



HASIL PENELITIAN PENDAHULUAN PENGARUH PENAMBAHAN SYNTETIC RUBBER (POLYMER) TERHADAP KETAHAN- AN ASPAL PEN 60 DAN 80 TERHADAP SUHU (Pi) DAN PELAPUKAN (AGING INDEX)

Tjitjik Wasiah Suroso

RINGKASAN

Pembangunan jalan di Indonesia makin lama makin meningkat sehingga penggunaan aspal serta pemeliharaan makin meningkat pula. Pada perkerasan jalan dengan lalu lintas padat dan berat, sehingga terjadi Rutting, Cracking, serta terjadinya pelapukan aspal. Oleh karena itu perlu dicari bahan tambah aspal yang dapat memberikan hasil yang lebih baik dan waktu pelayanan yang lebih lama sehingga dapat menghemat dana untuk rehabilitasi.

Suatu bahan polymer/Syntetic Rubber dapat digunakan sebagai bahan tambah terhadap aspal karena dapat meningkatkan ketahanan terhadap suhu, menurunkan index pelapukan. Bahan ini mempunyai struktur yang berupa ikatan menyilang sehingga dapat menahan penguapan fraksi minyak dalam aspal. Hal ini terlihat dari hasil penentuan aging index aspal setelah ditambah polymer, sehingga diharapkan aspal + polymer ini pada perkerasan jalan akan dapat lebih tahan terhadap oksidasi serta tahan terhadap lalu-lintas berat dari pada aspal biasa.

Dari hasil penelitian secara laboratorium dan analisa data penambahan Syntetic Rubber (Polymer) sebesar 3% dalam aspal akan menaikkan ketahanan aspal pen 60 terhadap suhu dan menurunkan aging index.

Sedangkan pada aspal pen 80 penambahan 3% Syntetic Rubber (Polymer) menaikkan kepekaan terhadap suhu (Pi).

SUMMARY

Road construction in Indonesia nowadays tends to increase therefore the use and maintenance of asphalt also the same. In Road pavement with high and heavy traffic caused rutting, cracking and asphalt aging. Therefore it must be an asphalt additive that can give better result and long lservice life in order to save rehabilitation cost.

Polymer materials/synthetic Rubber can be used as the asphalt additive because it can increase resistivity against temperature, aging index decreased. This materials which bind crossing can resist the steam of oil in asphalt. We could see it from asphalt aging index defision result after polymer additive, therefore it is hope that polymer asphalt in road pavement more resist against oxydation and good in heavy traffic comparing with ordinary asphalt.

From laboratory research and data analysis the syntetic rubber addition (polymer) addition 3% in asphalt willl increase asphalt pen 60 resistivity against the temperature and index aging increased while is 80 pen asphalt the addition 3% syntetic rubber (polymer) increase the sensitivity against the temperature (Pi).

I. PENDAHULUAN

Umumnya perkerasan jalan direncanakan untuk jangka masa pelayanan yang disesuaikan dengan kondisi lalu-lintas. Pada

perkerasan jalan dengan lalu-lintas berat dan padat, banyak terjadi kerusakan-kerusakan berupa aus, rutting, retak dan

hilangnya material-material halus dari permukaan. Oleh karena itu perlu dicari bahan untuk pemeliharaan, atau pembangunan jalan yang dapat memberikan performance yang lebih baik untuk waktu yang lama.

Seperti diketahui Indonesia terletak dinegara tropis sehingga suhu pada perkerasan jalan relatif tinggi.

Sehingga perlu bahan tambah aspal yang dapat menaikkan ketahanan aspal terhadap suhu, sehingga aspal lebih stiff dan akhirnya perkerasan tahan terhadap perubahan suhu, suatu jenis polymer atau karet sintetis yang mempunyai sifat memperbaiki mutu aspal antara lain menaikkan titik lembek serta menaikkan ketahanan terhadap suhu, serta menurunkan aging index.

Dari hasil penelitian penambahan polymer (karet sintetis) akan menaikkan ketahanan terhadap suhu, menurunkan aging index. Pada penambahan polymer 3% memberikan hasil yang significant terhadap ketahanan terhadap suhu serta aging index.

Dari hasil penelitian penambahan polymer (karet sintetis) akan menaikkan ketahanan terhadap suhu, menurunkan aging index. Pada penambahan polymer 3% memberikan hasil yang significant terhadap ketahanan terhadap suhu serta aging index.

II TINJAUAN PUSTAKA

Aspal terdiri dari koloidal yang kompleks sebagian besar sangat ditentukan oleh kadar asphaltene, aromatic, resin dan parafin.

Pada temperatur ruang resin berfungsi sebagai peptisasi dari asphaltene, peranan ini menyebabkan aspal agak Stiff (kaku).

Bila suhu naik, resin dan parafin lebih, akan menyebabkan aspal menjadi lunak. Sebagai bahan perekat dan bahan pengisi dan anti air bagi perkerasan jalan, aspal harus mempunyai sifat daya lekat yang baik dan juga tahan terhadap beban lalu lintas yang berat berarti aspal harus cukup stiff sehingga aspal tahan terhadap perubahan suhu dan fatigue.

Karena kompleksnya struktur aspal maka aspal tidak bisa hanya ditentukan oleh satu faktor.

Faktor yang perlu diperhatikan antara lain:

1. Consistensi : Penetrasi (Viscositas) Vs Suhu Titik lembek Daktilitas
2. Kelekatan : Kadar parafin
3. Aging (pelapukan) : Bisa digunakan Alat Thin Film Oven Test atau Roll Thin Film Oven Test, dll.

Satu sifat yang tak kalah pentingnya adalah penetrasi untuk menentukan grade penetrasi dimana penentuan penetrasi dilakukan pada suhu 25° C, Tetapi untuk menentukan ketahanan terhadap suhu diperlukan pengujian Titik lembek. Bila suhu naik maka aspal jadi lunak. Bila penetrasi aspal naik dan cepat terhadap kenaikan suhu maka disebut High Ternal Susceptibility. Hubungan antara penetrasi dengan titik(P.I) lembek disebut ketahanan terhadap suhu yang merupakan sifat Rheologi aspal. Aspal untuk perkerasan jalan sebaiknya mempunyai harga penetrasi index dari -1 s/d +1. Hubungan tersebut dinyatakan oleh persamaan sbb.

Secara,perhitungan :

$$P_i = \frac{20 - 500 A}{1 + 50 A}$$

$$\text{Di mana : } A = \frac{\text{Log pen pd } 25^\circ \text{ C} - \text{log } 800}{25 - \text{titik lembek}}$$

Harga P_i diperlukan untuk menghitung atau mencari Stiffness Modulus (Gambar 1) aspal, yang selanjutnya dapat digunakan untuk mencari Stiffness dari campuran grafik (2) karena aspal mungkin berbeda pada komposisi kimianya sehingga mungkin tahan atau kurang tahan terhadap pelapukan dengan kata lain oksidasi adalah merupakan faktor yang penting terhadap keawetan perkerasan.

Test dengan alat Thin Film Oven Test atau RTFOT (Roll Thin Film Oven Test) merupakan pengujian pendekatan atau untuk memperkirakan pengerasan aspal selama proses pencampuran di AMP. Oleh karena Indonesia merupakan negara tropis

dimana sinar matahari merupakan faktor yang dominan terhadap kemungkinan kerusakan perkerasan jalan ditinjau dari ketahanan terhadap suhu dan aging (pelapukan) selain itu suatu hal yang menjadi tanda tanya yaitu membuat material perkerasan yang tahan dan mempunyai sifat-sifat seperti tersebut di atas.

Bagaimanapun selama kadar aspal dalam campuran hanya 4 - 8% dalam campuran aspal sehingga tebal campuran aspal sangat tipis dan pada suhu tinggi akan menyebabkan penurunan penetrasi aspal, oleh karena itu kondisi pada AMP harus dikontrol untuk menjaga terlalu besarnya pengerasan aspal, mengakibatkan aspal akan menjadi kaku dan akhirnya dapat terjadi retak-retak, dll.

Untuk mengurangi kekurangan-kekurangan tersebut diperlukan bahan yang dapat memperbaiki yaitu menahan oksidasi dan menaikkan kepekaan terhadap suhu.

Polymer (Syntetic Rubber) :

Polymer (Syntetic Rubber) merupakan bahan karet buatan yang dapat ditambahkan kedalam aspal untuk mengurangi oksidasi dan kepekaan terhadap suhu karena polymer akan membentuk ikatan-ikatan yang saling mengikat pada suhu normal. Pada suhu 105 C ikatan itu akan memisah dan molekul-molekulnya akan bergerak.

Polymer (Syntetic Rubber) ini mempunyai sifat unik yaitu dapat membuat struktur yang menyilang yang terdispersi pada pemanasan dan akan timbul kembali setelah dingin sehingga polymer (syntetic rubber) ini dapat mengurangi terjadinya oksidasi (menurunkan index pelapukan).

III. BAHAN PENELITIAN

Sebagai bahan penelitian digunakan aspal dengan penetrasi 80-100 dan 60-70 serta Polymer (Syntetic Rubber).

Persentase syntetic rubber terhadap aspal adalah 0,1,2,3,4 dan 5%.

IV. CARA PENGUJIAN

Satu set pengujian mutu aspal sesuai dengan SNI sebagai berikut :

- Penetrasi Sesuai dengan SNI 06-2456-1991
- Titik lembek sesuai dengan SNI 06-2434-1991
- Penurunan berat sesuai dengan SNI 06-2440-1991
- Kekentalan sesuai dengan ASTM D. 2170 - 83

V. SPESIFIKASI ASPAL PEN 80-100 DAN ASPAL PEN 60-70

Spesifikasi Aspal Pen 80 - 100 seperti pada tabel 1 di bawah ini :

Tabel 1.
Spesifikasi Aspal pen 80 - 100

No	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Spesifikasi Min Max	Satuan
1.	Penetrasi 25 °C 100 gram 5 detik	SNI 06-2456-1991	80 - 99	0,1
2.	Titik lembek	SNI 06-2434-1991	46 - 54	°C
3.	Daktilitas	SNI 06-2432-1991	100	Cm
4.	Kelarutan dlm. C ₂ HCl ₃	ASTM D 2042	99	%
5.	Titik nyala (TOC)	SNI 06-2433-1991	225	°C
6.	Berat jenis	SNI 06-2488-1991	1,0	gr/ml
7.	Kehilangan berat (Thin Film Oven Test)	SNI 06-2440-1991	0,1	%
8.	Penetrasi setelah kehilangan berat	SNI 06-2456-1991	50	% asli
9.	Daktilitas setelah kehilangan berat	SNI 06-2432-1991	75	Cm
10.	- Suhu campuran - Suhu pemadatan	ASTM D 88 ASTM D 88		°C °C

Spesifikasi Aspal pen 60 - 70 seperti pada tabel 2 di bawah ini :

Tabel 2.
Spesifikasi Aspal pen 60 - 70

No	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Spesifikasi Min Max	Satuan
1.	Penetrasi 25 °C 100 gram 5 detik	SNI 06-2456-1991	60 - 79	0,1
2.	Titik lembek	SNI 06-2434-1991	48 - 58	°C
3.	Daktilitas	SNI 06-2432-1991	100	Cm
4.	Kelarutan dlm. C ₂ HCl ₃	ASTM D 2042	99	%
5.	Titik nyala (TOC)	SNI 06-2433-1991	200	°C
6.	Berat jenis	SNI 06-2488-1991	1,0	gr/ml
7.	Kehilangan berat (Thin Film Oven Test)	SNI 06-2440-1991	0,8	%
8.	Penetrasi setelah kehilangan berat	SNI 06-2456-1991	54	% asli
9.	Daktilitas setelah kehilangan berat	SNI 06-2432-1991	50	Cm
10.	- Suhu campuran - Suhu pemadatan	ASTM D 88 ASTM D 88		°C °C

Tabel 3.

Pengaruh Penambahan Polymer Terhadap Aspal pen 80 .

Hasil Pengujian

NO.	JENIS PENGUJIAN	HASIL PENGUJIAN % POLYMER					
		0 %	1 %	2 %	3 %	4 %	5 %
1.	Penetrasi 25 °C 100 gram 5 detik	84	82	80	76	75	74
2.	Titik lembek	46.8	47	47.2	48.4	48.7	49
3.	Daktilitas	>140	>140	>140	>140	>140	>140
4.	Titik nyala (TUC)	296	300	304	310	312	314
5.	Berat jenis	1.0265	1.0282	1.0299	1.1301	1.0317	1.0332
6.	Penurunan berat (LOH)	0.0048	0.0054	0.0061	0.0106	0.0119	0.0132
7.	Penetrasi setelah kehilangan berat	68	62	55	49	45	40
8.	Daktilitas setelah kehilangan berat	>140	>140	>140	>140	>140	>140
9.	Titik lembek setelah kehilangan berat	51	51.8	52.6	53.6	54.2	54.8
10.	Kekentalan	144	148	152	161	167	173
11.	Kekentalan setelah kehilangan berat	156	162	168	174	175	176
12.	Penetration index	-0.755	-0.765	-0.776	-0.579	-0.533	-0.488
13.	Aging index	1.0830	1.095	1.1053	1.081	1.047	1.0173

Tabel 4.

Pengaruh Penambahan Polymer Terhadap Ketahanan Terhadap Suhu Aspal Pen 80

Hasil Pengujian

NO.	JENIS PENGUJIAN	HASIL PENGUJIAN % POLYMER					
		0 %	1 %	2 %	3 %	4 %	5 %
1.	Penetrasi pada suhu :						
	- 20°C	68	66	64	61	60.5	60
	- 25°C	84	82	80	76	75	74
	- 30°C	148	144	139	128	126	124
	- 35°C	208	201	193	188	184	180
	TOTAL	508	493	478	453	445.5	438
	RATA - RATA	84.67	82.17	79.67	75.5	74.25	73

Tabel 5.

Pengaruh Penambahan Polymer Terhadap Aspal pen 60

Hasil Pengujian

NO.	JENIS PENGUJIAN	HASIL PENGUJIAN % POLYMER					
		0 %	1 %	2 %	3 %	4 %	5 %
1.	Penetrasi 25 °C 100 gram 5 detik	74	72	70	64	66	65
2.	Titik lembek	47.2	48.8	48.4	49.9	50.6	51.2
3.	Daktilitas	>140	>140	>140	>140	>140	>140
4.	Titik nyala (TOC)	328	329	330	338	338	338
5.	Berat jenis	1.0294	1.0298	1.031	1.0323	1.0324	1.0335
6.	Penurunan berat (LOH)	0.0041	0.0042	0.0044	0.0129	0.0194	0.0257
7.	Penetrasi setelah kehilangan berat	68	67.5	67	65	63	60
8.	Daktilitas setelah kehilangan berat	>140	>140	>140	>140	>140	>140
9.	Titik lembek setelah kehilangan berat	49.4	50.3	51.6	52.4	53.0	53.6
10.	Kekentalan	150	154	158	166	171	176
11.	Kekentalan setelah kehilangan berat	164	167	170	174	177	180
12.	Penetration index	-0.987	-0.891	-0.799	-0.514	-0.373	-0.267
13.	Aging index	1.093	1.085	1.076	1.048	1.035	1.023

Tabel 6.

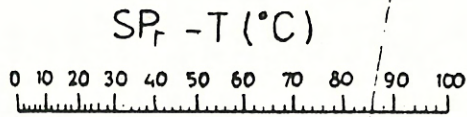
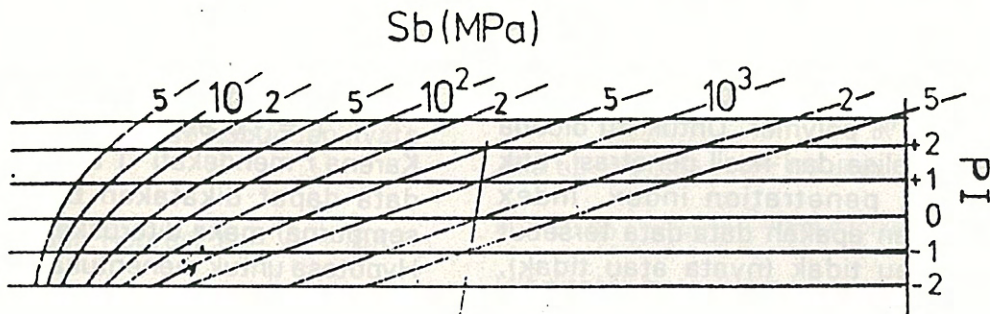
Pengaruh Penambahan Polymer Terhadap Ketahanan Terhadap Suhu Aspal Pen 60.

Hasil Pengujian

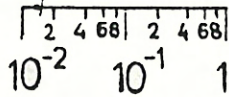
NO.	JENIS PENGUJIAN	HASIL PENGUJIAN % POLYMER					
		0 %	1 %	2 %	3 %	4 %	5 %
1.	Penetrasi pada suhu :						
	- 20°C	58	57	56	50	48	46
	- 25°C	74	73	72	67	66	65
	- 30°C	122	120	117	113	111	108
	- 35°C	184	179	173	168	166	164
	TOTAL	438	429	418	398	391	386
	RATA - RATA	73	71.5	69.67	66.33	65.17	64.33

Gambar 1.

NOMOGRAPH FOR BITUMEN STIFFNESS (DERIVED FROM VAN DER POEL)



METHOD : Connect loading time to temperature difference and produce to PI line. Intersection gives S_b .



loading time(s)

$$S_b = 1.157 \times 10^{-7} t^{-0.2} 2.718^{-PI} (SP_r - T)^5$$

Applicable over limited range - see Section 2.2

VI . HASIL PENELITIAN

Hasil pengujian penambahan Polymer (Syntetic Rubber) dapat dilihat pada tabel 3, 4, 5, dan 6.

VII. ANALISA DATA

7.1. Dari data tabel 3 dapat dilihat penetrasi turun dengan naiknya kadar polymer, sedangkan titik lembek naik dengan naiknya % polymer. Untuk itu dicoba menganalisa dari hasil penetrasi, titik lembek, penetration index, index pelapukan apakah data-data tersebut baik atau tidak (nyata atau tidak), dilakukan analisa statistik sebagai regresi linier untuk masing-masing data berikut yaitu :

$$Y = A + BX$$

Di mana :

Y = Pen (titik lembek, Pi, Aging index, Stiffness)

X = % polymer

A = Inter Crut

B = Slope dari Regresi

Setelah diperoleh persamaan garis tersebut dicari r = koefisien regresi dengan bantuan program Microstat.

Tabel 7.

Perubahan penetrasi terhadap penambahan Polymer untuk aspal pen 80.

NO.	X % POLYMER	Penetrasi	XY	y ²	x ²
1.	0	74	0	5476	0
2.	1	72	72	5184	1
3.	2	70	140	4900	4
4.	3	67	201	4489	9
5.	4	66	264	4356	16
6.	5	65	325	4225	25
Jumlah		414	1002	28630	55
Rata - rata		69	167	4771.7	9.17

Dari data tersebut di atas diperoleh persamaan regresi dengan bantuan program Microstat sebagai berikut :

7.1.1. Untuk Penetrasi :

$$y = 73.714 - 1.8857 x$$

$$r = 0.9861$$

dengan cara yang sama dengan 7.1. maka diperoleh persamaan

7.1.2. Untuk titik lembek :

$$y = 47.31 + 0.023 x$$

$$r = 0.784$$

7.1.3. Untuk Penetration index :

$$Y = 10.99 - 13.08 x$$

$$r = - 0.963$$

Karena r mendekati -1 atau +1 ini berarti data dapat dikatakan baik (mendekati sempurna) maka diteruskan dengan noll. Hypotesa untuk menentukan apakah benar ada hubungan antara Pi dengan % polymer.

7.2. Persamaan-persamaan yang digunakan untuk sample berukuran kecil.

7.2.1. Cara menghitung Significant dari slope digunakan :

Persamaan (1)

$$\sigma_b^2 = \frac{n \sum y^2 - (\sum y)^2 - \frac{n \sum x y - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}}{(n - 1) [n \sum x^2 - (\sum x)^2]}$$

$$t_\beta = \frac{b - \beta}{\sigma_b}$$

dimana ($n - 1$) adalah degree of freedom

7.2.2. Cara menghitung standar deviasi digunakan:

Persamaan (2)

$$\sigma_{n_1} = \frac{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2}}{n - 1} = \frac{\sqrt{\sum x^2 - (\sum x)^2 / n}}{n - 1}$$

7.2.3. Cara menghitung Significant dari r = koefisien korelasi

$$- 1 \leq r \leq 1$$

Persamaan (3)

$$t_\rho = r \sqrt{n - 1}$$

dengan melalui Nuel Hipotesis

$H_0 : \rho = 0$ berarti tidak ada perbedaan

$H_1 : \rho \neq 0$ berarti ada perbedaan

Bila $t_{\rho} > t_{0.05}$ berarti H_0 ditolak, H_1 diterima berarti ada hubungan nyata antara x dan y

Bila $t_{\rho} < t_{0.05}$ berarti H_0 diterima dan H_1 ditolak berarti tidak ada hubungan nyata antara x dan y

7.2.4. Persamaan Regresi $Y = A + BX$

Dimana :

A = konstanta regresi

$$= \frac{\sum y - B \cdot \sum x}{n}$$

B = Koefisien Regresi = Slope

$$= \frac{n \cdot \sum xy - \sum x \cdot \sum y}{n \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

r = Koefisien korelasi

$$= \frac{n \cdot \sum xy - \sum x \cdot \sum y}{\sqrt{\{n \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2\} \{n \cdot \sum y^2 - (\sum y)^2\}}}$$

7.3. Noel Hypotesis :

7.3.1. Penetration Index.

Oleh karena yang menentukan kepekaan terhadap suhu adalah penetration index sehingga diperlukan pengujian apakah koefisien regresi dan slopenya significant atau tidak, dilakukan pengujian Noel Hypotesis sebagai berikut :

$$\begin{array}{ll} H_0 : \beta = 0 & H_0 : \rho = 0 \\ H_1 : \beta \neq 0 & H_1 : \rho \neq 0 \end{array}$$

dengan menggunakan level of significant = 5% maka dari tabel penyebaran degree of freedom = 5 dimana $t_{0.05} = 2.015$ dan dari persamaan regression.

Maka dihitung :

$$t_{\beta} = \frac{B}{\sigma_b} = \frac{13.08}{0.54} = 24.22 > t_{0.05}(2.015)$$

$$\begin{aligned} t_r &= r \sqrt{n-1} = 0.973 \times \sqrt{6-1} \\ &= 2.153 > t_{0.05}(2.015) \end{aligned}$$

Jika $t_{\beta} > t_{0.05}$ — H0 ditolak : H1 diterima

Jika $t_{\beta} < t_{0.05}$ — H0 diterima : H1 ditolak

$t_r > t_{0.05}$ ————— H0 ditolak ; H1 diterima

H0 ditolak berarti memang ada perbedaan nyata antara P_i dan penambahan polymer (x terhadap Y) dan slope dari persamaan garis tersebut significant.

7.3.2. Persen penambahan polymer yang maksimum dan Effisien.

Untuk mencari kondisi mana yang menghasilkan perubahan penetrasi index yang paling besar digunakan prosedur multiple mean comparisson, dengan menggunakan rumus untuk mencari standar deviasi/kesalahan seperti pada persamaan (2) maka dapat ditentukan noel Hypotesis dari tiap-tiap perbedaan (kontras).

Untuk itu dilakukan hipotesis sebagai berikut :

- $H_0 : P_0 = P_1$ Vs $H_0 : P_0 < P_1$
- $H_0 : P_0 = P_2$ Vs $H_0 : P_0 < P_2$
- $H_0 : P_0 = P_3$ Vs $H_0 : P_0 < P_3$
- $H_0 : P_0 = P_4$ Vs $H_0 : P_0 < P_4$
- $H_0 : P_0 = P_5$ Vs $H_0 : P_0 < P_5$
- $H_0 : P_1 = P_2$ Vs $H_0 : P_1 < P_2$
- $H_0 : P_1 = P_3$ Vs $H_0 : P_1 < P_3$
- $H_0 : P_1 = P_4$ Vs $H_0 : P_1 < P_4$
- $H_0 : P_1 = P_5$ Vs $H_0 : P_1 < P_5$
- $H_0 : P_2 = P_3$ Vs $H_0 : P_2 < P_3$
- $H_0 : P_2 = P_4$ Vs $H_0 : P_2 < P_4$
- $H_0 : P_2 = P_5$ Vs $H_0 : P_2 < P_5$
- $H_0 : P_3 = P_4$ Vs $H_0 : P_3 < P_4$
- $H_0 : P_3 = P_5$ Vs $H_0 : P_3 < P_5$
- $H_0 : P_4 = P_5$ Vs $H_0 : P_4 = P_6$

Dimana :

$P_0 = P_i$ aspal asli

- P1 = PI aspal + 1% Polymer
- P2 = PI aspal + 2% Polymer
- P3 = PI aspal + 3% Polymer
- P4 = PI aspal + 4% Polymer
- P5 = PI aspal + 5% Polymer

PO ≠ P1 ≠ P2 ≠ P3 ≠ P4 ≠ P5
 Perhitungan ini dipakai analisis Statistik Kontrass Cp sebagai berikut :

- C1 = PO - P1 C10 - P2 = P3
- C2 = PO - P2 C11 - P2 = P4
- C3 = PO - P3 C12 - P2 = P5
- C4 = PO - P4 C13 - P3 = P4
- C5 = PO - P5 C14 - P3 = P5
- C6 = P1 - P2 C15 - P4 = P5
- C7 = P1 - P3
- C8 = P1 - P4
- C9 = P1 - P5

Tabel 8.
 Uji Scheffe masing-masing kontrass pen 80

Kontrass	Nilai Kontrass	σ_{n-1}	Hasil Ho
C1 (0 - 1)	+ 0.010	0.1304	diterima
C2 (0 - 2)	+ 0.021	0.1304	diterima
C3 (0 - 3)	- 0.176	0.1304	ditolak
C4 (0 - 4)	- 0.222	0.1304	ditolak
C5 (0 - 5)	- 0.267	0.1304	ditolak
C6 (1 - 2)	+ 0.114	0.1304	diterima
C7 (1 - 3)	- 0.186	0.1304	ditolak
C8 (1 - 4)	- 0.232	0.1304	ditolak
C9 (1 - 5)	- 0.277	0.1304	ditolak
C10(2 - 3)	- 0.197	0.1304	ditolak
C11(2 - 4)	- 0.243	0.1304	ditolak
C12(2 - 5)	- 0.288	0.1304	ditolak
C13(3 - 4)	- 0.046	0.1304	diterima
C14(3 - 5)	- 0.091	0.1304	diterima
C15(4 - 5)	- 0.045	0.1304	diterima

Kalau $|Cp| < \sigma_{n-1}$ maka Ho diterima
 $|Cp| > \sigma_{n-1}$ maka Ho ditolak

Dari hasil tersebut diatas penambahan 1 dan 2% polymer kedalam aspal pen 80 tidak menaikkan ketahanan terhadap suhu sedang pada penambahan 3, 4 dan 5% polymer (Syntetic Rubber) dapat menaikkan ketahanan terhadap suhu yang diharapkan.

P1 aspal setelah penambahan 1 dan 2% tidak berbeda (Ho ditolak) atau (tidak

significant) tetapi P1 setelah penambahan 3 sampai dengan 5% tidak Segnificant, sehingga kesimpulan yang diambil adalah pada penambahan 3% polymer terhadap aspal pen 80, aspal akan mempunyai kenaikan ketahanan terhadap suhu yang optimum dan ekonomis.

Analisa Penambahan Polymer kedalam Aspal pen 80 terhadap pelapukan.

Tabel 9.
 Analisa Penambahan Polymer kedalam Aspal pen 80

NO.	% POLYMER	AGING INDEX
1.	0	1.083
2.	1	1.095
3.	2	1.105
4.	3	1.081
5.	4	1.047
6.	5	1.017
rata - rata		2.57

Persamaan Sr $Y = 51,29 - 45,54 X$
 $r = 0,81$ Untuk men cari apakah r Significant maka dengan cara yang sama 7.3.1. oleh karena harga $tr = 1,81 < t 0,05$, berarti Ho diterima. Berarti tidak segnificant atau dengan lain kata untuk pen 80 penambahan polymer kurang memberikan hasil yang segnificant, ditinjau dari aging index.

Karena $r \sim 1$ maka data tersebut sudah baik.

7.4. Dengan cara yang sama dilakukan analisa terhadap penambahan polymer terhadap aspal pen 60 dengan bantuan program komputer diperoleh :

7.4.1. Persamaan Garis Regresi untuk Pe - netrasi.

$$y = 6,492 + 1,251 x$$

$$r = 0,986. \text{ (hasil / data sempurna)}$$

7.4.2. Persamaan garis regresi untuk titik lembek

$$y = -47,65 + 1,022 x$$

$$r = -0,9714 \text{ (hasil pengujian sempurna)}$$

7.4.3. Persamaan garis regresi untuk Pene-trasi index.

$$y = 1,027 + 15,54 x$$

$$r = 0,922$$

$$t_{\beta} = \frac{b}{\sigma_b}$$

$t_r = 2,2047 > t_{0,05} (2,015)$ H_0 ditolak. Berarti ada hubungan nyata antara % Polymer terhadap P_i .

7.4.4. Persamaan garis Regresi untuk Aging Index

$$y = 1,0969 - 1,509 x$$

$$r = -0,969$$

$t_b = t_r = 2,202 > t_{0,05} (2,015)$ H_0 ditolak. Berarti ada hubungan nyata antara % Polymer terhadap pelapukan maka pengujian diteruskan dengan analisa kontrass

7.4.5. Untuk menentukan nilai P_i yang significant/terbesar setelah penambahan polymer dengan anggapan seperti pada analisa pen 80 7.3.1. maka dapat dilihat pada Tabel 10 di bawah ini

Tabel 10.

Hasil pengujian kontras untuk Penetration Index

Kontrass	Nilai Kontrass	σ_{n-1}	Hasil H_0
C1	- 0.096	0.295	diterima
C2	- 0.187		diterima
C3	- 0.473		ditolak
C4	- 0.614		ditolak
C5	- 0.720		ditolak
C6	- 0.092	0.295	diterima
C7	- 0.377		ditolak
C8	- 0.518		ditolak
C9	- 0.624		ditolak
C10	- 0.2854	0.295	ditolak
C11	- 0.4264		ditolak
C12	- 0.5324		ditolak
C13	- 0.141	0.295	diterima
C14	- 0.247		diterima
C15	- 0.106		diterima

Hasil pengujian kontrass dalam tabel 10 untuk Penetration Index dilihat pada penambahan polymer terhadap aspal pen 60 - 70 maka dapat diambil kesimpulan :

- Antara Aspal asli terhadap aspal ditambah 1, 2% polymer tidak ada perbedaan nyata.
- Aspal asli terhadap aspal + polymer 3, 4, 5% ada perbedaan nyata.
- Aspal + 1% polymer terhadap aspal +

- polymer 3, 4, 5% ada perbedaan nyata.
- Aspal + 2% polymer terhadap aspal + polymer 3% ada perbedaan nyata.
- Aspal + 3% polymer terhadap aspal + polymer 4, 5% tidak ada perbedaan nyata.
- Aspal + 4% polymer terhadap aspal + polymer 5% tidak ada perbedaan nyata.

Sehingga dapat diambil kesimpulan aspal + polymer 3% yang benar-benar significant dan paling besar, ekonomis memberikan perubahan penetration index dengan kata lain dapat menaikkan penetration index paling nyata dan ekonomis.

7.4.6. Menentukan Aging Index (Index Pelapukan) yang Significant dan paling ekonomis adalah seperti pada point 7.3.1.

Tabel 11.
Menentukan Aging Index

Kontrass	Nilai Kontrass (C_p)	σ_{n-1}	Hasil H_0
C1	0.008	0.0287	diterima
C2	0.017		diterima
C3	0.045		ditolak
C4	0.058		ditolak
C5	0.070		ditolak
C6	0.009	0.0287	diterima
C7	0.037		ditolak
C8	0.050		ditolak
C9	0.062		ditolak
C10	0.028	0.0287	diterima
C11	0.041		ditolak
C12	0.053		ditolak
C13	0.023	0.0287	ditolak
C14	0.025		ditolak
C15	0.012		ditolak

Dengan analisa yang sama dengan point. 7.4.5 diperoleh hasil pada penambahan aspal dengan 3% polymer akan memberikan H_0 ditolak, (significant) terhadap aspal asli dan paling ekonomis karena antara penambahan 3, 4, 5% tidak ada perbedaannya karena H_0 diterima.

Untuk menentukan stiffness modulus aspal maka dapat dicari dengan bantuan grafik 2 yaitu hubungan antara loading time, titik lembek dan Penetration Index aspal. Apabila dianggap lebar tapak roda 120 cm, kecepatan kendaraan rata-rata 60 km/jam maka Loading

$$\text{time} = \frac{20 \times 3600}{6000.000} \text{ detik} = 12 \times 10^{-3}$$

seperti terlihat pada Gambar 1.

Oleh karena pada analisa/data-data sebelumnya diperoleh pada penambahan 3% yang significant dan ekonomis

Tabel 12.
Stiffness Modulus Aspal

No.	Pengujian	Hasil	
		Asli	+ 3% Polimer
1.	Titik lembek (°C)		
	- AC 60/70	47.2	49.9
	- AC 80/100	46.8	48.4
2.	P.I		
	- AC 60/70	-0.987	-0.514
	- AC 80/100	-0.755	-0.579
3.	Stiffness Modulus(kg/cm ²)		
	- AC 60/70	3000	3500
	- AC 80/100	1250	2000

Dari data tersebut di atas menunjukkan bahwa penambahan Polymer (syntetic rubber) 3% akan menaikkan harga PI dan Stiffness modulus aspal.

7.5. Analisa Ketahanan Penetrasi Terhadap Suhu Dari Aspal Pen 80

Pada 20° C →

$$Y = 67.688 - 1.75 x$$

$$r = -0,977$$

$$tr = 2,185 > t 0,05 (2,025)$$

Pada 25° C →

$$Y = 83.875 - 2,143 x$$

$$r = 0,981$$

$$tr = 2,194 > t 0,05 (2,005)$$

Pada 30° C →

$$y = 148 - 5,286 x$$

$$r = -0,973$$

$$tr = 2,176 > t 0,05 (2,015)$$

Pada 35 C →

$$y = 206,81 - 5,657 x$$

$$r = -0,994$$

$$tr = 2,236 > t 0,05 (2,015)$$

Dari hasil tersebut diatas Significant dan memang ada perbedaan nyata antara penetrasi pada pemanasan 20, 25, 30 dan 35 C dan % penambahan polymer.

Tabel 13
Hasil Analisa Regresi Aspal Pen 80.

No.	Model	Dependent Var (Y)	Independen var (x)	Inter cut		Coef Korelasi C	Ho	
				A	B			
1.	Y =Ax + B	Penetrasi	% polymer	73,71	-1,89	0,9861		
2.	Y =Ax + B	Titik lembek	% polymer	47,31	+0,023	0,78		
3.	Y =Ax + B	Penetrasi Index	% polymer	10,99	-13,08	0,963	Ho dito lak	
4.	Y =Ax + B	Aging Index	% polymer	51,29	-45,54	0,81	Ho dite rima	
5.	Y =Ax + B	Ketahanan penet rasi terhadap suhu	% polymer terhadap suhu	20°C	67,69	-1,75	0,98	Ho dito lak
				25°C	83,86	-2,14	0,98	Ho dito lak
				30°C	148	-5,29	0,97	Ho dito lak
				35°C	206,8	-5,66	0,994	Ho dito lak

Tabel 12
Hasil analisa Regresi aspal pen 60

No.	Model	Dependent Var (Y)	Independen var (x)	Inter cut		Coef Korelasi C	Ho	
				A	B			
1.	Y =Ax + B	Penetrasi	% polymer	6,492	6,251	0,986		
2.	Y =Ax + B	Titik lembek	% polymer	-47,65	+1,022	0,97		
3.	Y =Ax + B	Penetrasi Index	% polymer	6,49	-6,251	r = 0,986	Ho dito lak	
4.	Y =Ax + B	Aging Index	% polymer	70,62	-64,27	r = 0,985	Ho dito lak	
5.	Y =Ax + B	Ketahanan penet rasi terhadap suhu	% polymer terhadap suhu	20°C				
				25°C				
				30°C				
				35°C				

VIII. KESIMPULAN & SARAN

VIII.1. Kesimpulan :

1. Penambahan Syntetic Rubber (Polymer) sebesar 3% terhadap aspal pen 60 akan menaikkan penetrasi indek dan menurunkan index terhadap pelapukan dan kenaikan Stiffness Modulus aspal.
2. Penambahan Syntetic Rubber (Polymer) seberat 3% terhadap aspal pen 80 akan menaikkan penetration index, stiffness Modulus terhadap indek pelapukan menunjukkan penurunan tetapi kurang nyata (tidak Significant).

3. Dari hasil tersebut diatas penambahan 3% polymer (Syntetic Rubber) akan menaikkan Stiffness Modulus aspal, aspal lebih awet dengan lain kata perkerasan dapat lebih tahan lama.

VIII.2. Saran :

Untuk tahap pendahuluan Syntetic Rubber dapat ditambahkan 3% terhadap aspal pen 60/70 untuk meningkatkan kepekaan terhadap suhu, menurunkan indek pelapukan dan menaikkan Stiffness Modulus aspal.

Untuk aspal pen 80/100 perlu dilakukan penelitian lebih lanjut.

IX. DAFTAR PUSTAKA

1. Brosure ESSO = ESSO Polymer Modified Asphalt
2. Brosure SHELL = Development of Multigrade Bitumen to Alleviate Permanent Deformation : Asphalt seminar 7 Npvember 1991.
3. SHELL Bitumen Hand Book
J.I.P. Harlin

4. Wimpy Santosa + Irma Susilawati
"Perubahan sifat Konsistensi aspal pada proses pencampuran panas"
5. Ir. S. Handi " The Influence of Some Group of Component in Asphalt to its Physical Properties"
The Fourth Conference of the Road Engineering
Association of Asia and Australia ; 22 - 26 Agustus 1983

Penulis :

Ir. Tjitjik Wasiah Suroso, Lulusan Teknologi Kimia ITB, bekerja di Pusat Litbang Jalan sejak tahun 1975 dan tahun 1976 sampai sekarang bergerak dalam bidang Penelitian Aspal dan Cat jalan (Road Paint)