



# MODIFIKASI POLIMER DENGAN CARA DEGRADASI OKSIDASI TERMAL

*Tjitjik Wasiah Suroso*

## **RINGKASAN**

*Untuk meningkatkan kinerja campuran beraspal, umumnya penambahan polimer kedalam campuran beraspal adalah dengan cara menambahkan polimer kedalam agregat panas ( hot bin ), cara ini sering menghasilkan campuran yang kurang homogen.*

*Untuk itu dicari suatu cara bagaimana memasukkan polimer kedalam aspal dengan mudah, cepat, pada temperatur yang relatif tidak terlalu tinggi dan menghasilkan aspal modifikasi yang homogen, yaitu memodifikasi polimer dengan cara oksidasi dengan bahan initiator, variasi temperatur dan waktu oksidasi, sehingga diharapkan aspal dan polimer dapat kompatibel.*

*Hasil yang diperoleh dari modifikasi polimer tersebut tanpa bahan initiator, oksidasi pada temperatur 300 °C dan waktu 40 menit memberikan hasil Berat molekul volume rata-rata ( $M_v$ ) 7500, nilai keasaman ( acid value ) meningkat dari 0,17 menjadi 1,15 sehingga polimer mudah larut atau terdispersi kedalam aspal dalam waktu relatif singkat ( 15 menit ), stabil dalam penyimpanan dan menghasilkan mutu aspal modifikasi memenuhi persyaratan serta lebih baik dari aspal konvensional.*

## **SUMMARY**

*To improve the performance of asphalt mix, generally the addition of polymer to asphalt mix by adding polymer to hot aggregate (hot bin), but this way frequently produces less homogenous mixture. Therefore, it needs to find out how to add polymer to asphalt easily and fast in relatively modest temperature and produce homogenous modified asphalt by oxidation process with initiator, varied temperature and oxidation time so that asphalt and polymer will expectedly compatible.*

*The result of modified polymer without initiator, oxidation with temperature of 300 °C in 40 minutes showed that the weight of average molecule volume (MV) of 7500, acid value increased from 0,17 to 1,15 so polymer was easily soluble or dispersed in asphalt in a relatively short time (15 minutes), stable in storage and produced better specified modified asphalt than the conventional one.*

## **I. PENDAHULUAN :**

### **1.1. Latar belakang.**

Aspal merupakan produk alam yang mutunya sangat tergantung pada lokasi dan kondisi geologinya dimana aspal tersebut ditambang. Oleh karena itu kadang kala aspal kurang memenuhi persyaratan yang dibutuhkan. Untuk itu aspal perlu dimodifikasi agar sesuai kebutuhan, antara lain agar tahan temperatur tinggi dan lebih kaku namun masih tetap elastis sehingga perkerasan tetap tahan terhadap lalu lintas berat dan padat.

Banyak cara untuk meningkatkan mutu aspal, salah satunya dengan polimer. Penambahan

polimer meningkatkan kekuatan mekanik dan ketahanan terhadap perubahan temperatur tinggi dan rendah. Campuran polimer dengan aspal secara langsung tidak kompatibel ( terjadi pemisahan ). Agar supaya campuran ini dapat homogen, dilakukan dengan cara memodifikasi polimer, salah satunya dengan cara oksidasi menjadi polimer teroksidasi yang mengandung gugus fungsional yang terdiri dari gugus karboksilat. Proses stabilisasi polimer teroksidasi dengan aspal adalah karena adanya interaksi antara gugus karboksilat dengan gugus fenol yang terdapat dalam aspal. Makin homogen Poliethylen teroksidasi dengan senyawa komponen dalam aspal maka makin stabil campuran tersebut.

Proses modifikasi Poliethylen menjadi Polyethylen teroksidasi dilakukan dengan mengoksidasi poliethylen dengan dan tanpa inisiator senyawa peroksida ( seperti benzoil peroksida = BPO )

Pada tahapan oksidasi dilakukan tiga tahap proses oksidasi poliethylen yaitu ; proses inisiasi, propagasi dan terminasi. Produk hasil modifikasi dikarakterisasi dengan menentukan bilangan asam ( acid number ) dan Berat molekul rata-rata ( Mv ).

Diharapkan keberhasilan modifikasi polimer dapat meningkatkan pemanfaatan sumber dalam negeri , serta mengurangi ketergantungan produk luar negeri. Karena saat ini banyak beredar bermacam-macam aspal modifikasi produk luar yang harganya  $\pm$  dua belas kali harga aspal konvensional

### 1.2. Cara lain modifikasi polimer

Modifikasi cara lain yang telah dikembangkan oleh Puslitbang Prasarana Transportasi adalah modifikasi polimer dengan pelarut atau pelunak. Penambahan pelarut atau pelunak ini dimaksudkan untuk menurunkan indeks ketidastabilan koloidal, dimana menurut J.P Joly and Samanos J ( 1992 ) campuran antara polimer dan aspal dapat menyatu satu sama lainnya bila indeks ketidastabilan koloidal (  $I_c$  ) harus lebih kecil dari 0,25.  $I_c$  didefinisikan sebagai perbandingan antara jumlah kadar saturated dan Asphalten dibanding dengan jumlah resin dan aromatis, yang telah berhasil meningkatkan mutu aspal dan membuat aspal modifikasi menjadi kompatibel .

Dengan cara oksidasi diharapkan dapat terpecahnya rantai polimer sehingga Berat molekul menjadi lebih kecil dari berat molekul asphalten, Mv rata-rata menjadi turun dan bilangan asam naik sehingga mempermudah pencampuran polimer kedalam aspal.

### 1.3. Sifat polimer modifikasi yang diharapkan antara lain :

1. Dengan oksidasi akan terjadi pemutusan rantai atau polimer tergradasi membentuk gugusan karbonil yang bersifat polar sehingga mudah terdispersi kedalam aspal.
2. Polimer yang kaku ( plastomer ) sulit disubstitusi. Oleh karena itu diperlukan nilai kelelahan ( Melt flow index, MFI ) yang tinggi. nilai kelelahan didefinisikan adalah jumlah berat polimer yang mengalir dalam gram selama sepuluh menit. Makin tinggi MFI polimer makin lunak,

3. Polimer harus bersifat amorf, karena apabila bersifat kristal maka atom-atom tidak mudah bergerak sehingga sulit terjadi dispersi polimer kedalam aspal.
4. Polimer akan tergradasi pada titik gelas yang tinggi
5. Pada Poliethylen apabila terjadi oksidasi, maka gugus ujungnya akan menghasilkan gugus karbonil yang dapat disubstitusi oleh gugus lain.

## II. METHODOLOGI.

Methoda penelitian ini dengan cara empiris yang dilakukan dilaboratorium, meliputi :

1. Bahan yang terdiri dari aspal pen 60, polimer poliethylen, Aceton , Benzoil Peroksida (BPO).
2. Peralatan terdiri dari tungku ( reactor ) untuk oksidasi, Buret untuk menentukan angka keasaman, viskosimeter untuk menentukan angka berat molekul volume(Mv) , dan satu set peralatan pengujian mutu aspal, dan stabilitas penyimpanan.
3. Uraian pekerjaan :
  - 1) Oksidasi polimer
    - pada temperatur tetap dengan dan tanpa BPO dengan kondisi reactor tertutup atau terbuka.
    - Pada variasi temperatur dengan atau tanpa BPO dengan kondisi tertutup atau terbukaMasing-masing dilakukan pengujian angka keasaman dan Mv
  - 2) Pengujian mutu aspal
    - sebelum ditambah polimer hasil oksidasi
    - Setelah ditambah polimer hasil oksidasi.
  - 3) Pengujian stabilitas penyimpanan pada contoh butir 2 untuk mengetahui apakah terjadi pemisahan antara polimer dan aspal atau homogen.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

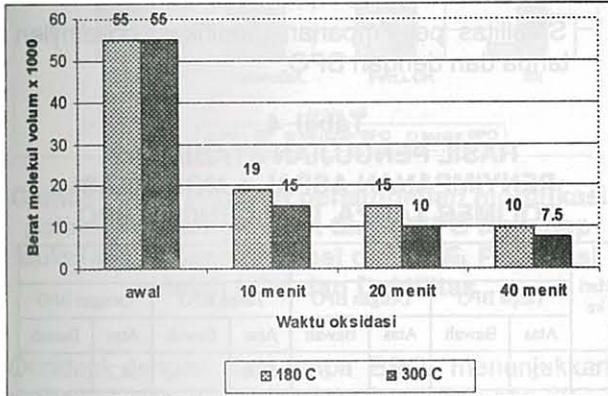
### 3.1. Oksidasi Polyethylen.

Untuk mengetahui pengaruh kondisi reactor dan pengaruh pelarut aseton, Oksidasi dilakukan dengan reactor terbuka dan tertutup , dengan dan tanpa BPO dilarutkan dalam aseton.

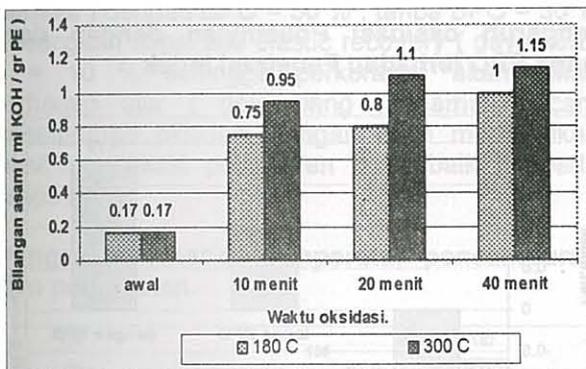


**Pengaruh temperatur oksidasi terhadap hasil bilangan asam dan berat molekul.**

Untuk pengaruh temperatur terhadap Mv dan Bilangan asam seperti pada Gambar 5 dan Gambar 6 .



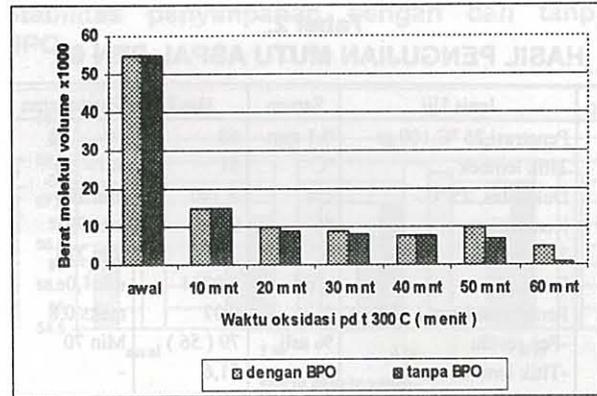
**Gambar 5. Pengaruh temperatur oksidasi terhadap Mv Polyethylen..**



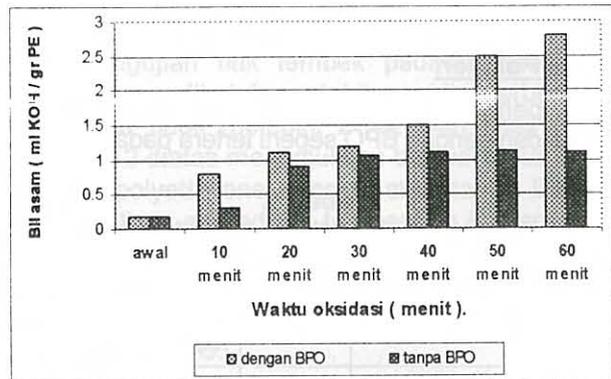
**Gambar 6. Pengaruh temperatur oksidasi terhadap bilangan asam Polyethylen.**

Dari gambar 5 dan gambar 6 , menunjukkan bahwa pada temperatur oksidasi 300 ° C, dengan waktu oksidasi 40 menit menghasilkan Mv ( 7500 ) lebih rendah dari pada temperatur oksidasi 180 ° C (10.000), dan bilangan asam (1,15) lebih tinggi dari pada bilangan asam apabila oksidasi pada temperatur 180 ° C ( 1,0 ).

Untuk mengetahui bagaimana pengaruh modifikasi polyethylen terhadap bilangan asam dan Mv apabila oksidasi tanpa dan dengan BPO dan dilakukan pada kondisi reaktor terbuka , pada temperatur 300 ° C seperti diperlihatkan pada Gambar 7 dan Gambar 8.



**Gambar 7. Pengaruh dengan dan tanpa BPO terhadap. Mv modifikasi poliethylen.**



**Gambar 8. Pengaruh dengan dan tanpa BPO terhadap bilangan asam modifikasi polyethylene**

Modifikasi polyethylen pada temperatur oksidasi 300 ° C dengan atau tanpa BPO menghasilkan Mv yang sama pada waktu oksidasi 40 menit ( 7500 ), bilangan asam berbeda, dengan BPO menghasilkan bilangan asam 1,5 lebih tinggi dari pada tanpa BPO 1,0.

Untuk bahan penelitian selanjutnya modifikasi poliethylen digunakan cara oksidasi pada temperatur 300 ° C, kondisi reaktor terbuka dan waktu oksidasi 40 menit

**3.2. Pengujian mutu aspal.**

Pengujian mutu aspal dilakukan terhadap aspal pen 60 dan aspal polimer .

Hasil pengujian aspal pen 60 diperlihatkan pada Tabel 2

**Tabel 2.**  
**HASIL PENGUJIAN MUTU ASPAL PEN 60.**

No	Jenis Uji	Satuan	Hasil	Persyaratan
1.	Penetrasi, 25 °C, 100 gr	0,1 mm	68	60 - 70
2.	Titik lembek	°C	51	48 - 56
3.	Duktilitas, 25 °C.	cm	> 140	min 100
4.	Kemurnian	%	99+	min 99
5.	Titik nyala.	°C	315	min 225
6.	Berat isi.	g/ml	1,0274	min 1,0
7.	Penurunan berat ( TFOT)	%	0,07	maks 0,8
8.	-Pen residu	% asli	79 ( 56 )	Min 70
9.	-Titik lembek residu	°C	51,6	-
10.	-Duktilitas residu, 25 °C.	cm	>140	-
11.	Temperatur campuran	°C	160	-
12.	Temperatur pemadatan	°C	146	-
13.	Daya kerut ( ER )	%	10	-
14.	Penetrasi Indeks	-	-0,275	-
15.	Indek pelapukan	-	1,56	-

### Aspal Polimer.

Hasil pengujian mutu aspal + polimer oksidasi tanpa dan dengan BPO seperti tertera pada tabel 3.

**Tabel 3.**  
**HASIL PENGUJIAN MUTU ASPAL POLIMER DENGAN DAN TANPA BPO.**

No	Jenis pengujian.	Aspal pen 60	Aspal polimer	
			Tanpa B.P.O	Dengan B.P.O
1.	Penetrasi, 100g, 25°C, 0,1mm	64	48	54
2.	Titik lembek, °C	50	51	56
3.	Duktilitas.	>140	102	>140
4.	Kelarutan	99+	98	99+
5.	Titik nyala	325	330	332
6.	Berat jenis	1,0362	1,0360	1,0332
7.	Penurunan berat (RTFO), %	0,048	0,045	0,058
	Penetrasi residu	39 ( 60 % )	32 ( 67 % )	37 ( 69 % )
	Titik lembek	55	53,4	59
	Duktilitas	>140	100	>140
8.	Temperatur campuran, °C	160	161	165
	Temperatur pemadatan	140	141	145
9.	Daya kerut	10	30	50
10.	Penetrasi Indeks	-0,75	+1,0	+1,75
11.	Pen Ratio ( P/Po)	1,186	2,03	1,06

### Stabilitas penyimpanan.

Pengujian ini diperlukan untuk mengetahui apakah aspal polimer yang dihasilkan dapat disimpan atau pada pengangkutan stabil pada temperatur tinggi ( 160 °C ), yaitu dengan pengujian melalui contoh dimasukkan dalam tabung logam yang dilengkapi kran pada bagian atas dan bawah. Contoh disimpan pada temperatur 160 °C.

Pada hari kesatu, ketiga dan kelima dilakukan pengambilan contoh bagian atas dan bagian bawah yang selanjutnya dilakukan pengujian titik lembek, dan penetrasi. Aspal dikatakan stabil apabila perbedaan titik lembek bagian atas dan bagian bawah tidak melebihi 5°C.

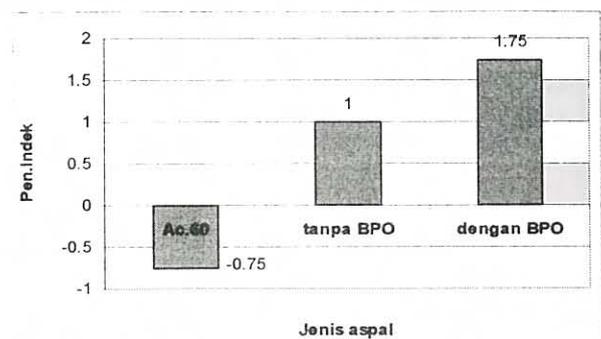
- 1) Stabilitas penyimpanan modifikasi poliethylen tanpa dan dengan BPO.

**Tabel 4.**  
**HASIL PENGUJIAN STABILITAS PENYIMPANAN ASPAL + MODIFIKASI POLIMER TANPA DAN DENGAN BPO.**

Hari ke	Penetrasi				Titik lembek, °C			
	Tanpa BPO		Dengan BPO		Tanpa BPO		Dengan BPO	
	Atas	Bawah	Atas	Bawah	Atas	Bawah	Atas	Bawah
0	65		78		56,4		58,2	
1	63	65	76	78	56	57,2	58,3	58,0
3	59	61	82	83	56,7	57,4	58,4	58,2
5	59	60	82	84	56,8	58	58,4	58,2

### Pembahasan :

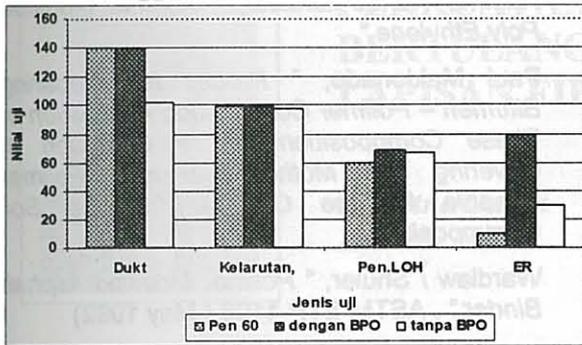
Pengaruh oksidasi Poliethylen dengan dan tanpa BPO terhadap Penetrasi Indeks



**Gambar 9.** Pengaruh oksidasi dengan dan tanpa BPO terhadap Penetrasi Indeks aspal polimer.

Oksidasi poliethylen dengan atau tanpa BPO akan menaikkan kepekaan aspal terhadap temperatur sehingga aspal tidak mudah terpengaruh perubahan temperatur yang pada akhirnya menaikkan ketahanan perkerasan jalan terhadap temperatur tinggi, perkerasan akan tahan terhadap deformasi

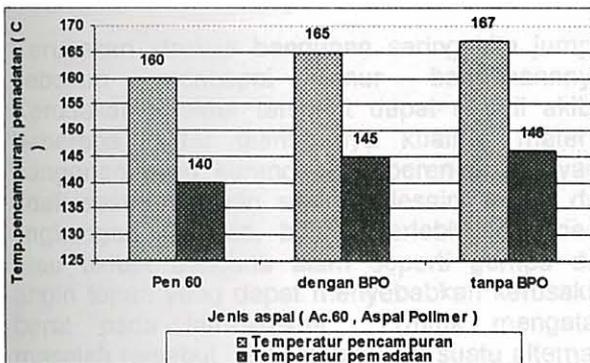
**Pengaruh modifikasi Poliethylen terhadap Duktilitas, Kelarutan dalam Tri Chlor Etylen, Penetrasi setelah penurunan berat (pen LOH), daya kerut ( ER ).**



**Gambar 10. Pengaruh penambahan modifikasi poliethylen dengan dan tanpa BPO terhadap duktilitas, kelarutan aspal dlm.TCE, Penetrasi setelah LOH dan Daktilitas**

Oksidasi dengan dan tanpa BPO, menunjukkan perbaikan mutu terhadap aspal asli ( Ac.pen 60 ), antara lain penetrasi setelah pemanasan ( RTFO ) dengan BPO sama dengan 69 % per awal, tanpa BPO = 67 % per awal , sedangkan aspal pen 60 = 60 % per asli, Elastic recovery ( setelah beban tiada aspal kembali ke bentuk semula ) dengan BPO = 50 % , tanpa BPO = 30 % sedangkan aspal asli elastic recovery ( daya kerut ) = 10 % sehingga perkerasan akan tahan terhadap alur ( gelombang ), namun secara keseluruhan oksidasi dengan BPO memberikan hasil modifikasi poliethylen lebih baik daripada tanpa BPO.

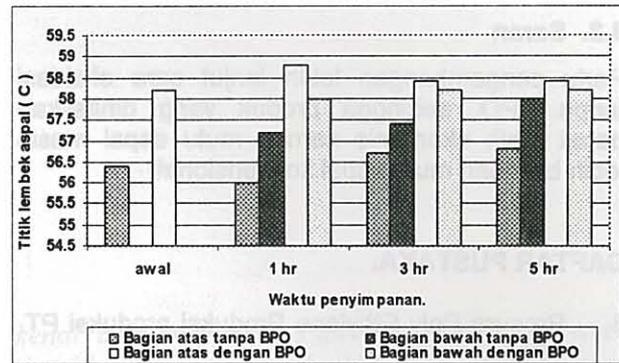
**Pengaruh terhadap temperatur pencampuran dan pematatan.**



**Gambar 11. Temperatur pencampuran dan Temperatur pematatan Aspal pen 60 dan aspal polimer modifikasi poliethylen dengan dan tanpa BPO.**

Oksidasi dengan atau tanpa BPO pada poliethylen tidak begitu mempengaruhi temperatur pencampuran dan temperatur pematatan, sehingga faktor temperatur tidak menjadi kendala di lapangan.

**Stabilitas penyimpanan dengan dan tanpa BPO.**



**Gambar 12. Stabilitas penyimpanan padat 160 °C, selama 1,3 dan 5 hari.**

Hasil pengujian titik lembek pada uji stabilitas penyimpanan dikatakan stabil apabila perbedaan temperatur tidak melebihi 2 °C. Dari hasil pada Gambar 12 diatas menunjukkan bahwa kedua cara oksidasi polyethylene dengan atau tanpa BPO , menghasilkan perbedaan temperatur bagian atas dan bawah tidak melebihi 2 °C, namun dengan BPO menghasilkan perbedaan titik lembek bagian atas dan bagian bawah kecil ( 0,2 °C ), sedangkan tanpa BPO 1,2 °C.

#### IV. KESIMPULAN DAN SARAN

##### 4.1. Kesimpulan

Oksidasi dengan BPO memberikan mutu lebih baik dari pada tanpa BPO. Hal ini diperkirakan pada oksidasi tanpa BPO terjadi proses cracking yang menghasilkan karbon bebas, hal ini terlihat dari turunnya nilai daya elastisitas ( duktilitas ) dari > 140 cm menjadi 102 cm, dibandingkan dengan oksidasi dengan BPO memberikan nilai elastisitas yang masih cukup elastis > 140 cm, sehingga diperkirakan tidak terjadi karbonisasi, demikian juga nilai daya kerut pada oksidasi dengan BPO lebih baik (50 %) dari pada oksidasi tanpa BPO (30 %). Namun penggunaan BPO berakibat bertambahnya harga produk aspal polimer.

Dengan keberhasilan modifikasi polimer dengan cara oksidasi dapat mengeliminir kendala terjadinya pemisahan (tidak kompatibel), waktu dan kesulitan pencampuran dapat teratasi. Sehingga dalam era globalisasi yang akan datang mudah-mudahan dapat bersaing dengan produk luar negeri serta dapat meningkatkan penggunaan bahan dalam

negeri dan swasembada bahan untuk menaikkan mutu aspal.

#### 4.2. Saran

Perlu pengembangan lebih lanjut cara oksidasi tanpa BPO, sehingga produk yang dihasilkan dapat lebih ekonomis namun mutu aspal masih lebih baik dari mutu aspal konvensional.

#### DAFTAR PUSTAKA.

1. Brosure Poly Ethylene Produksi produksi PT. PENI
2. Hose. G. " *The Latest Development of Bitumen and Road Surfacing Technology* " HPJI, Mobil Oil Jakarta. (August 1993)
3. JWH. Oliver, " *Proceeding , National Workshop on Polimer Modified Binder* " , ARR-183.

4. Kamho, Hundo Zanzote, " *Asphalt Modified Poly Ethylene* " .
5. Paul Maldonado, " *Proces for Preparing Bitumen – Polimer Composition Application of These Compposition of the Obtention of Covering and Mother Solution of Polimer Useable for the Obtention of the Soil Commposition* " .
6. Wardlaw / Shuler, " *Polimer Modified Asphalt Binder* " , ASTM-STP-1108 ( May 1992)
7. Walsh, D.J. Higgins, J.S, Macomache ; " *Polimer Blend and Mixture* " .

#### **Penulis :**

*Ir. Tjitjik W Suroso, Peneliti Madya, Pada Puslitbang Prasarana Transportasi, Badan Litbang Kimpraswil, Departemen Kimpraswil.*