

THE TESILE STRENGTH OF CONCRETE CONTAIN BURNED SIDOARJO MUD USED TEMPERATURE VARIATION AS CEMENT REPLACEMENT

KUAT TARIK BELAH BETON DENGAN MENGGUNAKAN LUMPUR SIDOARJO YANG DIPANASKAN PADA VARIASI SUHU TINGGI SEBAGAI BAHAN PENGGANTI SEMEN

Suhendro Trinugroho

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik,
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. YAni Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura 57102
Telp 0271 717417

Nanda Khunto Baskoro

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik,
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. YAni Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura 57102
Telp 0271 717417

Abstraksi

Penelitian beton untuk mendapatkan kualitas yang diharapkan semakin meningkat, ini ditunjukkan dengan meningkatnya jumlah penelitian dengan topik teknologi beton. Terutama diantaranya dengan menggunakan bahan pembentuk beton yang baru. Sehingga muncul penelitian yang menggunakan bahan tambah dari bahan alami disekitar kita, diantaranya lumpur Sidoarjo. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana pengaruh penambahan serbuk halus lumpur Sidoarjo terhadap kuat tarik belah beton pada umur 28 hari dengan fas 0,6 yang sebelumnya dipanaskan pada suhu 900°C, 1000°C dan 1100°C, pada penggunaan prosentase serbuk halus 0%, 7,5%, 10%, 12,5%, 15%, 17,5%, hingga didapatkan hasil kuat tarik belah beton yang maksimal, selanjutnya untuk mengetahui perbedaan kualitas beton normal dengan beton tersebut dari segi kuat tarik belahnya. Metode perencanaan yang digunakan adalah metode American Concrete Institute (ACI). Hasil pemeriksaan kandungan kimia pada lumpur Sidoarjo didapat hasil yang terbesar yaitu SiO₂ (silika) sebesar 49,61%, Al₂O₃ (alumina) sebesar 17,88% , Fe₂O₃ (besi) sebesar 13,02% dan SO₃ (sulfur) kurang dari 4% maka serbuk lumpur Sidoarjo termasuk pozzolan kelas N jadi lumpur Sidoarjo dapat digunakan sebagai pengganti semen karena mengalami peningkatan kuat tarik belah beton disemua variasi suhunya. Selanjutnya dilakukan pembuatan benda uji dan diuji tarik belah benda uji tersebut maka didapatkan nilai kuat tarik belah beton tertinggi pada suhu 900°C adalah 5,244 MPa pada prosentase 15%, untuk suhu 1000°C adalah 5,547 MPa pada prosentase 15%, dan untuk suhu 1100°C nilai kuat tariknya 2,844 MPa pada prosentase 12,5%. Perbandingan uji kuat tarik belah beton pada variasi suhu berturut-turut 900°C, 1000°C dan 1100°C mengalami kenaikan sebesar 103,41%, 115,17%, 32,39% terhadap beton normal.

Kata kunci : *American Concrete Institute*, Kuat tarik belah beton, Lumpur Sidoarjo, Variasi pemanasan.

PENDAHULUAN

Beton mempunyai potensi yang luas dan sangat penting. Banyaknya penggunaan beton dalam konstruksi akan mengakibatkan meningkatnya kebutuhan material pembentuk beton, sehingga me micu pengeksploasian penambangan batuan yang berlebihan, batuan merupakan salah satu komponen utama pembuatan beton.

Mengulas peristiwa luapan lumpur yang terjadi di Porong, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur, lumpur panas yang berasal dari pengeboran sumur migas oleh salah satu perusahaan yang ada di Brantas tahun 2006 lalu ,sampai saat ini masih menyisakan dampak yang besar terhadap lingkungan disekitar lokasi. Salah satunya dengan memanfaatkan lumpur tersebut menjadi bahan yang bergunadengan menjadikan sebagai bahan bangunan.

Menurut Darminto, lumpur Sidoarjo merupakan zat mampat yang belum dimanfaatkan secara optimal dan apabila dioptimalkan akan bernilai jual tinggi, seperti halnya pasir besi, batu kapur, atau silika. Misalnya, pasir hitam yang mengandung besi itu bila dijual untuk bahan bangunan seperti apa adanya akan bernilai jual sangat murah, tapi bila diolah dengan teknologi sederhana akan bernilai jual tinggi.

Tujuan dan manfaat penelitian ini untuk mengetahui bagaimana pengaruh penambahan serbuk halus dari pemanasan lumpur Sidoarjo terhadap kuat tarik belah beton pada umur 28 hari suhu 900°C, 1000°C dan 1100°C. Penggunaan serbuk halus dari pemanasan lumpur Sidoarjo dengan prosentase 0%, 7,5%, 10%, 12,5%, 15%, 17,5%, sehingga didapatkan hasil kuat tarik belah beton yang maksimal. Perbedaan kualitas beton normal dengan beton dengan bahan tambah serbuk halus dari pemanasan lumpur Sidoarjo ditinjau dari segi kuat tarik belahnya.

| Nama | Kandungan Kimia (%) | | | | | | | | | | |
|----------------|---------------------|------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|---------|-------------------|------------------|-----------------|-----------------|--------------|
| | SiO ₂ | Ca O | Fe ₂ O ₃ | Al ₂ O ₃ | TiO ₂ | MgO | Na ₂ O | K ₂ O | SO ₂ | SO ₃ | Hilang Pijar |
| Lumpur Lapindo | 53,08 | 2,07 | 5,60 | 18,27 | 0,57 | 2,89 | 2,97 | 1,44 | 2,96 | - | 10,15 |
| Semen | 20,8 | 65, | 3,0 | 6,9 | - | Max 2,0 | - | - | - | 1,6 | Max 1,5 |

(Sumber : Aristianto, 2006)

Semen yang dipakai merupakan semen *Portland* biasa jenis I dengan merk Gresik. Agregat kasar (batu pecah mesin) berasal dari Wonogiri. Agregat halus (pasir) berasal dari Merapi. Bahan tambah terbuat dari serbuk halus lolos saringan no.100 dari lumpur Lapindo dengan variasi suhu tinggi 3 varian. Prosentase penambahan serbuk halus lumpur Lapindo pada beton campuran dengan adalah: 0%, 7,5%, 10%, 12,5%, 15%, 17,5% dari berat semen yang digunakan. Variasi tinggi suhu pemanasan lumpur Lapindo Sidoarjo : 900°C, 1000°C, 1100°C. Setiap variasi serbuk halus dibuat 5 benda uji untuk kuat tarik beton. Benda uji silinder beton dengan diameter : 15cm dan tinggi : 30cm. Metode perencanaan menggunakan ACI (*American Concrete Institute*). Jumlah keseluruhan benda uji adalah $(5 \times 5 \times 3) + 5 = 80$ benda uji. Tinjauan analisis penelitian untuk mengetahui kuat tarik belah beton dengan bahan tambah lumpur lapindo pada variasi pemanasan suhu tinggi. Umur beton yang diuji adalah 28 hari dengan kuat tekan rencana f'_c 25 MPa. Fas (*faktor air semen*) yang digunakan adalah 0,6. Pemanasan lumpur Lapindo Sidoarjo dengan dengan variasi suhu 900°C, 1000°C, 1100°C, dilaksanakan di Lab studio kramik Pusat Pengembangan Dan Pemberdayaan Pendidik Dan Tenaga Kependidikan Seni Dan Budaya (PPPPTK) Yogyakarta. Pengujian kadar kimia lumpur Sidoarjo dilaksanakan di Laboraturium MIPA terpadu Universitas Sebelas Maret Surakarta (UNS).

TINJAUAN PUSTAKA

Beton adalah campuran dari empat bahan pokok yaitu: semen, agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil/batu pecah), dan air. Campuran tersebut yang dituang dalam cetakan kemudian dibiarkan, maka akan mengeras seperti batuan. Pengerasan ini terjadi karena adanya reaksi kimia antara air dan semen, yang berlangsung selama waktu yang panjang, dan akibatnya campuran itu selalu bertambah keras setara dengan umurnya. Beton yang sudah keras dianggap sebagai batu tiruan. Kekuatan, keawetan dan sifat beton berrgantung pada sifat-sifat bahan dasar, nilai perbandingan bahan-bahannya, cara pengadukannya, maupun cara pengerjaan selama penuangan adukan beton, cara pemadatan dan cara perawatan selama proses pengerasan (Tjokrodimuljo, 1996).

Beton mempunyai banyak kelebihan, sifat-sifat positif beton antara lain beton dapat dengan mudah dibentuk sesuai dengan konstruksi yang dibutuhkan, dapat memikul beban yang sangat berat pada konstruksi, tahan terhadap serangan api dan temperatur yang tinggi. Pemeliharaan hanya membutuhkan biaya yang relatif kecil (Mulyono, 2004).

Sifat dan jenis agregat sangat mempengaruhi kualitas beton ringan. Sifat agregat yang paling berpengaruh terhadap beton ringan ialah kekasaran permukaan jenis agregatnya. Agregat ringan dibedakan menjadi dua jenis yaitu yang pertama merupakan agregat ringan buatan sedang yang kedua merupakan agregat alam.

Kekerasan atau kekuatan butir butir agregat tergantung dari bahannya dan tidak dipengaruhi oleh lekatan antara butir satu dengan yang lainnya. Agregat yang lebih kuat biasanya mempunyai modulus elastisitas yang lebih tinggi. Butir yang lemah tidak dapat menghasilkan kekuatan beton yang diandalkan. Kekerasan sedang justru lebih menguntungkan karena dapat mengurangi konsentrsai tegangan yang terjadi, atau pembasahan dan pengeringan, atau pemanasan dan pendinginan. Dengan demikian mengurangi kemungkinan teradinya retakan beton.

Menurut Tjokrodimuljo (1996), jumlah semen yang terkandung dalam adukan beton juga mempengaruhi kuat tekan beton. Jika fas sama, beton dengan kandungan semen lebih sedikit akan menghasilkan kuat tekan lebih tinggi namun pemadatannya semakin sulit sebab jumlah semen semakin sedikit maka jumlah air semakin sedikit pula, pasta semen juga semakin sedikit maka kandungan porinya juga sedikit sehingga kepadatan beton semakin tinggi. Semen memerlukan air sekitar 30% dari beratnya untuk bereaksi secara sempurna.

Pemanfaatan lumpur Sidoarjo sebagai bahan bangunan diharapkan mampu mengatasi permasalahan yang timbul di Porong Sidoarjo. Karena berdasarkan beberapa hasil penelitian, lumpur lapindo tidak termasuk limbah B3 (Bahan Beracun Berbahaya) sehingga aman digunakan sebagai bahan bangunan.

LANDASAN TEORI

Bahan-bahan dasar penyusun beton merupakan faktor yang sangat menunjang terhadap kualitas beton. Perencanaan campuran, jenis, mutu dan jumlah bahan susunan beton harus dihitung dalam proporsi atau perbandingan tertentu agar menghasilkan kualitas beton yang diinginkan.

Beton sangat banyak dipakai secara luas sebagai bahan bangunan. Bahan-bahan tersebut diperoleh dengan cara mencampurkan semen *portland*, air, dan agregat (dan kadang-kadang bahan tambah, yang sangat bervariasi mulai dari bahan kimia tambahan, serat, sampai bahan buangan non-kimia) pada perbandingan tertentu. Perencanaan campuran beton (*mix design*) dimaksudkan untuk mendapatkan beton yang sebaik-baiknya, baik dalam segi kuat tekan tinggi, kemudahan pengerjaan, tahan lama, murah dan tahan aus (Tjokrodinuljo, 1996).

Semen *Portland* adalah bahan ikat hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan *Clinker* yang terutama terdiri dari *silica-silica calcium* yang bersifat hidrolis dengan gips sebagai bahan tambahan (Departemen Pekerjaan Umum, 1982). Semen *Portland* merupakan bahan ikat yang penting dan banyak dipakai dalam pembangunan fisik. Fungsi semen untuk merekatkan butir-butir agregat agar terjadi suatu massa yang kompak dan padat.

Air merupakan bahan dasar pembuatan beton yang penting namun harganya paling murah. Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen, serta untuk menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan. Untuk bereaksi dengan semen, air yang diperlukan sekitar 25 persen berat semen saja. Kelebihan air pada beton akan bercampur dan bersama-sama muncul ke permukaan adukan beton segar yang baru saja dituang (*bleeding*) yang kemudian menjadi buih dan merupakan suatu lapisan tipis yang disebut dengan *laitance* (selaput tipis). Selaput tipis ini akan mengurangi lekatan antara lapis-lapis beton dan merupakan bidang sambung yang lemah (Tjokrodinuljo, 1996).

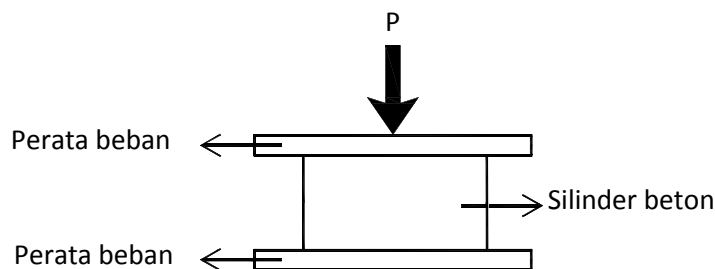
Menurut Departemen Pekerjaan Umum (1982), pemakaian air yang memenuhi syarat sebagai berikut:

- Air harus bersih, tidak mengandung lumpur lebih dari 2 gram/liter, minyak dan benda terapung lainnya yang dapat dilihat secara *visual*.
- Tidak mengandung benda-benda tersuspensi lebih dari 2 gram/liter.
- Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton lebih dari 15 gram/liter.
- Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.
- Tidak mengandung *clorida* (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter.

Lumpur Sidoarjo yang akan diolah menjadi serbuk halus diharapkan menjadi bahan tambah atau bahan pengisi (*filler*) yang bersifat seperti pozzolan. Karena kandungan silika dan alumina yang ada pada lumpur Sidoarjo cukup tinggi, bila ditotal persentasenya melebihi 70 persen dari volume keseluruhan.

Proses pembuatan serbuk halus sendiri pertama dikeringkan, kemudian dibakar dengan suhu $\pm 900-1100^{\circ}\text{C}$, ditumbuk atau di giling pada mesin *Los Angeles*. Terakhir diayak sehingga lolos saringan no.100 dan berwujud seperti semen *portland*.

Nilai hasil uji kuat tarik belah ini dapat digunakan sebagai acuan untuk mengestimasi beban retak beton atau momen retak (M_{retak}) yang biasanya digunakan dalam perencanaan beton prategang. Uji kuat tarik beton diperoleh dari uji sampel berbentuk silinder yang diuji belah (*splitting test*). Pengujian tersebut menggunakan benda uji silinder beton berdiameter 150 mm dan panjang 300 mm, diletakkan pada arah memanjang diatas alat pengujian kemudian beban tekan diberikan merata arah tegak dari atas pada seluruh panjang silinder.



Gambar 1. Skema pengujian kuat tarik beton

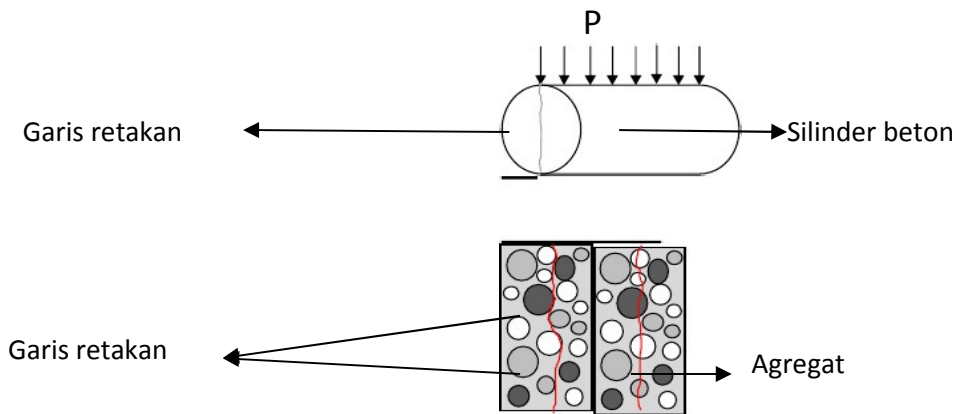
Tegangan tarik yang timbul sewaktu benda uji terbelah disebut sebagai tegangan tarik belah, diperhitungkan dengan persamaan sebagai berikut (SNI 03-2491-2002) :

$$F_{ct} = \frac{2P}{LD}$$

dengan : F_{ct} = kuat tarik belah (Mpa) L = panjang benda uji (mm)

P = beban uji maksimum (N) D = diameter benda uji (mm)

Pada proses kuat tarik belah dapat diilustrasikan seperti gambar dibawah ini:



(Sumber : <http://id.scribd.com>)

Gambar 2. Proses hasil pengujian kuat tarik beton

METODE PENELITIAN

Pada pengujian yang akan dilakukan pada penelitian ini, pengujian dilakukan pada bahan campuran yang menggunakan benda uji silinder yang memiliki diameter 15cm dan tinggi 30cm. Pengujian bahan terdiri dari pengujian agregat halus (pasir), agregat kasar (batu pecah), dan pengujian kandungan kimia pada lumpur Sidoarjo, serta pengujian benda uji silinder beton yang menggunakan bahan serbuk halus dari lumpur Sidoarjo suhu 900°C, 1000°C dan 1100°C dengan nilai fas 0,6 pada umur 28 hari pelaksanaan pengujian. Pengujian dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta, Laboratorium Universitas Sebelas Maret Surakarta dan Laboratorium studio kramik Pusat Pengembangan Dan Pemberdayaan Pendidik Dan Tenaga Kependidikan Seni Dan Budaya (PPPPTK) Yogyakarta.

Tahapan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1). Tahap I :

Pada tahap I terdiri dari beberapa kegiatan, antara lain pengambilan sampel lumpur Sidoarjo, pengambilan dan penyiapan bahan, pembuatan serbuk halus dari lumpur Sidoarjo.

2). Tahap II :

Pada tahap III dilakukan perancangan dan pembuatan campuran adukan beton menggunakan metode ACI (*American Concrete Institute*).

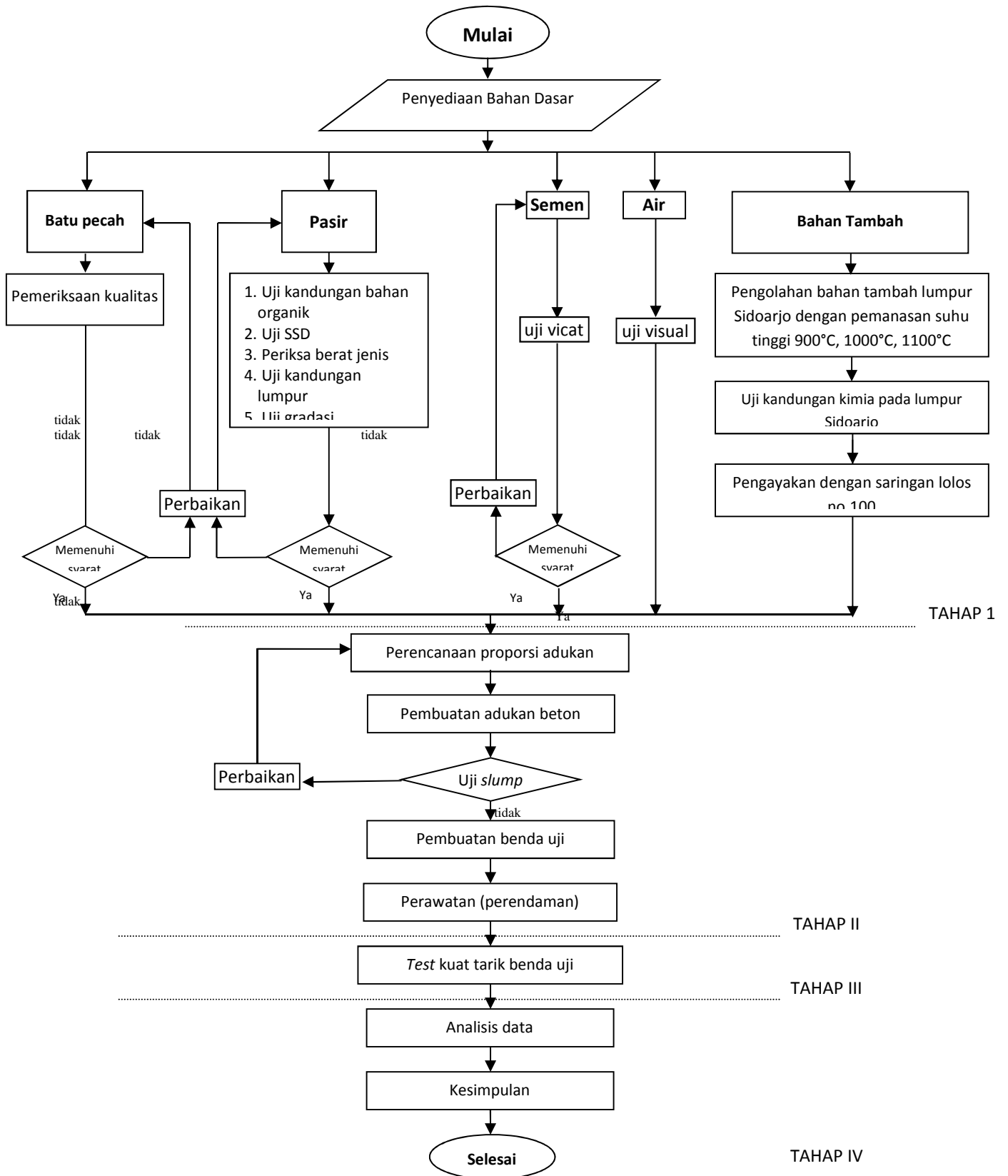
3). Tahap III :

Pelaksanaan pengujian kuat tarik belah beton untuk benda uji silinder beton yang berumur 28 hari dengan menggunakan *Universal Testing Machine*.

4). Tahap IV :

Pada tahap IV ini dilakukan pengolahan data hasil pengujian bahan dan pengujian kuat tarik beton.

Untuk lebih memperjelas tahapan penelitian maka dibuat bagan alir seperti yang dibawah ini :



Gambar 3. Bagan alir

Tabel 2. Perencanaan Campuran Beton dengan bahan tambah lumpur Sidoarjo dengan suhu 900° C.

| NO | Kode | Jenis benda uji | | Prosentase (%) | | Jumlah |
|----|-----------|-----------------|--------|----------------|--------|-----------|
| | | | | Semen | Lumpur | Benda Uji |
| 1 | BN | Beton Normal | 0 % | 100 | 0 | 5 |
| 2 | BL 900-A1 | Beton | 7.5 % | 92.5 | 7.5 | 5 |
| 3 | BL 900-A2 | Beton | 10 % | 90 | 10 | 5 |
| 4 | BL 900-A3 | Beton | 12.5 % | 87.5 | 12.5 | 5 |
| 5 | BL 900-A4 | Beton | 15 % | 85 | 15 | 5 |
| 6 | BL 900-A5 | Beton | 17.5 % | 82.5 | 17.5 | 5 |
| | | | | | | 30 |

Tabel 3. Perencanaan Campuran Beton dengan bahan tambah lumpur Sidoarjo dengan suhu 1000° C.

| NO | Kode | Jenis benda uji | | Prosentase (%) | | Jumlah |
|----|------------|-----------------|--------|----------------|--------|-----------|
| | | | | Semen | Lumpur | Benda Uji |
| 1 | BL 1000-B1 | Beton | 7.5 % | 92.5 | 7.5 | 5 |
| 2 | BL 1000-B2 | Beton | 10 % | 90 | 10 | 5 |
| 3 | BL 1000-B3 | Beton | 12.5 % | 87.5 | 12.5 | 5 |
| 4 | BL 1000-B4 | Beton | 15 % | 85 | 15 | 5 |
| 5 | BL 1000-B5 | Beton | 17.5 % | 82.5 | 17.5 | 5 |
| | | | | | | 25 |

Tabel 4. Perencanaan Campuran Beton dengan bahan tambah lumpur Sidoarjo dengan suhu 1100° C.

| NO | Kode | Jenis benda uji | | Prosentase (%) | | Jumlah |
|----|------------|-----------------|--------|----------------|--------|-----------|
| | | | | Semen | Lumpur | Benda Uji |
| 1 | BL 1100-C1 | Beton | 7.5 % | 92.5 | 7.5 | 5 |
| 2 | BL 1100-C2 | Beton | 10 % | 90 | 10 | 5 |
| 3 | BL 1100-C3 | Beton | 12.5 % | 87.5 | 12.5 | 5 |
| 4 | BL 1100-C4 | Beton | 15 % | 85 | 15 | 5 |
| 5 | BL 1100-C5 | Beton | 17.5 % | 82.5 | 17.5 | 5 |
| | | | | | | 25 |

HASIL PENELITIAN

Dari pemeriksaan yang telah dilakukan dalam tahap uji bahan, maka diperoleh hasil uji agregat kasar. Untuk pengujian agregat kasar terdiri dari pemeriksaan berat jenis, absorpsi, keausan agregat, berat satuan kerikil dan kandungan lumpur.

Tabel 5. Hasil pemeriksaan agregat kasar

| Jenis pemeriksaan | Hasil pemeriksaan | Persyaratan |
|----------------------|-----------------------|-------------------------|
| Berat jenis bulk | 2,49 t/m ³ | - |
| Berat jenis SSD | 2,56 t/m ³ | - |
| Berat jenis semu | 2,67 t/m ³ | - |
| Absorpsi | 2,73 % | - |
| Keausan agregat | 23,04 % | < 40% (SNI 2417-2008) |
| Berat satuan kerikil | 1,45 t/m ³ | - |
| Kandungan lumpur | 0,62% | < 1% (SNI 03-2461-2002) |

Dari semua hasil pengujian agregat kasar tidak ada yang tidak memenuhi syarat bahan sebagai bahan penyusun beton. Maka dari itu, agregat kasar yang berasal dari Wonogiri dapat dipakai dalam campuran adukan beton pada penelitian ini. Adapun data-data yang akan digunakan dalam perhitungan perencanaan campuran adukan beton berdasar data-data yang diperoleh dari hasil pemeriksaan.

Dari pemeriksaan yang telah dilakukan dalam tahap uji bahan, maka diperoleh hasil uji agregat halus. Untuk pengujian agregat halus terdiri dari pemeriksaan berat jenis, absorpsi, *saturated surface dry*, kandungan lumpur, kandungan organik dan modulus halus butir.

Tabel 6. Hasil pemeriksaan agregat halus

| Jenis pemeriksaan | Hasil pemeriksaan | Persyaratan |
|------------------------------|-----------------------|---------------------------|
| Absorpsi | 3,73% | - |
| Berat jenis Semu | 2,39 t/m ³ | - |
| Berat jenis SSD | 2,41 t/m ³ | - |
| Berat jenis bulk | 2,39 t/m ³ | - |
| <i>Saturated surface dry</i> | 1,13 cm | - |
| Kandungan lumpur | 6,55% | < 5% (SNI 03-2461-2002) |
| Kandungan organik | Kuning muda | Rendah (SNI 03-2816-1992) |
| Modulus halus butir | 2,43 | - |

Dari semua hasil pengujian agregat halus terdapat yang tidak memenuhi syarat bahan sebagai bahan penyusun beton. Kandungan lumpur pada agregat halus sebesar 11,76%, maka dari itu, agregat halus yang berasal dari Merapi perlu dicuci terlebih dahulu untuk menurunkan nilai kandungan lumpur tersebut.

Tabel 7. Hasil pengujian ikatan awal semen merk Gresik

| Percobaan | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|----------------|------|------|-----|------|----|-----|------|-----|-----|
| Waktu (menit) | 0 | 15 | 30 | 45 | 60 | 75 | 90 | 100 | 120 |
| Penurunan (cm) | 4,75 | 3,25 | 2,5 | 2,25 | 2 | 1,9 | 1,75 | 1,7 | 1,2 |

(Okta Pradana A 2012)

Tabel 8. Hasil Pemeriksaan kandungan kimia dari lumpur sidoarjo yang telah dinapaskan dengan suhu 1000°C.

| Formula | Z | Concentration | Status | Line 1 |
|--------------------------------|----|---------------|--------------|-------------|
| SiO ₂ | 14 | 49,61% | Fit spectrum | Si KA1/EQ20 |
| Al ₂ O ₃ | 13 | 17,88% | Fit spectrum | Al KA1/EQ21 |
| Fe ₂ O ₃ | 26 | 13,02% | Fit spectrum | Fe KA1/EQ22 |
| CaO | 20 | 4,49% | Fit spectrum | Ca KA1/EQ23 |
| Na ₂ O | 11 | 3,54% | Fit spectrum | Na KA1/EQ24 |
| MgO | 12 | 3,25% | Fit spectrum | Mg KA1/EQ25 |
| SO ₃ | 16 | 3,15% | Fit spectrum | S KA1/EQ26 |

Tabel 9. Persyaratan kadar kimia berdasarkan ASTM C618 – 12a.

| Komposisi | Kelas | | |
|--|-------|----------------|----|
| | N | F | C |
| Jumlah (SiO ₂) + (Al ₂ O ₃) + (Fe ₂ O ₃), min% | 70 | 70 | 70 |
| Sulfur trioxide (SO ₃), max% | 4 | 5 | 5 |
| Moisture content, max% | 3 | 3 | 3 |
| Loss on ignition, max% | 10 | 6 ^A | 6 |

(Sumber : ASTM C618 – 12a)

Dari Hasil pemeriksaan pada tabel 8 dan tabel 9 dapat disimpulkan bahwa lumpur lapindo termasuk pozzolan kelas N karena kadar terbesar pada uji XRF adalah SiO₂ (silika)+Al₂O₃ (alumina)+Fe₂O₃ (besi) > 70% yaitu 80,51% dan jumlah SO₃ (sulfur) kurang dari 4%.

Tabel 10. Hasil pengujian berat jenis beton dengan fas 0,60

| Fas | prosentase Lumpur | Berat Jenis rata-rata | | |
|-----|-------------------|-----------------------|--------|--------|
| | % | 900°C | 1000°C | 1100°C |
| 0.6 | 0 | 2,332 | 2,332 | 2,332 |
| | 7.5 | 2,329 | 2,325 | 2,327 |
| | 10 | 2,297 | 2,322 | 2,319 |
| | 12.5 | 2,278 | 2,313 | 2,297 |
| | 15 | 2,275 | 2,280 | 2,293 |
| | 17.5 | 2,264 | 2,268 | 2,262 |

Berdasarkan dari hasil perhitungan berat jenis benda uji pada Tabel 10 dapat diambil kesimpulan, bahwa pada penambahan prosentase lumpur berat jenis beton semakin turun. Hal ini disebabkan pada saat menuangkan adukan ke dalam cetakan silinder ada material yang terbuang seperti pasir, kerikil dan semen kecuali, beton normal karena pada saat pembuatan dilakukan terpisah.

Tabel 11. Hasil pengujian nilai *slump* dengan fas 0,60

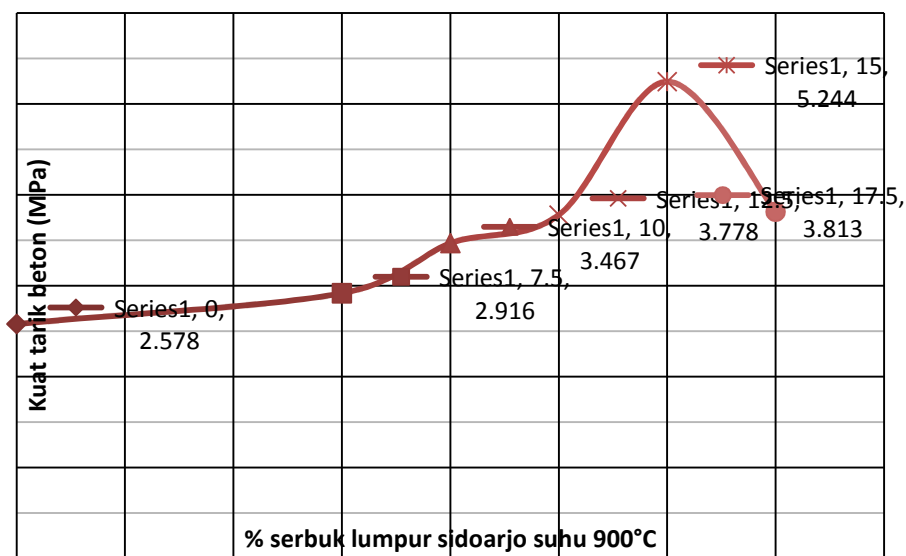
| Fas | Variasi Suhu | Prosentase Lumpur | Nilai <i>Slump</i> |
|------|--------------|-------------------|--------------------|
| | °C | (%) | (mm) |
| 0,60 | 900°C | 0 | 133 |
| | | 7,5 | 132 |
| | | 10 | 130 |
| | | 12,5 | 128 |
| | | 15 | 127 |
| | | 17,5 | 124 |
| | 1000°C | 7,5 | 135 |
| | | 10 | 134 |
| | | 12,5 | 132 |
| | | 15 | 130 |
| | | 17,5 | 125 |
| | 1100°C | 7,5 | 126 |
| | | 10 | 125 |
| | | 12,5 | 123 |
| | | 15 | 121 |
| 17,5 | | 118 | |

Dari hasil pengujian *slump*, nilai *slump* dengan fas 0,60 berkisar 118-135 mm, hal ini dikarenakan dalam perencanaan campuran adukan beton nilai fas sudah ditentukan terlebih dahulu sehingga penggunaan air cenderung lebih banyak. Sehingga nilai *slump* yang terjadi mendekati nilai maksimal yang direncanakan antara 75-150 mm.

Pengujian kuat tarik beton dilakukan setelah benda uji ditimbang dan didapat berat jenisnya, maka dilakukan pengujian kuat tarik belah beton dengan jalan memberikan beban benda uji sampai beban yang maksimal dengan menggunakan mesin uji kuat tekan dan kuat tarik merk MBT kapasitas 200T.

Tabel 12. Hasil pengujian kuat tarik belah beton dengan fas 0,6 umur 28 hari pada variasi suhu 900°C dapat dilihat pada tabel dan grafik dibawah ini.

| Kode | Nama Sampel | Presentase Bahan Tambah | Kuat Tarik Rata-Rata (Mpa) |
|-------------|---------------------|-------------------------|----------------------------|
| BN | Beton Normal | 0% | 2,578 |
| BL 900 - A1 | Beton Lumpur 7,5 % | 7,5% | 2,916 |
| BL 900 - A2 | Beton Lumpur 10 % | 10% | 3,467 |
| BL 900 - A3 | Beton Lumpur 12,5 % | 12,50% | 3,778 |
| BL 900 - A4 | Beton Lumpur 15 % | 15% | 5,244 |
| BL 900 - A5 | Beton Lumpur 17,5 % | 17,5% | 3,813 |

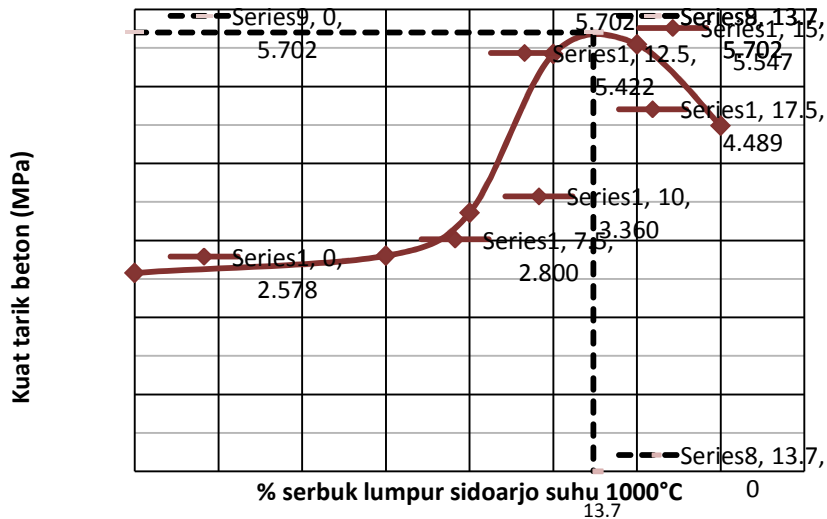


Gambar 4. Hubungan kuat tarik belah beton lumpur dengan variasi suhu 900°C pada umur 28 hari

Berdasarkan tabel 12 dan gambar 4 diatas, hasil pengujian kuat tarik belah beton didapat hasil maksimal pada variasi prosentase lumpur sebesar 15% dengan hasil 5,244MPa dan setelah melebihi 15% kuat tarik belah beton mengalami penurunan diangka 3,813MPa.

Tabel 13. Hasil pengujian kuat tarik belah beton dengan fas 0,6 umur 28 hari pada variasi suhu 1000°C

| Kode | Nama Sampel | Presentase Bahan Tambah | Kuat Tarik Rata-Rata (Mpa) |
|--------------|---------------------|-------------------------|----------------------------|
| BN | Beton Normal | 0% | 2,578 |
| BL 1000 - B1 | Beton Lumpur 7,5 % | 7,5% | 2,800 |
| BL 1000 - B2 | Beton Lumpur 10 % | 10% | 3,360 |
| BL 1000 - B3 | Beton Lumpur 12,5 % | 12,50% | 5,422 |
| BL 1000 - B4 | Beton Lumpur 15 % | 15% | 5,547 |
| BL 1000 - B5 | Beton Lumpur 17,5 % | 17,5% | 4,489 |

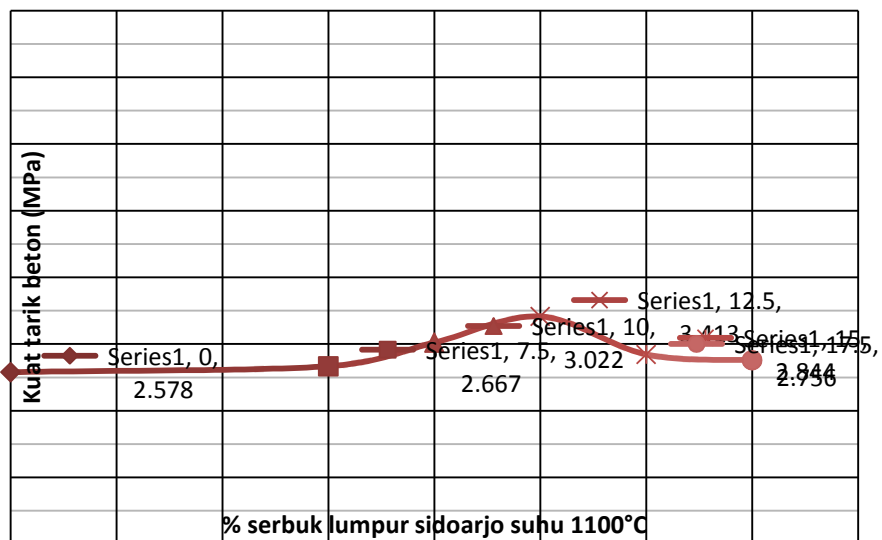


Gambar 5. Hubungan kuat tarik belah beton lumpur dengan variasi suhu 1000°C pada umur 28 hari

Berdasarkan Tabel 13 dan Gambar 5 diatas, hasil pengujian kuat tarik belah beton didapat hasil maksimal pada variasi prosentase lumpur sebesar 15% dengan hasil 5,547MPa dan setelah melebihi 15% kuat tarik belah beton mengalami penurunan diangka 4,489MPa dan perkiraan prosentse optimumnya sebesar 13,7% dan perkiraan kuat tekan optimumnya sebesar 5,702%.

Tabel 14. Hasil pengujian kuat tarik belah beton dengan fas 0,6 umur 28 hari pada variasi suhu 1100°C

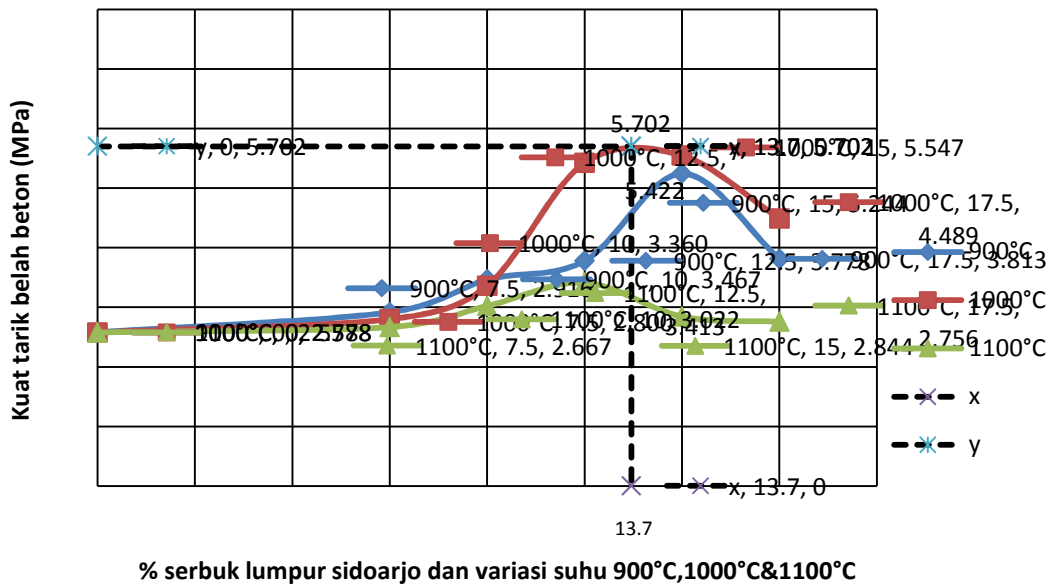
| Kode | Nama Sampel | Presentase Bahan Tambah | Kuat Tarik Rata-Rata (Mpa) |
|--------------|---------------------|-------------------------|----------------------------|
| BN | Beton Normal | 0% | 2,578 |
| BL 1100 - C1 | Beton Lumpur 7,5 % | 7,5% | 2,667 |
| BL 1100 - C2 | Beton Lumpur 10 % | 10% | 3,022 |
| BL 1100 - C3 | Beton Lumpur 12,5 % | 12,50% | 3,413 |
| BL 1100 - C4 | Beton Lumpur 15 % | 15% | 2,844 |
| BL 1100 - C5 | Beton Lumpur 17,5 % | 17,5% | 2,756 |



Gambar 6. Hubungan kuat tarik belah beton lumpur dengan variasi suhu 1100°C pada umur 28 hari

Berdasarkan Tabel 14 dan Gambar 6 diatas, hasil pengujian kuat tarik belah beton didapat hasil maksimal pada variasi prosentase lumpur sebesar 12,5% dengan hasil 3,413MPa dan setelah melebihi 12,5% kuat tarik belah beton mengalami penurunan terendah diangka 2,756MPa.

Grafik hubungan perbandingan kuat tarik belah beton dengan fas 0,6 umur 28 hari pada variasi suhu 900°C,1000°C&1100°C



Gambar 7. Hubungan perbandingan kuat tarik belah beton lumpur dengan variasi suhu 900°C,1000°C&1100°C pada umur 28 hari

Berdasarkan grafik diatas dapat disimpulkan bahwa nilai kuat tarik belah beton tertinggi pada suhu 900°C adalah 5,244 MPa pada prosentase 15%, suhu 1000°C adalah 5,547 MPa pada prosentase 15%, dan suhu 1100°C nilai kuat tariknyaya 2,844 MPa pada prosentase 12,5%, Perkiraan nilai kuat tarik belah beton optimum dari grafik diatas yaitu pada suhu 1000°C, nilai kuat tarik belah betonnya 5,702 MPa pada prosentase 13,7%.

KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai kuat tarik belah beton tertinggi pada suhu 900°C adalah 5,244 MPa pada prosentase 15%, suhu 1000°C adalah 5,547 MPa pada prosentase 15%, dan suhu 1100°C nilai kuat tekannya 2,844 MPa pada prosentase 12,5%.
2. Perkiraan nilai kuat tarik belah beton optimum dari grafik diatas yaitu pada suhu 1000°C, nilai kuat tarik belah betonnya 5,702 MPa pada prosentase 13,7%.
3. Hasil perbandingan uji kuat tarik belah beton pada variasi suhu berturut-turut 900°C,1000°C dan 1100°C mengalami kenaikan sebesar 103,41%, 115,17%, 32,39% terhadap beton normal.
4. Hasil pemeriksaan kandungan kimia pada lumpur Sidoarjo didapat hasil yang terbesar yaitu SiO₂ (silika) sebesar 49,61%, Al₂O₃ (alumina) sebesar 17,88% , Fe₂O₃ (besi) sebesar 13,02% dan SO₃ (sulfur) kurang dari 4% maka serbuk lumpur Sidoarjo termasuk pozzolan kelas N.
5. Lumpur Sidoarjo dapat digunakan sebagai pengganti semen karena mengalami peningkatan kuat tarik belah beton disemua variasi suhunya.

Dari hasil penelitian dan kesimpulan diatas untuk mendapatkan kuat tarik optimal dengan adanya penambahan serbuk lumpur sidoarjo, hal yang perlu diperhatikan antara lain :

1. Ketelitian dalam pengujian bahan-bahan penyusun beton.
2. Penambahan Lumpur Sidoarjo sebagai pengganti semen dapat ditambahkan bahan lagi yang mempunyai kandungan kimia seperti SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, CaO, dan MgO karena sangat memungkinkan sebagai pengganti semen.
3. Menggunakan nilai fas sesuai hasil hitungan metode ACI atau SNI karena nilai fas sangat berpengaruh pada hasil pengujian beton.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim., gambar pengujian kuat tarik belah beton (online) , (<http://www.scribd.com/search?query=gambar+pengujian+kuat+tarik+belah+beton>, diakses pada tanggal 27 September 2012)
- Anonim., Lumpur lapindo2 (online), (http://2.bp.blogspot.com/-TmouIDk12ic/T2vIeGMEGjI/AAAAA AAAAIY/x3JPSltjWhg/s1600/lumpur_lapindo2.jpg, diakses pada tanggal 27 September 2012)
- Aristianto., 2006, *Pemeriksaan Pendahuluan Lumpur Panas Lapindo Sidoarjo Untuk Produk Keramik*, Balai Besar Keramik, Bandung.
- Aryudya, 2012, *Kuat Tekan Beton Dengan Bahan Tambah Serbuk Halus Dari Lumpur Kering Tungku Ex Lapindo*, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- ASTM C496 [37] , , *The Split Cylinder*, Chu kia Wang dkk, 11986).
- ASTM C618 – 12a (<http://www.astm.org/Standards/C618.htm>).
- British Standart Institution, 1983, *Method for Determation of Tensile Spliting*.
- Darminto.,2011, (<http://www.investor.co.id/pages/search/index.php?keywords=lumpur+lapindo+sidoarjo&x=19&y=17>)
- Departemen Pekerjaan Umum, 1990, *Tata Cara Rencana Pembuatan Campuran*.
- Hudi, Sri., 2011, *Pemanfaatan Limbah Lumpu Sidoarjo Sebagai Bahan Bata Merah*, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Lasino, Moch, E, N., dan Dany C., 2010, *Penelitian Pemanfaatan Lumpur Sidoarjo Untuk Bata Merah Dan Genteng*, Pusat Litbang Pemukiman, Bandung.
- Mulyono, T., 2004, *Teknologi Beton*, Penerbit ANDI, Yogyakarta.
- Munaf, D, R., Suharwanto, dan Firdaus, SI-487, *Material Semen Dan Beton*, Penerbit ITB, Institut Teknologi Bandung.
- Pengelola Tugas Akhir, 2001, *Pedoman Penyusunan Laporan Kerja Praktek, Usulan Tugas Akhir, dan Laporan Tugas Akhir*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Sanusi, H., Helmi, T, H., dan Aryudya, O, P., 2010, *Laporan Praktikum Bahan Bangunan*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Suprianto, Yuli, 2012, *Tinjauan Kuat Tekan Beton Dengan Pemanfaatan Lumpur Kering Tungku Ex Lapindo Sebagai Pengganti Semen*, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Tempo., <http://www.tempo.co/read/beritafoto/1405/Luapan-Lumpur-Lapindo-Terlihat-dari-Udara>
- Tjokrodinuljo, K., 1992, *Bahan Bangunan*, Jurusan Teknik Sipil, Fakulats Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Tjokrodinuljo, K., 1996, *Teknologi Beton*, Jurusan Teknik Sipil, Fakulats Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Wikipedia, http://id.wikipedia.org/wiki/Banjir_lumpur_panas_Sidoarjo