

# ANALISA NILAI KONVERSI MUTU BETON PENGUJIAN KEKUATAN TEKAN DAN HAMMER TEST

Syahrul<sup>(1)</sup>, dan Amir<sup>(2)</sup>

<sup>1,2</sup>Teknik Sipil, Universitas 17 Agustus 1945 Samarinda  
<sup>1,2</sup>Jl. Ir. Juanda No 80, Samarinda, Kalimantan Timur, 75124  
E-mail : syahrul@untag-smd.ac.id<sup>1)</sup>, amir@untag-smd.ac.id<sup>2)</sup>

## ABSTRAK

Mutu beton merupakan parameter utama yang bertujuan mendapatkan informasi terkait karakteristik dan kualitas sampel yang di uji, terkait kualitas beton material menjadi aspek utama dalam campuran dan akan berdampak pada kinerja beton, guna mendapat informasi mengenai mutu beton maka perlu dilaksanakan pengujian berupa skala laboratorium dan lapangan, adapun parameter yang ditinjau yaitu uji kekuatan tekan dan *hammer test*. Data kekuatan tekan beton ditinjau dari sampel yang terbuat dilapangan dengan cetakan silinder yang diuji pada umur 3 dan 28 hari. Data *hammer test* di peroleh dari hasil uji lapangan dengan cara mengukur kekerasan permukaan beton tanpa merusak. Terkait parameter pengujian dibuat 20 sampel umur 3 hari dan 20 sampel umur 28 hari dengan mutu rencana 20,3 MPa, untuk ukuran sampel yaitu 150 mm x 300 mm. Pengujian material di laboratorium dilakukan untuk mendapatkan data karakteristik berupa keausan, berat jenis, berat unit, kadar lumpur sesuai mekanisme standar campuran beton. Penelitian yang dilakukan bertujuan mengetahui kekuatan tekan dengan cara *destruktif* dan *non-destruktif* berupa uji *hammer test* dan informasi karakteristik material serta kinerja beton berbahan material lokal, akan sangat berguna untuk menopang kebutuhan material pada pelaksanaan konstruksi, secara efektif penggunaan material Sendawar-Kutai Barat memberikan dampak akan keperluan konstruksi di Daerah. Adapun faktor konversi mutu beton perbandingan uji *hammer test* dan kekuatan tekan yaitu 0,94.

**Kata Kunci:** Kekuatan Tekan, Hammer Test, Sampel Beton, Material, Laboratorium

## 1. PENDAHULUAN

Konstruksi jalan dengan struktur *rigid pavement* memiliki ketebalan bervariasi berdasarkan desain perencanaan kelas jalan, dan banyak diterapkan untuk mendukung kapasitas lalu lintas yang padat (Cho dkk, 2022). Desain *rigid pavement* dalam beberapa tahun berkembang sesuai keperluan dan kemajuan teknologi dan merupakan menjadi pilihan yang tepat karena memiliki distribusi beban yang tinggi, sangat baik, efektif meskipun kondisi tanah dasar yang buruk dan lebih mendukung jika dibandingkan dengan perkerasan lentur. Struktur *rigid pavement* yang di rencanakan memanfaatkan material setempat, mengingat bahan relatif mudah didapatkan. Kondisi Kutai Barat dengan struktur tanahnya yang lemah terhadap beban tinggi sangat cocok untuk aplikasi konstruksi jalan *rigid pavement*. Beton terdiri dari semen, agregat kasar, agregat halus dan air (Babalola dkk, 2021), jika digabungkan menjadi struktur komposit yang kaku dan memiliki kuat tekan yang bervariasi. Kekuatan tekan yang direncanakan yaitu mutu sekitar 20,3 MPa pada umur 28 hari.

Karakteristik sampel beton dilakukan dengan pengujian dasar berupa uji kekuatan tekan dan *hammer test*, dan hasil kedua metode pengujian tersebut akan memiliki nilai yang bervariasi, untuk mendapatkan mutu beton dengan kondisi yang berbeda diperlukan pendekatan lain, sehingga perlu dilakukan uji *destruktif*

dan *non destruktif* untuk memprediksi kekuatan beton di lapangan (Kazemi dkk, 2019). Kondisi serupa juga dilakukan pada penelitian beton berupa *rigid pavement*, hal ini dilakukan untuk mendapatkan nilai pembandingan karakteristik mutu beton. Kapasitas beton umumnya diketahui dari pengujian *destruktif* dan *non destruktif*, pengujian dengan *hammer test* bertujuan untuk memperoleh hubungan antara kerapatan permukaan beton dengan kuat tekan (Saha. dkk, 2021). Pengujian *hammer test* pada permukaan perkerasan beton setelah mencapai umur 28 hari.

*Quality control* pekerjaan perkerasan beton merupakan syarat yang mengikat dalam pekerjaan konstruksi. Pengecekan berkala dilakukan sebagai monitoring kapasitas beton sekaligus penentuan komposisi (Revilla dkk, 2022). Parameter utama dalam pengendalian beton adalah kapasitas (Hamada dkk, 2022). Untuk menjaga kualitas yang terukur, perlu ditinjau formula desain dan melakukan beberapa uji coba, pengujian merupakan cara mendapatkan data mengenai kapasitas beton dan pola yang digunakan adalah uji kekuatan tekan (Güçlüer dkk, 2021). *Hammer test* adalah alat uji skala lapangan dengan pola *non-destruktif*, memiliki mekanisme untuk menilai kapasitas suatu material dalam menahan benturan intrusi yang memberikan energi tumbukan melalui daya dorong saat ujungnya ditekan dan nilai pantulannya dapat terbaca (Poblet dkk, 2022; Xue dkk, 2022). Alat uji skala

lapangan berupa *hammer test* mulai berkembang pada akhir tahun 1940-an, dan menjadi alat uji skala lapangan yang tidak merusak untuk beton (Azarafza dkk, 2021) Pengecekan mutu beton dengan *hammer test*, dalam penerapan dan pelaksanaannya sangat sederhana dan penggunaan di lapangan tidak memerlukan tambahan alat yang canggih (Wang dkk, 2019). Indikator pantulan menghasilkan angka yang dapat dilihat langsung pada alat, mekanisme pantulan diperoleh akibat tekanan pegas dan hasilnya berupa angka yang diperkirakan sebagai parameter kualitas mutu beton (Mishra dkk, 2020; Riminesi dkk, 2022; Aseem dkk, 2019). Nilai uji presisi alat tak merusak khususnya beton telah dibuktikan pada banyak penelitian sebelumnya (Revilla dkk, 2021).

Vatani dkk, (2019) menyatakan kesamaan parameter untuk uji skala laboratorium dan lapangan, dengan menggunakan pendekatan data pengujian. Penelitian yang dilakukan berkaitan dengan kedekatan mutu beton dengan metode yang berbeda. Secara umum, sangat sulit untuk mendapatkan data yang sama persis dari uji skala laboratorium dan uji skala lapangan. Berdasarkan hal tersebut, penelitian dilakukan untuk mengetahui seberapa kuat kedekatan hasil uji *destruktif* dan *non-destruktif*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat interaksi yang erat dengan hasil uji *destruktif* dan *non-destruktif*. Sykora dkk, (2018) menyatakan bahwa pemeriksaan dengan cara merusak dan tidak merusak komponen benda uji akan diperoleh data uji yang berguna untuk kekuatan komponen struktur. hasil uji tidak merusak dengan jumlah titik yang banyak akan berguna untuk memvalidasi nilai uji dengan bahan yang sama.

Sampel beton silinder yang disiapkan di laboratorium mewakili beton di lapangan. Dimensi sampel beton berbentuk silinder adalah 150 mm x 300 mm. Selanjutnya diangkut ke penyimpanan dan kemudian di-*curing* dalam bak berisi air sampai umur yang diinginkan yaitu 3 dan 28 hari, adapun indikator pengujian *hammer test*, ditentukan pada 28 hari. Hasil uji *hammer test* pada permukaan *rigid pavement* dianalisa dan dibandingkan dengan hasil uji silinder beton. Pengujian kekuatan tekan secara *destruktif* dan *hammer test* secara *non-destruktif* bertujuan untuk mendapatkan nilai mutu beton pada pekerjaan *rigid pavement*. Dan penggunaan kedua metode pengujian tersebut juga menganalisa nilai faktor konversi mutu beton yang terpasang di lapangan. Lokasi penelitian *rigid pavement* terletak di Desa Niliq - Kecamatan Damai Kabupaten Kutai Barat dengan luas 1.750,43 km<sup>2</sup>, Bujur Timur 115° 15' 16" – 115° 46' 54" Lintang Selatan 0° 18' – 0° 52' ( Syahrul, 2022).

## 2. RUANG LINGKUP

Ruang lingkup penelitian mencakup persiapan bahan, pembuatan sampel uji sebanyak 20 sampel pada umur 3 hari dan 20 sampel pada umur 28 hari, selanjutnya pengujian sampel di laboratorium setelah sampel di-*curing* hingga umur pengujian sesuai rencana, pengujian dengan mesin tekan dan pengujian *hammer test*

dilapangan pada *rigid pavement* setelah mencapai 28 hari, sampel beton untuk uji di laboratorium berjumlah 40 sampel dan di uji pada umur 3 dan 28 hari. Selanjutnya menganalisa hasil kekuatan tekan dari kedua metode tersebut serta mengetahui nilai konversi uji *hammer test* dan kekuatan tekan.

## 3. BAHAN DAN METODE

Bahan campuran beton yaitu semen, agregat halus, agregat kasar dan air, umumnya sering diaplikasikan pada pekerjaan struktur beton, diantaranya yaitu *rigid pavement* sebagai lapisan permukaan struktur jalan raya dengan kapasitas dan kelas jalan yang mengacu pada rancangan perencanaan.

### 3.1 Bahan Campuran Beton

Bahan Bahan perekat berupa semen *portland* mengacu pada standar ASTM D 5644 (Almasaeid dkk, 2022). Agregat kasar berukuran 20 mm dengan modulus halus 6,79 dan agregat halus berukuran 10 mm dengan modulus halus 2,80 diperiksa menurut standar material lokal yang berlokasi di Sendawar-Kutai Barat. Data pemeriksaan material pada Tabel 1.

Tabel 1. Sifat Fisik Agregat

Uraian	Agregat Kasar	Agregat Halus
Berat Jenis	2,66	2,58
Penyerapan	2,77 %	3,19 %
Berat Isi	1,25 gr/cm <sup>3</sup>	1,17 gr/cm <sup>3</sup>
Kadar Air	0,88 %	2,89 %
Abrasi	17,6 %	
Butir Lolos No. 200		1,10%
Kadar Organik		Warna No.8

### 3.2 Faktor Air Semen dan Komposisi Campuran

Model Faktor air semen adalah perbandingan antara air dan semen, dalam campuran digunakan 0,58 dan stabilitas desain terkait konstituen beton diamati untuk memastikan nilai *slump* 60-180 mm seperti yang dipersyaratkan oleh SNI 03 2834 2000. Proses hidrasi desain konstituen beton akan terjadi akibat adanya air, baik dalam kondisi terbuka maupun tertutup, sehingga *limit* menjadi parameter pada saat reaksi pemadatan semen (Ichim dkk, 2019). Kualitas desain 20,3 MPa dengan umur rencana 3 dan 28 hari, komposisi desain pada Tabel 2.

Tabel 2. Desain Beton Normal

Campuran Beton	Semen	Agregat Kasar	Agregat Halus	Air
Kg/m <sup>3</sup>	413,17	1316,69	726,90	140,00
Perbandingan	1	3,16	1,92	0,46

### 3.3 Agregat Halus dan Agregat Kasar

Material agregat kasar memiliki warna keabu-abuan dan agregat halus memiliki warna kecoklatan dengan

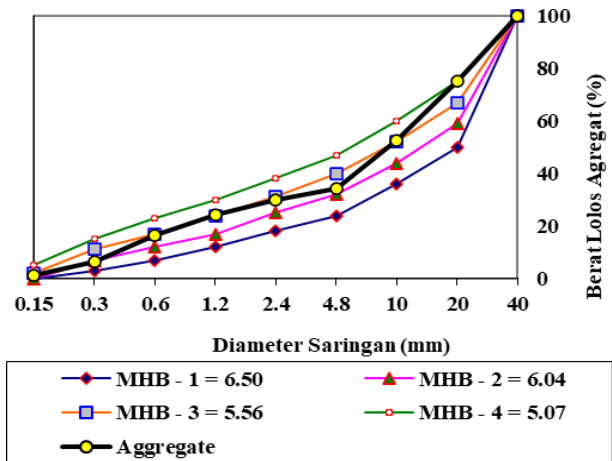
butiran cukup kasar, tumpukan material agregat halus dan agregat kasar pada Gambar 1.



Gambar 1. Agregat Halus dan Agregat Kasar

### 3.4 Analisa Gradasi

Sedangkan Analisis gradasi yang tidak tepat akan mengakibatkan separasi material agregat halus dan agregat kasar tidak ideal dan kombinasi tidak kompak (Sernas dkk, 2020). Setiap gradasi agregat yang dipilih dari kedua ikatan tersebut biasanya menghasilkan sifat beton yang lebih baik dibandingkan dengan gradasi yang jelek, tentunya mempengaruhi *workability* beton dan kuat tekan (Rumman dkk, 2020). Pembagian material yang ideal akan menghasilkan ikatan material yang kuat dan kompak, yang berguna untuk mengisi ruang kosong antar material (Yan dkk, 2020). Diagram gabungan pada Gambar 2.



Gambar 2. Gradasi Agregat Gabungan

Pengelompokan bahan agregat halus, agregat kasar diukur dengan gradasi bahan yang dipersyaratkan oleh Standar Nasional Indonesia (Syahrul, 2022). Demikian juga pada penelitian ini dilakukan tahapan gradasi. Sebelum dilakukan uji gradasi, kondisi bahan harus kering atau tidak basah. Modulus kehalusan campuran agregat halus, agregat kasar adalah 5,6 dan persentase berat agregat halus terhadap agregat kasar adalah 42,51%. rasio 70% agregat kasar dan 30% agregat halus.

### 3.5 Kekuatan Tekan

Secara umum, kinerja beton didasarkan pada transfer kekuatan tekan yang diperoleh dari sampel laboratorium dan target kekuatan tekan beton 20,3 MPa dengan tinjauan 3 dan 28 hari, Jumlah sampel ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Jumlah Sampel

Umur	3	28	Total
Jumlah	20	20	40

Meninjau kapasitas campuran semen, agregat halus, agregat kasar, serta air sesuai rencana, akan menghasilkan nilai tekanan yang baik, berupa ketahanan terhadap beban vertikal dan memberikan indikasi bahwa proses reaksi campuran semen pozzolan dan *bonding* berjalan dengan baik. berjalan dengan baik. Tinjauan desain struktur perkerasan semen berupa beton komposit memiliki kemampuan menahan gaya-gaya vertikal hingga runtuh dan menjadi prioritas utama. kemampuan menahan beban vertikal secara kompresi memegang peranan penting dalam menentukan sifat-sifat komposit. Pengerasan beton terjadi karena adanya reaksi kimia antara air dan semen yang berlangsung lama dan memberikan kontribusi terhadap kemampuan menahan beban gaya vertikal dengan perlakuan dan umur. (Syahrul, 2022). Untuk mengetahui nilai kuat tekan, sampel silinder diuji dengan mesin kompresi yang direkomendasikan oleh ASTM C39 (Mohammed dkk, 2021). Beban vertikal diterapkan pada silinder beton,

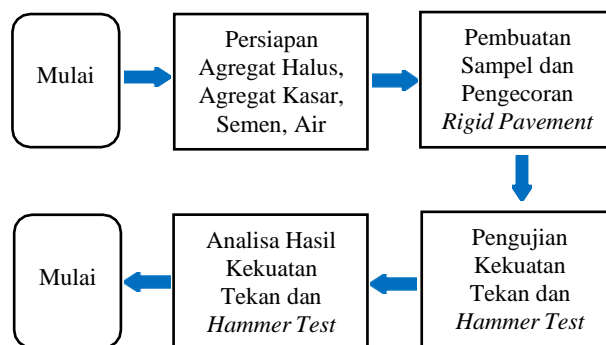
menggunakan perangkat hidrolik dengan kecepatan terus menerus sebesar 0,6-0,8 MPa/s sampai nilai mutu beton tercapai sesuai dengan desain. (Dolinar dkk, 2019). Mekanisme desain beton mengacu pada parameter kualitas beton yang hasilnya diperoleh dari nilai kekuatan sampel silinder yang diuji di laboratorium (Vu dkk, 2022). Untuk *mixed design* terpasang dengan kekuatan desain 20,3 MPa, ditinjau pada umur ke 3 dan 28 hari. Untuk pengujian *hammer test* dilaksanakan pada umur 28 hari.

### 3.6 Hammer Test

Pengamatan kualitas perkerasan kaku yang telah dipasang menggunakan tekanan tekan tidak merusak (Fort dkk, 2022). Sampel lapangan berupa permukaan *rigid pavement* yang diuji dengan gaya vertikal dengan *hammer test* berguna untuk memperkirakan kualitas sampel silinder ukuran 150 mm x 300 mm yang telah mencapai umur ke 3 dan 28 hari, setelah mengalami mekanisme hidrasi. Mekanisme uji *hammer test* memperhitungkan kerapatan permukaan perkerasan *rigid pavement* (Jain dkk, 2013). Alat *hammer test* dapat mengukur rasio energi kinetik terhadap massa palu, sebelum dan sesudah impuls *hameer test* (Kumavat dkk, 2021).

Penelitian mengenai efek mekanis permukaan yang terbuat dari agregat halus, agregat kasar, air dan semen berguna dalam memprediksi pencapaian hasil maksimum berdasarkan metode yang diperlukan (Cristofaro dkk, 2019). Inisiatif untuk menggabungkan metode pengujian *destruktif* dan *non-destruktif* bertujuan untuk memberikan pemahaman yang lebih luas tentang keunggulan beton komposit, dengan banyaknya data *non-destruktif* tentu memberikan informasi pengujian mengenai korelasi kedua metode pengujian tersebut (Poorarbabi dkk, 2020). Kapasitas perkerasan beton normal ditinjau hingga umur ke 3 dan 28 hari untuk mendapatkan pencapaian kualitas 20,3 MPa, dimulai dari awal pengecoran (Monazami dkk, 2022), berdasarkan persyaratan ASTM C39. Tentunya korelasi *hammer test* dan kuat tekan pada sampel silinder 150 mm x 300 mm dengan skala laboratorium akan sulit diperoleh, karena pengujian permukaan yang terbuat dari agregat halus, agregat kasar, air dan semen dilakukan pada permukaan yang tidak sama dengan luas permukaan sampel silinder 150 mm x 300 mm yang diujikan di laboratorium.

Dalam penelitian guna memberikan gambaran mengenai urutan alur kerja yang terurai secara urutan, namun alur kerja dapat dibentuk dengan pola dasar *flow chart* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Bagan Alir Penelitian

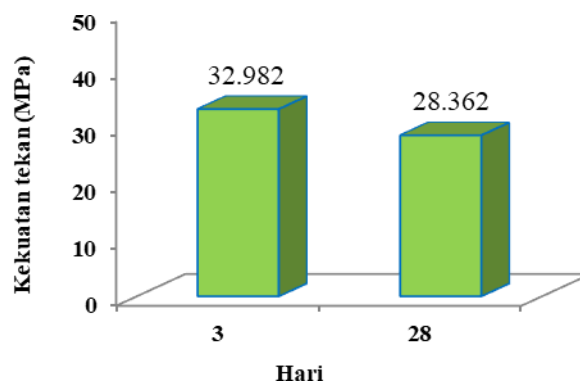
## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis yang komprehensif dari sifat mekanik beton sangat penting, baik untuk asumsi kekuatan yang tepat dalam analisis, dengan menggunakan metode *destruktif* dan *non-destruktif*.

### 4.1 Kekuatan Teekan

Tabel Sampel silinder sebanyak 20 sampel pada umur 3 hari dan 20 sampel umur 28 hari. Untuk mendapatkan nilai kapasitas desain beton dengan bahan lokal Sendawar-Kutai Barat dilakukan pengujian dengan parameter kekuatan tekan beton. Benda uji beton silinder 150 mm x 300 mm pada hari ke 28 mengalami peningkatan sebesar 14 % terhadap benda uji hari ke 3, hal ini disebabkan adanya reaksi dari semen pozzolan.

Secara keseluruhan sampel silinder ukuran 150 mm x 300 mm dengan kontrol FAS, perbandingan air dan semen sebesar 0,58 menghasilkan target sesuai rencana, hal ini menunjukkan bahwa agregat lokal yang digunakan pada konstruksi *rigid pavement* memiliki karakter kualitas yang memadai yaitu 20,3 MPa pada umur 28 hari. Hasil perbandingan kekuatan tekan pada Gambar 4



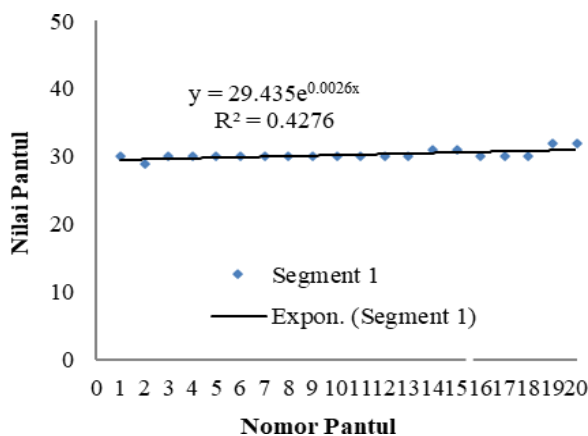
Gambar 4. Kekuatan Tekan

### 4.2 Hammer Test

Mekanisme metode *non-destruktif* berupa *hammer test* bertujuan mengetahui kualitas kuat tekan beton dengan indikator nilai pantulan (Murthi dkk, 2020).



Pemeriksaan di lapangan menggunakan *hammer test*, dilakukan pada posisi vertikal terhadap permukaan perkerasan. Hasil analisis *hammer test* menyatakan lebih tinggi dari rencana yaitu 29,435 MPa. Tentunya peran bonding dan pengaruh semen dengan sifat pozzolan cukup memadai, perkerasan beton 28 hari memiliki tingkat *rebound rate* yang lebih tinggi karena kerapatan permukaan beton di lapangan dan ketebalan lapisan yang cukup. Hasil uji *hammer test* diplot pada Gambar 5.

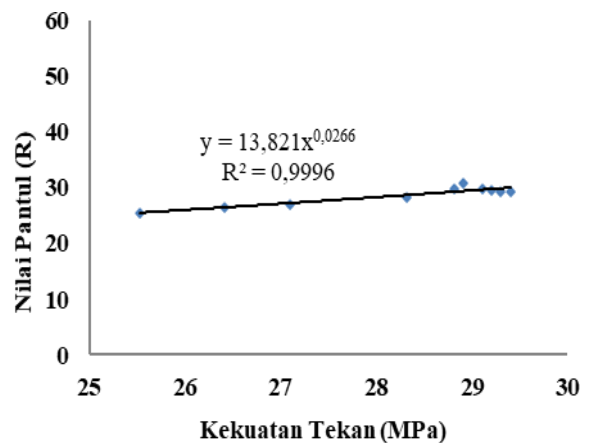


Gambar 5. Kekuatan Tekan *Hammer Test*

#### 4.3 Interaksi Kekuatan Tekna dan Hammer Test

Untuk memastikan interaksi pengujian skala laboratorium yaitu kekuatan tekan dan skala lapangan berupa *hammer test*, kedua data metode pengujian berupa skala laboratorium dan skala lapangan dengan komposisi campuran yang sama diolah menggunakan pendekatan analisis statistik. Efisiensi dan ketepatan pengujian skala laboratorium dengan kekuatan tekan dan skala lapangan berupa uji *hammer test* berkisar 0,4276. Nilai mutu beton berdasarkan data skala lapangan uji *hammer test* disajikan pada Gambar 6. Kekuatan rata-rata yang diperoleh dengan menggunakan agregat lokal kisaran 28,362 MPa. Data uji skala lapangan *hammer test* pada permukaan beton dengan komposisi material setempat dan faktor air semen sebesar 0,58 tercapai sesuai rencana, adapun hasil uji *hammer test* melebihi nilai kuat tekan beton skala laboratorium. Penggunaan agregat halus dan agregat kasar tentunya mengikuti persyaratan standar pembuatan beton yaitu bahan kering permukaan jenuh, yang bertujuan mencegah serapan air pada campuran beton, dan berdampak pada mutu beton. Nilai uji skala laboratorium dengan kekuatan tekan dan skala lapangan uji *hammer test* akan menurun jika densitasnya rendah dan daya serap airnya tinggi. Interaksi dengan pendekatan statistik regresi linier diperoleh kisaran 25,528 MPa hingga 29,400 MPa. Pendekatan non-linear memberikan hasil yang dapat

diandalkan dengan koefisien interaksi. Variasi eksponensial ditemukan sebagai korelasi yang paling cocok antara skala laboratorium kekuatan tekan dan hasil skala lapangan jumlah *hammer test*. Pola pendekatan pemeriksaan dengan skala lapangan diperoleh data dan dianalisa antara hasil skala laboratorium serta memberikan penjelasan. Interaksi skala laboratorium dan skala lapangan di sajikan pada Gambar 6. Interaksi kekuatan tekan =  $13,821x^{0,0266}$  dengan koefisien korelasi lebih tinggi dari 0,9996 untuk skala laboratorium dan skala lapangan berupa uji *hammer test*.



Gambar 6. Interaksi Kekuatan Tekan dan Nilai Pantul

#### 4.4 Konversi Nilai Pengujian

Untuk Metode pengujian kekuatan tekan dan *hammer test* memberikan perbedaan dan nilai perbandingan, sehingga diperoleh nilai faktor konversi. Kekuatan tekan beton 28 hari dengan 20 sampel yang diujikan, pada skala laboratorium memiliki nilai rerata 28,362 MPa, dan pengujian *hammer test* diperoleh nilai rerata 30,250 MPa. Perbedaan dari kedua metode sebesar 1,888 MPa atau 6,20 %. Perbandingan kedua metode diperoleh faktor konversi yaitu *hammer test* berbanding kekuatan tekan = 1 : 0,98, artinya hasil pengujian diperoleh mutu beton yang telah terpasang pada *slab* perkerasan *rigid pavement* diperoleh hasil setelah dikoreksi sesuai arah vertikal sebesar 93,80 %.

Hasil pengujian *hammer test* pada permukaan *slab rigid pavement* 30,250 MPa setelah dikoreksi, maka  $30,250 \text{ MPa} \times 0,94 = 28,37 \text{ MPa}$  atau setara 289,54 Kg/cm<sup>2</sup>. Kekuatan tekan *hammer test* memiliki nilai yang lebih tinggi karena sampel uji merupakan permukaan *slab rigid pavement* yang terdapat di lapangan. Hasil pengujian kekuatan tekan dan *hammer test* pada Tabel 3

**Tabel 3. Hasil Kekuatan Tekan dan Hammer Test**

No	Kekuatan Tekan (MPa)	Hammer Test (MPa)	Selisih Kekuatan Tekan	% Selisih Kekuatan Tekan	Faktor Konversi
1	29,40	30	0,60	2,00	0,98
2	28,91	29	0,09	0,31	1,00
3	29,11	30	0,89	2,98	0,97
4	25,53	30	4,47	14,91	0,85
5	26,41	30	3,59	11,95	0,88
6	27,09	30	2,91	9,69	0,90
7	28,32	30	1,68	5,59	0,94
8	29,30	30	0,70	2,33	0,98
9	29,20	30	0,80	2,65	0,97
10	28,81	30	1,19	3,96	0,96
11	28,91	30	1,09	3,63	0,96
12	28,32	30	1,68	5,59	0,94
13	28,91	30	1,09	3,63	0,96
14	29,01	31	1,99	6,43	0,94
15	27,93	31	3,07	9,90	0,90
16	28,32	30	1,68	5,59	0,94
17	28,32	30	1,68	5,59	0,94
18	27,85	30	2,15	7,16	0,93
19	28,81	32	3,19	9,96	0,90
20	28,76	32	3,24	10,12	0,90
$\Sigma$	28,362	30,250	1,888	6,200	0,940

## 5. PEMBAHASAN

Evaluasi terhadap hasil pengujian yang dicapai sesuai rencana, yaitu keunggulan desain beton dalam hal kualitas menunjukkan bahwa agregat lokal memberikan kontribusi yang positif. Pengujian pada hari ke 28 menggunakan skala laboratorium kekuatan tekan mencapai 28.362 MPa, sedangkan *hammer test* sebesar 30.250 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa material lokal mampu dan dapat diaplikasikan sebagai perkerasan beton, dan tentunya kelestarian lingkungan tetap menjadi isu yang perlu mendapat perhatian dan hasil uji skala lapangan akan digunakan sebagai pembanding dengan menggunakan analisis dan pendekatan statistik. Metode skala lapangan berupa uji *hammer test* sering dipertanyakan dan karena itu ukuran sampel yang cukup akan memberikan data yang baik. Adapun nilai faktor konversi sebesar 0,94 yaitu uji *hammer test* dan kekuatan tekan di laboratorium.

## 6. SARAN

Untuk penelitian lebih lanjut, pengujian skala lapangan *non-destruktif* perlu menambahkan alat uji kecepatan *Ultrasonic Pulsa Velocity* untuk memperkirakan kinerja campuran dalam hal kualitas dan kuantitas bahan lokal Sendawar sebagai bahan konstruksi perkerasan jalan, dan penelitian ini, termasuk penentuan berapa jumlah tes yang harus diterapkan pada area segmen panjang permukaan *rigid pavement* yang dipilih.

## 7. DAFTAR PUSTAKA

Almasaeid, H. H., Suleiman, A., & Alawneh, R. (2022). Assessment of high-temperature damaged concrete using non-destructive tests and artificial neural network modelling. *Case Studies in Construction Materials*, 16(April), e01080. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01080>

Aseem, A., Baloch, W. L., Khushnood, R. A., & Mushtaq, A. (2019). Structural health assessment

of fire damaged building using non-destructive testing and micro-graphical forensic analysis: a case study. *Case Penelitanes in Construction Materials*, 11(May), e00258. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2019.e00258>

Azarafza, M., Ghazifard, A., Asasi, F., & Rahnamarad, J. (2021). An empirical classification method for South Pars marls by Schmidt hammer rebound index. *MethodsX*, 8(April). <https://doi.org/10.1016/j.mex.2021.101366>

Babalola, O. E., Awoyera, P. O., Le, D. H., & Bendeziú Romero, L. M. (2021). A review of residual strength properties of normal and high strength concrete exposed to elevated temperatures: Impact of materials modification on behaviour of concrete composite. In *Construction and Building Materials* (Vol. 296). <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.123448>

Cho, B. H., & Nam, B. H. (2022). Concrete composites reinforced with graphene oxide nanoflake (GONF) and steel fiber for application in rigid pavement. *Case Studies in Construction Materials*, 17(July). <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01346>

Cristofaro, M. T., Viti, S., Tanganelli, M., Viti, S., & Tanganelli, M. (2019). New predictive models to evaluate concrete compressive strength using the sonreb method. *Journal of Building Engineering*, 19(September), <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2019.100962>

Dolarin, U., Trtnik, G., Turk, G., & Hozjan, T. (2019). The feasibility of estimation of mechanical properties of limestone concrete after fire using nondestructive methods. *Construction and Building Materials*, 228. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.11678>

Fort, R., Feijoo, J., Varas-Muriel, M. J., Navacerrada, M. A., Barbero-Barrera, M. M., & De la Prida, D. (2022). Appraisal of non-destructive in situ techniques to determine moisture- and salt crystallization-induced damage in dolostones. *Journal of Building Engineering*, 53(January). <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2022.104525>

Güçlüer, K., Özbeyaz, A., Göymen, S., & Günaydın, O. (2021). A comparative investigation using machine learning methods for concrete compressive strength estimation. *Materials Today Communications*, 27(February). <https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2021.102278>

Hamada, H., Alattar, A., Tayeh, B., Yahaya, F., & Almeshal, I. (2022). Influence of different curing methods on the compressive strength of ultra-high-performance concrete: A comprehensive review. *Case Studies in Construction Materials*, 17(June). <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01390>

Ichim, A., Saleh, F. K., Teodoru, C., & Sondergeld, C. (2019). Investigation of mechanical behavior and physical characteristic of portland cement:



- Implications for destructive and non-destructive methods. In *Journal of Petroleum Science and Engineering* (Vol. 177, hal. 123–134). <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2019.02.039>
- Jain, A., Kathuria, A., Kumar, A., Verma, Y., & Murari, K. (2013). Combined use of non-destructive tests for assessment of strength of concrete in structure. *Procedia Engineering*, 54, 241–251. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.03.022>
- Kazemi, M., Madandoust, R., & de Brito, J. (2019). Compressive strength assessment of recycled aggregate concrete using Schmidt rebound hammer and core testing. *Construction and Building Materials*, 224, 630–638. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.07.110>
- Kumavat, H. R., Chandak, N. R., & Patil, I. T. (2021). Factors influencing the performance of rebound hammer used for non-destructive testing of concrete members: A review. *Case Studies in Construction Materials*, 14. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2021.e00491>
- Mishra, M., Bhatia, A. S., & Maity, D. (2020). Predicting the compressive strength of unreinforced brick masonry using machine learning techniques validated on a case study of a museum through nondestructive testing. In *Journal of Civil Structural Health Monitoring* (Vol. 10, Issue 3, pp. 389–403). <https://doi.org/10.1007/s13349-020-00391-7>
- Monazami, M., Sharma, A., & Gupta, R. (2022). Evaluating performance of carbon fiber-reinforced pavement with embedded sensors using destructive and non-destructive testing. *Case Studies in Construction Materials*, 17(June). <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01460>
- Mohammed, A. A., Rafiq, S. K., & Hamid, N. A. (2021). The assessment of concrete subjected to preloading using non destructive testing methods. *Case Studies in Construction Materials*, 15(September). <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2021.e00705>
- Murthi, P., Poongodi, K., & Gobinath, R. (2020). Correlation between rebound hammer number and mechanical properties of steel fibre reinforced pavement quality concrete. *Materials Today: Proceedings*, 39(xxxx), 142–147. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.06.402>
- Poblet, J., Bulnes, M., Uzqueda, H., & Magán, M. (2022). Using the Schmidt hammer on folds: An example from the Cantabrian Zone (NW Iberian Peninsula). *Journal of Structural Geology*, 155(January), 104512. <https://doi.org/10.1016/j.jsg.2022.104512>
- Poorarbabi, A., Ghasemi, M., & Azhdary Moghaddam, M. (2020). Concrete Compressive Strength Prediction Using Neural Networks Based on Non-destructive Tests and a Self-calibrated Response Surface Methodology. *Journal of Nondestructive Evaluation*, 39(4). <https://doi.org/10.1007/s10921-020-00718-w>
- Revilla C. V., Skaf, M., Serrano L. R., & Ortega L. V. (2021). Models for compressive strength estimation through non-destructive testing of highly self-compacting concrete containing recycled concrete aggregate and slag-based binder. In *Construction and Building Materials* (Vol. 280). <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.122454>
- Revilla C. V., Ortega L. V., Faleschini, F., Espinosa, A. B., & Serrano L R. (2022). Hammer rebound index as an overall-mechanical-quality indicator of self-compacting concrete containing recycled concrete aggregate. *Construction and Building Materials*, 347(March). <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.12854>
- Riminesi, C., Cuzman, O. A., Moczko, M., & Raszczuk, K. (2022). Comparative interpretation of results after application of different non-destructive and portable techniques on historic concrete in the Centennial Hall in Wrocław. *Case Studies in Construction Materials*, 17(August). <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01409>
- Rumman, R., Bari, M. S., Manzur, T., Kamal, M. R., & Noor, M. A. (2020). A Durable Concrete Mix Design Approach using Combined Aggregate Gradation Bands and Rice Husk Ash Based Blended Cement. *Journal of Building Engineering*, 30(January). <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2020.101303>
- Saha, A. S., & Amanat, K. M. (2021). Rebound hammer test to predict in-situ strength of concrete using recycled concrete aggregates, brick chips and stone chips. *Construction and Building Materials*, 268(xxxx). <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.12108>
- Šernas, O., Zofka, A., Vaitkus, A., & Gražulytė, J. (2020). The effect of exposed aggregate concrete gradation on the texture characteristics and durability. *Construction and Building Materials*, 261. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119921>
- Syahrlul, S. (2022). Characteristics of Concrete With Rice Husk Ash Local Kutai Kartanegara. *Jurnal Teknik Sipil Dan Perencanaan*, 24(2), 168–175. <https://doi.org/10.15294/jtsp.v24i2.37375>
- Syahrlul, S. (2022). Kinerja Beton Mengandung Agregat Kasar Daur Ulang Limbah Bongkahan Beton. *Jurnal Riset Rekayasa Sipil*, 6(1), 33. <https://doi.org/10.20961/jrrs.v6i1.63206>
- Syahrlul, S. (2022). Korelasi Kalendering Dan Pile Driving Analyzer Pada Daya Dukung Substruktur Tiang Pancang Jembatan Encahaq Kutai Barat. In *Sebatik* (Vol. 26, Issue 1, pp. 182–193). <https://doi.org/10.46984/sebatik.v26i1.1891>
- Sýkora, M., Diamantidis, D., Holický, M., Marková, J., & Rózsás, Á. (2018). Assessment of compressive strength of historic masonry using non-destructive

- and destructive techniques. *Construction and Building Materials*, 193, 196–210. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.10.180>
- Vatani O. A., Nazari, R., & Houshmand Khaneghahi, M. (2020). Laboratory and in situ investigation of the compressive strength of CFRD concrete. *Construction and Building Materials*, 242. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118166>
- Vu, C. C., Ho, N. K., & Pham, T. A. (2022). Weibull statistical analysis and experimental investigation of size effects on the compressive strength of concrete-building materials. *Case Studies in Construction Materials*, 17(June). <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01231>
- Wang, M., & Wan, W. (2019). A new empirical formula for evaluating uniaxial compressive strength using the Schmidt hammer test. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 123(September). <https://doi.org/10.1016/j.ijrmms.2019.104094>
- Xue, Y., Kong, F., Qiu, D., Gong, H., & Ning, Z. (2022). Assessing the effect of grain size or anisotropy on the correlated equations between uniaxial compressive strength and point load test. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 81(8). <https://doi.org/10.1007/s10064-022-02814-9>
- Yan, W., Cui, W., & Qi, L. (2020). Effect of aggregate gradation and mortar rheology on static segregation of self-compacting concrete. *Construction and Building Materials*, 259. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119816>

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini merupakan kerjasama dengan Vision Engineering yang memberikan kesempatan dalam meninjau dan mengamati pelaksanaan kegiatan pembangunan jalan simpang GBU - Besiq Kecamatan Damai Kabupaten Kutai Barat tahun 2023