

KAPASITAS NILAI KEKUATAN TEKAN BETON DENGAN ALAT *HAMMER TEST* DAN ALAT *ULTRASONIC PULSE VELOCITY* (UPV) JEMBATAN LOA HAUR

Tumingan¹⁾, Salma Alwi²⁾, dan Fendi Ilham H³⁾

^{1,2,3}Teknik Sipil, Politeknik Negeri Samarinda

^{1,2,3}Jl. Dr. Cipto Mangunkusumo Kampus Gunung Panjang, Samarinda, 75131

E-mail: tumingan@polnes.ac.id¹⁾, salmaalwi@polnes.ac.id²⁾, ilhardiansyah26@gmail.com³⁾

ABSTRAK

Jembatan Loa Haur merupakan sebuah jembatan tipe rangka baja dengan bentang 60 meter dibangun pada tahun 1992 yang terletak pada Jalan Poros Samarinda – Tenggarong, Desa Bakungan, Kecamatan Loa Janan Kutai Kartanegara Kalimantan Timur. Akibat kondisi lalu lintas dan beban kendaraan yang melintas semakin meningkat di jembatan Loa Haur, untuk keamanan dan kenyamanan pengguna, di perlukan evaluasi struktur jembatannya. Salah satu bagian struktur yang akan dievaluasi pada penelitian ini yakni mutu beton yang terpasang saat ini terhadap standar spesifikasi Bina Marga khususnya sisa kekuatan tekan beton jembatan dengan batas minimal mutu beton 250 Kg/cm², atau 20 MPa. Pengujian ini mengambil metode non *destructive* menggunakan alat *Hammer test* dan alat *Ultrasonic Pulse Velocity Test*. Pengujian diawali dengan alat rebar *locator* yang bertujuan untuk mendeteksi diameter dan posisi tulangan dalam elemen beton, serta ketebalan selimut beton dengan memanfaatkan medan elektromagnetik, yang mudah terpengaruh oleh adanya logam/metal berupa tulangan baja di dalam beton, karena alat *Ultrasonic Pulse Velocity Test* sangat terganggu bila melewati baja tulangan. Dilanjutkan dengan pengujian menggunakan alat *Hammer test* dengan mengambil sebanyak 120 titik pada abutment dan 63 titik pada Pelat lantai. Untuk alat UPV dengan metode Tidak Langsung mengambil sampel sebanyak 49 titik pada abutment dan 20 titik pada plat lantai jembatan. Hasil analisis pengujian diperoleh nilai kekuatan tekan beton menggunakan alat *Hammer test* pada abutment dan pelat lantai jembatan masih memenuhi standar spesifikasi jembatan yaitu sebesar 479 kg/cm² dan 454 kg/cm², sedangkan nilai kekuatan tekan beton hasil uji UPV pada abutment dan pelat lantai juga masih memenuhi standar spesifikasi jembatan yaitu sebesar 265 kg/cm² dan 243 kg/cm².

Kata Kunci: *Hammer test*, *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV), *Rebar Locator*, *Tekan Beton*, *Jembatan*

1. PENDAHULUAN

Jembatan merupakan sarana transportasi yang dibangun untuk dapat menyeberangkan/memindahkan lalu-lintas yang terhalang akibat adanya sungai, danau, bukit, dan laut. Juga karena adanya perlintasan dengan sarana transportasi yang lain, seperti pertemuan dengan sarana transportasi kereta api, persilangan sejenis pada lalu-lintas yang padat dengan menghilangkan pertemuan jalan yang sebidang.

Jembatan Loa Haur merupakan sebuah jembatan tipe rangka baja dengan bentang 60 meter yang terletak pada Jalan Poros Samarinda – Tenggarong di Desa Bakungan, Kecamatan Kutai Kartanegara Kalimantan Timur. Mengingat kondisi lalu lintas dan peningkatan beban lalu lintas di jembatan Loa Haur, maka perlu dilakukan evaluasi terhadap kualitas beton yang terpasang saat ini.

Pada kondisi sekarang, jembatan Loa Hour sudah berumur 30 tahun. Seiring bertambahnya umur jembatan dan peningkatan kesejahteraan hidup masyarakat, menimbulkan terjadi peningkatan jumlah kendaraan dan peningkatan volume lalu lintas tetapi ketahanan konstruksi jembatan mengalami penurunan. Hasil pengamatan di lapangan, keadaan Jembatan Loa Hour tidak sepadan dengan beban lalu lintas yang melintas dan sangat mengkhawatirkan, karena jembatan yang ada

tergolong tipe kelas C dengan struktur rangka baja yang memiliki lebar jalan 4,5 meter sering dilintasi kendaraan bermuatan yang melebihi kapasitasnya sedangkan kondisi abutment jembatan telah mengalami kerusakan diantaranya terjadi retak-retak pada beberapa bagian.

Untuk mendapatkan nilai kekuatan tekan pada beton yang terpasang pada struktur abutment dan struktur pelat lantai terdapat dua jenis pengujian yakni dengan menggunakan metode pengujian merusak struktur (*Destructive Test*) atau menggunakan metode pengujian dengan tidak merusak struktur (*Non-Destructive Test*). Nilai kekuatan tekan beton menunjukkan mutu kekuatan struktur yang diuji, semakin tinggi kekuatan tekan beton, berarti semakin tinggi nilai mutu beton yang masih ada.

Keragu-raguan terhadap nilai kekuatan beton di lapangan, bisa dilakukan dengan pengujian *core drill* tetapi merusak/destruktif beton yang ada. Untuk menghindari kerusakan akibat *test* destruktif dalam menentukan kekuatan tekan beton *existing*, dapat mengombinasikan *Metode Non Destruktif Test* (NDT) dengan data rancangan campuran beton dalam memprediksi nilai kekuatan tekan beton pada umur uji.

Salah satu metode pengujian yang digunakan untuk mengetahui kekuatan tekan beton tanpa merusak benda uji adalah Pengujian Non Destruktif *Test* (NDT), untuk

pelaksanaannya dilakukan langsung ditempat kerja (insitu), yang hasil yang didapat bersifat perkiraan berupa data kekuatan tekan beton, sedangkan alat yang dipakai pada umumnya Ultrasonik *Pulse Velocity* (UPV) *test* bersama *hammer test*.

Peralatan NDT digunakan untuk pemeriksaan mutu beton tanpa merusak struktur beton yang mudah dikerjakan, murah biayanya, pelaksanaannya mudah, dapat dilakukan dengan cepat yaitu *Hammer test*. *Rebound Hammer test* (RHT) atau yang umum *Hammer test*, dikembangkan di Jerman pada tahun 1930, masuk di standar BS 4408 sub 4 atau berdasarkan ASTM C805, yang dapat digunakan untuk menguji kekuatan bagian permukaan beton. Pada tahun 1979 dikembangkan bahwa metode pengujian ini dapat digunakan untuk mendeteksi daerah berkualitas beton, memperkirakan keseragaman kekuatan tekan beton, akan tetapi tidak dapat menggantikan sebagai pengujian beton.

Pengujian untuk memperkirakan kekuatan tekan beton yang diperhitungkan berdasarkan hubungan kecepatan gelombang ultrasonik yang merambat melalui beton dapat diidentifikasi menjadi kekuatan tekan beton itu sendiri disebut UPV. Proses kerja alat pengujian UPV adalah waktu tempuh gelombang yang dipancarkan gelombang ultrasonik sebesar 40 kHz dalam beton. Kemudian nilai kecepatannya akan dihitung dari waktu yang dihasilkan, selanjutnya dikonversikan menjadi kekuatan tekan beton. Sistem pengukuran alat UPV dirancang untuk kualitas beton mutu tinggi dengan memanfaatkan hubungan kecepatan gelombang ultrasonik hasil pengukuran rambatan gelombang menjadi kekuatan tekan beton diperoleh (Anggia Eta Rizkiasari, Abdul Rouf, 2020).

Jembatan Loa Haur yang dibangun sejak tahun 1992 dan jembatan masih digunakan hingga saat ini, untuk mengetahui kekuatan tekan beton digunakan metode pengujian tekan beton yang tidak merusak (*Non-Destructive Test*) dengan menggunakan alat uji tembak (*Hammer test*) dan alat *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV). Data pengujian yang dihasilkan dari pengolahan data pengujian menggunakan metode yang akan menghasilkan nilai kekuatan tekan beton terpasang.

Hal yang umum dilakukan untuk mengetahui perubahan kualitas pada struktur bangunan Jembatan adalah Pengujian dan evaluasi kondisi jembatan tersebut. Perubahan kualitas biasanya disebabkan oleh faktor yang mempengaruhi dari sekitar atau faktor umur bangunannya. Faktor lain yang mempengaruhi adalah hasil dari pengerjaan konstruksi bangunan tersebut yang kurang baik sehingga dapat mempengaruhi mutu bangunan. Evaluasi juga dilakukan apabila ada indikasi suatu jembatan memiliki kesalahan dalam pengerjaan atau adanya perbedaan antara spesifikasi teknik yang sudah direncanakan dengan hasil pelaksanaannya. Dan dari hasil evaluasi akan diperoleh nilai kekuatan struktur beton atau rekomendasi perbaikannya.

Dalam memperkirakan keandalan suatu bangunan, dapat melakukan investigasi keandalan tersebut dengan

pengujian kekuatan strukturnya. Keandalan struktur dapat dinilai dari kekuatan tekan beton menggunakan pengujian metode Non Destruktif Test yaitu gabungan hasil UPV *test*, *Rebar Locator* dan *Hammer test*, dengan menggunakan pengujian langsung tanpa merusak beton terpasang di lokasi. Hasil pengujian yang diperoleh dari UPV *test*, *Rebar Locator* dan *Hammer test* dapat dipergunakan menentukan keandalan struktur apakah masih laik fungsi dan memenuhi standar yang disyaratkan (Pieter + dkk, 2022).

Variasi kemiringan sudut balok jembatan dapat mempengaruhi kekuatan tekan beton balok dan arah pola keretakan. Semakin besar kemiringan sudut balok jembatan mengakibatkan semakin kecil kemampuan balok menahan beban juga dimensi retakan semakin besar. Defleksi terbesar pada balok jembatan terjadi dengan sudut kemiringan balok lebih dari 60°. Nilai tegangan terbesar pada jembatan terjadi pada balok dengan sudut kemiringan 60°. Pola retak ada dua jenis yang terjadi yaitu pola retak lentur pada tengah bentang sedang pola retak geser terjadi pada tengah bentang menuju tumpuan (Fitria Handayani, 2020).

Sebagian besar lebih suka membahas dan berdiskusi tentang membangun insfrastruktur daripada memelihara infrastruktur yang sudah ada, karena membangun jauh lebih mudah dibanding dengan memelihara. Membangun tidak memerlukan metode yang terkadang diluar dari teoritis, cukup mengacu norma, standar, pedoman dan manual yang sudah banyak terbit. Sementara untuk memelihara faktor dominan adalah memperhatikan kondisi eksisting, selanjutnya mencari padanan, aturan yang mendekati kondisi lapangan.

Disinilah Peneliti berpendapat bahwa pemeliharaan/perawatan infrastruktur sangat penting dengan tujuan tetap menjaga kualitas, kapasitas infrastruktur tetap baik, aman dan mampu menopang beban yang ada. Pemilihan jembatan loa haur, mengingat sudah berumur 30 tahun, kelas jembatan pada saat adalah kelas III atau kelas C, sementara pembebanan dari kendaraan yang melintas tergolong pembebanan untuk jembatan kelas I, maka perlu di evaluasi dan dianalisis kapasitas jembatan yang ada apakah masih mampu menahan pembebanan kendaraan saat ini.

2. RUANG LINGKUP

Ruang lingkup dalam penelitian ini mencakup permasalahan : berapa nilai kekuatan tekan beton pada abutment dan pelat lantai Jembatan Loa Haur berdasarkan hasil *Hammer test* dan UPV ?, membandingkan nilai kekuatan tekan beton hasil pengujian *Hammer test* dan UPV pada abutment dan pelat lantai Jembatan Loa Haur dan apakah kekuatan tekan beton pada saat ini masih memenuhi standar Spesifikasi Teknis Jembatan ?

Dari permasalahan tersebut, yang menjadi tujuan dari penelitian Evaluasi Kekuatan Tekan Beton dengan *Hammer test* dan *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV) Test adalah :

1. menentukan nilai kekuatan tekan beton dari hasil pengujian UPV dan *Hammer test* pada bagian Abutment dan Pelat beton Jembatan Loa Haur;
2. membandingkan nilai kekuatan tekan beton dari hasil UPV dan *Hammer test*;
3. menyimpulkan apakah kekuatan tekan beton masih memenuhi standar yang disyaratkan pada konstruksi jembatan.

3. BAHAN DAN METODE

Pada umumnya bahan penyusun jembatan adalah Beton (*concrete*) dan Baja. Beton merupakan campuran semen Portland dan/atau semen *hidrolis* lain, dicampur dengan air sebagai proses hidrasi, agregat halus, agregat kasar, dengan atau/tanpa bahan kimia campuran tambahan (*admixture*). Beton terbentuk dari agregat, semen dan air sebagai bahan hidrasi yang dicampur bersama-sama menjadi plastis agar mudah dibentuk atau dikerjakan. Sehingga menjadikan beton mudah dibentuk sesuai yang diinginkan pengguna. Setelah proses pencampuran, akan terjadi reaksi kimia yang umum disebut proses hidrasi untuk menghasilkan tahap penguatan dan peningkatan kekuatan beton.

Agar tercapai tujuan dengan benar, diperlukan batasan sebagai acuan pelaksanaan pengujian yakni :

3.1 Pengujian Kekuatan Tekan Beton

Proses evaluasi kekuatan tekan beton, uji *compression test* sebagai rujukan untuk mengetahui mutu kekuatan suatu struktur beton secara keseluruhan (Setjo R., 2012). Pengujian kekuatan tekan beton dapat dilakukan menggunakan dua jenis pengujian yaitu metode pengujian merusak atau *Destructive Test* (DT) dan pengujian tidak merusak atau *Non Destructive Test* (NDT). Pengujian DT dilakukan dengan cara mengebor untuk mendapatkan benda uji. Pengujian DT pada beton dapat dilakukan pada waktu proses konstruksi bangunan berlangsung dengan cara mengebor sesuai benda uji standar untuk mengukur kekuatan tekan beton berdasarkan sampel hasil pengeboran berbentuk silinder dengan menguji terhadap kuat tekan beton dengan memberikan beban tekan pada mesin (*compressive strength*) sampai batas tertentu di mana sampel (benda uji) terjadi keretakan dan tidak mampu menahan beban sampai sampel hancur. Untuk pengujian beton yang tidak memperkenankan terjadi kerusakan pada beton yang sudah terpasang, dilakukan dengan metode *Non Destructive Test* (NDT). Metode pengujian NDT dapat dilakukan berbagai bervariasi di dalam metode kerja maupun peralatan yang dipergunakan untuk menghasilkan kekuatan tekan beton. Salah satu metode NDT yang umum digunakan menggunakan *Rebound Hammer* atau sering disebut *Hammer test*, dikombinasi dengan alat *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV) untuk mengevaluasi kekuatan struktur beton.

Pengujian kekuatan tekan beton dengan menggunakan jenis *Hammer test* Tipe N/NR Proceq, mengacu pada standar SNI 03-4430-1997 dan SNI 03-4803-1998 sebagai pedoman pelaksanaannya.

3.2 Kekuatan Tekan Beton Menggunakan *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV)

Teknik pengujian cepat rambatan pulsa ultrasonik dikenalkan oleh Long, Kurtz, dan Sandenaw (1945) yang pertama kali dilakukan untuk mengevaluasi pengujian *non-destruktif* kualitas tekan beton dengan cara menghubungkan rambatan irasional untuk menempuh jarak yang ditentukan dalam beton. Beberapa karya sebelumnya menggunakan kecepatan rambat pulsa ultrasonik (UPV) pada beton yang digunakan memperkirakan kekuatan tekan beton dan membentuk dasar untuk pekerjaan ini dalam menyelidiki hubungan antara hasil UPV dan kekuatan tekan beton. Kecepatan rambatan dipengaruhi oleh berbagai variabel, seperti rasio campuran, bentuk agregat, umur beton, besarnya kadar air terhadap semen, dll.

Pengujian kekuatan tekan beton dengan menggunakan alat *Ultrasonic Pulse Velocity* Gambar 1 sebagai metode pengujian tidak langsung (*indirect*), dengan standar SNI ASTM C 597-02 Tahun 2012 sebagai acuan.



Gambar 1. Alat *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV)

Cara kerja Pundit yakni dengan memberikan getaran gelombang longitudinal lewat transducer elektro – akustik, menggunakan cairan sebagai perangkai yang berwujud pelumas atau sejenis gel, yang dioleskan pada bagian permukaan beton sebelum test dilakukan. Gelombang longitudinal merambat dalam medium berbeda, yaitu gel dan beton, pada batas antara beton dan gel akan terjadi pantulan gelombang yang merambat berbentuk gelombang transversal dan longitudinal. Gelombang transversal bergerak tegak lurus lintasan, sedang gelombang longitudinal merambat searah lintasan. Gelombang longitudinal adalah yang pertama kali mencapai transducer penerima. Oleh transducer, gelombang ini diubah menjadi sinyal gelombang elektronik yang dapat dibaca oleh *transducer* penerima, sehingga waktu tempuh rambat gelombang dapat diukur. Lintasan beton sepanjang L dengan waktu tempuh yang dibutuhkan T untuk merambatkan gelombang dapat diukur, sehingga kecepatan gelombang dapat dicari menggunakan rumus (1) (Lawson dkk, 2011).

$$V = \frac{L}{T} \quad (1)$$

Di mana :

V = Kecepatan gelombang longitudinal (m/detik)

L = Panjang lintasan beton yang dilewati (m)

T = Waktu tempuh gelombang *ultrasonic* sepanjang lintasan L (detik)

Alat uji yang tersedia saat ini membatasi panjang lintasan sekitar minimum 100 mm, tergantung pada frekuensi dan intensitas dari sinyal yang dihasilkan. Nilai standar dari UPV dapat diketahui dari nilai *pulse velocity* seperti terlihat pada Tabel 1.

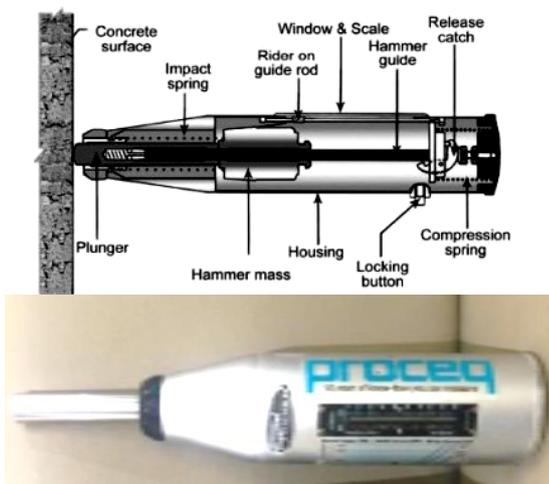
Tabel 1. Hubungan UPV dengan Kualitas Beton

No.	Pulse Velocity (km/det)	Result
1	< 2,13	Kurang
2	2,13 - 3,05	Cukup
3	3,06 - 3,66	Cukup Baik
4	3,67 - 4,57	Baik
5	> 4,57	Sangat Baik

(sumber: Apriani,2016)

3.3 Pengujian Kekuatan Tekan Beton Menggunakan *Hammer test*

Alat untuk pengujian kekuatan tekan beton yang bertujuan untuk menentukan nilai kekuatan tekan beton terpasang adalah *Hammer test* atau Schmidt *Hammer test*. Alat *Hammer test* berbentuk bulat, tidak berat, operasionalnya mudah, ada yang manual dan digital. Langkah kerja *Hammer test* sangat praktis, dengan cara memberi tekanan sebagai beban tumbukan (*Impact*) pada permukaan beton dengan mengaktifkan besaran energi tertentu terhadap suatu massa. Tumbukan antara massa tersebut pada permukaan beton menimbulkan pantulan, sehingga pantulan massa dapat diukur menjadi indikasi kekerasan permukaan beton. Kekerasan beton bisa menyampaikan pertanda kekuatan tekannya. Bentuk alat *Hammer test* seperti ditunjukkan pada gambar 2 :



Gambar 2. Alat *Hammer test*.

Untuk mendapatkan nilai kekuatan tekan beton yang akurat, sebelum melakukan pengujian terlebih dahulu

melakukan kalibrasi alat, kalibrasi alat dapat dilakukan menggunakan silinder kalibrasi yang telah diketahui kekuatan tekannya, adapun rumus (2) dan rumus (3) perhitungan yang digunakan dalam analisis *Hammer test* yaitu :

$$\text{Kalibrasi} = \frac{\text{Standar Kalibrasi}}{\Sigma \text{nilai kalibrasi}} \quad (2)$$

$$\text{Kekuatan Tekan} = \Sigma \text{ bacaan dial} \times \text{Kalibrasi} \quad (3)$$

Hammer test ini secara umum bisa digunakan untuk memeriksa keseragaman kualitas beton pada bagian struktur dan menunjukkan perkiraan kekuatan tekan beton. Referensi yang digunakan dalam pengujian ini adalah SNI 03-4430-1997. Dengan luasan 100 x 100 mm² dan jarak antar titik 25 mm. Metode pengujian elemen struktur beton menggunakan alat palu beton Tipe N/NR yang mengacu SNI 03-4803-1998 sebagai Metode Angka Pantul Beton yang Sudah Mengeras.

3.4 Pendeteksi Tulangan (Rebar *Locator*)

Pengujian ini bertujuan antara lain untuk mendeteksi tulangan dalam elemen beton, dan juga ketebalan selimut beton (concrete cover). Prinsip alat pendeteksi tulangan Gambar 3 untuk menentukan posisi tulangan terpasang dengan memanfaatkan medan elektromagnetik, yang mudah terpengaruh oleh adanya metal/logam, dalam hal ini adalah berupa tulangan baja di dalam beton.



Gambar 3. Alat Rebar *Locator*.

Untuk spesifikasi alat Rebar *Locator* yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 2 :

Tabel 2. Spesifikasi Alat Rebar *Locator*

Range:	Shallow: up to 3.94" (100mm) Deep: up to 7.28" (185mm)
Accuracy:	Better than ±0.08" (2mm) or ±5% for cover
Bar Sizing:	#3-12 (8-40mm) better than ±1 bar size
Display:	LCD w/ backlight
Memory:	160,000 objects with 60 measurements
Data Output:	RS232 or USB adapter
Power Supply:	1.5V (6), 45 hr. operation; 30 with backlight
Dimensions:	16.3 x 19.7 4.9" (415 x 500 125 mm)
Weight:	12 lb (5kg)

3.5 Lokasi dan Deskripsi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Jembatan Loa Haur, Jalan Poros Samarinda – Tenggarong Desa Bakungan, Kecamatan Loa Janan, Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan -0.5928668 LU dan 117.0492707 BT seperti ditunjukkan pada gambar 4.

Kegiatan diawali kegiatan di laboratorium yakni mempersiapkan alat pengujian UPV dan sampel yang akan di uji UPV, pengambilan titik pengujian ditentukan dengan memperhitungkan jarak antar titik yang telah

ditentukan. Metode yang digunakan dalam pengujian ini menggunakan metode secara tidak langsung (indirect). Sebelum dilakukan pengujian terlebih dahulu permukaan sampel dibersihkan dan dioles gel khusus. Setelah melakukan pengujian UPV dan mencatat data hasil pengujian, kemudian melakukan pengujian kekuatan tekan bebas pada sampel beton yang telah di uji UPV dan dicatat nilai hasil kekuatan tekan bebas. Melakukan pengujian ini secara betulang untuk beberapa sampel yang memiliki kekuatan tekan rencana yang berbeda.

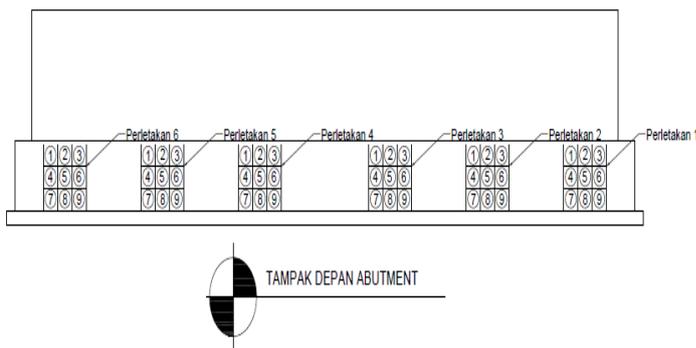


Gambar 4. Kondisi dan Peta Lokasi Penelitian
 (Sumber : Google Earth)

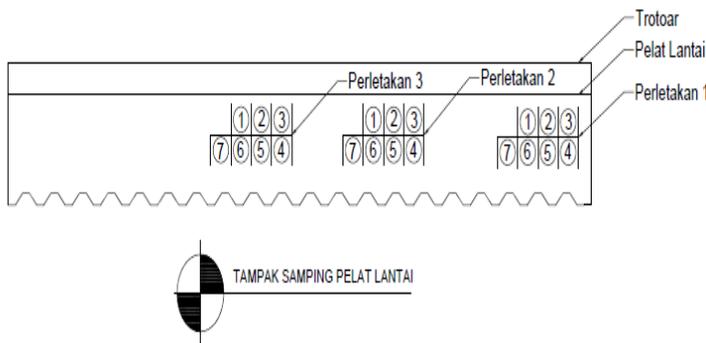
Selanjutnya pelaksanaan kegiatan lapangan dengan membuat mal ukuran 15 cm x 15 cm untuk melakukan pengujian UPV agar hasil yang di dapat lebih presisi. Pengambilan titik pengujian seperti Gambar 5. dan Gambar 6. dengan mempertimbangkan letak baja tulangan hasil pengukuran menggunakan alat Rebar Locator agar gelombang dari UPV tidak mengenai baja tulangan sehingga dapat menghasilkan nilai yang optimal pada saat dilaksanakan pengujian.

Membersihkan permukaan beton dari kotoran dan mengoleskan gel khusus pada permukaan beton yang di uji. Mempersiapkan alat yang di gunakan dan memastikan alat pengujian dapat digunakan. Melakukan pengujian dan mencatat data hasil pengujian

Pengujian dilakukan di bagian abutment sebanyak 7 tempat dan di pelat lantai sebanyak 3 tempat dengan titik pengujian seperti terlihat pada gambar berikut.



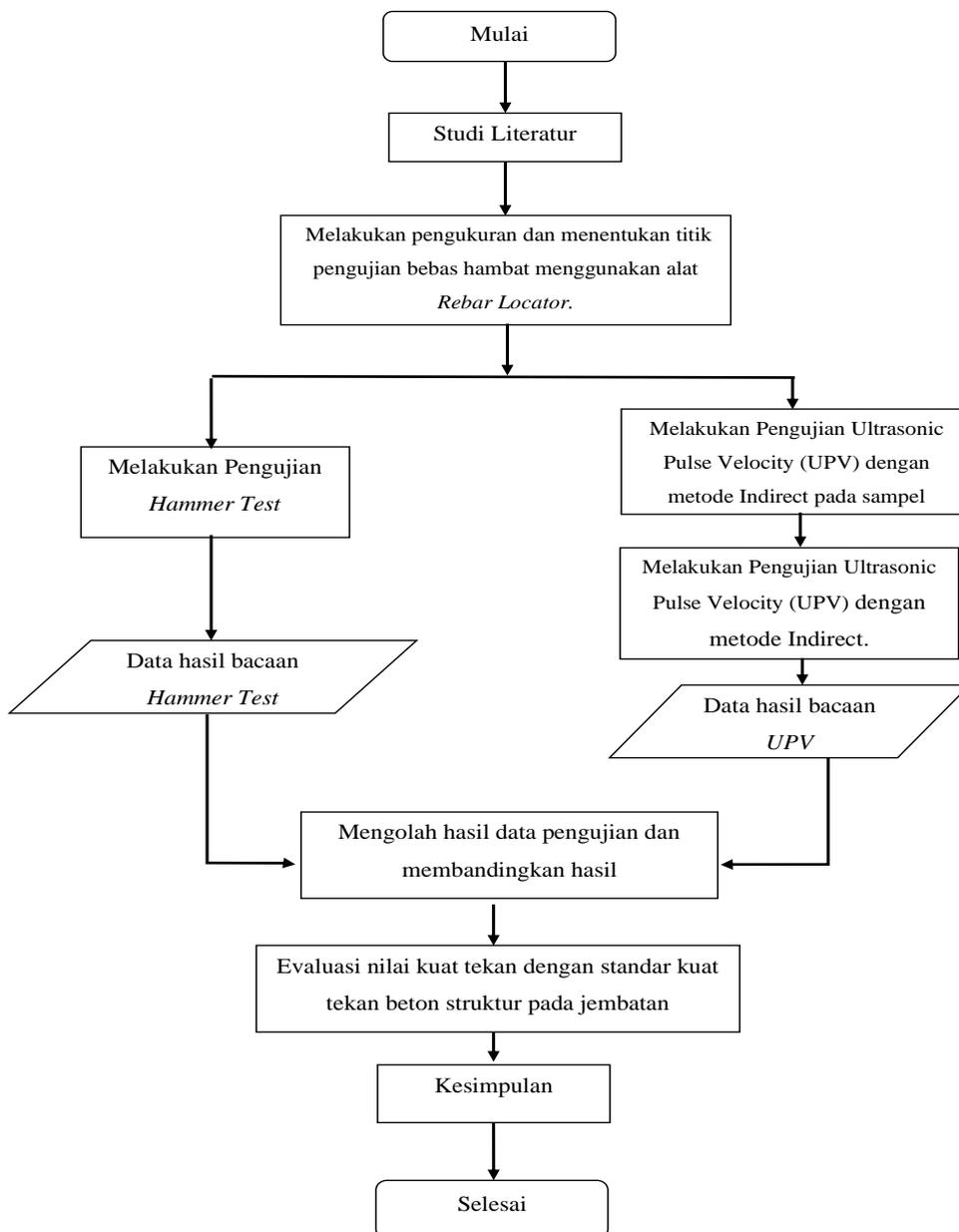
Gambar 5. Sketsa gambar pengujian (kiri) pada Abutment (foto kanan).



Gambar 6. Sketsa gambar pengujian (kiri) pada Pelat Lantai (foto kanan).

3.6 Bagan Alir Penelitian

Berikut adalah tahapan sistematis penelitian yang termuat dalam bagan alir penelitian yang ditunjukkan gambar 7 :



Gambar 7. Bagan Alir Penelitian

4. PEMBAHASAN

Tahapan perhitungan nilai kekuatan tekan beton sisa setelah umur konstruksi sesuai tujuan yang ingin dicapai pada penelitian kapasitas struktur abutment dan struktur pelat lantai pada Jembatan Loa Hour Kabupaten Kutai Kartanegara menggunakan alat *Hammer test* dan *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV).

4.1 Kalibrasi Alat *Hammer test*

Setiap alat harus selalu di kalibrasi baik sebelum atau sesudah dipergunakan untuk pelaksanaan pengambilan data. Suatu alat dinyatakan data hasil pengukuran/pengujian dinyatakan valid dan akurat apabila kalibrasi dari alat tersebut masih berlaku, pada umumnya tidak melebihi satu tahun. Kalibrasi alat *Hammer test* ini tidak perlu menggunakan jasa kalibrasi tetapi dapat dilakukan sendiri menggunakan alat kalibrasi standar yang ada dan tersedia di Laboratorium struktur jurusan Teknik Sipil kebetulan memiliki alat kalibrasi sendiri. Jadi sebelum digunakan di lapangan, harus dilakukan kalibrasi dengan mengambil sampel paling sedikit 10 kali pukulan. Berikut adalah hasil pengujian kalibrasi alat *Hammer test* yang dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil.

Tabel 3. Hasil pengujian Kalibrasi *Hammer test*

No	Bacaan Dial	No	Bacaan Dial
1	82	6	83
2	83	7	82
3	81	8	82
4	82	9	82
5	79	10	81
Rerata		81,7	

Standar Kalibrasi alat *Hammer test* = 80 Mpa

Menggunakan persamaan (2) dapat dihitung nilai kalibrasi alat *Hammer test* yang dipergunakan dengan hasil kalibrasi sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Kalibrasi} &= \frac{\text{standar kalibrasi}}{\sum \text{nilai kalibrasi}} \\ &= \frac{80 \text{ Mpa}}{81,6} = 0,979 \end{aligned}$$

4.2 *Hammer test*

Pengujian *Hammer test* dilakukan pada titik pengujian UPV agar hasil dari pengujian ini masih dalam lingkup simpangan yang sama. Selanjutnya di setiap luasan transducer diambil sebanyak 20 titik untuk pengujian *Hammer test*. Adapun hasil pengujian dari alat Schmidt *Hammer test* didapatkan bacaan pada abutment dan pelat lantai beton, dilakukan perhitungan dengan konversi hasil kalibrasi pada posisi abutment perletakan 1 yang diperoleh nilai pada tabel 4 :

Tabel 4. Hasil Perhitungan Bacaan *Hammer test* Pada Abutment Perletakan 1

Perletakan 1		
NO	BACAAN DIAL	KOREKSI
1	44	43
2	46	45
3	40	39
4	46	45
5	46	45
6	48	47
7	46	45
8	48	47
9	47	46
10	48	47
11	38	37
12	44	43
13	38	37
14	40	39
15	46	45
16	47	46
Rata-rata		44
Konversi (Mpa)		48,4
Konversi (kg/cm²)		494

Dengan menggunakan cara sama seperti pada hasil pengujian perletakan 1 Abutment, maka pada titik-titik perletakan lainnya di abutment dan pelat lantai dapat dihitung dengan mengambil nilai akhir adalah rata-rata dari hasil perhitungan setiap perletakan. Hasil akhir untuk masing-masing perletakan pada bagian abutment dan pelat lantai, seperti ditunjukkan tabel 5 :

Tabel 5. Hasil pengujian *Hammer test*

Titik Pengujian	Nilai	Satuan
Abutment		
Perletakan 1	484	Kg/cm ²
Perletakan 2	462	Kg/cm ²
Perletakan 3	496	Kg/cm ²
Perletakan 4	484	Kg/cm ²
Perletakan 5	484	Kg/cm ²
Perletakan 6	462	Kg/cm ²
Rata-rata	479	Kg/cm ²
Plat lantai		
Perletakan 7	462	Kg/cm ²
Perletakan 8	438	Kg/cm ²
Perletakan 9	462	Kg/cm ²
Rata-rata	454	Kg/cm ²

Hasil rata-rata perhitungan pengujian *Hammer test* yang dilakukan, menunjukkan perbedaan mutu kuat tekan betonnya relatif sama karena perbedaannya tidak melebihi 5% sebagai standar rujukan yang umum.

4.3 Ultrasonic Pulse Velocity (UPV)

Hal pertama yang harus dilakukan sebelum melakukan pengujian UPV adalah membersihkan permukaan abutment dan pelat beton yang akan diuji. Selanjutnya melakukan pengecekan untuk letak tulangan

menggunakan alat Rebar *Locator*. Adapun hasil pengujian dari alat UPV didapatkan bacaan pada abutment dan pelat beton dengan menggunakan metode Indirect dengan hasil pada tabel 6 :

Tabel 6. Hasil Perhitungan UPV Pada Abutmentt Perletakan 1

No. Titik	Bacaan UPV	
	Kuat. Gel	Kec. (m/s)
1	78,9	1901
2	69,4	2151
3	83,4	1799
4	89,4	1767
5	67,4	2226
6	67,9	2209
7	58,9	2547
8	67,4	2226
Rata-rata	72,84	2103

1. Konversi Menggunakan Persamaan Dari Ridho, F. & Khoeri, H 2015.

Metode perhitungan kekuatan tekan beton pada penelitian ini sebagai alternatif 1 menggunakan persamaan (4) hasil penelitian menggunakan 500 sampel beton keras yang mengacu pada British standard pengujian sampel.

Mengambil contoh untuk titik A pada perletakan 1 abutmentt dengan cepat rambat gelombang 1901m/s setelah dimasukkan dalam persamaan diperoleh kekuatan tekan beton nya ;

$$\begin{aligned}
 y &= 8,31346 \cdot e^{0,000369x} & (4) \\
 &= 8,31346 \cdot e^{0,000369(1901)} \\
 &= 16,8 \text{ MPa} \\
 &= 171 \text{ Kg/Cm}^2.
 \end{aligned}$$

Tahapan-tahapan berikutnya melakukan perhitungan hasil pembacaan Ultrasonic Pulse Velocity (UPV) menggunakan rumus persamaan (4) pada titik perletakan 1 diperoleh hasil pada Tabel 7.

Tabel 7. Perhitungan Konversi UPV pada Abutmentt Perletakan 1

No. Titik	Bacaan UPV		Konversi	
	Kuat. Gel	Kec. (m/s)	Konversi (MPa)	Kg/cm ²
1	78,9	1901	16,8	171
2	69,4	2151	18,4	187
3	83,4	1799	16,1	165
4	89,4	1767	16,0	163
5	67,4	2226	18,9	193
6	67,9	2209	18,8	192
7	58,9	2547	21,3	217
8	67,4	2226	18,9	193
Rata-rata				185

Dengan perhitungan yang sama seperti pada perletakan 1 Abutmentt, maka pada titik-titik perletakan lainnya yang di abutmentt dan pelat lantai dapat dihitung hasil rata-rata konversi pembacaan UPV menjadi kekuatan tekan beton pada masing-

masing perletakan. Hasil akhir untuk masing-masing perletakan, seperti ditunjukkan tabel 8 :

Tabel 8. Hasil Pengujian UPV Konversi 1

Hasil pengujian Abutmentt		
Titik	Nilai	Satuan
Perletakan 1	185	Kg/cm ²
Perletakan 2	242	Kg/cm ²
Perletakan 3	236	Kg/cm ²
Perletakan 4	268	Kg/cm ²
Perletakan 5	254	Kg/cm ²
Perletakan 6	237	Kg/cm ²
Rata - rata	237	Kg/cm ²
Hasil pengujian Pelat Lantai		
Titik	Nilai	Satuan
Perletakan 7	170	Kg/cm ²
Perletakan 8	164	Kg/cm ²
Perletakan 9	173	Kg/cm ²
Rata - rata	169	Kg/cm ²

Hasil rata-rata perhitungan pengujian *Hammer test* menggunakan alat UPV, hasilnya sangat berbeda sekali yakni 237 Kg/cm² struktur abutmentt berbanding 169 Kg/cm² untuk struktur pelat lantai.

2. Konversi Menggunakan Hasil Pengujian Dari Laboratorium Teknik Sipil Politeknik Negeri Samarinda.

Selain menggunakan metode perhitungan berdasarkan hasil penelitian terdahulu (Ridho dkk), untuk menentukan konversi sebagai kalibrasi hasil pengujian lapangan, juga dilakukan pengujian di Laboratorium menggunakan metode Semi-langsung (*indirec*) hal ini dikarenakan agar menyamakan metode yang dilakukan di lapangan. Dari hasil pengujian UPV di Laboratorium Teknik Sipil pada sampel kubus sebanyak 20 buah diperoleh hasil konversi tabel 9 :

Tabel 9. Hasil Pembacaan UPV Pada Sampel Kubus

Hasil pengujian sampel			
No. Sampel	Bacaan UPV		Kuat Tekan Mpa
	Kuat. Gel	Kec. (m/s)	
1	39,9	3759	31,5
2	77,4	3233	28,7
3	70,9	3178	28,0
4	40,4	3713	30,8
5	40,9	3713	31,0
6	50,4	2845	25,5
7	55,3	2736	22,4
8	49,0	2639	22,0
9	65,4	2805	25,0
10	47,6	2783	23,5
11	60,5	3072	27,0
12	40,3	2975	25,6
13	58,3	3029	26,8

14	59,0	3085	27,7
15	42,0	3054	26,9
16	49,0	2639	22,3
17	65,4	2805	25,3
18	47,6	2783	23,5
19	60,5	3072	27,4
20	40,3	2975	26,4
Rata-rata	53,0	3045	26,4

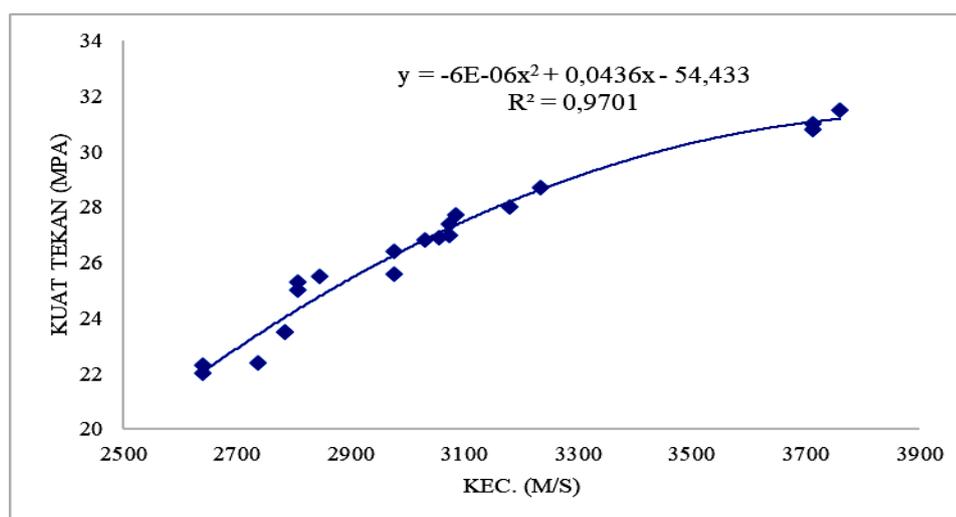
Data hasil pengujian kekuatan tekan kubus beton menggunakan mesin tekan (*compression mechine testing*) di laboratorium bahan konstruksi Teknik Sipil Politeknik Negeri Samarinda, selanjutnya

disusun dalam bentuk grafik sebagai bantuan mencari persamaan yang dapat mewakili hasil kekuatan tekan beton, yakni hubungan antara hasil bacaan UPV terhadap kekuatan tekan beton, seperti ditunjukkan pada gambar 8 :

Dengan bantuan excell, berdasarkan Gambar 8. didapatkan persamaan nilai konversi cepat rambat UPV (m/s) terhadap nilai kekuatan tekan beton (Mpa) yang dapat dilihat pada Persamaan (5):

$$y = 0,0000006 x^2 + 0,043 x - 54,433 \quad (5)$$

dengan tingkat akurasi persamaan 0,9701.



Gambar 8. Grafik Pengujian UPV pada sampel kubus.

Persamaan (5) ini selanjutnya dipergunakan untuk merubah hasil pembacaan UPV menjadi nilai kekuatan tekan beton baik dalam satuan MPa atau kg/cm^2 , dengan hasil perhitungan pada tabel 10 :

Tabel 10. Perhitungan Konversi UPV pada Abutmentt Perletakan 1

No. Titik	Bacaan UPV		Konversi	
	Kuat. Gel	Kec. (m/s)	(MPa)	Kg/cm^2
1	78,9	1901	23,9	244
2	69,4	2151	24,5	249
3	83,4	1799	23,7	242
4	89,4	1767	23,7	241
5	67,4	2226	24,6	251
6	67,9	2209	24,6	251
7	58,9	2547	25,4	259
8	67,4	2226	24,6	251
Rata-rata			24	249

Menggunakan metode yang sama dalam perhitungan kekuatan tekan beton untuk perletakan yang lain, baik pada abutmentt atau pelat lantai, mengacu persamaan (5) diperoleh nilai kuat tekan beton rata-rata masing-masing perletakan dengan hasil pada tabel 11 :

Tabel 11. Hasil Pengujian UPV Konversi 2 (laboratorium Teknik Sipil Polnes)

Hasil pengujian Abutmentt		
Titik	Nilai	Satuan
Perletakan 1	249	Kg/cm^2
Perletakan 2	267	Kg/cm^2
Perletakan 3	265	Kg/cm^2
Perletakan 4	275	Kg/cm^2
Perletakan 5	270	Kg/cm^2
Perletakan 6	265	Kg/cm^2
Rata - rata	265	Kg/cm^2

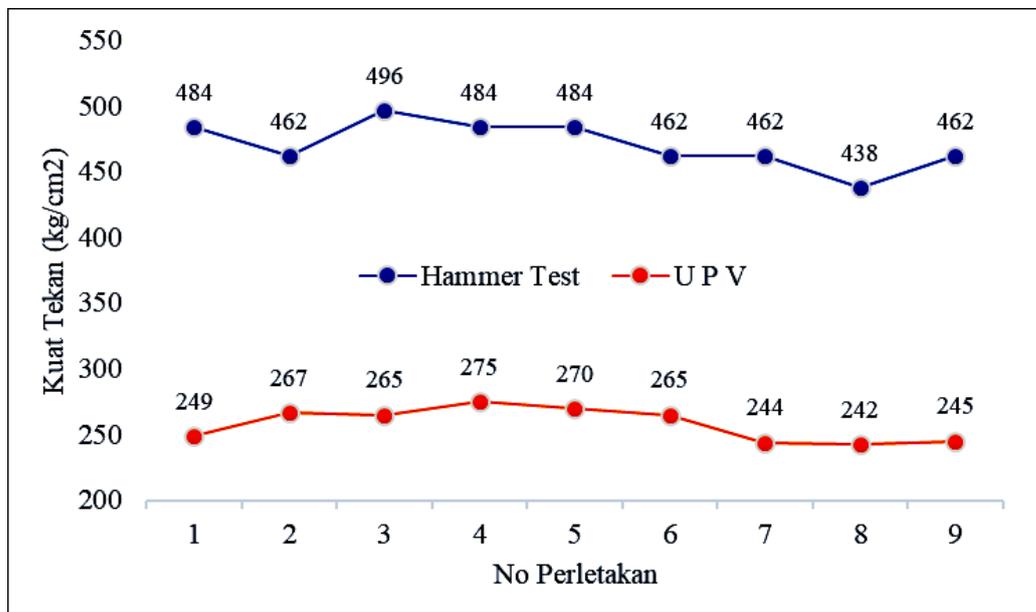
Hasil pengujian Pelat Lantai		
Titik	Nilai	Satuan
Perletakan 7	244	Kg/cm^2
Perletakan 8	242	Kg/cm^2
Perletakan 9	245	Kg/cm^2
Rata - rata	243	Kg/cm^2

4.4 Perbandingan Nilai Kekuatan Tekan Beton

Perhitungan hasil pengujian yang dilakukan pada Pelat Lantai dan Abutmentt di Jembatan Loa Haur menggunakan alat *Hammer test* dan *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV), selanjutnya dibuat perbandingan nilai kekuatan tekan beton hasil dari kedua pengujian tersebut.

Perbedaan nilai kekuatan tekan beton dari kedua pengujian dengan hasil perbedaannya yang sangat mencolok dimungkinkan karena perhitungan masing-

masing alat memiliki fungsi yang berbeda, dengan hasil yang ditunjukkan dalam bentuk grafik 9 :



Gambar 9. Grafik Perbandingan Nilai Kuat Tekan.

Perbedaan hasil perhitungan pada grafik 8 dapat terjadi dikarenakan penggunaan alat *Hammer test* lebih menunjukkan hasil kekuatan tekan beton pada bagian permukaannya karena hasil pengujian diambil dari hasil pantulan alat di bagian permukaan saja, sementara hasil pengujian menggunakan alat *Ultrasonic Pulse Velocity* adalah nilai konversi cepat rambat arus listrik yang dapat menembus dengan bentuk mengikuti cara pengujiannya.

Pengujian alat cepat rambat *Ultrasonic Pulse Velocity* dengan cara sejajar, maka rambatan berbentuk lengkung setengah lingkaran yang menembus bagian dalam beton sejauh jarak bacaan dari alat.

5. KESIMPULAN

Besarnya nilai kekuatan tekan beton sisa berdasarkan pengujian *Hammer test* pada abutmentt sebesar 479 Kg/Cm² dan pada pelat lantai sebesar 454 Kg/Cm². Kemudian berdasarkan pengujian UPV didapat kekuatan tekan beton pada abutmentt sebesar 265 Kg/Cm² dan pada pelat lantai sebesar 243 Kg/Cm². Perbedaan hasil analisis yang lebih tinggi dari pengujian *hammer test* yang menunjukkan bahwa pada bagian permukaan beton memiliki nilai kuat tekan beton yang lebih baik dibanding kekuatan tekan beton pada bagian dalam.

Hasil perbandingan nilai kekuatan tekan antara *Ultrasonic Pulse Velocity* dan *Hammer test* pada abutmentt diperoleh hasil 47 MPa menggunakan *hammer tes*, 26 MPa menggunakan UPV dan pada pelat lantai didapat nilai *Hammer test* 45 MPa lebih besar daripada UPV 24 MPa.

Pada struktur atas (Pelat Lantai) dan pada struktur bawah (Abutmentt) disimpulkan masih memenuhi

standar spesifikasi umum jembatan 2018 revisi 2 bab Mutu Beton dan Penggunaannya di simpulkan termasuk kategori Mutu Beton Sedang dengan persyaratan penggunaan berkisar antara 20 – 45 MPa.

6. SARAN

Penelitian ini merupakan penelitian mengevaluasi hasil pembangunan yang sudah berumur lebih dari umur rencana konstruksi. Hal ini sangat jarang dilakukan karena kecepatan pembangunan yang baru jauh lebih cepat dan banyak dibandingkan dengan evaluasi/kajian pada infrastruktur yang sudah terbangun. Peneliti sangat menyarankan agar diperhatikan adanya kegiatan penelitian yang berhubungan dengan kajian/evaluasi pada konstruksi yang sudah lama digunakan dan perlu dievaluasi jangan sampai terjadi adanya keruntuhan atau kegagalan konstruksi.

7. DAFTAR PUSTAKA

- Anggia ER, Abdul Rouf, 2020. Analisis Hubungan Kecepatan Gelombang Dengan Kekuatan Tekan Beton Menggunakan Metode UPV. Indonesian Journal of Electronics and Instrumentation Systems (IJEIS), Vol.10, No.1, April 2020, pp. 11~20, ISSN (online): 2460-7681, DOI: 10.22146/ijeis.33414.
- Apriani, W. 2016. Aplikasi Non Destructiv Test Pada Investigasi Keandalan Struktur Beton.
- Bungey, J.H. 1996. Testing of Concreate in Structure, 4th Edition. University of Liverpool. England.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2020). Spesifikasi Umum 2018 Revisi 2, Jakarta.

- Faisal, R., & Heri, K. 2015. Perbandingan Mutu Beton Hasil UPVT Metode Indirect Terhadap Mutu beton, Hasil *Hammer test*, dan Core Drill dan SNI 1725:2016.
- Handayani, Fitria. "Jembatan Bersudut (Skew Bridge) Menggunakan Beton Mutu Normal untuk Dek dan Beton Mutu Tinggi untuk Girder dengan Metode Elemen Hingga dan Pondasi Spring." *Jurnal Kacapuri: Jurnal Keilmuan Teknik Sipil 3.1* (2020): 61-74.
- Muhammad Farhan Setyawan + dkk. 2018. Kuat Tekan dan *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV) Beton OPC dan OPC Abu Sekam Padi Untuk Aplikasi Di Lingkungan Gambut. *Jom FTEKNIK Volume 5 No. 1* April 2018.
- Muhatsir, H. 2020. Studi Perbandingan Hasil Uji UPV Dan Schmidt *Hammer test* (Studi Kasus Stadion Barombong, Makassar).
- Pieter + dkk, 2022. Aplikasi Non Destructive Test Pada Investigasi Keandalan Struktur Beton Jembatan. *ATDS SAINTECH - Journal of Engineering E-ISSN 2722-0303*, Vol. 3 No. 1, Edisi Juni 2022.
- Rilya Rumbayan + dkk. 2020. Pemanfaatan Teknologi *Hammer test* dan *Ultrasonic Pulse Velocity* pada Pengujian Kualitas Mutu Elemen Struktur Bangunan Gedung. *Jurnal TEKNIK SIPIL TERAPAN*, Vol 2 No 2, #36-46.
- Simatupang, R. M., Nuralinah, D., & Remayanti, C. (2016). Korelasi Nilai Kuat Tekan Beton antara *Hammer test*, *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV) dan *Compression Test*. *Rekayasa Sipil*, 10(1), 26-32.
- SNI 03-4430.-1997. Metode Pengujian Kekuatan Tekan Elemen Struktur Beton dengan Alat Palu Beton Tipe N dan NR. Indonesia: Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 03-4803-1998. Metode Angka Pantul Beton Yang Sudah Mengeras. Indonesia: Badan Standarisasi Nasional.
- SNI ASTM C 597-02:2012. Metode Uji Kecepatan Rambat Gelombang Melalui Beton. Indonesia: Badan Standarisasi Nasional.
- Sonny Wedhanto. 2015. Penggunaan Metode *Ultrasonic Pulse Velocity Test* Untuk Memperkirakan Kekuatan dan Keseragaman Mutu Beton K 200 Secara *Non Destruktif*. *Jurnal Bangunan*, Vol. 20, No.1, Desember 2015: 43-52
- Victor Sampebulu + dkk. 2016. Analisis Perbandingan Nilai Kuat Tekan Beton antara *Destructive Test* dan *Non-Destructive Test* dalam Perawatan Basah dan Kering, Temu Ilmiah IPLBI.
- Wijaya, U. 2019. Petunjuk Dasar Pemeriksaan Bangunan Existing Metode Non-Destructive Test :Studi Kasus Bangunan Industrial Struktur.