

STUDI OPTIMASI KUAT TEKAN PAVING BLOCK DENGAN MEMANFAATKAN LIMBAH PAVING BEKAS

¹⁾*Tiong Iskandar, ¹⁾Deviany Kartika, ¹⁾A.Agus Santosa*

¹⁾Dosen Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan ITN Malang

ABSTRAKSI

Industri paving merupakan salah satu sektor penting penggerak perekonomian Nasional, seperti Sentra Industri paving di Turen Kabupaten Malang. Masalah yang seringkali dihadapi oleh para pengusaha paving adalah produk yang mengalami cacat saat proses produksi, rusak selama pengangkutan, pemasangan, dan lain sebagainya, sehingga tidak jarang produk yang cacat tersebut di retur oleh konsumen. Hal ini tentu akan membebani pihak produsen paving dan menambah limbah paving.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan abu batu yang berasal dari limbah paving bekas pada campuran paving terhadap kuat tekan paving yang dihasilkan serta mengetahui perbandingan abu batu dari limbah paving bekas yang harus ditambahkan pada campuran paving untuk menghasilkan kuat tekan paving optimum.

Metodologi penelitian ini dibagi menjadi 5 tahap, antara lain tahap persiapan, tahap pengujian bahan, tahap perhitungan rencana campuran (mix design), tahap pembuatan dan pencampuran benda uji, tahap perawatan benda uji, tahap pengujian kuat tekan paving blok, dan tahap analisa data untuk mengetahui perbandingan abu batu dari limbah paving bekas yang harus ditambahkan pada campuran paving untuk menghasilkan kuat tekan paving optimum.

Berdasarkan hasil analisis dapat diketahui bahwa ada pengaruh pengurangan jumlah pasir yang digunakan dalam komposisi beton yang disubstitusikan dengan penambahan persentase abu batu dari hasil tumbukan paving bekas terhadap kuat tekan paving block. Untuk 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50% substitusi abu batu terhadap berat pasir menghasilkan kuat tekan beton 447,68kg/m²; 489,78kg/m²; 494,74kg/m²; 487,93kg/m²; 385,76kg/m²; 259,57kg/m².

Dari penelitian yang dilakukan didapatkan hasil bahwa substitusi abu batu terhadap berat pasir lebih dari 20% membuat kuat tekan beton turun. Semakin banyak campuran abu batu maka semakin menurun pula kuat tekannya. Model regresi di ekspresikan dalam persamaan Tegangan Hancur = 517,534 – 3,598 Konsentrasi Campuran Abu Batu.

Kata Kunci: limbah, paving, abu batu, kuat tekan.

PENDAHULUAN

Sektor industri merupakan salah satu sektor penting penggerak perekonomian Nasional. Sejalan dengan komitmen pemerintah yang ingin mempercepat pembangunan infrastruktur maka berbagai macam industri mengalami perkembangan yang cukup pesat. Salah satu bidang industri yang berkembang adalah industri konstruksi khususnya pembangunan infrastruktur dan properti. Hal serupa juga terjadi pada industri paving kota Malang yang merupakan salah satu sentra pengrajin paving, khususnya di daerah Turen. Banyak keuntungan yang dihasilkan dari Industri paving ini antara lain menyediakan lapangan pekerjaan bagi masyarakat sekitar karena industri ini banyak menyerap tenaga kerja sehingga banyak masyarakat sekitar yang menggantungkan hidupnya pada industri ini.

Paving blok merupakan bahan bangunan yang telah dikenal luas oleh masyarakat dan sering dimanfaatkan sebagai lapisan atas struktur jalan selain aspal atau beton. Hal ini karena pemakaian paving block memberikan peresapan air tanah lebih baik dari pada aspal maupun lantai beton. Paving blok dibuat dari bahan campuran seperti semen portland atau bahan perekat lainnya, air dan agregat. Bahan agregat yang sering digunakan dalam pembuatan paving blok adalah pasir, mulai dari pasir galian dan juga pasir sungai. Adapun parameter untuk mengukur kualitas paving blok yang baik antara lain dinilai dari kuat tekan yang tinggi (satuan MPa), tingkat resapan yang rendah (%), serta daya keausan yang rendah (mm/menit). Berdasarkan pada SNI 03-0691-1996, paving blok dengan mutu terendah (mutu D) minimal memiliki kuat tekan 8,5 Megapascal (Mpa), persentase serapan air rata – rata maksimum 10% dan keausan 0,251 (Ferdianto,2009).

Masalah yang seringkali dihadapi oleh para pengusaha yang berkecimpung dalam industri paving adalah produk yang mengalami cacat saat proses produksi, ataupun rusak selama pengangkutan, pemasangan, dan lain sebagainya, sehingga tidak jarang produk yang cacat tersebut di retur kembali oleh konsumen. Jika hal ini sering terjadi, bahkan dalam waktu yang lama maka hal ini tentu akan membebani pihak produsen paving karena paving yang di retur. Disamping itu semakin banyak paving yang di retur akan menambah limbah paving yang kerap kali membuat bingung untuk menempatkan dan memanfaatkan limbah paving.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan abu batu yang berasal dari limbah paving bekas pada campuran paving terhadap kuat tekan paving yang dihasilkan serta mengetahui perbandingan abu batu dari limbah paving bekas yang harus ditambahkan pada campuran paving untuk menghasilkan kuat tekan paving optimum

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai bahan masukan bagi para pengusaha paving block untuk dapat menggunakan limbah paving bekas sebagai campuran pembuatan paving sehingga dapat menambah nilai manfaat dari limbah paving bekas. Yang nantinya juga akan meningkatkan pemasukan dari pengusaha paving block dan menghindarkan pengusaha paving dari kerugian. Disamping itu penelitian ini diharapkan dapat mengembangkan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi khususnya Teknologi Bahan Konstruksi khususnya paving block.

Adapun pokok-pokok masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah:

1. Apakah ada pengaruh antara pengurangan jumlah pasir yang digunakan dalam komposisi beton yang disubstitusikan dengan penambahan persentase abu batu dari hasil tumbukan paving bekas terhadap kuat tekan paving block?
2. Bagaimana model hubungan antara pengaruh pengurangan jumlah pasir yang digunakan dalam komposisi beton yang disubstitusikan dengan penambahan persentase abu batu dari hasil tumbukan paving bekas terhadap kuat tekan paving block?

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini meliputi :

1. Penelitian yang digunakan adalah paving blok milik CV. Turen Indah Malang
2. Penelitian hanya meninjau kuat tekan paving block
3. Penelitian hanya dilakukan pada paving block dengan campuran perbandingan 1PC : 1FA : 1PS : 2BP
4. Persentase dari penggunaan abu batu ditentukan sebesar 0%, 10%, 20%, 30%, 40% dan 50% dari jumlah pasir yang digunakan.

TINJAUAN PUSTAKA

Paving block adalah mortar dengan komposisi bahan yang dibuat dari campuran semen Portland atau bahan perekat hidrolis sejenis, air dan agregat halus dengan atau bahan tambahan lainnya yang tidak mengurangi mutu beton (SKSNI S-04-1989, DPU). Mortar yang baik diperoleh jika pozzolanic cement dicampur dengan batuan kapur yang banyak mengandung material-material tanah liat (Smeaton,1956).

Menurut SNI 03 0691 1996, Bata Beton (Paving Block) adalah suatu komposisi bahan bangunan yang dibuat dari campuran semen portland atau bahan perekat hidrolis sejenisnya, air dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya yang tidak mengurangi mutu bata beton itu.

Proses Pembuatan Paving Block:

- Pembuatan dengan cara manual

Pembuatan paving block dimulai dengan mencampur semen, air, pasir, penambahan batu pecah (kericak) dan penambahan abu batu (sebagai filler) dengan komposisi tertentu. Setelah adukan homogen, kemudian dimasukkan ke dalam cetakan dan dipress dengan kekuatan tekan tenaga manusia. Pembuatan cara manual ini umumnya menghasilkan mutu paving block yang rendah karena tekanan yang diberikan pada saat mengempa tidak maksimal.

- Pembuatan dengan menggunakan mesin

Mencampurkan bahan material penyusun ke dalam mesin molen, kemudian di masukkan ke dalam mesin press paving block. Pada mesin ini dapat disetting tekanan yang akan diterima untuk menghasilkan paving dengan mutu tertentu. Umumnya pembuatan paving block dengan menggunakan mesin akan menghasilkan mutu beton yang tinggi, keseragaman dan kestabilan tekanan pada saat pengempaan memberikan kontribusi peningkatan mutu paving block. Meskipun demikian, komposisi material penyusun bata beton (paving block) sangat menentukan mutu produk tersebut.

Paving dengan mutu baik tidak akan ditumbuhi lumut, jika paving block ditumbuhi lumut menandakan penyerapan air yang tinggi sehingga kondisi paving lembab. Hal ini juga menandakan bahwa material pasir yang digunakan jelek, kandungan lumpur terlalu banyak sehingga menyebabkan bata beton (paving block) bermutu jelek.

Berbagai Metode Pengujian

- Metode struktur, yaitu dengan cara paving dipotong berbentuk kubus dengan ukuran yang disesuaikan dengan benda uji, kemudian ditekan dengan tekanan, durasi waktu dan kecepatan tertentu hingga hancur. Nilai kuat tekan diperoleh dari Beban tekan dibagi dengan luas bidang tekan.
- Metode Ukuran, diukur dengan kaliper ukuran ketebalan minimum 6 cm dengan toleransi +8%.
- Metode Visual, permukaan paving block harus rata, tidak terdapat cacat, bagian sudut dan tepi tidak mudah hancur, jika paving satu dengan yang lainnya dibenturkan tidak mudah hancur.
- Pengujian jatuh, jika paving dijatuhkan bebas dengan ketinggian 1 meter maka paving block yang bagus tidak akan mudah patah.
- Pengujian serapan air, paving block direndam ke dalam air selama 24 jam, kemudian dikeringkan dengan suhu 105 derajat celcius dan

ditimbang 2 kali hingga selisih hasil penimbangan tidak lebih dari 0,2%, kemudian nilai penyerapan dihitung dari berat paving block basah dikurangi berat paving block kering, dibagi dengan berat paving block kering, kemudian dikalikan 100%.

- Metode interlock, pada bentuk bata beton (paving block) yang mempunyai sisi tidak rata (mulus) tetapi mempunyai sisi yang sengaja dibuat dengan tonjolan untuk membuat ikatan antar bata beton (paving block) akan membuat struktur pasangan paving block semakin kuat. Pada pemasangan paving block jenis interlok ini juga mempunyai keunggulan, yaitu jarak antar paving (nat) berbentuk rapi dan seragam. Sisi panjang dan lebar paving block terdapat tonjolan yang akan membentuk ruang kecil untuk isian pasir di sela-sela pasangan paving tersebut.

Penelitian Terdahulu

Pada tahun 2003, Anton Kristanto dan Salim Himawan Putra dalam skripsinya, telah melakukan penelitian tentang pengaruh fly ash dalam pembuatan paving block. Isi dari penelitian tersebut mengatakan bahwa contoh fly ash yang digunakan berasal dari Tjiwi Kimia. Dalam penelitian ini, formula didasarkan pada literature dari perusahaan pembuat paving PT. Focon yang menggunakan perbandingan sebagai berikut : semen : pasir : kerikil = 1 : 2,11 : 2,63. Kemudian dari penelitian ini, dilakukan variasi komposisi paving dengan perbandingan semen : pasir : kerikil : fly ash = 1 : 1,3 : 2,6 : 0,8. Komposisi terbaik dalam penelitian ini dengan perbandingan semen : pasir : kerikil : fly ash = 0,9 : 1,2 : 2,8 : 0,76 dengan kuat tekan yang dihasilkan sebesar 617,40 kg/cm²

Pada tahun 2007, CV. Lestari melakukan test kokoh tekan hancur pada kubus/silinder beton. Analisa kekuatan untuk kubus, diperoleh tegangan hancur 308,2kg/cm² untuk komposisi Semen : pulverized fly ash : Pasir : Batu Pecah adalah 1 : 1 : 1 : 2. kemudian untuk komposisi 1 : 1,5 : 2 : 3 diperoleh tegangan hancur 312,3 kg/cm². selain itu, pada komposisi 1 : 1 : 2 : 3 diperoleh tegangan hancur sebesar 350,4kg/cm²

Pada tahun 2008, Aswin Budhi Saputro dalam skripsinya melakukan penelitian dengan tujuan untuk meningkatkan kuat desak dan kuat tarik beton mutu tinggi dan untuk mengetahui sejauh mana pengaruh penggantian sebagian semen dengan abu terbang yang berasal dari PLTU Cilacap terhadap mutu kuat desak dan kuat tarik beton. Penelitian yang dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik (BKT), Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia ini, memakai komposisi variasi penambahan abu terbang sebanyak 0%, 20%, 25%, 30% dan 35% dari berat semen. Benda uji yang digunakan adalah berbentuk silinder, mutu

beton yang direncanakan 45 MPa yang diuji pada umur 28 hari. Dari penelitian ini, dihasilkan bahwa akibat penggantian sebagian semen dengan Fly Ash, kuat desak dan kuat tarik beton mengalami peningkatan. Hasil yang paling optimum yaitu pada komposisi 1:2:3 dengan penggantian abu terbang (fly ash) sebesar 35% dari berat semen dengan kuat tekannya sebesar 55,07 Mpa dan 3,93 MPa untuk kuat tariknya. Butiran Fly Ash yang jauh lebih kecil membuat beton lebih padat karena rongga antara butiran agregat diisi oleh Fly Ash sehingga dapat memperkecil pori-pori yang ada dan memanfaatkan sifat pozzolan dari Fly Ash dalam memperbaiki mutu beton. Penggunaan Fly Ash memperlihatkan dua pengaruh abu terbang di dalam beton yaitu sebagai agregat halus dan sebagai pozzolan. Selain itu abu terbang di dalam beton menyumbang kekuatan yang lebih baik dibanding dengan beton normal.

Estutie Maulanie pada tahun 2010 mengadakan penelitian mengenai Pembuatan Paving Block dengan Campuran Pulverized Fly Ash Dan Pasir Lumajang untuk mendapatkan komposisi optimal paving block dari campuran pulverized fly ash dan pasir Lumajang yang kuat tekan, penyerapan air, dan ketahanan aus mencapai mutu yang direncanakan yaitu K300 atau paling tidak sesuai dengan SNI 03-0691-1996. Pengujiannya dilakukan pada tiga komposisi dengan faktor air semen 0,4 dengan masing-masing dari komposisi tersebut yaitu 1PC: 1FA: 1PS : 2BP, 1PC :1,5FA :1,75PS :3,25BP, dan 1PC :1FA : 2PS :3BP. Kemudian untuk pengujian kuat tekan pada umur 7,14,28 dan 60 hari, pengujian penyerapan air dan ketahanan aus dilakukan pada umur 28 dan 60 hari. Kuat tekan optimal pada komposisi 1 (1PC:1FA:1PS:2BP) mempunyai kuat tekan sebesar 440,83 kg/cm² termasuk dalam klasifikasi paving block mutu A yang dapat digunakan untuk jalan, pengujian penyerapan air sebesar 4,449% dan pengujian ketahanan aus sebesar 0,0658mm/menit juga termasuk dalam klasifikasi mutu A yang tercantum dalam SNI 03-0691-1996.

Pada tahun 2011, Dwi Atmaja melakukan Proyek Akhir untuk mengetahui kualitas paving block dengan bahan abu batu bara sebagai bahan tambah, ditinjau dari kuat tekan, penyerapan air, berat jenis dan pengujian tampak luar, serta penentuan komposisi terbaik dari keempat komposisi. Tahapan penelitian meliputi: perencanaan model dan komposisi benda uji berdasarkan perbandingan sebesar 0%, 10%, 20%, dan 30% dari berat semen berdasarkan lengas tanah, persiapan alat dan bahan, pembuatan benda uji, pengujian benda uji dan pengolahan data pengujian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa paving block dengan bahan tambah abu batu bara 0% mempunyai kuat tekan 8,25 MPa, penyerapan air 12,03%, berat jenis 2,28 tidak masuk dalam standart SNI 03-0691-1996. Komposisi 10% mempunyai kuat tekan 8,6 MPa, penyerapan air 9,997%, berat jenis 2,26 tidak termasuk mutu SNI 03-0691-1996. Komposisi 20% mempunyai kuat tekan 9,36 MPa, penyerapan air 9,30%, berat jenis 2,22 tidak termasuk

mutu SNI 03-0691- 1996. Komposisi 30% mempunyai kuat tekan 7,80 MPa, penyerapan air 14,17%, berat jenis 2,18 tidak masuk dalam standar SNI 03-0691-1996. Sedangkan paving block yang diambil di pasaran mempunyai kuat tekan 2,07 MPa, penyerapan air 19,55%, berat jenis 2,16 tidak masuk dalam standart SNI 03-0691-1996. Dari hasil penelitian tersebut terlihat bahwa paving block dengan bahan tambah 20% mempunyai kuat tekan paling tinggi sebesar 9,36 MPa atau naik 8,88% dari komposisi 10% dan 13,35% dari komposisi 0%. Pada komposisi 30% mengalami penurunan sebesar 19,83% dari komposisi 20%.

Usfi Amesta pada tahun 2015 dalam skripsinya mengenai Pemanfaatan Abu Batu sebagai Bahan Campuran Paving Block dengan Tinjauan Kualitas dan Efisiensi Biaya Produksi menggunakan Abu batu yang merupakan material hasil sampingan industri stone crusher sebagai bahan campuran paving block. Adapun Hasil penelitian menunjukkan bahwa: (1) Diameter butiran rata-rata abu batu berkisar antara 0,60 mm–1,18 mm dengan nilai modulus kehalusan sebesar 2,95 dan masuk pada zona gradasi 2; (2) Kuat tekan rata-rata paving block reguler dengan perbandingan 1PC : 8 Pasir sebesar 106,05 (\pm 8,35) Kg/cm²; (3) Kuat tekan terbesar terjadi pada paving block benda uji dengan rasio campuran 80% abu batu sebesar rata-rata 119,65 (\pm 19,24) Kg/cm² sehingga termasuk pada kelompok paving block mutu D; (4) Penggunaan abu batu sebagai bahan campuran paving block mampu menekan kebutuhan biaya bahan baku hingga sebesar 22% dan memberikan efisiensi biaya produksi hingga sebesar 13%.

Rejen Harlin dalam penelitiannya mengenai pengaruh abu batu sebagai bahan campuran pasir pada campuran beton normal memulai pengujian karakteristik bahan berupa batu pecah, pasir dan abu batu kemudian dilanjutkan dengan perencanaan campuran dan pembuatan benda uji kubus beton ukuran 15 cm x 15 cm x 15 cm. Pengujian campuran beton berupa pengujian kuat tekan beton kubus dengan lama umur beton 3, 7 dan 28 hari perendaman. Dari hasil penggabungan agregat diperoleh komposisi batu pecah moramo 70% (35 % batu Pecah 2-3 cm + 35% batu pecah 1-2 cm) dan 30 % pasir, kemudian komposisi abu batu disubstitusi sebagian atau seluruhhnya sehingga variasi komposisi abu batu dalam campuran menjadi 0% (pasir seluruhnya), 10%, 20% dan 30% (abu batu seluruhnya). Hasil pengujian kuat tekan beton menunjukkan semakin tinggi komposisi abu batu dalam campuran semakin rendah nilai kuat tekan yang dihasilkan dengan diperoleh nilai kuat tekan tertinggi pada umur 28 hari pada komposisi 0 % Abu batu (pasir) yaitu mencapai kuat tekan 329 kg/cm².

Pada tahun 2015, Didik Kurnyawan melakukan penelitian mengenai Pengaruh Abu Batu Sebagai Bahan Pengganti Pasir Untuk Pembuatan Beton. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengurangan jumlah pasir yang digunakan dalam komposisi beton ditentukan dengan

penambahan persentase abu batu. Dimana persentase dari penggunaan abu batu ditentukan sebesar 0%, 20%, 40%, 60%, 80% dan 100% dari jumlah pasir yang digunakan. Benda uji menggunakan silinder dengan ukuran 15 x 30 cm, dengan masing-masing proporsi campuran sebanyak 10 benda uji menggunakan mutu beton $f_c' 20$ Mpa. Dari penelitian ini diketahui bahwa semakin banyak campuran abu batu maka semakin menurun pula kuat tekannya. Setiap kenaikan 20% proporsi campuran abu batu terhadap berat pasir menghasilkan penurunan kekuatan. Untuk 0% abu batu menghasilkan $F_{cr} = 20,67$ Mpa; 20% abu batu menghasilkan $F_{cr} = 19,44$ Mpa; 40% abu batu menghasilkan $F_{cr} = 18,14$ Mpa; 60% abu batu menghasilkan $F_{cr} = 17,03$ Mpa; 80% abu batu menghasilkan $F_{cr} = 15,94$ Mpa; 100% abu batu menghasilkan $F_{cr} = 15,01$ Mpa. Dari penelitian yang dilakukan penambahan abu batu lebih dari 20% tidak mencapai kuat tekan beton yang disyaratkan karena dengan menggunakan campuran 20% abu batu, kuat tekan beton hanya mencapai 19,44 Mpa.

METODE PENELITIAN

Sumber data yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Data Primer

Data diperoleh melalui pengujian kuat tekan paving blok di Laboratorium Bahan Bangunan.

2. Data Sekunder

Data sekunder ini diperoleh melalui referensi pustaka yang berhubungan dengan penelitian ini.

Secara umum, metodologi penelitian ini dibagi menjadi 5 tahap, yaitu :

Tahap 1 : tahap persiapan

Tahap 2 : tahap pengujian bahan, meliputi pengujian terhadap abu batu dan pasir

Tahap 3 : tahap perhitungan rencana campuran (mix design) paving blok

Tahap 4 : tahap pembuatan dan pencampuran benda uji

Tahap 5 : tahap perawatan benda uji

Tahap 6 : tahap pengujian kuat tekan dan tarik belah paving blok

Tahap 7 : tahap analisa data

1. Tahap persiapan

Bahan – bahan yang dipakai dalam penelitian ini adalah

- a. Semen Portland, yaitu semen Portland Type I.
- b. Pasir Lumajang.
- c. Pulverized Fly Ash (FA)
- d. Kerikil.
- e. Abu batu
- f. air dari PDAM.

Pengambilan sampel, berupa paving block bekas yang telah di retur milik CV. Turen Indah, kemudian paving block tersebut di daur ulang dengan cara di tumbuk dengan stone crusher menjadi abu batu sebagai bahan campuran pembuatan paving block.

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah

- a. ayakan standar, untuk mengayak pasir dengan susunan berdasar lobang ayakan 4 mm, 2 mm, 1mm, 0,5mm, 0,25mm, 0,125mm, dan 0,075mm
- b. timbangan timbangan kecil dengan ketelitian 0,1 gram yang digunakan untuk menganalisis laborat dan timbangan besar untuk produksi atau pembuatan benda uji
- c. mikser kapasitas 150 liter sebagai bahan pengaduk pembuatan benda uji
- d. cetakan paving block yang menggunakan mesin cetak paving agar kualitas pavingblock yang dihasilkan akibat variasi gaya pengepresan dapat merata
- e. bak perendaman digunakan untuk merawat paving block
- f. mesin uji tekan yang menggunakan mesin uji tekan bebas.

2. Tahap pengujian bahan, meliputi pengujian terhadap abu batu dan pasir

Pengujian terhadap abu batumeliputi analisis ayak, kadar lumpur, kadar organik, berat jenis, dan daya serap. Dan pengujian pasir yang dilakukan adalah analisis ayak, analisis kadar organik, berat jenis, dayaserap, dan kadar lumpur.

Pengujian material penyusun paving blok ini meliputi :

1. Pemeriksaan Semen
 - a. Uji berat jenis dan kekekalan bentuk semen
 - b. Uji konsistensi normal dan waktu pengikatan awal semen
2. Pemeriksaan Agregat Halus

- a. Uji kandungan lumpur dan kotoran organis yang terkandung dalam agregat halus
 - b. Analisa saringan untuk pasir
 - c. Kadar air dalam agregat halus
 - d. Berat jenis dan berat isi agregat halus
3. Pemeriksaan Agregat Kasar
- a. Uji kandungan lumpur agregat kasar
 - b. Analisa saringan agregat kasar
 - c. Kadar air dalam agregat kasar
 - d. Berat jenis dan berat isi agregat kasar
4. Pemeriksaan Abu Batu
- a. Uji kandungan lumpur dan kotoran organis yang terkandung dalam abu batu
 - b. Analisa saringan untuk abu batu
 - c. Kadar air dalam abu batu
 - d. Berat jenis dan berat isi abu batu

3. Tahap perhitungan rencana campuran (mix design) paving blok

Pada tahap ini akan ditetapkan rencana campuran paving blok untuk mendapatkan paving blok dengan kekuatan yang tinggi, mudah dikerjakan (workable), tahan lama, murah, tahan aus. Oleh karena itu harus direncanakan dengan teori perancangan proporsi campuran adukan paving blok. Dengan metode rancangan paving blok ini akan didapatkan paving blok yang memenuhi syarat teknis dan ekonomis.

4. Tahap pembuatan dan pencampuran benda uji

Adapun proses pembuatan paving dilakukan di CV Turen Indah yang berada di Turen, Kabupaten Malang. Bahan-bahan yang akan digunakan dalam pembuatan paving blok ditakar sesuai dengan rencana campuran paving blok. Semen, pasir, abu batu dan kerikil yang akan ditakar tersebut dimasukkan dalam molen dan diaduk. Setelah adukan merata, dimasukkan air sedikit demi sedikit. Selanjutnya adukan paving blok dicetak dengan menggunakan cetakan paving blok ukuran 21 x 10.5 x 60 dan kemudian dipadatkan secara mekanis (pemadatan dilakukan dengan mesin).

Pencampuran dan pengadukan dilakukan dengan kondisi adukan kering, yaitu dengan menggunakan air tidak terlalu banyak karena proses pemadatannya dengan pres, dan diharapkan paving block dapat ditembus

air sebagai keunggulan paving block yang memiliki daya resapan yang baik. Perbandingan yang digunakan adalah 1PC : 1FA : 1PS : 2BP. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengurangan jumlah pasir yang digunakan dalam komposisi beton ditentukan dengan penambahan persentase abu batu. Dimana persentase dari penggunaan abu batu ditentukan sebesar 0%, 10%, 20%, 30%, 40% dan 50% dari jumlah pasir yang digunakan. Benda uji dengan masing-masing proporsi campuran sebanyak 5 benda uji.

Dalam pencetakan variasi masing - masing sebanyak 5 benda uji, kemudian diuji pada umur 28 hari sehingga jumlah benda uji seluruhnya 30 benda uji.

5. Tahap perawatan benda uji

Pada tahap perawatan, setelah paving block dicetak. Satu hari kemudian direndam dalam air dan akan diangkat satu hari sebelum diuji tekan untuk ditiriskan agar kering.

6. Tahap pengujian kuat tekan dan tarik belah paving blok

Kuat tekan merupakan sifat mekanis yang utama pada beton dan merupakan dasar penentuan mutu beton (grade). Pengujian kuat tekan paving blok di Laboratorium Bahan Bangunan Jurusan Sipil Fakultas Teknik Politeknik Negeri Malang.

Pengujian tekan menggunakan mesin tekan untuk beton dengan menggunakan metode British Standards Institution No BS 6717 : Part I : 1986. Sebelum diuji paving block perlu ditimbang dan diukur dimensinya, beban maksimum yang mampu ditahan oleh paving block dicatat hasilnya.

Prosedur pengujian kuat tarik belah :

Paving block diletakkan pada mesin pengujian dan dipastikan bahwa plat dan balok di bagian bawah dan atas paving segaris dengan bidang tarik belah. Bidang belah dipilih dengan ketentuan sebagai berikut :

- a. Pengujian dilakukan sepanjang bagian terpanjang belahan dari paving blok, sejajar dan simetris terhadap bagian tepi, sehingga memungkinkan kondisi berikut : Jarak dari bagian belah ke bagian sisi paving yang lain adalah sebesar 0.5 x ketebalan paving dan minimal 75% luasan bidang belah.
- b. Jika kondisi (a) tidak terpenuhi, pengujian dilaksanakan sepanjang 2 bagian belah yang dipilih sedemikian rupa sehingga kondisi berikut terpenuhi : Jarak antara bagian tarik belah yang satu dengan yang lain

- atau jarak dari bagian tarik belah ke bagian sisi paving yang lain adalah sebesar 0.5 x ketebalan paving dan minimal 75% panjang bidang belah.
- c. Jika kondisi (a) ataupun (b) tidak terpenuhi, bagian belah dipilih sedemikianrupa sehingga panjang proporsional maksimum yang sesuai dengan syarat bisa tercapai.
 - d. Jika paving berbentuk bidang persegi, segi enam atau lingkaran, bagian belah yang dipilih adalah bagian terpendek yang melewati pusat dari bidang paving. Untuk sampel paving yang diuji dengan ukuran 21 x 10.5 x 8 diterapkan kondisi (c).

7. Tahap analisa data

Pada tahap ini dilakukan analisa data kuat tekan paving blok setelah dilakukan uji kuat tekan dan tarik belah paving blok. Data yang diperoleh akan diolah terlebih dahulu dengan menggunakan software SPSS 15 untuk mengetahui apakah data-data yang diperoleh terdistribusi normal atau tidak. Hal ini bertujuan untuk mengetahui apakah data yang diperoleh dari pengujian masing-masing sampel tersebar secara merata dan merupakan sampel yang berasal dari satu populasi atau tidak. Setelah itu, data hasil pengujian yang dilakukan akan dianalisa berdasarkan standar BS 6717 dan BS EN 1338.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Hasil Penelitian

Tabel 1.
Data Hasil Penelitian

Campuran Abu Batu	Tegangan Hancur					Mean	Std. deviasi	Min	Max
	1	2	3	4	5				
0%	436,53	445,82	461,30	458,20	436,53	447,68	11,71	436,53	461,30
10%	470,59	427,24	442,72	513,93	594,43	489,78	67,14	427,24	594,43
20%	495,36	436,53	526,32	464,40	551,08	494,74	46,05	436,53	551,08
30%	352,94	538,70	526,32	554,18	467,49	487,93	82,28	352,94	554,18
40%	365,33	328,17	467,49	421,05	346,75	385,76	57,40	328,17	467,49
50%	287,93	234,67	246,44	266,25	262,54	259,57	20,31	234,67	287,93

Berdasarkan tabel di atas, rata-rata tegangan hancur tertinggi sebesar 495,74 kg/cm² terdapat pada paving dengan campuran abu batu sebesar 20%. Sedangkan rata-rata tegangan terendah sebesar 259,57 kg/cm² terdapat pada paving dengan campuran abu batu sebesar 50%.

Analisis Data

1. Uji Asumsi Normalitas

Uji normalitas bertujuan untuk mengetahui distribusi data hasil penelitian baik pada variabel independent maupun variabel dependent apakah normal atau tidak. Pengujian asumsi ini menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov. Apabila nilai signifikansi hasil uji menunjukkan nilai yang lebih besar dari 0,05 maka data penelitian berdistribusi. Berikut hasil analisis uji Kolmogorov-Smirnov dengan bantuan program SPSS versi 21.

Tabel 2.
Hasil Uji Asumsi Normalitas

Variabel	Kolmogorov-Smirnov Z	Sig.	Keterangan
Konsentrasi campuran abu batu	0,764	0,604	Berdistribusi normal
Tegangan Hancur	0,951	0,327	Berdistribusi normal

Berdasarkan tabel di atas diketahui bahwa nilai signifikansi hasil pengujian pada variabel dependen dan independen lebih besar dari taraf nyata 0,05 sehingga disimpulkan kedua variabel tersebut berdistribusi normal atau dengan kata lain asumsi normalitas telah terpenuhi.

2. Uji Asumsi Linieritas

Uji linieritas bertujuan untuk mengetahui hubungan yang terjadi antara variabel independent terhadap variabel dependent apakah linier atau tidak. Pada analisis regresi linier sederhana diharapkan hubungan yang terjadi antara variabel independent terhadap dependent adalah linier. Berikut hasil analisis uji asumsi linieritas dengan bantuan program SPSS versi 21.

Tabel 3.
Hasil Uji Asumsi Linieritas

Variabel Independen	Variabel dependen	F-hitung	F-tabel	Sig.	Keterangan
Konsentrasi campuran abu batu	Tegangan hancur	18,919	4,196	0,000	Berhubungan linier

Berdasarkan tabel di atas diperoleh nilai Fhitung sebesar 18,919 dengan nilai signifikansi sebesar 0,004. Nilai Ftabel pada derajat bebas 1 dan 28 serta taraf nyata 5% sebesar 4,196. Karena nilai Fhitung lebih besar Ftabel ($18,919 > 4,196$) atau nilai signifikansinya lebih kecil dari taraf nyata 5% ($0,000 < 0,05$) maka disimpulkan terdapat hubungan yang linier antara konsentrasi campuran abu batu dengan tegangan hancur.

Analisis Regresi Linier Sederhana

Tabel 4.
Analisis Regresi Linier Sederhana

	Unstandardized Coefficients (B)		Standardized Coefficients (β)
	B	Std. error	
Constant	517,534	25,048	
Konsentrasi campuran abu batu	-3,598	0,827	-0,635

Model regresi berdasarkan hasil analisis regresi adalah sebagai berikut:

Tegangan Hancur = 517,534 – 3,598 Konsentrasi Campuran Abu Batu

Nilai Constant sebesar 517,534 merupakan nilai dari variabel Tegangan Hancur apabila variabel Konsentrasi Campuran Abu Batu konstan (=0). Nilai koefisien regresi variabel Konsentrasi Campuran Abu Batu sebesar -3,598. Nilai ini menunjukkan penurunan yang terjadi pada variabel Tegangan Hancur apabila Konsentrasi Campuran Abu Batu meningkat.

Tabel 5.
Hasil Uji Hipotesis F

Variabel Independen	Variabel dependen	F hitung	F tabel	Sig.
Konsentrasi campuran abu batu	Tegangan hancur	18,919	4,196	0,000

Berdasarkan tabel diatas diperoleh nilai Fhitung sebesar 18,919 dengan nilai signifikansi sebesar 0,000. Nilai Ftabel pada derajat bebas 1 dan 28 serta taraf nyata 5% sebesar 4,196. Karena nilai Fhitung lebih besar dari Ftabel atau nilai signifikansi lebih kecil dari taraf nyata 5% maka disimpulkan terdapat pengaruh yang signifikan antara Konsentrasi Campuran Abu Batu terhadap Tegangan Hancur.

Tabel 6.
Hasil Uji Hipotesis t

Variabel Independen	Variabel dependen	t_{hitung}	t_{tabel}	Sig.
Konsentrasi campuran abu batu	Tegangan hancur	-4,350	2,048	0,000

Berdasarkan tabel diatas diperoleh nilai t_{hitung} sebesar 4,350 dengan nilai signifikansi sebesar 0,000. Nilai t_{tabel} pada derajat bebas 28 dan taraf nyata 5% sebesar 2,048. Karena nilai t_{hitung} lebih besar dari t_{tabel} atau nilai signifikansi lebih kecil dari taraf nyata 5% maka disimpulkan terdapat pengaruh yang signifikan antara Konsentrasi Campuran Abu Batu terhadap Tegangan Hancur dengan arah pengaruh yang negatif. Artinya, semakin tinggi Konsentrasi Campuran Abu Batu yang digunakan maka Tegangan Hancur pada paving akan semakin menurun.

Tabel 7.
Hasil Koefisien Determinasi

R	R Square	Adjusted R Square
0,635	0,403	0,382

Berdasarkan tabel 7, diperoleh koefisien korelasi (R) sebesar 0,635 artinya terdapat hubungan yang kuat antara Konsentrasi Campuran Abu Batu dengan Tegangan Hancur. Koefisien determinasi (R^2) yang diperoleh sebesar 0,403 yang berarti Tegangan Hancur dipengaruhi oleh Konsentrasi Campuran Abu Batu sebesar 40,3%, sedangkan sisanya yaitu 59,7% dipengaruhi oleh faktor lain selain Konsentrasi Campuran Abu Batu.

KESIMPULAN

Dari hasil analisis dapat diketahui bahwa ada pengaruh pengurangan jumlah pasir yang digunakan dalam komposisi beton yang disubstitusikan dengan penambahan persentase abu batu dari hasil tumbukan paving bekas terhadap kuat tekan paving block.

Untuk 0% substitusi abu batu terhadap berat pasir menghasilkan kuat tekan beton 447,68 kg/m²; 10% substitusi abu batu terhadap berat pasir menghasilkan kuat tekan beton 489,78 kg/m²; 20% substitusi abu batu terhadap berat pasir menghasilkan kuat tekan beton 494,74 kg/m²; 30% substitusi abu batu terhadap berat pasir menghasilkan kuat tekan beton 487,93 kg/m²; 40% substitusi abu batu terhadap berat pasir menghasilkan kuat tekan beton 385,76 kg/m²; 50% substitusi abu batu terhadap berat pasir menghasilkan kuat tekan beton 259,57 kg/m².

Dari penelitian yang dilakukan substitusi abu batu terhadap berat pasir lebih dari 20% membuat kuat tekan beton turun. Semakin banyak campuran

abu batu maka semakin menurun pula kuat tekannya. Model regresi di ekspresikan dalam persamaan Tegangan Hancur = $517,534 - 3,598$ Konsentrasi Campuran Abu Batu.

Penelitian ini hanya dilakukan pada paving block dengan campuran perbandingan 1PC : 1FA : 1PS : 2BP sesuai dengan penelitian terdahulu dan prosentase dari penggunaan abu batu ditentukan sebesar 0%, 10%, 20%, 30%, 40% dan 50% dari jumlah pasir yang digunakan. Pada penelitian berikutnya dapat dikembangkan menggunakan campuran lain dengan prosentase penggunaan abu batu yang lebih variatif.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, SK SNI T-04-1990-F, *Tata Cara Pemasangan Block Beton Terkunci Untuk Permukaan Jalan*, DPU, 1990.
- Anonim, SNI 03-6882-2002, *Spesifikasi Mortar untuk Pekerjaan Pasangan*, Balitbang Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Anonim, SNI 03-6861.1-2002 (*Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A, bahan bangunan Bukan Logam*) Balitbang Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Anonim, 1978, Australian Masonry Conference, CMAA Award For Excellen, Sydney The Concrete Masonry Association Of Australia, Precast Concrete.
- Anonim, 1983, *Code Of Practice for Laying Precast Concrete Block Pavement*, Cement and Concrete Association.
- Anonim, 1980, *Specification for Precast Concrete Paving Block*
- Colin Forder, 1978, *The Evolution Of The Precast Concrete Block and Its Importance in Modern Construction*, Precast Concrete.
- Darwin Amir, 1987, *Blok Asbuton Sebagai Bahan Alternatif Untuk Konstruksi Perkerasan*, PT. Sarana Karya, Bina Marga, Majalah Jalan no:053.
- Hidayati, I & Novita L, 2001, *Pengaruh Penambahan Tekanan (Pressing) Terhadap Kuat Tekan Paving Block*, Skripsi UMM
- Kukuh, R & Hasanuddin, 2002, *Pengaruh Variasi Pressing dan Bentuk Interlocking pada Paving Block terhadap Ketahanan Kejut*, Skripsi, UMM.
- Lilley, A.A., J.R. Collins, 1979, *Laying Concrete Block Paving, Cement and Concrete*.
- Martin, B., 1978 *The Concrete Block Industry*, Precast Concrete.
- Michael Valles, 1978, *The Introduction and Evolution Of Standards for Concrete Blocks In France*, Precast Concrete.
- Muhammad Nurzain, 2012, *Pemanfaatan Tras Alam dari Sayutan Magetan dan Kapur dari Ngampel Blora sebagai Bahan Subtitusi Semen untuk Campuran Mortar*, Tesis, Universitas Gadjah Mada.