

KAPUR TOHOR DAN ABU SAWIT SEBAGAI BAHAN TAMBAH ATAU SUBSTITUSI SEMEN PADA MORTAR

Alex Kurniawandy *, Ismediyanto *, Tetty Novalina M **

*) Staff Dosen Jurusan Teknik Sipil Universitas Riau

***) Alumni Jurusan Teknik Sipil Universitas Riau

ABSTRACT

The aim of this research is to learn the influence of palm oil fly ash and quick lime with the certain percentage against strength that was produced. Using of the additive or substitution of palm oil fly ash and quick lime can be hoped to save the use of cement in the mortar mixture. Moreover it will be useful to give waste added value of the industry that has not yet made use of optimally especially as the building materials (close the environment). The ratio between cement and sand in this research was 1: 3. The specimen was made total 108 samples, the size of specimen is 5x5x5 cm. Palm oil fly ash and quick lime that are used with the percentage 20%, 40%, 60% and 80% against heavy cement, while the composition of palm oil ash fly ash and the lime that is 67.5-32.5. In the meantime as the standard mortar was made by the mixture of the level of palm oil fly ash with quick lime 0 % and 100%. The results of the research show that the optimum value in the percentage of 20% with strength 202.06 Kg/cm² (the age 28 days) and 40 % with strength 197.69 kg/cm² (the age 56 days). While the biggest porosity and absorption value was obtained in mortar with 100% and 80 % palm oil fly ash and quick lime.

Key word: *Palm oil fly ash, quick lime, mortar, absorption, porosity.*

PENDAHULUAN

Perkembangan dalam sektor agrobisnis kelapa sawit di Riau mengalami kemajuan yang sangat pesat pada saat ini. Hal ini dapat terlihat dari bertambah luasnya areal perkebunan kelapa sawit dan pesatnya pertumbuhan industri sawit. Tercatat, pada tahun 2000 terdapat 1.022.318 ha perkebunan kelapa sawit dengan total produksi 1.772.333 ton/thn (Pusat Statistik Prop. Riau, 2001 dalam Mufriadi, 2003). Sedangkan pada tahun 2005 produksi minyak sawit 9,281 juta ton/thn, tahun 2006 sebesar 9,742 juta ton/thn, tahun 2007 sebesar 10,203 juta ton/thn dan terus mengalami meningkat sepanjang tahun (Lubis, Buana & Daswir, 1993 dalam Tahara. E, 2007). Kemajuan ini bukan hanya membawa pengaruh positif bagi perkembangan perekonomian daerah tetapi juga bagi perkembangan perekonomian masyarakat Riau itu sendiri.

Seiring dengan meningkatnya industri maupun produksi sawit, dihasilkan juga limbah padat yang berasal dari pengolahan tandan buah segar (TBS). Limbah ini adalah sisa produksi minyak sawit kasar (*crude palm oil, cpo*) berupa tandan kosong, sabut dan cangkang (batok) sawit. Limbah padat berupa cangkang dan sabut digunakan sebagai bahan bakar ketel (boiler) untuk menghasilkan energi mekanik dan panas. Masalah yang kemudian timbul adalah sisa dari pembakaran pada ketel (*boiler*) berupa abu dengan jumlah yang terus meningkat sepanjang tahun yang sampai sekarang masih belum termanfaatkan.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Graille, diketahui bahwa limbah padat industri minyak sawit yang banyak mengandung Silikat adalah cangkang dan sabut sawit. Yaitu setiap pembakaran cangkang dan sabut sawit dihasilkan Silika ± 60 % dan diperkirakan silika tersebut reaktif. Artinya adalah bahwa abu sawit jika dicampur dengan pasta agregat dan semen dapat memberikan kekuatan pada mortar dan kedap air (Anonim, 1997 dalam Indrawan, 2004).

Disamping itu, untuk meningkatkan kekuatan mortar maka akan ditambahkan kapur padam (Ca(OH)₂). Kapur padam akan memberikan kekuatan pada mortar jika dicampur dengan air dengan cara membentuk kristal kalsium silikat hidrat. Oleh sebab itu perlu dilakukan penelitian pemanfaatan limbah abu sawit secara optimal sebagai bahan tambahan bagi pembuatan mortar (semen pozzolan). Pada penelitian ini diharapkan dapat mempelajari sejauh mana abu sawit dan kapur mempengaruhi kekuatan mortar yang dihasilkan.

Abu sawit yang digunakan adalah sisa dari pembakaran cangkang dan serabut buah kelapa sawit didalam dapur atau tungku pembakaran yang disebut boiler dengan suhu 700 °C-800 °C. Abu ditangkap kemudian dikeringkan dan disaring untuk digunakan sebagai bahan campuran mortar. Abu sawit berasal dari unit pengolahan kelapa sawit yang mana penanganan limbah tersebut belum ditangani secara baik (Irianti, 1999). Abu sawit tersebut yang digunakan berasal dari Pabrik Kelapa

Sawit (PKS) PT. Perkebunan Nusantara V (PTPN V) yang berada di Sei Pagar - Kabupaten Kampar.

Penggunaan abu sawit (*slag boiler*) telah dilakukan oleh Panca Setia Utama dan Edy Saputra sebagai bahan campuran semen pozzolan. Dalam penelitian ini tersebut diperoleh bahwa pada uji kuat tekan semen dari campuran abu sawit dan kapur padam memberikan kekuatan optimal pada nisbah abu : kapur = 0,675:0,325 dengan kuat tekan setelah 28 hari adalah 46,21 Kg/cm². Perlakuan pembakaran ulang abu 600^o C selama 3 jam, penambahan semen portland 5 dan 10 % berat menghasilkan semen dengan kuat tekan memenuhi standar pozzolan kelas III (50-75 Kg/cm²). Penambahan semen portland sebanyak 15 % berat, menghasilkan semen pozzolan dengan kuat tekan 82, 37 Kg/cm² yang memenuhi standar semen pozzoland kelas II (75-100Kg/cm²).

Melalui penelitian ini diketahui pula bahwa semen pozzolan memiliki beberapa keunggulan yaitu:

1. Pengaruh luar yang dapat merubah sifat semen /beton dapat diatasi yaitu : Leaching, kerusakan akibat laritan sulfat, kerusakan beton akibat senyawa alkali.
2. Semakin tua umur beton, kekuatan akan bertambah.
3. Keretakan beton berkurang.
4. Beton lebih plastis dan mudah dikerjakan.

Berdasarkan pengamatan secara visual, abu sawit memiliki karakteristik sebagai berikut: bentuk partikel abu sawit tidak beraturan, ada yang memiliki butiran bulat panjang, bulat dan bersegi dengan ukuran butiran 0-2,3 mm serta memiliki warna abu-abu kehitaman.

Aplikasi dalam ilmu teknik, abu sawit dimanfaatkan dalam berbagai bidang (Susanto dan Budhi, 1998), antara lain: sebagai bahan tambahan pengganti semen dalam desain beton mutu tinggi, bahan pengisi/filler dalam lapisan perkerasan jalan raya, bahan stabilisator pada campuran tanah lempung dan tanah dasar pada lapisan jalan raya, bahan tambahan pengganti semen dalam campuran mortar serta juga merupakan bahan material yang bersifat pozzolan.

Tabel 1. Komposisi Abu Sawit (% berat)

| Unsur / Senyawa | Sabut | Cangkang | Tandan |
|-----------------------------|-------|----------|--------|
| Kalium (K) | 9,2 | 7,5 | 25,8 |
| Natrium (Na) | 0,5 | 1,1 | 0,03 |
| Kalsium (Ca) | 4,9 | 1,5 | 2,7 |
| Magnesium (Mg) | 2,3 | 2,8 | 2,8 |
| Klor (Cl) | 2,5 | 1,3 | 4,9 |
| Karbonat (CO ₂) | 2,6 | 1,9 | 9,2 |
| Nitrogen (N) | 0,04 | 0,05 | - |
| Pospat (P) | 1,4 | 0,9 | 0,2 |
| Silika (SiO ₂) | 59,1 | 61 | 19,1 |

(Sumber: Graille dkk, 1985 dalam Raja)

METODE PENELITIAN

Pengujian pendahuluan dimaksud untuk menguji karakteristik dasar yang akan digunakan dalam perhitungan campuran mortar. Pengujian ini meliputi pengujian analisa saringan, kadar lumpur, kadar air, berat volume, berat jenis dan penyerapan. Pengujian lanjutan meliputi pengujian kuat tekan, absorpsi, porositas, dan berat jenis.

Setelah *mix desain*, dilakukan pembuatan dan perawatan benda uji sebelum dilakukan pengujian. Untuk pengujian kuat tekan dilakukan pada 7, 28 dan 56 hari, sedangkan untuk pengujian absorpsi, porositas dan berat jenis pada umur 28 hari.

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Bahan, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau. Bahan yang digunakan adalah agregat halus yang berasal dari *quary* Pekanbaru. Sebagai bahan pengikat digunakan semen tipe I yang diproduksi oleh PT. Semen Padang Sumatera Barat dengan *spesific gravity* 3,15 gr/cm³. Abu sawit yang digunakan berasal dari Pabrik Kelapa Sawit PT. Perkebunan Nusantara V di Sei Pagar - Kabupaten Kampar dan kapur yang digunakan adalah kapur Tohor (CaO). Sedangkan air yang digunakan adalah air setempat di Laboratorium Teknologi Bahan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Riau Kampus Binawidya - Panam.

Dari hasil pengujian agregat halus diperoleh $\gamma_{pasir} : 2.59 \text{ gr/cm}^3$ (2.59 Ton/m³).

Sedangkan $\gamma_{air} : 1 \text{ gr/cm}^3$ (1 Ton/m³), $\gamma_{semen} : 3.15 \text{ gr/cm}^3$ (3.15 Ton/m³), angka pori (v) : 1 % dan Fas : 0.6. Dengan rumus dibawah dapat diperoleh besar kebutuhan semen tiap meter kubik.

$$\frac{S}{\gamma_s \cdot \gamma_{air}} + \frac{P_{pasir} \cdot S}{\gamma_{pasir} \cdot \gamma_{air}} + \frac{A_{air} \cdot S}{\gamma_{air}} + 0,01 \cdot v = 1$$

m³. Persentase pemakaian abu sawit dan kapur adalah sebesar 0%, 20 %, 40 %, 60%, 80%, 100% dari berat semen yang digunakan. Berat semen yang digunakan untuk setiap pengadukan, untuk mengisi 18 buah kubus uji adalah sebesar 1.2879 Kg. Dari setiap pengadukan dimasukkan persentase pemakaian abu sawit dan kapur, maka diperoleh jumlah keseluruhan penggunaan semen untuk 6 kali pengadukan sebanyak 3.8637 Kg.

Tabel 2. Kebutuhan semen : pasir : campuran (abu sawit dan kapur) serta air untuk 18 sampel dengan berbagai variasi.

| No. | Variasi semen : pasir : bahan substitusi | Pasir (kg) | Campuran | | | Air (Liter) |
|--------|--|------------|------------|-----------------|------------|-------------|
| | | | Semen (Kg) | Abu Boiler (Kg) | Kapur (Kg) | |
| I | 0.0 : 3 : 1.0 | 3.8637 | - | 0.8693 | 0.4186 | 0.7727 |
| II | 0.2 : 3 : 0.8 | 3.8637 | 0.2576 | 0.6955 | 0.3349 | 0.7727 |
| III | 0.4 : 3 : 0.6 | 3.8637 | 0.5152 | 0.5216 | 0.2511 | 0.7727 |
| IV | 0.6 : 3 : 0.4 | 3.8637 | 0.7727 | 0.3477 | 0.1674 | 0.7727 |
| V | 0.8 : 3 : 0.2 | 3.8637 | 1.0303 | 0.1739 | 0.0837 | 0.7727 |
| VI | 1.0 : 3 : 0.0 | 3.8637 | 1.2879 | - | - | 0.7727 |
| Jumlah | | 23.1822 | 3.8637 | 2.607998 | 1.255703 | 4.6362 |

Tabel 3. Jumlah Benda Uji Mortar Pada Pengujian Kuat Tekan

| No | Komposisi Campuran Semen : Pasir : Abu dan Kapur | Umur Benda Uji | | | Total sampel |
|---------------|--|----------------|---------|---------|--------------|
| | | 7 hari | 28 hari | 56 hari | |
| I | 0,0 : 3 : 1,0 | 5 | 5 | 5 | 15 |
| II | 0,2 : 3 : 0,8 | 5 | 5 | 5 | 15 |
| III | 0,4 : 3 : 0,6 | 5 | 5 | 5 | 15 |
| IV | 0,6 : 3 : 0,4 | 5 | 5 | 5 | 15 |
| V | 0,8 : 3 : 0,2 | 5 | 5 | 5 | 15 |
| VI | 1,0 : 3 : 0,0 | 5 | 5 | 5 | 15 |
| Jumlah Sampel | | 30 | 30 | 30 | 90 |

Tabel 4. Jumlah Benda Uji Mortar Pada Pengujian Absorpsi, Porositas dan Berat Jenis

| No. | Komposisi Campuran Semen : Pasir : Abu dan Kapur | Umur Benda Uji 28 Hari | Total Sampel |
|---------------|--|------------------------|--------------|
| I | 0,0 : 3 : 1,0 | 3 | 3 |
| II | 0,2 : 3 : 0,8 | 3 | 3 |
| III | 0,4 : 3 : 0,6 | 3 | 3 |
| IV | 0,6 : 3 : 0,4 | 3 | 3 |
| V | 0,8 : 3 : 0,2 | 3 | 3 |
| VI | 1,0 : 3 : 0,0 | 3 | 3 |
| Jumlah Sampel | | 18 | 18 |

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Hasil pemeriksaan agregat halus dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil pemeriksaan uji karakteristik agregat halus

| No. | Jenis Pemeriksaan | Hasil |
|--------------------------------------|--|-------|
| 1 | Kadar air (%) | 3.425 |
| 2 | Berat jenis (gr/cm^3) | |
| | a. <i>Apparent specific gravity</i> | 2.80 |
| | b. <i>Bulk Specific gravity</i> (kering) | 2.58 |
| | c. <i>Bulk Spesific gravity</i> (ssd) | 2.59 |
| | d. <i>Absorption</i> (%) | 3.09 |
| 3 | Kadar lumpur (%) | 3.45 |
| 4 | Analisa saringan | |
| | Modulus Kehalusan | 2.623 |
| | Berat total (gr) | 500 |
| | Berat tertahan saringan No. 4 (gr) | 0 |
| | Berat tertahan saringan No. 8 (gr) | 14.5 |
| | Berat tertahan saringan No. 16 (gr) | 51.3 |
| | Berat tertahan saringan No. 40 (gr) | 250.7 |
| | Berat tertahan saringan No. 60 (gr) | 120.5 |
| Berat tertahan saringan No. 100 (gr) | 40.6 | |
| | Wadah (gr) | 22.4 |
| 5 | Berat volume rata-rata (gr/cm^3) | 1.48 |
| | a. Kondisi gembur | 1.42 |
| | b. Kondisi padat | 1.53 |

Pembahasan

Dari tabel diketahui bahwa agregat halus untuk penelitian ini masuk dalam spesifikasi ASTM C 136 - 93 pada daerah II yaitu pasir

agak kasar. Bila butir-butir agregat mempunyai ukuran yang sama volume pori akan besar. Sebaliknya bila ukurannya bervariasi akan terjadi volume pori yang kecil. Hal ini karena butiran yang kecil mengisi pori diantara butiran yang lebih besar, sehingga pori menjadi sedikit, dengan kata lain kepampatannya tinggi dan ini berarti membutuhkan bahan pengikat yang sedikit. Sedangkan modulus halus butiran adalah 2.623, masih masuk dalam *fineness modulus* agregat halus yaitu 1.5.

Dari hasil pengujian berat jenis didapat berat jenis agregat Quarry Pekanbaru masih dalam standar *specific* agregat halus 2.58 - 2.83. Apabila berat jenis agregat tinggi, maka menghasilkan berat jenis mortar yang tinggi dan memiliki kuat tekan yang tinggi pula. Hasil pemeriksaan penyerapan (*absorption*) 3.09 %. Nilai ini memenuhi standar spesifikasi penyerapan yaitu 2-7%. Absorpsi agregat mempengaruhi daya lekat antara agregat dan pasta semen

Hasil pemeriksaan berat volume agregat halus didapat bahwa berat volume agregat halus yaitu $1,48 gr/cm^3$ untuk kondisi padat $1,53 gr/cm^3$ sedangkan untuk kondisi lepas diperoleh $1,42 gr/cm^3$. Hasil analisa berat volume agregat halus untuk quarry Pekanbaru memenuhi standar spesifikasi berat volume

yaitu $1.4 - 1.9 \text{ gr/cm}^3$. Porositas atau kepadatan akan mempengaruhi daya lekat antara agregat dan pasta semen. Dengan demikian agregat halus ini dapat digunakan untuk pembuatan mortar, karena kepadatan agregat menyebabkan volume pori mortar kecil dan kekuatan mortar akan bertambah

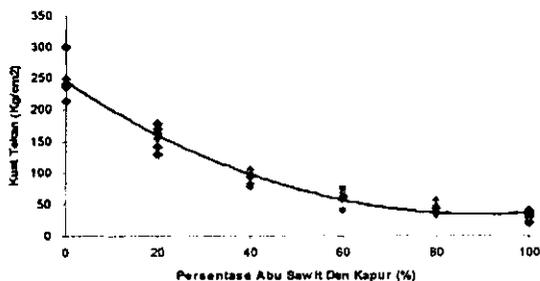
Kadar lumpur agregat quarry Pekanbaru termaksud kecil yaitu sekitar 3.45 %, mengartikan bahwa kadar lumpur atau kotoran pada agregat ini sedikit. Hasil pengujian masih masuk dalam spesifikasi kadar lumpur yang sudah ditetapkan ($< 5 \%$).

Dari pemeriksaan kadar air yang dilakukan, diketahui bahwa kadar air agregat halus Quarry Pekanbaru yaitu 3.425 %. Hasil pengujian kadar air agregat halus untuk quarry Pekanbaru memenuhi standar spesifikasi 3 - 5 %. Dengan demikian tidak perlu dilakukan penambahan atau pengurangan fas air kedalam campuran.

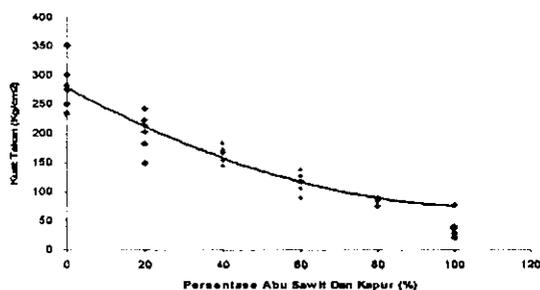
Analisa Hasil Pengujian Kuat Tekan Mortar

Pengujian kuat tekan mortar dilakukan pada umur 7, 28 dan 56 hari, dengan rentan waktu yang begitu lama mengingat sifat mortar abu sawit dan kapur (bahan pozolan) memiliki laju kenaikan kekuatan lebih lambat dari mortar normal. Alat yang digunakan dalam uji tekan adalah *Universal Hydraulic Testing Machine* di Laboratorium Pengujian Bahan Teknik Mesin FT - UNRI. Pada penelitian ini kondisi campuran mortar adalah 67,5 % abu sawit dan 32,5 % kapur dari berat semen yang telah ditetapkan.

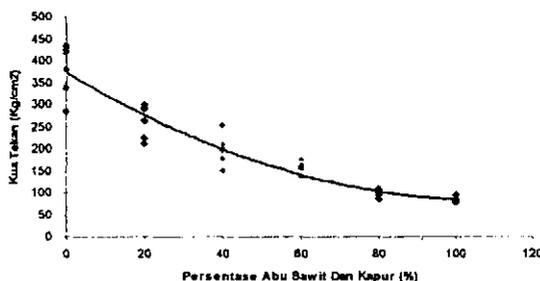
Berdasarkan hasil uji kuat tekan dapat diketahui bahwa mortar yang memiliki kuat tekan paling tinggi pada umur 7 hari adalah mortar tanpa abu sawit dan kapur. Begitu juga dengan umur 28 dan 56 hari, kuat tekan tertinggi adalah mortar dengan abu sawit dan kapur 40%. Sedangkan nilai kuat tekan terendah adalah mortar dengan abu sawit dan kapur 100%. Semakin besar penggunaan abu sawit dan kapur akan menyebabkan kuat tekan mortar semakin kecil.



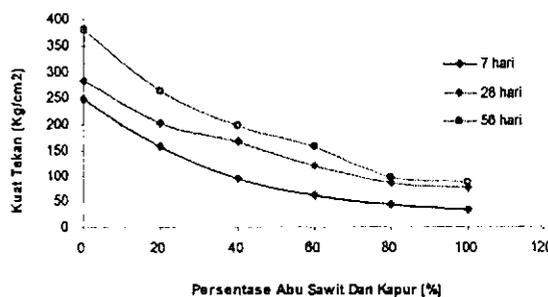
Gambar 1. Hubungan kuat tekan mortar umur 7 hari dengan persentase penggunaan abu sawit dan kapur.



Gambar 2. Hubungan kuat tekan mortar umur 28 hari dengan persentase penggunaan abu sawit dan kapur.



Gambar 3. Hubungan kuat tekan mortar umur 56 hari dengan persentase penggunaan abu sawit dan kapur.



Gambar 4. Hubungan kuat tekan mortar umur 7, 28 dan 56 hari dengan persentase penggunaan abu sawit dan kapur.

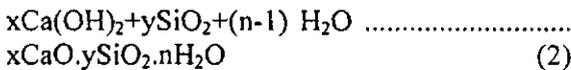
Dari gambar terlihat jelas penurunan kuat tekan akibat peningkatan penggunaan abu sawit dan kapur. Semakin besar penggunaan abu sawit dan kapur menyebabkan campuran mortar semakin haus air dan daya lekat semakin kecil. Akibatnya terbentuk mortar yang rapuh, mudah mengalami kembang susut dan higroskopis (menyerap air dari udara). Sifat mortar ini menyebabkan mortar memiliki massa yang lebih ringan dan memiliki pori lebih banyak.

Gambar 1, Gambar 2 dan Gambar 3 merupakan hubungan kuat tekan mortar dengan persentase penggunaan abu sawit dan kapur. Terlihat pemakaian abu sawit dan kapur pada campuran mortar 100 % hingga 40 % berada dibawah spesifikasi kuat tekan normal mortar normal untuk umur 28 hari dengan perbandingan semen dan pasir 1 : 3 yaitu 189 Kg/cm^2 (Puslitbang Pemukiman Kimpraswil Bandung, 1998 dalam Carlos. J, 2005). Namun untuk variasi abu sawit dan kapur 40 %, pada umur 56 hari kuat tekan

mortar 197.69 Kg/cm² masuk dalam spesifikasi mortar normal dan lebih besar dari mortar dengan abu sawit dan kapur 20 % dengan umur 7 hari. Hal ini mengartikan bahwa laju kenaikan kuat tekan mortar abu sawit dan kapur jauh lebih lambat dari mortar biasa.

Tabel 6 diperoleh persentase peningkatan kuat tekan berdasarkan kenaikan rata-rata kuat tekan dari umur 7 s/d 28 hari dan 7 s/d 56 hari.

Secara umum persentase peningkatan kuat tekan optimum mortar akan bertambah untuk semua benda uji. Namun demikian, persentase kuat tekan tertinggi pada umur 28 hari terjadi pada mortar dengan abu sawit dan kapur 100 % (tanpa semen), sedangkan untuk mortar umur 56 hari, adalah mortar dengan persentase abu sawit dan kapur 60 % dan 100 %.

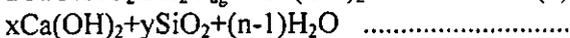
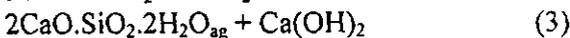
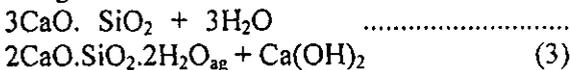


Tabel 6 Persentase penambahan kuat tekan abu sawit dan kapur

| % Abu terbang dan kapur | Kuat tekan mortar (kg/cm ²) umur 7 hari | Kuat tekan mortar (kg/cm ²) umur 28 hari | Kuat tekan mortar (kg/cm ²) umur 56 hari | % Penambahan kuat tekan mortar umur 28 hari | % Penambahan kuat tekan mortar umur 56 hari |
|-------------------------|---|--|--|---|---|
| 100 | 32.94 | 77.17 | 84.97 | 134.24 | 157.92 |
| 80 | 42.99 | 85.46 | 95.50 | 98.77 | 122.13 |
| 60 | 61.05 | 118.04 | 158.16 | 93.36 | 159.07 |
| 40 | 92.64 | 167.40 | 197.69 | 80.70 | 113.39 |
| 20 | 155.91 | 202.06 | 263.77 | 29.60 | 69.18 |
| 0 | 247.83 | 283.43 | 380.14 | 14.36 | 53.39 |

Peningkatan kuat tekan mortar abu sawit dan kapur dengan atau tanpa semen pada umur 28 hari dan 58 hari disebabkan karena sifat pembentukan kalsium silikat hidrat yang memberi kekuatan sangat lambat. Sedangkan untuk mortar biasa persentase kenaikan kuat tekan tidak terlalu besar yaitu 14,36 % pada umur 7 - 28 hari dan 53.39 umur 7 - 56 hari.

Abu sawit dengan kapur ditambah air akan menghasiakan senyawa kalsium silikat hidrat yang mempunyai sifat mengeras, apabila portland ditambahkan maka akan membentuk senyawa silikat hidrat dan Ca(OH)₂, selanjutnya kapur akan diikat oleh abu sawit menjadi senyawa kalsium silikat hidrat yang mengeras.



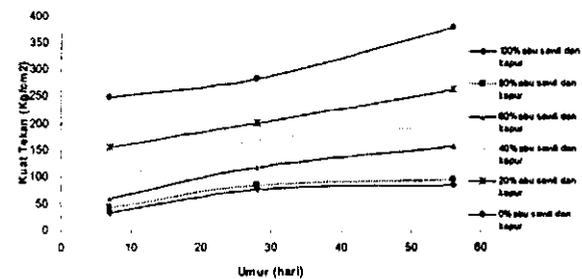
Maka semakin besar penambahan portland maka kekuatan akan semakin meningkat, karena penambahan kompleks CaO.ySiO₂.nH₂O yang dikandung oleh mortar. Kuat tekan mortar abu sawit dan kapur pada umur 7 hari berkisar antara 32.94 - 155.91 kg/cm², untuk umur 28 hari sekitar 77.17 - 202.06 Kg/cm² sedangkan untuk umur 56 hari

Persentase abu sawit dan kapur yang terlalu besar akan menghasilkan mortar dengan kuat tekan yang rendah. Kristal xCaO.ySiO₂.nH₂O (kalsium silikat hidrat) adalah komponen utama adalah komponen utama yang memberikan kekuatan baik pada mortar abu sawit maupun mortar biasa. Reaksi pembentukan kalsium silikat hidrat sangat lambat. Perbandingan CaO dan SiO₂ pada kristal juga bermacam-macam dan berpengaruh pada kecepatan pembentukan dan kekuatannya.

Dalam campuran antara abu sawit dan kapur yang besar, maka kuat tekan mortar akan meningkat. Peningkatan ini berarti semakin banyak pula kalsium silikat hidrat yang terbentuk. Jika kapur semakin kecil maka kristal kalsium silikat hidrat akan semakin kecil sehingga menyebabkan mortar bersifat rapuh.

84.97 - 263.77 Kg/cm². Dari gambar terlihat bahwa mortar abu sawit dan kapur mengalami peningkatan kuat tekan lebih besar dari umur 8 - 28 hari jika dibandingkan dari umur 29 - 56 hari.

Sedangkan untuk mortar tanpa abu sawit dan kapur mengalami peningkatan yang kontinu berdasarkan umur.



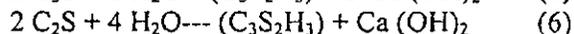
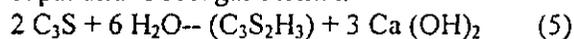
Gambar 5 Hubungan peningkatan kuat tekan mortar abu sawit dan kapur berdasarkan umur benda uji

Dari Gambar 5 terlihat bahwa untuk keseluruhan mortar tanpa atau dengan kapur dan abu sawit akan mengalami peningkatan kuat tekan berdasarkan umur. Tetapi mortar abu sawit dan kapur memiliki laju yang lebih lambat dibanding mortar biasa. Pada gambar 5

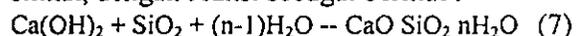
terlihat, mortar tanpa abu sawit dan kapur terjadi peningkatan kuat tekan yang sangat besar di umur 56 hari. Kemungkinan besar hal ini disebabkan karena perbedaan masa perawatan sebelum dilakukan uji kuat tekan. Mortar 0% abu sawit dan kapur pada pengujian kuat tekan 7 dan 28 hari, pengambilan sampel dari tempat perawatan yaitu baskom air hanya satu hari sebelum pengujian. Sementara untuk umur 56 hari diambil 3 hari sebelum pengujian. Rentan waktu itu mempengaruhi keadaan air yang terkandung di dalam mortar, sehingga akan mempengaruhi hasil uji kuat tekan.

Untuk mortar abu sawit dan kapur lainnya masa perawatan yang dilakukan sama yaitu 3 hari diambil dari tempat perawatan dan diangin-anginkan atau dibiarkan ditempat dengan suhu ruang (untuk mortar dengan abu sawit dan kapur 0%, 20 %, 40%,60%).

Proses hidrasi pada semen portland sangat kompleks, tidak semua rekasi dapat diketahui secara terinci. Rumus proses kimia (perkiraan) untuk rekasi hidrasi dari unsur C_2S dan C_3S dapat ditulis sebagai berikut:



Hasil utama dari proses diatas adalah $C_3S_2H_3$ yang biasa disebut "tobermorite" yang berbentuk gel. Panas juga keluar selama proses berlangsung (panas hidrasi). Selain itu dihasilkan juga $Ca(OH)_2$ yang disebut juga dengan kapur bebas yang harus dikurangi jumlahnya untuk mendapatkan mortar yang baik. Dengan adanya abu sawit dan kapur unsur $Ca(OH)_2$ akan berekasi dengan silika amorf membentuk senyawa kalsium hidro silikat, dengan reaksi sebagai berikut :



Hasil uji Absorpsi, Porositas dan Berat jenis Mortar Abu Sawit Dan Kapur

Hasil pengujian absorpsi, porositas dan berat jenis mortar abu sawit dan kapur dapat dilihat pada Tabel 7.

Dari Tabel 7 dapat dilihat bahwa absorpsi mortar abu sawit dan kapur dari komposisi I – VI antara 2.46 % – 11.52 %. Kenaikan porositas ini disebabkan karena kapur dan abu sawit yang sangat higroskopis (menyerap air dari udara) sehingga mortar banyak mengandung air.

Hasil pengujian porositas mortar abu sawit dan kapur berkisar 3.65 % – 6.65 %. Kenaikan aju porositas sebanding dengan banyaknya jumlah abu sawit dan kapur yang digunakan. Hal ini mengartikan bahwa semakin tinggi penggunaan abu sawit dan kapur menyebabkan kepadatan yang tinggi, sehingga daya rekat antara butiran dan pori semakin kecil. Sedangkan hasil pengujian berat jenis mortar abu sawit dan kapur berkisar 1.97 gr/cm^3 – 2.09 gr/cm^3 .

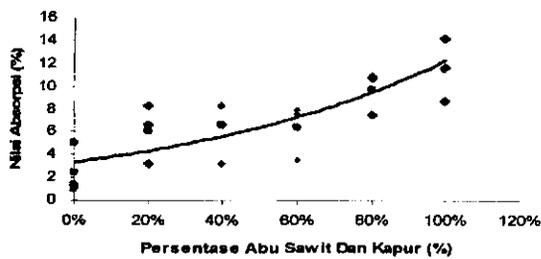
Hasil pengujian porositas mortar abu sawit dan kapur berkisar 3.65 % – 6.65 %. Kenaikan aju porositas sebanding dengan banyaknya jumlah abu sawit dan kapur yang digunakan. Hal ini mengartikan bahwa semakin tinggi penggunaan abu sawit dan kapur menyebabkan kepadatan yang tinggi, sehingga daya rekat antara butiran dan pori semakin kecil. Sedangkan hasil pengujian berat jenis mortar abu sawit dan kapur berkisar 1.97 gr/cm^3 – 2.09 gr/cm^3 .

Dari Grafik 6, Grafik 7 dan Grafik 8 dapat disimpulkan bahwa semakin besar penggunaan abu sawit dan kapur akan meningkatkan nilai absorpsi dan porositas dan akan menurunkan nilai berat jenis mortar. Hal ini disebabkan karena kepadatan yang tinggi antara butiran agregat menyebabkan daya ikatan semen kurang menyebabkan pori-pori semakin besar. Tetapi disamping semen, kapur pada mortar ini memiliki peranan penting sebagai pengikat hidrolis yang akan berikatan dengan SiO_2 yang terdapat pada abu sawit membentuk hidrat lain yang dapat meningkatkan mutu mortar ini.

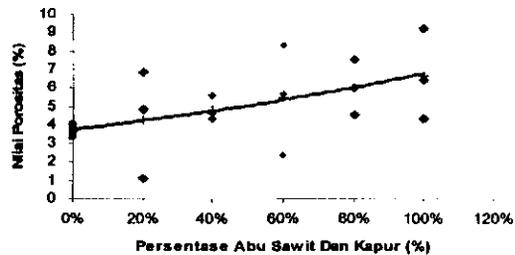
Tabel 7 Absorpsi, Porositas dan Berat Jenis Mortar Abu Sawit Dan Kapur

| No. | Komposisi Campuran semen : pasir : bahan substitusi | Absorpsi | Porositas | Berat jenis |
|-----|---|----------|-----------|-------------|
| | | % | % | gr/cm^3 |
| I | 0.0 : 3 : 1.0 | 11.52 | 6.65 | 1.97 |
| II | 0.2 : 3 : 0.8 | 9.71 | 6.03 | 1.97 |
| III | 0.4 : 3 : 0.6 | 6.38 | 5.46 | 2.06 |
| IV | 0.6 : 3 : 0.4 | 6.63 | 4.85 | 2.07 |
| V | 0.8 : 3 : 0.2 | 6.02 | 4.27 | 2.08 |
| VI | 1.0 : 3 : 0.0 | 2.46 | 3.65 | 2.09 |

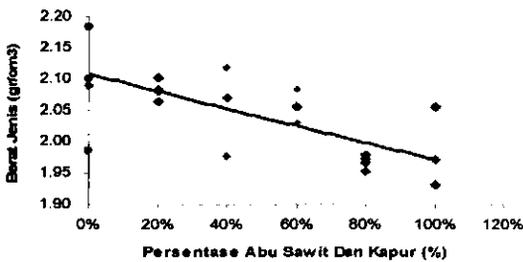
(Sumber : Data Penelitian)



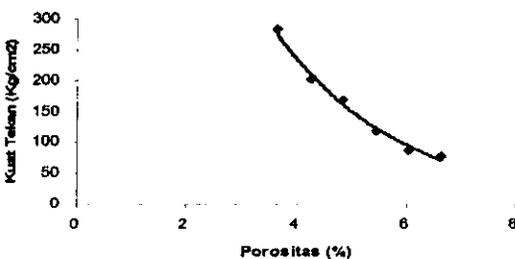
Grafik 6. Hubungan persentase abu sawit dan kapur terhadap nilai absorpsi



Grafik 7. Hubungan persentase abu sawit dan kapur terhadap nilai porositas



Grafik 8 Hubungan persentase abu sawit dan kapur terhadap berat jenis



Grafik 9. Hubungan porositas terhadap kuat tekan

Dari Grafik 9 terlihat bahwa semakin tinggi nilai porositas akan menyebabkan kuat tekan semakin kecil. Hal ini selain disebabkan karena daya ikat semen yang semakin kecil, disebabkan karena sifat kapur yang tinggi menyerap air sehingga mempersulit dalam proses pencampuran dan hidrasi (reaksi antara semen dan pasir).

KESIMPULAN

1. Pembuatan mortar dengan menggunakan abu sawit dan kapur ini merupakan salah satu alternatif solusi penanganan limbah industri secara terpadu.
2. Mortar yang masuk dalam spesifikasi mortar normal yaitu 189 Kg/cm² dengan perbandingan semen dan pasir 1 : 3 pada umur 28 hari adalah mortar dengan

campuran 20 % dengan nilai 202.06 Kg/cm². Namun mortar dengan variasi 40 % pada usia 56 (197.69 Kg/cm²) hari telah melebihi mortar normal.

3. Semakin besar penggunaan abu sawit dan kapur akan meningkatkan nilai absorpsi dan porositas tetapi akan menurunkan nilai berat jenis mortar.
4. Semakin besar nilai porositas maka kuat tekan mortar akan berkurang. Untuk mortar 100 % campuran abu sawit dan kapur dengan variabel waktu 28 hari, porositas 6.65 % memiliki kuat tekan 77.17 Kg/cm². Sedangkan untuk campuran 20 % porositas 4.27% mengalami kenaikan kuat tekan yaitu 202.06 Kg/cm².
5. Nilai kuat tekan mortar abu sawit dan kapur sangat tergantung pada umurnya. Kekuatan mortar abu sawit dan kapur pada umur 7 hari akan lebih rendah dari umur 28 hari dan 56 hari, tetapi akan berangsur angsur akan meningkat. Hal ini menunjukkan bahwa laju kenaikan kuat tekan mortar abu sawit dan kapur jauh lebih lambat dari mortar biasa.

DAFTAR PUSTAKA

- Charlos, J. 2005. *Penambahan Abu Sekam Terhadap Kuat Tekan Mortar*. Jurusan Teknik Sipil S1. Pekanbaru : Universitas Riau.
- Damon, 2004. *Pemanfaatan Pasir Laut Bahn Agregat Halus Beton Kedap Air (Studi Pasir Laut Quarry Tanjung Karimun Departemen Pekerjaan Umum badan Penelitian dan Pengembangan. Metode Spesifikasi Dan Tata Cara Bagian: 3 Beton, Semen, Perkerasan Beton Semen*. Kebayoran Pattimura No. 20 : Jakarta
- Indrawan, B., 2004. *Analisis Karakteristik Beton Mutu Tinggi Dengan Menggunakan Pasir Laut Dengan Bahan Tambah Silikafume*. Skripsi Jurusan Teknik Sipil. Pekanbaru : Universitas Riau.
- Laboratorium Bahan Bangunan. 2002, *Buku Panduan Praktikum Bahan Bangunan*. Jurusan Teknik sipil S1. Pekanbaru : Universitas Riau.
- Mulyono, T. 2003. *Teknologi Beton*. Jakarta : Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta.
- Raja, D. 2006. *Silica Precipitated (SiO₂) Sebagai Bahan Tambah Additive Dalam Campurat Mortar*. Jurusan Teknik Sipil S1. Pekanbaru : Universitas Riau
- Saputra, E dan Panca Setia Utama, 2005. *Pemanfaatan Limbah Abu Boiler Industri sawit Sebagai bahan Baku Pembuat Semen Pozzolan*. Jurnal. 549 – 556
- Tjokrodinuljo, K. 1996. *Teknologi Beton*. Yogyakarta : Jurusan Teknik Sipil UGM