jam pada suhu ruang dan minimal 6 jam sebelum pengujian suhu harus dijaga berada pada suhu ruang. Sebelum benda uji dimasukkan kedalam drum mesin *Los Angles* terlebih dahulu ditimbang untuk mendapatkan berat sebelum diabrasi (M_o). Selanjutnya benda uji dimasukkan ke drum mesin *Los Angles* tanpa bola baja. Mesin *Los Angles* kemudian dijalankan dengan kecepatan antara 30-33 rpm sebanyak 300 putaran. Setelah selesai benda uji dikeluarkan dan ditimbang dengan berat setelah *abrasi* (M_i), perhitungan kehilangan berat dapat dilihat pada Persamaan 3.17 berikut.

$$L = \frac{M_o - M_i}{M_o} \times 100\% \quad (3.17)$$

dengan:

M_o = Berat sebelum diabrasi (gr),

M_i = Berat setelah diabrasi (gr), dan

L = Persentase kehilangan berat (%).

3.7 Analisis Statistik

Dalam penelitian ini, data hasil pengujian akan dianalisis menggunakan statistik. Kegunaan statistik dalam penelitian bermacam-macam, yaitu sebagai alat untuk penentuan sampel, pengujian validitas dan reliabilitas instrumen, penyajian data dan analisis data. Analisis data lebih difokuskan untuk menjawab rumusan masalah dan menguji hipotesis penelitian yang diajukan (Sugiyono, 2010).

3.7.1 Uji Hipotesis

Pengertian hipotesis memiliki perbedaan menurut statistik dan penelitian. Dalam statistik, hipotesis dapat diartikan sebagai pernyataan statistik tentang parameter populasi. Sedangkan dalam penelitian, hipotesis diartikan sebagai jawaban sementara terhadap rumusan masalah penelitian. Rumusan masalah tersebut bisa berupa pernyataan tentang hubungan dua variabel atau lebih, perbandingan (*komparasi*) atau variabel mandiri (*deskripsi*) (Sugiyono, 2010).

Dalam penelitian terdapat dua macam hipotesis, yaitu hipotesis nol dan alternatif. Hipotesis nol menyatakan “tidak ada”, tetapi bukan tidak adanya perbedaan antara populasi dan data sampel, tetapi bisa berbentuk tidak adanya hubungan antara satu variabel dengan variabel lain, tidak adanya perbedaan antara satu variabel atau lebih pada populasi/sampel yang berbeda dan tidak adanya perbedaan antara yang diharapkan dengan kenyataan pada satu variabel atau lebih untuk populasi atau sampel yang sama. Selanjutnya hipotesis alternatif adalah lawannya hipotesis nol (Sugiyono, 2010).

Dalam penelitian ini dilandasi oleh suatu hipotesis. Ditolak atau diterimanya hipotesis ditentukan oleh hasil akhir penelitian. Jadi penelitian ini bisa saja sesuai dengan hipotesis atau berbeda dengan perkiraan hipotesis yang dibuat.

3.7.2 *T-test*

Menurut Sugiyono (2010) *Test-t* atau *T-test* adalah statistik parametris yang digunakan untuk menguji hipotesis komparatif rata-rata dua sampel bila datanya berbentuk interval atau ratio. *T-test* dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu sebagai berikut.

1. *T-test* korelasi, merupakan teknik statistik untuk menguji hipotesis komparatif yang biasanya terdapat dalam desain penelitian eksperimen. Sebagai contoh dalam membuat perbandingan kemampuan kerja pegawai sebelum dilatih dengan yang sudah dilatih, membandingkan nilai *pretest* dan *posttest* dan membandingkan kelompok eksperimen dan kelompok kontrol
2. *T-test* independen, merupakan teknik statistik untuk menguji hipotesis komparatif dengan sampel yang tidak berkaitan satu sama lain.

Rumusan *T-test* yang digunakan untuk menguji hipotesis komparatif dua sampel yang berkorelasi ditunjukkan dengan Persamaan 3.18 sebagai berikut.

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2} - 2r\left(\frac{s_1}{\sqrt{n_1}}\right)\left(\frac{s_2}{\sqrt{n_2}}\right)}} \quad (3.18)$$

dengan:

\bar{x}_1 = Rata-rata sampel 1

\bar{x}_2 = Rata-rata sampel 2

- s_1 = Simpangan baku sampel 1
- s_2 = Simpangan baku sampel 2
- s_1^2 = Varians sampel 1
- s_2^2 = Varians sampel 2
- r = Korelasi antara dua sampel

3.7.3 One Way ANOVA

ANOVA adalah singkatan dari *Analysis of Variance* yang merupakan sebuah analisis statistik yang digunakan untuk menguji hipotesis komparatif rata-rata k sampel bila datanya berbentuk interval atau ratio (Sugiyono, 2010). Menurut Sugiyono (2010) terdapat dua jenis analisis varians yaitu sebagai berikut.

1. Analisis varians klasifikasi tunggal (*Single Classification*), yang sering disebut ANOVA satu jalan digunakan untuk menguji hipotesis komparatif rata-rata k sampel bila pada setiap sampel hanya terdiri atas satu kategori.
2. Analisis varians klasifikasi ganda (*Multiple Classification*), digunakan untuk menguji hipotesis komparatif rata-rata k sampel bila pada setiap sampel terdiri atas dua atau lebih kategori.

Pada penelitian ini akan menggunakan analisis varians klasifikasi tunggal atau biasa disebut *One Way ANOVA*. Berikut langkah-langkah yang diperlukan untuk pengujian hipotesis dengan *one way ANOVA* yaitu sebagai berikut.

- a Menghitung jumlah kuadrat total (JK_{tot}) dengan menggunakan Persamaan 3.19.

$$JK_{tot} = \sum X_{tot}^2 - \frac{(\sum X_{tot})^2}{N} \quad (3.19)$$

dengan:

N = Jumlah seluruh anggota sampel

- b Menghitung jumlah kuadrat antar kelompok (JK_{ant}) dengan menggunakan Persamaan 3.19.

$$JK_{ant} = \sum \frac{(\sum x_{kel})^2}{n_{kel}} - \frac{(\sum x_{tot})^2}{N} \quad (3.20)$$

- c Menghitung jumlah kuadrat dalam kelompok (JK_{dal}) dengan menggunakan Persamaan 3.20.

$$JK_{dal} = JK_{tot} - JK_{ant} \quad (3.21)$$

d Menghitung *Mean* kuadrat antar kelompok (MK_{ant}) dengan menggunakan Persamaan 3.21.

$$MK_{ant} = \frac{JK_{ant}}{m-1} \quad (3.22)$$

e Menghitung *Mean* kuadrat dalam kelompok (MK_{dal}) dengan menggunakan Persamaan 3.22.

$$MK_{dal} = \frac{JK_{dal}}{N-m} \quad (3.23)$$

f Menghitung F hitung (F_{hit}) dengan menggunakan Persamaan 3.23.

$$F_{hit} = \frac{MK_{ant}}{MK_{dal}} \quad (3.24)$$

g Membandingkan harga F hitung dengan F Tabel dengan dk pembilang ($m-1$) dan dk penyebut ($N-1$). Harga F hasil perhitungan tersebut selanjutnya disebut F hitung (F_h), yang berdistribusi F dengan dk pembilang ($m-1$) dan dk penyebut ($N-1$) tertentu. Ketentuan pengujian hipotesis: bila harga F hitung lebih kecil atau sama dengan harga F Tabel ($F_h \leq F_t$) maka H_0 diterima dan H_a ditolak, sebaliknya bila $F_h > F_t$, maka H_a diterima dan H_0 ditolak.

h Membuat kesimpulan pengujian hipotesis: H_0 diterima atau H_0 ditolak.

Untuk memudahkan perhitungan dalam rangka pengujian hipotesis dengan *one way ANOVA*, maka harga-harga yang telah diperoleh dari perhitungan di atas perlu disusun ke dalam Tabel ringkasan ANOVA yang bisa dilihat pada Tabel 3.7 sebagai berikut.

Tabel 3.6 Ringkasan ANOVA untuk Menguji Hipotesis k Sampel

SV	dk	Jumlah Kuadrat (JK)	MK	F_h	F_t	Kep
tot	$N-1$	$\Sigma X_{tot}^2 - \frac{(\Sigma X_{tot})^2}{N}$		$\frac{MK_{ant}}{MK_{dal}}$	Tabel F	$F_h > F_t$ Ha diterima
ant	$m-1$	$\Sigma \frac{(\Sigma X_{kel})^2}{n_{kel}} - \frac{(\Sigma X_{tot})^2}{N}$	$\frac{JK_{ant}}{m-1}$			
dal	$N-m$	$JK_{tot} - JK_{ant}$	$\frac{JK_{dal}}{N-m}$			

Sumber: Sugiyono (2010)