


Perpustakaan Usbypkp

MOCH FAHMY H

 Lecture -- no repository 032

 Lecture

 Gambella University

Document Details

Submission ID

trn:oid::1:3160575088

Submission Date

Feb 20, 2025, 5:35 AM GMT+2

Download Date

Feb 20, 2025, 5:37 AM GMT+2

File Name

TUGAS_AKHIR_MOCH_FAHMY_H_2112201115_YOWW_GOWKEUN_NU_SAENAAA.docx

File Size

1.3 MB

78 Pages




11,601 Words

71,281 Characters

20% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Top Sources

- 19%  Internet sources
 - 4%  Publications
 - 8%  Submitted works (Student Papers)
-

Top Sources

19% Internet sources
 4% Publications
 8% Submitted works (Student Papers)

Top Sources

The sources with the highest number of matches within the submission. Overlapping sources will not be displayed.

1	Internet	rekayasainfrastruktur.unwir.ac.id	2%
2	Internet	docplayer.info	2%
3	Internet	ebook.itenas.ac.id	1%
4	Internet	123dok.com	<1%
5	Internet	repository.its.ac.id	<1%
6	Internet	repository.upi.edu	<1%
7	Internet	eprints.polsri.ac.id	<1%
8	Student papers	Sriwijaya University	<1%
9	Internet	text-id.123dok.com	<1%
10	Internet	moam.info	<1%
11	Student papers	Universitas Andalas	<1%

12	Internet	journals.itb.ac.id	<1%
13	Internet	ejurnal.untag-smd.ac.id	<1%
14	Internet	repository.upstegal.ac.id	<1%
15	Internet	pt.scribd.com	<1%
16	Student papers	Universitas Merdeka Malang	<1%
17	Internet	es.scribd.com	<1%
18	Internet	www.scribd.com	<1%
19	Student papers	Syntax Corporation	<1%
20	Internet	repository.ump.ac.id	<1%
21	Student papers	Universitas Negeri Medan	<1%
22	Internet	etheses.uin-malang.ac.id	<1%
23	Internet	repository.umy.ac.id	<1%
24	Student papers	LL Dikti IX Turnitin Consortium	<1%
25	Student papers	Sultan Agung Islamic University	<1%

26	Internet	repository.unibos.ac.id	<1%
27	Internet	simoehch.blogspot.com	<1%
28	Internet	repository.ub.ac.id	<1%
29	Student papers	Binus University International	<1%
30	Internet	eprints.itenas.ac.id	<1%
31	Internet	jurnal.uns.ac.id	<1%
32	Student papers	Universitas Muhammadiyah Yogyakarta	<1%
33	Internet	sehati.uim.ac.id	<1%
34	Internet	eprints.itn.ac.id	<1%
35	Publication	Prawesthi, Widya Ayu. "Analisis Faktor Penyebab Kerusakan Jalan Pada Persimpa...	<1%
36	Internet	www.kerajinankreatif.com	<1%
37	Student papers	Universitas Muhammadiyah Purwokerto	<1%
38	Internet	digilib.unila.ac.id	<1%
39	Internet	aliftryhartono.blogspot.com	<1%

40	Internet	dspace.uui.ac.id	<1%
41	Internet	gentanews.id	<1%
42	Internet	nanopdf.com	<1%
43	Internet	sipil.polimdo.ac.id	<1%
44	Publication	Putra, Reno Ferizqo Andika. "Analisis Pemilihan Alternatif Penanganan Kerusaka...	<1%
45	Student papers	UIN Maulana Malik Ibrahim Malang	<1%
46	Student papers	Universitas Pelita Harapan	<1%
47	Internet	pdfcoffee.com	<1%
48	Publication	Efraim Bunga, Alpius Alpius, Louise Elizabeth Radjawane. "PEMANFAATAN BATU ...	<1%
49	Student papers	Universitas Bung Hatta	<1%
50	Internet	eprints.uty.ac.id	<1%
51	Internet	idoc.pub	<1%
52	Internet	id.123dok.com	<1%
53	Internet	repository.umsu.ac.id	<1%

54	Internet	slideplayer.info	<1%
55	Publication	Dwi Kartikasari, Sugeng Dwi Hartantyo. "PENGANTIAN FILLER DENGAN FLY ASH ...	<1%
56	Internet	dspace.umkt.ac.id	<1%
57	Student papers	Politeknik Negeri Bandung	<1%
58	Internet	qdoc.tips	<1%
59	Internet	www.sehatq.com	<1%
60	Student papers	Universitas Diponegoro	<1%
61	Internet	adoc.pub	<1%
62	Internet	binamarga.pu.go.id	<1%
63	Internet	eprints.ums.ac.id	<1%
64	Internet	haslianecivil.blogspot.com	<1%
65	Internet	klik-madu.com	<1%
66	Internet	repository.ar-raniry.ac.id	<1%
67	Internet	vdocuments.pub	<1%

68

Publication

I.D.M.A. Karyawan, N.N. Kencanawati, H. Hariyadi, H. Hasyim, R. Rohani. "Karakte... <1%

69

Internet

auto2000.co.id <1%

70

Publication

Sahrul Sahriawan. "TINJAUAN KINERJA PENINGKATAN KAPASITAS STRUKTUR JALA... <1%

71

Internet

riananddrey50.blogspot.com <1%

13

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Lintasan yaitu sebuah sarana kendaraan tanah yang memiliki fungsi krusial dalam pertumbuhan suatu daerah. Guna mendukung lancarnya pergerakan transportasi diperlukan prasarana yang berkualitas dengan merencanakan kualitas jalan yang diinginkan sehingga tahan terhadap kerusakan yang timbul dipermukaan jalan akibat gesekan beban roda kendaraan yang lewat diatasnya serta dipengaruhi oleh cuaca. Untuk meningkatkan kinerja campuran Dibutuhkan perancangan komposisi bitumen yang kokoh, awet, memiliki tingkat ketahanan yang besar serta resistan terhadap perubahan bentuk plastis yang terjadi.

Perencanaan perkerasan, yang perlu diperhatikan adalah mutu dan kualitas dari bahan penyusun lapisan permukaan lintasan yang mematuhi ketentuan yang telah ditetapkan sehingga mampu memberikan kinerja yang baik. Indonesia merupakan Negara iklim tropis dan sebagian besar menggunakan jalan beraspal yakni gabungan antara material bertekstur kontinu dan bitumen sebagai elemen perekat serta dipakai pada lapisan atas struktur bitumen. Akan tetapi campuran jalan beraspal sering mengalami kegagalan, penyebab kegagalan salah satunya adalah air. etika terdapat cairan yang menyusup ke dalam ruang yang terdapat pada susunan komposisi lintasan bitumen, sehingga kombinasi tersebut mengalami keausan. Dibutuhkan suatu inovasi formulasi jalan aspal guna memperkuat, meningkatkan daya tahan guna mengurangi kerusakan dari aspal tersebut, salah satunya yaitu dengan percobaan menggunakan zat tertentu seperti *epoxy resin*.

36

Diketahui bahwa sifat tahan banting dan elastisitas *epoxy resin* yang melebihi resin-resin lain ini membuatnya populer dalam bidang Perlindungan seperti produksi Kevlar, kristal tahan peluru, industri

perkapalan, dan lainnya sehingga bisa dikatakan *epoxy resin* itu *waterproof* dan kuat. Maka dari itu saya tertarik untuk bereksperimen menggabungkan Aspal dengan Epoxy Resin, Harapan saya dengan menggabungkan kedua elmen tersebut dapat menghasilkan aspal yang kuat, tahan beban, dan waterproof.

1.2. Rumusan Masalah

Menurut latar belakang isu tersebut, disusun kendala sebagai berikut:

- a. Bagaimana pengaruh penambahan campuran *epoxy resin* pada karakteristik aspal pen 60/70 ?
- b. Berapa perbandingan campuran *epoxy resin* yang memiliki kualitas paling baik untuk aspal pen 60/70 ?

1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

Tujuan riset ialah:

1. Menguji bitumen pen 60/70 selaras dengan kriteria bitumen keras.
2. Melakukan penggabungan bitumen pen 60/70 bersama bahan aditif *epoxy resin*.
3. Membuat benda uji.
4. Menguji aspal resin sesuai dengan parameter aspal modifikasi.
5. Melakukan perhitungan dan perbandingan aspal pen 60/70 aspal *epoxy resin*.

Sedangkan sasaran dari pembuatan kajian ini ialah:

- a. Guna memahami dampak bitumen pen 60/70 dengan bahan tambah *epoxy resin*.
- b. Mengetahui nilai dari aspal pen 60/70 yang di campurkan *epoxy resin*, serta mendapatkan persentase yang paling optimum

1.4 Manfaat Penelitian

Sedangkan keuntungan dari pembuatan kajian ini ialah:

- a. Bisa digunakan sebagai materi inovasi terbaru dari bahan campuran perkerasan jalan beraspal.
- b. Dapat dijadikan bahan penelitian selanjutnya atau dikembangkan yang berkaitan dengan perkerasan jalan beraspal.
- c. Dapat digunakan sebagai masukan, referensi maupun evaluasi dalam perancangan perkerasan jalan.

1.5 Batasan Masalah

Sedangkan lingkup permasalahan pada penilaian ini adalah:

1. Bahan aditif yang dipakai dalam tes ini ialah resin
2. Peninjauan ini hanya terbatas pada pencampuran aspal dengan *epoxy resin*
3. Pengujian ini mengacu kepada Spesifikasi Khusus Interim Tahun 2018.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Jalan

Peraturan Negara Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2004 menegaskan bahwa jalur merupakan suatu prasarana mobilitas yang meliputi seluruh segmen ruas, mencakup konstruksi penunjang serta sarana pendukungnya, yang ditujukan bagi pergerakan kendaraan, baik yang terletak di atas daratan, di bawah tanah dan/atau perairan, maupun di atas permukaan samudra, kecuali lintasan kereta api, trek lori, serta jalur penghantar listrik. Lintasan memiliki peran krusial, terutama dalam mewujudkan keseimbangan perkembangan antar daerah, distribusi merata output konstruksi, serta peningkatan ketahanan dan stabilitas nasional guna mewujudkan pengembangan bangsa..

Merujuk pada Peraturan Pemerintah Nomor 34 Tahun 2006 terkait Jalur, dijelaskan bahwa manajemen ruas yang sistematis dan menyeluruh harus memperhitungkan jalan sebagai suatu entitas terpadu yang menyatukan serta mengintegrasikan pusat-pusat aktivitas. Dalam konteks ini, dikenal struktur jalur utama dan struktur jalur pendukung. Pada setiap struktur jalur, dilakukan klasifikasi jalan berdasarkan fungsi, kedudukan, dan kategori jalan. Klasifikasi jalan menurut kedudukan memberikan otoritas kepada Pemerintah untuk mengelola jalur dengan cakupan nasional, sedangkan pemerintah lokal memiliki tanggung jawab dalam mengatur ruas di daerahnya, selaras dengan kaidah-kaidah desentralisasi regional.

2.1.1 Perkerasan Jalan Raya

Struktur jalan ialah lapisan penutup yang berada di antara permukaan tanah utama dan ban kendaraan, yang berperan memberikan pelayanan kepada sarana transportasi, dan selama masa pelayanannya diharapkan tidak terjadi kerusakan yang berarti. Agar Lapisan permukaan lintasan yang selaras dengan kualitas yang

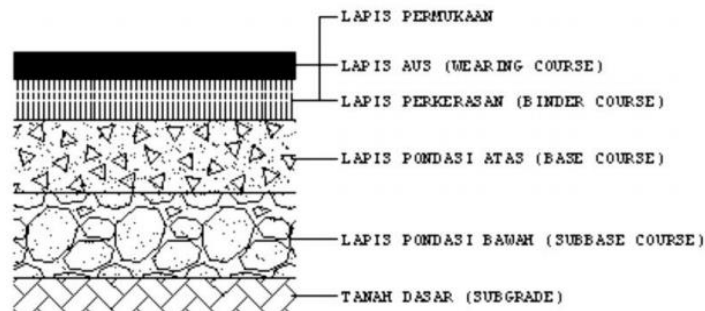
diharapkan, maka pemahaman mengenai karakteristik, pengadaan, dan pemrosesan bahan pembentuk konstruksi jalan amat dibutuhkan. (Silvia Sukirman, 1999).

Menurut komponen komponen serta perekatnya, merujuk pada S. Sukirman (1999), susunan lapisan ruas dapat dikelompokkan menjadi tiga.

- 1) Struktur lapisan fleksibel (perkerasan lentur, yaitu struktur yang memanfaatkan aspal sebagai elemen perekatnya. Setiap lapisan memiliki fungsi menanggung serta menyalurkan beban kendaraan ke tanah dasar.
- 2) Struktur lapisan keras (perkerasan kaku), yaitu lapisan yang memanfaatkan semen (portland cement) sebagai komponen pengikatnya. Pelat beton, baik dengan maupun tanpa tulangan, ditempatkan di atas tanah dasar, dengan atau tanpa lapisan fondasi bawah. Sebagian besar beban kendaraan ditopang oleh pelat beton tersebut.
- 3) Struktur lapisan gabungan (perkerasan komposit), yaitu gabungan dari lapisan kaku dan lapisan fleksibel.

2.1.2 Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Lapisan fleksibel ialah strata yang menggunakan bitumen sebagai komponen perekat, sehingga karakteristik struktur menjadi lebih elastis, memiliki tingkat deformasi yang lebih tinggi, serta dapat bertahan hingga dua dekade dengan memperhitungkan perkembangan volume kendaraan setiap tahun, asalkan proses konstruksi dilakukan dengan baik serta pemakaian bahan sesuai dengan tolok ukur kriteria serta rancangan desain yang diterapkan secara benar. Demikian pula dengan perbaikan/pemeliharaan secara periodik harus selalu dilakukan sebelum diperlukan rekonstruksi yang lebih besar.



Gambar 2.1 : Struktur Lapisan Perkerasan Jalan Lentur

Peran dari setiap lapisan tersebut yakni:

1. Lapis Permukaan.

Lapisan atas merupakan bagian terluar dari struktur perkerasan.

Perannya dapat mencakup:

- a. Konstruktif, yang berperan dalam menopang serta menyalurkan tekanan dari alat transportasi yang ditampung oleh struktur perkerasan, baik tekanan vertikal maupun tekanan horizontal (gaya gesekan).
- b. Non Struktural, dalam hal ini mencakup :

- 1) Lapisan tahan air, memiliki peran dalam menahan penetrasi air ke dalam konstruksi perkerasan yang terletak di bawahnya.
- 2) Menyediakan lapisan yang tetap rata, sehingga alat transportasi dapat bergerak dengan seimbang serta menghadirkan kenyamanan yang optimal.
- 3) Menciptakan lapisan antiselip, sehingga terdapat tingkat daya cengkeram yang memadai untuk memastikan keamanan dalam berkendara.
- 4) Berperan sebagai lapisan abrasi, yaitu komponen yang dapat mengalami erosi dan nantinya dapat diperbarui dengan lapisan segar.

Syarat kekuatan struktural perkerasan jalan

Konstruksi perkerasan dipandanga dari aspek kapasitas dalam menahan serta mendistribusikan tekanan, perlu memenuhi ketentuan sebagai berikut (S. Sukirman, 1999) :

- a. Lapisan dengan ketebalan yang memadai, sehingga mampu mendistribusikan tekanan/muatan dari kendaraan ke lapisan tanah dasar.
- b. Tahan terhadap penetrasi air, sehingga fluida tidak gampang meresap ke lapisan di bawahnya..
- c. Lapisan yang efisien dalam menyalurkan air, sehingga presipitasi yang mengenainya dapat segera tersingkir dengan cepat.
- d. Memiliki daya tahan yang cukup untuk menopang beban tanpa menyebabkan deformasi yang signifikan.

2.2 Klasifikasi berdasarkan fungsi jalan

2.2.1 Jalan Arteri

Digunakan untuk menunjang transportasi utama yang melintasi jarak jauh dengan kecepatan melebihi 60 km/jam. Ruas jalan memiliki lebar di atas 8 meter. Kapasitas jalur arteri umumnya lebih besar dibandingkan dengan rata-rata volume kendaraan yang melintas. Selain itu, jalan arteri juga tidak dapat diganggu dengan kegiatan lokal.

2.2.2 Jalan kolektor

Melayani Moda transportasi dengan jangkauan perjalanan yang menengah, memiliki kecepatan besar dari 40 km/jam serta lebar ruas jalan melebihi 7 meter. Daya tampung jalan kolektor sebanding dengan rata-rata jumlah kendaraan yang

melintas. Seperti jalan arteri, jalan kolektor juga tidak dapat diganggu dengan kegiatan lokal.

2.2.3 Jalan lokal

Merupakan jalan yang digunakan untuk melayani kendaraan dengan jarak tempuh yang dekat dengan kecepatan kendaraan mencapai >40 km/jam dan memiliki lebar jalan sebesar >5m.

2.2.4 Jalan lingkungan

Merupakan jalan yang digunakan untuk melayani kendaraan dengan jarak tempuh yang dekat dan memiliki kecepatan yang rendah.

2.3 Klasifikasi berdasarkan status jalan

2.3.1 Jalan Nasional

Merupakan rute yang menghubungkan ibu kota provinsi. Jalan nasional meliputi:

a. Arteri Primer

b. Kolektor Primer

c. Jalan Tol, serta

d. Jalur Strategis Nasional

2.3.2 Jalan Provinsi

Ruas yang mengaitkan pusat pemerintahan provinsi dengan pusat pemerintahan kabupaten atau kota. Jalur Provinsi mencakup:

a. Kolektor Primer yang menyatukan ibu kota provinsi dengan ibu kota kabupaten ataupun kota

b. Strategis Provinsi

2.3.3 Jalan Kabupaten

Ruas kabupaten ialah jalur yang bisa menyatukan pusat pemerintahan provinsi dengan pusat pemerintahan kabupaten ataupun kota serta antar pusat pemerintahan kecamatan. Ruas kabupaten berfungsi sebagai opsi lain bagi jalur lokal terhadap ruas nasional maupun provinsi. Ruas Kabupaten meliputi:

- a. Jalan kolektor primer
- b. Ruas kolektor primer yang ada pada ruas kabupaten ialah jalur yang tidak tergolong dalam ruas nasional maupun ruas provinsi.
- c. Jalan lokal primer
- d. Jalan lokal primer yang terdapat pada kabupaten merupakan jalan dapat mengaitkan pusat pemerintahan kabupaten dengan pusat pemerintahan kecamatan, menyambungkan pusat pemerintahan kabupaten dengan sentra aktivitas desa, serta menghubungkan pusat pemerintahan kecamatan dengan pusat aktivitas desa.
- e. Jalan sekunder
- f. Jalan sekunder yang terdapat pada jalan kabupaten merupakan jalan yang tidak tergolong dalam jalan provinsi maupun jalan sekunder di dalam kawasan perkotaan.
- g. Jalan strategis kabupaten.

2.3.4 Jalan Kota

Bisa menghubungkan antara pusat pelayanan di dalam kota dengan area perumahan atau lahan perkebunan (persil).

2.3.5 Jalan Desa

Merupakan jalan lingkungan primer dan lokal primer yang tidak termasuk kepada jalan kabupaten pada kawasan

pedesaan. Jalur desa merupakan akses terkecil yang menjadi penghubung antar daerah.

2.4 Klasifikasi berdasarkan kelas jalan yaitu:

- a. Fungsi lalu lintas sebagai kepentingan dalam pengaturan penggunaan jalan
- b. Kemampuan jalan dalam mengenali beban sumbu paling berat serta ukuran kendaraan bermotor.

2.4.1 Pengelompokan jalan berdasarkan kelas jalan terdiri dari:

a. Jalan Kelas I

Ruas Kelas I merupakan lintasan utama serta wilayah yang bisa dilalui oleh alat transportasi bermotor dengan lebar tidak melampaui 2.500 milimeter, panjang tidak melebihi 18.000 milimeter, serta muatan poros yang berbobot lebih dari 10 ton.

b. Jalan Kelas II

Ruas kategori II merupakan lintasan primer, konektor, lokal, serta kawasan hunian sehingga dapat dilewati kendaraan roda empat yang memiliki dimensi lebar tidak melampaui 2.500 mm, serta panjang tidak melebihi 12.000 mm, dan beban sumbu dengan massa tidak melampaui 10 ton. Golongan jalan II dapat dilalui oleh kendaraan peti kontainer.

c. Jalan Kelas III terbagi kepada 3 kelas, yaitu:

• Jalan kelas III A

Ruas kategori III A merupakan lintasan primer serta konektor yang dapat dilalui oleh alat transportasi bermotor maupun kendaraan bermuatan dengan lebar tidak lebih dari 2.500 mm, panjang tidak melebihi 1.800 mm, serta memiliki bobot maksimal 8 ton.

- **Jalan kelas III B**

Ruas tingkatan **III B** adalah jalur pengumpul yang bisa dilewati oleh alat transportasi bermotor ataupun kendaraan yang membawa beban dengan lebar tidak lebih dari 2500 milimeter, dimensi panjang tidak lebih dari 1200 milimeter, serta memiliki berat maksimal 8 ton.

- **Jalan kelas III C**

Ruas kategori **III C** merupakan jalur lokal serta kawasan hunian yang dapat dilalui oleh alat transportasi bermotor maupun kendaraan berbeban dengan lebar tidak melebihi 2.100 mm, panjang tidak melampaui 900 mm, serta memiliki berat maksimum 8 ton.

d. Jalan Kelas Khusus

Ruas Kelas Khusus merupakan jalur utama yang bisa dilewati oleh kendaraan bermotor dengan dimensi lebar lebih dari 2.500 milimeter, panjang melebihi 18.000 milimeter, tinggi maksimum 4.200 milimeter, serta beban sumbu terbesar lebih dari 10 ton.

2.5 Perkerasan Jalan

Permukaan jalan merupakan konstruksi perkerasan yang terletak di antara lapisan tanah pondasi dan roda kendaraan, yang berfungsi dalam mendukung sarana transportasi. Peran perkerasan ialah menanggung beban kendaraan dengan cukup aman serta nyaman, dan sebelum masa pakainya habis, tidak mengalami kerusakan yang signifikan. Berdasarkan Sukirman (2003), agar perkerasan memiliki ketahanan dan daya dukung yang cukup tetapi

tetap efisien, maka lapisan jalan dibuat secara bertingkat. Sesuai dengan Sukirman (1992), menurut jenis material perekatnya, susunan lapisan perkerasan jalan bisa diklasifikasikan sebagai berikut :

1. Susunan perkerasan lentur (*flexible pavement*) terdiri atas sejumlah lapisan yang ditempatkan di atas permukaan tanah, lalu dipadatkan serta memanfaatkan aspal sebagai material perekatnya. Lapisan-lapisan tersebut berperan dalam menanggung beban arus kendaraan dan menyalurkannya ke bagian bawah perkerasan. Pemakaian perkerasan fleksibel bisa menyebabkan terbentuknya *rutting* atau yang disebut jejak roda ketika menerima tekanan berulang. Selain itu, permukaan jalan dapat menjadi tidak rata akibat terjadinya penurunan pada tanah pondasi..
2. Konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*) adalah salah satu jenis perkerasan yang memanfaatkan material agregat serta semen sebagai elemen perekatnya. Lempengan beton, baik yang diperkuat dengan tulangan maupun tanpa tulangan, ditempatkan di atas tanah dasar dengan atau tanpa lapisan pondasi bawah. Pada perkerasan kaku, ketahanan struktur diperoleh dari pelat beton. Umumnya, jenis perkerasan ini diaplikasikan pada jalur dengan volume lalu lintas tinggi, seperti jalan tol. Penerapan perkerasan kaku memiliki keuntungan dalam ketahanan dan memiliki biaya perbaikan yang terbilang rendah. Namun dari tingkat kenyamanan, penggunaan perkerasan beraspal lebih baik dibandingkan dengan jalan beton.
3. Struktur Perkerasan campuran (*composite pavement*) adalah kombinasi dari perkerasan kaku dan perkerasan lentur. Lapisan perkerasan kaku dapat diletakkan di bagian bawah perkerasan. fleksibel, atau sebaliknya.

Berdasarkan fungsi perkerasan jalan ada beberapa macam, yaitu sebagai berikut:

1. Struktural

Menerima beban kendaraan yang diterima dan menyebarkan beban tersebut, Baik tekanan ke bawah maupun tekanan ke samping (gaya gesek). Memiliki ketentuan yang harus diperhatikan, yaitu tahan, mantap, dan seimbang.

2. Non Struktural

- a. Permukaan yang rata, memberikan kenyamanan bagi pengguna kendaraan.
- b. Permukaan yang memiliki daya cengkeram baik, dengan koefisien gesek yang cukup untuk memastikan keselamatan kendaraan.
- c. Berfungsi sebagai lapisan pelindung, yaitu bagian yang bisa mengalami keausan dan dapat diperbarui dengan lapisan baru.

Lapisan permukaan yang ada pada perkerasan memiliki dua jenis lapisan, yaitu:

1. Lapisan Aus (*Wearing Course*)

Lapisan keausan yaitu lapisan permukaan berada di atas lapisan pengikat (*binder course*). Lapisan keausan berperan dalam beberapa hal.:

- a. Melindungi struktur perkerasan dari dampak air
- b. Menyediakan lapisan atas yang rata dan memiliki daya cengkeram.

2. Lapis antara (*Binder Course*)

Lapis perantara merupakan bagian dari lapisan permukaan yang berada di antara lapisan pondasi atas (*base course*) dan lapisan aus (*wearing course*). Lapisan ini berperan dalam fungsi sebagai berikut:

- a. Mengurangi Tegangan

Menanggung tekanan terbesar akibat kendaraan yang melintas, sehingga harus memiliki ketahanan yang memadai.

2.6 Aspal

Bitumen adalah zat perekat material (*viscous cementitious material*), berwarna hitam atau gelap, bertekstur keras maupun setengah keras, yang dapat ditemukan secara alami atau dihasilkan melalui proses manufaktur. Bitumen bisa berbentuk aspal, tar, atau pitch. Aspal dapat diperoleh secara alami atau merupakan residu dari proses penyulingan minyak bumi, tar terbentuk melalui proses kondensasi dalam penyulingan destruktif batu bara, minyak bumi, kayu, ataupun bahan organik lainnya, sedangkan pitch dihasilkan sebagai residu dari penyulingan bertingkat tar. Tar dan pitch tidak ditemukan secara alami, melainkan merupakan hasil dari reaksi kimia. Di antara ketiga jenis bitumen tersebut, hanya aspal yang umum digunakan sebagai bahan utama dalam perkerasan jalan, sehingga istilah bitumen sering kali disamakan dengan aspal. (Silvia Sukirman, 2016).

Aspal memiliki sifat termoplastik, akan melebur ketika terkena panas dan mengeras kembali saat suhu menurun. Karakteristik ini Digunakan dalam konstruksi perkerasan jalan. Proporsi aspal dalam komposisi perkerasan berkisar antara 4 - 10% dari total bobot campuran, atau sekitar 10 - 15% jika dihitung berdasarkan volume keseluruhan campuran.

Aspal ialah material berwarna hitam kecokelatan serta memiliki sifat viskoelastik, sehingga aspal akan melebur ketika dinaikkan ke temperatur tertentu dan akan mengeras kembali ketika suhu turun menurun.

Aspal merupakan hasil pencampuran bitumen dengan minyak bumi, memiliki sifat sebagai perekat yang akan melembek

18

dan Mencair, dimanfaatkan sebagai perekat bagi lapisan permukaan perkerasan lentur yang dikenal dengan aspal keras. Aspal Aspal keras/panas (Asphalt Cement/AC) merupakan aspal yang diaplikasikan dalam kondisi cair dan bersuhu tinggi. Aspal berperan dalam merekatkan batuan agar tetap melekat pada permukaan jalan, baik akibat tekanan kendaraan maupun keberadaan air tergenang. Selain itu, aspal juga berfungsi sebagai lapisan pelindung jalan serta sebagai perekat agregat dan pengisi celah kosong di antara agregat kasar maupun halus.

Kinerja aspal yang diinginkan:

1. Kemudahan saat pelaksanaan
2. Keamanan saat pelaksanaan
3. Tidak terjadi deformasi/alur
4. Tidak terjadi retak

Adapun tuntutan aspal yang ideal, yaitu:

1. Tingkat kaku yang rendah atau viskositas yang memadai
2. Kekakuan tinggi pada saat temperature tinggi
3. Tingkat kekakuan yang rendah ketika suhu berada pada level rendah.
4. Kelekatan terhadap agregat yang tinggi

Berdasarkan sifat aspal yang dapat berubah dalam keadaan temperatur tertentu, aspal memiliki sifat lain yaitu:

1. Aspal memiliki sifat mekanik, sifat mekanis ini dipengaruhi oleh waktu yang memiliki hubungan antara tegangan (*stress*) dan regangan (*strain*). Aspal akan bersifat elastis jika mengalami suatu pembebanan jangka panjang dengan sangat cepat
2. Aspal akan menunjukkan sifat plastis ketika menerima beban yang diberikan sangat lambat dengan jangka waktu yang singkat
3. Aspal merupakan bahan yang termoplastis. Terjadinya suatu

22

22

perubahan suhu yang mengakibatkan konsistensi dan viskositasnya mengalami perubahan. Jika suhu aspal mengalami perubahan yang sangat tinggi maka viskositasnya akan mengalami perubahan menjadi semakin rendah atau semakin cair. Viskositas yang rendah dalam pelaksanaan lapis keras sangatlah menguntungkan karena aspal akan mengikat batuan secara merata dan baik.

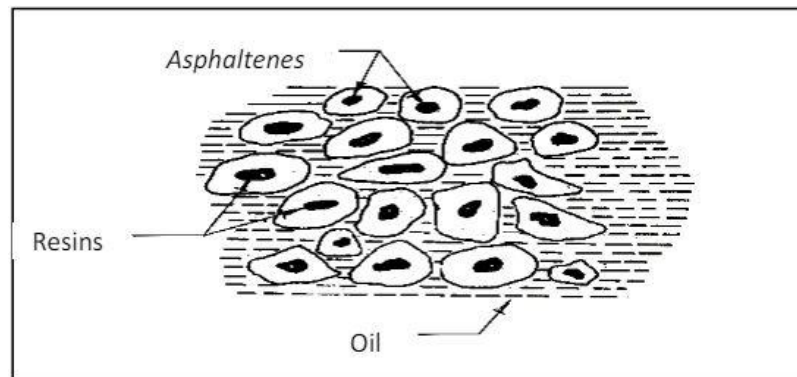
4. Aspal memiliki sifat *thixotropy* dimana tegangan regangan akan terjadi jika dibiarkan begitu saja. Seiring berjalannya waktu akan mengakibatkan aspal menjadi mengeras.

2.6.1 Sifat Kimiawi Aspal

Aspal terdiri dari senyawa hidrokarbon, nitrogen, serta berbagai unsur logam lainnya, bergantung pada tipe minyak bumi serta teknik pengolahannya. Secara garis besar, kandungan kimia dalam aspal mencakup:

- a. Karbon 80 – 87%
- b. Hidrogen 9 – 11%
- c. Oksigen 2 – 8%
- d. Nitrogen 0 – 1%
- e. Belerang 0,5 – 7%
- f. Logam berat 0 – 0,5%

Secara keseluruhan, susunan molekul dalam aspal yang tergambar pada Gambar 2.2 mencakup tiga komponen utama, yaitu asphaltenes, resins, serta oils.



Gambar 2.2 Komposisi dari aspal(Saskatchewan).

Asphaltenes terutama terbentuk dari senyawa hidrokarbon, memiliki warna hitam atau coklat gelap, serta tidak larut dalam n-heptana. Asphaltenes tersebar dalam suatu larutan yang dikenal sebagai maltenes. Maltenes sendiri merupakan cairan kental yang dapat larut dalam heptana dan terdiri atas resins serta oils. Resins memiliki warna kuning hingga coklat tua, berfungsi memberikan sifat adhesi pada aspal, dan cenderung berkurang selama masa penggunaan jalan. Sementara itu, oils yang berwarna lebih terang berperan sebagai medium bagi asphaltenes serta resins. Maltenes merupakan bagian yang mudah menguap atau berkurang dalam proses pelapukan aspal mengalami perubahan seiring dengan fluktuasi suhu serta masa penggunaan perkerasan jalan. Ketahanan aspal berkaitan dengan kemampuannya dalam mempertahankan kualitas kimia selama tahap pencampuran dengan agregat, periode penggunaan, serta proses pengerasan yang terjadi seiring bertambahnya usia perkerasan. (Silvia Sukirman, 2016).

2.7 Jenis-Jenis Aspal

Aspal berdasarkan sumber perolehannya terbagi menjadi dua jenis, yaitu aspal alami dan aspal minyak. Aspal alami ditemukan langsung di alam dan dapat digunakan dalam kondisi aslinya atau setelah mengalami sedikit proses pengolahan. Sebaliknya, aspal minyak

diperoleh sebagai residu dari proses penyulingan minyak bumi.

Aspal yang diaplikasikan sebagai material perkerasan jalan terdiri atas aspal alami serta aspal buatan. (Silvia Sukirman, 2016).

2.7.1 Aspal alam

Aspal alami kerap disebut sebagai aspal batu atau aspal pegunungan. Salah satu contohnya adalah aspal yang berasal dari Pulau Buton, yang dikenal sebagai asbuton. Cadangan aspal alami terbesar berada di Trinidad dalam bentuk aspal danau. Aspal danau mengandung campuran mineral, bitumen, serta berbagai bahan organik lainnya. Hal ini menyebabkan tingkat penetrasi pada aspal danau relatif rendah, sementara titik lembeknya Kadar penetrasi yang cukup tinggi menyebabkan aspal danau harus dicampurkan dengan aspal keras agar mencapai tingkat penetrasi yang sesuai.

Aspal yang ditemukan secara alami dapat berbentuk batuan aspal atau aspal alam. Batuan aspal merupakan jenis batuan yang memiliki kandungan aspal di dalamnya dan dapat dimanfaatkan secara langsung atau melalui proses pengolahan terlebih dahulu.

Di Indonesia, terdapat batuan aspal alami yang dikenal sebagai Aspal Batu Buton (Asbuton), yang ditemukan di Pulau Buton. Deposit Asbuton tersebar mulai dari Kecamatan Lawele hingga Sampolawa. Asbuton sendiri adalah kombinasi antara bitumen dan beragam bahan mineral yang terdapat dalam bentuk batuan. Sebagai material alami, kandungan bitumen dalam Asbuton bervariasi dari kadar rendah hingga kadar tinggi.

Untuk mengatasi ketidakseimbangan tersebut, Asbuton mulai diproses dan diproduksi dalam berbagai bentuk melalui fasilitas pengolahan. Produk Asbuton dapat dikelompokkan menjadi dua kategori utama, yaitu:

a. Asbuton dengan material pengisi, termasuk Asbuton kasar, Asbuton halus, Asbuton mikro, serta Butonite Mastic Asphalt.

b. Asbuton yang telah dimurnikan, yaitu aspal murni yang diperoleh melalui proses ekstraksi atau metode kimiawi.

Aspal alami sendiri tersebar di berbagai wilayah di dunia, dengan salah satu deposit terbesar berada di Trinidad dalam bentuk aspal danau.(Trinidad Lake Asphalt). (Silvia Sukirman, 2016).

Sejak tahun 1920, Asbuton telah dimanfaatkan sebagai material dalam konstruksi perkerasan jalan, meskipun penerapannya masih bersifat konvensional. Asbuton merupakan batuan yang mengandung aspal dengan kadar aspal berkisar antara 12% hingga 35%. Kandungan bitumen dalam Asbuton bervariasi dari tingkat rendah hingga tinggi. Sebelum digunakan, aspal yang berasal dari batuan ini Perlu menjalani tahap ekstraksi terlebih dahulu, lalu dikombinasikan dengan minyak pelunak agar sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan.

Aspal alam dapat dibedakan atas:

- a. Batuan Aspal (Rock Asphalt), misalnya: aspal yang berasal dari Pulau
- b. Aspal Danau (Lake Asphalt), misalnya: aspal yang berasal dari Danau Bermudez di Trinidad.

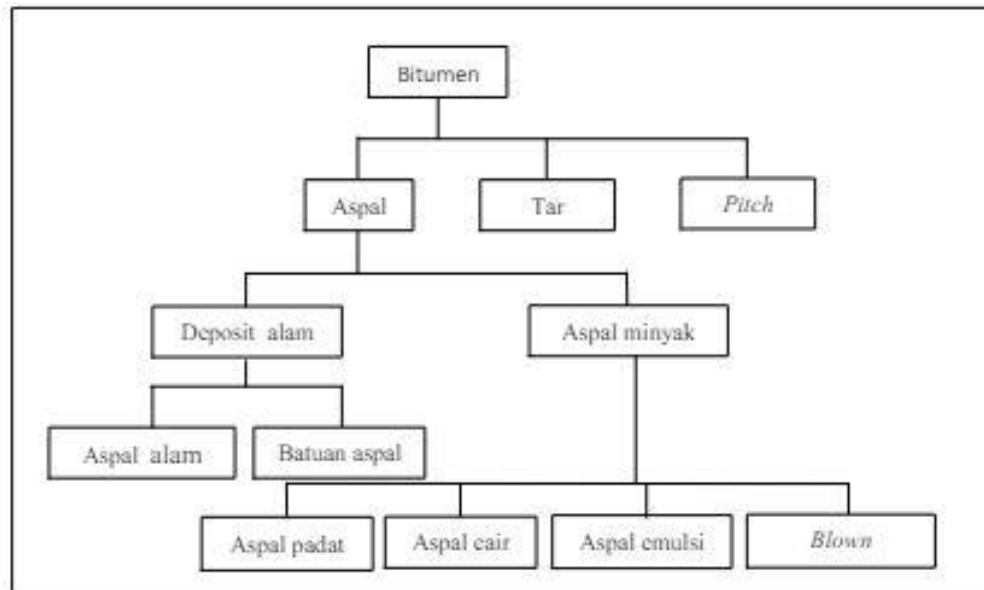
Berdasarkan kadar kemurniannya, aspal terbagi ke dalam beberapa kategori sebagai berikut.:

- a. Aspal yang murni atau mendekati murni, seperti Bermuda Lake Asphalt.
- b. Aspal yang bercampur dengan mineral, seperti yang ditemukan di Pulau Buton, serta jenis aspal gunung (Rock Asphalt) yang berasal dari beberapa daerah, misalnya Pulau Buton, Trinidad, Prancis, dan Swiss.

2.7.2 Aspal Minyak

Aspal minyak ialah produk sisa dari destilasi minyak bumi.

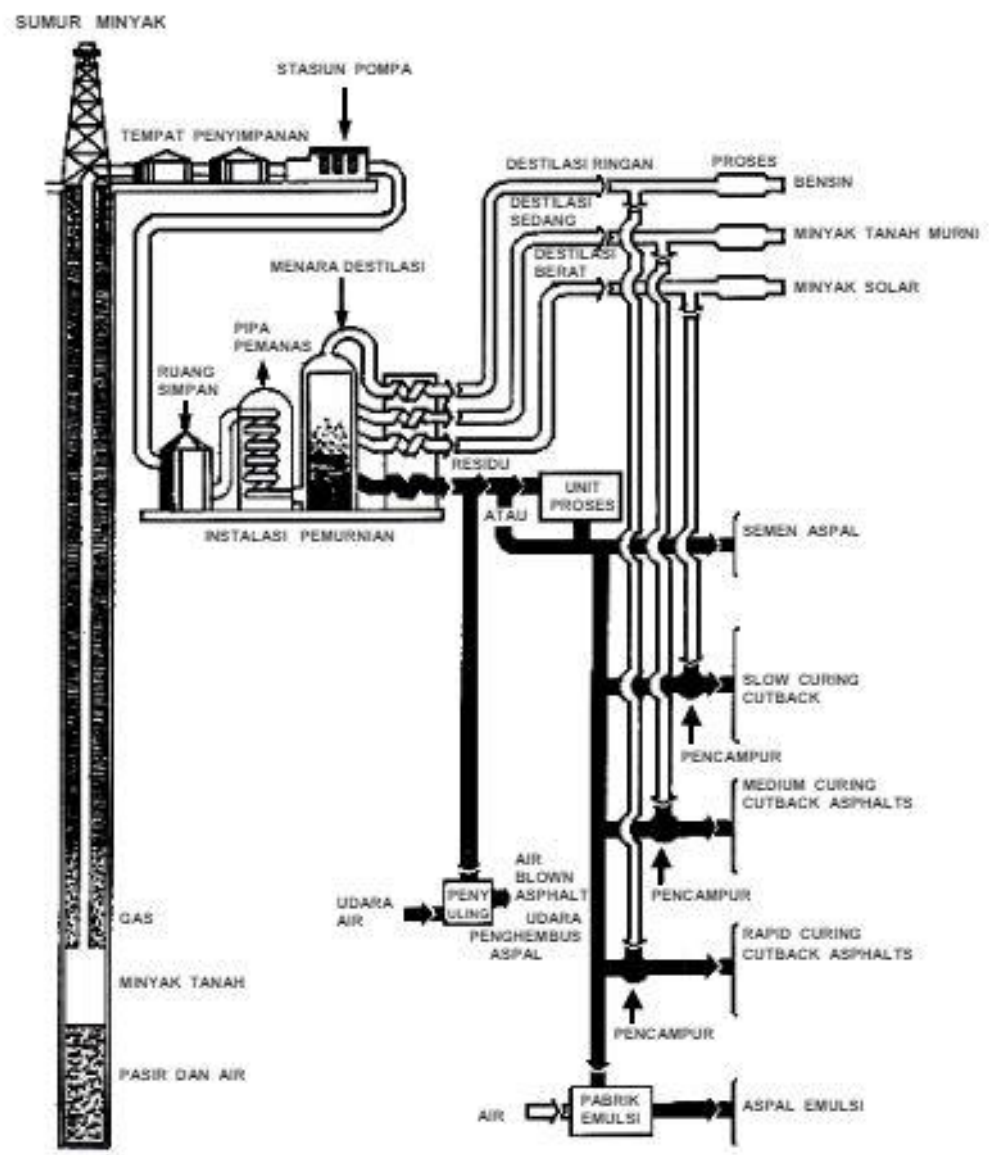
Beragam jenis minyak bumi menghasilkan residu dengan karakteristik unik, seperti asphaltic base crude oil yang kaya akan aspal, paraffin base crude oil yang mengandung banyak parafin, serta mixed base crude oil yang merupakan perpaduan antara aspal dan parafin.



Gambar 2.3 Pengelompokan berbagai jenis Bitumen

Untuk konstruksi perkerasan jalan, umumnya digunakan aspal minyak dari jenis asphaltic base crude oil.

Gambar 2.4 menyajikan ilustrasi mengenai proses destilasi minyak bumi. Bensin (gasoline), minyak tanah (kerosene), dan solar (diesel fuel) dihasilkan melalui destilasi pada berbagai temperatur, sementara aspal diperoleh sebagai residunya. Residu aspal dapat berbentuk padat atau semi padat, tetapi dengan proses pengolahan lebih lanjut, residu ini dapat diubah menjadi aspal cair, aspal emulsi, aspal hembus (blown asphalt), atau tetap dalam bentuknya pada suhu ruang. Oleh karena itu, berdasarkan bentuknya pada temperatur ruang, aspal diklasifikasikan menjadi aspal padat, aspal cair, aspal emulsi, serta blown asphalt.



Gambar 2.4 Proses destilasi minyak bumi (Saskatchewan)

2.7.3 Aspal buatan

Tipe ini dihasilkan melalui proses pengolahan minyak bumi. Dengan demikian, bahan dasar utama yang digunakan dalam pembuatan aspal umumnya berasal dari minyak bumi yang memiliki kandungan aspal yang tinggi.

Aspal minyak adalah aspal dengan bahan sisa yang dimana aspal tersebut sudah tidak bisa di proses kembali dengan proses destilasi minyak bumi pada kilang minyak. Bahan aspal yang umum dikenal ada dalam tiga kelas, yaitu:

- a. Pen 40/50
- b. Pen 60/70
- c. Pen 80/100

Aspal akan menjadi semakin keras jika nilai penetrasi yang dihasilkan dengan angka yang rendah, namun sebaliknya aspal akan mencair atau menjadi lunak jika nilai penetrasi yang dihasilkan dengan angka yang lebih tinggi. Kesulitan yang didapat yaitu dalam mencapai kestabilan suhu yang digunakan untuk pencampuran Aspal, khususnya dalam kondisi iklim panas seperti di Indonesia, cenderung mengalami pelunakan ketika suhu udara meningkat. Secara umum, proses pengerjaan aspal memerlukan pemanasan dengan rentang suhu sekitar 110°C hingga 170°C agar aspal dapat mencair, sehingga lebih mudah dicampurkan dengan agregat atau bahan lainnya mudah dalam melakukan pemadatan. Jika aspal dilakukan pemanasan secara berulang kali dalam waktu yang lama, maka minyak yang terkandung pada aspal akan menguap sehingga menjadikan aspal semakin keras, atau mengalami penurunan dalam nilai penetrasi. Aspal yang memiliki Penetrasi yang rendah cenderung lebih rentan terhadap proses oksidasi, menyebabkan aspal menjadi rapuh serta kehilangan sifat adhesinya, yang pada akhirnya dapat berdampak pada menurunnya kualitas aspal menjadi terurai dan lepas butir. Sehingga aspal yang ditetapkan di Indonesia bahwa angka penetrasi terendah

untuk bahan aspal adalah 50.

Pada wilayah dengan arus lalu lintas dengan intensitas rendah dan hanya dilalui oleh kendaraan dengan beban sumbu yang ringan maka pelaksanaan perkerasan menggundakan metode Burda/Burtu (*Surface Dressing*) dan metode Penetrasi Makadam. Aspal dengan tingkat penetrasi yang lebih rendah, seperti Pen 40/50, cocok digunakan untuk pelaksanaan pekerjaan Burda, dimana aspal yang digunakan dipasok dengan drum dan pemanasan yang dilakukan bisa dipanaskan di tempat menggunakan kayu bakar, kemudian aspal panas tersebut digunakan langsung dengan cara Dituangkan ke atas permukaan lapisan batuan yang telah dipadatkan guna mengisi celah-celah yang masih berongga. Bitumen pen 40/50 mudah kering, dan sesuai dengan keutuhan sebagai penutup rongga lapis permukaan agar tidak tembus air.

Pembuatan Beton aspal digunakan aspal dengan penetrasi yang tinggi, yaitu aspal lunak. Karena aspal memerlukan waktu yang lama dalam melakukan proses pencampuran dan pengangkutan. Sehingga mengakibatkan aspal mengalami penguapan pada minyak dan mengakibatkan aspal mudah mongering dan kehilangan daya lekat. Pada tahun 80-an *hot rolled sheet* (HRS) Memanfaatkan aspal dengan penetrasi 80/100 serta gradasi tidak seragam guna menciptakan celah antar butiran yang lebih luas. Peningkatan kadar aspal menjadikan pekeasan tidak mudah mengalami keretakan dikarenakan lebih lentur, dan tidak mudah belubang. Namun drari segi kelemahannya aspal yang terlalu lunak dan lentur dapat mengakibatkan permukaan mudah bergelombang. Sehingga apabila dilalui kendaraan dengan kecepatan yang tinggi maka kendaraan akan mengalami getaran dan mudah lepas kendali. Maka dengan demikian penggunaan aspal yang di tetapkan untuk aspal minyak yaitu aspal dengan angka penetrasi 60/70 sebagai bahan perekerasan aspal.

Aspal Minyak dibedakan sebagai berikut:

1. Aspal Cair

Aspal cair adalah campuran antara aspal semen dengan bahan pencair dari hasil penyulingan dengan minyak bumi, dengan demikian cut back aspal berbentuk cair dalam temperatur ruang. Aspal cair memiliki fungsi sebagai bahan suatu perkerasan jalan yang melapis lapis resap pengikat (*primecoat*), memiliki tipe aspal MC-30, MC-70 atau MC-250. Adapun penggunaan aspal cair digunakan juga sebagai lapis pengikat (*tack coat*), dimana tipe aspal tersebut adalah RC-70 atau RC-250.

2. Aspal Emulsi

Aspal emulsi adalah suatu campuran aspal dengan air dan bahan pengemulsi berdasarkan muatan listrik yang dikandungnya aspal emulsi. Aspal yang dicampurkan dengan air dan katalis melalui mesin *colloidmill*. Aspal emulsi disimpan sekitar 3 bulan sehingga aspal emulsi

bisa terlepas kemudian aspal akan mengendap pada dasar drum. Jika ingin terbentuk kembali ikatan emulsi tersebut maka cukup digoyangkan atau digelindingkan saja. Aspal emulsi lebih baik digunakan sebelum terjadinya pelepasan ikatan pada emulsinya. Penggunaan aspal emulsi biasanya untuk:

- a. Lapisan beton aspal dengan campuran dingin, seperti di wilayah yang belum memiliki AMP, serta bertujuan memperoleh mutu jalan yang sebanding dengan beton aspal., atau pada tempat dengan larangan adanya api seperti pada wilayah pemboran minyak.
- b. Pelapisan *tack coat*, atau campuran yang digunakan bahan tambal siap pakai.

2.7.8 Aspal Keras

Aspal keras/panas (Asphalt Cement, AC) adalah jenis aspal yang digunakan dalam keadaan cair dan panas, di mana pada suhu penyimpanan normal (25°C – 30°C), aspal ini berbentuk padat. Aspal semen tersusun atas berbagai tipe, bergantung pada metode produksinya serta jenis minyak bumi yang menjadi sumbernya. Klasifikasi aspal semen dapat ditentukan menurut tingkat Penetrasi (tingkat kekerasan pada suhu 25°C) atau berdasarkan nilai viskositasnya.

Aspal semen dengan penetrasi rendah digunakan di daerah beriklim panas (jalan dengan lalu lintas padat), sedangkan aspal semen dengan penetrasi besar dimanfaatkan di kawasan beriklim lebih sejuk dengan kepadatan lalu lintas rendah. Aspal keras berfungsi sebagai zat perekat yang umumnya digunakan dalam kombinasi hotmix untuk konstruksi permukaan jalan beraspal.

Tabel 2.1. Penetrasi Aspal Untuk Berbagai Kondisi Aspal

Perkerasan	Iklim			
	Panas Kering	Panas lembab	sedang	Dingin
JALAN RAYA				
BERAT	60-70	60-70	85-100	85-100
RINGAN	85-100	85-100	85-100	85-100

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2010.

Aspal dengan penetrasi rendah biasanya digunakan di daerah beriklim panas dengan tingkat lalu lintas yang padat, sedangkan aspal dengan tingkat penetrasi besar lebih sering digunakan di daerah beriklim lebih sejuk dengan kepadatan kendaraan yang rendah yang tinggi biasa digunakan untuk daerah dengan keadaan cuaca dingin dan juga arus lalu lintas yang rendah. Pada umumnya negara Indonesia menggunakan aspal Aspal dengan

tingkat penetrasi kecil umumnya diterapkan di kawasan beriklim panas dengan volume lalu lintas yang

56

Tabel 2.2. Ketentuan Aspal Modifikasi

No	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Tipe I Aspal Pen 60/70	Tipe II Aspal Modifikasi	
				Elastometer Sintetis	
				PG70	PG76
1	Penetrasi pada 25°C (0.01 mm)	SNI 2456:2011	60-70	Dilaporkan ⁽¹⁾	
2	Temperature yang menghasilkan Geser Dinamis (G*/sin) pada osilasi 10 rad/detik ≥ 1,0 kPa, (°C)	SNI 06-6442-2000	-	70	76
3	Viskositas Kinematis 135°C (cSt) ⁽³⁾	ASTMD2170-10	≥ 300	≤ 3000	
4	Titik Lembek (°C)	SNI 2434:2011	≥ 48	Dilaporkan ⁽²⁾	
5	Daktilitas pada 25°C (cm)	SNI 2432:2011	≥ 100	-	
6	Titik Nyala (°C)	SNI 2433:2011	≥ 232	≥ 230	
7	Kelarutan dalam <i>Trichloroethylen</i> (%)	AASHTO T44-14	≥ 99	≥ 99	
8	Berat Jenis	SNI 2441:2011	≥ 1.0	-	
9	Stabilitas Penyimpanan : Perbedaan Titik Lembek (°C)	ASTMD 5976-00	-	≤ 2.2	
10	Kadar Parafin Lilin (%)	SNI 03-3639-2002	≤ 2		
Pengujian Residu Hasil TFOT (SNI-06-2440-1991) atau RTFOT (SNI-03-6835-2002) :					
11	Berat Yang Hilang (%)	SNI 06-2441-1991	≤ 0.8	≤ 0.8	
12	Temperature yang menghasilkan Geser Dinamis (G*/sin) pada osilasi 10 rad/detik ≥ 2,2 kPa, (°C)	SNI 06-6442-2000	-	70	76
13	Penetrasi pada 25°C (% semula)	SNI 2456:2011	≥ 54	≥ 54	≥ 54
14	Daktilitas pada 25°C (cm)	SNI 2432:2011	≥ 50	≥ 50	≥ 25
Residu Aspal Segar setelah PAV (SNI 03-6837-2002) Pada Temperatur ^o 100 dan tekanan 2.1 Mpa					
15	Temperature yang menghasilkan Geser Dinamis (G*/sin) pada osilasi 10 rad/detik ≥ 5000 kPa, (°C)	SNI 06-6442-2000	-	31	34

Sumber: Spesifikasi Bina Marga 2018

2.7.9 Aspal Modifikasi

Aspal modifikasi atau *polymer modified asphalt* Dihasilkan melalui pencampuran zat aditif ke dalam aspal, yang bertujuan untuk meningkatkan performa serta daya tahan tinggi terhadap kerusakan akibat usia pemakaian pembangunan jalan lebih tahan terhadap beban dan tahan awet untuk digunakan serta kurangi biaya perawatan atau perbaikan jalan. Di Indonesia penggunaan aspal modifikasi diperlukan, sebagai berikut:

- Aspal memiliki kekuatan tahan terhadap panas, dalam hal ini dengan cara menaikkan nilai titik lembek. Bahan aditif yang

digunakan diantaranya sebagai berikut:

- i. Aspal Polymer Plastomer
 - ii. Polymer plastomer Memiliki peran dalam memperbaiki karakteristik fisik dari campuran aspal serta sifat reologisnya..
 - iii. Aspal Polymer Elastomer
 - iv. Polymer elastomer Dimanfaatkan sebagai komponen dalam campuran aspal keras karena mampu meningkatkan karakteristik reologi aspal, termasuk daya penetrasi, tingkat kekentalan, suhu titik lembek, serta elastisitas aspal keras.
- b. Aspal yang memiliki tekstur lebih lengket sehingga dapat menaikan adhesi, agar tidak terjadinya agregat yang terburai. Sehingga digunakan aditif dengan bahan yang memiliki kekuatan dan daya tahan tinggi seperti penggunaan aditif berbahan dasar resin.
- c. Aspal yang memiliki ketahanan terhadap paparan sinar ultraviolet, sehingga tidak mudah mengalami degradasi cepat terjadinya penuaan pada perkerasan.

2.8 Analisa Aspal

Berikut beberapa parameter dalam proses analisa aspal :

1. Pengujian Penetrasi Aspal

Pengujian penetrasi diukur dari kedalaman jarum penetrasi dan diberi beban sebesar 100 gram dalam kurun waktu 5 detik pada ruangan yang bersuhu 25°C. Pengujian penetrasi bertujuan untuk mengetahui tingkat

28 Kekerasan aspal dinilai berdasarkan uji penetrasi, di mana semakin kecil nilai penetrasi, semakin keras aspal tersebut.

maka semakin kecil angka penetrasi dan begitupun sebaliknya.

4 2. Pengujian Viskositas Kinematis

Viskositas merupakan metode uji yang digunakan untuk mengetahui tingkat kekentalan aspal dengan cara mengukur waktu yang dibutuhkan aspal untuk mengalir. Dituangkan ke dalam wadah berkapasitas 60 ml dalam waktu tertentu. Semakin besar viskositas aspal, semakin tinggi hambatan alirannya. Hasil pengujian viskositas harus dikonversi terlebih dahulu ke dalam satuan saybolt furol (detik) menjadi viskositas kinematis (cSt), seperti yang tercantum di dalam Tabel 2.3.

5

Tabel 2.3. Konversi Viskositas

RED WOOD NO. 1	ENGLER (DEGS)	SAY BOLT FUROL (SECS)	SAY BOLT UNIV (SECS)	KINEMATIC VISCOSITY (Cst)
30	1,13		33,70	1,50
35	1,28		38,90	3,48
40	1,47		44,70	5,45
45	1,59		50,50	7,30
50	1,74		56,50	9,05
55	1,90		62,50	10,75
60	2,07		68,20	12,30
65	2,24		74,50	14,20
70	2,40		80,50	15,50
75	2,55		86,50	17,00
80	2,70		92,00	18,50
85	2,86		98,00	20,00
90	3,01		104,00	21,30
95	3,18		110,00	22,70
100	3,43		116,00	24,10
110	3,62		127,00	27,20
120	3,90		132,00	29,20
130	4,11		149,00	31,70
140	4,33	20,20	160,00	34,10
150	4,80	21,20	169,00	36,50
160	5,18	22,10	183,00	39,10
170	5,50	23,10	194,00	41,50
180	5,80	24,10	207,00	44,00
190	6,20	25,10	219,00	46,80
200	6,47	26,10	229,00	49,00

Lanjutan 2.3.

RED WOOD NO. 1	ENGLER (DEGS)	SAYBOLT FUROL (SECS)	SAYBOLT UNIV (SECS)	KINEMATIC VISCOSITY (Cst)
210	6,75	27,20	240,00	52,00
220	7,10	28,20	253,00	54,00
230	7,40	29,30	263,00	57,00
240	7,80	30,40	275,00	59,00
250	8,00	31,30	288,00	61,00
260	8,30	32,20	300,00	63,00
270	8,70	33,30	310,00	66,00
280	9,00	34,50	320,00	68,00
290	9,30	35,60	335,00	71,00
300	9,60	36,70	341,00	73,00
320	10,20	39,00	365,00	78,00
340	11,00	41,0	390,0	83,0
360	11,60	43,0	410,0	88,0
380	12,20	46,0	435,0	93,0
400	12,80	48,0	460,0	97,0
420	13,50	50,0	480,0	102,0
440	14,10	52,0	500,0	108,0
460	14,80	54,0	525,0	112,0
480	15,50	57,0	550,0	118,0
500	16,10	59,0	580,0	122,0
600	19,20	71,0	680,0	147,0
700	22,50	82,0	800,0	172,0
800	25,80	94,0	920,0	197,0
900	28,60	105,0	1050,0	221,0
1000	32,10	118,0	1150,0	245,0
1100	35,00	129,0	1250,0	270,0
1200	39,00	140,0	1360,0	295,0
1300	42,00	153,0	1500,0	322,0
1400	44,00	165,0	1600,0	345,0
1500	48,00	175,0	1700,0	370,0

Lanjutan 2.3.

RED WOOD NO. 1	ENGLER (DEGS)	SAY BOLT FUROL (SECS)	SAY BOLT UNIV (SECS)	KINEMATIC VISCOSITY (Cst)
2000	64,00	235,0	2350,0	495,0
2500	81,00	295,0	2900,0	625,0
3000	96,00	350,0	3450,0	740,0
3500	112,00	410,0	4000,0	860,0
4000	127,00	470,0	4600,0	970,0
4500	142,00	520,0	5100,0	1100,0
5000	160,00	575,0	5630,0	1220,0
5500	175,00	650,0	6300,0	1350,0
6000	190,00	700,0	6800,0	1490,0
6500	208,00	760,0	7700,0	1600,0
7000	225,00	810,0	8000,0	1710,0
7500	240,00	880,0	8600,0	1850,0
8000	259,00	936,0	9200,0	1995,0
8500	272,00	1000,0	9800,0	2100,0
9000	285,00	1080,0	10300,0	2220,0
9500	300,00	1110,0	10900,0	2330,0
10000	320,00	1190,0	11,8	2500,0

Sumber: *Saybolt Furol*

Jika pada pengujian viskositas didapatkan hasil satuan detik (*Saybolt furol*) yang tidak terdapat pada Tabel 2.3 maka nilai cSt dapat dicari dengan melakukan interpolasi menggunakan rumus sebagai berikut: $\frac{A}{B} \times C = \dots + D \dots (2.1)$

Dimana:

A = hasil dalam satuan detik (*Saybolt Furol*) – nilai cSt terkecil

B = nilai satuan detik (*Saybolt Furol*) terbesar - nilai satuan detik (*Saybolt Furol*) terkecil

C = nilai satuan cSt terbesar – nilai terkecil

D = nilai cSt terkecil

1. Pengujian Titik Lembek Aspal

Uji titik lunak merupakan metode untuk menetapkan suhu ketika aspal mencapai kondisi melunak, ditandai dengan jatuhnya Bola logam bersamaan dengan campuran jalan dari lingkaran sampai menyentuh bidang lempeng kuningan pada suhu tertentu. Beberapa aspek yang harus diperhatikan dalam pengujian ini adalah sebagai berikut:

- a. Temperatur saat pemanasan aspal
- b. Durasi proses pemanasan aspal
- c. Laju pemanasan yang diterapkan
- d. Jika dalam pengujian ganda terdapat selisih suhu Lebih besar dari 1°C, maka pengukuran harus dilakukan kembali]

2. Pengujian Daktilitas Aspal

Uji daktilitas bertujuan untuk menentukan tingkat elastisitas serta ketahanan aspal terhadap retakan saat digunakan sebagai lapisan perkerasan. Proses pengujian daktilitas dilakukan dengan menarik sampel aspal di temperatur 25°C dengan laju 5 cm per menit sampai terjadi pemutusan. Faktor yang harus diperhatikan selama pengujian adalah jika sampel bersentuhan dengan dasar alat uji atau mengapung di permukaan air, maka hasil pengujian dianggap tidak valid..

3. Pengujian Elastisitas (*Elastic Recovery*)

Uji elastisitas atau pemulihan elastis dilakukan dengan memanfaatkan alat daktilometer. Metode pengujian ini bertujuan untuk mengukur sejauh mana aspal memiliki sifat elastis.

Berikut tata cara perhitungan uji elatisitas pada aspal:

$$\% \text{ Elastisitas} = \frac{E-X}{E} \times 100 \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana :

E = Panjang awal benda uji, cm

X = Panjang benda uji setelah mengalami elastisitas

1

Adapun prosedur pengujian elastisitas yaitu:

- a. Benda uji menggunakan aspal asli

Benda uji aspal asli menggunakan aspal yang belum di gunakan sama sekali. Panas kan aspal pada kompor listrik pada temperatur $135 \pm 5^{\circ}\text{C}$.

- b. Benda uji menggunakan aspal residu

Benda uji hasil residu aspal merupakan aspal yang sudah digunakan pada pengujian TFOT. Aspal dipanaskan kembali menggunakan kompor listrik pada temperature $135 \pm 5^{\circ}\text{C}$.

4. Pengujian Titik Nyala Aspal

Uji flash point dilakukan untuk menentukan suhu di mana aspal mulai mengalami titik nyala atau terbakar. Penilaian dalam pengujian ini mencakup indikasi kandungan minyak ringan dalam aspal, di mana Flash point yang rendah mengindikasikan adanya minyak ringan. Metode kalkulasi dalam uji flash point adalah sebagai berikut:

- a. Observasi serta catat tekanan barometer udara ketika pengujian berlangsung. Jika tekanan tidak sesuai dengan 101,3 kPa (760 mm Hg), lakukan koreksi terhadap Flash point atau ignition point dihitung dengan rumus:

Flash point/ignition point yang telah dikoreksi = $C + 0,25(101,3 - K).....(2.3)$

- b. Hasil koreksi titik nyala serta titik bakar kemudian dibulatkan ke satuan terdekat dalam kelipatan 1°C .

5. Kelarutan

Uji kelarutan dilakukan untuk menentukan tingkat kelarutan aspal dalam pelarut TCE (trichloroethylene). Adapun prosedur

perhitungan dalam pengujian kelarutan adalah sebagai berikut:

$$\% \text{ Terlarut} = 100 - \left(\frac{C-A}{B} \times 100 \right) \dots \dots \dots (2.4)$$

Diketahui:

A = Berat saringan

B = Berat aspal

C = Berat saringan + bagian tak larut

Penilaian:

Ketidakterlarutan bitumen yang melebihi 0,5% menunjukkan indikasi:

- a. Adanya pencemaran bitumen oleh mineral lain
- b. Terjadinya pemanasan berlebih

6. Pengujian Berat Jenis Aspal

Uji kepadatan aspal bertujuan untuk menghitung perbandingan massa aspal dengan massa air dalam volume yang sama pada temperatur sekitar. Pengukuran ini merupakan salah satu faktor utama dalam desain campuran aspal dan agregat. Berikut adalah prosedur perhitungan dalam uji densitas aspal :

- a. Rumus berat jenis

$$\text{Berat Jenis} = \frac{(C-A)}{((B-A)-(D-C))} \dots \dots \dots (2.5)$$

Diketahui :

A = massa piknometer dan penutup

B = massa piknometer dan penutup berisi air

C = massa piknometer, penutup, dan benda uji

D = massa piknometer, penutup, benda uji, dan air

- b. Rumus berat isi

$$\text{Berat isi} = \text{Berat jenis} - W_t \dots \dots \dots (2.6)$$

Diketahui :

$$W_t = \text{berat jenis} \times W_T$$

7. Pengujian Stabilitas Penyimpanan

Uji kestabilan penyimpanan memiliki tujuan untuk mengukur

daya tahan aspal yang telah dimodifikasi dalam kurun waktu tertentu. Pengamatan yang dilakukan dengan pengujian titik lembek aspal. Berikut tata cara perhitungan uji stabilitas pada aspal:

$$\text{Stabilitas titik lembek} = \text{Bagian atas} - \text{Bagian bawah} \dots \dots \dots (2.7)$$

8. Pengujian Kehilangan Berat TFOT Aspal

Uji TFOT adalah metode yang melibatkan pemanasan berulang terhadap aspal. Proses ini diawali dengan pengujian kehilangan massa, yang bertujuan untuk mengidentifikasi penguapan minyak dalam aspal akibat paparan panas secara terus-menerus, menilai perubahan karakteristik aspal akibat penyusutan massa, serta mengevaluasi ketahanannya melalui parameter seperti penetrasi dan daktilitas.

Pengujian TFOT dilakukan untuk mengetahui persentase minyak yang hilang pada aspal. Berikut tata cara perhitungan uji TFOT pada aspal:

$$\text{Kehilangan} \frac{B-C}{B-A} \times 100\% \dots \dots \dots (2.8)$$

Dimana :

A = Berat wadah

B = Berat wadah + benda uji

C = berat wadah + benda uji setelah TFOT

2.9 Resin

Epoksi merupakan suatu kopolimer Tersusun dari dua bahan utama, yaitu resin dan zat pengeras (hardener). Resin berfungsi sebagai bahan dasar, sedangkan polyme berperan sebagai zat pengeras. Secara alami, resin epoksi memiliki karakteristik keras dan rapuh, namun dalam penggunaannya, bahan tambahan dicampurkan untuk menyesuaikan karakteristik mekanisnya, seperti ketahanan, elastisitas, serta fleksibilitasnya.

24

Resin epoksi adalah jenis resin yang paling umum dimanfaatkan. Secara kimiawi, resin epoksi berupa cairan organik dengan berat molekul rendah Mengandung struktur epoksida, yang terdiri dari tiga atom dalam satu lingkaran: satu oksigen dan dua karbon. Interaksi epichlorohydrin dengan fenol atau amina aromatik membentuk berbagai senyawa epoksi. Zat pengeras (hardener), agen pelunak (plasticizer), serta material pengisi (filler) turut dicampurkan guna memperoleh epoksi dengan beragam karakteristik, seperti viskositas, ketahanan terhadap benturan, tingkat degradasi, dan sifat lainnya (Kaw, 2006).

Aplikasi epoksi resin bukanlah hal yang aneh di beberapa bidang industri dan struktural, resin banyak digunakan sebagai bahan pencampur missal pada pembuatan kapal perahu, karna sifat resin yang tahan air (*waterproof*) dan kuat, selain pada penggunaan pada pembuatan kapal perahu, epoxy resin juga sering digunakan pada industri aerospace maupun pertahanan, epoxy digunakan pada bidang pertahanan sering digunakan sebagai material pembuat Kevlar baju anti peluru.

Resin epoksi umumnya membutuhkan kombinasi yang akurat dari dua bahan utama yang akan bereaksi membentuk senyawa baru. Bergantung pada karakteristik yang diinginkan, perbandingan pencampuran dapat bervariasi mulai Berkisar antara 1:1 hingga lebih besar dari 10:1, namun di setiap keadaan, pencampuran perlu dilakukan secara presisi.

Faktor utama yang menjadikan epoksi sering dimanfaatkan sebagai matriks polimer adalah:

- 1) Memiliki daya tahan yang sangat tinggi.
- 2) Memiliki viskositas rendah serta tingkat aliran yang optimal, memungkinkan serat terlapisi dengan baik sekaligus mencegah ketidakraturan dalam penyusunan serat saat proses produksi.
- 3) Stabilitasnya cukup tinggi.
- 4) Tingkat penyusutan yang minim, sehingga mengurangi

24 kemungkinan terbentuknya tegangan geser yang besar pada ikatan antara epoksi dan material penguatnya.

- 5) Ada lebih dari 20 varian yang dapat disesuaikan dengan karakteristik spesifik serta kebutuhan dalam proses pengolahan.

APLIKASI

23 Penggunaan bahan berbasis epoxy sangat Luas cakupannya, mencakup lapisan, perekat, serta material komposit yang diperkuat dengan serat karbon dan fiberglass (meski plastik yang diperkuat kaca juga menggunakan resin thermosetting lain seperti poliester dan vinil ester). Sifat kimia epoxy serta berbagai varian yang tersedia di pasaran memungkinkan polimer yang dihasilkan memiliki rentang karakteristik yang sangat beragam. Secara umum, epoxy dikenal karena ketahanannya yang sangat baik terhadap bahan kimia, daya rekat yang tinggi, serta ketahanan panas yang unggul. Selain itu, epoxy juga memiliki sifat mekanik yang baik hingga sangat baik serta kemampuan isolasi listrik yang luar biasa. Beberapa sifat epoxy dapat disesuaikan, misalnya dengan menambahkan perak untuk meningkatkan konduktivitas listrik, meskipun secara umum epoxy bersifat isolator listrik. Beberapa varian lainnya Memberikan perlindungan termal yang tinggi atau kombinasi antara daya hantar panas yang baik dan ketahanan listrik optimal dalam penggunaan elektronik..

SIFAT FISIK

Seperti halnya berbagai Sebagian besar plastik berfungsi sebagai isolator listrik, seperti halnya jenis plastik lainnya. serta kurang efektif dalam menghantarkan panas. Namun, karakteristik ini dapat diubah dengan menambahkan bahan tambahan tertentu, seperti serbuk logam, partikel karbon, atau katalis khusus yang berfungsi

sebagai bahan pengeras untuk meningkatkan konduktivitas atau sifat mekaniknya..

Epoxy resin memiliki berbagai sifat yang membuatnya cocok untuk berbagai aplikasi, antara lain:

- Ketahanan serta kekuatan yang optimal: Resin epoksi memiliki struktur yang sangat kokoh dan awet, menjadikannya pilihan utama dalam berbagai aplikasi yang memerlukan daya tahan serta ketahanan luar biasa terhadap tekanan maupun lingkungan ekstrem..
- Adhesiveness: Epoxy resin memiliki daya lekat yang tinggi, sehingga sering digunakan sebagai perekat untuk berbagai bahan.
- Daya tahan terhadap zat kimia: Resin epoksi memiliki resistensi tinggi terhadap berbagai senyawa kimia, sehingga kerap diaplikasikan dalam penggunaan yang memerlukan perlindungan optimal terhadap reaksi kimia..
- Ketahanan terhadap panas ekstrem: Resin epoksi memiliki kemampuan bertahan pada temperatur tinggi, sehingga sering diaplikasikan dalam penggunaan yang memerlukan stabilitas termal tinggi.

SIFAT KIMIA

Epiklorohidrin merupakan bahan baku yang digunakan dalam pembuatan gliserol, resin, serta berbagai senyawa lainnya. Dengan rumus kimia C_3H_5ClO (1-kloro-2,3-epoksi-propana), epiklorohidrin berbentuk cairan transparan yang mudah terbakar, bersifat toksik, serta larut dalam pelarut organik. dan hanya sedikit larut dalam air (sekitar 6,6 wt % pada suhu 20 °C).

Reaksi berlangsung pada suhu sekitar 70–100°C dengan tekanan atmosfer. Interaksi antara diklorohidrin dan natrium hidroksida menghasilkan epiklorohidrin, natrium klorida, serta air. Selain itu, terdapat reaksi sampingan yang menghasilkan gliserol. Konversi reaksi dapat mencapai 95% berdasarkan diklorohidrin, dengan titik didih epiklorohidrin sebesar 117°C.

Triethylenetetramine (TETA atau trien), yang juga dikenal sebagai trientine (INN), merupakan senyawa organik dengan rumus molekul $[\text{CH}_2\text{NHCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2]_2$. Senyawa ini berbentuk cairan berminyak yang awalnya tidak berwarna, tetapi seperti banyak amina lainnya, dapat berubah menjadi kekuningan akibat adanya kotoran yang dihasilkan dari oksidasi udara. Ini larut dalam pelarut polar. Isomer tris bercabang (2-aminoetil) amina dan turunan piperazin juga dapat ditemukan dalam sampel komersial TETA.

Saat Ketika senyawa ini dicampur, gugus amina akan bereaksi dengan gugus epoksida, membentuk ikatan kovalen. Setiap gugus NH memiliki kemampuan untuk berinteraksi dengan gugus epoksida, menghasilkan polimer dengan tingkat keterikatan silang yang tinggi, sehingga menjadi kaku dan kuat. Proses polimerisasi ini disebut "curing" dan dapat dikontrol melalui suhu, pemilihan jenis resin dan pengeras, serta rasio masing-masing komponennya. Waktu proses ini bervariasi, mulai dari beberapa menit hingga beberapa jam. Beberapa formulasi memerlukan pemanasan selama curing, sementara yang lain cukup mengandalkan waktu dan suhu lingkungan.

SIFAT MEKANIK

Keadaan-keadaan aslinya, resin epoksi bersifat keras dan rapuh. Namun, dalam aplikasinya, plastik hampir selalu dicampur dengan bahan tambahan untuk menyesuaikan karakteristik mekaniknya. Sifat mekanik ini dapat dimodifikasi dalam berbagai aspek, termasuk kekuatan, fleksibilitas, keuletan, hingga ketahanan terhadap sobekan.

Contoh Kasus:

Dengan adanya tambahan serat alam pada resin epoksi, kekuatan tarik suatu material komposit meningkat, elastisitas bahan bertambah, dan modulus Young dari material tersebut juga mengalami peningkatan. (Rohmawati, 2014)

Hasil pengujian yang dilakukan oleh Reni O.Tarru, dkk dari

Universitas Kristen Indonesia Toraja , 2017 mengenai “*Pengaruh Penggunaan Resin Epoxy Pada Campuran Beton Polimer Yang Menggunakan Serbuk Gergaji Kayu*”. Pengujian dengan menggunakan resin perbandingan 3-5% dengan tambahan serbuk gergaji kayu hasilnya Kekuatan tekan beton kubus berukuran $15 \times 15 \times 15$ cm dengan tambahan resin epoksi serta serbuk gergaji kayu menunjukkan peningkatan kekuatan hingga 24,11 MPa dari target mutu awal sebesar 18,68 MPa. Penggunaan resin epoksi sebagai perekat sebanyak 5% dan serbuk gergaji kayu sebanyak 1,5% mampu meningkatkan kekuatan tekan beton polimer menjadi 24,11 MPa. Selain itu, beton polimer yang memanfaatkan resin epoksi sebagai perekat serta serbuk gergaji kayu memiliki kekuatan tekan lebih tinggi dibandingkan beton konvensional, meskipun tetap menggunakan komposisi dan jenis agregat yang serupa.

Tabel 2.5. Persyaratan Aspal Modifikasi

No	Uraian	Metode Pengujian	Aspal di modifikasi
1	Penetrasi pada 25°C (0,1 mm)	SNI 2456-2011	Min.50
2	Viskositas Kinematis 135°C (cSt)	SNI 06-6441-2000	Maks.2000
3	Titik lembek (°C)	SNI 2434-2011	Min.52
4	Daktilitas pada 25°C (cm)	SNI 2432-2011	Min.100
5	Titik nyala (°C)	SNI 2433-2011	Min.232
6	Kelarutan dalam trikloroetylena (%)	AASHTO T44-03	Min.99
7	Berat jenis	SNI 2441-2011	Maks.1.0
8	Stabilitas penyimpanan : perbedaan titik lembek (°C)	ASTM D5976 part 6.1	Maks. 2.2
Pengujian residu hasil TFOT (SNI-06-2440-1991) atau RTFOT (SNI-03-6835-2002)			
9	Berat yang hilang (%)	SNI 06-2440-1991 atau SNI 03-6835-2002	Maks. 0,8
10	Penetrasi pada 25°C (%)	SNI 2456-2011	Min. 54
11	Daktilitas pada 25°C (cm)	SNI 2432-2011	Min. 100
12	Keelastisan setelah pengambilan (%)	SNI 8286-2016	Min. 30

Sumber: (Spesifikasi Khusus Interim 2018)

Parameter diatas digunakan sebagai rujukan untuk mengembangkan standar aspal di Indonesia dengan mempertimbangkan dan menyesuaikan dengan kondisi di Indonesia.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

a. Lokasi Penelitian

Pengujian Kegiatan ini dilakukan di Unit Pelaksana Teknis Daerah (UPTD) Laboratorium Material Konstruksi, Dinas Bina Marga dan Penataan Ruang Provinsi Jawa Barat. Arcamanik Kota Bandung. - 6.906756, 107.687435

b. Waktu Penelitian

Waktu pelaksanaan penelitian ini dilakukan pada bulan Maret – Juni 2024.

3.2 Metode Penelitian

Teknik yang diterapkan dalam pengujian ini yaitu dengan melaksanakan uji laboratorium, serta membentuk benda uji yang sesuai dengan standar serta ketentuan yang berlaku. Pendekatan yang diterapkan merupakan metode kuantitatif. Sementara itu, referensi normatif untuk parameter Pengujian ini menggunakan peralatan dengan spesifikasi sebagai berikut :

1. Pengujian Penetrasi Aspal SNI 2456:2011
2. Pengujian Viskositas SNI 7729:2011
3. Pengujian Titik Lembek Aspal SNI 2434:2011
4. Pengujian Daktilitas Aspal SNI 2432:2011
5. Pengujian Titik Nyala Aspal SNI 2433:2011
6. Kelarutan SNI 2438:2015
7. Pengujian Berat Jenis Aspal SNI 2441:2011
8. Pengujian Kehilangan Berat TFOT Aspal SNI 06 2440 199

3.3 Metode Pengambilan Data

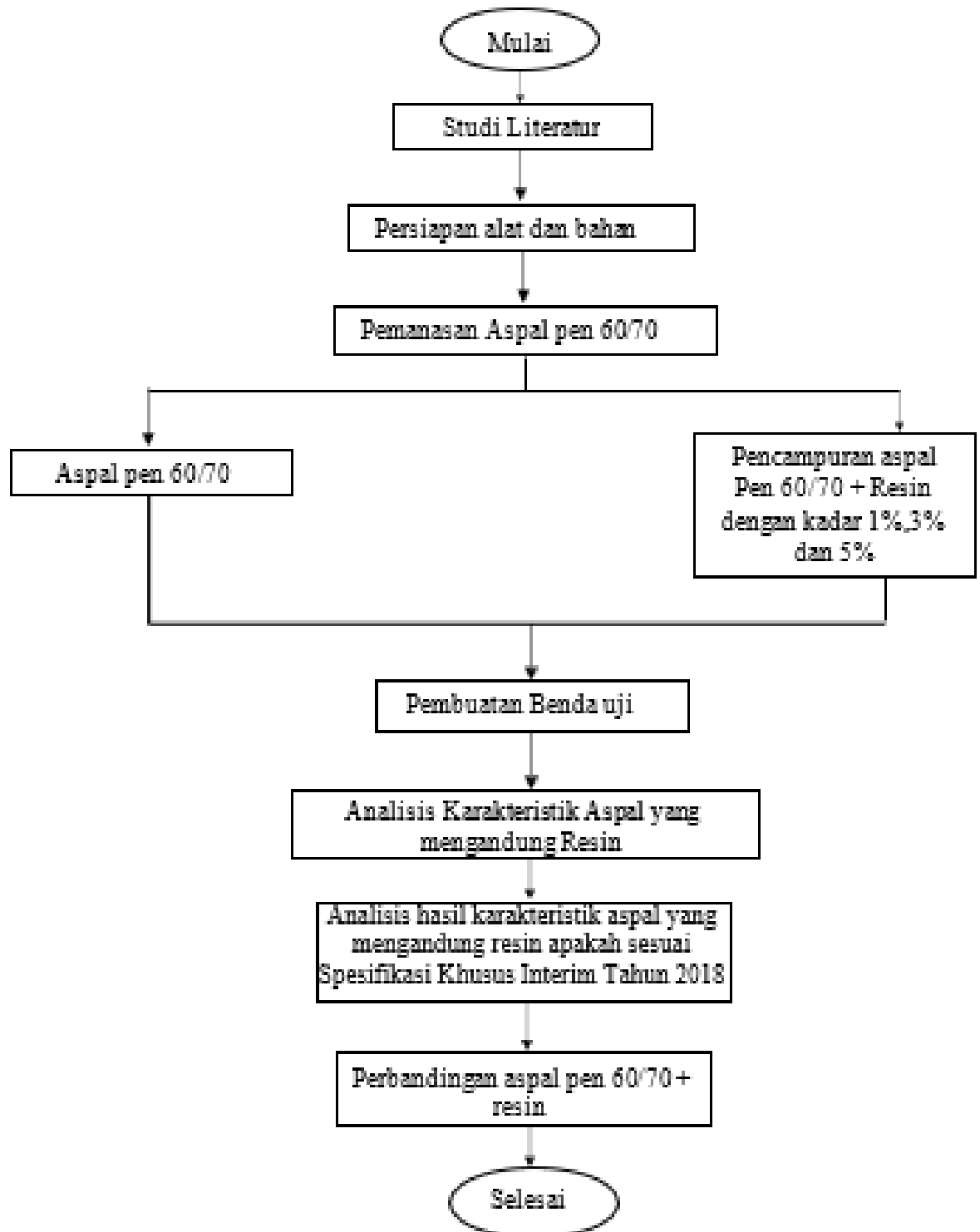
Pendekatan pengumpulan data yang diterapkan dalam pengujian ini merupakan data primer, di mana data diperoleh secara langsung oleh penulis melalui pelaksanaan uji laboratorium. Data yang dikumpulkan dalam pengujian ini mencakup hal-hal sebagai berikut.:

1. Nilai Penetrasi
2. Nilai Viskositas Kinematis
3. Titik Lembek
4. Nilai Daktilitas
5. Titik Nyala
6. Nilai Kelarutan
7. Berat Jenis
8. Nilai TFOT Kehilangan Berat

3.4 Alat dan Bahan

Alat uji yang akan digunakan dalam pengujian ini adalah sebagai berikut:

1. Penetrometer
2. *Saybolt viscosimeter with thermometer*
3. Pembakar gas (Bunsen) atau kompor plastik
4. Daktilometer
5. *Cleveland Open Cup*
6. Piknometer 250ml
7. Piknometer 24ml dan 25ml
8. Tabung Penyaring dan Pompa Aspirator
9. Alumunium Tube
10. Oven

Diagram Alir

Bahan

Material yang digunakan dalam pengujian ini meliputi hal-hal berikut :

1. Aspal murni dengan Pen.60/70
2. Bahan aditif berupa resin
3. *Hardener*

3.5 Metode Pengolahan Data

Informasi yang didapat dari hasil uji coba di laboratorium kemudian di olah menggunakan Tabel dan Grafik.

3.5.1. Pencampuran Aspal

Uji coba dalam mencampurkan aspal dilakukan dengan menggunakan aspal jenis pen 60/70 serta resin dalam rasio 1%, 3%, dan 5% dari total berat aspal. Tahapan-tahapan yang akan diterapkan dalam proses pencampuran ini adalah sebagai berikut :

1. Panaskan aspal pen 60/70 menggunakan kompor listrik yang sudah disediakan.
2. Setelah pemanasan aspal 60/70 dilakukan, pisahkan aspal kedalam 3 cawan dengan berat masing-masing aspal sebanyak 521,9 gram untuk aspal pen 60/70 dan 513,6 gram, 547,6 gram untuk aspal dengan campuran resin sebagai benda uji.
3. Kemudian masukan resin kadar 1% , kadar 3% dan gram pada kadar 5% kedalam 3 cawan berisi aspal.
4. Aduk aspal secara bersamaan dengan resin. Ini bertujuan agar aspal tidak mengembang sehingga resin larut dalam aspal dan menjadi cairan aspal yang sempurna (tidak menggumpal dan tidak mengembang).
5. Setelah aspal pen 60/70 sudah tercampur dengan resin, aspal siap dimasukan kedalam cetakan sesuai parameter yang akan diuji

3.5.2. Pengujian Penetrasi

Adapun prosedur pengujian penetrasi yaitu:

1. Masukkan aspal ke dalam cup penetrasi hingga mencapai batas ketinggian yang ditentukan.
2. Biarkan benda uji mendingin pada suhu ruangan selama 1,5 jam.
3. Celupkan benda uji ke dalam air bersuhu 25°C selama 1,5 jam.
4. Tempatkan benda uji dalam transfer dish yang berisi air dengan suhu 25°C.
5. Sesuaikan posisi jarum hingga menyentuh permukaan aspal.
6. Lepaskan jarum selama 5 ± 1 detik.
7. Tekan tombol pada penetrometer.
8. Catat hasil pembacaan nilai penetrasi.
9. Lakukan pengamatan pada lima titik pengujian

3.5.3. Pengujian Viskositas Kinematis

Berikut adalah langkah-langkah dalam prosedur pengujian viskositas pada aspal:

1. Atur temperatur pada 135°C untuk mengukur temperatur pengujian viskositas
2. Masukkan aspal kemudian panaskan dalam alat dan ukur menggunakan termometer sampai aspal bertemperatur 135°C
3. Angkat termometer kemudian tutup tabung viskometer dan pasang labu untuk penampung aspal pada posisi yang tepat
4. Cabut penutup gabus penyumbat dan pada waktu bersamaan hitung dengan pengukur waktu
5. Waktu pengukuran dihentikan setelah benda uji mencapai tanda batas pada labu penampung
6. Catat waktu yang didapatkan dalam bentuk detik, kemudian konversikan waktu tersebut dalam *saybolt furol* detik ke dalam sentistoke viskositas kinematis (cSt)

3.5.4. Pengujian Titik Lembek

Adapun prosedur pengujian titik lembek yaitu:

- 4 Tempatkan cincin di atas pelat kuningan yang telah dilapisi campuran gliserin.
- 5 Tuangkan aspal ke dalam pelat kuningan hingga sedikit melampaui batas ketinggian pelat, lalu biarkan mendingin pada suhu ruang selama 30 menit.
- 6 Gunakan skrap semen untuk meratakan permukaan benda uji.
- 7 Masukkan benda uji ke dalam bejana kaca yang berisi air dingin bersuhu 5°C.
- 8 Simpan bejana kaca yang berisi benda uji dalam freezer selama 15 menit.
- 9 Letakkan cincin beserta bola baja pada pelat kuningan.
- 10 Pasang termometer khusus untuk menentukan titik lembek.
- 11 Panaskan bejana dengan kenaikan suhu air sebesar 5°C per menit.
- 12 Tempatkan bejana kaca di atas pembakar Bunsen.
- 13 Catat perubahan suhu setiap 5°C per detik hingga bola baja pada aspal jatuh dan menyentuh permukaan pelat kuningan

13.5.1. Pengujian Daktilitas

Adapun prosedur pengujian daktilitas yaitu:

1. Tuangkan aspal ke dalam cetakan kuningan yang telah dilapisi campuran gliserin hingga sedikit melampaui batas ketinggian cetakan.
2. Biarkan benda uji mendingin pada suhu ruang selama 30–40 menit.
3. Gunakan skrap semen untuk meratakan permukaan benda uji.
4. Rendam benda uji dalam bak perendaman dengan suhu 25°C selama 30 menit.
5. ☐ Pasang benda uji pada daktilometer, lalu tarik hingga terputus.

6. Catat hasil pengukuran panjang benda uji saat putus dalam satuan sentimeter.cm

13.5.2. Pengujian Titik Nyala

Adapun prosedur pengujian titik nyala yaitu:

1. Tuang aspal ke dalam cawan Cleveland hingga mencapai batas pengisian.
2. Letakkan cawan Cleveland di atas pelat pemanas, lalu atur alat pemanas.
3. Posisikan benda uji pada alat penguji dengan poros berjarak 75 mm dari titik tengah cawan.
4. Tempatkan termometer secara tegak lurus terhadap benda uji.
5. Atur penahan angin di depan nyala penguji.
6. Nyalakan alat pemanas, kemudian atur suhu pemanasan dengan kenaikan $15 \pm 1^\circ\text{C}$ per menit hingga benda uji mencapai 56°C di bawah titik nyala.
7. Setelah itu, sesuaikan kecepatan pemanasan menjadi 5°C hingga 6°C per menit.
8. Ketika suhu mencapai 28°C , atur kembali nyala Bunsen dengan mengatur putarannya.
9. Putar nyala penguji hingga melewati permukaan cawan dalam satu detik, lalu ulangi proses tersebut setiap kenaikan 2°C .
10. Lanjutkan hingga muncul nyala yang bertahan selama minimal 5 detik di atas permukaan benda uji.
11. Catat suhu yang tertera pada termometer.

13.5.3. Pengujian Kelarutan

Adapun prosedur pengujian kelarutan yaitu:

1. Masukkan benda uji ke dalam Erlenmeyer yang telah ditimbang sebanyak 2 gram.
2. Diamkan benda uji di dalam Erlenmeyer pada suhu ruangan selama beberapa menit.
3. Timbang kembali Erlenmeyer yang telah berisi aspal.
4. Tambahkan trichloroethylene ke dalam Erlenmeyer, lalu

goyangkan secara melingkar hingga benda uji larut.

5. Setelah larut, diamkan campuran selama 15 menit.
6. Siapkan cawan Gooch di atas tabung penyaring.
7. Basahi saringan fiber, lalu saring larutan ke dalam tabung penyaring melalui saringan fiber pada cawan Gooch dengan bantuan vakum dari pompa.
8. Sisa yang tidak larut dalam cawan Gooch dilarutkan secara berulang hingga bersih atau sampai tidak berwarna.
9. Lepaskan cawan Gooch dari tabung penyaring, bersihkan, lalu keringkan dalam oven pada suhu $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ selama 20 menit.
10. Setelah itu, dinginkan pada suhu ruangan selama minimal 20 menit, kemudian timbang kembali cawan Gooch yang telah dikeringkan untuk menentukan berat akhirnya.

13.5.4. Pengujian Berat Jenis

Adapun prosedur pengujian berat jenis yaitu:

1. ☐ Ukur berat kosong piknometer berkapasitas 24 ml dan 25 ml dengan menimbanginya terlebih dahulu.
2. ☐ Isi piknometer dengan air hingga penuh.
3. ☐ Masukkan piknometer ke dalam bak perendam, lalu tekan penutup hingga rapat.
4. ☐ Diamkan piknometer di dalam bak selama 15 menit, kemudian angkat dan keringkan dengan lap bersih.
5. ☐ Timbang kembali piknometer yang telah direndam untuk mengetahui massa total piknometer beserta airnya.
6. ☐ Bersihkan dan keringkan piknometer secara menyeluruh.
7. ☐ Tuangkan benda uji ke dalam piknometer yang sudah bersih hingga mengisi sekitar $\frac{3}{4}$ bagian kapasitasnya.

8. Diamkan benda uji dalam piknometer pada suhu ruangan selama 40 menit.
9. Timbang kembali piknometer yang telah diisi benda uji dan catat massanya.
10. Tambahkan air ke dalam piknometer yang berisi benda uji, lalu tutup tanpa menekan agar udara di dalamnya bisa keluar.
11. Letakkan piknometer yang berisi benda uji dalam bak perendam dengan suhu 25°C dan diamkan selama 30 menit.
12. Angkat piknometer dari bak perendam, lalu keringkan dengan lap bersih.
13. Timbang kembali piknometer setelah direndam untuk mengetahui berat benda uji dan air secara keseluruhan.

13.5.5. Pengujian TFOT

1. Ukur massa kosong cawan dengan menimbangnyanya terlebih dahulu.
2. Tuangkan benda uji ke dalam cawan sebanyak $60 \pm 0,5$ gram.
3. Diamkan cawan berisi benda uji pada suhu ruangan selama 40 menit.
4. Timbang kembali cawan beserta benda uji dengan ketelitian 0,01 gram dan catat massanya.
5. Letakkan cawan berisi benda uji di atas pinggan dalam oven dengan suhu $163 \pm 1^{\circ}\text{C}$, lalu diamkan selama 5 hingga 5,15 jam.
6. Setelah pemanasan, dinginkan benda uji pada suhu ruangan.
7. Timbang kembali benda uji dengan ketelitian 0,01 gram. Selisih antara massa total dan berat kosong cawan menunjukkan berat benda uji setelah pemanasan.
8. Setelah proses pengujian TFOT selesai, benda uji yang telah mengalami TFOT akan dipanaskan kembali. Langkah ini dilakukan

karena benda uji tersebut masih akan digunakan dalam pengujian selanjutnya, yaitu uji Penetrasi, Daktilitas, dan Keelastisan (elastic recovery)

BAB IV PEMBAHASAN HASIL PENELITIAN

1 4.1. Komposisi Aspal Pen 60/70 dan Resin

Sebelum menjalankan pengujian, aspal dengan penetrasi 60/70 harus dipanaskan terlebih dahulu. Hal ini bertujuan agar pada saat melakukan pencampuran aspal dengan Epoxy Resin dapat tercampur dengan sempurna. Penambahan Epoxy Resin pada aspal pen 60/70 digunakan sebanyak 1% 3% dan 5%.



Gambar 4.1. Proses Pencampuran
Sumber : Dokumentasi Pribadi

Adapun perhitungan penentuan kebutuhan resin yang

digunakan sebagai berikut:

Tabel 4.1. Pencampuran aspal dan resin

Persentase Resin	Aspal (gram)	Bahan Additif Resin (gram)
Kadar Resin 1%	1000	10
Kadar Resin 3%	1000	30
Kadar Resin 5%	1000	50

Sumber: Hasil Pengujian Penulis.

4.1. Hasil Pengujian Aspal Pen 60/70 dan Aspal Resin

Pengujian terhadap aspal dilakukan untuk menentukan karakteristik aspal pen 60/70 dan aspal resin, dengan melaksanakan pengujian pada 8 parameter serta menggunakan 48 benda uji.

4.1.1. Hasil Pengujian Penetrasi

Uji penetrasi menentukan tingkat kekerasan aspal berdasarkan nilai yang dihasilkan pen 60/70 dan aspal resin.



Gambar 4.2. Pengujian Penetrasi

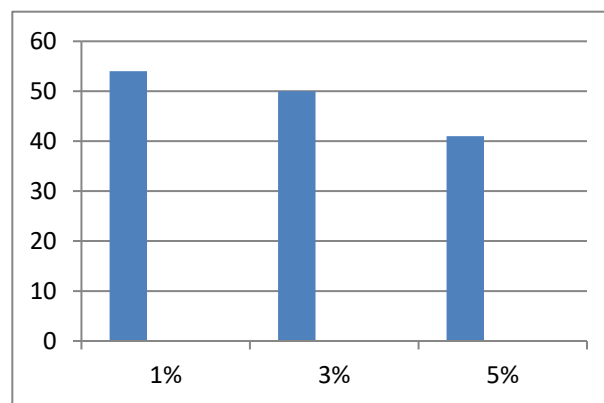
Sumber : Dokumentasi Penulis

Hasil yang didapatkan pada pengujian penetrasi aspal sebagai berikut:

Tabel 4.2. Hasil Uji Penetrasi Aspal Pen 60/70 dan Aspal resin

Pemeriksaan penetrasi pada suhu 25°C	Pen.60/70	Kadar Resin 1%	Kadar Resin 3%	Kadar Resin 5%
1	60	52	48	44
2	60	51	50	46
3	60	50	49	45
4	61	51	48	44
5	61	52	48	47

Sumber: Hasil Pengujian Penulis.



Grafik 4.1. Perbandingan Hasil Pengujian Penetrasi aspal

Sumber: Hasil Pengujian Penulis

Berdasarkan pada Tabel 4.2. nilai penetrasi aspal pen 60/70 mendapatkan nilai tingkat kekerasan sebesar 58 mm, aspal dengan kadar resin 1% sebesar 51 mm, aspal dengan kadar resin 3% sebesar 48 mm dan aspal dengan kadar resin 5% sebesar 44 mm. Hasil pengujian penetrasi yang pada aspal modifikasi harus tingkat kekerasan minimal 50 mm. aspal lebih keras, Dan semakin sulit metode penanganannya sebab aspal tersebut membutuhkan temperatur lebih tinggi supaya aspal melunak atau mencair.

Berdasarkan uraian di atas, dapat disimpulkan bahwa hasil pengujian penetrasi yang diperoleh dari aspal resin lebih kecil dibandingkan dengan aspal pen 60/70, sehingga aspal resin menjadi lebih kaku serta kurang elastis akibat kandungan resin yang menyatu dalam aspal tersebut

4.1.1. Hasil Pengujian Viskositas

Viskositas menentukan besaran tingkat kekentalan aspal yang diperoleh menggunakan alat Saybolt viscosimeter.



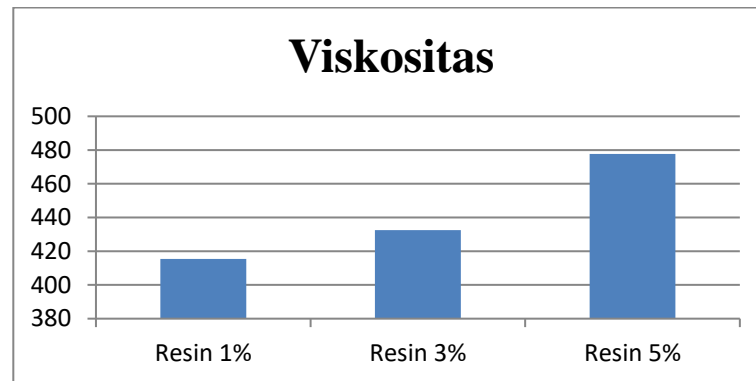
Gambar 4.3. Alat Pengujian Viskositas (*Saybolt Viscosimeter*)
Sumber : Dokumentasi Penulis

Hasil uji viskositas terhadap aspal pen 60/70 serta aspal resin menunjukkan nilai cSt sebagai berikut:

Tabel 4. 3. Hasil Uji Viskositas *Sayblot Furol* Pada Aspal Pen 60/70 dan Aspal Resin

Suhu Pengamatan	Viskositas Saybolt Furol (detik), 60 cc							
	Pen.60/70		Kadar Resin 1%		Kadar Resin 3%		Kadar Resin 5%	
	(detik)	Viskositas (Cst)	(detik)	Viskositas (Cst)	(detik)	Viskositas (Cst)	(detik)	Viskositas (Cst)
135°	181	382,5	191	415,45	195	432,5	198	477,7

Sumber : Hasil Pengujian Penulis.



Grafik 4.2. Perbandingan Hasil Pengujian Viskositas Aspal
Sumber: Hasil Pengujian Penulis.

Dikarenakan hasil yang didapatkan dalam satuan detik (*Saybolt Furol*) maka nilai tersebut harus dirubah kedalam satuan cSt seperti pada Tabel 2.5. Jika nilai yang dibutuhkan tidak terdapat pada Tabel 2.5 maka dilakukan interpolasi. Seperti hasil yang didapatkan oleh Aspal penetrasi 60/70 serta aspal resin. Berdasarkan data pada Tabel 4.3, aspal penetrasi 60/70 memiliki nilai viskositas sebesar 382.5 cSt., aspal dengan kadar resin 1% sebesar 415,5 cSt, aspal dengan kadar resin 3% menghasilkan nilai viskositas yang cukup besar yaitu 432,5 cSt & aspal dengan kadar resin 5% menghasilkan nilai viskositas yang cukup besar yaitu 477,7 cSt. Hasil pengujian viskositas Nilai yang diperoleh telah memenuhi ketentuan sesuai dengan Spesifikasi Bina Marga 2018, di mana hasil uji viskositas menunjukkan nilai minimum ≥ 300 cSt untuk aspal penetrasi 60/70, sedangkan berdasarkan Spesifikasi Khusus Interim 2018, nilai maksimum viskositas untuk aspal modifikasi adalah 2000 cSt.

Berdasarkan uraian di atas, dapat disimpulkan bahwa viskositas aspal resin lebih tinggi dibandingkan dengan aspal penetrasi 60/70. Semakin besar kandungan resin dalam aspal, maka semakin meningkat tingkat kekentalannya. Kekentalan aspal berpengaruh terhadap daya tahan dalam penerapan material aspal serta

menyulitkan penetrasi aspal ke dalam celah-celah antar agregat.

4.1.2. Hasil Pengujian Daktilitas

Pengujian daktilitas aspal menentukan panjang maksimum yang diperoleh dari uji daktilitas dengan menarik benda uji hingga mengalami pemutusan



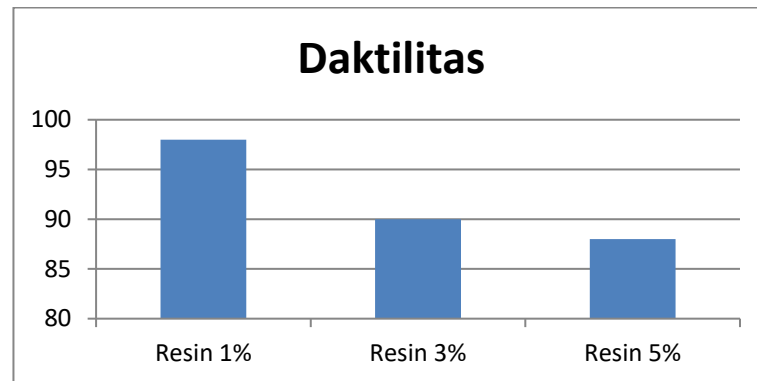
Gambar 4.4. Alat Dan Hasil Pengujian Daktilitas
Sumber : Dokumentasi Penulis

Dalam uji daktilitas yang dilakukan terhadap aspal pen 60/70 yang ditambahkan resin, diperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel 4. 4. Hasil Uji Daktilitas Aspal Pen 60/70 dan Aspal resin

Daktilitas pada suhu 25°, 5 cm/menit	Pen.60/70	Kadar resin 1%	Kadar resin 3%	Kadar resin 5%
	Pembacaan Pengukuran Pada Alat	Pembacaan Pengukuran Pada Alat	Pembacaan Pengukuran Pada Alat	Pembacaan Pengukuran Pada Alat
Pengamatan	> 140	< 140 (98)	< 140 (90)	< 140 (88)

Sumber: Hasil Pengujian Penulis.



Grafik 4.3. Perbandingan Hasil Pengujian Daktalitas Aspal
Sumber: Hasil Pengujian Penulis.

Berdasarkan hasil pengujian daktalitas pada Tabel 4.4, aspal pen 60/70 serta aspal dengan kandungan resin sebesar 1%, 3%, dan 5% memperoleh nilai daktalitas sebagai berikut: 1% sebesar 98 cm, 3% sebesar 90 cm, dan 5% sebesar 88 cm, yang menunjukkan bahwa aspal mengalami putus saat dilakukan penarikan. Nilai daktalitas tersebut tidak memenuhi ketentuan yang ditetapkan dalam Spesifikasi Bina Marga 2018 untuk aspal pen 60/70 maupun Spesifikasi Khusus Interim 2018 untuk aspal modifikasi, di mana standar minimal hasil uji daktalitas adalah ≥ 100 cm..

Nilai daktalitas yang rendah tidak mampu membuat aspal kuat dalam menahan tekanan sehingga membuat aspal tidak dapat meregang dan cepat mengalami retakan yang terjadi akibat perubahan suhu dan pembebanan lalu lintas pada permukaan jalan.

4.1.3. Hasil Pengujian Titik Lembek

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan jenis aspal yang sesuai dengan kondisi temperatur di suatu lokasi.



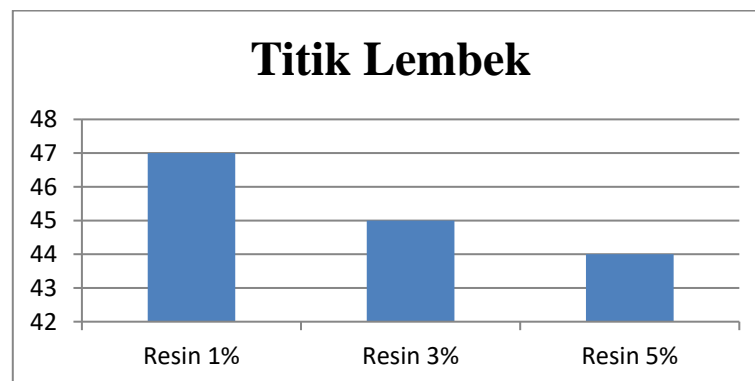
Gambar 4.5. Pengujian Titik Lembek

Sumber : Dokumentasi Penulis.

Tabel 4. 5. Hasil Uji Titik Lembek Pada Aspal Pen 60/70 dan Aspal Resin

No	Suhu yang diambil		Pen.60/70				Resin 1%		Resin 3%		Resin 5%	
			Waktu (detik)		Titik lembek							
	°C	°F	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
1	5	41	-	-								
2	10	50	62	62								
3	15	59	123	123								
4	20	68	182	182								
5	25	77	242	242								
6	30	86	301	301								
7	35	95	362	362								
8	40	104	425	425								
9	45	113	486	486	49°C	49°C						
10	50	122					47°C	46,5°C	45°C	45,2°C	44°C	44°C
11	55	131										

Sumber : Hasil Pengujian Penulis



Grafik 4.4. Perbandingan Hasil Pengujian Titik Lembek Aspal

Sumber: Hasil Pengujian Penulis.

12 Berdasarkan hasil pengujian titik lembek yang tercantum dalam Tabel 4.5, aspal pen 60/70 memiliki titik lembek sebesar 49°C, sedangkan aspal dengan kadar resin 1% mencapai 47°C, kadar resin 3% sebesar 45°C, dan kadar resin 5% sebesar 44°C. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa titik lembek aspal tidak memenuhi persyaratan yang ditetapkan dalam Spesifikasi Bina Marga 2018, yang mensyaratkan nilai titik lembek minimal $\geq 48^\circ\text{C}$ untuk aspal pen 60/70. Selain itu, berdasarkan Spesifikasi Khusus Interim 2018, aspal modifikasi seharusnya memiliki titik lembek minimal 52°C..

9
1
1 Titik lembek memiliki dampak terhadap sensitivitas aspal terhadap fluktuasi suhu yang terjadi. Oleh karena itu, aspal yang dihasilkan menjadi tidak dapat diterapkan karena aspal + resin terlalu keras atau kaku dan mudah getas bila diaplikasikan di cuaca yang panas.

Kurangan yang dimiliki pada aspal resin membuat aspal menjadi tidak tahan terhadap temperatur tinggi dibandingkan dengan aspal biasa. Sehingga penggunaan resin tidak bisa digunakan untuk daerah yang memiliki cuaca panas, seperti pada daerah yang berdekatan dengan pantai.

4.1.4. Hasil Pengujian Titik Nyala

Uji nyala memberikan angka nyala serta titik bakar pada material aspal, metode memperoleh angka nyala pada zat aspal dilakukan dengan memanfaatkan Cleveland terbuka cup..

Gambar 4.6. Pengujian Titik Nyala



Sumber : Dokumentasi Penulis

4 Dalam uji nyala aspal pen 60/70 serta aspal resin, diperoleh informasi hasil sebagai berikut :

Tabel 4.6. Hasil Uji Titik Nyala Pada Aspal Pen 60/70

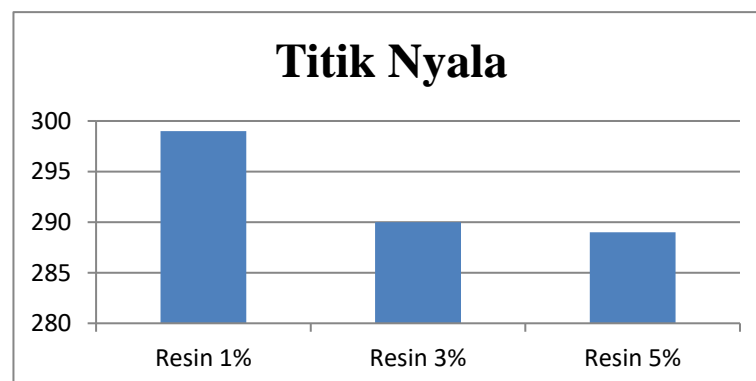
°C di bawah titik nyala	Pembacaan waktu	Pen.60/70	
		Pembacaan Suhu	Titik Nyala
56	pk 08.25	264 °C	
51	pk 08.26	269 °C	
46	pk 08.27	274 °C	
41	pk 08.28	279 °C	
36	pk 08.29	284 °C	
31	pk 08.30	289 °C	
26	pk 08.31	294 °C	
21	pk 08.32	299 °C	
16	pk 08.33	304 °C	
6	pk 08.34	314 °C	
1	pk 08.35	319 °C	320°C

Sumber: Hasil Pengujian Penulis

Tabel 4.7. Hasil Uji Titik Nyala Pada Aspal Resin

°C Di Bawah Titik Nyala	Pembacaan Waktu	Kadar Resin 1%		Pembacaan Waktu	Kadar Resin 3%		Pembacaan Waktu	Kadar Resin 5%	
		Pembacaan Suhu	Titik Nyala		Pembacaan Suhu	Titik Nyala		Pembacaan Suhu	Titik Nyala
56	8,30	254 °C	299 °C	8,30	260 °C	290 °C	8,30	254 °C	289 °C
51	8,31	259 °C		8,31	265 °C		8,31	259 °C	
46	8,32	265 °C		8,32	271 °C		8,32	265 °C	
41	8,33	271 °C		8,33	277 °C		8,33	270 °C	
36	8,34	277 °C		8,34	286 °C		8,34	280 °C	
31	8,35	283 °C		8,35	290 °C		8,35	289 °C	
	K =	9328 kPa		K =	932,8 kPa		K =	932,8 kPa	

Sumber: Hasil Pengujian Penulis.



Grafik 4.5. Perbandingan Hasil Pengujian Titik Nyala Aspal

Sumber: Hasil Pengujian Penulis

Merujuk pada hasil uji nyala dalam Tabel 4.6, aspal pen 60/70 memperoleh angka sebesar 290°C, Tabel 4.7 menunjukkan aspal dengan kandungan resin 1% mencapai 299°C, aspal dengan kandungan resin 3% mencapai 290°C, serta aspal dengan kandungan resin 5% mencapai 289°C. Angka nyala yang diperoleh telah memenuhi ketentuan sesuai dengan Spesifikasi Bina Marga 2018 serta Spesifikasi Khusus Interim 2018, di mana hasil uji nyala aspal yang diperoleh menunjukkan angka $\geq 232^\circ\text{C}$.

1 Berdasarkan uraian sebelumnya, angka nyala yang diperoleh dapat menentukan suhu maksimal selama proses pemanasan agar aspal tidak mudah terbakar. Semakin besar angka nyala serta angka bakar aspal, maka kualitas aspal semakin unggul. Hasil yang diperoleh dalam uji nyala ini tidak memengaruhi mutu aspal yang diuji, melainkan berperan saat proses pencampuran aspal guna menghindari risiko kebakaran akibat temperatur yang terlalu tinggi. 12 Angka nyala yang diperoleh dari aspal resin memiliki tingkat suhu lebih besar dibandingkan dengan aspal pen 60/70.

4.1.5. Hasil Pengujian Kelarutan

68 Uji kelarutan menentukan tingkat kemurnian pada aspal pen 60/70 serta aspal resin dengan memanfaatkan larutan TCE trichloroethylene.



Gambar 4.7. Pengujian Kelarutan
Sumber : Dokumentasi Penulis

Pada pengamatan uji kelarutan aspal didapatkan data hasil:

Tabel 4.8. Hasil Uji Kelarutan Pada Aspal Pen 60/70

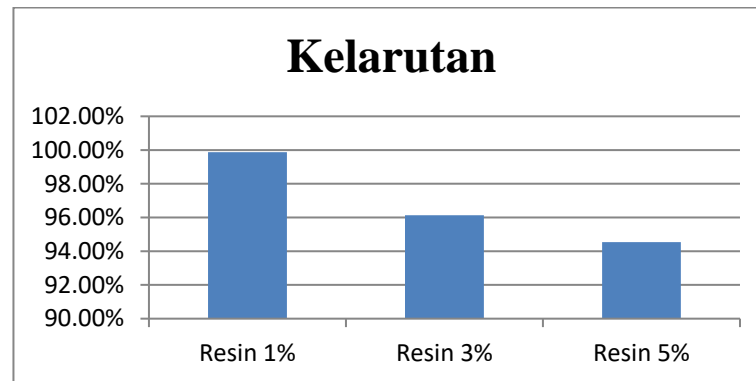
	Pen.60/70	
Berat Erlenmeyer + Aspal	122.082	gram
Berat Erlenmeyer	120.082	gram
Berat Aspa (b)	2	gram
Berat Saringan + Bagian tak larut (c)	16.58	gram
Berat Sarin (a)	16.577	gram
% Terlarut = $100 - ((C - A) / B \times 100)$	99.85%	

Sumber: Hasil Pengujian Penulis.

Tabel 4.9. Hasil Uji Kelarutan Pada Aspal Resin

	Kadar Resin 1%		Kadar Resin 3%		Kadar Resin 5%	
Berat erlenmeyer + Aspal	77,8426	gram	77,8426	gram	127,2090	gram
Berat Erlenmeyer	75,5997	gram	75,5997	gram	124,9018	gram
Berat Aspa (b)	2,2429	gram	2,2429	gram	2,3072	gram
Berat saringan + Bagian tak larut (c)	22,8702	gram	22,7652	gram	22,9767	gram
Berat Sarin (a)	22,8674	gram	22,6785	gram	22,8506	gram
% Terlarut = $100 - ((C - A) / B \times 100)$	99.875%		96.134%		94.535%	

Sumber: Hasil Pengujian Penulis



Grafik 4.6. Perbandingan Hasil Pengujian Kelarutan Aspal
Sumber: Hasil Pengujian Penulis.

Merujuk pada hasil pengujian kelarutan dalam Tabel 4.8, aspal pen 60/70 mendapatkan nilai kelarutan sebesar 99.85%, Tabel 4.9 aspal dengan kadar resin 1% sebesar 99,875%, 3% sebesar 96,134% dan 5% sebesar 94,535%. Nilai kelarutan yang dihasilkan untuk kadar resin 1% telah Mematuhi ketentuan sesuai dengan Spesifikasi Bina Marga 2018 serta Spesifikasi Khusus Interim 2018. dimana hasil uji kelarutan yang didapatkan menghasilkan nilai $\geq 99\%$ tetapi untuk aspal yang mengandung kadar resin 3% dan 5% tidak memenuhi syarat dikarenakan aspal yang dihasilkan oleh kadar resin yang semakin banyak maka aspal tidak larut semakin banyak dikarenakan sifat resin yang kaku.

Berdasarkan uraian sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa angka kelarutan yang dihasilkan pada aspal resin mengalami penurunan dibandingkan dengan aspal pen 60/70, dikarenakan adanya bahan tambah yang digunakan pada aspal sehingga mempengaruhi kemurnian dari aspal tersebut.

Uji kelarutan dapat menentukan tingkat kemurnian dari derajat kelarutan aspal dalam TCE *trichloroethylene*.

Kelarutan yang dihasilkan oleh aspal resin, memiliki tingkat kemurnian yang rendah. Dikarenakan adanya kandungan material nonbitumen yang digunakan.

4.1.6. Hasil Pengujian Berat Jenis

Uji ini memperoleh angka massa jenis aspal pen 60/70 serta aspal resin.



Gambar 4. 8. Pengujian Berat Jenis
Sumber : Dokumentasi Penulis

Dalam pengujian massa jenis aspal, diperoleh informasi hasil sebagai berikut:

Tabel 4.10. Hasil Uji Berat Jenis Pada Aspal Pen 60/70

Pen.60/70				
	A		B	
Berat piknometer + aspal	41.977	gram	44.592	gram
Berat piknometer kosong	30.812	gram	30.15	gram
Berat aspal (a)	11.165	gram	14.442	gram
Berat piknometer + air	53.032	gram	55.453	gram
Berat piknometer kosong	30.812	gram	30.15	gram
Berat air (b)	22.22	gram	25.303	gram

Berat piknometer + aspal + air	53.428 gram	55.957 gram
Berat piknometer + aspal	41.977 gram	44.592 gram
Berat air	(c) 11.451 gram	11.365 gram
Isi aspal	(b - c) 10.769 ml	13.938 ml
Berat jenis A = berat aspal / isi aspal = 1.037 gram/ml		
Berat jenis B = berat aspal / isi aspal = 1.036 gram/ml		

Sumber: Hasil Pengujian Penulis.

Tabel 4.11. Hasil Uji Berat Jenis Pada Aspal Resin 1%

Berat Jenis pada 25 °C					
		Benda Uji I		Benda Uji II	
Piknometer (A)		30,1528	gram	30,1528	gram
Piknometer + Air (B)		53,5079	gram	58,1053	gram
Piknometer + Benda Uji (C)		42,9758	gram	48,2655	gram
Piknometer + Benda Uji + Air (D)		54,0501	gram	58,9045	gram
Berat Jenis =	$\frac{C - A}{(B - A) - (D - C)}$ =	1,044		1,046	
		Rata Rata = 1.045 %			

Sumber: Hasil Pengujian Penulis.

Tabel 4.12. Hasil Uji Berat Jenis Pada Aspal Resin 3%

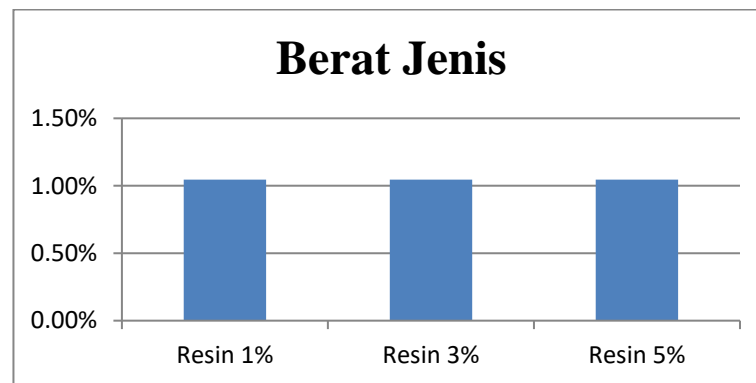
Berat Jenis pada 25 °C					
		Benda Uji I		Benda Uji II	
Piknometer (A)		28,9525	gram	28,9525	gram
Piknometer + Air (B)		58,0359	gram	58,1053	gram
Piknometer + Benda Uji (C)		48,2762	gram	48,2655	gram
Piknometer + Benda Uji + Air (D)		58,9079	gram	58,9045	gram
Berat Jenis =	$\frac{C - A}{(B - A) - (D - C)}$	1,047		1,043	
		Rata Rata = 1.045 %			

Sumber: Hasil Pengujian Penulis.

Tabel 4.13. Hasil Uji Berat Jenis Pada Aspal Resin 5%

Berat Jenis pada 25 °C					
		Benda Uji I		Benda Uji II	
Piknometer (A)		30,4919	gram	30,4919	gram
Piknometer + Air (B)		54,5350	gram	58,1053	gram
Piknometer + Benda Uji (C)		46,1415	gram	48,2655	gram
Piknometer + Benda Uji + Air (D)		55,1838	gram	58,9045	gram
Berat Jenis =	$\frac{C - A}{(B - A) - (D - C)}$ =	1,043		1,047	
		Rata Rata = 1.045 %			

Sumber: Hasil Pengujian Penulis.



Grafik 4.7. Perbandingan Hasil Pengujian Berat Jenis Aspal

Sumber: Hasil Pengujian Penulis.

Merujuk pada hasil pengujian massa jenis dalam Tabel 4.10, aspal pen 60/70 memperoleh angka massa jenis sebesar 1,037 gram/ml, Tabel 4.11 Rata rata aspal resin dengan kadar 1% sebesar 1,045%, Tabel 4.12 kadar resin 3% sebesar 1,045% dan Tabel 4.13 kadar resin 5% sebesar 1,045%. Maka dapat disimpulkan bahwa nilai Massa jenis pada aspal pen 60/70 serta aspal resin dengan kadar 1%, 3%, dan 5% mematuhi ketentuan sesuai dengan Spesifikasi Bina Marga 2018 dan Spesifikasi Khusus Interim 2018 dimana hasil uji berat jenis yang didapatkan menghasilkan nilai $\geq 1,0$. Hal ini disebabkan karena resin memiliki sifat *waterproof*.

Uji massa jenis membandingkan bobot suatu objek yang diukur dengan bobot objek saat berada dalam air. Semakin tinggi angka massa jenis aspal, maka semakin rendah kandungan mineral minyak serta partikel lain di dalam aspal, sehingga kualitas aspal menjadi lebih baik.

4.1.7. Hasil Pengujian TFOT

Pengujian TFOT merupakan pengujian yang dilakukan dengan cara memanaskan aspal secara berulang. Uji ini dilaksanakan melalui tiga tahap pengujian, yakni pengurangan massa, penetrasi,

serta daya mulur. Pengujian TFOT (pengurangan massa) menentukan persentase hilangnya kandungan minyak setelah mengalami pemanasan berulang serta menilai sejauh mana perubahan karakteristik aspal akibat berkurangnya massa.



Gambar 4.9. Pengujian Kehilangan Berat (TFOT)

Sumber : Dokumentasi Penulis

Pada pengujian TFOT berdasarkan kehilangan berat pada aspal pen 60/70 dan aspal resin didapatkan data hasil sebagai berikut:

Tabel 4.15. Hasil Uji TFOT Kehilangan Berat Pada Aspal Pen 60/70

Pen 60/70				
	A		B	
Berat Cawan + Aspal	106,122	gram	102,431	gram
Berat Cawan Kosong	46,928	gram	43,126	gram
Berat Aspal (a)	59,186	gram	59,285	gram
Berat Sebelum Pemanasan	106,122	gram	102,431	gram
Berat Sesudah Pemanasan	106,114	gram	102,411	gram
Kehilangan Berat (b)	0,008	gram	0,02	gram
atau $b/a \times 100 \%$	0,0013%		0,0033%	

Sumber: Hasil Pengujian Penulis.

Tabel 4.16. Hasil Uji TFOT Kehilangan Berat Pada Aspal Resin 1%.

TFOT (Oven : 163 °C, 5 jam)				
	Benda Uji I		Benda Uji II	
Berat wadah (A)	89,3206	gram	89,3206	gram
Berat wadah + Benda Uji (B)	141,8526	gram	141,3299	gram
Berat wadah + benda uji setelah oven (C)	141,779	gram	141,2586	gram
Kehilangan berat = $\frac{B-C}{B-A} \times 100 =$	0,140	%	0,137	%
	Rata rata = 0,139 %			

Sumber: Hasil Pengujian Penulis.

Tabel 4.17. Hasil Uji TFOT Kehilangan Berat Pada Aspal Resin 3%.

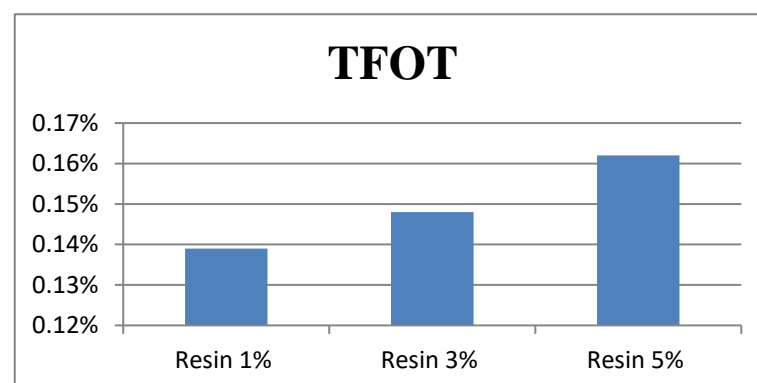
TFOT (Oven : 163 °C, 5 jam)				
	Benda Uji I		Benda Uji II	
Berat wadah (A)	85,7732	gram	85,7732	gram
Berat wadah + Benda Uji (B)	136,3110	gram	136,3112	gram
Berat wadah + benda uji setelah oven (C)	136,237	gram	136,2366	gram
Kehilangan berat = $\frac{B-C}{B-A} \times 100 =$	0,147	%	0,148	%
	Rata rata = 0,148 %			

Sumber: Hasil Pengujian Penulis.

Tabel 4.18. Hasil Uji TFOT Kehilangan Berat Pada Aspal Resin 5%.

TFOT (Oven : 163 °C, 5 jam)				
	Benda Uji I		Benda Uji II	
Berat wadah (A)	89,3206	gram	89,3206	gram
Berat wadah + Benda Uji (B)	136,3112	gram	136,3112	gram
Berat wadah + benda uji setelah oven (C)	136,237	gram	136,235	gram
Kehilangan berat = $\frac{B-C}{B-A} \times 100 =$	0,159	%	0,162	%
	Rata rata = 0,160 %			

Sumber: Hasil Pengujian Penulis.



Grafik 4. 8. Perbandingan Hasil Pengujian TFOT Kehilangan Berat
Sumber: Hasil Pengujian Penulis

Berdasarkan hasil uji TFOT Kehilangan Berat yang terdapat

di Tabel 4.15 aspal pen 60/70 mendapatkan nilai TFOT sebesar 0,03%, Tabel 4.16 aspal dengan kadar resin 1% sebesar 0,139%, Tabel 4.17 aspal dengan kadar resin 3% sebesar 0,148%. dan Tabel 4.18 aspal dengan kadar resin 5% sebesar 0,160%. TFOT Kehilangan Berat yang dihasilkan pada aspal resin mengalami peningkatan yang cukup signifikan karena minyak yang naik ke atas lalu menguap dan hilang daripada hasil dari Aspal pen 60/70. Angka TFOT yang diperoleh tidak mematuhi ketentuan sesuai dengan Spesifikasi Bina Marga 2018 serta Spesifikasi Khusus Interim 2018, di mana hasil uji TFOT yang didapat menunjukkan angka kurang dari 0,8%.

TFOT adalah uji yang dilakukan dengan memberikan pemanasan berulang pada aspal, kemudian aspal kembali diuji melalui pengukuran pengurangan massa. Pengujian ini bertujuan untuk menentukan jumlah minyak ringan yang menguap akibat pemanasan berulang. Hal ini penting karena tingginya kandungan minyak dalam aspal dapat memengaruhi daya rekatnya terhadap agregat.

4.2.9 Resume Pegujian

Berdasarkan hasil uji yang dilakukan pada aspal pen 60/70 dibandingkan dengan aspal telah dicampur dengan Epoxy Resin maka penulis mendapatkan hasil pengujian dengan kesesuaian spesifikasi:

Tabel 5. 1. Rekapitulasi Hasil Pengujian Aspal Pen 60/70 dan Epoxy Resin

No	Keterangan	Aspal Pen. 60/70	Aspal Modifikasi			Satuan	Syarat Aspal Modifikasi	Keterangan
			1%	3%	5%			
1	Penetrasi	58	51	48	44		Min.50	Masuk 1%
2	Viskositas	382,5	415,45	432,5	477,7	cSt	Maks.2000	Masuk
3	Titik lembek	49	47	45	44	°C	Min.52	Tidak Masuk
4	Berat Jenis	1.037	1.045	1.045	1.045	ml/gram	Maks.1.0	Masuk
5	Daktilitas	>140	98	90	88	cm	Min.100	Tidak Masuk
6	Kelarutan	99,85	99,875	96,134	94,535	%	Min.99	Masuk 1%

7	Titik nyala	290	299	290	289	°C	Min.232	Masuk
8	Kehilangan berat	0,0033	0,135	0,148	0,160	%	Maks. 0,8	Tidak Masuk

Sumber: Hasil Pengujian Penulis.

4.2.10 Pembahasan Kekurangan dan Kelebihan Aspal Resin

Aspal dengan penambahan resin menghasilkan nilai parameter lebih kecil dibandingkan dengan aspal pen 60/70. Dengan adanya tambahan resin, aspal memiliki angka titik leleh yang lebih rendah, sehingga daya tahannya terhadap suhu menjadi kurang optimal. lebih tinggi aspal inipun akan mudah getas. Aspal dengan tambahan resin menghasilkan aspal yang tidak elastis sehingga dapat menjadikan aspal sangat mudah mengalami keretakan pada permukaan jalan, mengakibatkan jalan mudah bergelombang dan tidak mudah meleleh akibat temperatur yang mengalami kenaikan, Pengaplikasian aspal resin tidak cocok digunakan karena aspal yang dihasilkan mudah getas kaku tidak lentur membuat jalan menjadi mudah berlubang mudah getas tidak tahan lama Selain aspal resin memiliki sifat yang kaku dan mudah getas aspal tersebut juga memiliki tingkat ekonomis yang tinggi jika dilakukan di partai besar karena harga 1kg resin + 1kg hardener itu \pm Rp.400.000. dan juga perawatannya pasti tidak mudah dan makan waktu dan biaya yg besar.

Namun Aspal Resin ini memiliki berat jenis yang konstan dan aspal resin ini memiliki kekuatan jika jalan tersebut dilanda banjir karna resin ini sendiri memiliki sifat *waterproof*.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

42

Merujuk pada hasil uji yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa aspal pen 60/70 dengan tambahan resin tidak layak digunakan sebagai campuran utama aspal, sebab sifat yang dihasilkan dari pengujian tersebut menghasilkan aspal yang keras kaku dan bila di aplikasikan jalan tersebut akan mudah getas, Persentase terbaik dari hasil tes tersebut yaitu 1% karena kadar resin yang dicampurkan masih sedikit namun tetap tidak bisa di aplikasikan, Mungkin bisa untuk menghias aspal atau lapisan luar aspal untuk mempercantik aspal.

Berikut adalah Kesimpulan singkat dari setiap parameter:

1

1. Merujuk pada uji penetrasi terhadap karakteristik aspal pen 60/70 yang telah dicampur dengan bahan aditif resin, hasilnya menunjukkan bahwa angka uji penetrasi pada aspal resin lebih kecil dibandingkan dengan aspal pen 60/70, sehingga menyebabkan aspal resin menjadi lebih kaku tidak elastis dan tidak dapat meresap dengan baik ke dalam permukaan jalan yang sudah ada maupun lapisan jalan baru, karena kandungan resin yang tercampur pada aspal tersebut.

1

1

1

64

1

2. Berdasarkan pengujian Viskositas Pada sifat aspal pen 60/70 yang telah dicampur dengan bahan aditif resin, hasilnya menunjukkan bahwa tingkat viskositas aspal resin lebih besar dibandingkan dengan aspal pen 60/70. Semakin tinggi kandungan resin dalam aspal, maka semakin meningkat kekentalan pada aspal tersebut. Kekentalan aspal akan mempengaruhi kekuatan pada penggunaan material aspal, dan akan menyebabkan sulitnya aspal memasuki rongga rongga antar agregat tetapi semakin kuat perannya Sebagai elemen pengikat dalam campuran, sehingga mutu perkerasan jalan akan semakin baik.

3. Berdasarkan pengujian Titik Lunak pada sifat aspal Pen 60/70

yang sudah dicampur dengan zat aditif Resin memperlihatkan bahwa angkanya lebih kecil serta berdampak pada sensitivitas aspal terhadap perbedaan temperatur yang berlangsung. Oleh karena itu, aspal yang terbentuk tidak dapat digunakan karena aspal + resin terlalu keras atau kaku yang mengakibatkan terjadinya keretakan rongga – rongga yang sudah terkehendaki campuran dan terjadi *Blending* saat peng aplikasi.

1. 4. Berdasarkan pengujian Berat Jenis Pada sifat aspal Pen 60/70 yang telah dicampur dengan bahan aditif Resin, hasilnya menunjukkan bahwa angka massa jenis pada aspal Pen 60/70 serta aspal resin dengan kadar 1%, 3%, dan 5% sesuai dengan ketentuan dalam Spesifikasi Bina Marga 2018 dan Spesifikasi Khusus Interim 2018 dimana hasil uji berat jenis yang didapatkan menghasilkan nilai maks 1,0. Hal ini disebabkan karena resin memiliki sifat *waterproof*.
31. 5. Berdasarkan pengujian Daktilitas Pada sifat aspal Pen 60/70 yang telah dicampur dengan zat aditif Resin, memperlihatkan bahwa Nilai daktilitas yang rendah tidak mampu membuat aspal kuat dalam menahan tekanan sehingga membuat aspal tidak dapat meregang dan cepat mengalami retakan yang terjadi akibat perubahan suhu dan pembebanan lalu lintas pada permukaan jalan.
62. 6. Berdasarkan pengujian Kelarutan pada sifat aspal Pen 60/70 yang sudah dicampur dengan zat aditif. Resin menunjukan bahwa nilai kelarutan yang dihasilkan pada aspal resin mengalami penurunan dibandingkan dengan aspal pen 60/70, dikarenakan adanya bahan tambah yang digunakan pada aspal sehingga mempengaruhi kemurnian dari aspal tersebut dan makin besar persentase resin yang dikandung oleh aspal maka semakin kecil persentase kelarutan aspal tersebut karena sifat resin yang mempunyai daya

rekat yang kuat jadi banyak aspal yg menggumpal.

7. Berdasarkan pengujian Titik Nyala Pada sifat aspal Pen 60/70 yang sudah dicampur dengan zat aditif Resin, terlihat bahwa angka titik nyala lebih kecil dibandingkan dengan aspal Pen 60/70 maka aspal dengan tambahan resin menghasilkan aspal yang volatilitas yang lebih tinggi ini berarti aspal tersebut lebih mudah menguap dan bisa lebih cepat terbakar pada suhu yang lebih rendah Dibandingkan dengan aspal yang mempunyai angka titik nyala lebih besar, sebab yang diutamakan adalah keselamatan, bukan laju.
8. Merujuk pada uji TFOT kehilangan berat terhadap sifat aspal Pen 60/70 yang sudah dicampur dengan zat aditif Resin, hasilnya menunjukkan nilai Nilai TFOT yang dihasilkan tidak memenuhi syarat atau lebih besar dari 0,8% berdasarkan Spesifikasi Bina Marga 2018 dan Spesifikasi Khusus Interim 2018 dimana hasil uji TFOT yang didapatkan menghasilkan nilai $< 0.8\%$. TFOT merupakan pengujian yang dilakukan dengan melakukan pemanasan berulang pada aspal, kemudian aspal diuji kembali dengan melakukan pengujian kehilangan berat. Uji kehilangan berat ini dilakukan untuk menentukan jumlah minyak ringan yang menguap akibat pemanasan berulang. Sebab, apabila aspal mengandung minyak dalam jumlah besar, hal tersebut dapat memengaruhi daya rekat terhadap agregat.

5.2 Saran

Pengujian aspal resin ini tidak dapat dilanjutkan karena dari hasil pengujian ini aspal resin tidak sesuai dengan peraturan aspal modifikasi.

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, berikut merupakan beberapa hal yang mesti di perhatikan:

1. Dibutuhkan ketelitian pada saat melakukan pengujian.

2. Memastikan bahan yang akan digunakan.
3. Penyimpanan bahan di tempat tertutup dan suhu yang terjaga agar tidak terjadi perubahan perubahan teksturnya.
4. Reset terlebih dahulu bahan aditiv yang akan di campurkan aspal ketahui sifat sifatnya bila tidak terlalu jauh dengan sifat aspal kemungkinan bisa di campur dengan aspal.