

Pemanfaatan Tailing Untuk Campuran Lapis Tipis Aspal Pasir (Latasir) pada Perkerasan Jalan

Oleh :
Neni Kusnianti

RINGKASAN

Banyak tipe campuran beraspal panas untuk lapis permukaan jalan dan salah satu diantaranya ialah Latasir (sand sheet). Pasir merupakan salah satu agregat alam yang diperlukan untuk campuran tersebut. Namun penggunaan bahan pasir akan mengganggu kelestarian lingkungan, selain itu di beberapa tempat, material seperti ini sangat sulit didapat atau kualitasnya tidak sesuai dengan persyaratan yang ditentukan.

Di beberapa tempat seperti di Timika (Papua) didapat material yang berukuran seperti pasir yang merupakan limbah dari P.T Freeport sebagai bahan hasil buangan dari proses penambangan bijih emas dan tembaga, yang disebut dengan tailing, dan sampai saat ini tailing tersebut belum dimanfaatkan untuk konstruksi perkerasan jalan,

Pada tulisan ini, diuraikan pengaruh variasi penambahan tailing dalam campuran Latasir. Pemanfaatan tailing ini pada bahan jalan akan ikut mengurangi pengaruh limbah tersebut terhadap lingkungan.

SUMMARY

There are many types of Hot Mix Asphalt mixture for wearing course, one of them is sand sheet. Sand is one of natural aggregate which is needed for sand sheet mixture, nevertheless the use of natural sand will affected environment, and also in some places this kind of material is difficult to find or its quality is not conform with the defined specification.

In some places such as Timika (Papua), a sand sized material, which is a waste product of gold and copper mining process from PT Freeport, namely Tailing is abundant. Until recently, Tailing never been used in road construction.

This paper will explain the effect of variation of tailing addition in sand sheet mixture. The use of Tailing as road material will reduce the effect of this waste to environment.

I. PENDAHULUAN

Konstruksi perkerasan jalan pada umumnya menggunakan bahan standar yang terbuat dari bahan alam seperti batu dan pasir. Penggunaan bahan tersebut khususnya pasir akan mengganggu kelestarian lingkungan, selain itu di beberapa tempat, material seperti ini sangat sulit didapat atau kualitasnya tidak sesuai dengan persyaratan yang ditentukan.

Di beberapa tempat seperti di Timika (Papua) didapat material yang berukuran seperti pasir yang merupakan limbah dari P.T Freeport sebagai bahan hasil buangan dari proses penambangan bijih emas dan tembaga, yang disebut dengan *tailing*. Limbah ini sudah dihasilkan sejak tahun 70-an dengan jumlah sekitar 8.000 – 10.000 ton

per hari, dan ini terus meningkat setiap tahun dan sekarang sudah mencapai 300.000 ton per hari. Hal ini sangat mengganggu lingkungan dikarenakan jumlahnya yang begitu banyak dan sampai saat ini belum dimanfaatkan untuk konstruksi perkerasan jalan.

Sebagai bahan pengganti bahan pasir tersebut, dapat digunakan bahan *tailing*, Bahan *tailing* ini mempunyai ketahanan terhadap cuaca yang baik dimana hasil uji dengan *Soundness* menunjukkan nilai sekitar 2% - 8% (batas maksimum 10%). Adapun komposisi *tailing* ialah kuarsit 75%, oksida besi 23%, serta mica dan feldspar 2% (Suraatmaja, dkk, 1998).

Menyangkut perkerasan jalan, campuran Latasir adalah campuran yang paling banyak menggunakan material pasir. Faktor penting yang harus diperhatikan dari campuran Latasir antara

lain adalah penggunaan pasir yang mempunyai angularitas yang lebih besar agar dapat memberikan campuran yang lebih kuat dan lebih tahan terhadap deformasi.

II. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Tailing

Tailing yang terdapat di Timika mempunyai ukuran butir maksimum sekitar 2,38 mm sampai butiran halus 0,149 mm, dan mempunyai sifat non plastis atau bersifat lepas yang tidak mempunyai ikatan antara butirannya sendiri. Dari susunan kimia yang terkandung didalamnya, terdiri dari komponen silikat dengan fraksi-fraksi $\text{Na}_2\text{O}_3 = 0,0094$, $\text{FeO} = 0,3980$, $\text{MgO} = 0,0900$, $\text{MnO} = 0,0036$, $\text{CaO} = 0,1260$, $\text{K}_2\text{O} = 0,0139$, $\text{Al}_2\text{O}_3 = 0,0683$.

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan sebelumnya, *Tailing* ini mempunyai berat jenis jenuh kering permukaan berkisar antara 2,48 sampai 2,86 dengan kepadatan gembur sekitar 1,23 – 1,79 kg/l. Hasil uji Soundness berkisar antara 2 – 8 %.

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan oleh laboratorium pengendalian dampak lingkungan diperoleh hasil seperti tertera pada Tabel 1.

Tabel 1.
Hasil pengujian “*tailing*” oleh laboratorium pengendalian dampak lingkungan

No	Parameter	Satuan	Metoda analisis	Hasil analisis	
				A	B
1	Uji karakteristik: pH	$\mu\text{g/g}$	Elektrometri	8,30	9,40
				2,63	1,47
				2,50	3,50
2	Sulfida, S ₂ , Sianida, CN	$\mu\text{g/g}$	Spektrofometri		
3	Uji TCLP		Spektrofometri		

2.2 Latasir (*sand sheet*)

Latasir adalah campuran panas pasir dengan aspal. Campuran Latasir ini digunakan sebagai lapis permukaan perkerasan pada jalan-jalan dengan lalu lintas ringan (kurang dari 0,5 juta ESA). Tebal padat lapis permukaan menggunakan Latasir ini sekitar 1 cm – 2 cm.

Bahan aspal yang digunakan untuk Latasir umumnya aspal keras dengan Pen 60 atau Pen 80 yang telah memenuhi persyaratan tertentu seperti penetrasi, titik lembek, titik nyala, daktilitas, kelarutan, kehilangan berat, berat jenis. Begitu juga untuk pasir yang digunakan harus memenuhi persyaratan gradasi, nilai setara pasir (*sand equivalent*) minimum 50%, material lolos saringan No. 200 maks 8%, nilai angularitas minimum 45 dan juga harus bersifat non plastis.

Bahan *tailing* dapat digunakan untuk Latasir asalkan persyaratan gradasi, nilai setara pasir dan kandungan organik maksimum dapat dipenuhi. Penggunaan bahan *tailing* dalam campuran Latasir adalah sebagai substitusi pasir.

Ada dua kategori campuran Latasir yang tergantung dari gradasi bahan pasirnya seperti diberikan pada Tabel 2. Pemilihan Kelas A atau B terutama tergantung pada gradasi pasir yang digunakan. Dalam penelitian ini yang akan digunakan adalah Latasir Kelas B. Penentuan kadar aspal untuk campuran Latasir menggunakan metoda Marshall sesuai dengan SNI 06-2489-1990. Sedangkan sifat-sifat campuran harus memenuhi persyaratan seperti diberikan pada Tabel 3.

Tabel 2
Persyaratan Gradasi Latasir

Ukuran Saringan (mm)	% lolos	
	Kelas A	Kelas B
19	100	100
12,5	-	-
9,5	90 – 100	-
2,36	-	75 – 100
1,18	-	-
0,600	-	-
0,075	10 - 15	8 – 13

Tabel 3
Persyaratan Campuran Latasir

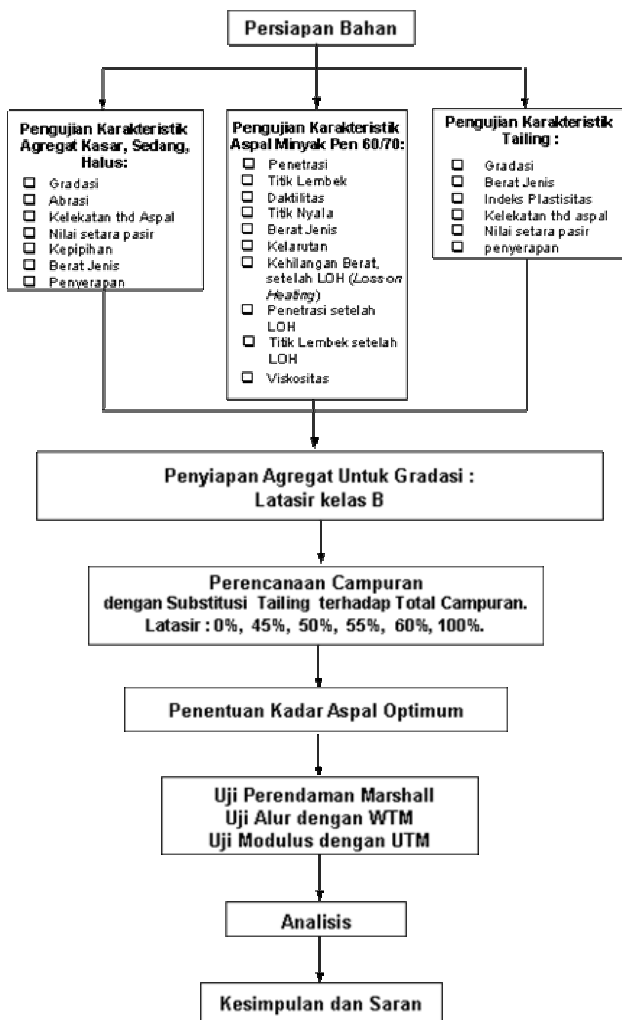
Sifat sifat campuran	Latasir Kelas A dan B	
Penyerapan Aspal (%)	Maks.	2,0
Jumlah Tumbukan Per Bidang	-	50
Rongga dalam Campuran, VIM (%)	Min.	3,0
	Maks.	6,0
Rongga dalam Agregat, VMA (%)	Min.	20
Rongga terisi Aspal, VFB (%)	Min.	75
Stabilitas Marshall (Kg)	Min.	200
Pelelehan (mm)	Min.	2
	Maks.	3
Marshall Quotient (Kg/mm)	Min.	80
Stabilitas Marshall Sisa (%), setelah perendaman selama 24 jam, 60°C	Min.	75

III. PERENCANAAN PENGUJIAN KINERJA CAMPURAN LATASIR

3.1 Bagan alir penelitian

Metoda pengujian yang digunakan dalam penelitian disesuaikan dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) dan Standar lain seperti *American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)*, *American Society for Testing and Materials (ASTM)*, dan *British Standards (BS)*

dipakai jika tidak terdapat pada Standar Nasional Indonesia. Spesifikasi campuran untuk campuran Latasir mengacu pada Spesifikasi Umum Pembangunan Jalan, Seksi 6.3 Campuran Beraspal panas, Prasarana Wilayah tahun 2004. Dalam program kerja perencanaan campuran Latasir yang dilakukan pada penelitian ini, dibuat campuran tanpa menggunakan *tailing*, yang dimaksudkan untuk mendapatkan data pembandingan dalam melakukan analisis dari hasil penelitian ini, disamping campuran dengan berbagai kadar latasir. Untuk mengetahui sejauh mana pengaruh penggunaan *tailing* dalam campuran, maka dilakukan juga pengujian sifat-sifat campuran dengan menggunakan 100% *tailing* dalam campuran Latasir, seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Bagan Alir Pelaksanaan Penelitian untuk Perencanaan Campuran Latasir

Percobaan laboratorium dilakukan untuk melihat sifat sifat *tailing* dan juga sifat sifat campuran yang telah dicampur *tailing*. Percobaan laboratorium ini meliputi perencanaan campuran, pengujian perendaman Marshall (*Marshall immersion*), pengujian ketahanan terhadap alur dan pengujian modulus kekakuan resilien campuran.

3.2.1 Pengujian karakteristik tailing

Pengujian yang dilakukan terhadap bahan *tailing* yang digunakan untuk campuran Latasir yaitu pengujian fisik dan analisis kimia butir *tailing*. Pengujian fisik yang dilakukan terhadap bahan *tailing*, seperti analisis saringan, berat jenis, angularitas, dan nilai setara pasir, hasil penguciannya diperlihatkan pada Tabel 4, sedangkan hasil pengujian analisa komposisi kimia *tailing* dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 4
Hasil pengujian sifat-sifat fisik *tailing* dari PT. Freeport

No	Karakteristik <i>tailing</i>	Persyaratan	Hasil pengujian
1.	Sand Equivalent, %	min. 50%	81,30
2.	Berat jenis : - Bulk - SSD - Apparent	min. 2,5	2,76 2,80 2,82
3.	Penyerapan, %	maks. 3%	0,48
4.	Angularitas	min. 45	49,89
5.	Analisa saringan:		
	Ukuran saringan		% lolos
	ASTM	mm	
	No 4	4,76	100
	No 8	2,38	99,9
	No 30	0,595	98,8
	No 50	0,297	88,2
	No 100	0,148	49,5
	No 200	0,047	20,3

Tabel 5
Komposisi Kimia *Tailing* dari PT. Freeport

Unsur Kimia	Hasil Pengujian (%)	
	Puslitbang Prasarana Transportasi (PUSTRAN)	ITB
SiO ₂	65	60
Al ₂ O ₃	11	15
CaO	8	5
Fe ₂ O ₃ , MgO dan lain-lain	16	20

3.2 Percobaan laboratorium

Hasil pengujian angularitas dari pasir *tailing* dan beberapa pasir alam lainnya ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6
Pembandingan nilai angularitas dari beberapa sumber pasir

Jenis Pasir	Nilai Angularitas	Persyaratan
Tailing (PT Freeport)	49,89	Min. 45%
Pasir Cimalaka	47,45	
Pasir Garut	45,80	
Pasir Galunggung	46,78	

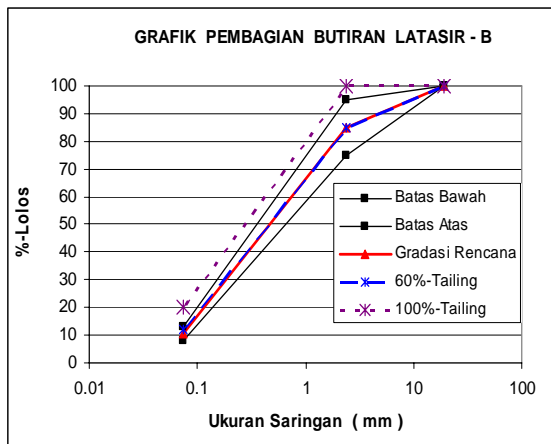
3.3 Perencanaan Campuran

Pada penelitian ini dilakukan variasi penggunaan *tailing* dalam campuran Latasir, yaitu mulai dari 45% sampai 60%, dengan interval setiap 5%. Hal ini dilakukan untuk melihat sampai seberapa besar prosentase *tailing* yang dapat ditambahkan, dengan hasil akhir gradasi campuran tersebut masih tetap dalam batas-batas gradasi yang diperbolehkan. dan untuk melihat pengaruh dari penggunaan *tailing* pada kinerja campuran Latasir tersebut. *Tailing* dalam campuran tersebut berfungsi sebagai substitusi agregat.

Pasir alam yang dipergunakan dalam penelitian ini berasal dari Sumedang, Perhitungan gradasi campuran Latasir untuk berbagai prosentase *tailing* diperlihatkan pada Tabel 7 dan Gambar 2.

Tabel 7.
Hasil perhitungan gradasi campuran Latasir kelas B untuk variasi penambahan % *tailing*

No. Saringan	Spesifikasi		Gradasi Rencana (%)	Gradasi Tailing (%)	% Lewat					
	bts. bawah (%)	bts. atas (%)			Gradasi Campuran (variasi %Tailing + agregat)					
inci	mm				0% Tailing	45% Tailing	50% Tailing	55% Tailing	60% Tailing	100% Tailing
3/4"	19,1	100	100	100,0	100	100	100	100	100	100
# 8	2,4	75	95	85,0	99,9	85,0	85,0	85,0	85,0	99,9
# 200	0,074	8	13	10,5	20,3	10,5	10,5	10,5	12,2	20,3



Gambar 2. Gradasi campuran Latasir kelas B untuk variasi penambahan % *tailing*

Pada campuran Latasir ini, dilakukan variasi kadar aspal 9,0 %, 10,0%, 11,0%, 12,0% dan 13,0% terhadap persentase total campuran. Kadar aspal optimum (KAO) diperoleh dari semua persyaratan yang memenuhi kriteria campuran, yaitu VIM (*Void in Mix*), VFB (*Void filled Bitumen*), VMA (*Void in Mineral Aggregate*), dan Stabilitas Marshall.

3.4 Karakteristik Campuran

Untuk mengetahui karakteristik campuran dan kinerja campuran Latasir baik yang menggunakan *tailing* maupun campuran Latasir yang tidak menggunakan *tailing*, maka dilakukan berbagai pengujian dilaboratorium sebagai berikut :

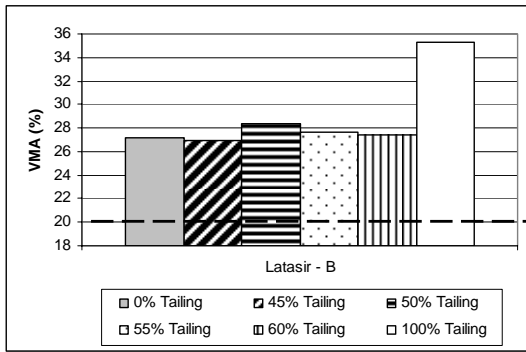
- Sifat-sifat campuran: VIM (*Void in Mix*), VMA (*Void in Mineral Aggregate*), VFB (*Void filled Bitumen*), dan stabilitas Marshall.
- Pengujian rendaman Marshall
- Pengujian modulus kekakuan resilien dengan alat UTM (*Universal Testing Machine*)
- Pengujian ketahanan campuran terhadap alur dengan alat WTM (*Wheel Tracking Machine*)

3.4.1 Pengaruh penambahan *tailing* terhadap sifat sifat campuran

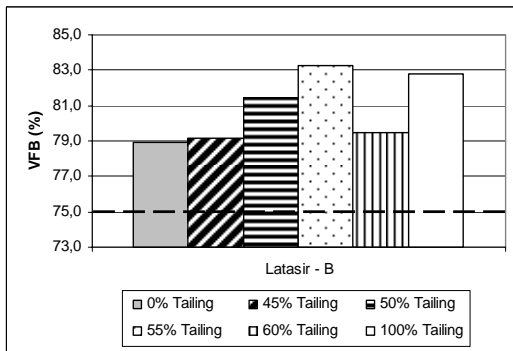
Kecenderungan yang terjadi akibat variasi penggunaan % *tailing* dalam campuran akan menurunkan nilai stabilitas, semakin besar % *tailing* yang digunakan nilai stabilitas cenderung menurun, seperti diperlihatkan pada Gambar 3 (d). Nilai stabilitas tertinggi terjadi pada campuran tanpa menggunakan *tailing*, yaitu sebesar 935 kg. Pengaruh penggunaan *tailing* dalam campuran sebesar 100%, memberikan nilai stabilitas yang kecil yaitu sekitar 323 kg. Namun demikian nilai stabilitas yang terjadi untuk campuran yang menggunakan *tailing* masih memenuhi persyaratan yang ditentukan.

Tabel 8
Sifat-Sifat Campuran Latasir dengan variasi % *tailing* pada kadar aspal optimum (KAO)

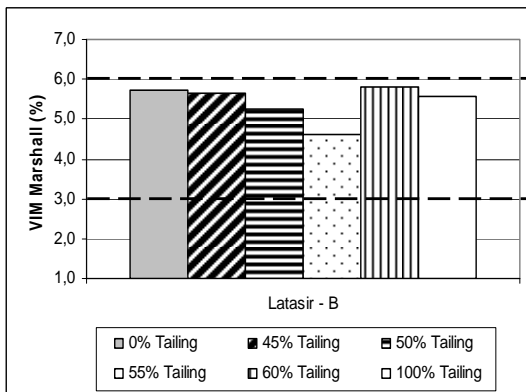
Sifat-sifat Campuran	Hasil Pengujian						Persyaratan
	Latasir dengan % Tailing						
	0%	45%	50%	55%	60%	100%	
Kadar aspal optimum, %	10,9	10,3	10,7	10,7	10,4	14,4	-
Kepadatan, gr/cm ³	2,237	2,245	2,233	2,233	2,214	2,112	-
Rongga dalam agregat (VMA), %	27,17	26,94	28,37	27,66	27,4	35,24	min. 20
Rongga terisi aspal (VFB), %	78,93	79,12	81,45	83,25	79,46	82,8	min. 75
Rongga dalam campuran (VIM), %	5,72	5,63	5,26	4,63	5,8	5,58	3,0 - 6,0
Stabilitas Marshall, kg	935	623	570	602	459	323	min. 200
Pelelehan, mm	2,98	2,87	2,65	2,44	2,95	3,9	2 - 3
Marshall Quotient, kg/mm	307	223	209	230	159	83	min. 80



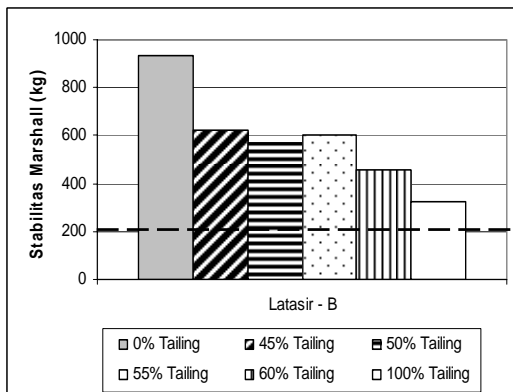
(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 3. Pengaruh penggunaan variasi % *tailing* pada campuran Latasir

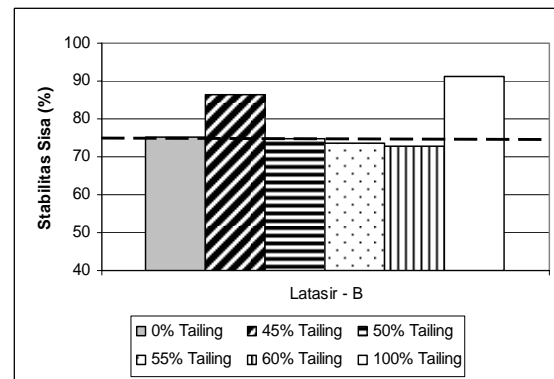
3.4.2 Pengaruh penambahan *tailing* terhadap rendaman Marshall

Pengujian ini diharapkan dapat memberikan indikasi akan kerentanan (*susceptibility*) campuran terhadap pengaruh air dan temperatur. Kehilangan stabilitas yang terjadi akibat perendaman merupakan ukuran ketahanan terhadap pengaruh air. Perbandingan antara stabilitas terendam dengan stabilitas standar dinyatakan dalam prosentase yang disebut Stabilitas Sisa. Spesifikasi baru campuran aspal mensyaratkan nilai Stabilitas Sisa adalah minimum 75%.

Untuk campuran Latasir-B, nilai stabilitas sisa campuran yang menggunakan *tailing* tidak semuanya memenuhi persyaratan. Campuran Latasir-B dengan 55% *tailing* dan 60% *tailing* yang mempunyai nilai stabilitas sisa dibawah nilai yang disyaratkan, yaitu 74% dan 73%, dibawah persyaratan minimum 75%, sedangkan untuk kadar Latasir yang lebih kecil, nilai stabilitas sisanya masih diatas 75%, sebagaimana terlihat pada Tabel 9.

Tabel 9
Hasil Pengujian Rendaman Marshall

Jenis Campuran	Variasi % <i>Tailing</i>	Stabilitas setelah Perendaman (kg)		Stabilitas Sisa (%)
		30 menit	24 jam	
Latasir-B	0%	930	700	75
	45%	635	548	86
	50%	565	426	75
	55%	591	435	74
	60%	453	329	73
	100%	343	312	91



Gambar 4. Pengaruh penggunaan variasi % *tailing* pada nilai stabilitas sisa dari campuran Latasir kelas B

3.4.3 Pengaruh penambahan *tailing* terhadap modulus kekakuan resilien

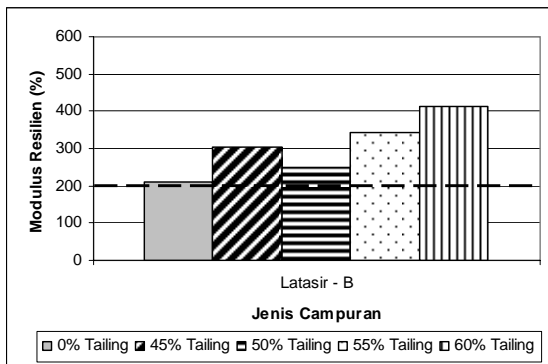
Pengujian contoh dilakukan, pada beberapa benda uji dengan kadar *tailing* dalam campuran yang bervariasi, sesuai dengan yang ditunjukkan pada Gambar 1. Prosentase *tailing* pada masing-

masing jenis campuran, disesuaikan dengan batas-batas gradasi dari setiap jenis campuran, sehingga penambahan *tailing* ini masih dalam batas-batas gradasi yang ditetapkan.

Pada pengujian modulus resilien dengan alat UTM dilakukan pada temperatur 35°C. Kecenderungan nilai modulus resilien campuran tidak beraturan, namun perubahannya ini, baik kenaikan atau penurunannya tidak terlalu besar dibandingkan campuran tanpa *tailing*, seperti terlihat pada Tabel 10 dan Gambar 5.

Tabel 10
Hasil Pengujian Modulus Resilien pada Temperatur 35°C

Jenis Campuran	Variasi % Tailing	Modulus Resilien (MPa)
Latasir-B	0%	210
	45%	304
	50%	248
	55%	344
	60%	411



Gambar 5. Pengaruh penggunaan variasi % *tailing* pada nilai modulus resilien dari campuran Latasir

3.4.4 Pengaruh penambahan *tailing* terhadap ketahanan terhadap alur

Pengujian dilakukan pada standar temperatur pengujian, yaitu 60°C dengan alat WTM (*Wheel Tracking Test*), yang disiapkan pada kadar aspal optimumnya, dengan tekanan kontak roda $6,5 \pm 0,15 \text{ kg/cm}^2$ untuk lalu lintas berat, yang setara dengan 10 ton beban lalu lintas dengan kecepatan 42 lintasan per menit. Pengujian dilaksanakan selama 60 menit dan untuk mengevaluasi deformasi, hasil pengujian diamati pada saat 45 menit dan 60 menit.

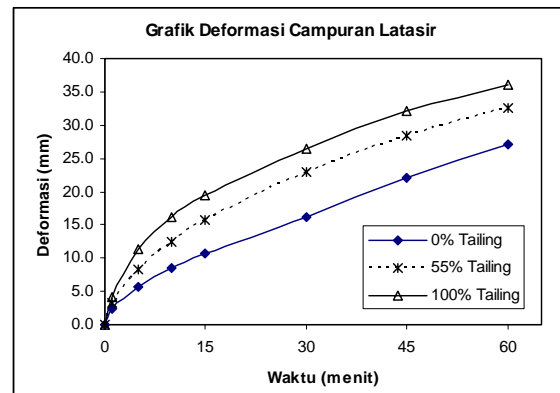
Hasil pengujian ini berupa stabilitas dinamis (DS), kecepatan deformasi (RD) dan deformasi permanen awal (Do), yang secara otomatis akan

dicatat dan dicetak oleh alat pengontrol sesaat setelah pengujian selesai.

Untuk Pengujian ketahanan terhadap alur dengan alat WTM ini, contoh yang diuji hanya 3 (tiga) buah yaitu campuran dengan 0%; 55%, dan 100% *tailing*.

Tabel 11
Hasil Pengujian Wheel Tracking pada Temperatur Pengujian 60°C

Waktu (menit)	Jumlah Lintasan	Nilai Deformasi Rata-rata (mm)		
		Variasi penggunaan <i>tailing</i> pada campuran Latasir		
		0%	55%	100%
0	0	0	0	0
1	21	2,33	3,20	4,21
5	105	5,71	8,26	11,46
10	210	8,43	12,49	16,13
15	315	10,64	15,81	19,36
30	630	16,15	22,90	26,50
45	945	22,08	28,36	32,14
60	1260	27,21	32,65	36,12
Laju Deformasi (mm/menit)		0,342	0,286	0,265
Stabilitas Dinamis (lintasan/mm)		123	147	158



Gambar 6. Pengaruh penggunaan variasi % *tailing* pada nilai deformasi dari campuran Latasir



Gambar 7. Hasil pengujian ketahanan terhadap alur pada campuran Latasir dengan 100% *tailing*

Penambahan *tailing* pada campuran Latasir, mempunyai kecenderungan nilai stabilitas dinamis yang meningkat dan penurunan laju deformasi, seiring dengan meningkatnya penambahan *tailing* pada campuran. Hasil pengujian tersebut, tertera pada Tabel 11, Gambar 6 dan Gambar 7.

IV. ANALISA

4.1 Karakteristik *tailing*

Berdasarkan hasil pengujian sifat-sifat fisik *tailing*, menunjukkan bahwa baik *nilai sand equivalent*, nilai berat jenis, nilai penyerapan agregat dan nilai angularitas memenuhi persyaratan yang ditentukan. Berdasarkan hasil pengujian analisa saringan pada Tabel 4 terlihat bahwa *tailing* dapat digunakan dalam campuran untuk Latasir. Penggunaan *tailing* dalam campuran untuk Latasir, *tailing* dapat digunakan sebagai substitusi agregat halus atau seukuran pasir.

Dari hasil pengujian angularitas pada Tabel 6, terlihat bahwa semakin tinggi nilai angularitas maka material tersebut semakin baik dari segi *interlocking* antar agregatnya. Pasir *tailing* mempunyai nilai angularitas yang tertinggi dibanding dengan jenis pasir lainnya, hal ini menunjukkan bahwa *tailing* dapat memberikan campuran yang lebih kuat dan lebih tahan terhadap deformasi.

4.2 Perencanaan campuran

Gradasi merupakan salah satu sifat penting agregat yang mempengaruhi hampir semua sifat campuran beraspal, diantaranya: kekakuan, stabilitas dan durabilitas campuran. Oleh karena itu pemilihan gradasi agregat yang tepat akan memberikan sifat campuran yang sesuai dengan fungsi campuran beraspal tersebut dalam struktur perkerasannya.

Untuk melihat pengaruh penambahan *tailing* pada campuran Latasir, maka penambahan *tailing* dilakukan dengan berbagai variasi mulai dari 45% sampai 60%, dengan interval setiap 5%. Penambahan *tailing* pada campuran Latasir dibatasi sampai 60%, hal ini disebabkan penambahan *tailing* yang melebihi 60% pada campuran LPA dan LPB memberikan gradasi campuran yang keluar dari batas-batas yang disyaratkan, seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Penggunaan 100% *tailing* pada campuran Latasir dimaksudkan untuk mengetahui sejauhmana pengaruhnya terhadap sifat-sifat campuran, meskipun dari persyaratan gradasi campuran keluar dari batas-batas yang disyaratkan pada ukuran saringan 0,075 mm sampai 2,4 mm.

4.3 Karakteristik campuran

Nilai kadar aspal optimum (KAO) untuk campuran Latasir mempunyai kecenderungan nilai KAO yang menurun seiring dengan meningkatnya prosentase penggunaan *tailing*. Penggunaan 100% *tailing* dalam campuran Latasir, memberikan nilai KAO yang cukup tinggi yaitu sekitar 14,4%, dibanding dengan nilai KAO sekitar 10,7% untuk campuran Latasir dengan 55% *tailing*. Hal ini mengakibatkan diperlukannya cukup banyak aspal jika digunakan dalam campuran Latasir, sehingga harga campuran menjadi tidak ekonomis, meskipun dengan penggunaan 100% *tailing* dalam campuran akan menjadikan penggunaan *tailing* menjadi lebih besar dan dapat menanggulangi masalah lingkungan.

Untuk nilai stabilitas mempunyai kecenderungan yang bervariasi, namun demikian baik campuran yang menggunakan substitusi *tailing* maupun yang tidak, mempunyai nilai stabilitas yang memenuhi persyaratan yang ditentukan. Dari sifat-sifat campuran, seperti: VIM (*Void in Mix*), VMA (*Void in Mineral Aggregate*), VFB (*Void filled Bitumen*), dan stabilitas Marshall untuk campuran Latasir, maka dapat dikatakan bahwa *tailing* dapat dipergunakan dalam campuran beraspal dengan jumlah *tailing* maksimum 100% dan persyaratan untuk sifat-sifat campuran tersebut dapat dipenuhi.

Untuk nilai stabilitas sisa campuran yang menggunakan *tailing* tidak semuanya memenuhi persyaratan. Campuran Latasir dengan 55% *tailing* dan 60% *tailing* mempunyai nilai stabilitas sisa dibawah nilai yang disyaratkan, yaitu 74% dan 73%, dibawah persyaratan minimum yaitu 75%, sehingga berdasarkan nilai stabilitas sisa penggunaan *tailing* dalam campuran Latasir maksimum adalah 50%.

Secara umum dari hasil pengujian sifat-sifat campuran, pengujian rendaman Marshall, pengujian modulus kekakuan resilien dan pengujian ketahanan campuran terhadap alur, maksimum penggunaan *tailing* dalam campuran Latasir yang masih memenuhi persyaratan campuran adalah 45%.

V. KESIMPULAN

Dari hasil percobaan sebagaimana diuraikan sebelumnya dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

- a. *Tailing* mempunyai sifat-sifat fisik seperti *sand equivalent*, berat jenis penyerapan dan angularitas yang tinggi sekitar 49,9 yang memenuhi persyaratan agregat halus.

- b. Dilihat dari distribusi butirannya, *tailing* dapat digunakan sebagai pengganti agregat seukuran pasir untuk campuran Latasir.
- c. Penggunaan *tailing* sebesar 60% pada campuran Latasir akan memberikan penurunan nilai stabilitas sampai dengan 50,9% terhadap campuran yang tidak menggunakan *tailing*.
- d. Secara umum, maksimum penggunaan *tailing* dalam campuran Latasir adalah 45%, sehingga persyaratan gradasi dan campuran masih dapat dipenuhi.

- SNI 03-1968-1990, *Metode Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar*, SNI, Departemen Pekerjaan Umum.
- SNI 03-1970-1990, *Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus*, Departemen Pekerjaan Umum.
- SNI 03-4428-1997, *Metode Pengujian Agregat Halus atau Pasir yang Mengandung Bahan Plastik dengan Cara setara pasir*, Departemen Pekerjaan Umum.
- Suraatmadja D, Munaf DR, Lationo B, 1998. *Copper Tailing Sebagai Bahan Substitusi Parsial Semen Untuk Material Beton*.

Daftar Pustaka

- ASTM C-1252-1993, *Uncompacted Void content of fine aggregate as influenced by particle shape, surface texture, and grading*.
- Direktorat Prasarana Wilayah, 2004. *Spesifikasi Umum Pembangunan Jalan Divisi 6 Perkerasan Aspal, Seksi 6.3 Campuran Beraspal panas*.
- SNI 06-2489-1991, *Metode Pengujian Campuran Aspal dengan Alat Marshall*, Departemen Pekerjaan Umum.

Penulis :

Ir. Neni Kusnianti, Sarjana Teknik Sipil ITB dan Pasca Sarjana (S2) ITB, Peneliti Balai Bahan dan Perkerasan Jalan di Puslitbang Prasarana Transportasi, Badan Litbang Departemen Pekerjaan Umum.