

**PENGARUH TEMPERATUR DAN PERENDAMAN LUMPUR  
LAPINDO TERHADAP NILAI STABILITAS  
CAMPURAN ASPAL BETON (LASTON)**

**THE EFFECT OF TEMPERATURE AND LAPINDO MUD  
IMMERSION ON STABILITY OF ASPHALT CONCRETE (LASTON)**

**Hendi Bowoputro, Amelia K. Indriastuti, Asrizal Fahmi Hatta  
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya Malang  
Jl. MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia  
E-mail : bowopu94@yahoo.com**

**ABSTRAK**

Lumpur panas Lapindo yang merusak sebagian badan jalan Tol Surabaya-Malang pada KM 38-39, seringkali merendam perkerasan pada Jalan Raya Porong saat terjadi kebocoran tanggul. Pada saat terjadi kebocoran tanggul lumpur panas Lapindo maka lapis perkerasan pada Jalan Raya Porong menjadi terendam. Lumpur panas yang keluar disertai gas hidrogen sulfida ( $H_2S$ ) juga mengandung berbagai macam zat kimia dan logam dengan temperatur awal yang cukup bervariasi. Hal ini diprediksi akan berpengaruh terhadap kekuatan (stabilitas) lapis perkerasan aspal beton pada Jalan Raya Porong. Penelitian dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur lumpur panas Lapindo dan lama waktu perendaman terhadap nilai stabilitas campuran Laston.

Penelitian ini menggunakan 4 variasi temperatur, yaitu  $25^{\circ}C$ ,  $50^{\circ}C$ ,  $75^{\circ}C$ , dan  $100^{\circ}C$  dengan 5 variasi waktu perendaman, yaitu 1, 7, 14, 21, dan 28 hari. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa pada setiap perlakuan temperatur perendaman  $50^{\circ}C$ , nilai stabilitas benda uji selalu lebih tinggi dibanding dengan yang pada perendaman  $25^{\circ}C$ , dan terjadi penurunan nilai stabilitas pada skenario  $75^{\circ}C$  serta  $100^{\circ}C$ . Diketahui pula bahwa benda uji yang direndam pada temperatur  $100^{\circ}C$  selama 28 hari telah mengalami penurunan nilai stabilitas dari 1456.5 kg (tanpa perendaman) menjadi sebesar 689.1 kg, yang berarti terjadi penurunan lebih dari 50%. Kesimpulan yang diperoleh adalah temperatur dan lama perendaman telah menurunkan nilai stabilitas atau berdampak negatif pada stabilitas LASTON.

Kata kunci : jalan, lumpur, LAPINDO, LASTON, perendaman, stabilitas, temperatur

**ABSTRACT**

Lapindo mud volcano that damages part of Surabaya-Malang Toll Road (at KM 38-39), sometimes immerses the pavement of Porong Road, when the barrier seeped out. The hot mud flows with sulfide hydrogen gas ( $H_2S$ ) also contain various chemical and metal materials in a variety of temperature, thus, this will effect on the pavement of Porong Road. This research aims to find the effect of the mud's initial soaking temperature and soaking time period of LASTON in Lapindo mud volcano to the LASTON stability.

This experiment used four variations of initial soaking temperature ( $25^{\circ}C$ ,  $50^{\circ}C$ ,  $75^{\circ}C$ , and  $100^{\circ}C$ ) and five of soaking time period (1, 7, 14, 21, and 28 days). The result from Marshall Testing Machine shows that in each experiment using  $50^{\circ}C$  initial soaking temperature, the stability of the samples are better than the ones using  $25^{\circ}C$  initial soaking temperature, and the stability decreases at the initial soaking temperature of  $75^{\circ}C$  and  $100^{\circ}C$ . For the samples soaked in the  $100^{\circ}C$  initial soaking temperature for 28 days, the stability decreases from 1456.5 kg to 689.1 kg, means more than 50% reduction compare to the stability of the un-soaked LASTON samples. Thus, the conclusion is that the initial soaking temperature and soaking time period have negative effects on the stability of LASTON.

Keywords : AC, LAPINDO, mud, road, soaking, stability, temperature

## PENDAHULUAN

Bencana semburan lumpur panas melalui sumur pengeboran minyak PT. Lapindo Brantas membawa kerugian yang sangat besar. Kerugian ini dirasakan oleh warga sekitar lokasi semburan lumpur panas dalam radius hampir 3 kilometer, PT. Lapindo Brantas sendiri, Pemerintah, serta para pengguna jalan di kawasan Porong, baik tol maupun non tol. Aliran lumpur panas yang keluar dari luapan tanggul atau kebocoran tanggul sering kali merendam Jalan Raya Porong yang merupakan akses utama Pantura. Lumpur panas Lapindo yang keluar disertai gas hidrogen sulfida ( $H_2S$ ) ini mempunyai temperatur awal yang bervariasi dan mengandung berbagai macam senyawa kimia. Diperkirakan hal ini akan berpengaruh pada konstruksi perkerasan yang terendam lumpur. Lapisan permukaan pada konstruksi perkerasan Jalan Raya Porong adalah LASTON, yang merupakan lapisan teratas yang langsung menerima dan menyalurkan beban lalu lintas ke lapisan di bawahnya dan berinteraksi langsung dengan pengaruh luar seperti panas matahari, air hujan, temperatur dan juga lumpur panas pada kajian ini. Aspal sebagai bahan pengikat LASTON merupakan senyawa hidrokarbon yang bersifat termo-plastis sangat rentan terhadap perubahan temperatur dan senyawa kimia yang bersifat korosif. Sehingga dalam kasus terendahnya Jalan Raya Porong tersebut, senyawa-senyawa kimia dan temperatur yang tinggi pada lumpur panas akan berpengaruh terhadap karakteristik dan durabilitas campuran LASTON tersebut. Pada penelitian ini dirumuskan suatu masalah, yaitu “bagaimana pengaruh terendahnya campuran LASTON dengan variasi temperatur dan lama waktu terendahnya dalam lumpur panas Lapindo terhadap karakteristik campuran LASTON?”

## TUJUAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur dan lama waktu perendaman lumpur panas Lapindo terhadap stabilitas dan durabilitas campuran LASTON.



**Gambar 1.** Kondisi Jalan Raya Porong yang Terendam Lumpur Lapindo

## TINJAUAN PUSTAKA

### Lapis Aspal Beton (LASTON)

Lapis Aspal Beton (LASTON) merupakan salah satu jenis konstruksi perkerasan lentur yang tersusun dari campuran agregat mineral panas bergradasi rapat dengan aspal panas dari pabrik (Oglesby and Hicks, 1996). Agregat dan aspal dicampur dalam keadaan panas, sehingga biasa disebut sebagai “hot mix” (campuran panas). LASTON dapat melayani kendaraan berat dengan volume yang tinggi dan dapat segera dilewati setelah penghamparan dan pemadatan selesai. Sesuai fungsinya, Laston dibedakan menjadi:

1. Lapisan aus, dikenal dengan nama AC-WC (*Asphalt Concrete-*

*Wearing Course*), tebal minimum 4 cm.

2. Lapisan pengikat, dikenal dengan nama AC-BC (*Asphalt Concrete-Binder Course*), tebal minimum 5 cm.
3. Lapisan pondasi, dikenal dengan nama AC-base (*Asphalt Concrete-Base*) atau ATB (*Asphalt-Treated Base*), tebal minimum 6 cm.

Krebs, et al. (1971) menyatakan bahwa campuran beraspal harus memiliki karakteristik sebagai berikut:

1. **Stabilitas:** kemampuan lapisan perkerasan menerima beban lalu-lintas tanpa terjadinya perubahan bentuk seperti gelombang, alur, ataupun bleeding.
2. **Durabilitas (keawetan/daya tahan);** diperlukan pada lapisan permukaan sehingga lapisan mampu menahan keausan akibat pengaruh cuaca, air, dan perubahan temperatur ataupun keausan akibat gesekan roda kendaraan.
3. **Fleksibilitas (kelenturan):** kemampuan lapisan untuk berdeformasi dan kembali ke posisi semula sebelum lapisan tersebut dibebani, sampai pada batas tertentu dimana deformasi tersebut menjadi plastis, dan kemudian timbul retak apabila pembebanan berulang.
4. **Ketahanan Gesekan (*skid resistance*):** kekesatan yang diberikan oleh perkerasan sehingga kendaraan tidak mengalami slip baik di waktu hujan maupun di waktu kering. Kekesatan dinyatakan dengan koefisien gesek antara permukaan jalan dan ban kendaraan.

### **Lumpur Lapindo**

Menurut UNDAC (2006), lumpur panas yang memancar keluar dari dalam tanah merupakan salah satu fenomena

geologi yang dikenal sebagai Lumpur Vulkanik. Lumpur vulkanik merupakan gunung berapi kecil berbentuk kerucut yang berisi lumpur dan tanah liat. Lumpur vulkanik ini terbentuk dari campuran air panas dan sedimen (lumpur dan tanah liat). Lumpur dan tanah liat itu berasal dari batuan dari magma jauh di dalam tanah yang mengubah air tanah menjadi cairan asam panas yang secara kimia mengubah batuan menjadi lumpur dan tanah liat. Proses keluarnya lumpur vulkanik adalah dengan cara keluar secara perlahan melalui rongga-rongga tanah seperti aliran cairan lava atau terlontar keluar ke udara seperti pancuran cairan lava dengan membawa gas vulkanik dan air mendidih. Penjelasan yang mungkin tentang sebab letusan lumpur vulkanik adalah lapisan lumpur yang tertekan oleh gas yang juga mengandung hidrogen sulfida ( $H_2S$ ), yang tertembus secara vertikal oleh sumur pengeboran gas dari permukaan tanah.

Pada 21 Juni 2006, volume lumpur panas yang memancar keluar sekitar 40 ribu  $m^3$ /hari dan jumlah itu terus bertambah. Ketinggian tanggul penahan luberan di sekitar pusat semburan lumpur panas mencapai 26 meter dan mengalami jebol berulang kali.

### **Kandungan Bahan Anorganik dan Kimia dalam Lumpur Panas Lapindo**

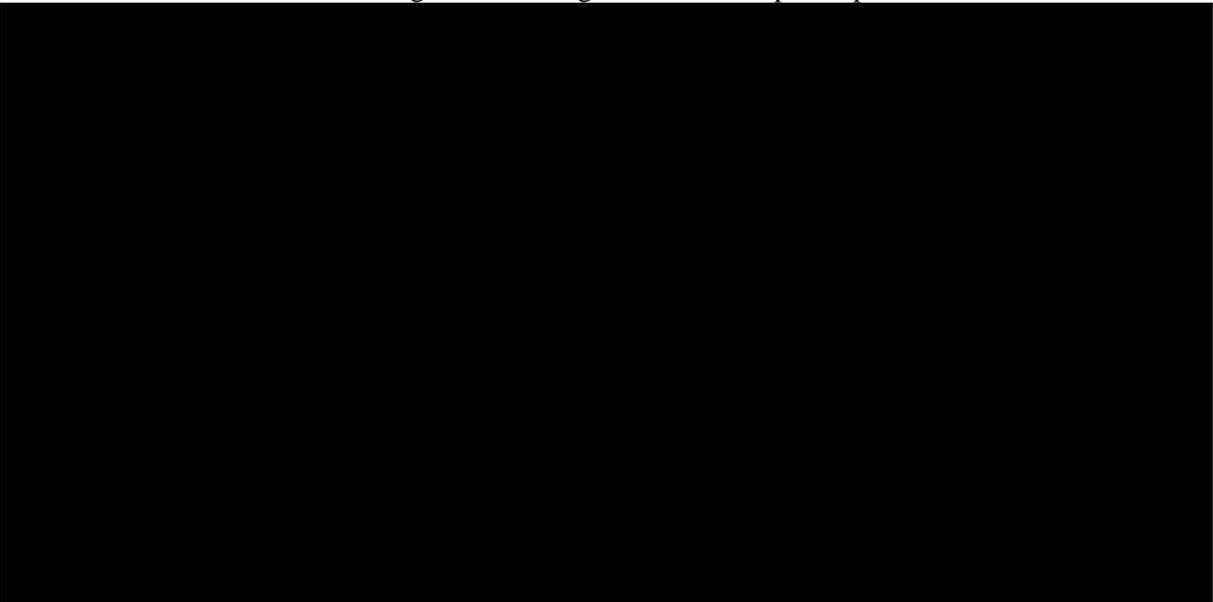
Kandungan bahan anorganik dan kimia dalam lumpur Lapindo pada setiap lokasi sangat beragam, sehingga penelitian harus dilakukan pada banyak lokasi dengan radius yang berbeda-beda dari pusat semburan lumpur panas. UNDAC (2006) menemukan kandungan anorganik dan logam dalam lumpur Lapindo, sebagaimana diperlihatkan dalam Tabel 1 dan Tabel 2.

**Tabel 1.** Kandungan Bahan Anorganik dalam Lumpur Lapindo



*sumber : UNDAC, 2006*

**Tabel 2.** Kandungan Bahan Logam dalam Lumpur Lapindo



*Sumber : UNDAC, 2006*

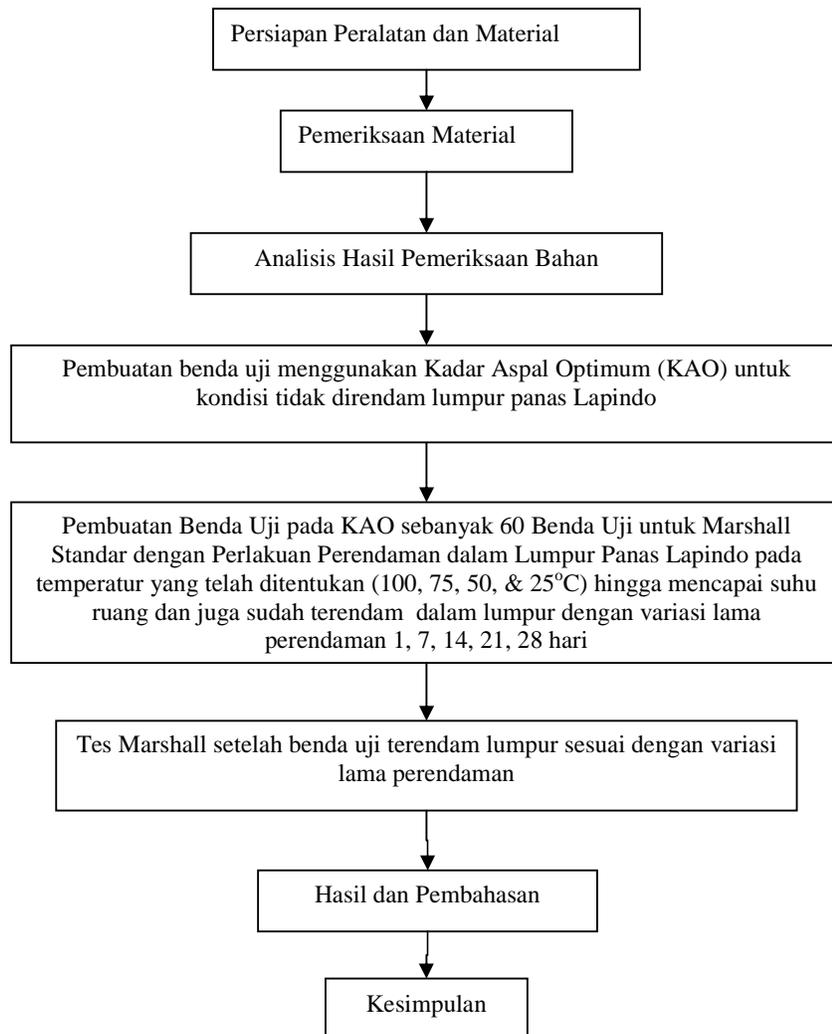
Hasil penelitian Badan Pengkajian dan Pengembangan Teknologi (BPPT) juga menemukan bahwa kandungan bahan kimia lumpur yang menyembur di Porong, Sidoarjo, itu antara lain *phenol*, sejenis alkohol yang sangat mudah terbakar, dan senyawa *chlor* yang berpotensi menjadi racun jika menjadi gas klorida. Selain itu, terdapat juga logam berat seperti raksa (hg), kromium, kadmium, dan besi. Kandungan sulfur (belerang) yang cukup banyak baik yang berbentuk gas (seperti gas H<sub>2</sub>S atau hidrogen sulfida) diprediksi akan menimbulkan efek negatif terhadap LASTON. Sifat sulfur itu sendiri pada temperatur dan tekanan biasa memiliki sifat isolator, walaupun penelitian belerang pada tekanan tinggi menunjukkan bukti superkonduktivitas belerang cukup tinggi.

Lain halnya dengan gas H<sub>2</sub>S (Hidrogen Sulfida/amoniak) yang mudah terbakar yang sangat mungkin mengakibatkan kerusakan pada aspal, karena sifatnya yang korosif. Dua hal yang bertolak belakang ini akan sangat menarik untuk dapat diketahui pengaruhnya terhadap karakteristik campuran LASTON melalui penelitian ini.

#### **Temperatur Awal Lumpur Panas Lapindo**

Dari penelitian di lapangan yang dilakukan oleh berbagai pihak, diketahui bahwa temperatur lumpur Lapindo mencapai 100°C pada pusat semburan dan 70°C pada daerah di luar pusat semburan. Temperatur pada kondisi maksimum yang bisa diterima oleh LASTON yaitu 60°C.

## METODE PENELITIAN



**Gambar 2.** Metode Penelitian

### **Perendaman Campuran LASTON dalam Lumpur Panas Lapindo**

Perendaman dilakukan dengan cara sebagai berikut :

1. 60 benda uji direndam dalam 4 bak (masing-masing 15 benda uji) berisi lumpur panas Lapindo dengan variasi temperatur awal 100, 75, 50, dan 25°C secara menyeluruh sehingga semua sisi pada tiap benda uji terendam dalam lumpur panas, lalu dibiarkan hingga temperatur lumpur mencapai temperatur ruang (25°C).
2. Kemudian benda uji dibiarkan terendam lumpur (pada temperatur

ruang) selama variasi lama waktu perendaman 1, 7, 14, 21, dan 28 hari

3. Tiga benda uji diuji dengan Marshall Test pada hari ke-1 setelah direndam dalam lumpur, lalu tiga benda uji pada hari ke-7, selanjutnya masing-masing tiga benda uji pada hari ke-14, 21, dan 28.

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Penelitian ini menggunakan dua variabel penjelas yaitu : variasi temperatur awal lumpur panas Lapindo dan variasi lama waktu perendaman. Variabel respon pada penelitian ini adalah stabilitas. Analisis data hasil penelitian dilakukan dengan model analisa varian dua arah dan

analisa regresi. Hasil analisis varian pada Tabel 3 menunjukkan  $H_0$  ditolak, dimana  $H_0$  = Hipotesis yang menyatakan bahwa tidak ada pengaruh variasi temperatur awal lumpur panas Lapindo dan variasi lama waktu perendaman atau interaksi keduanya terhadap karakteristik campuran LASTON.  $H_1$  = Hipotesis yang menyatakan ada pengaruh variasi temperatur awal lumpur panas Lapindo dan variasi lama waktu perendaman atau interaksi keduanya terhadap karakteristik campuran LASTON sehingga dapat diketahui bahwa variasi temperatur awal perendaman, lama waktu perendaman, dan interaksi antar keduanya memberikan pengaruh terhadap nilai stabilitas. Sedangkan dari hasil analisa regresi didapatkan persamaan:

$$Y = 1039,508 + 14,540 X + 11,474 Z - 4,30 \cdot 10^{-3} XZ - 0,963 X^2 - 0,111 Z^2$$

Dimana :

Y = Stabilitas

X = Lama Waktu Perendaman

Z = Temperatur Awal

Perendaman.

**Tabel 3.** Hasil Analisis Varian Dua Arah Terhadap Nilai Stabilitas

Pengaruh Variasi	Derajat Kebebasan (Db)	Jumlah kuadrat (JK)	Rataan Kuadrat (KT)	Fhitung	Ftabel	Keterangan
Temperatur Awal Perendaman	3	621065.21	207021.74	1302.68	89.44%	50 °C
Lama Waktu Perendaman	4	1387801.674	346950.42	1248.76	85.74%	75 °C
Interaksi A & B	12	255083.626	21256.97	79.04	2.84	Tolak $H_0$
Galat	40	104767.595	2619.19	1205.67	82.78%	100 °C
Jumlah	60	82646207.2				

### 1. Hasil Analisis Pengaruh Temperatur Awal Lumpur Panas Lapindo

Hasil analisis pengaruh temperatur awal lumpur panas Lapindo terhadap stabilitas benda uji campuran LASTON bisa dilihat pada Tabel 4 dan Gambar 3. Dari grafik terlihat bahwa pengaruh temperatur awal lumpur panas sangat besar terhadap stabilitas campuran LASTON.

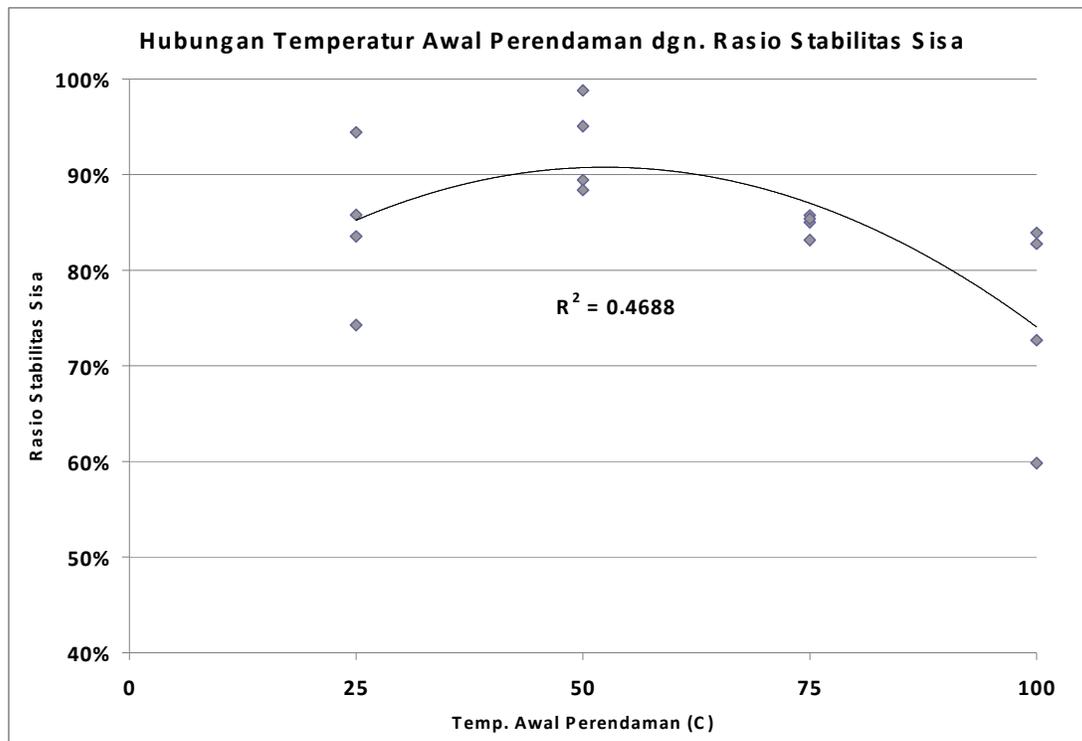
Setiap pada temperatur awal perendaman lumpur 50°C, nilai stabilitas benda uji selalu mengalami peningkatan dibanding dengan stabilitas pada temperatur awal perendaman 25°C dan mengalami penurunan stabilitas pada temperatur awal perendaman 75°C dan 100°C. Penurunan stabilitas yang sangat drastis terutama di temperatur awal perendaman 100°C pada hari ke-28.

Besarnya penurunan dan perbandingan nilai stabilitas antara benda uji yang direndam dengan yang tidak direndam dalam lumpur panas dinyatakan sebagai Rasio Stabilitas Sisa dengan formula (rumus) sebagai berikut:

$$\text{Rasio Stabilitas Sisa} = \frac{\text{stabilitas benda uji yang direndam dalam lumpur perendaman}}{\text{stabilitas benda uji pada kondisi normal (tidak direndam)}} \times 100\%$$

**Tabel 4.** Hasil Nilai Stabilitas Rata-rata dari 3 Benda Uji tiap Perlakuan

Waktu Rendam	Stabilitas (kg)	Rasio Stabilitas Sisa	Temperatur Awal Perendaman
Tidak direndam	1456.50	100%	-
1 Hari	1375.44	94.43%	25 °C
1 Hari	1439.36	98.82%	50 °C
1 Hari	1211.23	83.16%	75 °C
1 Hari	1058.83	72.70%	100 °C
7 Hari	1216.84	83.55%	25 °C
7 Hari	1248.76	85.74%	50 °C
7 Hari	1205.67	82.78%	75 °C
14 Hari	1249.66	85.80%	25 °C
14 Hari	1384.90	95.08%	50 °C
14 Hari	1238.39	85.03%	75 °C
14 Hari	1222.24	83.92%	100 °C
21 Hari	1081.81	74.27%	25 °C
21 Hari	1287.57	88.40%	50 °C
21 Hari	1243.82	85.40%	75 °C
21 Hari	871.63	59.84%	100 °C
28 Hari	903.20	62.01%	25 °C
28 Hari	1070.01	73.46%	50 °C
28 Hari	832.88	57.18%	75 °C
28 Hari	689.10	47.31%	100 °C

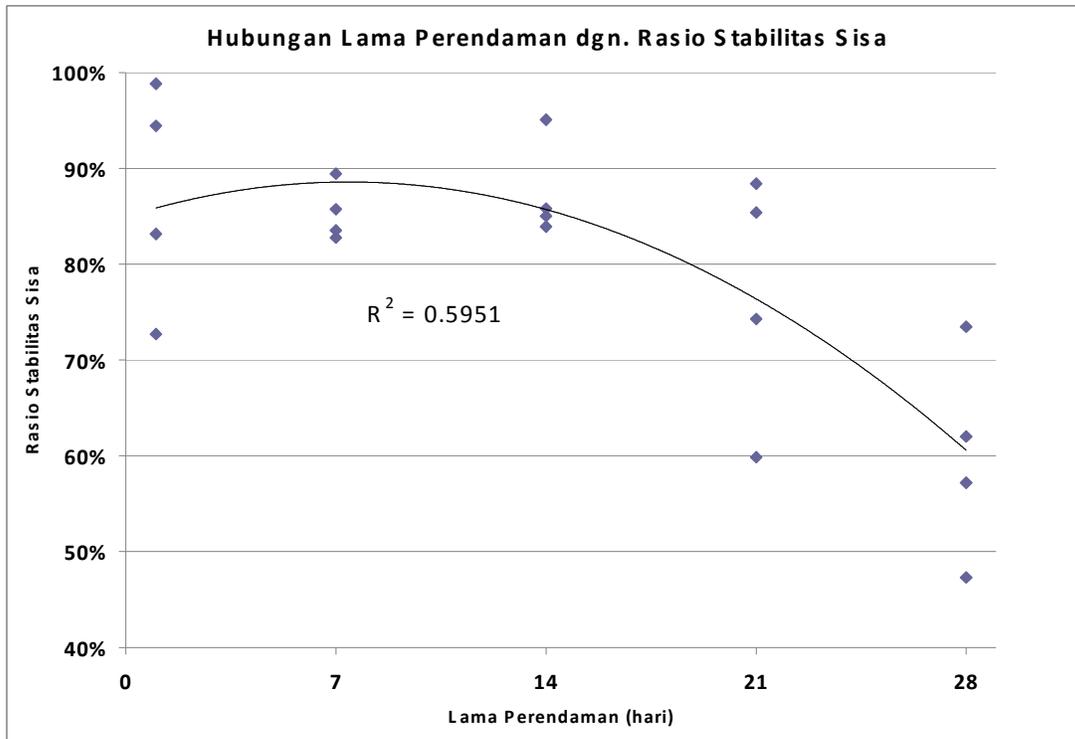


Gambar 3. Grafik Hubungan Temperatur Awal Perendaman dengan Rasio Stabilitas Sisa

## 2. Hasil Analisis Pengaruh Lama Waktu Perendaman dalam Lumpur Panas Lapindo

Hasil analisis pengaruh lama waktu perendaman dalam lumpur panas lapindo dapat dilihat pula pada Tabel 4 dan Gambar 4. Rasio stabilitas sisa meningkat pada waktu perendaman 7 hari untuk temperatur awal perendaman 75 °C dan 100 °C, dibandingkan pada perendaman 1 hari. Di sini terlihat bahwa pada temperatur yang relatif tinggi atau di atas titik lembek aspal, terjadi reaksi kimia antara aspal dengan kandungan sulfur dalam lumpur panas lapindo. Meskipun diketahui titik leleh sulfur antara 119,3 °C sampai dengan 150 °C (*Shell Bitumen*

*Handbook*, 1990). Salah satu kemungkinan penjelasan dari kenaikan rasio stabilitas sisa adalah sebagai berikut, yaitu pada saat perendaman sampai dengan 7 hari, sulfur yang terkandung dalam lumpur panas bereaksi dengan aspal dan meningkatkan penetrasi aspal, yang kemudian meningkatkan rasio stabilitas sisa. Hal ini juga telah dibuktikan pada penelitian terdahulu, yaitu penambahan belerang dalam campuran LASTON, akan meningkatkan Indeks Kekuatan Sisa dari 84,5 % menjadi 85 % (Utama, 2006). Namun untuk perendaman yang lebih lama dari 7 hari, kandungan gas H<sub>2</sub>S dan zat-zat korosif lainnya dalam lumpur panas lapindo, menurunkan rasio stabilitas sisa.



**Gambar 4.** Grafik Hubungan Lama Perendaman dengan Rasio Stabilitas Sisa

## KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diperoleh dari hasil analisis adalah sebagai berikut:

1. Pengaruh temperatur awal perendaman lumpur panas sangat besar terhadap stabilitas campuran LASTON. Hal ini diperlihatkan pada Gambar 3. Namun terdapat fenomena yang menarik yaitu pada setiap temperatur awal perendaman lumpur 50 °C nilai stabilitas benda uji selalu mengalami peningkatan dibanding dengan stabilitas pada temperatur awal perendaman 25 °C dan mengalami penurunan stabilitas pada temperatur awal perendaman 75 °C dan 100 °C.
2. Lama waktu perendaman juga berpengaruh terhadap nilai stabilitas. Penurunan nilai stabilitas bahkan bisa mencapai lebih dari 50% nilai stabilitas campuran LASTON yang tidak direndam, yaitu pada benda uji yang direndam pada temperatur awal 100 °C selama 28 hari (Gambar 4), nilai stabilitasnya mengalami penurunan dari 1456.50 kg (100%) menjadi sebesar 689.10 kg (47,31%).

## SARAN

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari penelitian ini, dapat disarankan beberapa hal terkait penelitian lanjutan dan penanganan jalan yang terendam lumpur lapindo, sebagai berikut:

1. Perlu adanya penelitian lebih lanjut dengan skala penuh struktur perkerasan lentur yang terdiri atas lapis pondasi bawah, lapis pondasi atas, dan lapis permukaan, agar diketahui pengaruh perendaman lumpur tersebut secara menyeluruh.
2. Pembersihan jalan dari rendaman lumpur panas lapindo akibat tanggul bocor atau meluap hendaknya tidak lebih dari 1 hari. Namun bila tidak memungkinkan dapat lebih dari 1 hari tetapi tidak melebihi 7 hari.

## DAFTAR PUSTAKA

- Oglesby, C.H. & Hicks, R.G. (1996). **Highway Engineering** John Wiley & Sons, New York, USA.
- Departemen Pekerjaan Umum. (1987). **Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (LASTON) Untuk Jalan Raya**. Yayasan Badan Penerbit PU, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum. (1990). **Metode Pengujian Campuran Aspal dengan Alat Marshall**, SK SNI M – 58 – 1990 – 03, Yayasan Badan Penerbit PU, Jakarta.
- Utama, D. (2006). **Pengaruh Penggunaan Belerang pada Campuran Aspal Beton Panas Lapis Permukaan Perkerasan Lentur**, *Proceeding Simposium IX FSTPT*, Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia.
- Krebs, R.D. & Walker, R.D. (1971). **Highway Materials**, McGraw-Hill Book Company, New York, USA.
- Shell Bitumen. (1990). **The Shell Bitumen Handbook, Design and Print Partnership Limited**, East Molesey, Surrey, United Kingdom.
- United Nations Disaster Assessment and Coordination (UNDAC). (2006). **Environmental Assessment Hot Mud Flow East Java, Indonesia**. Final Technical Report United Nations Disaster Assessment and Coordination (UNDAC), Swiss.