

JURNAL LITBANG JALAN

VOLUME 19 No.2

ISSN : 0216 - 4124

AGUSTUS 2002

DAFTAR ISI

PENGANTAR REDAKSI	i
THE EFFECT OF NATURAL RUBBER LATEX ON CUTBACK ASPHALT CHARACTERISTIC FOR PATCHING	47
<i>Oleh : Madi Hermadi</i>	
LAPIS BETON SANGAT TIPIS DI ATAS PERKERASAN ASPAL (ULTRA - THIN WHITETOPPING)	57
<i>Oleh : Furqon Affandi</i>	
PENGARUH BITUMEN ASBUTON TERHADAP KARAKTERISTIK ASPAL KERAS PEN 60/70	64
<i>Oleh : N o n o</i>	
HUBUNGAN KECEPATAN RUANG RATA - RATA DENGAN KECEPATAN SESAAT RATA-RATA PADA JALAN INTERRUPTED FLOW	69
<i>Oleh : Erwin Kusnandar, Wiryanto</i>	
PERILAKU PENURUNAN TIMBUNAN DI ATAS TANAH LUNAK MENGGUNAKAN TEKNOLOGI KOMBINASI CERUCUK KAYU DAN STABILISASI CLEANSET	74
<i>Oleh : Hedy Rahadian, Slamet Prabudi S, Y.P. Chandra</i>	
PENGARUH KAPUR TERHADAP SIFAT TANAH LEMPUNG PADA STABILISASI	86
<i>Oleh : M. Suherman</i>	



PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PRASARANA TRANSPORTASI
 BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERMUKIMAN DAN PRASARANA WILAYAH
 DEPARTEMEN PERMUKIMAN DAN PRASARANA WILAYAH

Jl. Raya Timur No. 264 Kotak Pos 2 Ujung Berung Telp. (022) 7802251 Fax. 7802726 Bandung 40294 e-mail: pusjal@melsa.net.id

JURNAL LITBANG JALAN

Volume 19 Nomor 2 Agustus 2002

PELINDUNG

M. Sjahdanulirwan

PEMIMPIN UMUM / PEMIMPIN REDAKSI

Agus Bari Sailendra

DEWAN REDAKSI

GJW. Fernandez, Salim Mahmud, I.F. Poernomosidhi, Furqon Affandi
Heru Budi Santoso, Hikmat Iskandar, Nani Kusminingrum, Heddy Rahadian,
Lanny Hidayat, Lanneke Tristanto, Saroso BS

TATA USAHA

Erry Ermansyah, Mahpud Suhendra, Yeyeh Kursiyah, Loida Dasuha,
Ade Romli, Corijati

Diterbitkan Oleh :

**PUSLITBANG PRASARANA TRANSPORTASI
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN KIMPRASWIL
DEPARTEMEN PERMUKIMAN DAN PRASARANA WILAYAH**

Jalan Raya Timur No. 264, PO Box. 298

Telepon : 7802251-7802252-7802253

E-mail : Pusjal @melsa.net.id

Facsimile : (022) 7802726

BANDUNG 40294

PENGANTAR REDAKSI

Kritikan terhadap kinerja Penerbitan Jurnal Ilmiah yang diantaranya belum mampu menyerap karya tulis para peneliti dan perekayasa khususnya di lingkungan Pusat Litbang Prasarana Transportasi memang perlu mendapat perhatian kita semua.

Seperti apa yang kita ketahui bahwa penerbitan Jurnal Litbang Jalan sebagai media publikasi dengan klasifikasi ilmiah sangat erat kaitannya dengan proses riset itu sendiri, yaitu untuk mendapatkan hasil riset yang dapat dirasakan manfaatnya bagi kepentingan kesejahteraan masyarakat dan bagi pengembangan ilmu pengetahuan itu sendiri.

Disamping itu, penerbitan Jurnal Ilmiah dapat mendorong budaya menulis sekaligus sebagai salah satu sarana untuk meningkatkan kemampuan dan jenjang kepangkatan para peneliti dan perekayasa.

Oleh karena itu, kami mengajak semua pihak untuk selalu meningkatkan komitmennya terhadap upaya dalam melestarikan dan mendorong makin berkualitasnya jurnal ilmiah kita, yang pada akhirnya akan memberikan efek pada kemajuan Iptek untuk menghadapi era globalisasi.

Penerbitan Jurnal volume 19 nomor 2, bulan Agustus 2002 ini mengetengahkan beberapa tulisan hasil litbang yang diharapkan akan menjadi salah satu rujukan yang bermanfaat.

Terima kasih

Pimpinan Redaksi



THE EFFECT OF NATURAL RUBBER LATEX ON CUTBACK ASPHALT CHARACTERISTIC FOR PATCHING

Madi Hermadi

RINGKASAN

Ada beberapa permasalahan dalam pelaksanaan campuran dingin aspal cutback di antaranya lambatnya atau tidak sempurnanya penguapan pelarut sehingga aspal dalam campuran menjadi lembek. Hal ini menyebabkan campuran lambat mantap dan memiliki stabilitas awal rendah. Untuk menanggulangi permasalahan tersebut maka pada tulisan ini disampaikan hasil penelitian mengenai pengaruh lateks alam terhadap karakteristik campuran dingin aspal cutback yang dipergunakan untuk tambalan pada perkerasan beraspal. Berdasarkan hasil dari penelitian ini, penambahan 3% (persen terhadap aspal) lateks alam ke dalam campuran dapat menghilangkan waktu pemeraman dan meningkatkan stabilitas awal campuran. Hal ini karena terjadinya polimerisasi lateks dalam campuran dapat meningkatkan kekentalan aspal dengan cepat sekalipun masih terdapat pelarut. Selain itu, penambahan lateks alam juga dapat meningkatkan kualitas residu aspal cutback di antaranya meningkatkan elastisitas.

SUMMARY

There are some problem in applying cold mix cutback asphalt, among others is the low evaporating rate or unpropper evaporating of the solvent. This case makes the initiate mixture has a long curing time and a low stability. In order to over come that problem, we would like to perform the effect of natural rubber latex on characteristic of cold mix cutback asphalt and applying it in patching. The use of a few percent of natural rubber latex in cold mix could increase the viscosity, because of polymerization process in low temperature, of asphalt cut back binder rapidly, even the solvent has low evaporating rate or unpropper evaporated. Hence, the cold mix has a short curing time and a high stability. Beside that the rubber could increase the quality of residual binder in mixture such as elasticity.

I. INTRODUCTION

In road maintaining, the use of cold mix cutback asphalt for patching is very useful because of the simple equipment, and the flexible volume of production based on the need of patching in field. Those can make the cost to be low. Yet, there are some constraints as follow:

- After mixing, the mixture cannot be used immediately because it still contains too much solvent. The mixture looks wet and the bound of aggregate and asphalt is not sufficiently strong. For that reason, the mixture should be cured before laying for about 3 to 5 days.
- Just after compacting, the early stability of the mixture is low, and the increasing rate of the stability is low too.

Those constraints of cold mix cutback asphalt is caused by the low viscosity of the asphalt. The existing solvent and the low evaporating rate of the solvent make the viscosity and increasing rate of viscosity is low.

On the other hand, natural rubber latex can be used to modify asphalt. The small amount of natural rubber latex in asphalt can make the mixture more elastic, resistant to temperature deviation, more resistant to oxidation and so on. In asphalt cutback, besides modifying asphalt, a small amount of natural rubber latex can increase the viscosity and overcome the constraints of low viscosity in patching mixture. Although the solvent has not been evaporated, the viscosity of cutback asphalt can be increased. In air temperature, the increasing rate of viscosity of cutback asphalt in mixture that caused by the addition of latex is higher and faster than that caused by evaporating process of the solvent. For that reason, the cold mix cutback asphalt will have a higher stability.

To examine the influence of natural rubber latex to the characteristic of cold mix cutback asphalt, the author has run several experiments. The result of the experiments will be written in this paper.

II. METHOD

Experiments were run in the laboratory and in the field. MC-250 and MC-800 cutback asphalt were used for laboratorial experiments. Natural rubber latex were mixed to both kinds of the asphalt for several dose, those are 0%, 3%, 5%, and 7% of the latex. The characteristic of such cutback asphalt were determined. The next experiments were done to cold mix cutback asphalt MC-250 and MC-800 for the following dose of latex, 0%, 3%, 5%, and 7%. Those mixtures were determined for their Marshall characteristic. The procedures of the test were based on the procedure of Mix Design Cold Mix Cutback

Asphalt by Marshall method in Asphalt Cool Mix Manual MS-14 Asphalt Institute. Field experiments were, then, based on the laboratorial experiments for light traffic and high traffic type of road.

III. RESULTS AND DISCUSSION

3.1 The Influence of Latex to MC-800 and MC-250 Viscosity

The correlation between time and viscosity of MC-800 and MC-250 is shown on Figure 1 and Figure 2 in several content of natural rubber latex.

Figure 1.
RELATION OF STORING TIME TO THE VISCOSITY OF MC-250
IN VARIOUS CONTENT OF LATEX

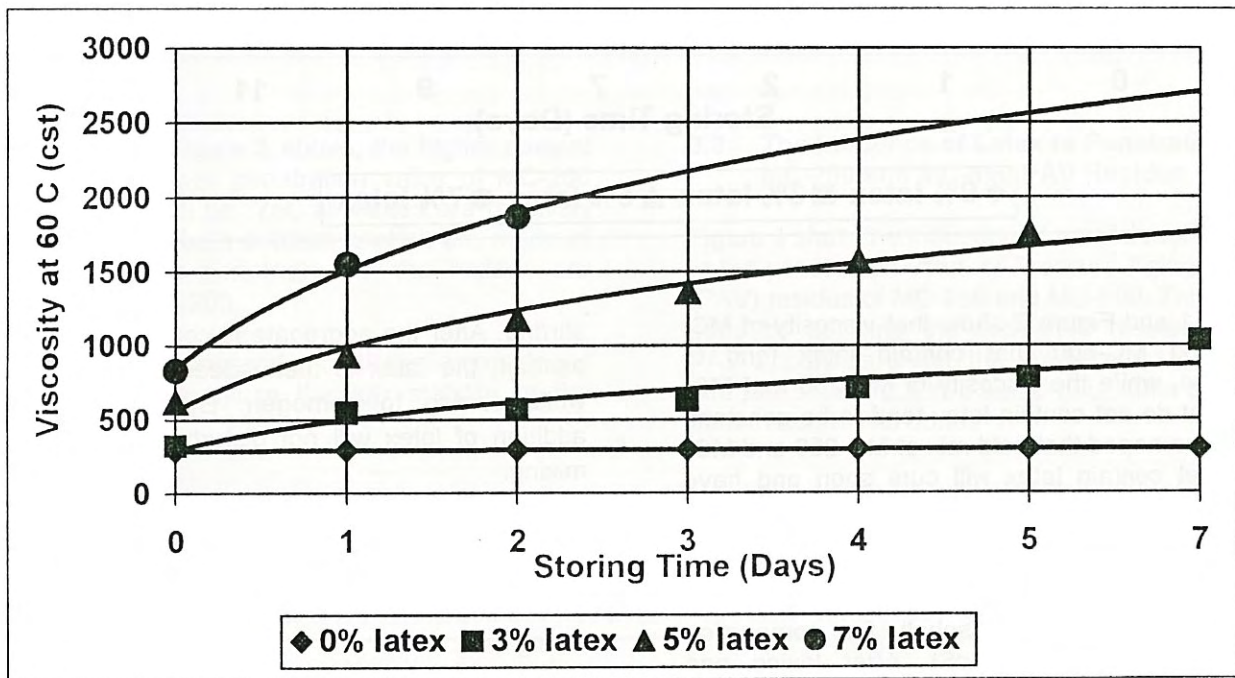


Figure 2.
Relation of Storing Time to the Viscosity of MC-800
in Various Content of Latex

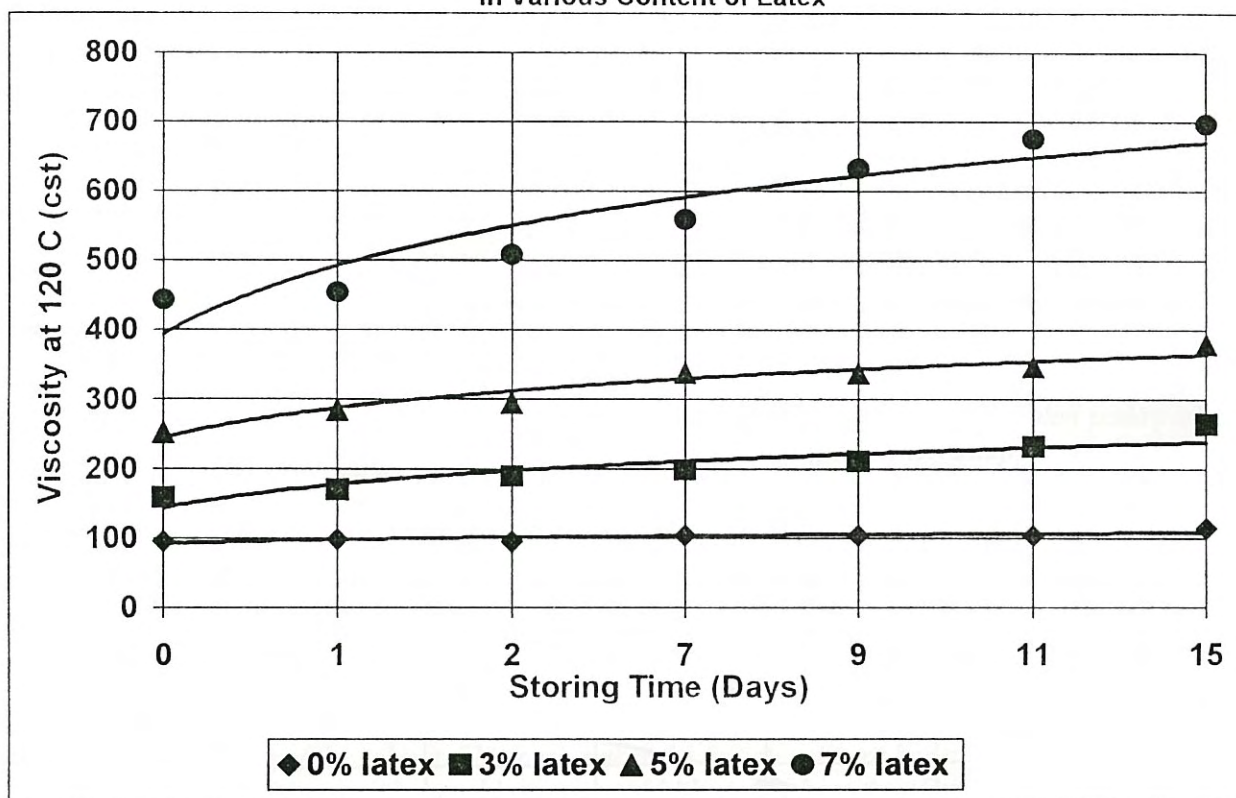


Figure 1 and Figure 2 show that viscosity of MC-250 and MC-800 that contain latex tend to increase, while the viscosity of MC-250 and MC-800 that do not contain latex tend to be constant. It is to be hoped that cold mix of MC-250 and MC-800 that contain latex will cure soon and have high stability.

Normally, the optimum viscosity of asphalt for mixing process is about 170 cSt. While, the optimum viscosity of asphalt for compaction process is about 280 cSt. After laying and compaction, we expect that the viscosity will increase soon to the sufficient viscosity as asphalt cement in environment temperature.

In application of cold mix cutback asphalt in field, in order to gain the sufficient viscosity of asphalt cutback for mixing, the asphalt is warmed to 60°C for MC-250 and 90°C for MC-800. This warmed asphalt is then added to the cold aggregate while

stirring. After the aggregate is coated well by the asphalt, the latex is then added to the mixture while stirring to homogen. By this way, the addition of latex will not disturb the process of mixing.

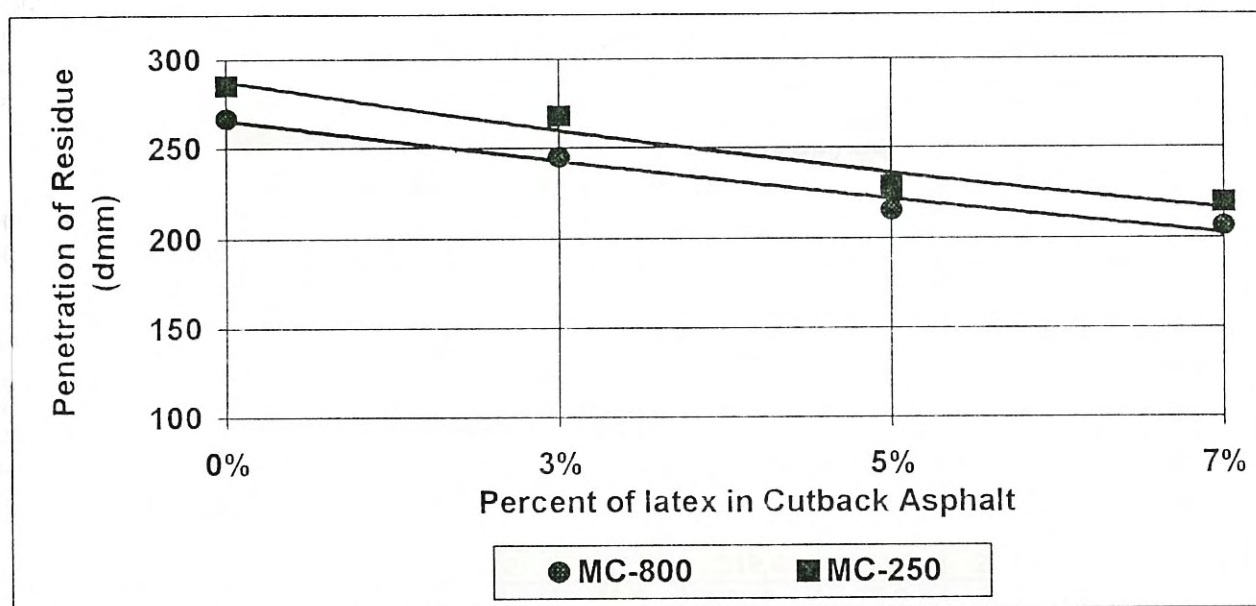
Normally, before laying and compacting, the mixture should be cured for 3 to 4 days. If the latex is added to the mixture, it will not need the curing time.

3.2 The Influence of Latex to Penetration of Distillation Residue of MC-250 and MC-800

Figure 3 shows the influence of the use of natural rubber latex to the penetration value of distillation residue (360°C) of MC-250 and MC-800.

Figure 3.

RELATION OF LATEX CONTENT AND PENETRATION OF ASPHALT CUTBACK DISTILLATION RESIDUE



Based on the Figure 3 above, the higher content of latex the lower penetration value of MC-250 and MC-800 will be. Yet, all values are relatively high. Although both cutback asphalt are made of pen 60-70, the penetration of the residue are higher than pen 200.

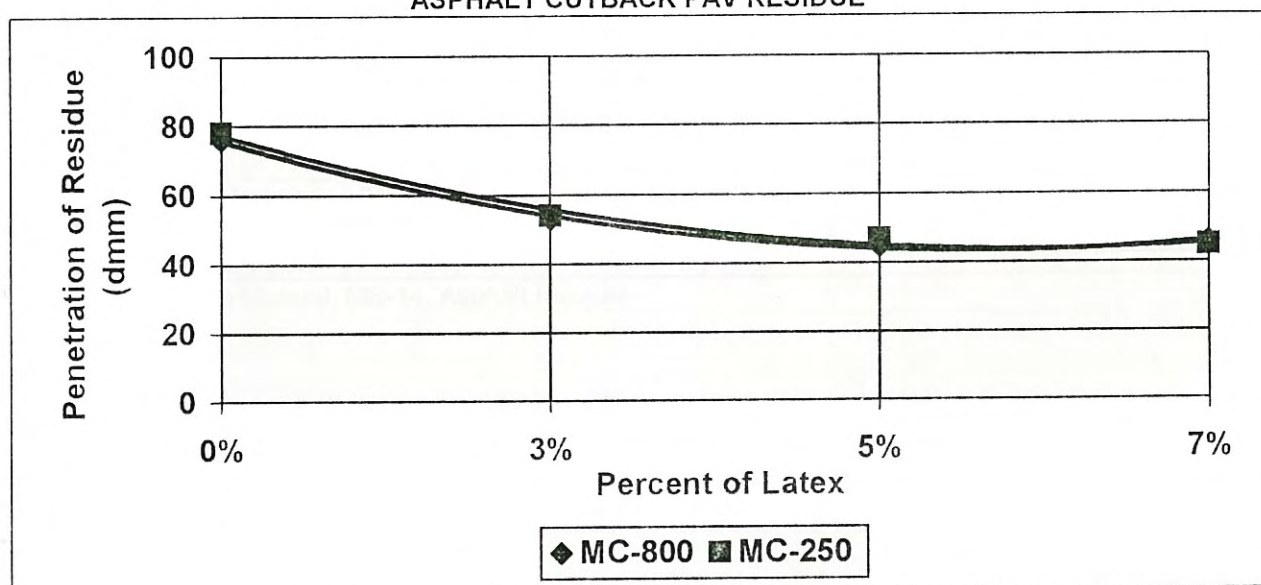
The high penetration value of distillation residue of asphalt cutback cause the low stability of the mixture.

3.3 The Influence of Latex to Penetration of MC-250 and MC-800 PAV Residue

Figure 4 show the influence of natural rubber latex to the penetration value of Pressure Aging Vessel (PAV) residue of MC-250 and MC-800. This test is done by applying the distillation residue to the PAV apparatus under the temperature of 100°C and pressure of 2.1 kPa for 20 hour. After that, the penetration test is done.

Figure 4.

RELATION OF LATEX CONTENT AND PENETRATION OF ASPHALT CUTBACK PAV RESIDUE



Based on Figure 4, penetration value of PAV residue of MC-250 and MC-800 to be tested, they are all above pen 40. The higher content of latex, the lower penetration value of PAV asphalt cutback. Theoretically, the low penetration value of rubber latex content mixture is different from that of non rubber mixture. The existence of latex make the asphalt has high elasticity.

In addition, the different kind of MC (MC-250 has 23% solvent and MC-800 has 16% solvent) does not influent the penetration value of PAV residue. This case indicate that all solvent will be out from the mixture, and the character of asphalt will be back to basic character as hard asphalt.

3.4 The Influence of Latex to the Other Characteristic of MC-250 and MC-800

The use of natural rubber latex generally increase the melting point of the residue. It is to be hoped that the addition of natural rubber latex will

increase the elasticity of residue and more stable to the deviation of temperature in patching.

Considering the influence of natural rubber latex to several characteristic of asphalt cutback of MC-250 and MC-800, it is to be hoped that the use of latex will not only shorten the curing time, but also modified the asphalt cutback residue to have better quality.

3.5 The Influence of Latex to the Marshall Characteristic of Cold Mix Cutback Asphalt Mixture

The specification and ideal gradation of aggregate are shown in figure 5. The gradation of aggregate that used in this experiment - the influence of latex to Marshall characteristic of cold mix cutback asphalt mixture - is the ideal gradation 3 of Asphalt Cold Mix Manual, Asphalt Institute, Manual Series No. 14, page 59.

Figure 5.
GRADATION OF BLEENDING AGGREGATE

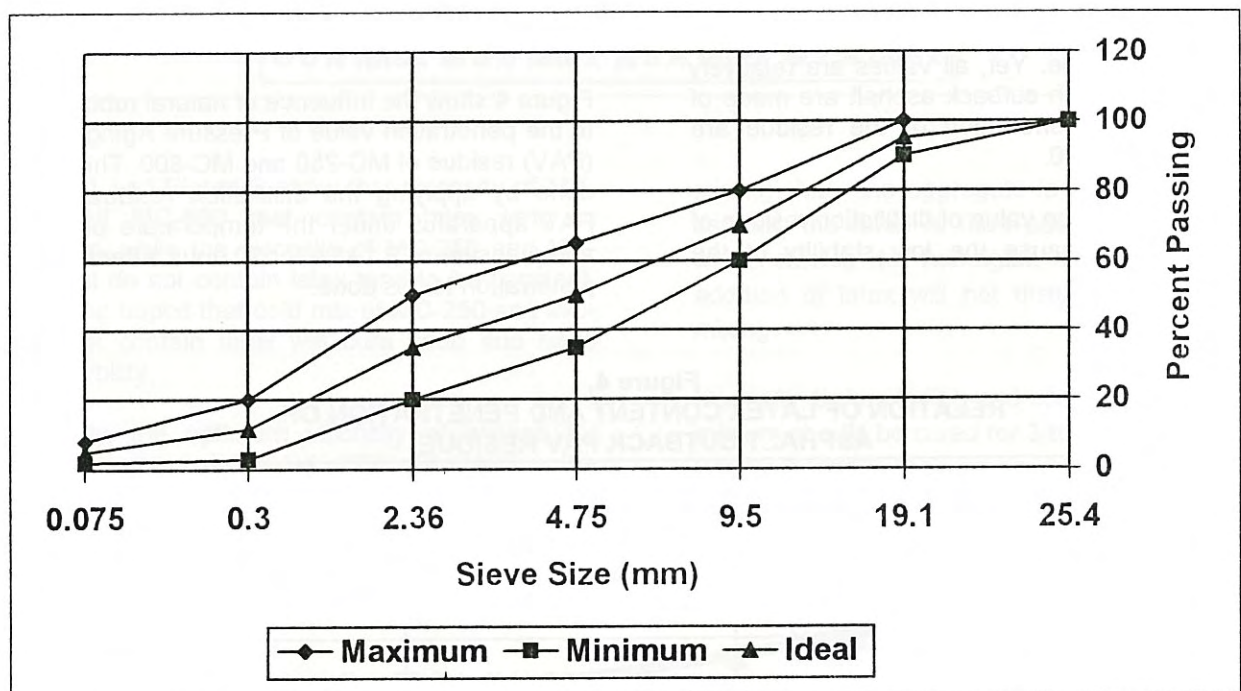


Table 1 and Table 2 show the Marshall mixture for patching. characteristic of MC-250 and MC-800

Table 1.
MARSHALL CHARACTERISTIC OF MC-250 MIXTURE

Characteristic	Test Result					Design Criteria*)
	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	
MC-800 content, %	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	-
Degree of curing, % of solvent evaporated	25	25	25	25	25	25
Number of hammer blows	75	75	75	75	75	75
Density, ton/m ³	2,269	2,263	2,286	2,294	2,308	-
Voids in mineral aggregate (VMA), %	19,58	18,57	18,20	17,81	17,69	-
Void filled bitumen (VFB), %	39,92	47,66	52,81	60,43	66,64	-
Void in Mix (VIM), %	8,97	7,35	5,89	4,41	3,23	3 - 5
Stability, kg	828	986	1006	1042	1035	min 750
Flow, mm	2,57	2,76	3,15	3,38	3,53	2 - 4
Marshall quotient, kg/mm	322,2	357,2	319,4	308,3	293,2	-
Stability retention after 4 days in water at 25°C, %	74,5	76,8	78,8	78,9	79,3	min 75

*) Asphalt Cold Mix Manual, MS-14, Asphalt Institute

Table 2.
MARSHALL CHARACTERISTIC OF MC-800 MIXTURE

Characteristic	Test Result						Design Criteria*)
	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	
MC-800 content, %	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	-
Degree of curing, % of solvent evaporated	25	25	25	25	25	25	25
Number of hammer blows	75	75	75	75	75	75	75
Density, ton/m ³	2,248	2,293	2,301	2,316	2,340	2,357	-
Voids in mineral aggregate (VMA), %	18,76	17,55	17,70	17,61	17,19	17,03	-
Void filled bitumen (VFB), %	41,04	51,13	57,34	64,34	73,29	81,33	-
Void in Mix (VIM), %	6,37	5,84	5,47	4,16	3,17	2,35	3 - 5
Stability, kg	852,5	1029	1056	1000	1013	977,7	min 750
Flow, mm	2,72	2,86	3,05	3,05	3,73	4,85	2 - 4
Marshall quotient, kg/mm	313,7	359,8	348,8	331,5	271,3	201,6	-
Stability retention after 4 days in water at 25°C, %	76,7	79,5	78,2	78,9	81,3	80,6	min 75

*) Asphalt Cold Mix Manual, MS-14, Asphalt Institute

Based on the laboratorial experiments, as shown in Table 1 and Table 2, the optimum content of MC-250 in the mixture was 6.8%. Whereas, the optimum content of MC-800 in the mixture was 6.0%.

3.6 Marshall Characteristic of Cold Mix Cutback Asphalt In Field Condition Compacting

Compacting temperature in field condition is different from that of laboratory condition. This case makes the rate of laboratorial density and stability different from that of field condition. For that reason, the Marshall characteristic test was done to the mixtures that were compacted in room temperature. The result is shown in Figure 6 and 7.

Figure 6.

THE DENSITY OF COLD MIX ASPHALT CUTBACK THAT WAS COMPACTED IN ROOM TEMPERATURE FOR VARIOUS CURING TIME

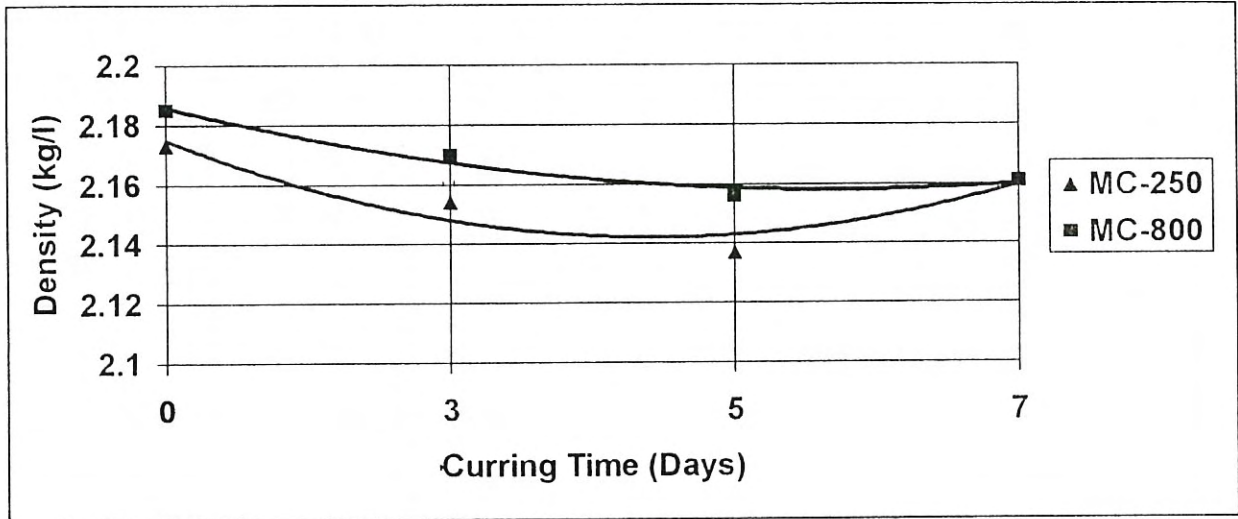


Figure 7.

THE STABILITY OF COLD MIX CUTBACK ASPHALT THAT WAS COMPACTING IN ROOM TEMPERATURE FOR VARIOUS CURING TIME

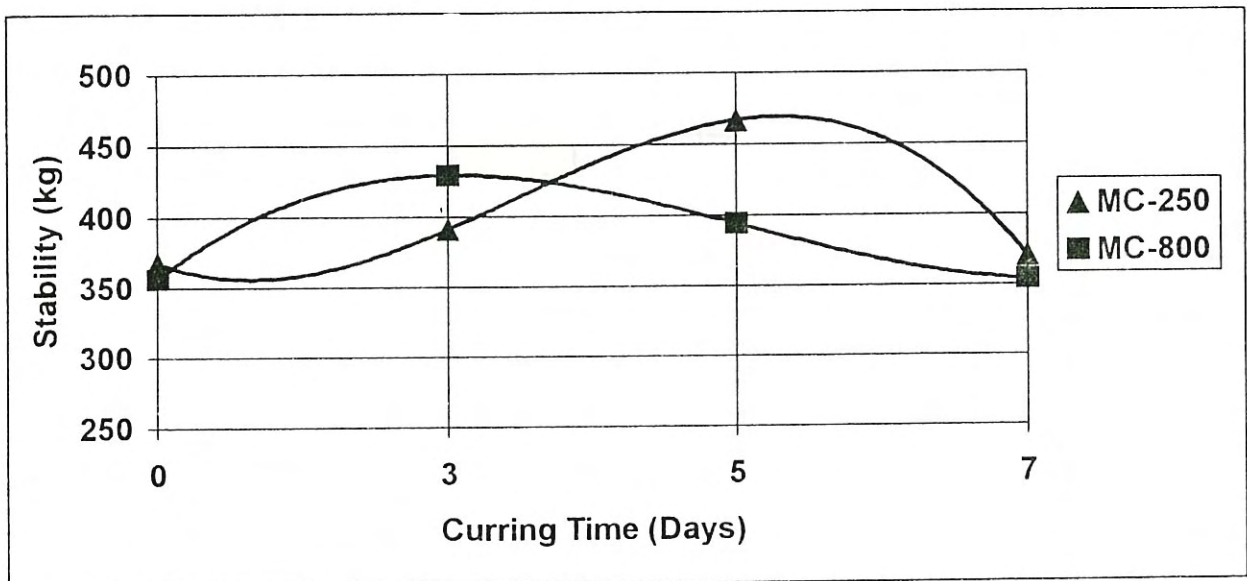


Figure 6 and 7 above identify the density and the stability of the mixture that was compacted in room temperature as done in field condition. Under such condition, the value of density was about 2.15 kg/l and the value of stability was about 450 kg. Those values were lower than that of warmed compacting mixture as done in mix design. The curing time, in which the mixture had

highest stability, was 5 days for MC-250 mixture and 3 days for MC-800 mixture.

3.7 The Influence of Natural Rubber Latex to Marshall Characteristic of Cold Mix Cutback Asphalt Mixture

The influence of natural rubber latex to the cold mix cutback asphalt are shown in Figure 8 and Figure 9 below.

Figure 8.
THE INFLUENCE OF COLD MIX MC-250 AGE AFTER COMPACTION TO THE STABILITY OF THE MIXTURE IN SEVERAL DOSE OF LATEX

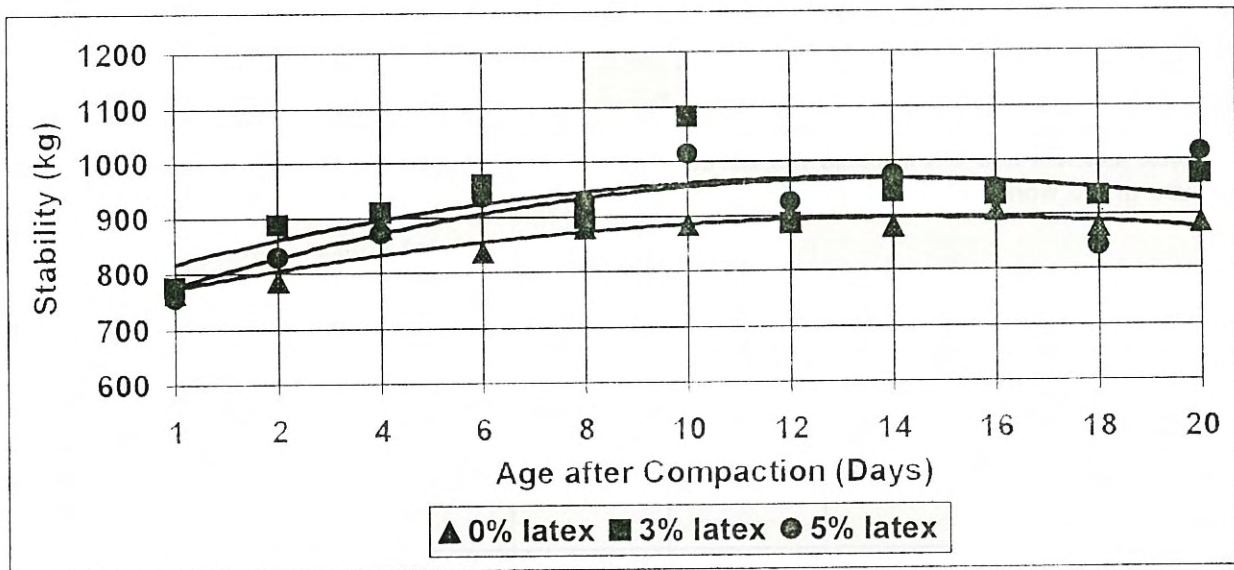
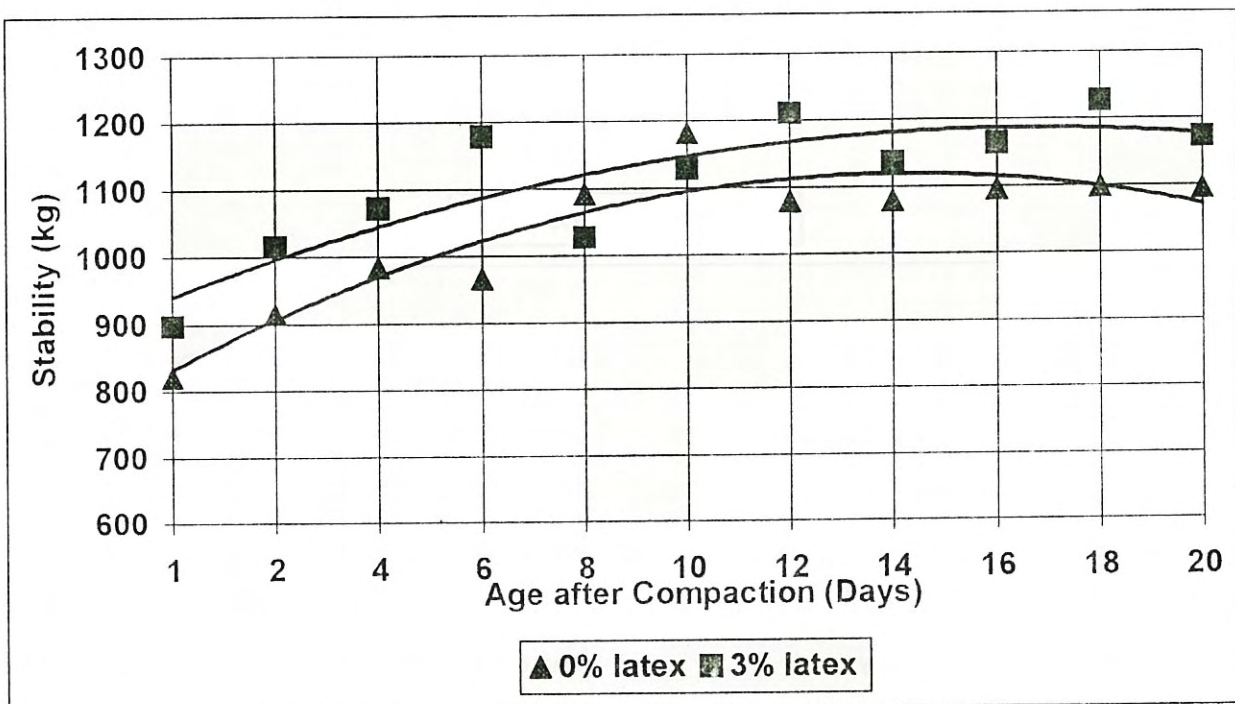


Figure 9.
THE INFLUENCE OF COLD MIX MC-800 AGE AFTER COMPACTION TO THE STABILITY OF THE MIXTURE IN SEVERAL DOSE OF LATEX



Based on Figure 6 and Figure 7 above, the addition of natural rubber latex to the cold mix cutback asphalt can increase the stability of the mixture for about 100 kg. After compacting, the stability value of the mixture increase along with the storing period. The stability value of MC-250 mixture after 1 day compacting was about 760 kg for 0% latex content, and about 800 kg for 3% and 5% latex content. After 20 days compacting, the stability was increased. That is about 900 kg for 0% latex content, about 1000 kg for 3% and 5% latex content. In the line with it, the stability value of MC-800 after 1 day compacting was about 850 kg for 0% latex content, and about 950 kg for 3% latex content. After 20 days compacting, the stability value was about 1100 kg for 0% latex content, and about 1210 kg for 3% latex content.

The mixtures of MC-250 + 7% latex, MC-800 + 5% latex and MC-800 + 7% could not be done because of the workability. The bitumen in these

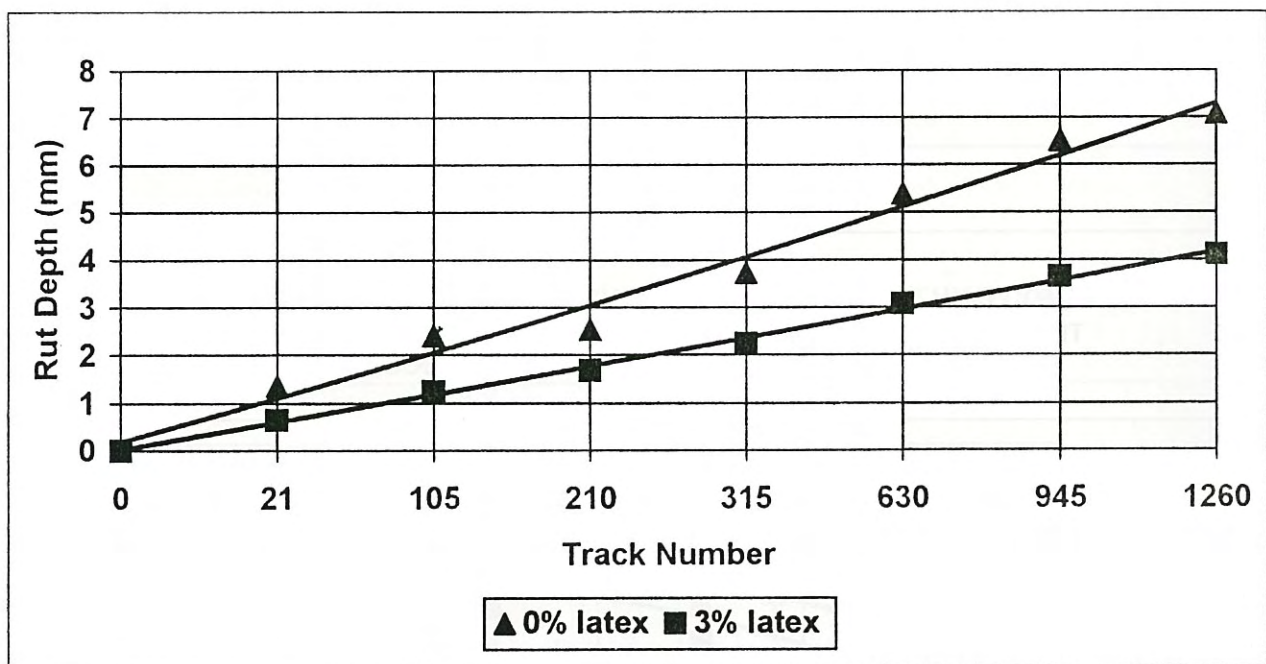
mixtures have too high viscosity, so it is difficult to mix homogeneously.

3.8 The Influence of Natural Rubber Latex to Wheel Tracking Characteristic of Cold Mix Cutback Asphalt Mixture

The influence of natural rubber latex to the wheel tracking characteristic of cold mix cutback asphalt mixture are shown in Figure 10 below.

Figure 10 identify that adding 3% of natural rubber latex to the MC-800 mixture can decrease the deformation rate. The result of wheel tracking test show that the deformation rate of MC-800 + 3% latex mixture is 0.0313 mm/min. This value is lower than the deformation rate of MC-800 + 0% latex mixture, 0.0587 mm/min.

Figure 10.
THE INFLUENCE OF LATEX TO THE WHEEL TRACKING CHARACTERISTIC OF THE MIXTURE



3.9 Field Experiment of Patching

Field experiment of patching was done without curing time. Visually, the MC-800 mixtures generally had better performance than MC-250 mixtures. Cold Mix MC-250 with or without latex is not suitable for immediate laying because it is too soft. After laying, Cold Mix MC-800 + 0% latex looks wet. It needs to be covered by fine aggregate or sand. Whereas, the Cold Mix MC-800 + 3% latex looks sufficiently dry.

In field experiment, all mixture have the density of about 2.13 kg/l. This value is lower than that of mix design density. This value is 2.25 kg/l after 30 days under the heavy traffic condition.

According to Asphalt Cold Mix Manual MS-14 Asphalt Institute, Cold Mix can be used for overlay in medium or low traffic. For patching, it can be used in heavy traffic. For examples, in this research the patching has been done on main road Cileunyi-Bandung and Purwakarta-Bandung.

IV. CONCLUSION

After running the experiment in laboratory and field, we can make the following conclusion:

- 4.1 Natural rubber latex as an additive in cold mix cutback asphalt can make the mixture ready to use without curing time. In addition, the compaction has high early stability.
- 4.2 The use of natural rubber latex can overcome the constraint of curing time and early stability. Furthermore, it can modify the characteristic of cutback asphalt residue.
- 4.3 In order not to disturb the mixing process, the latex is added after the mixture of asphalt and aggregate are homogenized.
- 4.4 Cold mix MC-250 with or without latex is not suitable for immediate laying. This mixture will be more suitable for stock.
- 4.5 Cold mix MC-800 with 3% latex can be laid without curing. Yet, the mixture with 0% latex content needs to be cured before laying.

REFERENCES

1. Asphalt Institute, **Asphalt Cold Mix Manual MS-14**, Asphalt Institute, Lexington, 1990.
2. Asphalt Institute, **Superpave Mix Design SP-2**, Asphalt Institute, Lexington, 1996.
3. Asphalt Institute, **Specifications for Paving and Industrial Asphalts SS-2**, Asphalt Institute, Washington, 1986.
4. Waller, H. Fred, **Use of Waste Materials in Hot-Mix Asphalt**, ASTM, Philadelphia, 1993.
5. SHRP-H-348, **Asphalt Pavement Repair Manuals of Practice**, SHRP, Washington, 1994.
6. SHRP-A-370, **Binder Characterization and Evaluation Volume 4: Test Methods**, SHRP, Washington, 1994.
7. Broome D.C., **The Testing of Bituminous Mixtures**, Edward Arnold & Co., London, 1983.

Penulis :

Drs. Madi Hermadi, Staf Balai Bahan dan Perkerasan Jalan, Pusat Penelitian dan Pengembangan Prasarana Transportasi.



LAPIS BETON SANGAT TIPIS DIATAS PERKERASAN ASPAL (ULTRA - THIN WHITETOPPING)

Furqon Affandi

RINGKASAN

Pelapisan ulang jalan aspal dengan lapisan beton telah lama dikenal, sebagai alternatif pelapisan ulang dengan aspal, dan umumnya dikenal dengan nama whitetopping. Ada tiga macam whitetopping, satu diantaranya ialah ultra thin whitetopping – UTW (Lapis Beton Sangat Tipis – LBST), dimana lapis tipis beton biasanya 5 sampai 10 cm dihamparkan diatas permukaan lapis aspal yang telah mengalami kerusakan dan telah dipersiapkan. Selanjutnya ada faktor faktor lain yang membedakan ultra thin whitetopping tersebut, ialah tingkat ikatan yang didapat antara lapisan beton dengan perkerasan aspal lama dan juga jarak sambungan yang lebih pendek dari pada jarak sambungan normal.

Biasanya ultra thin whitetopping digunakan dimana ketebalan lapisan aspal lama cukup tebal, seperti pada perkerasan aspal secara menyeluruh (full depth asphalt) atau dimana pelapisan ulang yang ber kali kali telah dilaksanakan dalam perioda waktu tertentu.

Ultra thin whitetopping memberikan lapisan permukaan yang awet untuk beban lalu lintas yang normal, dan penggunaan lainnya termasuk di persimpangan dimana alur menjadi suatu masalah dan juga digunakan di lahan parkir.

SUMMARY

Concrete overlays of existing asphalt pavement also have been used as alternative of overlays by asphalt layer, and commonly known as whitetopping. There are three variations of whitetopping, one of them is ultra thin whitetopping, where a thin layer of concrete usually 5 to 10 cm is placed over a prepared surface of distress asphalt. In addition other factors differentiate ultra thin whitetopping are a substantial degree of bonds is obtained between the concrete overlays and the existing asphalt pavement and also joint spacing are much shorter than normal.

Usually ultra thin whitetopping is applied where a substantial thickness of asphalt exist, such as full depth asphalt pavements or where multiple asphalt overlays were placed over time.

Ultra thin whitetopping have provided durable wearing surfaces for normal traffic loads and other applications include asphalt intersection where rutting is a problem and also used in parking area.

I. PENDAHULUAN

Pelapisan ulang perkerasan aspal lama dengan lapis beton dikenal dengan whitetopping, yang telah dikenal pada tahun 1918 di Amerika. Pelapisan ulang dengan lapisan beton ini merupakan alternatif dari pelapisan ulang dengan menggunakan lapisan beraspal yang umum dipergunakan. Pelapisan ulang dengan beton atau whitetopping ini mempunyai masa pelayanan yang baik dan membutuhkan pemeliharaan yang rendah.

Pelapisan ulang dengan beton (whitetopping) ini terdiri dari tiga macam, yaitu:

- Konvensional whitetopping, yaitu pelapisan ulang dengan lapis beton dengan tebal sama atau lebih besar dari 10 cm yang diletakan langsung diatas perkerasan aspal lama.

- Concrete inlay, pelapisan ulang dengan beton yang diletakan pada perkerasan lama yang telah mengalami penggarukan terlebih dahulu.
- Ultra thin whitetopping (UTW) - Lapis Beton Sangat Tipis (LBST), pelapisan ulang dengan beton dengan tebal biasanya 10 cm atau lebih kecil yang diletakan pada permukaan perkerasan aspal lama yang telah mengalami penanganan guna meningkatkan ikatan antara lapisan beton dengan lapisan aspal.

Pada tulisan ini, akan diketengahkan mengenai lapis beton sangat tipis - LBST (ultra thin whitetopping - UTW). Konsep LBST pertama tama dilaksanakan di Kentucky tahun 1988 dimana pelat beton dengan tebal 9 cm dihamparkan diatas lapis perkerasan aspal, dan kemudian pada tahun 1990 di Colorado dua ruas jalan

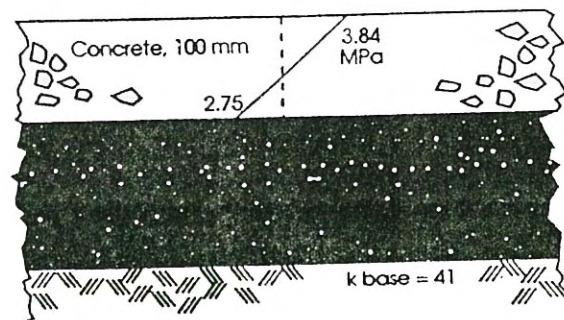
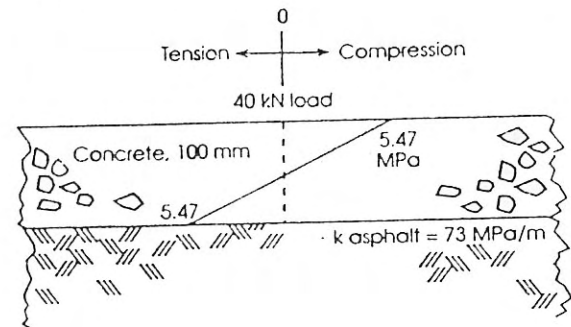
dilapis beton dengan tebal masing masing 9 dan 12,5 cm.

Proyek lainnya ialah di Louisville, Kentucky pada tahun 1991 dibuat lapisan beton diatas perkerasan aspal yang telah mengalami kerusakan dengan tebal 5 dan 9 cm dengan jarak sambungan 0,6 dan 1,8 meter. Dari hasil pengamatan yang dilakukan didapat bahwa kinerja lapisan beton tersebut jauh lebih baik dari perkiraan perencanaan perkerasan beton dengan metoda konvensional, yang mana tidak memperhitungkan keuntungan dari adanya ikatan antara lapis perkerasan aspal dan lapis beton serta ukuran pelat yang lebih kecil.

Kinerja yang baik dari percobaan di Louisville telah menarik banyak minat dari beberapa negara bahkan telah melaksanakannya seperti Amerika, Mexico, Kanada dan Swedia. Penggunaan LBST berkembang dengan cepat, 100 proyek yang mewakili luas pelat satu juta meter persegi telah dilaksanakan di Amerika utara dari tahun 1992 sampai 1996.

Hal ini menunjukkan bahwa adanya ikatan atau gesekan yang cukup besar antara lapis beton dan aspal, sehingga perkerasan harus dianalisa sebagai sistim yang komposit di mana lapisan beton dan aspal ditandai dengan tebal dan sifat elastisnya.

Gambar 1.
CONTOH DISTRIBUSI TEGANGAN PADA PERKERASAN BERDASARKAN DUA ANALISA YANG BERBEDA.



II. KONSEP DASAR PERENCANAAN TEBAL PERKERASAN

Analisa perencanaan dari LBST (UTW) ialah lebih rumit daripada prosedur perencanaan konvensional dan itu berbeda dalam beberapa hal sebagai berikut:

- Ikatan antara beton dan aspal membentuk perkerasan komposit, sehingga letak garis netral menjadi lebih rendah dan tegangan yang terjadi akan sangat berkurang.
- Jarak sambungan yang pendek mengurangi beban dan tegangan lenting, serta mengurangi atau menghilangkan pengangkatan tepi pelat.
- Mutu beton yang digunakan biasanya lebih baik dari beton konvensional, sehingga ketahanan terhadap kelelahan (fatiguenya) akan bertambah baik
- Lapisan perkerasan aspal akan memberikan dukungan yang kuat terhadap pelat beton serta erosi tidak akan terjadi.

Prosedur perencanaan pelapisan perkerasan aspal dengan lapis beton pada sistim konvensional ditandai dengan naiknya daya dukung dari perkerasan aspal yang dinyatakan dengan nilai reaksi modulus tanah dasar dan lapisan perkerasan aspal "k" nya. Selain itu sifat komposit antara beton dan aspal tidak dikenal pada prosedur konvensional. Pada LBST (UTW), kedua anggapan tersebut menghasilkan perkiraan yang cukup berlebihan pada perhitungan tegangan dan tebal yang diperlukan. Hal ini dilukiskan pada Gambar 1 yang membandingkan perhitungan tegangan berdasarkan metoda konvensional dengan analisa yang berdasarkan peningkatan tingkatan derajat komposit. Tegangan kritis yaitu tegangan tarik pada bagian bawah lapisan beton, pada contoh ini nilainya yang didapat dari analisa berdasarkan sifat komposit penampang berkurang menjadi sekitar setengahnya dibandingkan dengan cara konvensional.

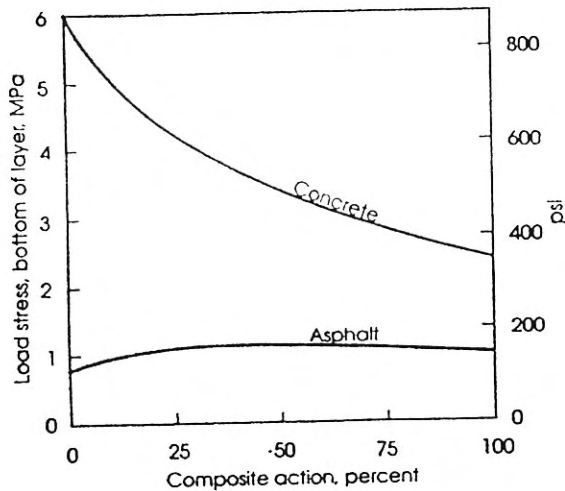
Derajat komposit dari penampang perkerasan antara lapisan aspal dan beton, mempunyai pengaruh yang besar terhadap perhitungan tegangan seperti terlihat pada Gambar 2.

Tegangan pada LBST (UTW) juga termasuk pengaruh dari ukuran pelat atau jarak sambungan. Sebagi mana terlihat pada Gambar 3, disana ada pengurangan yang berarti pada besarnya tegangan ketika ukuran pelat berkurang. Begitu juga untuk tegangan lenting yang terjadi akibat perbedaan temperatur dan kadar air pada pelat beton sebagai mana terlihat pada Gambar 4.

Meskipun tegangan turun sejalan dengan ukuran pelat, namun lendutan perkerasan bisa naik. Dengan ukuran pelat yang pendek dan ketebalan aspal serta lapis pondasi yang kurang berarti, lendutan dan regangan vertical yang terjadi cukup besar. Hal ini bisa menjadikan deformasi permanen yang berlebihan pada lapisan pondasi setelah pengulangan beban dalam jumlah yang besar. Jadi ada jarak sambungan optimum yang memberikan tegangan yang bisa berkurang tetapi lendutanya tidak berlebihan.

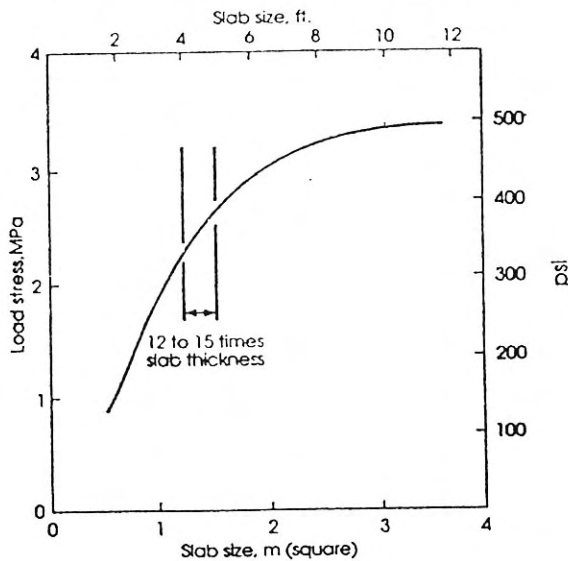
Gambar 2.
PENGARUH SIFAT KOMPOSIT PADA TEGANGAN
DALAM LAPISAN BETON DAN ASPAL.

Beban tepi 9 kips, tebal beton 10 cm di atas aspal dengan tebal 10 cm dengan $k = 27 \text{ MPa}$.



Gambar 3.
PENGARUH UKURAN PELAT PADA TEGANGAN.

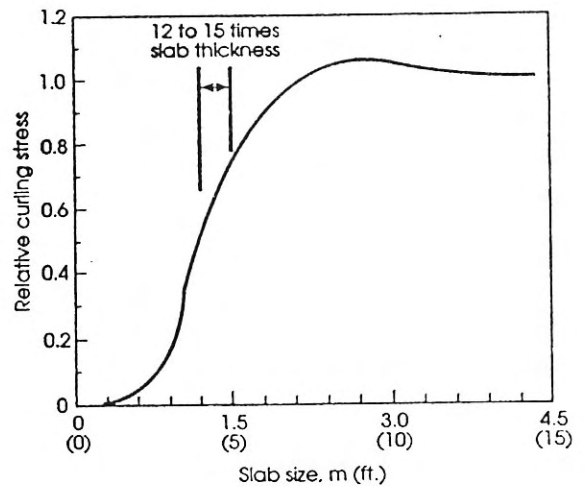
Beban tepi 9 kips, tebal beton 10 cm diatas aspal dengan tebal 10 cm dengan $k = 27 \text{ MPa}$



Gambar 1 sampai Gambar 4 menunjukkan bahwa LBST (UTW) mempunyai sifat mekanistik yang unik. Keuntungan dari sifat komposit dan jarak sambungan yang lebih pendek dari ukuran normal membantu menjelaskan kinerja yang ada dari perkerasan LBST (UTW) yang tidak bisa diprediksi dengan analisa perencanaan konvensional.

Pengertian lapis beton sangat tipis (LBST) atau (UTW) telah disamakan dengan pelapisan ulang beton dengan tebal 10 cm atau kurang. Akan tetapi, definisi ini hanya berdasarkan sebutan saja, sebab keuntungan yang sama juga akan didapat untuk pelapisan beton diatas aspal dengan tebal yang lebih besar yang dilaksanakan dengan menggunakan bahan dan metoda seperti diuraikan diatas.

Gambar 4.
PENGARUH UKURAN PELAT PADA TEGANGAN
LENTING. BETON 10 cm DI ATAS LAPIS ASPAL 10 cm
DENGAN $k = 27 \text{ MPa}$



III. KEMAMPUAN MEMIKUL BEBAN DAN MASA PELAYANAN

Konsep perencanaan tebal untuk LBST (UTW) berbeda dari konsep perencanaan tradisional untuk perkerasan beton lainya. LBST (UTW) sangat sesuai untuk strategi pemeliharaan, yang dibatasi oleh faktor faktor geometrik perkerasan lama, dan kurang sesuai untuk perencanaan dengan masa pelayanan tertentu, misalnya 20 atau 30 tahun.

Faktor faktor geometrik perkerasan lama yang menjadi batasan penentuan ketebalan LBST (UTW) ialah : ketinggian dari lajur perkerasan yang berdampingan atau kurb dan gutter, ketebalan dari perkerasan aspal dan kedalaman dari garukan (milling). Sehingga perencanaan LBST (UTW) lebih bersifat merupakan proses evaluasi dari pada suatu proses perencanaan tebal lapisan. Dua faktor penting yang terlibat dalam penentuan evaluasi ini ialah:

- Kemampuan memikul beban, dan
- Masa pelayanan yang dihasilkan

Evaluasi kemampuan memikul beban, berupa tabel yang didasarkan analisa mekanistik yang komperhensif untuk LBST (UTW) dan korelasi terhadap kinerja yang telah didapat. Variabel yang bervariasi pada tabel tersebut adalah ketebalan lapis beton (h_1), ketebalan lapisan beraspal (h_2), jarak sambungan, kuat lentur rencana beton dan modulus reaksi tanah dasar dengan lapis pondasi (k).

Tabel 1 dan Tabel 2 seperti yang disajikan dibawah ini, bisa dipergunakan sebagai pedoman untuk evaluasi kemampuan jalan maupun tempat parkir yang menyatakan jumlah truk per lajur yang dapat dipikul dalam ribuan (total selama masa pelayanan) dari suatu analisa LBST (UTW) tertentu, yang meliputi dua katagori beban sumbu maksimum dan distribusi beban sumbu sebagai mana terlihat pada Tabel 3.

Tabel 1a
JUMLAH TRUK YANG DIJINKAN PER LAJUR (DALAM RIBUAN)
KATAGORI BEBAN SUMBU A ; k = 27 MPa

Kuat lentur rata rata MPa	Tebal aspal; h ₂ (cm)	h ₁ ; tebal LBST (UTW)					
		5 cm		7,5 cm		10 cm	
		Jarak sambungan					
		0,9 m	0,6 m	1,2 m	0,9 m	1,8 m	1,2 m
4,8	7,5	6	60	40	104	137	303
4,8	10	56	156	125	234	294	546
4,8	12,5	169	375	314	507	593	996
4,8	15 atau lebih	433	850	726	1083	1227	1919
5,5	7,5	24	77	90	158	273	458
5,5	10	81	193	201	321	478	825
5,5	12,5	213	422	428	625	858	1290
5,5	15 atau lebih	514	937	917	1282	1628	2360

Tabel 1b.
JUMLAH TRUK YANG DIJINKAN PER LAJUR (DALAM RIBUAN)
KATAGORI BEBAN SUMBU A ; k = 54 MPa

Kuat lentur rata rata MPa	Tebal aspal; h ₂ (cm)	h ₁ ; tebal LBST (UTW)					
		5 cm		7,5 cm		10 cm	
		Jarak sambungan					
		0,9 m	0,6 m	1,2 m	0,9 m	1,8 m	1,2 m
4,8	7,5	30	163	117	258	331	640
4,8	10	140	385	310	519	606	1045
4,8	12,5	384	842	664	1008	1099	1755
4,8	15 atau lebih	894	1722	1349	1952	2016	3062
5,5	7,5	70	208	221	374	577	915
5,5	10	201	484	436	715	912	1606
5,5	12,5	480	938	840	1222	1487	2190
5,5	15 atau lebih	1044	1884	1606	2265	2543	3658

Tabel 2a.
JUMLAH TRUK YANG DIJINKAN PER LAJUR (DALAM RIBUAN)
KATAGORI BEBAN SUMBU B ; k = 27 MPa

Kuat lentur rata rata MPa	Tebal aspal; h ₂ (cm)	h ₁ ; tebal LBST (UTW)					
		5 cm		7,5 cm		10 cm	
		Jarak sambungan					
		0,9 m	0,6 m	1,2 m	0,9 m	1,8 m	1,2 m
4,8	7,5	TD	29	1	38	8	136
4,8	10	15	90	43	122	98	299
4,8	12,5	90	228	167	301	273	593
4,8	15 atau lebih	259	528	428	671	639	1177
5,5	7,5	2	43	31	84	106	268
5,5	10	39	110	98	188	238	471
5,5	12,5	129	264	252	406	501	845
5,5	15 atau lebih	328	596	575	832	1006	1558

TD = Tidak Disarankan

Tabel 2b.
JUMLAH TRUK YANG DIJINKAN PER LAJUR (DALAM RIBUAN)
KATAGORI BEBAN SUMBU B; k = 54 MPa

Kuat lentur rata rata MPa	Tebal aspal: h ₂ (cm)	h ₁ ; tebal LBST (UTW)					
		5 cm		7,5 cm		10 cm	
		Jarak sambungan					
		0,9 m	0,6 m	1,2 m	0,9 m	1,8 m	1,2 m
4,8	7,5	TD	75	6	102	56	298
4,8	10	55	216	110	284	230	578
4,8	12,5	197	497	331	620	553	1076
4,8	15 atau lebih	511	1052	771	1221	1148	1915
5,5	7,5	9	111	79	197	266	551
5,5	10	101	261	221	398	502	875
5,5	12,5	277	573	495	778	922	1460
5,5	15 atau lebih	638	1178	1002	1481	1583	2418

TD = Tidak Disarankan

Beban sumbu maksimum untuk katagori beban A dan B

Tabel	Katagori beban sumbu	Beban Sumbu Maksimum (kips)	
		Sumbu tunggal	Sumbu tandem
1 a - 1 b	A	18	36
2 a - 2 b	B	26	44

Tabel 3.
DISTRIBUSI BEBAN SUMBU YANG DIGUNAKAN UNTUK
PEMBUATAN PERENCANAAN TABLE 1 A- 1 B, 2 A- 2 B

Beban Sumbu (kips)	Sumbu per 1000 truk	
	Katagori A	Katagori B
Sumbu Tunggal		
4	846,15	
6	369,97	
8	283,13	233,60
10	257,60	142,70
12	103,40	116,76
14	39,07	47,76
16	20,87	23,88
18	11,57	16,61
20		6,63
22		2,60
24		1,60
26		0,07
Sumbu tandem		
4	15,12	
8	39,21	47,01
12	48,34	91,15
16	72,69	59,25
20	64,33	45,00
24	42,24	30,74
28	38,55	44,43
32	27,82	54,76
36	14,22	38,79
40		7,76
44		1,16

Kategori beban sumbu A digunakan untuk meng evaluasi kemampuan memikul beban dari perkerasan dengan volume truk yang rendah, sedangkan kategori B ialah untuk perkerasan dengan volume truk nya yang menengah.

IV. PERENCANAAN SAMBUNGAN

Jarak sambungan yang pendek adalah merupakan hal penting bagi kinerja yang baik dari proyek LBST (UTW). Dengan jarak sambungan yang pendek, perilaku perkerasan seperti perkerasan dengan sistim blok, sehingga mengurangi tegangan lenting dan tegangan lentur akibat beban. Berdasarkan pengalaman akhir akhir ini disarankan jarak sambungan sekitar 12 sampai 15 kali ketebalan pelat. Sebagai contoh, untuk tebal pelat 5 cm jarak sambungan yang disarankan ialah antara 0,6 sampai 0,9 m; untuk tebal pelat 7,5 cm jarak sambungan 0,9 sampai 1,2 m; sedang untuk tebal pelat 10 cm jarak sambungan 1,2 sampai 1,8 m.

Seperti terlihat pada Gambar 3 dan 4, tegangan berkurang 25 sampai 50 persen pada jarak sambungan seperti yang direkomendasikan diatas.

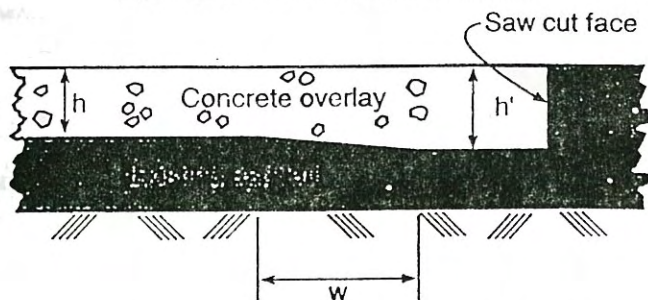
Pemasangan ruji (dowel), batang pengikat (tiebars), atau lidah-alur (key ways) pada perkerasan dengan tebal 10 cm atau lebih kecil adalah tidak praktis. Penyaluran beban didapat dari saling kunci agregat, yang diperkuat dengan jarak sambungan yang pendek dan daya dukung dari perkerasan lama. Dibandingkan dengan perkerasan konvensional, penyalur beban tidak begitu kritis bagi pelapisan ulang dengan beton dikarenakan perkerasan lama memberikan daya dukung yang sangat berarti untuk sambungan.

Pada LBST (UTW), penambahan ketebalan beton diperlukan pada peralihan ke jalan aspal. Bentuk dan ukuran peralihan yang disarankan diperlihatkan pada Gambar 5 untuk bagian melintang perkerasan, pada bagian akhir dari pelapisan ulang.

Bentuk dan ukuran yang sama digunakan pada tepi memanjang bagian luar jika lalu lintas akan sering melintas dari pelapisan beton ke perkerasan aspal disebelahnya.

Kedalaman sambungan pada pelat peralihan hendaknya tidak kurang dari satu per tiga ketebalan pelat.

Gambar 5.
PERALIHAN DARI LBST (UTW) KE PERKERASAN ASPAL YANG BERSEBELAHAN.



w = approx. 2 m (6 ft), extend over several slabs if necessary
h' = h + 75 mm (3 in.), minimum of 150 mm (6 in.)

V. BAHAN CAMPURAN BETON

Campuran beton untuk suatu proyek LBST (UTW) seringkali dipilih berdasarkan tuntutan untuk pembukaan lalu lintas. Pada LBST (UTW) ukuran maksimum agregat lebih kecil dibandingkan dengan perkerasan beton konvensional, disebabkan karena ketebalan LBST (UTW) yang lebih tipis. Perencanaan campuran sebagaimana perencanaan campuran yang normal termasuk semen, agregat kasar dan halus, bahan tambah (water reducers atau plasticizers), serat dan perbandingan air terhadap semen yang rendah. Bila serat dipergunakan pada campuran LBST (UTW), jumlah serat biasanya sesuai dengan type serat yang dipakai. Pada beberapa proyek, jumlah serat yang lebih tinggi dari normal biasanya juga dipergunakan.

Beton yang digunakan untuk LBST (UTW) umumnya beton dengan kadar semen yang tinggi atau campuran dengan kuat awal yang tinggi. Penyesuaian lainnya dalam campuran biasanya dilakukan untuk menghasilkan kuat tekan paling sedikit 20,0 MPa (3000 psi) pada umur 24 jam.

Jika kuat uji tekan dipergunakan untuk mengevaluasi kualitas beton, hubungan antara kuat lentur dan kuat tekan harus dicari guna perencanaan campuran dan penentuan dalam evaluasi daya dukung perkerasan beton itu sendiri.

Suatu pendekatan hubungan antara kuat lentur dan kuat tekan adalah:

$$MR = K \sqrt{f(c)}$$

dimana :

MR = Kuat lentur, (dalam MPa), dari pembebanan tiga titik

K = konstanta, biasanya antara 0,7 (untuk agregat bulat) dan 0,8 (untuk batu pecah)

f (c) = kuat tekan, (dalam MPa)

VI. EVALUASI KEMAMPUAN MEMIKUL BEBAN DARI SUATU PERKERASAN ASPAL YANG DILAPIS ULANG DENGAN LBST (UTW) :

Kondisi perkerasan aspal lama :

Modulus reaksi tanah dasar/lapis pondasi k=27 MPa/m
Tebal lapisan beraspal = 10 cm

Kekuatan beton, tebal lapis tambahan dan jarak sambungan :

Kuat lentur (flexural strength) beton = 4,8 MPa

Tebal lapis beton LBST (UTW) = 7,5 cm

Jarak sambungan = 1,2 m

Karakteristik lalu lintas :

Volume truk 40 kendaraan perhari

Kategori beban sumbu A

Dari Tabel 1 a, untuk nilai variable seperti diatas didapat kemampuan pelayanan = 125.000 truk. Perkiraan masa pelayanan dari jalan yang melayani 40 truk per hari per lajur adalah $=125.000 / (40 \times 365) = 8,6$ tahun.

Daftar Bacaan

1. American Concrete Pavement Association, "Whitetopping – State of The Practice".
2. Bryan Perrie, "Low Volume Concrete Road", Cement and Concrete Institute, Midrand, South Africa.
3. Canadian Portland Cement Association, "Thickness design for Concrete Highway and Street Pavements".
4. Departemen Pekerjaan Umum, "Pedoman Perencanaan Perkerasan Kaku (Beton Semen)".
5. Departemen Pekerjaan Umum, "Petunjuk Pelaksanaan Perkerasan Kaku (Beton Semen)".
6. Jose T. Balbo & Marcos P. Rodolfo., "Concrete requirements for ultra thin concrete overlays (whitetopping) for flexible pavements", Escola Politecnica – Universidade de Sao Paulo.

Penulis :

Furqon Affandi, Peneliti pada, Pusat Penelitian dan Pengembangan Prasarana Transportasi Balitbang Kimpraswil.



PENGARUH BITUMEN ASBUTON TERHADAP KARAKTERISTIK ASPAL KERAS PEN 60/70

Nono

RINGKASAN

Asbuton (Aspal Batu Buton) dengan deposit tidak kurang dari 300,000,000 ton merupakan aset nasional Indonesia. Namun pemanfaatan asbuton pada konstruksi jalan masih memiliki beberapa kendala misalnya kinerja yang rendah atau bahkan kegagalan konstruksi. Masalah ini terjadi karena beberapa hal yaitu kualitas asbuton yang tidak seragam, ukuran butir yang besar, kadar air yang tinggi dan penggunaan teknologi yang kurang tepat. Untuk mengatasi masalah diatas, makalah ini mencoba untuk membahas pengaruh Bitumen Asbuton (B-Asb) terhadap karakteristik Aspal Keras Pen 60/70 (AC 60/70). Dari hasil penelitian dapat diperoleh hubungan antara penetrasi dengan perbandingan berat aspal pen 60/70 dan berat bitumen asbuton sebagai berikut
 $Penetrasi = 14,401 (AC\ 60/70 : B-Asb)^{0,4207}$
sedangkan korelasi antara titik lembek dengan perbandingan berat aspal pen 60/70 dan berat bitumen asbuton sebagai berikut
 $Titik\ Lembek = 70,304 (AC\ 60/70 : B-Asb)^{-0,0903}$
Dari kedua persamaan di atas perbandingan campuran antara AC 60/70 dengan Bitumen Asbuton (B-Asb) yang masih memenuhi persyaratan aspal pen 40/50 adalah sekitar 12 : 1.

SUMMARY

Asbuton (Asphalt Rock of Buton Island), with the deposit not less than 300,000,000 ton, is a national asset of Indonesia. However the use of asbuton in road construction has some problem such as low performance of pavement or even failure. Usually these problems occur because the quality of asbuton is not uniform, oversize of asbuton, high water content and improperly use of technology. To cope with the above problems, this paper discusses the affect of Bitumen Asbuton on Characteristic of Asphalt Cement Pen 60/70. Base on research the correlation between penetration and the division of Asphalt pen 60/70 weight to one part of bitumen asbuton weight is as follow:
 $Penetration = 14.401 (AC\ 60/70 : B-Asb)^{0.4207}$
while the correlation between softening point and the division of Asphalt pen 60/70 weight to one part of bitumen asbuton weight is as follow:
 $Softening\ Point = 70.304 (AC\ 60/70 : B-Asb)^{-0.0903}$
Base on the above equation the maximum composition between AC 60/70 and Bbitumen Asbuton (B Asb) that still conform to Asphalt Pen 40/50 Specification is around 12 : 1.

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kebutuhan aspal di Indonesia, baik untuk pembuatan jalan baru maupun untuk pemeliharaan serta peningkatan (overlay) tiap tahunnya kurang lebih 1 juta ton, dimana untuk memenuhi kebutuhan aspal tersebut PT. Pertamina belum mampu meningkatkan produksinya sehingga sampai saat ini setengah dari jumlah kebutuhan tersebut harus mengimport dari luar negeri. Padahal sebagaimana diketahui negara kita memiliki aset aspal alam yang depositnya cukup banyak dan diperkirakan tidak kurang dari 300 juta ton. Aspal alam yang dimiliki negara kita ini adalah asbuton, yang mana ditinjau dari jumlah kandungan aspalnya dan kekerasannya asbuton ini terdiri dari dua tipe, yakni Asbuton Kabungka dan Asbuton Lawele.

Pemanfaatan penggunaan asbuton untuk bahan jalan sampai saat ini belum optimal, kendalanya antara lain mutu asbuton yang tidak seragam, ukuran butir besar-besarnya, kandungan air yang tinggi (> 2%) dan teknologi penerapannya kurang tepat.

Untuk mengatasi permasalahan di atas, penulis mencoba melakukan penelitian pemanfaatan asbuton sebagai bahan baku untuk pembuatan aspal, yakni melalui penelitian pengaruh penambahan Bitumen Asbuton (B-Asb) terhadap karakteristik Aspal Keras Pen 60/70 (AC 60/70).

1.2. Pembatasan Masalah

Pada pelaksanaan penelitian ini Asbuton yang digunakan adalah Asbuton yang ada di Pusat Litbang Prasarana Transportasi. Yaitu asbuton Kabungka dengan kandungan bitumen $\pm 20\%$ (B 20).

1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui sifat kimia dan fisik Peremaja dan Bitumen Asbuton (B-ASB) serta campuran antara Bitumen Asbuton dengan Aspal Keras Pen 60/70. Namun campuran tersebut masih memenuhi persyaratan Aspal Keras Pen 40/50 (AC 40/50).

II. KAJIAN PUSTAKA

2.1. Aspal Keras

Aspal keras terdiri atas molekul-molekul hidrokarbon yang sangat kompleks dan berwarna hitam. Sedangkan sebagian kecil diantaranya mengandung sulfur, oksigen dan nitrogen. Sedangkan berdasarkan analisa elemen aspal mengandung Carbon 82-88%, Hidrogen 8-11%, Sulfur 0-6%, Oksigen 0-1,5% dan Nitrogen 0-1% (McElvaney, 86).

Berdasarkan Shell Bitumen (1995) menyatakan bahwa aspal yang ideal memiliki Asphaltene antara 15-25%. Kandungan asphaltene mempunyai pengaruh sangat besar terhadap karakteristik rheologi aspal, di mana bila aspal mengandung asphaltene makin tinggi maka

akan menghasilkan aspal yang makin keras. Sejalan dengan kekerasan dari pada aspal maka penetrasi pun akan rendah dan titik lembek makin tinggi. Sedangkan menurut Yeaman and Lee (1979) menyebutkan bahwa aspal yang ideal memiliki Parameter Maltene antara 0,4-1,2. Parameter Maltene = $(PC+A1)/(A2+P)$, dimana :

- PC = Polar Compounds
- A1 = First Acidaffins
- A2 = Second Acidaffins
- S = Saturates

Makin rendah nilai Parameter Maltene (0,4) maka aspal ini mempunyai tingkat keawetan yang tinggi.

2.2. Asbuton

Aspal Buton adalah aspal yang terbentuk secara alami yang terdiri atas bitumen dan mineral agregat. Berdasarkan bentuk depositnya aspal alam dapat dikelompokkan sebagai aspal danau (lake asphalt) yang berada di Lawele dan aspal batu (rock asphalt) yang berada di Kabungka dan sekitarnya.

Asbuton mempunyai kandungan bitumen (aspal) bervariasi antara 10% - 30% dengan batuan induk batu kapur (KIMPRASWIL, 1999). Dengan tingginya variasi kandungan bitumen maka dalam pelaksanaan perencanaan pembuatan rancangan campuran harus dilakukan pengujian di laboratorium. Hal ini penting untuk mempertimbangkan campuran bitumen asbuton dengan Aspal Minyak Pen 60/70 memenuhi persyaratan Aspal Pen 40/50.

2.3. Spesifikasi Yang Diacu

Untuk melihat kesesuaian sifat-sifat campuran yang diuji dengan persyaratan atau spesifikasi aspal keras, dalam pengkajian ini digunakan acuan persyaratan aspal keras sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1.
PERSYARATAN FISIK ASPAL KERAS

JENIS PENGUJIAN	SA-TUAN	PERSYARATAN ASPAL KERAS	
		PEN 40 *	PEN 60 **
• Penetrasi	0,1 mm	40 – 59	60-79
• Titik lembek	$^{\circ}\text{C}$	51 – 63	48-58
• Daktilitas	cm	min. 100	min. 100
• Kelarutan dlm C_2HCl_3	%	min. 99	min. 99
• Titik nyala	$^{\circ}\text{C}$	min. 200	min. 200
• Kehilangan berat	%	maks 0,8	maks. 0,8
• Penetrasi stlh keh. brt.	%	min. 58	min. 54
• Daktilitas stlh keh. brt.	Cm	-	min. 50
• Berat Jenis	gr/cm^3	min. 1,0	min. 1,0

Catatan :

* KPTS II/3/1973 = Keputusan Direktur Lembaga Masalah Jalan

** SNI 1737-1989-F

Dalam menganalisis formula komposisi bahan-bahan tersebut mengacu terhadap persyaratan sifat fisik Aspal Keras juga mempertimbangkan sifat kimia, yaitu, Asphaltene, Parameter Maltene dan Kadar Parafin Lilin sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2.
SIFAT KIMIA ASPAL KERAS YANG DIPANDANG BAIK

No.	Jenis Pengujian	Acuan Referensi	Persyaratan	Satuan
1.	Kadar Asphaltene	Shell Bitumen Hand Book 1995	5 - 25	%
2.	Parameter Maltene	Yeamen : Management Asphalt Hand Book	0,4 - 1,2	-
3.	Kadar Parafin Lilin	KPTS II/3/1973	< 2	%

2.4. Hipotesa

Penambahan Bitumen Asbuton terhadap Aspal Keras Pen 60/70 diperkirakan akan menurunkan nilai penetrasi dan menaikkan titik lembek aspal minyak.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Umum

Kegiatan pengkajian ini dilakukan di laboratorium meliputi pengujian sifat fisik dan kimia pelunak, bitumen asbuton dan campuran dari ke dua bahan tersebut yang sifat fisiknya memenuhi atau setara aspal keras.

Dalam rangka pengkajian di atas, lingkup atau jenis pengujian yang dilakukan terhadap masing-masing campuran ditunjukkan pada Tabel 3. Di samping itu, pada Tabel 3 ditunjukkan pula prosedur pengujian yang diacu dalam pengkajian tersebut.

Tabel 3.
LINGKUP DAN PROSEDUR PENGUJIAN

JENIS PENGUJIAN	PROSEDUR PENGUJIAN	CAMPURAN AC60/70 + B-ASB SETARA AC 40/50
1. Kadar Asphaltene	ASTM D 2006-70	✓
2. Parameter Maltene	ASTM D 2006-70	✓
3. Kadar Parafin	SNI 03-3639-94	✓
4. Penetrasi	SNI 06-2456-91	✓
5. Titik Lembek	SNI 06-2434-91	✓
6. Daktilitas	SNI 06-2432-91	✓
7. Titik Nyala	SNI 06-2433-91	✓
8. Berat Jenis	SNI 06-2488-91	✓
9. Kelarutan dlm C ₂ HCl ₃	SNI 06-2438-91	✓
10. Kelekatan	SNI 06-2439-91	✓
11. Rotational Viscometer	AASHTO TP5	✓
12. Kehilangan berat (TFOT)	ASTM D 2872-88	✓
13. Penetrasi set. Keh. berat	SNI 06-2456-91	✓
14. Daktilitas set. keh. berat	SNI 06-2434-91	✓
15. Titik Lembek set. keh. Berat	SNI 06-2432-91	✓

3.2. Tahapan Penelitian

Dalam rangka mencapai tujuan penelitian yang telah disebutkan terdahulu adalah mencari komposisi atau perbandingan antara Bitumen Asbuton dengan Aspal Keras Pen 60/70 ditinjau dari nilai Penetrasi dan Titik Lembek sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.

Tahapan kegiatan selanjutnya adalah menentukan komposisi rencana, yaitu komposisi yang memiliki nilai penetrasi tengah dari persyaratan Aspal Keras Pen 40/50. Adapun langkah-langkah pengujian yang dilakukan adalah :

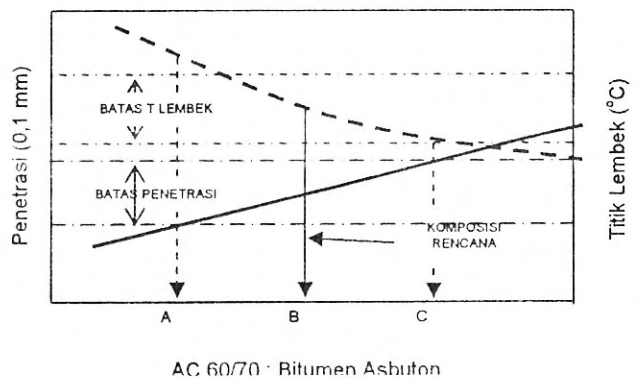
- Mengekstraksi Asbuton
- Melakukan pengujian sifat fisik dan kimia Aspal Keras Pen 60/70 dan Bitumen Asbuton
- Menyiapkan campuran dengan beberapa variasi komposisi.
- Melakukan pencampuran dengan alat mixer elektrik dan lama waktu pencampuran 10 menit pada temperatur 140°C.
- Melakukan pengujian penetrasi, titik lembek dan daktilitas campuran.
- Membuat hubungan antara komposisi campuran dengan penetrasi dan titik lembek.
- Menentukan komposisi campuran berdasarkan penetrasi dan titik lembek yang sesuai dengan persyaratan Aspal Keras Pen 40/50.

Setelah komposisi campuran untuk masing-masing kelas aspal minyak campuran diperoleh, langkah selanjutnya adalah:

- Membuat campuran.
- Melakukan pengujian sifat kimia dan sifat fisik.
- Membandingkan sifat fisik dengan persyaratan aspal minyak.

Bila ternyata campuran yang dibuat mempunyai sifat fisik yang tidak sesuai dengan persyaratan aspal keras, maka penelitian tahap ini dianggap selesai dan penelitian disarankan untuk dilanjutkan dengan tujuan untuk mencari bahan lain yang bisa memperbaiki sifat-sifat yang campuran yang telah ditemukan.

Gambar 1.
CONTOH PENENTUAN KOMPOSISI CAMPURAN



Keterangan :

- Grafik Titik Lembek
- Grafik Penetrasi
- A Komposisi campuran pada batas atas persyaratan penetrasi
- B Komposisi campuran pada tengah persyaratan penetrasi (komposisi rencana)
- C Komposisi campuran pada batas bawah persyaratan penetrasi

IV. HASIL PENGUJIAN

4.1. Sifat-sifat aspal keras pen 60/70 dan Bitumen Asbuton

Sesuai dengan pengujian yang telah dilakukan, sifat-sifat Aspal Keras Pen 60/70 dan Bitumen Asbuton ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5.
SIFAT-SIFAT ASPAL KERAS PEN 60/70 DAN BITUMEN ASBUTON

JENIS PENGUJIAN	HASIL PENGUJIAN	
	AC 60/70	BITUMEN ASBUTON
I. SIFAT FISIK :		
1. Penetrasi (0,1 mm)	68	5
2. Titik lembek (°C)	49	79
3. Daktilitas (cm)	> 140	0
4. Kelarutan dlm C ₂ HCl ₃ (%)	99+	99+
5. Titik nyala (°C)	328	195
6. Berat Jenis	1,03	1,09
7. Kehilangan berat (%)	0,02	0,71
8. Penetrasi stlh kehil. Brt. (%)	73,50	40
9. Titik Lembek stlh kehil. Brt. (°C)	51	102
10. Daktilitas stlh keh. brt. (cm)	>140	0
II. SIFAT KIMIA		
1. Kadar Asphaltene (%)	20	51,2
2. Parameter Maltene	1,07	2,70
3. Nitrogen (%)	28,01	30,55
4. Acidaffins 1 (%)	13,51	4,87
5. Acidaffins 2 (%)	20,19	3,69
6. Saturated (%)	18,35	9,44
7. Perbandingan N/S	1,53	3,24
8. Kadar Parafin Lilin (%)	0,45	0,29

4.2. Sifat-sifat Aspal Minyak Pen 60/70 setelah ditambah Bitumen Abuton

Sesuai dengan pengujian yang telah dilakukan, sifat-sifat Aspal Keras Pen 60/70 dengan penambahan Bitumen Asbuton ditunjukkan pada Tabel 6 dan Gambar 2.

Tabel 6.
SIFAT-SIFAT ASPAL KERAS PEN 60/70 SETELAH PENAMBAHAN BITUMEN ASBUTON

No.	Jenis Pengujian	Perbandingan AC 60/70 : Bitumen Asbuton				
		5:1	10:1	15:1	25:1	40:1
1.	Penetrasi (0,1 mm)	28	38	45	56	68
2.	Titik Lembek (°C)	61	57	55	53	48

Pada Tabel 6. Dan Gambar 2 terlihat bahwa komposisi Aspal Keras Pen 60/70 berbanding Bitumen Asbuton yang memenuhi persyaratan Aspal Keras Pen 40/50 adalah berkisar antara 12 : 1 sampai dengan 28 : 1.

Dengan menggunakan analisis regresi, hubungan antara nilai Penetrasi dan Titik Lembek dengan

komposisi campuran (dinyatakan dengan Aspal Keras Pen 60/70 berbanding Bitumen Asbuton) dapat didekati dengan persamaan sebagai berikut :

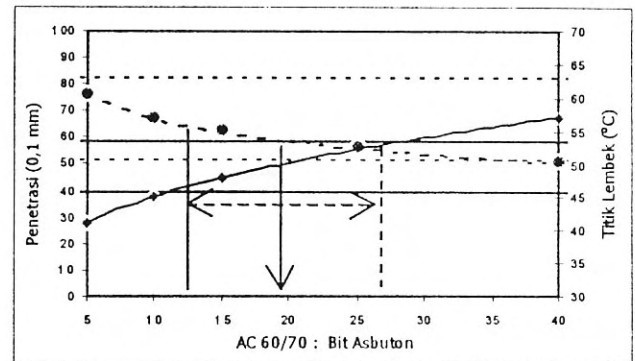
$$\text{Penetrasi} = 14,401 (\text{AC } 60/70 / \text{B-Asb})^{0,4207}$$

$$R^2 = 1$$

$$\text{Ttk Lembek} = 70,304 (\text{AC } 60/70 / \text{B-Asb})^{-0,0903}$$

$$R^2 = 0,99$$

Gambar 2.
HUBUNGAN PENETRASI DAN TITIK LEMBOK TERHADAP CAMPURAN AC 60/70 BERBANDING B-ASB



Keterangan :

----- Grafik Titik Lembek
———— Grafik Penetrasi

Untuk mengevaluasi lebih rinci karakteristik campuran Aspal Keras Pen 60/70 dengan Bitumen Asbuton ditetapkan campuran yang memiliki nilai penetrasi sesuai persyaratan Aspal Keras Pen 40/50. Berdasarkan kedua persamaan di atas dan Gambar 2 diperoleh komposisi Aspal Pen 60/70 : Bitumen Asbuton adalah sekitar 20 : 1.

Sifat-sifat Aspal Pen 60/70 berbanding Bitumen Asbuton dengan komposisi 20 : 1 ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7.
SIFAT-SIFAT ASPAL PEN 60/70 DENGAN PENAMBAHAN BITUMEN ASSBUTON (20 : 1)

JENIS PENGUJIAN	HASIL PENGUJIAN AC 60/70 : Bitumen Asbuton 20 : 1
I. SIFAT FISIK :	
1. Penetrasi (0,1 mm)	49
2. Titik lembek (°C)	51
3. Daktilitas (cm)	>140
4. Kelarutan dlm C ₂ HCl ₃ (%)	99+
5. Titik nyala (°C)	295
6. Berat Jenis	1,03
7. Kehilangan berat (%)	0,06
8. Penetrasi stlh kehil. Brt. (%)	81
9. Titik Lembek stlh kehil. Brt. (°C)	54,6
10. Daktilitas stlh keh. brt. (cm)	>140

II. SIFAT KIMIA	
1. Kadar Asphaltene (%)	21,56
2. Parameter Maltene	1,15
3. Nitrogen (%)	28,14
4. Acidaffins 1 (%)	13,10
5. Acidaffins 2 (%)	19,37
6. Saturated (%)	17,94
7. Perbandingan N/S	1,57
8. Kadar Parafin Lilin (%)	0,44

V. PEMBAHASAN

- Hasil pengujian menunjukkan bahwa Bitumen Asbuton memiliki kelebihan dan kekurangan diantaranya adalah titik lembek tinggi dan Penetrasi rendah serta tidak adanya daktilitas. Hal ini sejalan dengan hasil pengujian sifat kimia, dimana parameter maltene dan asphaltene tinggi, namun memiliki kadar paraffin rendah. Bila membandingkan terhadap spesifikasi yang diacu Bitumen Asbuton tidak termasuk kedalam salah satu kelas aspal keras.
- Sifat-sifat aspal keras Pen 60/70 sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 5, terlihat bahwa sifat-sifat aspal keras pen 60/70 memenuhi persyaratan aspal keras Pen 60/70.
- Sifat-sifat Aspal Pen 60/70 dengan penambahan bitumen asbuton ditunjukkan pada Tabel 6 dan Gambar 2, terlihat bahwa penetrasi dan titik lembek campuran aspal keras pen 60/70 berbanding Bitumen Asbuton dapat didekati dengan analisis regresi, yaitu dengan persamaan berikut :

$$\text{Penetrasi} = 14,401 (\text{AC } 60/70 / \text{B-Asb})^{0,4207},$$

$$R^2 = 1$$

$$\text{Ttk Lembek} = 70,304 (\text{AC } 60/70 / \text{B-Asb})^{-0,0903}$$

$$R^2 = 0,99$$
- Sifat-sifat campuran aspal keras 60/70 dengan bitumen asbuton dengan komposisi 20 : 1 sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 7 terlihat bahwa sifat fisik campuran tersebut memenuhi persyaratan aspal keras pen 40/50 dan sifat kimianya memenuhi sifat kimia aspal keras yang dipandang baik.

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian Aspal Keras Pen 60/70 (AC 60/70), baik sifat fisik maupun sifat kimianya memenuhi persyaratan. Karakteristik Aspal Keras Pen 60/70 setelah dicampur dengan Bitumen Asbuton (B-Asb) sesuai hipotesa mengalami perubahan. Adapun karakteristik campuran antara aspal keras pen 60/70 dengan bitumen asbuton (B-Asb) dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Karakteristik Aspal Keras Pen 60/70 setelah dicampur dengan Bitumen mengalami perubahan dan dapat didekati dengan analisis regresi, yaitu dengan persamaan berikut :

$$\text{Penetrasi} = 14,401 (\text{AC } 60/70 / \text{B-Asb})^{0,4207},$$

$$R^2 = 1$$

$$\text{Ttk Lembek} = 70,304 (\text{AC } 60/70 / \text{B-Asb})^{-0,0903},$$

$$R^2 = 0,99$$

- Komposisi campuran antara Aspal Keras Pen 60/70 dengan Bitumen Asbuton (B-Asb) yang memenuhi persyaratan Aspal Keras Pen 40/50 (berdasarkan nilai penetrasi dan titik lembek) adalah berkisar antara 12 : 1 sampai dengan 28 : 1. Dengan perkataan lain untuk suatu campuran beton aspal dengan kadar aspal 6%, maka jumlah asbuton Kabungka (B 20) yang bisa diserap paling banyak adalah 2,5%.

6.2. Saran

- Komposisi campuran antara AC 60/70 dengan B-Asb Kabungka yang memenuhi persyaratan AC 40/50, baik sifat fisik maupun sifat kimia, yaitu disaranakan 20 : 1.
- Bila porsi asbuton ingin diperbesar maka langkah yang diperlukan adalah asbuton yang digunakan asbuton Lawele atau merupakan gabungan antara asbuton Kabungka dengan asbuton Lawele karena asbuton Lawele memiliki penetrasi dan kadar aspalnya lebih tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- K A Zamhari (1998). Penelitian Berbagai Campuran Aspal Untuk Iklim Tropis Indonesia, Pusat Litbang Prasarana Transportasi, Bandung.
- Kimpraswil (1999). Peningkatan Pemanfaatan Aspal Alam Buton, Departement Permukiman dan Prasarana Wilayah, Jakarta.
- McElvaney J (1986). Properties of Road Making Materials, Program S 2 Sistem dan Teknik Jalan Raya-Institute of Teknology Bandung, Bandung.
- Shell Bitumen (1995). The Shell Bitumen Industrial Handbook, London-Guilford, Surrey.
- Tjittjik Wasiah S. (1999). Pengkajian Formula Asbuton Murni Sebagai Modifier AC 60-70 dan Profan Aspal Cilacap serta Short Residu Balikpapan, Pusat Litbang Prasarana Transportasi, Bandung.
- Yeaman, J. and I.K. Lee (1979). Pavement Managent Handbook, volume II; Pavement Maintenance and Rehabilitation Strategies. Unisearch and S.A.M.I, Sydney.

Penulis :

*Ir. Nono, MEng Sc, Stat Balai Bahan dan Perkerasan Jalan,
Pusat Litbang Prasarana Transportasi*



HUBUNGAN KECEPATAN RUANG RATA-RATA DENGAN KECEPATAN SESAAT RATA-RATA PADA JALAN INTERRUPTED FLOW

*Erwin Kusnandar
Wiryanto*

RINGKASAN

Dalam perencanaan geometrik jalan dan manajemen lalu lintas, parameter kecepatan merupakan elemen yang sangat penting dan mendasar yang digunakan dalam penetapan dimensi, bentuk, pengaturan dan juga sebagai informasi mengenai tingkat kinerja lalu lintas jalan. Ada beberapa jenis kecepatan yang biasa digunakan untuk perencanaan, seperti misalnya kecepatan ruang rata-rata atau space mean speed (SMS), dan kecepatan sesaat rata-rata atau time mean speed (TMS), dimana penggunaan masing-masing kecepatan tersebut tergantung dari tujuannya.

Proses terjadinya kecepatan kendaraan di jalan merupakan perpaduan antara bentuk geometri jalan dan persepsi pengemudi terhadap kondisi lingkungan. Kejadiannya secara empiris mempengaruhi perilaku kendaraan sewaktu melaju akan mengalami beberapa fase kecepatan yaitu fase dimana kendaraan dengan bebas bergerak menurut kecepatan yang dikehendaki pengemudi tanpa halangan dan tidak mengganggu kendaraan lain (uninterrupted-flow), fase lain dimana hambatan samping/friksi dan kendaraan lain mulai mempengaruhi (interrupted-flow).

Kecenderungan perubahan tata guna lahan yang sejalan dengan perubahan intensitas hambatan samping menyebabkan kecepatan laju kendaraan bervariasi dari satu seksi jalan ke seksi jalan lainnya. Dalam kondisi ini maka kecepatan ruang lebih mencerminkan kecepatan dari suatu ruas jalan. Permasalahan tersebut maka dalam penetapan kecepatan rencana menjadi suatu hal yang sangat penting. Perlunya model matematis hubungan antara kecepatan ruang rata-rata dengan kecepatan sesaat rata-rata sebagai bahan pertimbangan setelah jalan beroperasi.

Dark, dalam literturnya menyimpulkan bahwa secara rata-rata model hubungan matematis tersebut membentuk persamaan sebagai berikut : $SMS = 1.026 TMS - 1.889$. Hasil dari studi ini model hubungan tersebut untuk tipe jalan empat lajur dua arah terbagi (4/2-D) adalah $SMS = 0,9172 TMS + 1,9536$ dan untuk jalan tipe empat lajur dua arah tak terbagi (4/2-UD) adalah $SMS = 0,7308 TMS + 5,3608$

SUMMARY

In designing road geometric and traffic management, parameter of speed is an important element of determining the dimension, shape, type of traffic control and also as an information of traffic performance. There are several type of speed used for design, for example Space Mean Speed (SMS) and Time Mean Speed where the use of each speed depends on the objectives.

The process of forming vehicle speed on road is as an integration of road geometric and the perception of driver getting from environment condition where anything happen on the road. Emphirically it will affect the characteristic of the vehicle when it run, the vehicle will run in several type of speed phases i.e. free flow speed, where the driver will run the vehicle without any obstruction or, without any interruption by other vehicle (uninterrupted-flow), other phase is where there are some obstruction caused by side friction or by other vehicle will affect its speed (interrupted-flow).

The trend of land use changes which are similar with the changes of the intensity of side friction causes the traffic flow speed varies from one section to the other. In that condition the space mean speed will reflect the speed of a link of road. Due to that condition determining the speed design will become very important. However, a mathematical model of relationship between space mean speed with time mean speed need to be clarify.

Dark, in his literature resumes that in average, the relationship has follows the equation as follows : $SMS = 1.026 TMS - 1.889$ The result of this study for road with four lane two direction divided (4/2-D) are as follows : $SMS = 0.9172 TMS + 1.9536$, and for road with four lane two direction undivided is : $SMS = 0.7308 TMS + 5.3608$

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam perencanaan geometrik jalan dan manajemen lalu lintas dimana parameter kecepatan merupakan hal sangat penting dan mendasar, karena sekali kecepatan rencana ditetapkan maka segala konsekuensi besaran elemen geometri jalan dan fasilitas pendukung harus diikuti/mengikat. Konsekuensi dari kecepatan rencana (design speed) tinggi akan sejalan dengan besarnya biaya pembangunan yang harus dikeluarkan, biaya yang dikeluarkan seyogyanya harus sebanding dengan kinerja lalu lintas jalan yang didapat dari jalan tersebut.

Sesuai dengan peran bahwa jalan sebagai prasarana transportasi untuk mengalirkan barang dan orang yang memenuhi aspek aman, lancar dan ekonomis, dalam perkembangannya dari waktu ke waktu sejalan dengan tingkat kemajuan ekonomi masyarakat dan kemudahan dalam aksesibilitas, penggunaan lahan di sisi jalan yang cenderung merubah peruntukan lahan dari lahan rendah aktifitas ke lahan lebih beraktifitas.

Kecepatan operasional kendaraan merupakan hasil proses perpaduan antara bentuk geometri jalan dan persepsi pengemudi terhadap kondisi lingkungan dimana, ketidak seragaman tata guna lahan sisi jalan baik dalam hal luas area maupun tingkat aktifitasnya yang berdampak pada intensitas hambatan samping yang berbeda pula (MKJI-1997, Ditjen Bina Marga). Kondisi tersebut akan membuat kecepatan operasional kendaraan berfluktuasi dari seksi jalan ke seksi jalan berikutnya.

Permasalahan yang diuraikan tersebut di atas menjadikan kecepatan rencana suatu hal yang sangat penting diperhatikan dalam penetapan, untuk itu maka penetapan kecepatan rencana merupakan langkah kebijakan (policy) yang dalam penetapannya perlu mempertimbangkan berbagai faktor. Sebagai bahan pertimbangan dalam penetapan besaran kecepatan rencana, perlunya mempertimbangkan faktor kecepatan kendaraan yang bisa dikembangkan pengemudi setelah jalan operasional (tata guna lahan berubah). Ada dua jenis kecepatan yang biasa digunakan dalam parameter perencanaan jalan, yaitu kecepatan ruang/space mean speed (SMS), dan kecepatan sesaat/time mean speed (TMS), untuk itu parameter kecepatan yang mana yang bisa digunakan yang tentunya tergantung dari tujuan kajiannya.

Kejadian secara empiris bahwa perilaku kendaraan sewaktu melaju akan mengalami beberapa fase kecepatan yaitu fase dimana kendaraan dengan bebas bergerak menurut kecepatan yang dikehendaki pengemudi tanpa halangan dan tidak terganggu kendaraan lain (uninterrupted-flow), fase lain dimana

hambatan samping/friksi dan kendaraan lain mulai mempengaruhi (interrupted-flow).

Dengan melihat kecenderungan kecepatan kendaraan akan berfluktuasi maka, untuk bisa mewakili kecepatan kendaraan pada suatu panjang ruas jalan tertentu, kecepatan ruang lebih bisa mencerminkan dari pada kecepatan sesaat.

Dari persoalan yang diuraikan tersebut di atas mengindikasikan bahwa kecepatan operasional kendaraan akan berfluktuasi seiring dengan perubahan aktifitas tata guna lahan sisi jalan. Perlu adanya suatu model hubungan matematis antara kecepatan operasional kendaraan dengan jenis aktifitas guna lahan, dalam kesempatan tulisan ini sebagai langkah awal kajian untuk menuju suatu model tersebut di atas dimana, baru meninjau hubungan matematis antara kecepatan ruang rata-rata/space mean speed (SMS) dengan kecepatan sesaat rata-rata/time mean speed (TMS) melalui hubungan korelasi. Dengan harapan dari model hubungan matematis tersebut bisa digunakan paling tidak untuk mengetahui kecepatan ruang melalui kecepatan sesaat atau sebaliknya, seperti kita ketahui kendala pengukuran kecepatan sesaat jauh lebih mudah dari pada pengukuran kecepatan ruang.

Model matematis hubungan kecepatan tersebut mengambil kasus dari jalan bertipe empat lajur dua arah terbagi (4/2D) dan empat lajur dua arah takterbagi (4/2UD), hal tersebut diambil sehubungan dengan banyaknya jaringan jalan yang ada sekarang di perkotaan lebih berarah menggunakan tipe jalan seperti tersebut di atas.

Banyak faktor variabel pembentuk yang bisa mempengaruhi kecepatan kendaraan di jalan, untuk itu dalam kajian ini dengan pertimbangan penyederhanaan dan kemudahan dalam pengaplikasian di lapangan, maka dalam mengambil lokasi pengkajian dengan kriteria kondisi variabel pembentuk kecepatan masuk dalam koridor relatif sama seperti tipe jalan, lebar jalan, lingkungan jalan (hambatan samping sedang) dan rasio volume per kapasitas berkisar 0,6 s/d 0,8.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Ukuran kuantitas yang menjelaskan kondisi operasional dari prasarana jalan dan lalu lintas biasa disebut dengan kinerja lalu lintas jalan. Elemen kinerja jalan diantaranya, kapasitas, volume lalu lintas, derajat kejenuhan, kecepatan, waktu tempuh dll. Beberapa landasan teori yang berkaitan dengan kinerja lalu lintas jalan khususnya yang berkaitan dengan kecepatan kendaraan diantaranya ;

Kecepatan Kendaraan, didefinisikan sebagai ukuran pergerakan dalam jarak per unit waktu, kecepatan berbanding terbalik dengan waktu yang diperlukan oleh kendaraan untuk menempuh suatu jarak tertentu. Kejadian secara empiris di jalan bahwa perilaku kendaraan saat melaju akan mengalami beberapa fase, yaitu fase dimana kendaraan dengan bebas bergerak menurut kecepatan yang dikehendaki oleh pengemudi tanpa halangan dan tidak terganggu kendaraan lain (uninterrupted-flow), fase lain dimana hambatan samping dan kendaraan lain mulai mempengaruhi (interrupted-flow). Kondisi uninterrupted flow saat ini sudah jarang bisa ditemui di jalan, mungkin masih bisa ditemui pada waktu-waktu tertentu di jalan tol.

Jenis kecepatan kendaraan yang sering digunakan dalam perencanaan dan pengaturan lalu lintas di jalan adalah :

- Kecepatan sesaat (spot speed), adalah kecepatan kendaraan pada suatu saat diukur dari suatu tempat yang ditentukan.
- Kecepatan ruang, adalah kecepatan kendaraan yang melewati suatu panjang jalan selama waktu tertentu.
- Kecepatan rata-rata, dalam suatu aliran lalu lintas setiap kendaraan bergerak dengan kecepatan yang berbeda-beda yang terdistribusi, suatu nilai rata-rata digunakan untuk menggambarkan aliran lalu lintas secara keseluruhan, yaitu kecepatan sesaat rata-rata (time mean speed) dan kecepatan ruang rata-rata (space mean speed).

Pada pokoknya, kecepatan sesaat adalah suatu pengukuran titik, sementara kecepatan ruang adalah pengukuran yang berkaitan dengan panjang dari suatu jalan. Hubungan kecepatan sesaat rata-rata (TMS) dan kecepatan ruang rata-rata (SMS) dapat dinyatakan sebagai berikut ;

$$TMS = SMS + \frac{\sigma^2}{SMS}$$

Persamaan di atas menunjukkan bahwa kecepatan sesaat rata-rata akan lebih besar dari pada kecepatan ruang rata-rata. SMS lebih dipengaruhi oleh bentuk geometrik jalan dan lingkungannya.

Suatu analisis regresi yang dilakukan oleh Drake mendapatkan model hubungan matematis antara kecepatan sesaat rata-rata dengan kecepatan ruang rata-rata menghasilkan persamaan seperti tersebut di bawah ini,

$$SMS = -1.88960 + 1.02619xTMS$$

Data kecepatan kendaraan mempunyai banyak aplikasi diantaranya ;

- Untuk trends pada kecepatan operasional dari beberapa jenis kendaraan, yang didapat dari data yang dikumpulkan secara berkala pada lokasi-likasi tertentu.
- Untuk operasi lalu lintas (peraturan dan pengawasan)
- Untuk analisa kecelakaan
- Untuk perencanaan geometrik jalan.

Hambatan Samping, Pada kondisi interrupted-flow selain dari faktor lalu lintas itu sendiri yang saling berpengaruh terhadap kecepatan kendaraan, faktor lain yaitu hambatan samping, hambatan samping merupakan dampak dari intensitas kegiatan tata guna lahan dalam wujud seperti, pejalan kaki, pedagang kaki lima, turun/naik penumpang, keluar/masuk kendaraan, dan parkir).

Pengaruh hambatan samping ini, mendapat perhatian utama dalam MKJI, jika dibandingkan dengan manual dari negara barat.

Secara operasional ukuran kualitatif tingkat kinerja lalu lintas jalan biasa dilihat dari kemampuan pengemudi mengembangkan kecepatan kendaraan, apabila bisa mengembangkan kecepatannya sesuai dengan standar yang disarankan menurut fungsi jalan itu sendiri maka jalan tersebut dikatakan baik.

III. METODOLOGI

3.1 Hipotesa

Dengan berubahnya intensitas tata guna lahan sisi jalan yang bervariasi sejalan dengan intensitas hambatan samping, maka kecepatan kendaraan saat melintas di sepanjang ruas jalan akan berfluktuasi.

Dengan melihat permasalahan kecepatan kendaraan seperti itu maka, dalam studi ini, mengambil suatu hipotesa bahwa "kecepatan ruang rata-rata akan lebih kecil dari pada kecepatan sesaat rata-rata".

3.1 Lingkup Studi

Lingkup dari studi ini hanya membatasi pada persoalan karakteristik kecepatan kendaraan yang bisa dikembangkan oleh pengemudi di jalan, yang merupakan hasil perpaduan persepsi pengemudi dalam menyikapi bentuk geometrik jalan dan kondisi lingkungan/hambatan samping dan mengkondisikan faktor variabel pembentuk kecepatan lainnya pada suatu kriteria yang relatif sama. Untuk itu pemilihan lokasi ruas jalan yang diangkat sebagai sampel penelitian dengan kriteria sebagai berikut ;

- 1) Jalan berfungsi arteri/kolektor perkotaan
- 2) Tipe jalan empat lajur dua arah terbagi dan takterbagi.
- 3) Kondisi lingkungan dan aliran lalu lintas relatif sama, seperti dalam hal ;

- (1) penggunaan lahan sisi jalan
 - (2) hambatan samping sedang
 - (3) rasio volume per kapasitas 0,6 s/d 0,8
 - (4) tidak terjadi kemacetan lalu lintas yang berarti.
- 4) Pengukuran data primer, dengan latar belakang bahwa kecepatan kendaraan akan berfluktuasi sejajar dengan perubahan waktu, seperti ciri harian, jam-an, pengukuran dalam ciri jam puncak pemakaian lalu lintas biasa digunakan untuk keperluan desain, maka pengukuran data primer dilakukan pada interval waktu dari jam 06⁰⁰ sampai dengan jam 16⁰⁰. Teknis pengukuran kecepatan sesaat dan kecepatan ruang dilakukan bersamaan pada setiap interval jam, ketentuan tata cara pengukuran mengacu pada pedoman survai lalu lintas, Ditjen Bina Marga.

Lokasi penelitian dilakukan di beberapa ruas jalan di kota Bandung.

3.3 Teknik Analisa

Proses analisa diarahkan untuk pengujian hipotesa seperti yang diuraikan di atas, yang selanjutnya dirumuskan dengan analisa statistik untuk pengujian.

IV. HASIL PENELITIAN

4.1 Presentasi Data

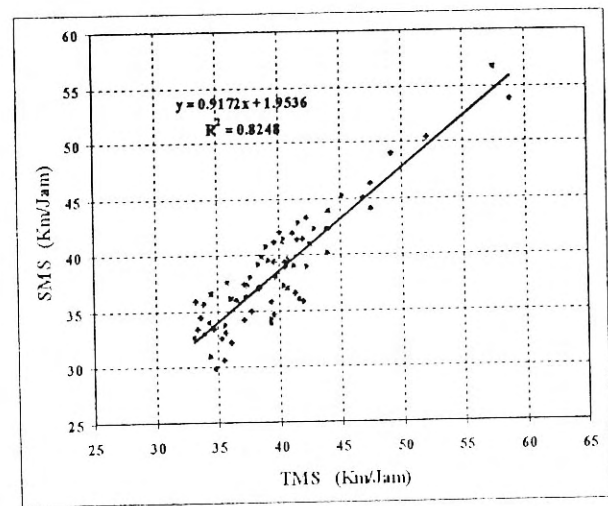
Dengan menetapkan kriteria tertentu dalam pemilihan lokasi penelitian dalam hal variabel lingkungan, geometrik jalan dan rasio volume per kapasitas, kondisi lokasi yang diangkat sebagai sampel tersebut adalah ;

- 1) Lingkungan
Secara umum dimana tata guna lahan sisi jalan baik sebelah kiri maupun kanan digunakan oleh lahan komersial yang tercampur secara acak dengan lahan permukiman, aktifitas lahan yang ditimbulkan berupa hambatan samping masuk katagori sedang (MKJI).
- 2) Kondisi Geometrik Jalan
Tipekal jalan empat lajur dua arah terbagi dan takterbagi, dengan lebar lajur rata-rata berkisar 3 s/d 3,5 meter, kondisi jalan baik.
- 3) Kondisi lalu lintas
Dengan lebar lajur seperti tersebut di atas maka kapasitas lajur 2900 smp/jam, maka derajat kejenuhan masing-masing jalur berkisar antara 0,60 s/d 0,8.
- 4) Analisa
Analisa model hubungan matematis antara kecepatan ruang rata-rata dengan kecepatan sesaat rata-rata melalui hubungan regresi korelasi dari kedua tipikal jalan dalam keadaan interrupted flow,

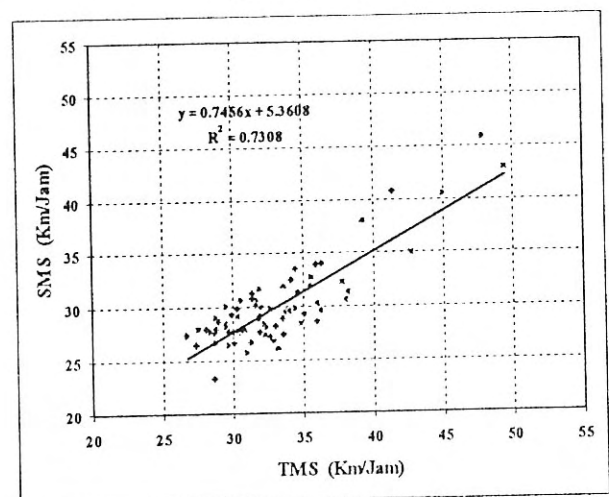
dimana data-data keseluruhan masuk katagori tebaran normal melalui dugaan θ dengan menentukan x_{50} dan $x_{84,13}$ (absis kedua titik potong dengan garis mendatar). Selisih x_{50} dan $x_{84,13}$ adalah nilai dugaan bagi $[(\mu + \theta) - \mu] = \theta$ hasil tidak jauh berbeda dari $(s^2)^{\frac{1}{2}}$.

Hasil analisa menunjukkan model hubungan sebagai berikut ;

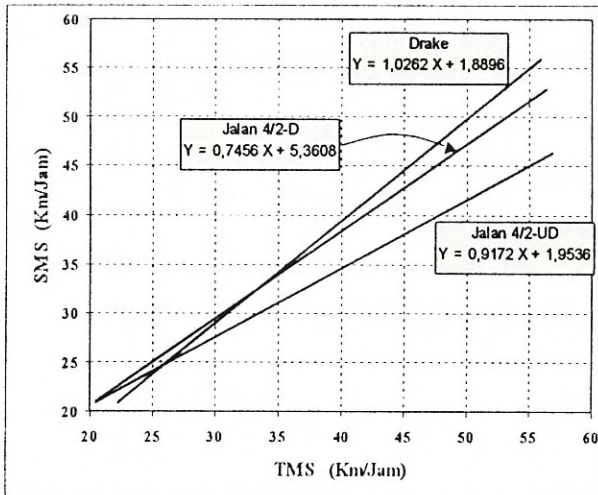
Gambar 1.
HUBUNGAN TMS Vs SMS PADA JALAN
TIPE 4/2-D



Gambar 2.
HUBUNGAN TMS Vs SMS PADA JALAN
TIPE 4/2-UD



Gambar 3.
HUBUNGAN TMS Vs SMS DALAM 3 PERSAMAAN



4.2 Pembahasan

Kedua model hubungan tersebut di atas secara statistik beberapa hal yang bisa ditunjukkan seperti diuraikan pada tabel 1. Di bawah ini.

Tabel 1.
DATA STATISTIK

Indikator	Besaran	Keterangan
Tipikal Jalan 4/2-D		
Pers. Regresi	$Y = 0,9172 X + 1,9536$	Linier
R^2	0,8248	
t	18,22	<ul style="list-style-type: none"> Melampaui kritis $H_0 : \beta_1 = 0$ ditolak Tingkat kepercayaan 95 %
F	331,79	F hitung > F tabel
Tipikal Jalan 4/2-UD		
Pers. Regresi	$Y = 0,7308 X + 5,3608$	Linier
R^2	0,7308	
t	13,51	<ul style="list-style-type: none"> Melampaui kritis $H_0 : \beta_1 = 0$ ditolak Tingkat kepercayaan 95 %
F	186,64	F hitung > F tabel

Secara visual dalam gambar dan data statistik menunjukkan beberapa hal yang bisa dibahas ;

- 1) Dengan koefisien korelasi (R^2) cukup besar, artinya fungsi Y (SMS) dijelaskan oleh prediktor cukup besar pula.
- 2) Pengembangan Kecepatan
Adanya peningkatan kecepatan dari kecepatan ruang ke kecepatan sesaat.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan uraian dari beberapa sub-Bab sebelumnya beberapa hal yang bisa ditarik suatu kesimpulan, diantaranya adalah ;

- 1) Kecepatan sesaat rata-rata lebih besar dari pada kecepatan ruang rata-rata.
- 2) Pada prinsipnya perbedaan kecepatan tersebut untuk jalan interrupted flow (perkotaan) tidak begitu signifikan.
- 3) Pengemudi dalam mengembangkan kecepatan kendaraannya akan lebih tinggi jika jalan bertipe terpisah (ada median).

5.2 Saran

Saran yang bisa dikemukakan dari hasil penelitian ini adalah ;

- 1) Perlunya pengembangan lebih lanjut dalam penelitian ini, agar model hubungan tersebut lebih bisa digunakan secara umum.
- 2) Perlu pengembangan lebih lanjut untuk mendapatkan model hubungan antara kecepatan kendaraan dengan berbagai aktifitas tata guna lahan.

DAFTAR PUSTAKA :

1. Direktorat Jenderal Bina Marga (1997), Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI).
2. Direktorat Jenderal Bina Marga (1997), Pedoman Survai Kecepatan Kendaraan.
3. Ronald E. Walpole & Raymond H. Myers (1972), Ilmu Peluang dan Statistika Untuk Insinyur dan Ilmuwan.
4. Draper and Smith (1981), "Applied Regression Analysis", John Wiley and Sons Inc.
5. Drake Et Al (1967), "Statistical Analysis of Speed Density Hypotesis" in HRR 154.
6. Walfgang S. Homburger and James H. Kell (1981), "Fundamentals of Traffic Engineering", University of California.

Penulis :

- *Ir. Erwin Kusnandar, Asisten Peneliti Madya, Bidang Teknik Lalu Lintas, Pusat Litbang Prasarana Transportasi Jalan.*
- *Wiryanto ST, Praktisi bidang transportasi jalan.*



PERILAKU PENURUNAN TIMBUNAN DI ATAS TANAH LUNAK MENGGUNAKAN TEKNOLOGI KOMBINASI CERUCUK KAYU DAN STABILISASI CLEANSET

Hedy Rahadian, Slamet Prabudi S, Y.P Chandra

RINGKASAN

Tulisan ini menyajikan analisa balik konstruksi uji timbunan diatas deposit tanah lunak di daerah pantai utara jawa. Tepatnya lokasi uji di daerah penjarangan, bagian dari jalan toll Prof.Dr. Sedyatmo-bandara internasional Soekarno-Hatta . Lapisan tanah terdiri dari lapisan aluvial sedalam 6 – 7 m, tanah dibawahnya lapisan diluvium kaku dan tanah dasarnya deposit lapisan vulkanik. Tipe timbunan yang di coba terdiri dari 4 buah yaitu timbunan normal tanpa perlakuan apapun, timbunan yang dilapisi dasarnya dengan stabilisasi dangkal sedalam 1 m, timbunan yang sama tapi dengan penambahan cerucuk kayu dengan spasi 1 m dan timbunan yang sama tapi dengan merubah spasi menjadi 0.6 m. Kinerja empat tipe yang di stabilisasi dangkal cukup signifikan memperbaiki penurunan terlebih lagi dengan penambahan cerucuk kayu. Bagaimanapun pengurangan spasi cerucuk dari 1.0 menjadi 0.6 m hanya untuk sedikit memperbaiki penurunan. Analisa balik dengan metoda elemen hingga menggunakan plaxis memperlihatkan bahwa penurunan dapat diperkirakan dengan menggunakan model konstitutif soft soil creep (SSC).

SUMMARY

This paper describes a back analysis trial embankments constructed over soft deposit soil typical of north coastal Java areas. The site is situated at penjarangan junction, part of Toll road prof.Dr. Sedyatmo -International airport Sokaerno-Hatta . The subsoil consists of Alluvial soil 6 -7 m depth overlying stiff diluvium layer which is underlying stiff volcanic deposit. The embankments consists of 4 type, i.e embankments without any treatment, embankment 1 m shallow stabilization using cleanset cement, embankments with shallow stabilization and 4 m timber pile spaced 1 m, and similar embankments but with 0.6 m spacing timber pile. Performance of the four type that shallow stabilization significantly improved the settlement as well as the inclusion of timber piles. However reduction of the timber spacing pile from 1.0 m to 0.6 m only slightly improve the settlement. Finite element back analysis using Plaxis showed that the settlement can be well predicted using soft soil creep mode in Plaxis.

I. PENDAHULUAN

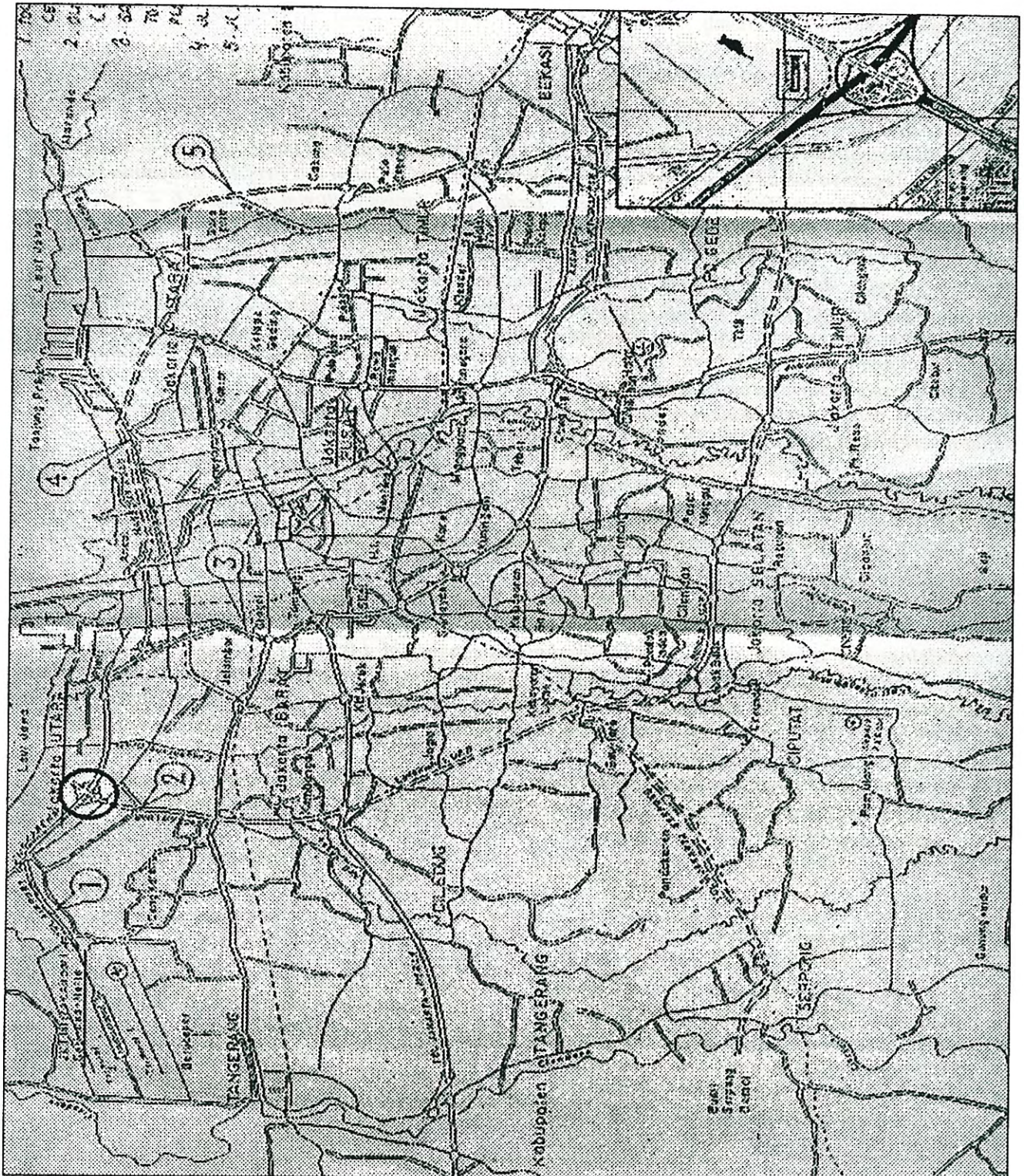
Deposit tanah lunak tersebar luas diwilayah kepulauan Indonesia baik berupa tanah lunak organik, non organik maupun gambut sehingga pembuatan jalan ditinjau lunak tak terhindarkan lagi. Seiring dengan perkembangan pembangunan jaringan jalan yang begitu cepat dan terbatasnya

anggaran dibutuhkan inovasi-inovasi teknologi untuk pembuatan jalan diatas deposit tanah lunak yang efektif dan murah tapi masih memenuhi kriteria teknis seperti stabilitas, perbedaan penurunan, penurunan berlebih, tingkat pelayanan dan terjangkaunya pemeliharaan.

Pada bulan Desember 1998, Departemen Pekerjaan Umum (waktu itu) dan Infrastructure Development Institute (IDI) Jepang menjalin kerjasama untuk membuat studi Teknik stabilisasi lapis permukaan (Surface Layers Stabilization Technique, SLST). Studi yang dilaksanakan

berupa uji timbunan pada tanah lunak dengan beberapa variasi timbunan stabilisasi lapis permukaan. Lokasi uji timbunan di daerah penjarangan (JI Toll Prof. Sedyatmo) yang menghubungkan Jakarta menuju Bandara Internasional Soekarno-Hatta (Gambar 1).

Gambar 1.
PETA LOKASI UJI TIMBUNAN



II. KAREKTERISTIK TANAH DAN DESKRIPSI PROYEK

Kondisi Topografi

Lokasi terletak pada dataran rendah aluvial Jakarta dengan ketinggian regional rata-rata 4.5 m di atas muka air laut rata-rata. Jarak lokasi dari pinggir pantai utara Jakarta 2.5 km, elevasi muka air tanah pada lokasi sangat dipengaruhi oleh pasang surut muka air laut.

Kondisi Geologi

Stratifikasi lokasi terdiri atas tanah lunak alluvium, lapisan dilluvium dan lapukan tanah vulkanis, formasi utamanya berupa tanah kohesif dan kepasiran dapat dilihat dalam tabel 1 berikut ini :

Tabel 1.
FORMASI GEOLOGI

No	Waktu Geologi	Lapisan	Deskripsi
1	Holocene	Alluvium	- Tanah kohesif dengan konsistensi sangat lunak sampai lunak - Tanah kepasiran, statusnya berupa lensa
2	Pleistocene	Dilluvium	- Tanah kohesif soil, konsistensi kaku sampai keras - Tanah kepasiran & kerikil, medium sampai padat.

Karakteristik Geoteknik

Dari hasil penyelidikan tanah didapat kesimpulan bahwa ketiga lapisan tanah adalah sebagai berikut :

1. Alluvium yang terdiri dari lempung lanauan konsistensi sangat lunak sampai lunak.
2. Dilluvium yang terdiri dari lanau lempungan dan lanau pasiran dengan konsistensi lunak sampai medium kenyal.
3. Deposit lapukan vulkanik yang terdiri dari lanau lempung pasiran keras dan pasir padat.

Profil tanah pada daerah timbunan uji dapat dilihat pada gambar 2.

Alluvium

Lapisan lempung lanauan aluvial dengan konsistensi sangat lunak sampai lunak pada lapisan atas mempunyai ketebalan sekitar 7 sampai 8 m, tahanan ujung (q_c) 0.25 MN/m² sampai 0.5 MN/m² dan nilai N-SPT rata-rata nol. Sedangkan dari uji indeks didapat berat isi basah menurun berdasarkan kedalaman dari 16 sampai 14 kN/m², berat jenis (G_s) berkisar antara 2.6 - 2.65, liquid limit (LL) berkisar antara 75% - 130%, plastic limit 35% - 55%, sedangkan kadar air bertambah berdasarkan kedalaman dari 70% sampai 125%. Dari uji saringan didapat fraksi lanau 40% - 50% dan fraksi lempung 20% - 50%. Sedangkan parameter kekuatan yang diperoleh dari uji kuat geser baling berkisar antara 12 kPa sampai 22 kPa, Pada kedalaman 2 m sampai 3 m kuat gesernya relatif besar dibanding kedalaman dibawahnya malah kadang-kadang didapat pada lapisan atas nilainya 30 kPa - 35 kPa dan dari uji kuat tekan bebas (q_u) umumnya mempunyai nilai bervariasi antara 20 kPa - 30 kPa.

Parameter pemampatan yang diperoleh pada uji konsolidasi dari kurva e-log p' mempunyai nilai angka pori (e_o) pada kondisi *overburden pressure* (p_o') berkisar antara 1.8 - 2.8 dan kadang-kadang yang paling tinggi sampai 3.4, Tekanan prakonsolidasi (p_c') berkisar 30 kPa - 60 kPa rata-rata lebih besar dari tekanan overburden. Indeks pemampatan (C_c) pada *virgin compression* berkisar 0.9 - 1.6, koefisien konsolidasi pada daerah pc' berkisar antara 1.5 - 3 m²/tahun.

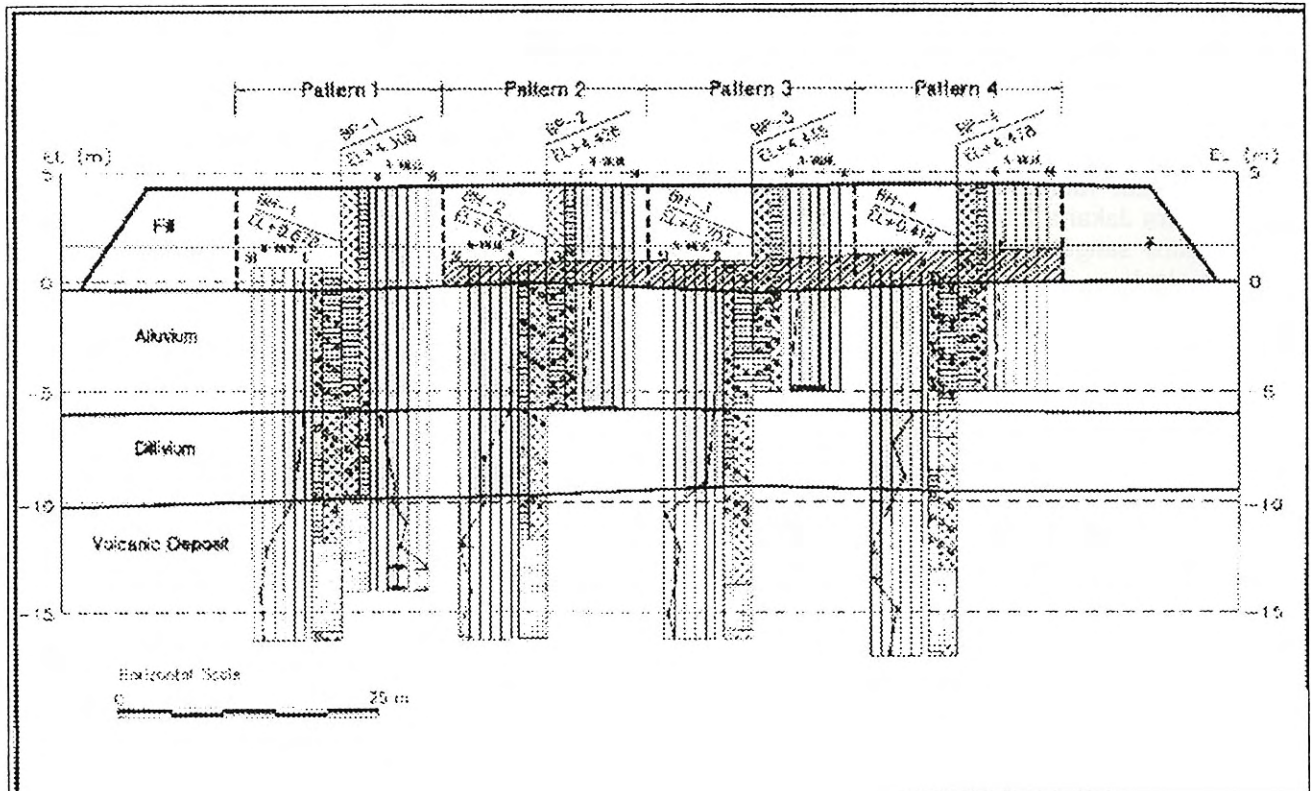
Dilluvium

Lapisan dilluvium dari uji indeks didapat berat isi basah menurun berdasarkan kedalaman dari 15 sampai 16 kN/m², berat jenis (G_s) berkisar antara 2.55 - 2.65, liquid limit (LL) berkisar antara 75% - 95%, plastic limit 40% - 45%, sedangkan kadar air berkisar dari 45% sampai 90%. Dari uji saringan didapat sebagian besar fraksi pasir yang berkisar antara 35% - 70% , fraksi lanau 10% - 20% dan fraksi lempung 10% - 20%.

Kuat geser tanah didapat dari uji kuat tekan bebas (q_u) umumnya mempunyai nilai bervariasi dari 30 kPa - 35 kPa.

Parameter pemampatan lapisan dilluvium termasuk konsolidasi berlebih yang diperoleh pada uji konsolidasi dari kurva e-log p' mempunyai nilai tekanan prakonsolidasi (p_c')

Gambar 2.
 PROFIL TANAH SEKITAR DAERAH TIMBUNAN UJI (SUMBER: FACTUAL REPORT SI PT.PONDASI
 KISOKON, 1999)



pada 70 kPa – 120 kPa yang rata-rata lebih besar dari tekanan overburdennya, void ratio (e_0) pada kondisi tekanan overburden (p_0') berkisar antara 1.4 – 1.8, indeks pemampatan (c_c) pada *virgin compression* berkisar 0.9 – 1.0, koefisien

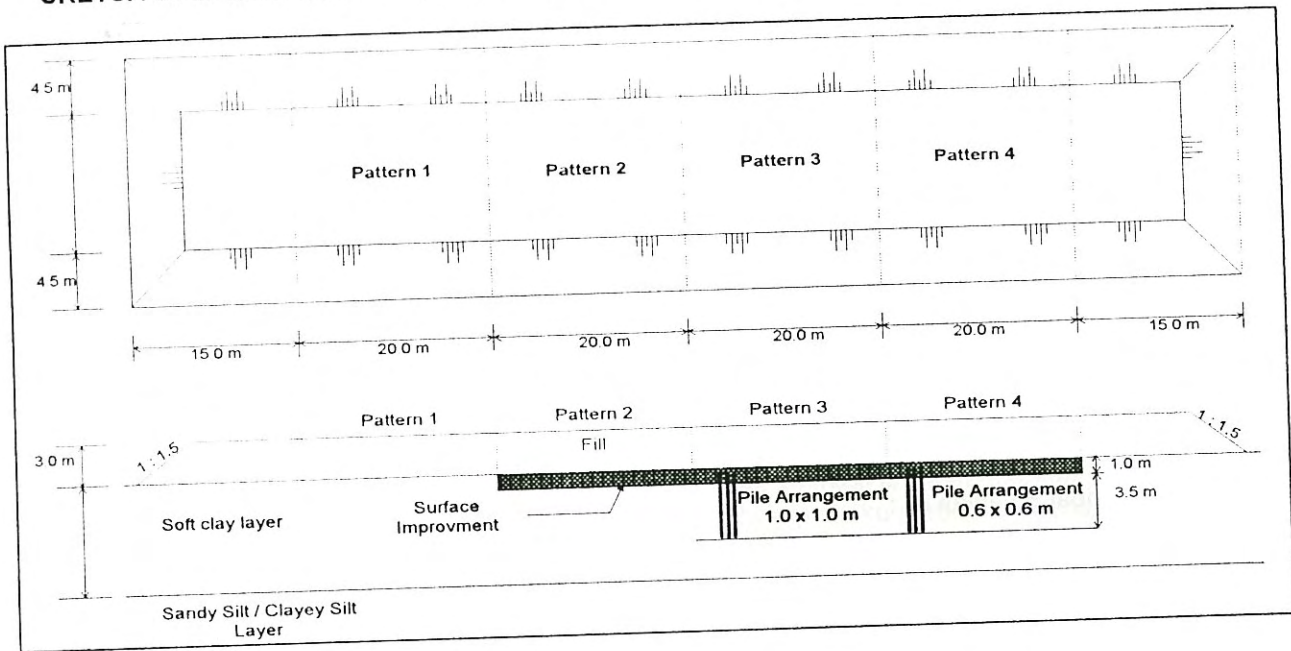
konsolidasi pada daerah p_c' berkisar antara 2 – 4 m^2 /tahun.

Untuk lebih jelasnya, parameter tanah disajikan dalam tabel 2 berikut ini :

Tabel 2.
 PARAMETER TANAH HASIL UJI LAPANGAN DAN LABORATORIUM

Deskripsi		Lapisan Tanah		
		Alluvium	Dilluvium	
Tebal lapisan	m	7.0-8.0	3.0-4.5	
Nilai N-SPT	blows/30 cm	< 0	8-> 50	
Sondir	Tahanan ujung (q_c)	MN/m ²	0.21-0.50	
	Lekatan (f_c)	MN/m ²	< 0.05	
Parameter Index	Kadar air (w)	%	70-125	
	γ_w	kN/m ³	14-16	
	Gs		2.60-2.65	
	Atterberg Limits	Liquid Limit (LL)	%	80-130
		Plastic Limit (PL)	%	35-55
	Distribusi ukuran butiran	Gravel	%	< 5
		pasir	%	5-35
lanau		%	40-50	
lempung		%	20-50	
Parameter Konsolidasi	Angka pori at p_0'		1.8-3.4	
	Tekanan Prakonsolidasi (p_c')	kPa	45-110	
	Indeks pemampatan (C_c)		0.8-1.6	
	Koefisien konsolidasi (c_v) Pada titik p_c'	m ² /year	1.5-3.0	
Parameter Kekuatan	Kuat tekan bebas (q_u)	kPa	20-50	
	Kuat geser baling lapangan	kPa	12-35	

Gambar 3.
SKETSA TIPE TIMBUNAN UJI (SUMBER: FACTUAL REPORT SI PT.PONDASI KISOKON, 1999)



Keterangan :

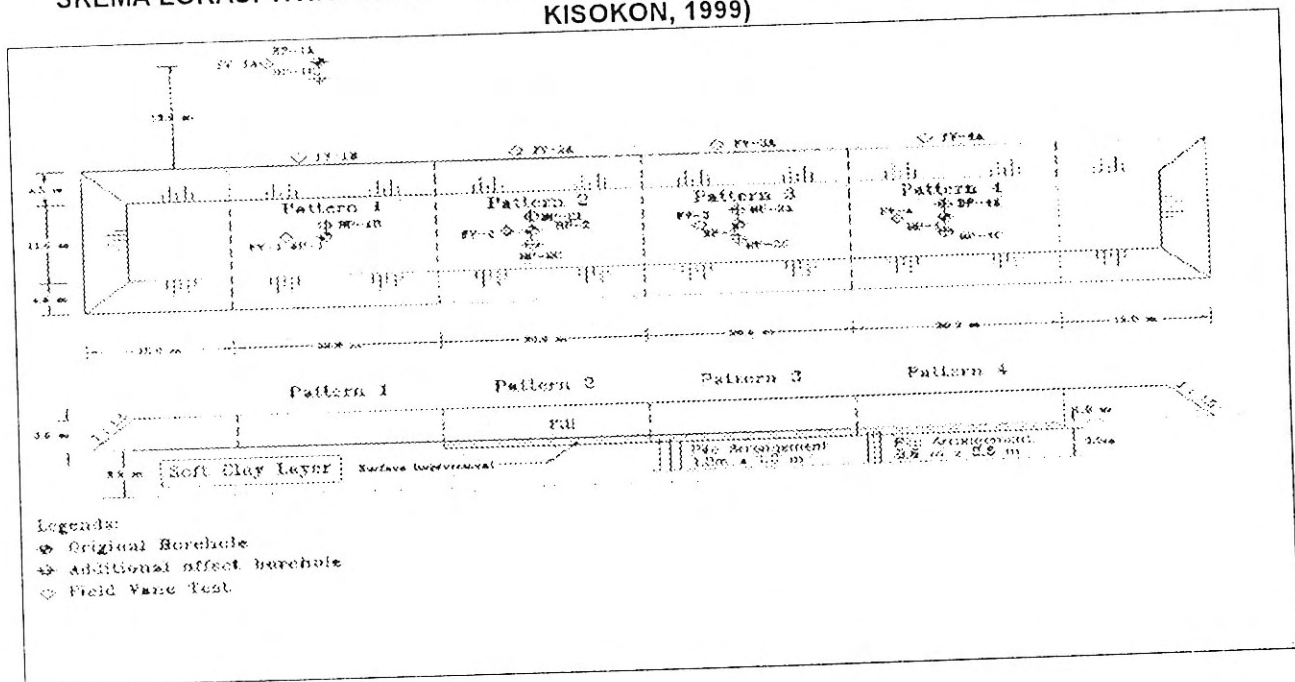
No	Tipe Timbunan
1	Timbunan Normal
2	Surface layer Cement Stabilization (SLCS) tebal = 1 m
3	SLCS dan cerucuk dolken panjang = 4 m dan spasi = 1 m
4	SLCS dan cerucuk dolken panjang = 4 m dan spasi = 0.6 m

Deskripsi Proyek'

Ukuran timbunan uji dengan lebar 20 m dan panjang 110 m, dapat dilihat pada gambar 3. Timbunan uji terbagi dalam empat tipe yang masing-masing mempunyai panjang 20 m, adapun tipe timbunannya dapat dilihat pada gambar 3. Sebelum pelaksanaan konstruksi

timbunan dimulai, penyelidikan tanah awal dilaksanakan disekitar daerah timbunan berupa Sondir (DCPT), *Standard penetration Test* (SPT), Sampel tak terganggu untuk uji indeks dan propertis mekanis. Lokasi titik penyelidikan tanah dapat dilihat pada gambar4.

Gambar 4.
SKEMA LOKASI TITIK PENYELIDIKAN TANAH (SUMBER: FACTUAL REPORT SI PT.PONDASI KISOKON, 1999)

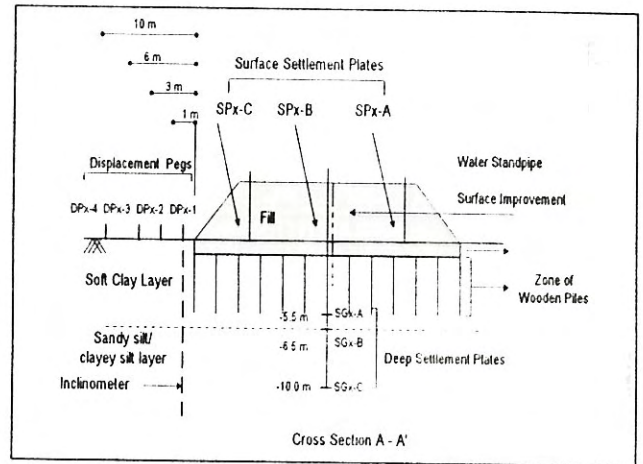


IV. INSTRUMENTASI

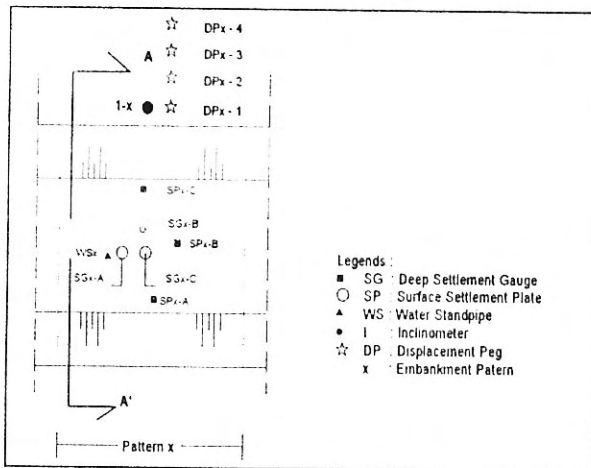
Instrumentasi geoteknik untuk memonitor perilaku timbunan antara lain berupa :

- Settlement Plate untuk memonitor besar dan kecepatan penurunan pada permukaan tanah di bawah timbunan.
- Deep settlement gauges untuk memonitor besar dan kecepatan penurunan pada level-level tertentu.
- Displacement pegs untuk memonitor pergerakan lateral pada permukaan tanah.
- Inclinometer untuk memonitor pergerakan lateral pada level-level tertentu.
- Water Standpipes untuk memonitor perubahan muka air tanah.

Skema tipikal instrumentasi geoteknik dapat dilihat pada gambar 5 berikut ini :



Gambar 5.
TIPIKAL SKEMA INSTRUMENTASI

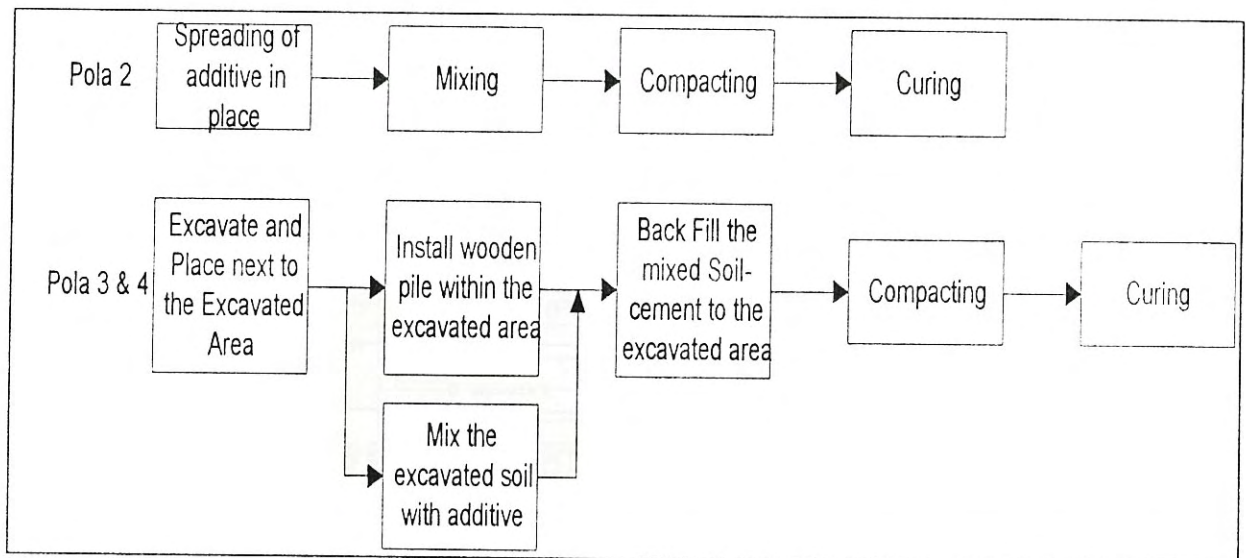


V. METODA KONSTRUKSI

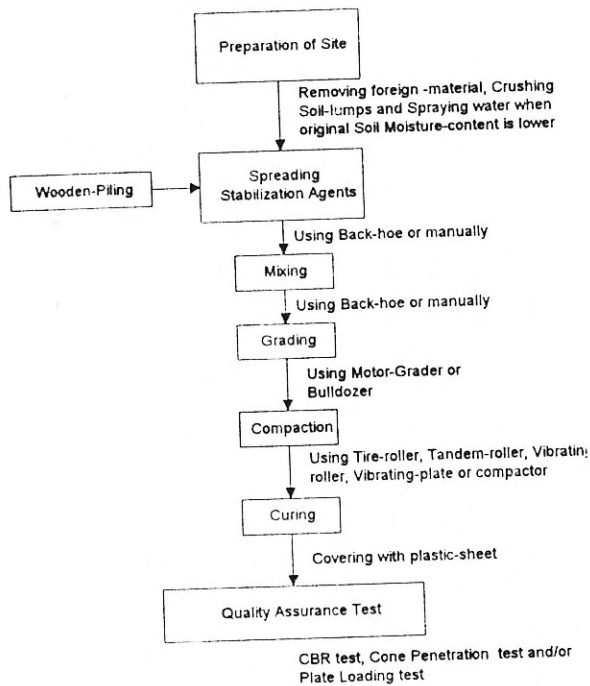
Pelaksanaan konstruksi timbunan uji berlangsung dalam rentang periode 1 – 20 Maret 1999, Secara umum tahapan konstruksi terbagi kedalam tiga tahap yaitu yang pertama pencampuran semen-tanah, tahap yang kedua pemancangan cerucuk kayu untuk pola 3 & 4, dan yang ketiga pemasangan tanah timbunan.

a). Pencampuran Semen-Tanah

Pada tahapan pencampuran semen-tanah terdapat beberapa urutan aktifitas seperti diperlihatkan pada bagan alir pada gambar 6 berikut ini :



Gambar 6.
BAGAN ALIR PROSES STABILISASI



Jenis semen yang digunakan CS-10 cleanset untuk rasio campuran 100 kg CS-10 untuk setiap kubik.

b). Pemasangan Cerucuk Kayu

Cerucuk/tiang kayu sepanjang 4 m dipancang pada pola 3 & 4 timbunan uji, spasi yang di gunakan pada pola 3 adalah 1.0 m sedangkan spasi yang digunakan pada pola 4 adalah 0.6 m. Untuk mendapatkan ikatan yang baik antara cerucuk dan bahan stabilisasi disarankan menyisakan kepala tiang 20 cm dari permukaan tanah untuk dilekatkan dengan bahan stabilisasi. Cerucuk dipancang segera setelah penggalian, gunakan excavator sebagai alat pancangnya.

c). Pemasangan tanah timbunan

Tanah laterit digunakan sebagai bahan timbunan uji yang diimpor dari Serpong Tangerang. Pemasangan timbunan dan pemadatan dilakukan sampai tinggi timbunan mencapai 3 m. Lama waktu yang dibutuhkan untuk pemasangan timbunan uji ini sekitar 10 hari, tepatnya dari tanggal 10 – 20 Maret 1999.

VI. KINERJA PENURUNAN

Dari hasil monitoring deformasi vertikal untuk tiga posisi *Settlement Plate* didapat grafik gambar 7, kalau dibandingkan deformasi vertikalnya pada empat pola timbunan uji di pusat dan kedua ujungnya terlihat mengalami penurunan secara berurutan. Perbedaan yang mencolok antara timbunan yang menggunakan cerucuk yaitu pola 3 & 4 serta timbunan tanpa cerucuk yaitu pola 1 & 2 terletak pada daerah elastis, sedangkan pada daerah plastis relatif perbedaannya sangat kecil.

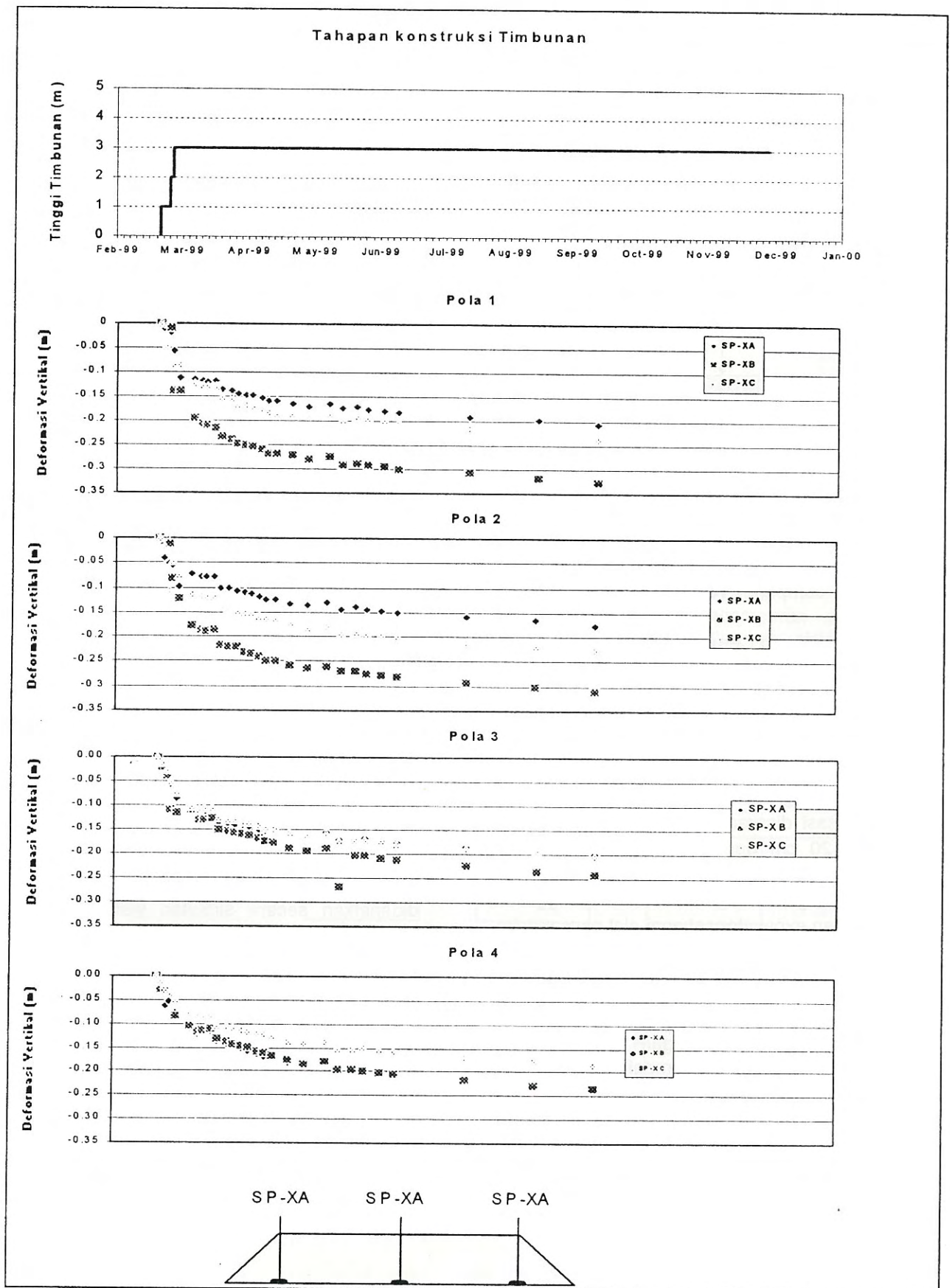
Perbedaan penurunan permukaan antara pusat dan dua ujung timbunan uji diperlihatkan juga pada gambar 7, dari gambar tersebut terlihat bahwa perilaku perbedaan penurunan pada pola 1 & 2 lebih besar bila dibandingkan dengan pola 3 & 4, dari hasil ini ternyata cerucuk kayu dan stabilisasi permukaan yang berfungsi sebagai pengikat antar cerucuk dapat mereduksi perbedaan penurunan yang cukup berarti. Perilaku deformasi vertikal antara pola 1 & 2 belum menunjukkan perbedaan yang signifikan, begitu pula antara pola 3 & 4.

VII. ANALISA BALIK

Penggunaan metoda-metoda numerik telah banyak memberikan solusi alternatif terhadap masalah-masalah geoteknik yang kompleks dengan kemungkinan untuk pemodelan geometri dan kondisi batas yang lebih kompleks pula. Penggunaan metoda numerik bedahingga, metoda matrik dan metoda elmen hingga telah terbukti memberikan solusi yang lebih akurat jika dibandingkan dengan menggunakan metoda konvensional yang telah banyak dipakai secara luas (Desai dan Cristian, 1997). Hal ini disebabkan karena tegangan dan deformasi didapatkan secara simultan walaupun model tanah yang digunakan masih sederhana seperti misalnya model elastik linier.

Penelitian mengenai pemodelan tanah sampai saat ini banyak mengalami perkembangan. Banyak model-model tanah yang relatif baru telah dikembangkan (Chen dan Baladi, 1985). Perkembangangan ini diarahkan pada penggunaan teori plastisitas untuk pemodelan tanah yang berperilaku non linier dan elasto plastik.

Gambar 7.
PENURUNAN TERHADAP WAKTU HASIL MONITORING SETTLEMENT PLATE



7.1. Pemodelan Dengan MEH

Metoda elemen hingga (MEH) merupakan metoda yang sampai saat ini dipandang efisien untuk memecahkan masalah material tanah non linier. Lebih dari itu, MEH mampu untuk memecahkan masalah-masalah rumit seperti geometri yang acak, material yang tidak homogen, pembebanan yang kompleks dan perhitungan tegangan awal (in-situ stress).

Metoda elemen hingga digunakan dalam analisa balik ini dengan bantuan paket piranti lunak plaxis 7.1 (Plaxis BV, 1998). Model tanah yang digunakan adalah *soft soil creep* (SSC), model SSC ini dipilih dengan pertimbangan karena dalam model ini mengakomodasi tanah-tanah yang mempunyai tingkat kompresibilitas yang tinggi dan mempertimbangkan juga pengaruh rangkai. Sebetulnya model *Hardening Soil* (HS) diperuntukan untuk seluruh jenis tanah, tetapi HS tidak mempertimbangkan efek *viscous*, rangkai dan tegangan relaksasi. Padahal pada kenyataannya seluruh tanah-tanah lempung mengalami rangkai dan penurunan primer. Khusus untuk cerucuk dimodelkan dengan elemen *beam* yang terdapat pada tipe timbunan 3 & 4 dimana terdapat cerucuk pada timbunannya. Permasalahan geometri yang dalam bentuk *plane strain* pada *beam* dapat diatasi dengan menggunakan parameter ekuivalen, parameter ekuivalen *beam* ini dicari dengan cara coba-coba berdasarkan patokan perilaku beban-deformasi pada data uji beban dilapangan sebagai validasinya (grafik hasil loading tes dan

validasinya dapat dilihat pada lampiran). Parameter kekakuan pada cerucuk mungkin tidak terlalu berpengaruh karena cerucuk berperilaku sebagai *floating foundation* dimana kekakuan cerucuk jauh lebih besar dibandingkan dengan kekakuan tanah lempung lanauan aluvial dimana posisi cerucuk berada, sehingga yang mengalami keruntuhan pasti pada tanahnya bukan pada cerucuknya. Dari parameter beam ekuivalen hasil coba-coba didapat bahwa yang paling berpengaruh mengalami perubahan adalah nilai berat cerucuk, sedangkan perubahan parameter kekakuan dan geometri pada *beam* menjadi tidak begitu signifikan. Adapun parameter yang dipergunakan untuk analisis sebagaimana dalam tabel 3 berikut ini :

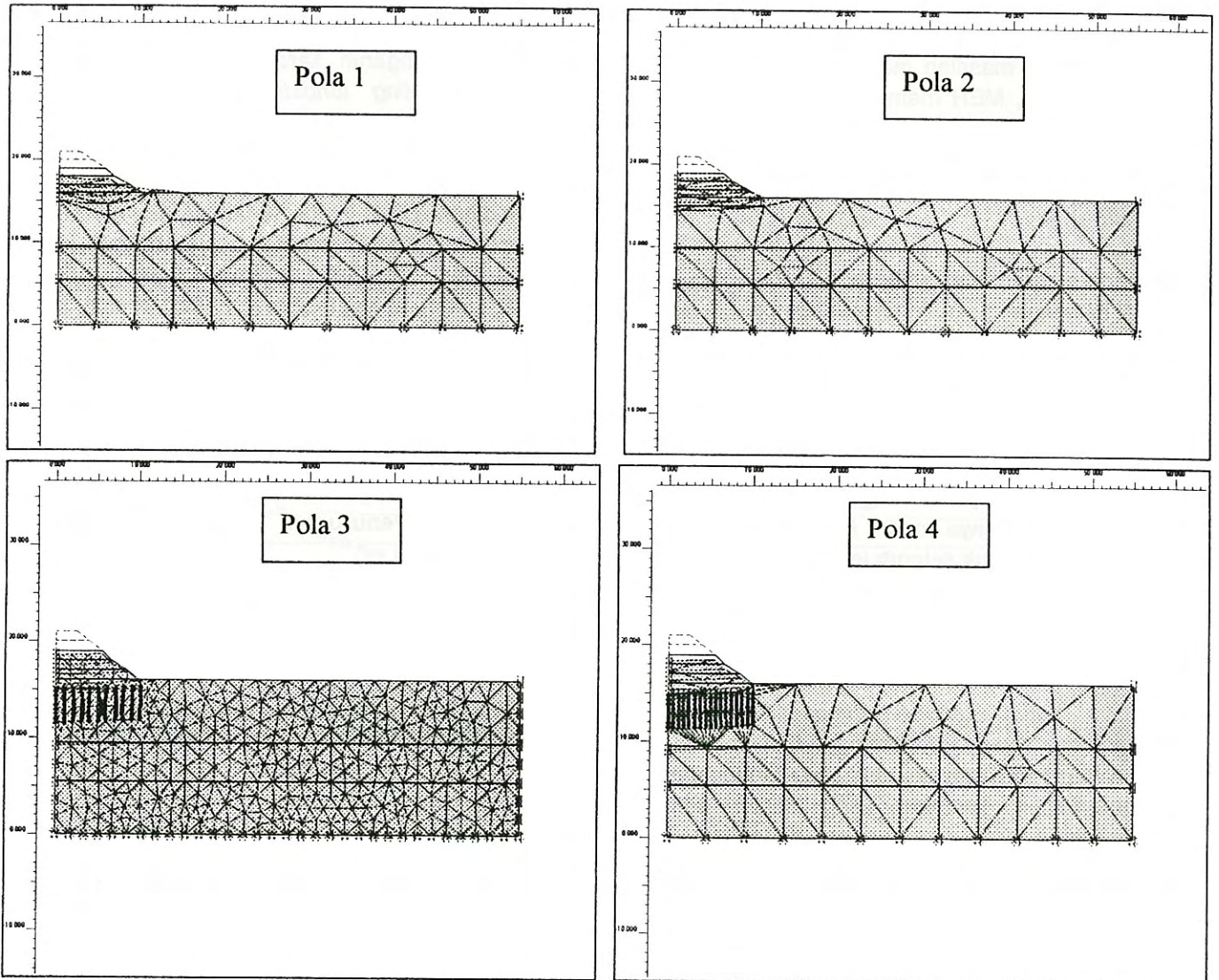
7.2. Perilaku Penurunan

Hasil pemodelan metoda elemen hingga dengan bantuan plaxis menggunakan model tanah *soft soil creep* (SSC) didapat perilaku deformasi mesh untuk semua pola timbunan seperti pada gambar 8. Pola 1 terdapat beda penurunanyang cukup besar, kemudian pada pola 2 terdapat juga beda penurunan tapi tidak sebesar pada pola 1. Sedangkankan pada pola timbunan 3 & 4 yang menggunakan cerucuk, beda penurunan yang terjadi sangat kecil sekali terutama pada timbunan dengan spasi cerucuk yang lebih rapat seperti pada pola 4.

Tabel 3.
NILAI PARAMETER UNTUK PEMODELAN MENGGUNAKAN ELEMEN HINGGA

Identifikasi	Type	γ_{KERING} [kN/m ³]	γ_{BASAH} [kN/m ³]	k_x [m/day]	k_y [m/day]	E_{50ref} [kN/m ²]	E_{oed}^{ref} [kN/m ³]	E_{ur}^{ref} [kN/m ²]	c^{ref} [kN/m ²]	ϕ [°]	ϕ [°]	v_{ur} [-]	p_{ur}^{ref} [kN/m ²]	Powe r [-]	K_0^{nc} [-]
stabilized	Undrained	9.6	15.4	0.01	0.01	3185	4441.43	9555	32	4	0	0.2	100	0.5	0.87
Identifikasi	Type	γ_{KERING} [kN/m ³]	γ_{BASAH} [kN/m ³]	k_x [m/day]	k_y [m/day]	λ^* [-]	κ^* [-]	μ^* [-]	n_{ur} [-]	K_0^{nc} [-]	M [-]	c^{ref} [kN/m ²]	ϕ [°]	ϕ [°]	R_{inter} [-]
Alluvium	Undrained	8.4225	14.84	0.0043	0.0043	0.163	0.033	0.0041	0.15	0.8	0.78	1	20	0	0.5
Residual	Undrained	8.4	15.7	0.0043	0.0043	0.13	0.026	0.0003	0.15	0.8	0.86	1	22	0	1

Gambar 8.
POLA DEFORMASI MESH UNTUK MASING-MASING POLA TIMBUNAN UJI



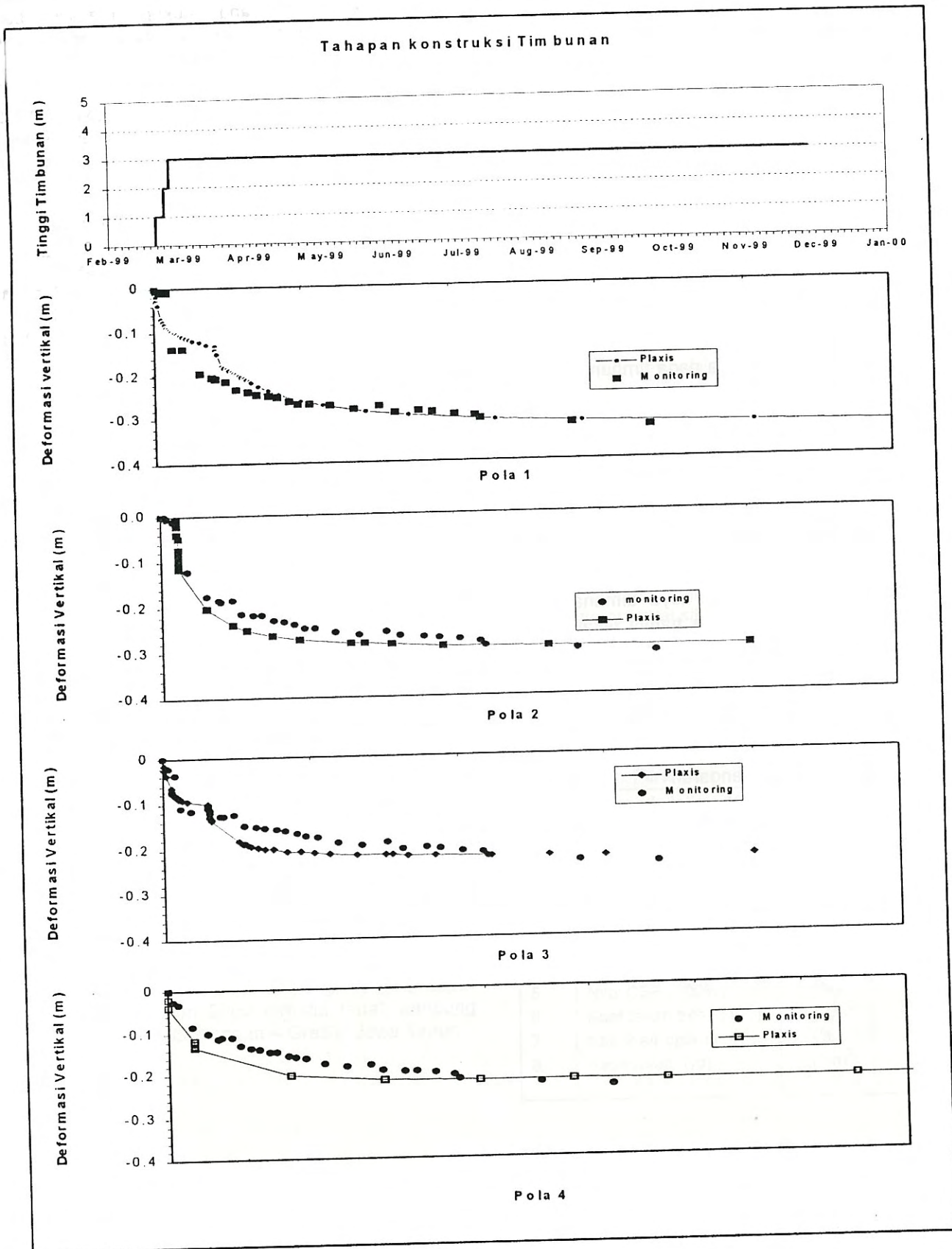
Sedangkan grafik penurunan terhadap waktu hasil pemodelan dibandingkan dengan data hasil monitoring *settlement plate* dapat dilihat pada gambar 9.

Dari pemodelan timbunan uji untuk masing-masing tipe didapat pola deformasi vertikal timbunan seperti pada gambar 9. Dari hasil monitoring sampai hari ke 200 menunjukkan bahwa pada timbunan tipe kedua dapat mereduksi penurunan sampai 5% dibanding timbunan normal, timbunan tipe ketiga dapat mereduksi penurunan sampai 26% dibanding timbunan normal, sedangkan timbunan tipe

keempat dapat mereduksi penurunan sampai 29% dibanding timbunan normal.

Dari hasil analisa balik menggunakan model tanah *soft soil creep* menunjukkan bahwa perilaku deformasi pada timbunan dan juga estimasi kurva hubungan deformasi vertikal terhadap waktu mendekati data hasil monitoring lapangan. Perbedaan yang tampak mungkin terletak pada kurva hubungan deformasi vertikal terhadap waktu, terutama pada fase elastis, hal ini mungkin disebabkan masih kurang akurat dalam mengestimasi parameter permeabilitas tanahnya.

Gambar 9.
 PERBANDINGAN PENURUNAN FAKTUAL DAN HASIL PEMODELAN DENGAN
 METODA ELEMEN HINGGA



VIII. KESIMPULAN

1. Uji timbunan dengan menggunakan teknologi stabilisasi permukaan yang dikombinasikan dengan cerucuk mampu mengurangi penurunan untuk kasus tanah lunak dengan kedalaman 5 – 10 m.
2. Timbunan pola 3 dan 4 yang menggunakan cerucuk mengalami beda penurunan (differential settlement) pada timbunannya lebih kecil dibanding pola 1 dan pola 2 yang tidak menggunakan cerucuk, hal ini mengindikasikan bahwa penggunaan cerucuk sebagai perkuatan dapat mereduksi penurunan ataupun beda penurunan.
3. Dari hasil monitoring sampai hari ke 200 menunjukkan bahwa pada timbunan tipe 2 dapat mereduksi penurunan sampai 5% dibanding timbunan normal, timbunan tipe 3 dapat mereduksi penurunan sampai 26% dibanding timbunan normal, sedangkan timbunan tipe 4 dapat mereduksi penurunan sampai 29% dibanding timbunan normal.
4. Untuk pondasi mengambang (floating foundation) cerucuk kayu dimana daya dukung yang bekerja hanya lekatannya, dalam kasus ini dimodelkan dengan beam dalam software plaxis didapat bahwa parameter beam ekuivalen cerucuk hasil coba-coba berdasarkan data *loading test* sebagai validasinya didapat bahwa yang paling berpengaruh mengalami perubahan adalah nilai berat cerucuk, sedangkan perubahan parameter kekakuan dan geometri pada *beam* menjadi tidak begitu signifikan.
5. Model tanah *soft soil creep* dari plaxis yang dipakai dalam pemodelan analisa balik pada kasus ini menghasilkan keluaran yang cukup realistis bila dibandingkan dengan data faktual hasil monitoring lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Desai, CS & Christian, J.T., 1997, "Numerical Method in Geotechnical Engineering", McGraw-Hill Book Company, N.Y.
2. Plaxis B.V., 1998, Plaxis Finite Element Code For Soil and Rock Analysis Version 7, A.A Balkema/Rotterdam/Brookfield.
3. PCI., 1997, "Design Report For Improvement of Jalan Toll Prof. Sedyatmo", PT Jasa Marga (Persero).
4. Rahadian, H., 1998, "Lateral deformation of a Soft Soil Deposit Subjected to Embankment Loading", Proceeding Seminar, Department of Civil Engineering, Bandung Institute of Technology.
5. Y.P. Chandra & J. Rudi., 1999 "Factual Report Trial Soil Investigation for Trial Embankment at Penjaringan Junction-North Jakarta.
6. Y.P. Chandra, Heru H & H.Oda., 2000 "Laboratory Mixing Tests For Stabilization On Typical Soft Soils In Indonesia", 2nd Seminar On Soft Ground Improvement.

Penulis :

1. DR. Hedy Rahadian, Kepala Balai Geoteknik, Puslitbang Prasarana Transportasi
2. Ir. Slamet Prabudi S, Staf Tata Operasional, Puslitbang Prasarana Transportasi
3. Ir. Y.P. Chandra, PT. Kisokon



PENGARUH KAPUR TERHADAP SIFAT TANAH LEMPUNG PADA STABILISASI

M. Suherman

RINGKASAN

Pada prinsipnya stabilisasi kapur adalah untuk memperbaiki sifat-sifat tanah yang ada, yaitu stabilitas volume, kekuatan dan tegangan-regangan, kelulusan air dan daya tahan. Stabilitas volume termasuk pengembangan dan penyusutan dapat diperbaiki dengan pertukaran kation yang berhidrat tinggi seperti : sodium oleh kation hidrat rendah atau kalsium, magnesium, aluminium dengan sementasi.

Terjadinya kekuatan dan kekakuan yang tinggi dapat dicapai dengan mengeliminasi pori yang besar oleh ikatan partikel dan agregat, oleh flokulasi susunan partikel dan menjaga pengembangan. Kelulusan air dapat di tetapkan dengan perubahan distribusi ukuran butir

SUMMARY

The principal of lime stabilization is to improve the properties of existing soils or control volume stability, strength and stress-strain, permeability and durability. Volume stability (swelling and shrinkage) can be improved by the replacement of high hydration cations such as sodium or by low hydration cations, such as calcium, magnesium, aluminum by cementation.

The developments of high strength and high stiffness are achieved by the elimination of large pores, by bonding particles and aggregates together, by maintains the flocculent particle arrangement, and by the prevention of swelling. The permeability is altered by the modification of pore size distribution.

I. PENDAHULUAN

Maksud dari stabilisasi tanah lempung ini adalah melakukan pencampuran tanah lempung dengan bahan stabilisasi kapur pada persentase tertentu. Dengan adanya penambahan kapur, maka terjadi perubahan sifat tanah lempung yaitu meningkatnya kemampuan dukung yang lebih tinggi, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan jalan.

Tanah dasar yang berupa lempung pada umumnya mempunyai kemampuan dukung yang relatif rendah dan plastisitas tinggi sehingga sering tidak mencukupi. dalam memenuhi spesifikasi bahan jalan yang disyaratkan.

Untuk menghadapi masalah tersebut, maka diperlukan suatu usaha penanganan dengan melakukan stabilisasi tanah lempung dari daerah setempat dengan bahan pengeras, sehingga dapat merubah sifat fisik maupun sifat teknik tanah tersebut.

Penelitian stabilisasi tanah lempung dengan kapur dilakukan pada tahun 2000 dimana tanah lempung diambil dari daerah Lamongan – Gresik Jawa Timur.

II. TEORI DASAR

2.1 Tanah Lempung

Tanah lempung adalah butiran koloidal yang sangat halus mempunyai ukuran butir lebih kecil atau sama dengan 2 micron. Tanah ini terbentuk dari hidrat aluminium silika dan bercampur bahan organik, bersifat kohesif, berplastis, mudah terkonsolidasi bila terbebani dan mempunyai sifat kembang-susut akibat perubahan kadar air.

2.2. Tanah Lempung Sebelum di Stabilisasi

Tanah lempung yang akan dirubah sifat fisik dan teknik mempunyai sifat berikut.

a. Parameter Tanah

Tabel 2.1
SIFAT FISIK DAN TEKNIK TANAH

No.	Parameter	Satuan	Nilai
A	Tanah asli		
1	Berat isi tanah (γ)	(gr/cm ³)	1,83
2	Lolos saringan No 200	(%)	97,06
3	Batas Cair (LL)	(%)	80,90
4	Indeks plastisitas (PI)	(%)	48,50
B	Tanah Dipadatkan		
5	Nilai CBR (100%)	(%)	2,37
6	Kuat tekan bebas (q_u)	(kg/cm ²)	1,75
7	Kadar air optimum(w)	(%)	30,0
8	Kepadatan (γ_d)	(gr/cm ³)	1,18

b. Kimia Tanah

Hasil pemeriksaan kimia, tanah yang akan digunakan mempunyai kandungan silikon dioksida (SiO₂) = 59,62 %, aluminium oksida (Al₂O₃) = 13,93 %, ferri oksida (Fe₂O₃) = 2,33 %, dan kalsium oksida (CaO) = 6,36 %

2.3 Kapur

Kapur sebagai bahan stabilisasi yang sering digunakan mengandung kalsium oksida (CaO), magnesium oksida (MgO) dan karbon dioksida (CO₂) Kapur yang sering didapat diperdagangan merupakan hasil pembakaran batu kapur atau dolomit.

Kapur yang digunakan untuk campuran stabilisasi mempunyai senyawa kimia seperti di bawah ini.

Tabel 2.2
SENYAWA KIMIA KAPUR

No.	Parameter	Nilai
1	Kalsium Oksida (CaO)	44,51
2	Magnesium Oksida (MgO)	26,05
3	Aluminium Oksida (Al ₂ O ₃)	0,21
4	Silikon Dioksida (SiO ₂)	1,00
5	Ferri Oksida (Fe ₂ O ₃)	0,10
6	Hilang Pijar (Hp)	27,0

2.4 Reaksi Kapur dengan Tanah

a. Absorpsi Air

Kapur yang dicampur dengan tanah yang mengandung air, maka akan terjadi reaksi $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaOH}_2 + 15,6 \text{ kcal/mol}$. Melalui reaksi kimia tersebut 0,321 kg air bereaksi dengan 1,0 kg kapur dan menimbulkan panas sebesar 278 kcal. Pada saat yang bersamaan, volume kapur menjadi kira-kira dua kali lebih besar dari volume awal, sehingga berakibat turunnya persentase kandungan air dalam tanah.

b. Pertukaran Ion

Butiran lempung dalam kandungan tanah berbentuk halus dan bermuatan negatif. Ion yang bermuatan positif, seperti ion hidrogen (H⁺), ion sodium (Na⁺), ion kalium (K⁺) serta air yang berpolarisasi, semuanya melekat pada permukaan butiran lempung. Dengan demikian maka permukaan butiran lempung menjadi kehilangan kekuatan tolaknya (refulsion force) dan terjadilah kohesi pada butiran tanah itu sendiri sehingga berakibat meningkatnya kekuatan konsistensi tanah.

c. Reaksi Pozzolan

Dengan berlalunya waktu, maka silika (SiO₂) dan alumina (Al₂O₃) yang terkandung dalam tanah lempung akan bereaksi dengan kapur dan membentuk kalsium silika hidrat. Pembentukan senyawa ini terus berlangsung untuk waktu relatif lama, sehingga menyebabkan tanah menjadi keras.

2.5 Pengaruh Kapur Terhadap Perubahan Sifat Tanah

Pengaruh kapur terhadap tanah yang berdominan lempung adalah merubah sifat fisik dan sifat teknik.

a. Perubahan Distribusi Butiran Tanah

Perubahan yang mula-mula nampak adalah pengelompokan butiran halus menjadi kelompok butiran kasar akibat flocculation. Dengan terjadinya perubahan ini maka tanah akan mempunyai butiran yang lebih kasar dan gembur.

b. Perubahan Plastisitas Tanah

Menurut A.M Jonhson (1948) menyatakan bahwa pada percobaan-percobaan terhadap 30 macam lempung dan 8 macam kerikil pasir lempungan, dengan menambahkan 2% - 5% kapur, kekuatan tanah meningkat dengan tingkat yang berbeda-beda. Disamping itu diperlihatkan pula bahwa stabilisasi kapur dapat memperkecil indeks plastisitas tanah lempung. Tanah yang mempunyai nilai indeks plastisitas (PI) antara 15% sampai 20% dapat diturunkan menjadi rata-rata 8% dengan penambahan kapur sekitar 2% hingga 3%.

c. Perubahan Kekuatan Tanah

Pengaruh stabilisasi terhadap kekuatan tanah adalah meningkatkan daya dukung yang diakibatkan oleh senyawa kimia yang disusul dengan pengerasan hidrasi. Besarnya kekuatan tanah biasanya dinyatakan dengan nilai california bearing ratio (CBR) atau nilai unconfined compressive strength (qu).

d. Pengembangan dan Penyusutan

Stabilisasi dengan kapur dapat juga berpengaruh terhadap sifat pengembangan tanah (swell) ataupun penyusutan (shrinkage). Umumnya hasil stabilisasi akan memperkecil sifat pengembangan dan akan menaikkan nilai batas susut tanah.

III. METODOLOGI

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen atau percobaan uji laboratorium, yaitu melakukan pencampuran tanah dengan bahan stabilisasi kapur, kemudian dipadatkan dalam cetakan.

3.1. Pengambilan Sampel Tanah

Sampel tanah lempung diambil dari ruas jalan antara Gresik- Lamongan Km Gsk 16+500 di Propinsi Jawa Timur.

3.2. Desain Campuran

Persentase kadar kapur

Persentase kapur yang diberikan adalah sebesar 4%, 6% dan 8% dari berat kering tanah lempung.

Lama Pemeraman

Waktu pemeraman benda uji dilakukan selama 0 hari, 3 hari, 7 hari, dan 28 hari. untuk memberikan proses reaksi dari kapur terhadap tanah lempung.

Pemeriksaan laboratorium

Pemeriksaan laboratorium meliputi klasifikasi termasuk pembagian butir, uji kekuatan tanah dengan CBR (rendaman) dan kuat tekan bebas (qu) serta uji pengembangan.

IV. DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Data

Percobaan campuran (stabilisasi) kapur dengan tanah lempung dilakukan di laboratorium mekanika tanah Pusat Litbang Prasarana Transportasi di Bandung. Tanah yang di uji berupa tanah asli dan tanah hasil campuran dimana tanah campuran dengan

persentase kapur sebesar 4%, 6% dan 8%. Waktu pemeraman diberikan 0 hari, 3 hari, 7 hari dan 28 hari.

Hasil pengujian laboratorium yang berupa Atterberg limit, CBR, kuat tekan bebas dan pebagian butir terhadap tanah asli dan tanah campuran dapat disajikan seperti tabel dan grafik berikut :

Tabel 4.1
NILAI INDEKS PLASTISITAS (PI)

No	Campuran Tanah	Nilai PI (%)			
		Waktu Pemeraman			
		0 Hari	3 Hari	7 Hari	28 Hari
1	Tanah Asli	48,58	-	-	-
2	Tanah Campuran	47,82	46,62	44,82	39,03
	a. Campuran 4 % kapur	45,57	43,17	31,71	28,64
	b. Campuran 6 % kapur	41,03	40,15	26,43	24,02
	c. Campuran 8 % kapur				

Tabel 4.2
NILAI CBR

No	Campuran Tanah	Nilai CBR (%)			
		Waktu Pemeraman			
		0 Hari	3 Hari	7 Hari	28 Hari
1	Tanah Asli	2,37	-	-	-
2	Tanah Campuran	6,00	14,50	27,83	23,37
	a. Campuran 4 % kapur	11,67	25,00	36,00	32,00
	b. Campuran 6 % kapur	15,33	27,33	37,67	35,43
	c. Campuran 8 % kapur				

Tabel 4.3
KUAT TEKAN BEBAS (qu)

No	Campuran Tanah	Nilai kuat Tekan Bebas (qu) kg/cm ²			
		Waktu Pemeraman			
		0 Hari	3 Hari	7 Hari	28 Hari
1	Tanah Asli	1,75	-	-	-
2	Tanah Campuran	4,00	4,46	5,73	5,21
	a. Campuran 4 % kapur	4,50	5,41	6,70	6,51
	b. Campuran 6 % kapur	5,23	6,70	7,47	7,03
	c. Campuran 8 % kapur				

Tabel 4.4
PENGEMBANGAN VOLUME (PV)

No	Campuran Tanah	Pengembangan Volume PV (%)			
		Waktu Pemeraman			
		0 Hari	3 Hari	7 Hari	28 Hari
1	Tanah Asli	5,15	-	-	-
2	Tanah Campuran	4,89	1,35	1,11	0,82
	a. Campuran 4 % kapur	4,54	0,48	0,35	0,34
	b. Campuran 6 % kapur	3,95	0,09	0,08	0,07
	c. Campuran 8 % kapur				

Tabel 4.5
UKURAN BUTIR

No	Jenis Tanah	Tanah Asli	Waktu Pemeraman 4 % Kapur			
			0 Hari	3 Hari	7 Hari	28 Hari
1	Lolos saringan No. 200 %	97,06	84,22	81,44	73,86	80,04
2	Pasir %	2,94	15,78	18,56	26,14	19,96
3	Lanau %	53,06	47,22	53,94	51,86	60,04
4	Lempung %	44,00	37,00	27,50	22,00	20,00

Tabel 4. 5
UKURAN BUTIR

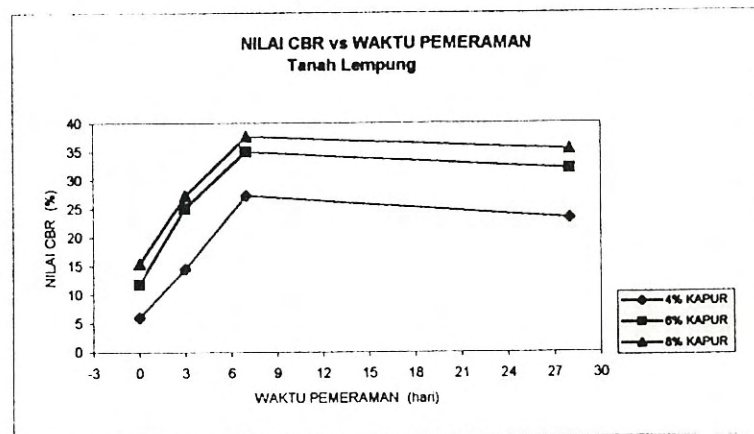
No	Jenis Tanah	Tanah Asli	Waktu Pemeraman 4 % Kapur			
			0 Hari	3 Hari	7 Hari	28 Hari
1	Lolos saringan No. 200 %	97,06	84,22	81,44	73,86	80,04
2	Pasir %	2,94	15,78	18,56	26,14	19,96
3	Lanau %	53,06	47,22	53,94	51,86	60,04
4	Lempung %	44,00	37,00	27,50	22,00	20,00

No	Jenis Tanah	Tanah Asli	Waktu Pemeraman 6% Kapur			
			0 Hari	3 Hari	7 Hari	28 Hari
1	Lolos saringan No. 200 %	97,04	82,90	65,06	68,42	55,38
2	Pasir %	2,94	17,10	34,94	31,58	44,62
3	Lanau %	53,06	52,90	51,06	60,92	43,38
4	Lempung %	44,00	30,00	14,00	7,50	12,00

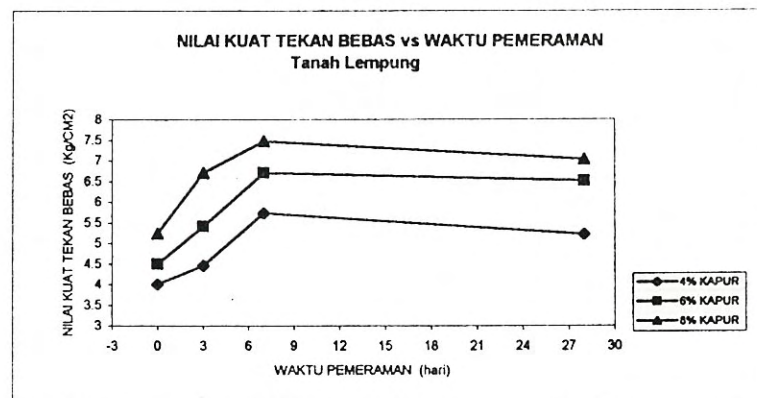
No	Jenis Tanah	Tanah Asli	Waktu Pemeraman 8 % Kapur			
			0 Hari	3 Hari	7 Hari	28 Hari
1	Lolos saringan No. 200 %	97,06	54,52	56,96	64,00	48,20
2	Pasir %	2,94	45,48	43,04	36,00	51,80
3	Lanau %	53,06	39,02	44,46	59,00	45,70
4	Lempung %	44,00	15,50	12,50	5,00	2,50

Grafik dari nilai perubahan sifat teknik dan sifat fisik tanah hasil campuran dapat digambarkan seperti di bawah ini :

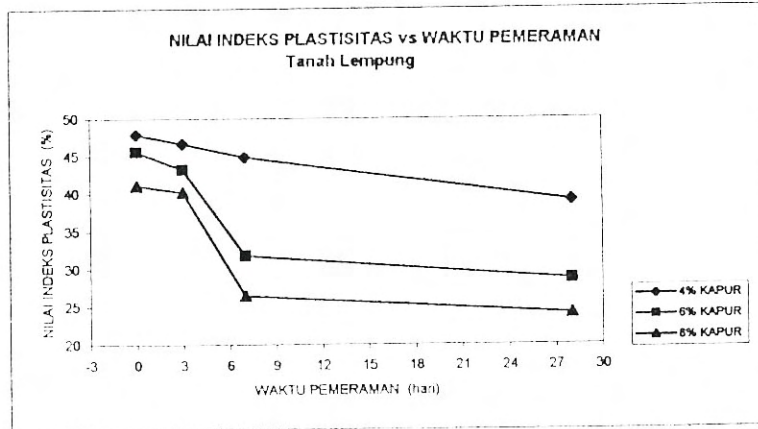
Grafik 4. 1
NILAI CBR STABILISASI TANAH LEMPUNG DENGAN KAPUR



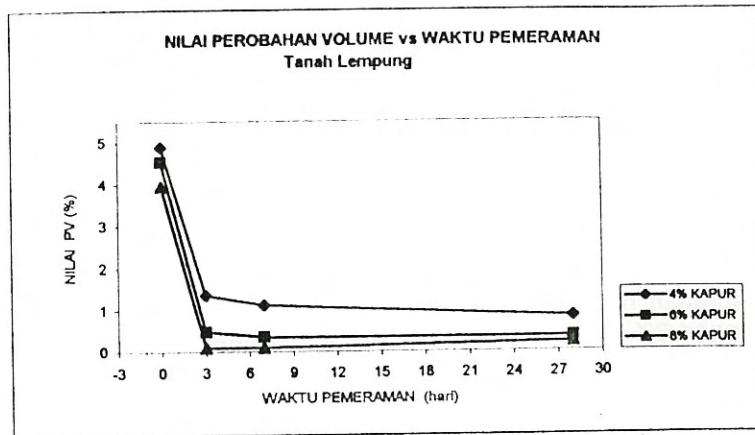
Grafik 4.2
NILAI q_u STABILISASI TANAH LEMPUNG DENGAN KAPUR



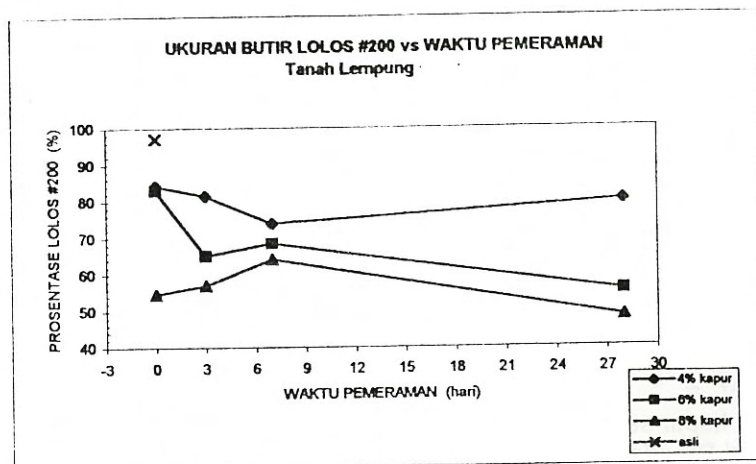
Grafik 4.3
NILAI PI STABILISASI TANAH LEMPUNG DENGAN KAPUR



Grafik 4.4
NILAI Pv STABILISASI TANAH LEMPUNG DENGAN KAPUR



Grafik 4.5
UKURAN BUTIR STABILISASI TANAH LEMPUNG DENGAN KAPUR



4.2 Pembahasan

Tanah lempung yang telah dicampur dengan kapur dengan selama pemeraman berumur 7 hari, menghasilkan peningkatan kekuatan tanah :

1. Perubahan Kekuatan

a. Nilai CBR

Tanah lempung sebelum dilakukan stabilisasi mempunyai nilai CBR = 2,37 %. Setelah distabilisasi dengan 4% kapur menjadi CBR= 27,33% atau terjadi kenaikan kekuatan $F_k=11,53$. dan distabilisasi dengan 6% kapur menjadi CBR= 35,00% atau terjadi kenaikan kekuatan $F_k=14,76$ serta distabilisasi dengan 8% kapur menjadi CBR= 37,67% atau terjadi kenaikan kekuatan $F_k=15,89$.

b. Nilai Kuat Tekan Bebas (q_u)

Tanah lempung sebelum dilakukan stabilisasi mempunyai nilai kuat tekan bebas $q_u= 1,75 \text{ kg/cm}^2$. Setelah distabilisasi dengan 4% kapur menjadi $q_u= 5,73 \text{ kg/cm}^2$, atau terjadi kenaikan kekuatan $F_k= 3,27$ dan distabilisasi dengan 6% kapur menjadi $q_u= 6,70 \text{ kg/cm}^2$, atau terjadi kenaikan kekuatan $F_k = 3,83$ serta distabilisasi dengan 8% kapur menjadi $q_u= 7,47 \text{ kg/cm}^2$, atau terjadi kenaikan kekuatan $F_k = 4,27$.

1. Perubahan Nilai Indeks Plastisitas (PI)

Tanah lempung sebelum dilakukan stabilisasi mempunyai nilai indeks plastisitas $PI = 48,58 \%$. Setelah distabilisasi dengan 4% kapur menjadi $PI= 44,82 \%$, atau terjadi penurunan nilai plastisitas $F_t = 0,92$ dan distabilisasi dengan 6% kapur menjadi $PI= 31,71\%$, atau terjadi penurunan nilai plastisitas $F_t = 0,65$ serta distabilisasi dengan 8% kapur menjadi $PI= 26,43\%$, atau terjadi penurunan nilai plastisitas $F_t = 0,54$.

2. Perubahan Ukuran Butir

Tanah lempung sebelum dilakukan stabilisasi mempunyai ukuran butir : lolos saringan No 200 = 97,06%, pasir 2,94%, lanau 53,06 % dan lempung 44,00%.

Setelah dilakukan stabilisasi dengan kapur 4%, 6% dan 8% selama waktu pemeraman 7 hari, ukuran butir berubah menjadi :

Pada campuran 4% kapur, lolos saringan No 200 = 73,86%, pasir = 26,14%, lanau 51,86% dan lempung =22,0%. Pada campuran 6% kapur, lolos saringan No 200 = 68,42%, pasir = 31,58%, lanau 60,92% dan lempung = 7,5%.

Pada campuran 8% kapur, lolos saringan No 200 = 64,00%, pasir = 36,00%, lanau 59,00% dan lempung = 5,0%.

3. Perubahan Pengembangan Volume

Tanah lempung sebelum distabilisasi mempunyai nilai pengembangan volume $PV = 5,15 \%$. Setelah dilakukan stabilisasi dengan kapur selama pemeraman 7 hari, maka perubahan nilai PV adalah :

Campuran 4% kapur, nilai pengembangan volume menjadi $PV= 1,11 \%$ atau terjadi pengurangan $F_t=0,21$ dan campuran 6% kapur, nilai pengembangan volume

menjadi $PV = 0,35 \%$ atau terjadi pengurangan $F_t = 0,07$ dan campuran 8% kapur, nilai pengembangan volume menjadi $PV = 0,08 \%$ atau terjadi pengurangan $F_t = 0,02$.

V. KESIMPULAN

Stabilisasi tanah lempung dengan menggunakan bahan stabilisasi kapur dapat merubah sifat fisik dan teknis. Dengan kadar campuran kapur 4%, 6% dan 8% perubahan sifat-sifat tanah meliputi :

1. Meningkatkan kekuatan tanah.
Kekuatan tanah lempung yang mempunyai nilai CBR dan kuat tekan bebas (q_u) yang relatif kecil, setelah distabilisasi dengan kapur, daya dukungnya menjadi meningkat, Pada pemeraman 7 hari, faktor peningkatan kekuatan (F_k) tanah yang dinyatakan dengan nilai CBR adalah berkisar $F_k = 11,53 - 15,89$, sedangkan nilai kuat tekan bebas q_u berkisar $F_k= 3,27 - 4,26$.
2. Menurunkan nilai indeks plastisitas (PI)
Nilai indeks plastisitas tanah lempung yang tinggi, setelah distabilisasi dengan kapur nilai PI menjadi lebih kecil.
Pada pemeraman 7 hari faktor penurunan (F_t) indeks plastisitas $F_t = 0,92 - 0,54$.
3. Merubah ukuran butir yang halus menjadi lebih kasar
Tanah lempung yang mempunyai butiran halus setelah distabilisasi dengan kapur, butiran ini berubah menjadi lebih kasar yaitu berupa tanah lanau dan pasir. Tanah lanau juga mengalami perubahan menjadi lebih kasar yaitu berupa tanah pasir
4. Memperkecil pengembangan volume (PV)
Nilai pengembangan volume tanah lempung yang dipadatkan, setelah distabilisasi dengan kapur nilai PV menjadi lebih kecil. Pada pemeraman 7 hari faktor penurunan (F_t) nilai pengembangan volume $F_t = 0,21 - 0,07$.

DAFTAR PUSTAKA

1. Bowles, J.E Physical and Geotechnical Properties of Soil, Mc Graw Hill Book Company, 1979.
2. Department of The Environment Transport And Road Research Laboratory, Soil Mechanics for Road Engineer, London Her Majesty's Stationary Office, 1952.
3. Ingles O G and Matcaff J H, Soil Stabilization Principles and Practice, Butterworths, Sydey 1972
4. Manual For Design and Construction of Cement and Lime Stabilized Pavement Materials, 1998, Institute of Road Engineering, Ministry of Public Works.

Penulis :

M. Suherman, Peneliti Madya Bidang Geoteknik, Pusat Litbang Prasarana Transportasi

