

PENGARUH KANDUNGAN MINYAK DAN DETERJEN DALAM AIR CAMPURAN BETON TERHADAP KUAT TEKAN

IM TAPAYASA¹⁾, IW. BUDIARSA SUYASA²⁾, IMD.ADHKA²⁾

¹⁾Teknik Sipil Politeknik Negeri Bali

²⁾Program Magister Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Unud

ABSTRAK

Beton merupakan suatu bahan/batuan buatan yang dihasilkan dengan mencampurkan agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil), semen *portland* dan air sesuai Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI) 1971 NI-2. Kadar deterjen (LAS) dan Solar, LAS + Solar diberikan pada setiap perlakuan masing-masing 0%; 1% ; 2,5 ; 5% terhadap air pencampur sampai mendapatkan standar minimal kuat tekan menurut SNI. Dari hasil penelitian terlihat kandungan LAS 0,3 % mendapatkan kuat tekan beton sebesar 23,578 Mpa pada umur 7 hari dan 28,654 Mpa pada umur 28 hari sesuai persyaratan minimal SNI dengan persentase sebesar 90,24 % dan 89,67 %. Dengan kandungan Solar 5 % mendapatkan kuat tekan beton sebesar 23,536 Mpa pada umur 7 hari dan 28,717 Mpa pada umur 28 hari sesuai persyaratan minimal SNI dengan persentase sebesar 90,08 % dan 89,87 %. Dengan kandungan campuran LAS dan Solar 0,2% mendapatkan kuat tekan beton sebesar 23,610 Mpa pada umur 7 hari dan 28,698 Mpa pada umur 28 hari sesuai persyaratan minimal SNI dengan persentase sebesar 90,36 % dan 89,81 %.

Kata Kunci : LAS, Solar, Air Pencampur, Kuat Tekan Beton.

ABSTRACT

The concrete represent materials/rock that is yielded by mixing smooth aggregate (sand), harsh aggregate (gravel), water and portland cement according to Regulation of Reinforced Concrete Indonesia (PBI) 1971 NI-2. Detergent concentraton (LAS) and Diesel fuel, LAS + Diesel fuel was added in each treatment of 0%; 1 ; 2,5 ; 5% to mixed water until attain minimum standard of depress strength according to SNI. From result of research revealed that content of LAS 0,3 % aftarned depress strength concrete equal to 23,578 Mpa at 7 day and 28,654 Mpa at 28 day according to minimum requirment of SNI with ercentage equal to 90,24 % and 89,67 %. With Diesel fuel content 5 % aftarned depress concrete strength equal to - 23,536 Mpa at 7 day and 28,717 Mpa at 28 days according to minimum requitement of SNI with percentage equal to 90,08 % and 89,87 %. With mixture content of LAS and Diesel of fuel 0,2% aftarned depress concrete strength equal to 23,610 Mpa at 7 days and 28,698 Mpa at 28 days according to minimum requirement of SNI with percentage equal to 90,36 % and 89,81 %.

Keyword: LAS, Diesel Fuel, an mixed water, Concrete Depress Strength.

PENDAHULUAN

Perairan merupakan salah satu komponen lingkungan yang memiliki fungsi penting bagi manusia, termasuk untuk menunjang pembangunan perekonomian masyarakat. Peningkatan jumlah dan kesejahteraan penduduk serta peningkatan kegiatan pembangunan di berbagai bidang, selain menyebabkan peningkatan kebutuhan air bersih, juga menimbulkan potensi meningkatnya beban pencemaran terhadap perairan dan kerusakan lingkungan. Dari penelitian Bapedalda Provinsi Bali Tahun 2004 deterjen 0,006 mg/l dan minyak 0,0019 mg/l.

Penelitian PPLH Universitas Udayana (2006) menunjukkan beberapa kegiatan usaha meliputi Rumah Sakit, Laboratorium Kesehatan, Perbengkelan, Sablon dan Batik, Percetakan, dan Cuci Cetak Film masih membuang limbah ke lingkungan tanpa pengolahan selayaknya, bahkan dibuang secara langsung ke lingknagan. Hal ini tidak disadari telah mencemari lingkungan perairan di Kota Denpasar dan mengancam kesehatan lingkungan yang makin buruk dikemudian hari. Dengan demikian sumber pencemar yang dapat mencemari perairan di kota Denpasar dapat digolongkan menjadi (1) aktivitas pemukiman penduduk; (2) berbagai kegiatan

usaha/industri meliputi industri makanan, minuman, bengkel, percetakan, laundry hingga batik sablon (pencelupan); dan (3) aktivitas pertanian dan peternakan yang masih ada di wilayah perkotaan. Limbah dari semua aktivitas perkotaan tersebut dapat mengandung berbagai bahan organik (minyak, deterjen, dan fenol) maupun anorganik (nitrat, ammonia, sulfide berbagai logam berat) yang secara langsung dan tidak langsung telah menimbulkan pencemaran lingkungan dan berdampak pada perubahan dan penurunan kapasitas ekosistem, khususnya perairan.

Disamping memiliki kelebihan, beton juga memiliki kelemahan dan keterbatasan dalam penggunaannya. Beton merupakan bahan yang getas dan mempunyai tegangan tarik yang rendah, nilai kuat tarik beton berkisar antara 9% sampai 15% dari kuat desaknya oleh sebab itu, beton umumnya tidak dibebani tarik, semua gaya tarik akan dilimpahkan ke baja tulangan. Beton juga memiliki sifat susut dan rangkak (*creep*) yang perlu diperhatikan dalam perencanaannya (Dipohusoso, 1996). Sebagaimana diketahui bahwa kuat tekan beton banyak dipengaruhi oleh bahan pembentuknya: semen, agregat kasar, agregat halus dan air, sehingga kontrol kualitas dari bahan-bahan tersebut maupun komposisinya di dalam beton harus diperhitungkan dengan seksama agar dapat diperoleh beton

sesuai dengan persyaratan yang diinginkan. Dalam SNI 03-2847-2002 disebutkan bahwa : air yang digunakan pada campuran beton harus bersih dan bebas dari bahan-bahan merusak yang mengandung oli, asam, alkali, garam, bahan organik, atau bahan-bahan lainnya yang merugikan terhadap beton atau tulangan.

Berbagai macam zat terlarut dapat terkandung dalam air yang ada di bumi ini, tergantung tempat terdapatnya air tersebut. Banyak dan jenis zat yang terlarut dapat digunakan sebagai ukuran dari kualitas air. Zat-zat yang terlarut, misalnya garam-garam klorida, nitrat, bikarbonat, karbonat dan garam-garam sulfat dari natrium, kalium, magnesium, kalsium, zat deterjen, zat minyak dan sebagainya. Unsur minyak dalam air maksimum 2% berat semen (PB -0305 - 76). Dengan demikian untuk mengetahui bagaimana pengaruh masing-masing jenis senyawa minyak dan deterjen tersebut terhadap kuat tekan beton untuk itulah tergerak meneliti minyak dan deterjen dalam air pencampur terhadap kuat tekan beton, dimana PDAM sebagai metode kontrol. Permasalahan yang dihadapi adalah berapa besar kandungan minyak, deterjen dan campuran minyak - deterjen dalam air campuran beton terhadap kuat tekan beton. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan kandungan minyak maksimum dalam campuran beton terhadap kuat tekan beton yang memenuhi standar minimal SNI, menentukan kandungan deterjen maksimum dalam campuran beton terhadap kuat tekan beton yang memenuhi standar minimal SNI, menentukan kandungan campuran minyak-deterjen maksimum dalam campuran beton terhadap kuat tekan beton yang memenuhi standar minimal SNI.

METODE PENELITIAN

Rancangan Penelitian

Benda uji dibuat dalam bentuk kubus dengan ukuran (150 x 150 x 150) mm. Campuran beton dengan komposisi berat yaitu 1 semen : 2 pasir : 3 kerikil, dengan faktor air semen tetap yaitu 0,5. Variasi kadar masing-masing minyak, deterjen dan minyak + deterjen dalam air pencampur sebesar 0%;1 %, 2,5%; 5% sampai mendapatkan standar minimal SNI. Setiap perlakuan dibuat dengan 3 benda uji. Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 7 dan 28 hari, sehingga jumlah benda uji keseluruhan adalah 72 buah benda uji.

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di laboratorium Pengujian Bahan Politeknik Negeri Bali, dengan perlakuan air yang ditambah minyak/deterjen, campuran minyak+deterjen untuk campuran beton dan berlangsung dalam waktu 3 (tiga) bulan dari persiapan sampai penyelesaian penulisan.

Pemilihan Bahan

Dalam penelitian ini, bahan-bahan yang akan digunakan harus memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan. Dalam hal ini perlu dilakukan percobaan pendahuluan untuk mengetahui sifat-sifat bahan yang nantinya dapat dipakai sebagai pedoman dalam pemilihan bahan, apakah bahan tersebut layak dipakai atau tidak sebagai bahan campuran beton normal. Adapun jenis bahan yang akan digunakan adalah sebagai berikut: semen, agregat halus, agregat kasar.

Analisis Data

Data yang diperoleh dari hasil penelitian dibuat dan disusun dalam tabel kemudian di analisis secara deskriptif komparatif mengacu pada SNI 03-2847-2002.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian Semen

Pemeriksaan terhadap berat satuan semen adalah untuk mengkonversikan berat ke volume atau sebaliknya. Bahan semen dibeli dari sebuah toko bangunan di Denpasar. Dari hasil pemeriksaan semen diperoleh berat satuan semen rata-rata 1,176 kg/lt.

Agregat Halus (Pasir)

Pemeriksaan agregat halus yang dilakukan meliputi berat satuan diperoleh diperoleh berat satuan pasir rata-rata 1,407 kg/lt, berat jenis 2,412 gr/cm³, penyerapan air 2,145% dan kandungan lumpur 4,35%. Gradasi agregat halus dirancang ukurannya memenuhi daerah gradasi zone 2 menurut SK SNI T-15-1990-03.

Agregat Kasar (Kerikil)

Pemeriksaan agregat kasar diperoleh berat satuan rata-rata 1,410% , berat jenis 2,001 gr/cm³ , penyerapan air 5,32% , pembubukan 24,04 gr dan kandungan lumpur 0,02%.

Nilai Slump dan Kuat Tekan Beton

Pengukuran nilai *slump* dimaksudkan untuk mengetahui tingkat kekentalan dari adukan beton yang selanjutnya dapat menggambarkan kelecakan dari campuran beton tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

Hasil pengujian kuat tekan beton rata-rata dari 3 buah benda uji dengan variasi kandungan LAS, Solar maupun LAS + Solar sebesar 0% - 5% untuk umur 7 hari dan 28 hari dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Nilai *Slump*

| | | | | |
|---------------------------|----|----|-----|-----|
| Kandungan LAS (%) | 0 | 1 | 2,5 | 5 |
| <i>Slump</i> (mm) | 75 | 50 | 130 | 140 |
| Kandungan Solar (%) | 0 | 1 | 2,5 | 5 |
| <i>Slump</i> (mm) | 75 | 60 | 50 | 10 |
| Kandungan LAS + Solar (%) | 0 | 1 | 2,5 | 5 |
| <i>Slump</i> | 75 | 15 | 25 | 90 |

Tabel 2. Hasil pengujian kuat tekan rata-rata beton

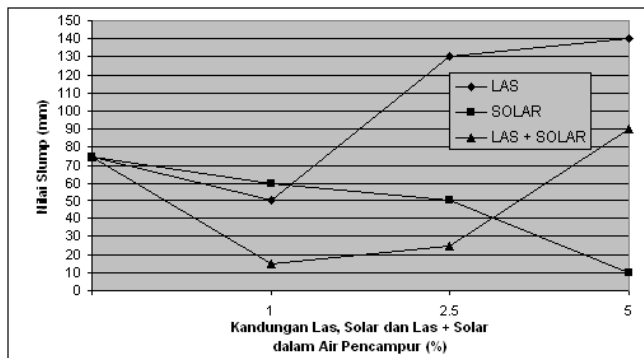
| Persentase (%) | Kuat tekan LAS (Mpa) | | Kuat tekan solar (Mpa) | | Kuat tekan LAS + Solar (Mpa) | |
|----------------|----------------------|---------|------------------------|---------|------------------------------|---------|
| | 7 hari | 28 hari | 7 hari | 28 hari | 7 hari | 28 hari |
| 0 | 26,129 | 31,954 | 26,129 | 31,954 | 26,129 | 31,954 |
| 1 | 17,071 | 22,995 | 25,112 | 31,199 | 12,433 | 17,114 |
| 2,5 | 12,208 | 16,741 | 24,373 | 30,353 | 12,252 | 16,615 |
| 5 | 11,502 | 13,963 | 23,826 | 28,717 | 3,428 | 8,05 |

**Pembahasan Hasil Penelitian
Semen, Agregat Halus, Agregat Kasar**

Berdasarkan hasil penelitian semen didapat berat satuan semen rata-rata sebesar 1,176 kg/lit sudah sesuai dengan sifat semen Portland yaitu dari 1,1 kg/lit – 1,25 kg/lit. Hasil analisa gradasi pasir diperoleh modulus kehalusan pasir sebesar 3,72 ini telah memenuhi standar SNI. Untuk menghindari terjadinya variasi hasil akibat pengaruh gradasi, digunakan gradasi agregat halus pasir yang masuk dalam daerah susunan butir zone 2. Kadar Lumpur pasir didapat sebesar 4,35 % yang berarti telah memenuhi persyaratan, dimana kadar lumpur disyaratkan < 5 %. Hasil analisa agregat kasar diperoleh modulus kehalusan agregat kasar sebesar 8,245. Hasil ini telah memenuhi persyaratan menurut SNI. Untuk menghindari terjadinya variasi hasil akibat pengaruh gradasi, digunakan gradasi agregat kasar dengan susunan butir maksimum 40 mm dengan persentase tembus kumulatif masuk dalam batas ukuran butir nominal 40 mm sampai 4,75 mm. Hasil pembubukan didapat sebesar 24,04 % ini menunjukkan telah memenuhi persyaratan berdasarkan SNI dimana keausan agregat kasar tidak boleh kehilangan berat sebesar 50 %.

Hubungan kandungan LAS, Solar dan Las + Solar dalam air pencampur beton dengan Nilai Slump.

Hubungan kandungan LAS, Solar dan LAS + Solar dalam air pencampur beton dengan nilai slump dapat dilihat pada Gambar 1.

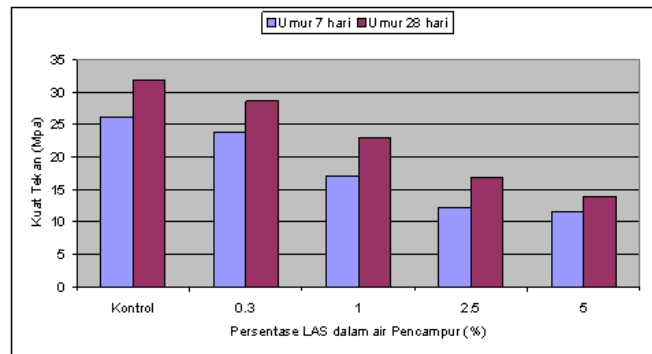


Gambar 1. Hubungan antara nilai slump dan kandungan LAS, Solar, Solar + Las dalam air pencampur

Gambar 1 menunjukkan bahwa nilai slump menurun dengan bertambahnya kandungan solar dalam air pencampur, sebaliknya nilai slump naik dengan bertambahnya kandungan LAS dan LAS + Solar juga dapat dilihat bahwa kehadiran LAS + Solar membuat nilai slump lebih rendah dibandingkan dengan nilai slump LAS. Penurunan yang terjadi pada kandungan 5% solar mencapai 65% mm atau sebesar 86,67% dibandingkan nilai slump pada kandungan solar 0%. Kenaikan yang terjadi pada kandungan 5% LAS mencapai 65 mm atau sebesar 86,67% dibandingkan nilai slump pada kandungan LAS 0%. Kenaikan yang terjadi pada kandung 5% LAS + Solar mencapai 15 mm atau sebesar 20% dibandingkan nilai slump pada kandungan LAS + Solar 0%.

Hubungan Kuat Tekan Beton dengan LAS dalam Air Pencampur

Dengan memberikan perlakuan LAS, kandungan kuat tekan beton dalam air pencampur menurun dibandingkan sebelum diberikan perlakuan LAS. Semakin tinggi LAS kekuatan tekan beton semakin menurun. Hubungan pengaruh LAS terhadap umur beton pada benda uji yang ditambahkan LAS dengan yang tidak ditambahkan LAS dapat kita lihat pada Gambar 2. Dapat kita lihat dari dua benda uji yang berbeda ini bahwa pada penambahan LAS 0,3% sudah mengalami penurunan kuat tekan beton. Begitu pula dengan penambahan LAS 1%, 2,5% dan 5% mengalami penurunan kuat tekan, dan pada konsentrasi 5% terjadi penurunan kuat tekan beton sebesar 12,963 Mpa pada umur 28 hari.



Gambar 2. Hubungan Persentase LAS dalam air pencampur pada umur benda uji yang berbeda

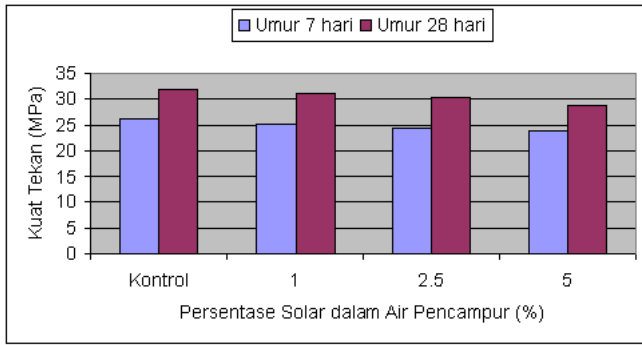
Hubungan Kuat Tekan Beton dengan Solar dalam Air Pencampur

Dengan memberikan perlakuan solar kandungan, kuat tekan beton dalam air pencampur menurun dibandingkan sebelum diberikan perlakuan solar, dimana semakin bertambah solar kekuatan tekan beton semakin menurun. Hubungan pengaruh solar terhadap umur beton pada benda uji yang ditambahkan solar dengan yang tidak ditambahkan solar dapat kita lihat pada Gambar 3.

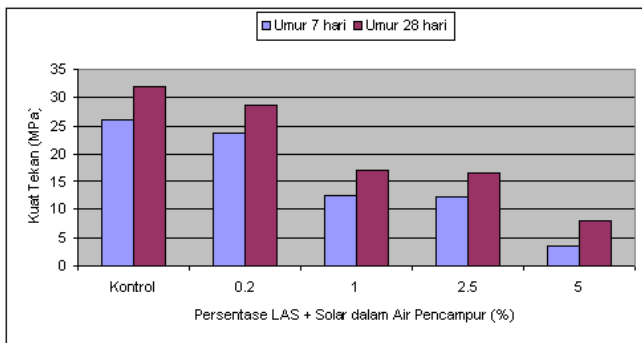
Dapat kita lihat dari dua benda uji yang berbeda ini bahwa pada penambahan solar 1% sudah mengalami penurunan kuat tekan walaupun belum melampaui syarat yaitu 90% dari kekuatan benda uji yang dibuat tanpa penambahan solar. Begitu pula dengan penambahan 2,5% dan 5% mengalami penurunan kuat tekan beton. Pada konsentrasi 5% ternyata penurunan kuat tekan beton sebesar 28,717 Mpa pada umur 28 hari sesuai dengan syarat minimal 90%.

Hubungan Kuat Tekan Beton dengan LAS + Solar dalam air pencampur

Dengan memberikan perlakuan LAS + Solar kandungan kuat tekan beton dalam air pencampur menurun dibandingkan sebelum diberikan perlakuan LAS + solar. Semakin bertambah LAS + Solar kekuatan tekan beton semakin menurun. Hubungan pengaruh LAS + Solar terhadap umur beton pada benda uji yang ditambahkan LAS + solar dengan yang tidak ditambahkan LAS + Solar dapat kita lihat pada Gambar 4.



Gambar 3. Hubungan persentase solar dalam air pencampur pada umur benda uji yang berbeda



Gambar 4. Hubungan persentase LAS + Solar dalam air pencampur pada umur benda uji yang berbeda

Dapat kita lihat dari dua benda uji yang berbeda ini bahwa pada penambahan LAS + solar 0,2% sudah mengalami penurunan kuat tekan beton. Begitu pula dengan penambahan LAS + Solar 1%, 2% dan 5% mengalami penurunan kuat tekan. Dari 1% ke 2,5% penurunan tidak begitu besar yaitu sebesar 0,499 Mpa pada umur 28 hari tapi pada waktu 5% mengalami penurunan kuat beton secara drastis yaitu sebesar 8,05 Mpa pada umur 28 hari dari kontrol sebesar 31,954 Mpa.

Pengaruh Kuat Tekan Beton dengan LAS dalam air Pencampur

Nilai *slump* mengalami penurunan dengan penambahan kandungan LAS 1% dalam air pencampur yaitu sebesar 66,67% tetapi pada penambahan LAS 2,5% mengalami kenaikan sebesar 173,33% dan perlu penambahan LAS 5% sebesar 186,67% *slump* yang tinggi menandakan adukan beton terlalu cair. Kuat tekan beton bertambah sesuai dengan bertambahnya umur beton. Peningkatan kekuatan pada beton ini disebabkan karena proses hidrasi memerlukan waktu, semakin lama umur benda uji maka reaksi yang terjadi pada semen semakin sempurna sehingga ikatan pada masing-masing material pembentuk beton semakin kokoh.

Dari hasil analisa terlihat bahwa kuat tekan turun secara linier dengan bertambahnya kandungan LAS dalam air pencampur. Ini terjadi karena LAS akan bereaksi secara kimia dengan kandungan yang ada pada semen, yang menghasilkan senyawa yang sifatnya mengembang, sehingga kepadatan beton

berkurang. Namun demikian, dalam penelitian ini tidak terlihat dari penambahan ukuran pada benda uji LAS pada umur 7 hari dan 28 hari. Analisa juga dapat dilihat bahwa pada umur 28 hari penurunan kuat tekan sebesar 71,96% dengan penambahan LAS 1% dan sebesar 52,39% dengan penambahan LAS 2,5%, sebesar 43,69% dengan penambahan LAS 5%. Dengan penambahan LAS 0,3% mendapatkan kuat tekan beton sebesar 28,654 Mpa sesuai dengan persyaratan minimal SNI.

Pengaruh Kuat Tekan Beton dengan Solar dalam Air Pencampur

Nilai *slump* mengalami penurunan dengan bertambahnya kandungan solar 1% dalam air pencampur yaitu sebesar 80%, begitu pula dengan penambahan LAS 2,5% mengalami penurunan sebesar 66,67% dan pada penambahan 5% mengalami penurunan sebesar 13,33%. *Slump* yang makin menurun menandakan adukan beton semakin kental. Dari hasil analisa tersebut bahwa kuat tekan turun secara linier dengan bertambahnya kandungan solar dalam air pencampur. Tetapi penurunan tidak sedrastis pada LAS. Pada umur 28 hari penurunan kuat tekan sebesar 97,64% dengan penambahan solar 1% dan sebesar 94,99% dengan penambahan solar 2,5%. Dengan penambahan solar 5% mendapatkan kuat tekan beton sebesar 28,717 Mpa sesuai dengan persyaratan minimal SNI.

Pengaruh Kuat Tekan Beton dengan LAS + Solar dalam Air Pencampur

Nilai *slump* mengalami penurunan dengan penambahan kandungan LAS + Solar 1% dalam air pencampur yaitu sebesar 20%, tetapi pada penambahan LAS + Solar 2,5% juga mengalami penurunan sebesar 33,33%. Pada penambahan LAS + Solar 5% mengalami kenaikan sebesar 120%. *Slump* yang tinggi menandakan adukan beton terlalu cair. Dari hasil analisa terlihat bahwa kuat tekan turun secara linier dengan bertambahnya kandungan LAS + Solar dalam air pencampur. Penurunannya sangat drastis kalau dibandingkan dengan LAS dan solar. Pada umur 28 hari penurunan kuat tekan sebesar 53,56% dengan penambahan LAS + Solar 1% dan sebesar 51,99% dengan penambahan LAS + Solar 5% mendapatkan penurunan sebesar 25,19%. Yaitu sangat jauh penurunan kuat tekan beton sebelum ditambahkan LAS + Solar 5%. Dengan penambahan LAS + Solar 0,2% mendapatkan kuat tekan beton sebesar 28,698 Mpa sesuai dengan persyaratan minimal SNI.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa:

1. Dengan kandungan LAS 0,3 % mendapatkan kuat tekan beton sebesar 23,578 Mpa pada umur 7 hari dan 28,654 Mpa pada umur 28 hari sesuai persyaratan minimal SNI dengan presentase sebesar 90,24 % dan 89,67 %.
2. Dengan kandungan Solar 5 % mendapatkan kuat tekan beton sebesar 23,536 Mpa pada umur 7 hari dan 28,717 Mpa pada umur 28 hari sesuai persyaratan minimal SNI dengan presentase sebesar 90,08 % dan 89,87 %.
3. Dengan kandungan campuran LAS dan Solar 0,2% mendapatkan kuat tekan beton sebesar 23,610 Mpa pada umur 7 hari dan 28,698 Mpa pada umur 28 hari sesuai

persyaratan minimal SNI dengan presentase sebesar 90,36 % dan 89,81 %.

Saran

1. Untuk mendapatkan hasil penelitian yang lebih baik, bagi yang berminat mengembangkan penelitian ini sebaiknya mengambil variasi umur beton yang lebih banyak.
2. Untuk melengkapi informasi tentang pengaruh dari kandungan deterjen dan minyak dalam air pencampur terhadap kuat tekan beton perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan meneliti jenis deterjen dan minyak yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1971. *Peraturan Beton Bertulang Indonesia*, Departemen Pekerjaan Umum dan Dirjen. Cipta Marga, Jakarta.
- Anonim, 1990. *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal (SK SNI T-15-1990-03)*, Departemen Pekerjaan Umum.
- Anonim, 1997. *Seminar Sehari Pertemuan Teknis Penggunaan Semen*, Kanwil Departemen Pekerjaan Umum Propinsi Bali bekerjasama dengan PT. Semen Gresik (Persero) Tbk.
- Anonim, 2002. *Tata Cara Perencanaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung, (SNI 03 – 2847 – 2002)*, Badan Standarisasi Nasional Jakarta.
- Dipohusoso, I. 1996. *Struktur Beton Bertulang*. PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*, PT. Kanisius Yogyakarta.
- Gideon Hadikusuma, 1994. *Pedoman Pengerjaan Beton*. Jakarta. Erlangga
- Hendrawan Diana, Bambang Iswanto dan Ribka Tamburian. 2006. *Pencemaran Deterjen dan Phospat di Sungai Ciliwung*, Jurnal Teknik Lingkungan Edisi Khusus, Agustus 2006.
- IB Bintana dan Martha Jaya, 1997. *Analisa Penggunaan Berbagai Jenis Air pada Beton terhadap kuat tekan*, Mandiri Edisi Ilmiah
- Mulyono, T., 2003. *Teknologi Beton*, Andi, Yogyakarta
- Murdock, L.J. and Brook, K.M. 1999. *Bahan dan Praktek Beton*, (Terjemahan Hindarko, S) Edisi keempat, Erlangga, Jakarta.
- Nugraha, P. 1989. *Teknologi Beton Dengan Antisipasi Terhadap Pedoman Beton 1989*. Universitas Kristen Petra.
- Ratno, DS dan Mustadjab. 1992. *Analisis Regresi*, Edisi Pertama, Andi Offset, Yogyakarta.
- Sagel R., dkk. *Pedoman Pengerjaan Beton*. Erlangga. Jakarta. 1993.
- Suripan. 2002. *Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air*. Andi Offset Yogyakarta.
- Sudjana, 1996. *Metode Statistika*, Tarsito, Bandung
- Stefi Tumilak. 1993. *Berbagai Masalah Pada Bangunan Beton*. Wiratman dan Associates.
- Samekto, W. dan Rahmadiyanto, C. 2005. *Teknologi Beton*. Edisi Kelima, Kanisius, Yogyakarta.
- Subakti, A. 1995. *Teknologi Beton Dalam Praktek*. Laboratorium Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik ITS, Surabaya.
- Sudarsana, IW. 1986. *Buku Panduan Praktikum Bahan Konstruksi*. Bagian Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Udayana, Denpasar
- Tjokrodimuljo, Kardiono. 1996. *Teknologi Beton*. Nafiri. Yogyakarta,
- Wardana, W. 2001. *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Edisi Revisi Penerbit Andi, Yogyakarta.