

MODIFIKASI SPESIFIKASI UMUM TIMBUNAN PILIHAN BIDANG JALAN DAN JEMBATAN TAHUN 2010

Ahmad Marzuki⁽¹⁾, Muhammad Fauzi⁽¹⁾ dan Ahmad Norhadi⁽¹⁾

⁽¹⁾ Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Banjarmasin

Ringkasan

Kebutuhan material alami sebagai subgrade badan jalan sangat tergantung pada kondisi terbatasnya ketersediaan volume material alam setempat yang memenuhi syarat mutu sesuai spesifikasi yang disyaratkan. Hal ini terjadi karena mutu material yang ada tidak seluruhnya mampu memenuhi syarat properties fisis dan mekanis timbunan pilihan. Berdasarkan hasil uji laboratorium Mekanika Tanah dan Transportasi Politeknik Negeri Banjarmasin terhadap uji material setempat di Kalimantan Selatan menunjukkan bahwa sebagian besar Plastis Indeks (PI) material aktual lebih besar dari syarat minimum $PI < 6\%$ namun syarat kekuatan/ daya dukung material dapat terpenuhi yaitu nilai $CBR > 10\%$ (laboratorium geoteknik dan transportasi Poliban 2012 – 2013).

Kondisi tersebut menunjukkan adanya ketidakkonsisten syarat mutu material timbunan pilihan sesuai spesifikasi umum pada bidang jalan dan jembatan tahun 2010. Oleh sebab itu perlu dilakukan modifikasi terhadap spesifikasi timbunan pilihan. Modifikasi tersebut dilakukan dengan melakukan serangkaian pengujian di laboratorium terhadap kemungkinan variasi PI alami terhadap nilai CBR yang terjadi.

Dalam rangka memenuhi tujuan tersebut, perlu dilakukan penelitian dengan merancang modifikasi Job Mix Formula (JMF) Timbunan Pilihan dengan membuat variasi PI material setempat terhadap nilai CBR. Variasi nilai PI dibuat seperti kondisi PI material alami setempat yaitu lebih besar dari nilai PI dalam Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan tahun 2010 ($PI \text{ max } 6\%$). Hasil dari pengujian menunjukkan bahwa ; 1) Nilai PI material alami tidak selalu menentukan terhadap nilai daya dukung CBR timbunan pilihan. Variasi nilai CBR ini juga dipengaruhi variasi prosentase berat lolos > 40 ; 2) Nilai $PI > 6\%$ dengan variasi berat lolos 40 60% sd. 70% yang bersesuaian dengan berat lolos 40 sampel uji rencana yaitu = 65,21% masih memenuhi syarat spesifikasi CBR yaitu 10% sd. 17%; 3) Hasil pengujian komposisi material terhadap nilai PI menunjukkan bahwa desain komposisi prosentase berat yang dipilih adalah (pasir/lolos 40 alami) : (20/80)- $PI = 11\%$; (30/70)- $PI = 10\%$; (40/60)- $PI = 9\%$; (45/55)- $PI = 8\%$; 4) Peningkatan prosentase pasir berbanding lurus dengan peningkatan d_{max} . Hal ini menunjukkan bahwa stabilisasi pasir sesuai dengan peningkatan prosentasenya mampu meningkatkan d_{max} dan menurunkan nilai PI serta OMC; 5) Material alami yang memiliki prosentase berat lolos > 40 65,21% dengan variasi penambahan pasir 33% sampai dengan 40% mampu menurunkan nilai PI dari 12,54% menjadi 9,7% dan mampu mencapai nilai CBR minimum = 10%.; 6) Penentuan nilai CBR maximum 17% berdasarkan hasil uji trial penambahan prosentase pasir maximum 40%, penambahan melebihi nilai tersebut mengakibatkan material cenderung bersifat plastis. Dari rentang nilai CBR tersebut diambil suatu batasan nilai usulan PI untuk material timbunan pilihan yaitu $PI = 8 \pm 2\%$.

Kata Kunci : PI, CBR, Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan tahun 2010

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Spesifikasi Umum Timbunan Pilihan Bidang Jalan dan Jembatan tahun 2010 Divisi 3.2.2 menyatakan bahwa timbunan yang diklasifikasikan sebagai timbunan pilihan harus terdiri dari bahan tanah atau batu yang memenuhi semua ketentuan seperti untuk timbunan biasa yaitu bahan yang dipilih sebaiknya tidak termasuk tanah yang berplastisitas tinggi, yang diklasifikasikan sebagai A-7-6 menurut SNI-03-6797-2002

atau sebagai CH menurut "Unified atau Casagrande Soil Classification System". Bila penggunaan tanah yang berplastisitas tinggi tidak dapat dihindarkan, bahan tersebut harus digunakan hanya pada bagian dasar dari timbunan atau pada penimbunan kembali yang tidak memerlukan daya dukung atau kekuatan geser yang tinggi.

Berdasarkan spesifikasi di atas menunjukkan bahwa indeks properties tanah tersebut harus memenuhi syarat Plastis Indeks (PI) 6% dan California Bearing Ratio (CBR) 10%. Se-

cara tofografi di Kalimantan Selatan, ketersediaan tanah yang memenuhi syarat spesifikasi tersebut ditemukan pada daerah dataran tinggi yaitu laterit (tanah merah) dan dataran rendah yaitu sirtu yang berada pada kedalaman rata-rata 2 (dua) m dari lapisan permukaan tanah.

Meningkatnya intensitas kegiatan eksplorasi/ galian tanah alami tersebut untuk subgrade badan jalan mengakibatkan ketersediaan volume material timbunan pilihan tersebut semakin berkurang, khususnya material timbunan pilihan pada kedalaman rata-rata lapisan tanah 2 m dari permukaan. Di sisi lain kebutuhan material tersebut semakin meningkat seiring dengan meningkatnya pembangunan jalan baru dan pelebaran jalan. Meningkatnya kebutuhan material tersebut mengakibatkan kegiatan galian terus dilanjutkan sampai kedalaman rata-rata 5 (lima) m dengan kondisi mutu material yang tidak memenuhi salah satu syarat spesifikasi yaitu $PI > 6\%$, tetapi nilai CBR masih memenuhi syarat yaitu 10% (Job Mix Formula-Laboratorium Geoteknik dan Transportasi Politeknik Negeri Banjarmasin 2012 – 2013).

Berdasarkan konsep perencanaan daya dukung subgrade badan jalan, parameter yang menentukan adalah nilai CBR dan nilai PI hanya sebagai inisial parameter. Oleh sebab itu perlu dilakukan modifikasi spesifikasi umum timbunan pilihan dengan tujuan memperlebar dari range parameter nilai PI pada spesifikasi timbunan pilihan.

Dalam rangka memenuhi tujuan tersebut, metode yang akan digunakan adalah melakukan rangkaian pengujian batas attetberg, pematatan ringan dan pengujian CBR. Pengujian tersebut dilakukan dengan cara memodifikasi nilai $PI > 6\%$ dan variasi kandungan material (sirtu kombinasi laterit) lolos # 40 dengan jumlah sampel 15 (lima belas) buah. Hasil modifikasi tersebut akan digunakan untuk menentukan nilai CBR optimal yang masih mampu disediakan oleh material alami.

Rumusan dan Batasan Masalah

Masalah yang akan diteliti pada penelitian ini adalah :

1. Apakah nilai PI material alami timbunan pilihan selalu menentukan syarat spesifikasi nilai daya dukung CBR.
2. Berapakah rentang prosentase berat lolos > 40 pada material timbunan pilihan dengan nilai $PI > 6\%$ (spesifikasi maximum 6%) yang mampu menghasilkan properties nilai CBR 10% (spesifikasi minimum 10%).
3. Bagaimana desain komposisi prosentase berat pasir terhadap berat lolos 40 material alami untuk nilai $PI > 6\%$.
4. Bagaimana perilaku d_{max} terhadap peningkatan prosentase berat pasir dan nilai

PI serta nilai Optimum Moisture Content (OMC).

5. Berapakah rentang penambahan prosentase berat pasir yang mampu menurunkan nilai PI material alami.
6. Berapakah nilai usulan modifikasi spesifikasi nilai PI terhadap nilai PI yang disyaratkan dalam Spesifikasi Umum Timbunan Pilihan Bidang Jalan dan Jembatan tahun 2010 Divisi 3.2.2

Batasan Masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Metoda Uji yang digunakan adalah sesuai SNI 03-1967-1990, SNI 03-1966-1990, SNI 03-1742-1989 dan SNI 03-1744-1989
2. Material Uji yang digunakan adalah laterit Desa Cempaka dan sirtu Liang Anggang Kabupaten Banjar yang memiliki prosentase berat lolos $40 > 65\%$
3. Lokasi Pengujian bertempat di Laboratorium Politeknik Negeri Banjarmasin

Tujuan dan Manfaat

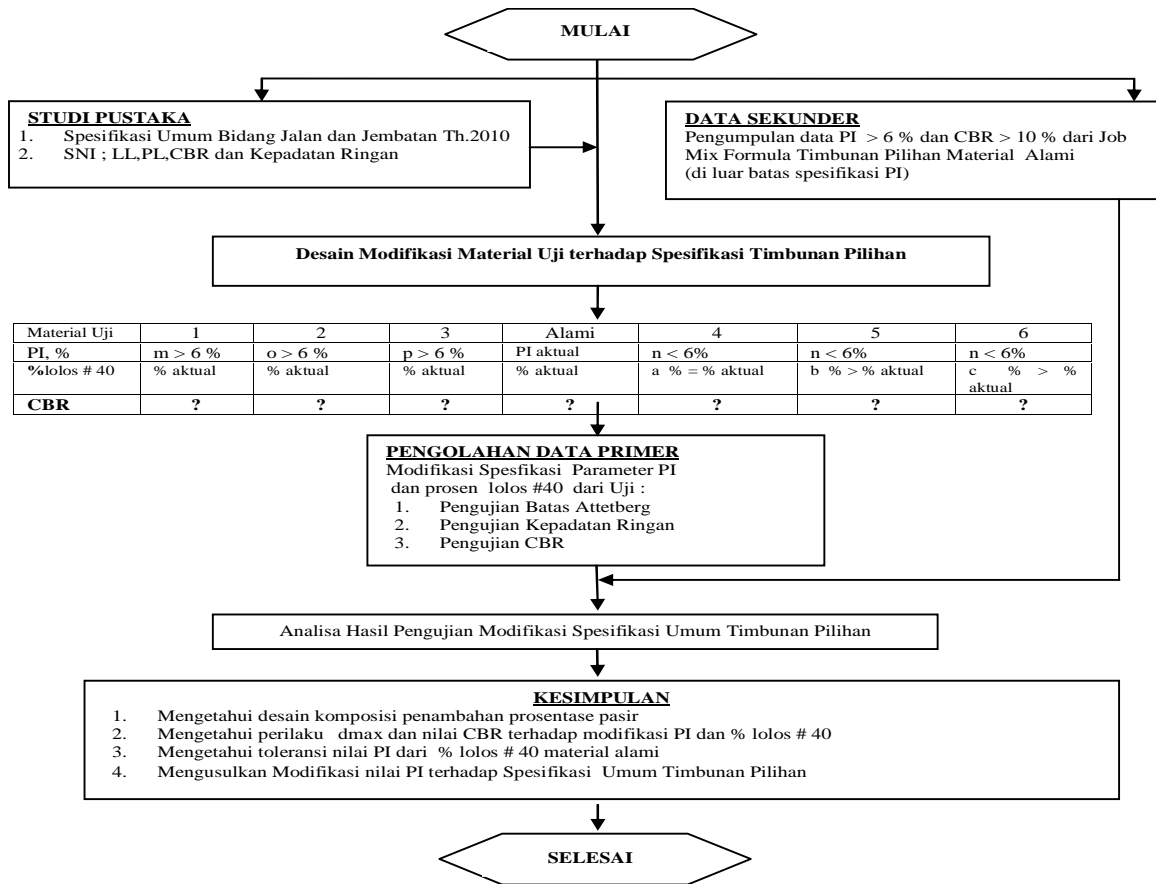
Tujuan dari Penelitian ini adalah :

1. Mengetahui apakah nilai PI material alami timbunan pilihan selalu menentukan syarat spesifikasi nilai daya dukung CBR.
2. Mengetahui rentang prosentase berat lolos > 40 pada material timbunan pilihan dengan nilai $PI > 6\%$ (spesifikasi maximum 6%) yang mampu menghasilkan properties nilai CBR 10% (spesifikasi minimum 10%).
3. Mengetahui desain komposisi prosentase berat pasir terhadap berat lolos 40 material alami untuk nilai $PI > 6\%$.
4. Mengetahui perilaku d_{max} terhadap peningkatan prosentase berat pasir dan nilai PI serta nilai Optimum Moisture Content (OMC).
5. Mengetahui rentang penambahan prosentase berat pasir yang mampu menurunkan nilai PI material alami.
6. Mengusulkan modifikasi spesifikasi nilai PI terhadap nilai PI yang disyaratkan dalam Spesifikasi Umum Timbunan Pilihan Bidang Jalan dan Jembatan tahun 2010 Divisi 3.2.2

Manfaat yang didapat dari penelitian ini adalah menghasilkan usulan modifikasi spesifikasi timbunan pilihan sehingga ketersediaan material alami setempat dapat dioptimalkan untuk pembangunan konstruksi di Kalimantan Selatan

2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan, dapat dilihat dalam gambar 1 berikut. Dimulai dari studi pustaka dan perolehan data sekunder, kemudian dilakukan desain modifikasi material uji terhadap spesifikasi timbunan pilihan. Setelah itu dilakukan analisis dan penarikan kesimpulan.



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Properties Mekanis Material Alami Timbunan Pilihan dengan nilai PI > 6 %

Tabel 1 menunjukkan beberapa hasil pengujian timbunan pilihan di laboratorium geoteknik dan transportasi Poliban selama tahun 2012 sd. 2013. Hasil pengujian menunjukkan bahwa properties material alami tidak memenuhi syarat spesifikasi PI timbunan pilihan dengan nilai PI > 6% tetapi memenuhi syarat mekanis dengan nilai CBR 10%. Kondisi ini menunjukkan bahwa nilai PI material alami tidak selalu menentukan terhadap nilai daya dukung CBR timbunan pilihan. Variasi nilai CBR ini juga dipengaruhi variasi prosentase berat lolos > 40.

Properties Physics dan Mekanis Sampel Uji Timbunan Pilihan Alami

Hasil uji material timbunan pilihan alami seperti dalam tabel 2 menunjukkan bahwa nilai properties material tersebut belum memenuhi syarat sebagai timbunan pilihan sesuai Spesifikasi Umum Timbunan Pilihan Bidang Jalan dan Jembatan tahun 2010 Divisi 3.2.2. Berdasarkan hasil uji pada tabel 2 menunjukkan bahwa nilai PI > 6% dengan variasi berat lolos 40 60% sd

70% yang bersesuaian dengan berat lolos 40 sampel uji rencana yaitu = 65,21% masih memenuhi syarat spesifikasi CBR yaitu 10% sd. 17%. Oleh sebab itu sampel uji rencana perlu dicoba dengan variasi rencana PI = 6% < PI < 12% dengan menambahkan pasir sebagai bahan stabilisasi seperti yang dijelaskan pada sub bab. 4.3 sd 4.6

Desain Komposisi Material Modifikasi Timbunan Pilihan dengan variasi PI

Desain komposisi material timbunan pilihan dengan variasi nilai 6% < PI < 12 % bertujuan untuk mengetahui pengaruh nilai PI pada range tersebut terhadap nilai CBR yang terjadi. Nilai CBR hasil uji tersebut diverifikasi terhadap nilai CBR spesifikasi. Desain ini dilakukan dengan cara mem-variasi prosentase berat pasir terhadap berat material lolos 40 alami dengan proporsi total berat lolos 40 alami yang tetap seperti yang disajikan pada tabel 3. Dari hasil variasi tersebut, komposisi berat pasir terhadap berat material lolos 40 alami akan ditentukan sesuai dengan nilai PI yang mewakili range 6% < PI < 12 % seperti yang disajikan pada tabel 3. dan gambar 2 serta gambar 3. Hasil pengujian komposisi material terhadap nilai PI menunjuk-

Tabel 1. Data Sekunder Properties Material Alami Timbunan Pilihan (2012-2013)

No	Quary	% > 40	% < 40	Y d (gr/cm3)	OMC (%)	PI (%)	CBR (%)	SPESIFIKASI
1	Sukadamai Kec.Takisung	76.73	23.27	1.62	21.5	24.09	13	
2	Kayu Habang/ Kurau	70.22	29.78	1.877	13.3	7.88	18.5	PI max 6%;
3	Gunung Kupang	69.69	30.31	1.694	18.5	17.48	10.6	CBR min 10%
4	Muara Teweh	26.74	73.26	1.78	14.5	15.99	10	
5	KM 3,5 Muara Teweh	9.59	90.41	1.565	21.5	10.28	9	

Sumber: hasil pengujian (Laboratorium Geoteknik dan Transportasi Poliban)

Tabel 2. Properties Sampel Uji Timbunan Pilihan

NO	MACAM PEMERIKSAAN			Sampel 1	Sampel 2	RATA2	SPESIFIKASI
1	Berat Jenis Tanah	Gs		2.525	2.531	2.53	
2	Batas Cair	LL	(%)	37.00	36.50	36.75	
3	Batas Plastis	PL	(%)	24.51	23.27	23.89	
4	Indeks Plastis	PI	(%)	12.49	13.23	12.86	max 6 %
5	Analisa Saringan Agregat Halus dan Kasar						
				% lolos	% lolos		
	2"	50.000	mm	100.00	100.00	100.00	
	1 1/2"	37.500	mm	100.00	100.00	100.00	
	1"	25.000	mm	94.45	94.45	94.45	
	3/4 "	19.100	mm	92.93	92.93	92.93	
	3/8 "	9.500	mm	87.92	87.92	87.92	
	4	4.750	mm	83.99	83.99	83.99	
	10	2.000	mm	80.31	80.31	80.31	
	40	0.425	mm	65.21	65.21	65.21	
	100	0.150	mm	48.77	48.77	48.77	
	200	0.075	mm	44.36	44.36	44.36	
6	Kepadatan Ringan						
	Kadar Air Optimum		(%)	22.00	19.7	20.85	
	Berat Kering Maksimum		gr/cm3	1.546	1.660	1.603	
7	C.B.R. direndam (Soked)			(%)			min 10 %
				4.10	4.60	4.35	

Sumber: hasil pengujian (Laboratorium Geoteknik dan Transportasi Poliban)

Tabel 3. Variasi Komposisi Prosentase Berat Pasir dan Capaian Nilai PI

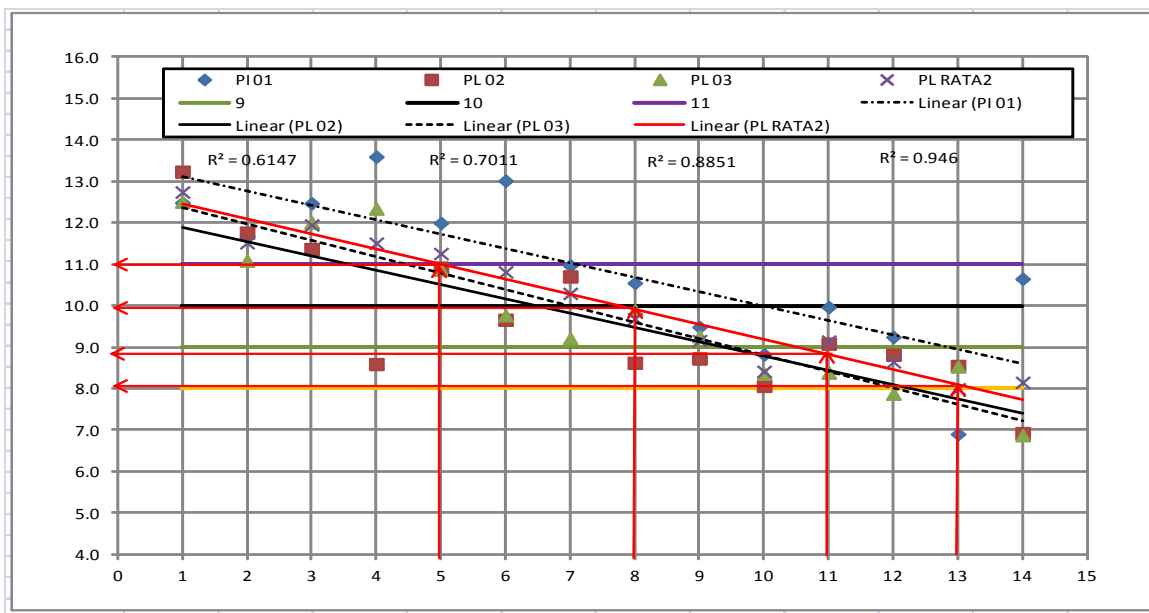
NO	KODE	LL 1	LL 2	LL 3	LL Rata2	PL 1	PL 2	PL 3	PL Rata2	PI 1	PI 2	PI 3	PI Rata2
1	NATURAL	37.00	36.50	36.00	36.50	24.51	23.27	23.49	23.76	12.49	13.23	12.51	12.74
2	12/88	33.20	33.40	33.40	33.33	21.50	21.64	22.31	21.82	11.70	11.76	11.09	11.52
3	15/85	33.50	32.10	33.00	32.87	21.03	20.73	20.99	20.92	12.47	11.37	12.01	11.95
4	18/82	33.30	30.20	34.50	32.67	19.70	21.61	22.16	21.16	13.60	8.59	12.34	11.51
5	21/79	31.70	29.80	31.20	30.90	19.70	18.88	20.34	19.64	12.00	10.92	10.86	11.26
6	24/76	30.80	28.70	29.10	29.53	17.78	19.04	19.33	18.72	13.02	9.66	9.77	10.82
7	27/73	29.20	29.50	28.50	29.07	18.23	18.79	19.29	18.77	10.97	10.71	9.21	10.30
8	30/70	29.00	28.10	27.70	28.27	18.45	19.48	17.81	18.58	10.55	8.62	9.89	9.69
9	33/67	27.20	27.10	26.60	26.97	17.71	18.37	17.34	17.81	9.49	8.73	9.26	9.16
10	36/64	26.20	25.70	26.10	26.00	17.38	17.63	17.74	17.58	8.82	8.07	8.36	8.42
11	39/61	26.40	25.40	26.20	26.00	16.43	16.31	17.81	16.85	9.97	9.09	8.39	9.15
12	42/58	25.60	24.50	24.00	24.70	16.35	15.69	16.12	16.05	9.25	8.81	7.88	8.65
13	45/55	22.00	24.00	23.50	23.17	15.10	15.45	14.97	15.17	6.90	8.55	8.53	8.00
14	48/52	23.80	22.50	22.50	22.93	13.15	15.57	15.62	14.78	10.65	6.93	6.88	8.15
15	54/46			19.00				15.82				3.18	

kan bahwa desain komposisi prosentase berat yang dipilih adalah (pasir/lolos 40 alami) : (20/80)-PI = 11% ; (30/70)-PI = 10% ; (40/60)-PI = 9% ; (45/55)-PI = 8% seperti yang disajikan pada gambar 2 serta gambar 3.

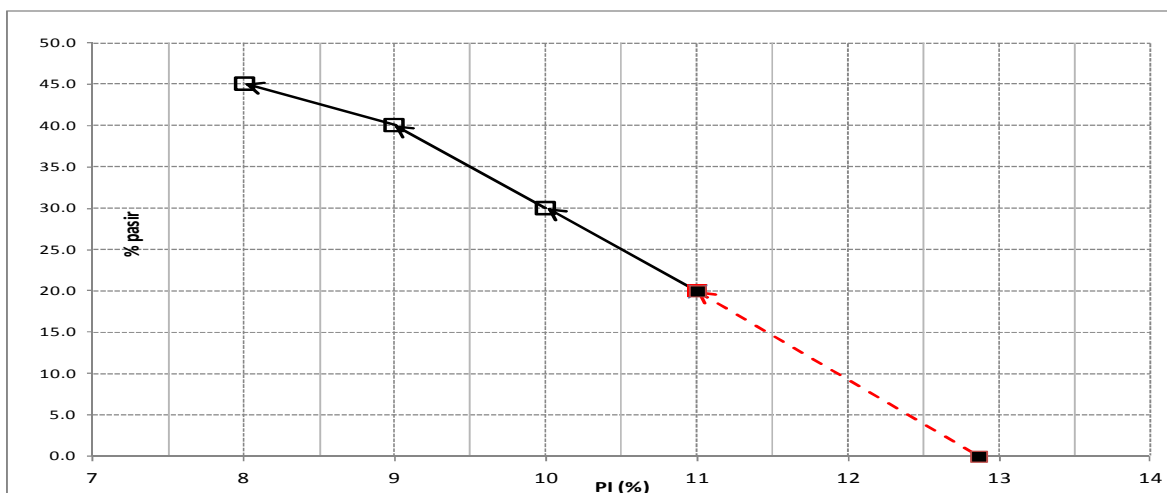
Pengaruh variasi nilai PI terhadap dmax
Variasi nilai PI dari 8 % sd. 11 % dengan komposisi penambahan pasir seperti yang disajikan pada tabel 4. dan gambar 4 menunjukkan bahwa nilai PI dan OMC semakin kecil dengan bertambahnya prosentase pasir. Peningkatan

prosentase pasir berbanding lurus dengan peningkatan dmax. Hal ini menunjukkan bahwa stabilisasi pasir sesuai dengan peningkatan prosentasenya mampu meningkatkan dmax dan menurunkan nilai PI serta OMC.

Pengaruh variasi nilai PI terhadap nilai CBR
Perilaku properties pada sub bab 4.4 juga diikuti oleh perubahan nilai CBR. Dari tabel 4. dan gambar 4 menunjukkan bahwa penurunan nilai PI mengakibatkan peningkatan nilai CBR. Dari gambar 4, terlihat bahwa untuk mencapai



Gambar 2. Penentuan Rencana Komposisi Pasir Terhadap Rencana Nilai PI



Gambar 3. Hubungan Prosentase Pasir terhadap PI

batas spesifikasi minimum CBR = 10%, nilai maximum PI adalah 9,7 % dengan prosentase penambahan pasir 33% sampai dengan 40% (gambar 3). Nilai PI maximum 9,7% dari hasil trial prosentase penambahan pasir tersebut lebih besar dari syarat PI spesifikasi yaitu maximum 6%. Hal ini dapat disimpulkan bahwa material alami yang memiliki prosentase berat lolos > 40 65,21% dengan variasi penambahan pasir 33% sampai dengan 40% mampu menurunkan nilai PI dari 12,54% menjadi 9,7% dan mampu mencapai nilai CBR minimum = 10%.

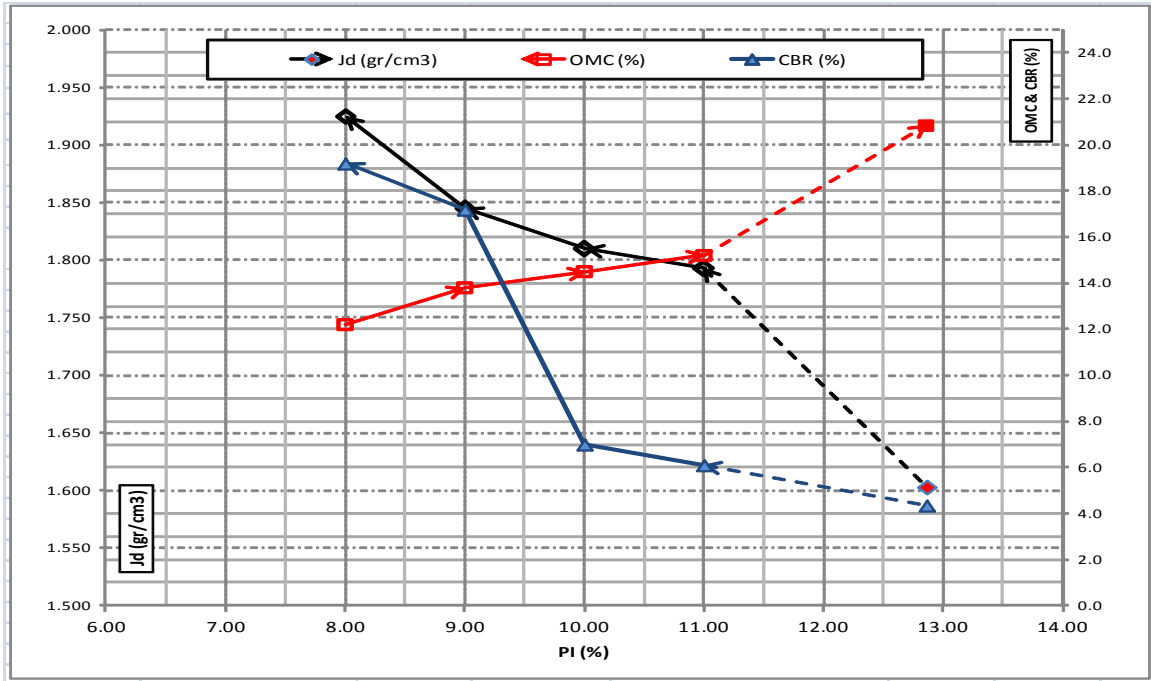
Usulan Modifikasi Spesifikasi nilai PI material Timbunan Pilihan

Usulan Modifikasi batasan spesifikasi nilai PI disini diterapkan hanya pada material alami yang memiliki prosentase berat lolos 40 > 60 %

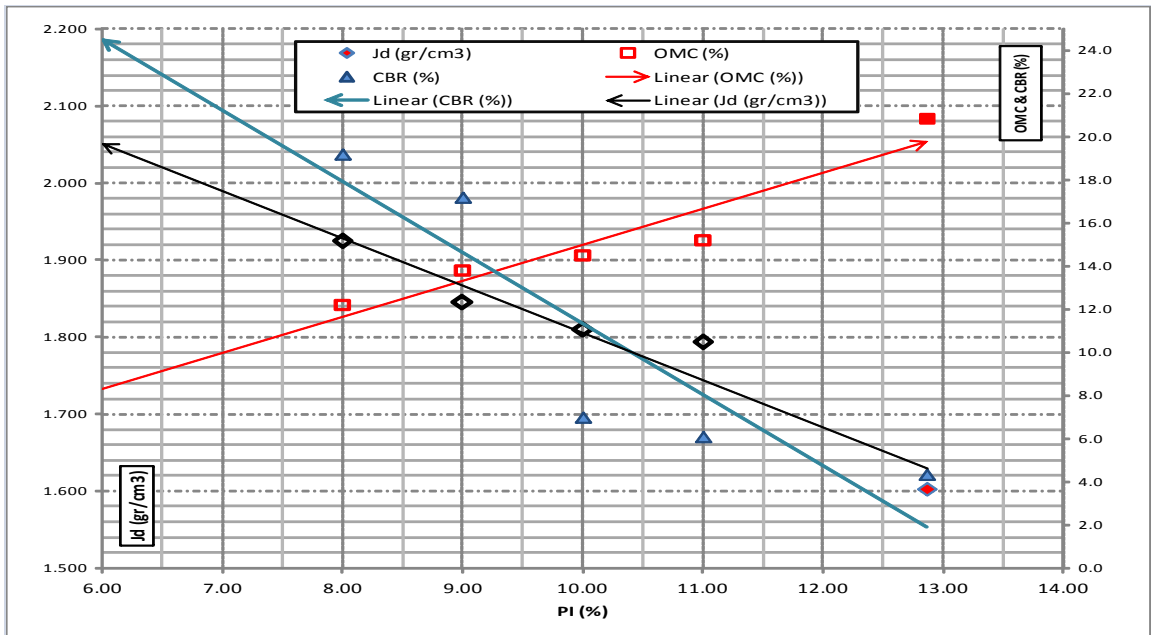
Tabel 4. Properties Sampel Uji terhadap Komposisi Pasir

NO	MACAM PEMERIKSAAN	Alami				
		20/80	30/70	40/60	45/55	
1	Berat Jenis Tanah	2.53	2.531	2.531	2.531	2.531
2	Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	2.589	2.589	2.589	2.589	2.589
3	Indeks Plastis (%)	12.86	11	10	9	8
4	Kepadatan Ringan					
	Kadar Air Optimum (%)	20.85	15.20	14.50	13.80	12.20
	Berat Kering Maksimum gr/cm ³	1.603	1.793	1.810	1.845	1.925
5	C.B.R. direndam (Soked) (%)	4.35	6.10	7.00	17.20	19.20

(65,21.%). Hal ini dilakukan karena pencapaian nilai PI minimum dari material alami yaitu



Gambar 4. Hubungan Nilai PI terhadap Hasil Properties Sampel Uji



Gambar 5. Usulan Rentang PI terhadap Properties Material Timbunan Pilihan

maximum 6% sulit untuk dicapai sementara nilai CBR spesifikasi minimum 10% dapat tercapai, seperti yang ditunjukkan pada tabel 1. Berdasarkan hasil pengujian seperti yang ditunjukkan pada gambar 5 terlihat bahwa nilai CBR yang tercapai adalah dengan rentang 10% sd. 17%. Penentuan nilai CBR maximum 17% berdasarkan hasil uji trial penambahan prosentase pasir maximum 40%, penambahan melebihi nilai tersebut mengakibatkan material cenderung bersifat plastis. Dari rentang nilai CBR tersebut diambil

suatu batasan nilai usulan PI untuk material timbunan pilihan yaitu $PI = 8 \pm 2\%$.

4. PENUTUP

Kesimpulan

Dari hasil pengujian lab. dan analisa seperti yang diuraikan tersebut dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai PI material alami tidak selalu menentukan terhadap nilai daya dukung CBR timbu-

- nan pilihan. Variasi nilai CBR ini juga dipengaruhi variasi prosentase berat lolos > 40.
2. Nilai PI > 6% dengan variasi berat lolos 40 60% sd. 70% yang bersesuaian dengan berat lolos 40 sampel uji rencana yaitu = 65,21% masih memenuhi syarat spesifikasi CBR yaitu 10% sd. 17%.
 3. Hasil pengujian komposisi material terhadap nilai PI menunjukkan bahwa desain komposisi prosentase berat yang dipilih adalah (pasir/lolos 40 alami) : (20/80)-PI = 11% ; (30/70)-PI = 10% ; (40/60)-PI = 9% ; (45/55)-PI = 8%.
 4. Peningkatan prosentase pasir berbanding lurus dengan peningkatan d_{max} . Hal ini menunjukkan bahwa stabilisasi pasir sesuai dengan peningkatan prosentasenya mampu meningkatkan d_{max} dan menurunkan nilai PI serta OMC.
 5. Material alami yang memiliki prosentase berat lolos > 40 65,21% dengan variasi penambahan pasir 33% sampai dengan 40% mampu menurunkan nilai PI dari 12,54% menjadi 9,7% dan mampu mencapai nilai CBR minimum = 10%.
 6. Penentuan nilai CBR maximum 17% berdasarkan hasil uji trial penambahan prosentase pasir maximum 40%, penambahan melebihi nilai tersebut mengakibatkan material cenderung bersifat plastis. Dari rentang nilai CBR tersebut diambil suatu batasan nilai usulan PI untuk material timbunan pilihan yaitu $PI = 8 \pm 2\%$.

Saran

1. Dalam rangka pengembangan dan pemutakhiran properties material timbunan pilihan alami setempat, perlu dilakukan klasifikasi typical properties berdasarkan lokasi quarry di Kalimantan Selatan.
2. Hasil klasifikasi typical tersebut dilanjutkan dengan penelitian yang memberikan manfaat pada penetapan batasan properties nilai PI berdasarkan prosentase berat lolos 40 material timbunan pilihan alami dari berbagai lokasi quarry di Kalimantan Selatan.

5. DAFTAR PUSTAKA

1. Anonim, (2012 - 2013), *JMF Timbunan Pilihan*, Laboratorium Geoteknik dan Transportasi Politeknik Negeri Banjarmasin.
2. Puslitbang, 2010, *Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan 2010*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
3. Puslitbang, 1990, *SNI 03-1967-1990*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
4. Puslitbang, 1990, *SNI 03-1966-1990*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
5. Puslitbang, 1989, *SNI 03-1744-1989*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
6. Puslitbang, 1989, *SNI 03-1742-1989*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta