

HUBUNGAN KUAT TEKAN DENGAN UPV PADA BETON NORMAL DENGAN SERBUK KARET VULKANISIR SEBAGAI SUBSTITUSI AGREGAT HALUS

Nanin Meyfa Utami¹ dan Muhammad Ghifari Akhsan Farosa²

¹*Program Studi Teknik Sipil, Universitas Jember, Jl. Kalimantan No.37, Jember
e-mail: 760014641@mail.unej.ac.id*

²*Program Studi Teknik Sipil, Universitas Jember, Jl. Kalimantan No.37, Jember
e-mail: ghifarifarosa@gmail.com*

ABSTRAK

Pemanfaatan limbah sebagai bahan alternatif dalam pembuatan beton saat ini semakin banyak digunakan. Tujuannya adalah untuk memberi nilai tambah pada limbah serta mengurangi pencemaran lingkungan. Menurut Zheng et al., 2008, ban bekas yang digiling halus seperti bubuk kemudian digunakan sebagai pengganti agregat halus memiliki sifat elastisitas yang unik seperti karet. Beton dengan penambahan karet menunjukkan potensi keuntungan dalam mengurangi atau meminimalkan efek getaran dan benturan. Penelitian ini menggunakan persentase serbuk karet vulkanisasi 0%, 2,5%, 5% dan 7,5% pada benda uji beton normal dengan ukuran cetakan silinder 10/20. Hasil kuat tekan menunjukkan bahwa beton dengan kode (BK0) mempunyai kuat tekan paling besar dengan nilai kuat tekan sebesar 22,04 MPa dan beton dengan substitusi serbuk karet vulkanisir yang mempunyai kuat tekan paling tinggi terdapat pada beton tersubstitusi sebesar 2,5 % (BK1) sebesar 16,15 MPa. Sedangkan pada pengujian UPV diperoleh hasil bahwa kecepatan rambat gelombang pada variasi 7,5% (BK3) mempunyai nilai 3,565 km/s mendekati nilai interval korelasi ujung bawah interval 3,5-4,5 km/s. Artinya apabila ditambahkan variasi persentase maka Beton dapat termasuk dalam kategori mutu beton yang diragukan. Hasil pengujian SEM pada benda uji normal dengan campuran karet menunjukkan bahwa beton dengan campuran beton 2,5 mempunyai umur benda uji 28 hari dengan hasil kuat tekan rata-rata tertinggi terdapat pada variasi substitusi serbuk karet vulkanisir 2,5%, yaitu 16,15 dan UPV 3,971 diperoleh massa jenis benda uji cenderung banyak rongga sehingga menyebabkan banyak penurunan kuat tekan dibandingkan kuat tekan rencana.

Kata Kunci: Limbah serbuk karet vulkanisir, kuat tekan, , UPV

PENDAHULUAN

Pemanfaatan limbah sebagai bahan alternatif pada pembuatan beton saat ini semakin marak digunakan. Tujuannya adalah memberikan nilai tambah kepada limbah tersebut juga untuk mengurangi pencemaran lingkungan. Berbagai bahan limbah sudah banyak diteliti sebagai bahan campuran beton diantaranya sebagai substitusi semen, agregat halus hingga pada agregat kasar baik yang normal hingga yang ringan. Penelitian ini mencoba menggunakan limbah karet vulkanisir yang dijadikan serbuk sebagai pengganti atau substitusi pada agregat halus pada beton normal. Alasan penggunaan bahan ini karena memiliki susunan utama pada ban yang memiliki keunikan yaitu tahan terhadap air, memiliki sifat lentur dan fleksibilitas, kedap terhadap getaran, dan memiliki kestabilan yang cukup (Winansa & Setiawan, 2019). Di samping itu karena ketersediaan bahan baku ini yang melimpah sebagai limbah yang tidak bisa didaur ulang menjadikan bahan ini dipakai pada campuran beton normal sebagai pengganti agregat halus tentunya melalui treatment khusus. Selama periode tahun 2020 produksi kendaraan bermotor sebanyak 77,62 unit di seluruh dunia (*Data International Organization of Motor Vehicle Manufacturers OICA*) menjadikan limbah ban bekas semakin banyak dan tidak dapat digunakan lagi.

Penambahan serbuk karet vulkanisir pada beton normal dengan tujuan untuk mengurangi penggunaan porsi agregat halus yang mana ketersediaannya dalam semakin hari semakin sedikit. Sehingga diperlukan penelitian dari bahan-bahan yang dapat menggantikan peran agregat halus pada campuran beton normal. Menurut Zheng et al., 2008, ban bekas yang dibuat halus seperti serbuk yang kemudian dijadikan pengganti

agregat halus, sifat elastisitas yang unik dari bahan karet, beton karet menunjukkan keuntungan potensial dalam mengurangi atau meminimalkan getaran dan efek dampak.

Penelitian ini menggunakan persentase 0%, 2,5%, 5% dan 7,5% serbuk karet vulkanisir pada benda uji beton normal dengan ukuran 10/20. Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur 7 dan 28 hari yang kemudian dilakukan uji UPV untuk mengetahui seberapa pengaruhnya uji UPV terhadap kuat tekan beton yang dihasilkan khususnya pada beton normal dan beton dengan campuran serbuk vulkanisir.

METODOLOGI

Pembuatan benda uji

Treatment Serbuk Karet

Serbuk karet diambil dari tambalan ban bekas yang sudah tidak dipakai. Kemudian diparut dengan ukuran lolos saringan ASTM No. 30. Setelah didapatkan karet vulkanisir berbentuk serbuk, maka akan disimpan didalam suhu ruangan dan dibungkus dengan karung ghoni. Hal ini dilakukan untuk melindungi serbuk dari debu, air, dan suhunya tetap terjaga.



Gambar 1. Foto Serbuk Karet Vulkanisir

Pembuatan Beton Normal

Benda uji dibuat dengan menggunakan cetakan silinder dengan ukuran berdiameter 10 cm dan tinggi 20 cm sebanyak 30 sampel dengan langkah sebagai berikut [1]:

- Mencampurkan agregat kasar (kerikil dan serbuk karet vulkanisir) dan agregat halus (pasir) yang sudah disiapkan pada *concrete mixer* dan mencampurnya dalam kurun waktu ± 4 menit.
- Memasukkan semen yang sudah disiapkan pada *concrete mixer* dan mencampurnya dalam waktu ± 2 menit.
- Memasukkan air 3,22 liter yang telah ditakar dan dicampurkan kedalam *concrete mixer*.
- Pengadukan dilakukan dalam kurun waktu ± 6 menit.

Tabel 2.1. Jumlah Benda uji

| No. | Kadar serbuk (%) | Uji Kuat Tekan | | Uji UPV |
|-------------------------|------------------|----------------|---------|-----------|
| | | 7 hari | 28 hari | 28 hari |
| 1 | 0 | 3 | 3 | 3 |
| 2 | 2,5 | 3 | 3 | 3 |
| 3 | 5 | 3 | 3 | 3 |
| 4 | 7,5 | 3 | 3 | 3 |
| Total Sampel Uji | | | | 36 |



Gambar 2. Dokumentasi Pembuatan Benda Uji

Tes Kuat Tekan

Kuat Tekan juga berpacu pada ukuran dan jenis dari benda uji, sifat agregat dan semen, umur beton, dan kecepatan pembebanan [2]. Pelaksanaan uji kuat tekan beton dilaksanakan di Laboratorium Struktur, Fakultas Teknik, Universitas Jember. Alat uji yang digunakan yaitu *Compression Test Machine* bertipe kuat tekan hidrolis digital dan memiliki nilai baca kuat tekan berupa satuan Kilo Newton. Sampel akan diuji kuat tekan setelah pengujian UPV berlangsung dan benda uji juga sudah ditandai per masing-masing variasi dan urutan. Benda uji yang digunakan yaitu benda uji berbentuk silinder dengan diameter 10 cm dan tinggi 20 cm. Perawatan beton dilakukan dengan merendam ke dalam air selama 28 hari. Adapun langkah-langkah dalam pengujian kuat tekan beton [3]:

- Mengambil dan menimbang benda uji
- Mencatat setiap berat benda uji yang akan diuji
- Melakukan pengetesan pada benda uji
- Mencatat beban maksimum sesuai dengan hasil kuat tekan pada mesin.

Menghitung hasil kuat tekan dengan rumus:

$$F = \frac{P}{A} \quad (1)$$

Dimana:

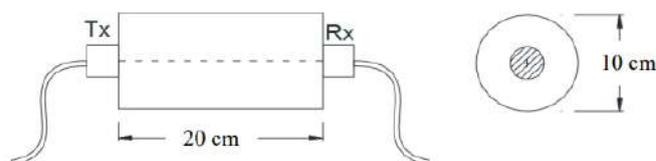
F = nilai kuat tekan benda uji beton (MPa)

P = beban maksimal yang diterapkan (N)

A = luas penampang diperkirakan (m)

Pengujian UPV

Pengujian *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV) merupakan pengujian dimana beton akan dilintasi gelombang ultrasonik, dengan begitu akan diperoleh nilai cepat rambat gelombang ultrasonik yang melewati sampel uji beton. Benda uji yang digunakan yaitu benda uji berbentuk silinder berukuran 10/20 cm. Alat uji yang digunakan pada metode pengujian ini adalah Pundit Laboratorium/ Pundit Lab+ *Ultrasonic Instrument* yang berada di Lab Struktur, Fakultas Teknik, Universitas Jember. Standar kalibrasi dari alat uji ini adalah 25,4 μ s. Metode pengujian UPV menggunakan metode *direct method* yang mana kedua *transducer* diletakkan di koordinat yang berhadapan pada titik tengah permukaan atas dan bawah dari sampel beton.



Gambar 3. Mekanisme Pengujian UPV



Adapun prosedur dalam pengujian *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV)

sebagai berikut [4]:

- Membersihkan dan meratakan permukaan benda uji.
- Kalibrasi pada penelitian menggunakan *transducer* standar dengan 25,4 μ s.
- Mengalibrasi alat uji agar penangkapan waktu tempuh dari *receiving*
- *Transducer* dan *transmitter* transducer memiliki kesamaan yaitu Kedua transducer diletakkan di kedua bidang lingkaran dari *calibration rod* yang telah disiapkan.
- Menetapkan jarak receiver dan transmitter (jarak panjang lintasan) pada alat uji Pundit Lab/ Pundit Lab+.
- Pemberian couplant pada bidang media kontak receiver dan transmitter setiap sebelum dilakukan pengujian ini.
- Pengujian dilaksanakan pada koordinat yang sudah direncanakan.
- Tes Ultrasonic Pulse Velocity (UPV) telah usai dan akan diperoleh hasil yaitu cepat rambat, waktu transmisi, beserta bentuk gelombang (waveform).

Tabel 2. 2. Kualifikasi Kualitas Beton Berdasarkan Cepat Rambat Gelombang. [5]

| Kecepatan Gelombang Ultrasonik | | Kualitas |
|--------------------------------|---------|--------------|
| km/s | ft/s | |
| > 4,5 | >15 | Sangat Baik |
| 3,5 - 4,5 | 12 - 15 | Baik |
| 3,0 - 3,5 | 10 - 12 | Diragukan |
| 2,0 - 3,0 | 7 - 10 | Buruk |
| <2,0 | <7 | Sangat Buruk |

Hasil dan Pembahasan

Hasil Pengujian Matrial dan Hasil pengujian Beton

Dari hasil pengamatan dalam pengujian di Lab Struktur Fakultas Teknik Universitas Jember, diperoleh bahwa agregat kasar (kerikil) sebagaimana terlihat ditabel dibawah ini:

Tabel 3.1. Hasil Pengujian Agregat Kasar

| No. | Uraian | Hasil Pengujian | Satuan |
|-----|-----------------------|-----------------|-------------------|
| 1 | Ukuran Maksimal | 10 | mm |
| 2 | Modulus Halus Kerikil | 6,05 | |
| 3 | Kadar Resapan Kerikil | 1,87 | % |
| 4 | Kelembapan Kerikil | 2,68 | % |
| 5 | Berat Volume Kerikil | 1435.625 | kg/m ³ |
| 6 | Berat Jenis Kerikil | 2,67 | |

Sedangkan pada hasil pengujian agregat halus (pasir) didapatkan hasil pada masing-masing pengujiannya yaitu sebagai berikut:

Tabel 3.2. Hasil Pengujian Agregat Halus

| No. | Uraian | Hasil Pengujian | Satuan |
|-----|---------------------|-----------------|-------------------|
| 1 | Golongan Zona | 2 | |
| 2 | Modulus Halus Pasir | 2,403 | |
| 3 | Kadar Resapan Pasir | 2,6 | % |
| 4 | Kelembapan Pasir | 2,31 | % |
| 5 | Berat Volume Pasir | 1450,38 | kg/m ³ |

| | | | |
|---|--------------------|------|---|
| 6 | Berat Jenis Pasir | 2,79 | |
| 7 | Kadar Lumpur Pasir | 4,09 | % |

Hasil Pengujian Sifat Mekanis Beton

Adapun hasil pengujian sifat mekanis beton dari substitusi agregat halus dengan serbuk karet vulkanisir dan analisis data regresi dari hasil pengujian beton berbentuk silinder 10/20 cm sebagai berikut:

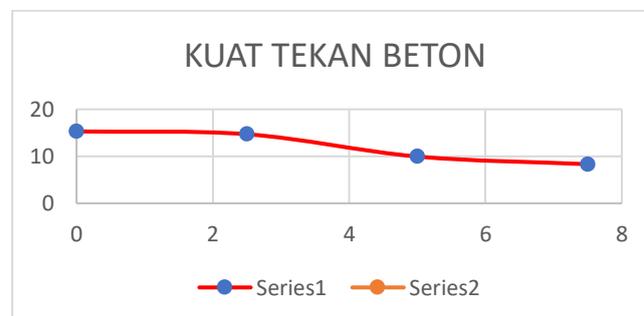
Pengujian Kuat Tekan

Hasil pengujian kuat tekan dengan menggunakan alat *Compression Test Machine* dengan sampel berumur 28 hari. Kuat tekan rencana yang ditargetkan adalah f'_c 25 MPa. Variasi persentase perbandingan substitusi serbuk karet vulkanisir terhadap agregat halus terdiri dari 4 (empat) variasi yakni 0% (BK0), 2,5% (BK1), 5% (BK2), dan 7,5% (BK3). Metode perawatan (curing) beton dilakukan dengan merendam beton ke dalam genangan air.

Pengujian kuat tekan di umur beton 28 hari yang juga menggunakan beton silinder berdiameter 10 cm dan tinggi 20 cm masing-masing variasi persentase memiliki kuat tekan rerata tertinggi pada tanpa substitusi atau beton campuran 0% (BK0) yaitu sebesar 22,04 MPa dan memiliki kuat tekan tertinggi didapatkan pada beton substitusi 2,5% (BK1) sebesar 16,15 MPa. Di bawah ini adalah hasil pengujian beton yang diperoleh saat pengujian kuat tekan beton umur 7 hari, antara lain:

Tabel 3.3. Hasil Pengujian Kuat Tekan pada Benda Uji

| kode | sampel | berat (gr) | kuat tekan | | kuat tekan rerata |
|------|--------|------------|------------|-------|-------------------|
| | | | Kn | Mpa | |
| BK0 | a1 | 3869 | 166,45 | 21,20 | 22,04 |
| | a2 | 4187,2 | 158,03 | 20,13 | |
| | a3 | 3895 | 194,65 | 24,80 | |
| BK1 | b1 | 4055,9 | 126,05 | 16,06 | 16,15 |
| | b2 | 3902,1 | 129,72 | 16,52 | |
| | b3 | 3609,7 | 124,57 | 15,87 | |
| BK2 | c1 | 3789 | 106,62 | 13,58 | 13,32 |
| | c2 | 3788,5 | 109,47 | 13,95 | |
| | c3 | 3663,9 | 97,7 | 12,45 | |
| BK3 | d1 | 3718,4 | 84,33 | 10,74 | 11,30 |
| | d2 | 3623,2 | 101,85 | 12,97 | |
| | d3 | 3601,3 | 79,99 | 10,19 | |



Gambar 4. Uji Kuat Tekan

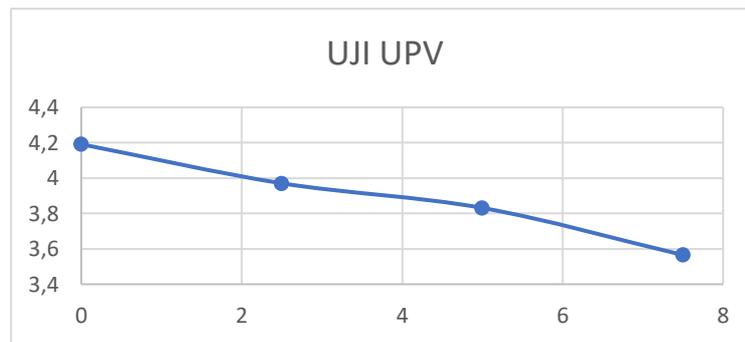


Pengujian *Ultrasonic Pulse Velocity (UPV)*

Pengujian terakhir yang dilakukan pada penelitian ini ialah pengujian UPV yang juga menggunakan benda uji silinder 10/20 cm pada umur 28 hari. Pengujian dilakukan 1 hari setelah beton diangkat dari genangan air dan dibiarkan kering suhu ruangan. Sebelum pengujian UPV dilakukan kalibrasi pada alat uji yang dimana hasil kalibrasi harus $25,4 \mu s$ [4]. Hasil pengujian *Ultrasonic Pulse Velocity (UPV)* diperoleh bahwasanya cepat rambat tertinggi rata-rata terdapat pada benda uji persentase substitusi 0% (BK0) yang memiliki nilai 4,191 km/s dan masuk ke dalam kategori kualitas beton baik. Berikut hasil yang diketahui setelah pengujian UPV yakni, antara lain:

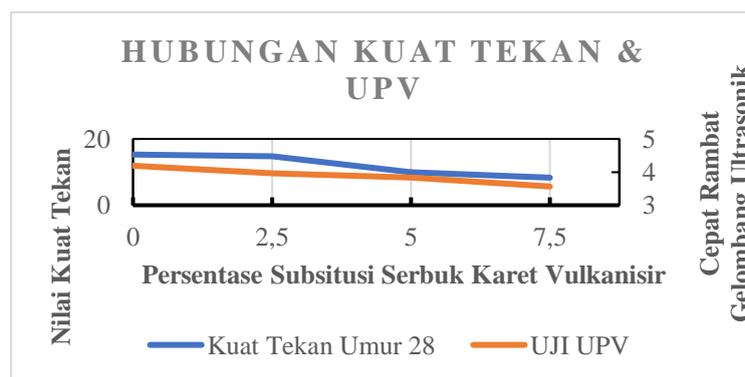
Tabel 3.4. Hasil Pengujian *Ultrasonic Pulse Velocity*

| No. | Kode | Variasi | UPV |
|-----|------|---------|-----------|
| 1 | BK0 | 0 | 4,1913333 |
| 2 | BK1 | 2,5 | 3,9706667 |
| 3 | BK2 | 5,0 | 3,8313333 |
| 4 | BK3 | 7,5 | 3,5653333 |



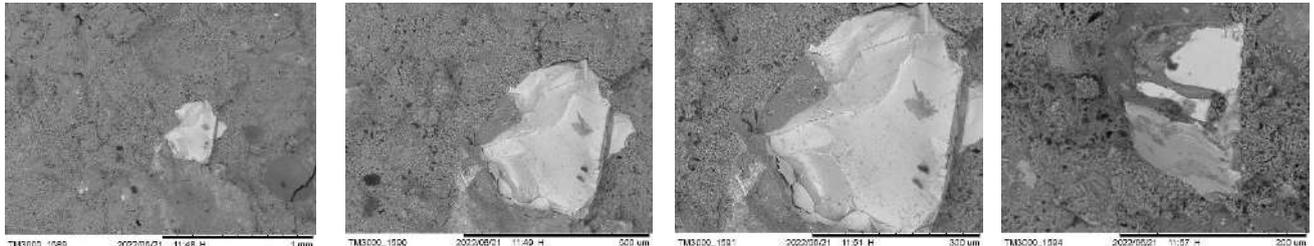
Gambar 5. Uji UPV

Hubungan Kuat Tekan dan *Ultrasonic Pulse Velocity (UPV)*



Gambar 6. Hubungan kuat tekan dan UPV

Pada grafik tersebut memperlihatkan bahwa perbandingan antara kuat tekan dan analisis kerapatan beton yang didapat melalui pengujian UPV bersifat berbanding lurus, yang mana pada setiap penurunan nilai cepat rambat gelombang menghasilkan kuat tekan yang juga mengalami penurunan juga. Dari hasil ini juga dapat disimpulkan bahwasanya terdapat hubungan yang kuat antara kedua pengujian tersebut. Hasil tersebut juga dapat dilihat melalui uji SEM yang dilakukan di Laboratorium Struktur, Fakultas Teknik, Universitas Jember dari benda uji yang sudah di uji tekan dan uji UPV pada umur benda uji 28 hari yang nampak pada gambar berikut ini:



Gambar 7. Hasil Pengujian SEM pada Benda Uji Variasi 2,5%

Dari Foto SEM tampak bahwa kerapatan benda uji kurang baik yang dimana masih terdapat banyak lubang dan rongga. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Sanish dan Santhanam pada jurnal Department of Civil Engineering, Indian Institute of Technology Madras; Chennai, India[6] yang menyebutkan bahwasannya kepadatan berbanding lurus dengan kuat tekan maka dapat diperiksa korelasi atau persamaan dari hubungan antara kuat tekan dengan cepat rambat gelombang ultrasonik.

Kesimpulan

Terjadi Hubungan yang kuat antara kuat tekan beton dan cepat rambat gelombang ultrasonik yang melintasi beton. Hal ini dapat dibuktikan dari 2 (dua) pengujian antara pengujian kuat tekan dan pengujian UPV yang mana keduanya memiliki kesamaan yakni terjadi penurunan pada setiap kandungan beton tersebut khususnya pada setiap penambahan variasi serbuk karet vulkanisirnya. Pada nilai cepat rambat gelombang pada variasi 7,5% (BK3) memiliki nilai 3,565 km/s yang mana nilai tersebut mendekati nilai interval korelasi ujung bawah dari interval 3,5-4,5 km/s, yang berarti bilamana variasi persentase ditambahkan maka beton bisa masuk ke dalam golongan kualitas beton diragukan.

Hasil pengujian SEM pada benda uji normal dengan campuran karet menunjukkan bahwa pada beton dengan campuran beton 2,5 memiliki pada benda uji dengan umur 28 hari dengan hasil kuat tekan rerata tertinggi terdapat pada variasi substitusi serbuk karet vulkanisir 2,5% yaitu 16,15 dan UPV 3,971 didapat kerapatan benda uji yang cenderung banyak rongga sehingga menyebabkan adanya banyak penurunan kuat tekan dibandingkan dengan kuat tekan rencana.

Saran

Mencoba menggunakan variasi persentase serbuk karet vulkanisir yang lebih sedikit misal dengan persentase 1%, 2%, dan 3% untuk substitusi agregat halus.

Penambahan perlakuan khusus terhadap serbuk karet vulkanisir seperti dikasarkan terlebih dahulu serbuk karet vulkanisir tersebut atau mungkin diberi cairan perekat khusus agar serbuk karet vulkanisir dapat menyatu sepenuhnya dengan material lainnya dalam beton.

Pengecekan yang lebih baik terhadap komponen material dan proses pembuatan pada beton agar kualitas beton yang diperoleh dapat maksimal.

Perlunya kontrol yang baik dalam penggunaan *couplant* dan kestabilan antara *transmitter* dan *receiver*.

Dapat melakukan pengujian *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV) dengan fitur lainnya seperti untuk menentukan modulus elastisitas dinamis dan rasio *poisson* dinamis.

