

APLIKASI *NON DESTRUCTIVE TEST* PADA INVESTIGASI KEANDALAN STRUKTUR BETON JEMBATAN (Studi Kasus : Jembatan Aek Boga I Ruas Jalan Singkuang-Natal)

Pieter Leuvanggi Hutagalung¹, Andar Sitohang², Lianus Ndruru³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Sipil, Akademi Teknik Deli Serdang

Email: pieterleuvanggi87@gmail.com

ABSTRAK

Jembatan merupakan salah satu prasarana penghubung yang bersifat vital dalam transportasi darat yang berfungsi untuk menghubungkan akses jalan yang mayoritas dilintasi oleh aliran sungai baik primer maupun sekunder. Tujuan pemeriksaan ini adalah untuk mengetahui kondisi sifat mekanik kondisi beton aktual jembatan setelah masa pakainya dan sebagai referensi awal data untuk pemeriksaan berkala berikutnya. Untuk mengetahui keandalan bangunan tersebut, maka dilakukan investigasi dengan pengujian kekuatan struktur, untuk menilai kuat tekan beton berdasarkan metode pengujian *Non Deskruktif Test* yaitu *Hammer Test*, *Rebar Locator* dan *UPV test*. Metode yang digunakan adalah pengujian langsung di lapangan tanpa merusak beton terpasang. Hasil yang diperoleh hasil *Hammer Test*, *Rebar Locator* dan *UPV test* diperoleh bahwa keandalan struktur masih memenuhi untuk laik fungsi.

Kata Kunci : Kuat Tekan, *Hammer Test*, NDT, *Rebar Locator*, Struktur Beton, *UPV Test*

1. PENDAHULUAN

Pengujian dan evaluasi kondisi Jembatan adalah hal yang umum dilakukan untuk mengetahui perubahan kualitas dari struktur bangunan tersebut. Perubahan kualitas ini biasanya disebabkan oleh umur bangunan ataupun faktor yang mempengaruhi dari sekitarnya. Faktor lain yang mempengaruhi adalah hasil dari pengerjaan bangunan tersebut yang kurang baik sehingga mempengaruhi mutu bangunan.

Namun evaluasi juga dilakukan apabila suatu jembatan diindikasikan memiliki kesalahan pengerjaan atau perbedaan dengan spesifikasi teknik yang direncanakan sebelumnya. Dari hasil evaluasi akan diperoleh nilai kapasitas struktur atau rekomendasi perbaikannya.

Untuk mengetahui kondisi struktur bangunan jembatan pada saat ini dapat dilakukan tanpa merusak material ataupun elemen struktur yang terpasang di lapangan. Pengujian ini dinamakan *Non Destructive Test* (NDT). Beberapa teknik pengujian NDT yaitu *Hammer Test*, *Rebar Locator* dan *UPV Test*.

Evaluasi struktur dilakukan melalui serangkaian tahap pengujian dengan tujuan dapat mendeteksi kekuatan struktur beton, mendeteksi keberadaan tulangan yang ada pada beton terpasang meliputi jumlah tulangan, dimensi tulangan, serta tata letak tulangannya.

Pengujian kualitas beton dapat dilakukan dengan 2 metode yaitu metode *Destructive Test* (DT) dan *Non Destructive Test* (NDT). Pengujian ini salah satu tujuannya adalah untuk mengetahui kuat tekan beton yang ada. Pengujian DT adalah

pengujian dengan merusak benda uji sedangkan pengujian NDT adalah pengujian tanpa merusak benda uji. Metode NDT yang digunakan adalah *Rebound Hammer* atau biasa disebut *Hammer Test*, dan *Ultrasonik (UPV)* dalam mengevaluasi keandalan struktur.

Pengujian ini bertujuan untuk memperkirakan nilai kuat tekan beton terpasang yang didasarkan pada kekerasan permukaan beton pada seluruh bagian komponen struktur. *Hammer Test* merupakan alat yang ringan dan praktis dalam penggunaannya. Prinsip kerjanya adalah dengan memberikan beban *intact* (tumbukan) pada permukaan beton dengan menggunakan suatu massa yang diaktifkan dengan menggunakan energi yang besarnya tertentu. Karena timbul tumbukan antara massa tersebut dengan permukaan beton, massa tersebut akan dipantulkan kembali. Jarak pantulan massa yang terukur memberikan indikasi kekerasan permukaan beton. Kekerasan beton dapat memberikan indikasi kuat tekannya. Alat ini sangat berguna untuk mengetahui keseragaman material beton pada struktur. Karena kesederhanaannya, pengujian dengan menggunakan alat ini sangat cepat, sehingga dapat mencakup area pengujian yang luas dalam waktu yang singkat. Alat ini sangat peka terhadap variasi yang ada pada permukaan beton, misalnya keberadaan partikel batu pada bagianbagian tertentu dekat permukaan.

Prinsip kerja *Hammer Test* adalah dengan pantulan massa di ujung alat (jadi semacam memukulkan “palu”) pada permukaan beton yang rata. Pada sisi luar alat terdapat bagian yang akan menunjukkan nilai pantulan / *rebound* tersebut. Pengujian biasanya dapat dilakukan pada struktur kolom dan balok serta *slab* sebagai penyangga konstruksi.

Adapun standar acuan yang digunakan pada pelaksanaan pengujian ini adalah :

- a. ASTM C 805 (*North American Standard*)
- b. EN12504-2 (*European Standard*)
- c. JGJ/T 23-2001 (*Chinese Standard*)
- d. BS 1881, part 202 (*British Standard*)
- e. DIN 1048 Part 2 (*German Standard*)

Metoda pengujian dilakukan dengan alat PUNDIT, yang dikembangkan berdasarkan prinsip bahwa cepat rambat gelombang yang melalui suatu media padat bergantung pada sifat-sifat elastik media padat tersebut. Jika digunakan dengan baik dan benar, alat ini dapat memberikan informasi yang banyak mengenai kondisi bagian permukaan ataupun bagian dalam beton. Alat ini secara tak langsung juga dapat memberikan informasi mengenai nilai kuat tekan beton, jika hubungan antara sifat-sifat elastik suatu benda padat dengan nilai kuat tekannya diketahui.

Ultrasonic Pulse Velocity (UPV) adalah metode yang digunakan untuk mengukur kecepatan hantaran dari gelombang (*pulse velocity*) ultrasonik yang melewati suatu beton. Standar atau prosedur dalam menggunakan metode pengujian ini dapat dilihat pada BS 1881 Part 203 dan ASTM C597-16. Untuk mengetahui standar nilai dari UPV dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hubungan *Pulse Velocity* dengan Kualitas Beton

	Pulse Velocity (m/s)	Concrete conditions
Concrete Quality	> 4500	Excelent
	3500 - 4500	Good
	3000 – 3500	Medium
	< 3000	Doubtful

Pengujian ini bertujuan antara lain untuk mendeteksi tulangan dalam elemen beton, dan juga ketebalan selimut beton (*concrete cover*). Prinsip alat ini adalah memanfaatkan medan elektromagnetik, yang mudah terpengaruh oleh adanya metal/logam, dalam hal ini adalah berupa tulangan baja di dalam beton. Lebih mudahnya seperti detektor logam. Standar yang digunakan untuk pemeriksaan konfigurasi tulangan adalah berdasarkan BS 1881:204 dan ACI 228.2R-2.5.

2. METODE PENELITIAN

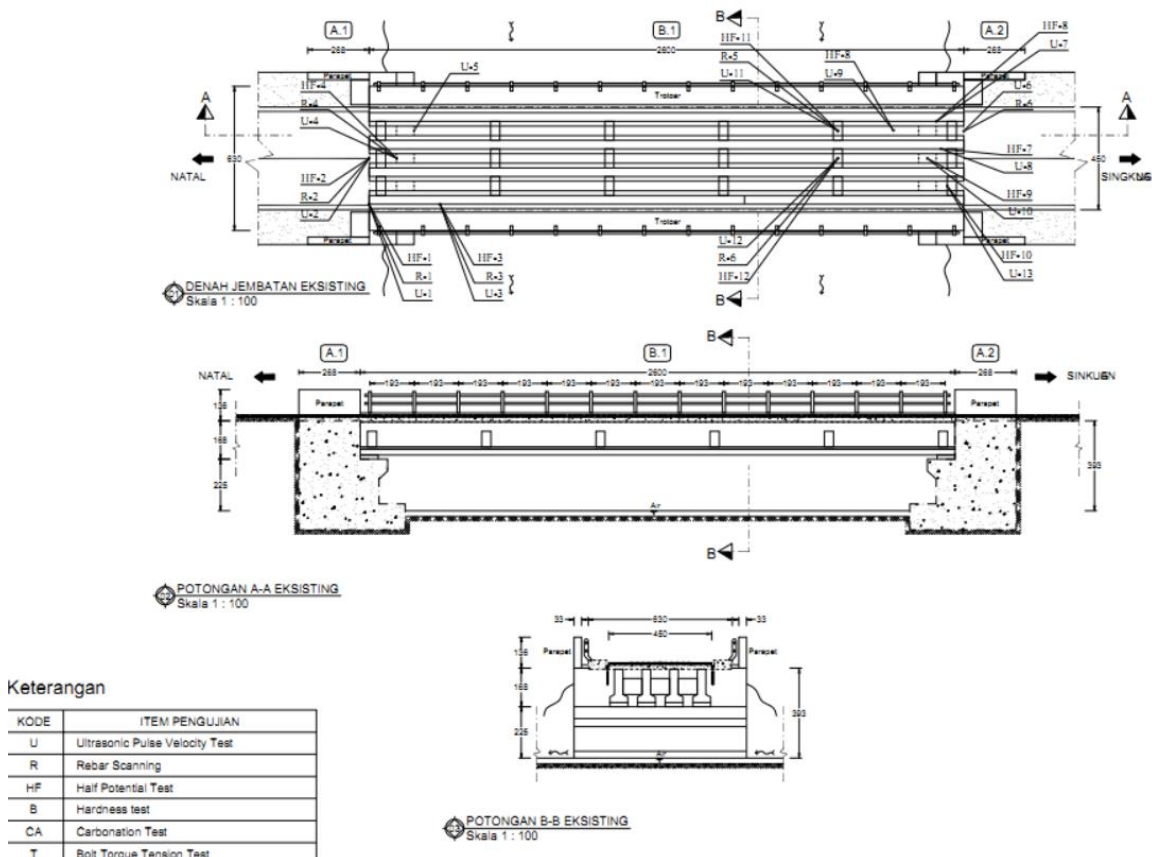
a. Lokasi Pengambilan Data

Lokasi pengambilan data dilaksanakan di Jembatan Aek Boga I Kabupaten Mandailing Natal. Jembatan ini berada pada ruas Singkuang-Simp Gambir- Manisak (Bts Prov Sumbar). Kegiatan meliputi studi pustaka, pengujian lapangan, pengumpulan data dan pembuatan laporan. Peralatan pengujian meliputi alat *Hammer Test*, UPV dan *Rebar Locator* serta peralatan tambahan seperti kain lap dan pengikis lapisan dinding.

b. Inventarisasi Jembatan

Data inventarisasi sebagai acuan awal gambaran bentuk jembatan yang akan diuji.

- Nama Jembatan : Jembatan Aek Boga I
- Tahun Pemeriksaan : November 2020
- Tipe Lintasan : Sungai
- Panjang Jembatan : 26.00 meter
- Lebar Jembatan : 6.00 meter



Keterangan

KODE	ITEM PENGUJIAN
U	Ultrasonic Pulse Velocity Test
R	Rebar Scanning
HF	Half Potential Test
B	Hardness test
CA	Carbonation Test
T	Bolt Torque Tension Test

Gambar 1. Inventarisasi Jembatan dan lokasi pengujian titik

3. HASIL DAN PEMBAHASAN
a. Hasil Pengujian Hammer Test

Hasil Pengukuran Hammer Test pada jembatan Aek Boga I dapat dilihat pada tabel 2. Dari hasil pengujian didapatkan nilai pengujian mutu beton dengan menggunakan hammer test untuk jembatan Aek Boga I menunjukkan nilai kekuatan beton pada Girder dan Diafragma dibawah dari 200 kg/cm². Mutu ini menunjukkan kondisi beton yang mengalami penurunan.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Hammer Test pada Lantai dan Diafragma Jembatan Aek Boga I

Nama Struktur		Jembatan Aek Boga 1									
Jenis Elemen		Lantai									
Kode Bidang Uji/ Sampel		k1	k2	k3	k4	k5	k6	k7	k8	k9	k10
Sudut Inklinsi Pukulan		90°	90°	90°	90°	90°	90°	90°	90°	90°	90°
Nilai Lenting Palu Beton (R)	1	41	40								
	2	35	46								
	3	36	45								
	4	40	42								
	5	40	44								
	6										
	7										
	8										
	9										
	10										
R Rata-rata		38.4	43.4								
R Rata-rata Terkoreksi Alat		38.4	43.4								
Koreksi Non Horizontal											
R Rata-rata Terkoreksi		38.4	43.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Perkiraan Kuat Tekan Beton											
Maksimum, (kg/cm ²)		381.2	463.1								
Minimum, (kg/cm ²)		283.4	357.0								
Rata-rata, (kg/cm ²)		332.3	410.0								
a. Jumlah Benda Uji (n)	=	5		b. Konstanta Stat. 5% Cacat (k2)				1.64			
c. Konstanta Statistik n<20 bh (k1)		1.121									
d. Kuat Tekan Rata-Rata fcr	=	371.16		e. Standar Deviasi (sd)				54.989 kg/cm2			
Nama Struktur		Jembatan Aek Boga 1									
Jenis Elemen		DIAFRAGMA									
Kode Bidang Uji/ Sampel		k1	k2	k3	k4	k5	k6	k7	k8	k9	k10
Sudut Inklinsi Pukulan		90°	90°	90°	90°	90°	90°	90°	90°	90°	90°
Nilai Lenting Palu Beton (R)	1	22	24								
	2	21	28								
	3	20	24								
	4	24	22								
	5	22	25								
	6										
	7										
	8										
	9										
	10										
R Rata-rata		21.8	24.6								
R Rata-rata Terkoreksi Alat		21.8	24.6								
Koreksi Non Horizontal											
R Rata-rata Terkoreksi		21.8	24.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Perkiraan Kuat Tekan Beton											
Maksimum, (kg/cm ²)		104.1	144.8								
Minimum, (kg/cm ²)		39.0	38.8								
Rata-rata, (kg/cm ²)		71.5	91.8								
a. Jumlah Benda Uji (n)	=	5		b. Konstanta Stat. 5% Cacat (k2)				1.64			
c. Konstanta Statistik n<20 bh (k1)		1.121									
d. Kuat Tekan Rata-Rata fcr	=	81.67		e. Standar Deviasi (sd)				14.320 kg/cm2			

Tabel 3. Hasil Pengukuran Hammer Test pada Gelagar dan Abutmen Aek Boga I

Jenis Elemen		Gelagar									
Kode Bidang Uji/ Sampel		k1	k2	k3	k4	k5	k6	k7	k8	k9	k10
Sudut Inklinasi Pukulan		90°	90°	90°	90°	90°	90°	90°	90°	90°	90°
Nilai Lenting Palu Beton (R)	1	22	30	23							
	2	21	30	22							
	3	21	32	24							
	4	22	25	25							
	5	21	30	25							
	6										
	7										
	8										
	9										
	10										
R Rata-rata		21.4	29.4	23.8							
R Rata-rata Terkoreksi Alat		21.4	29.4	23.8							
Koreksi Non Horizontal											
R Rata-rata Terkoreksi		21.4	29.4	23.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Perkiraan Kuat Tekan Beton											
Maksimum, (kg/cm ²)		71.5	215.6	116.0							
Minimum, (kg/cm ²)		55.3	91.8	67.6							
Rata-rata, (kg/cm ²)		63.4	153.7	91.8							
a. Jumlah Benda Uji (n)		=	5		b. Konstanta Stat. 5% Cacat (k2)					1.64	
c. Konstanta Statistik n<20 bh (k1)			1.121								
d. Kuat Tekan Rata-Rata fcr		=	102.97		e. Standar Deviasi (sd)				46.159	kg/cm ²	
Nama Struktur		Jembatan Aek Boga 1									
Jenis Elemen		Abutmen 1&2									
Kode Bidang Uji/ Sampel		k1	k2	k3	k4	k5	k6	k7	k8	k9	k10
Sudut Inklinasi Pukulan		0°	0°	0°	0°	0°	0°	0°	0°	0°	0°
Nilai Lenting Palu Beton (R)	1	28	36	40	38						
	2	29	34	40	40						
	3	28	38	41	39						
	4	32	39	42	42						
	5	25	31	39	37						
	6										
	7										
	8										
	9										
	10										
R Rata-rata		28.4	35.6	40.4	39.2						
R Rata-rata Terkoreksi Alat		29.8	37.4	42.4	41.2						
Koreksi Non Horizontal											
R Rata-rata Terkoreksi		29.8	37.4	42.4	41.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Perkiraan Kuat Tekan Beton											
Maksimum, (kg/cm ²)		296.1	433.4	492.3	492.3						
Minimum, (kg/cm ²)		158.7	276.4	433.4	394.2						
Rata-rata, (kg/cm ²)		227.4	354.9	462.9	443.2						
a. Jumlah Benda Uji (n)		=	5		b. Konstanta Stat. 5% Cacat (k2)					1.64	
c. Konstanta Statistik n<20 bh (k1)			1.121								
d. Kuat Tekan Rata-Rata fcr		=	372.10		e. Standar Deviasi (sd)				107.294	kg/cm ²	

b. Hasil Pengujian UPV

Hasil pengujian UPV dilapangan diperoleh bahwa kecepatan hantaran dari gelombang (*pulse velocity*) ultrasonik yang melewati beton yaitu antara kurang baik (<3000 m/det) sampai dengan cukup baik (>3000 km/det). Nilai tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 4. Hasil Pengujian UPV Untuk Jembatan Aek Boga I

Number	Element Of Structure	Average Direct Velocity [m/s]	CLASSIFICATION OF THE QUALITY OF CONCRETE ON THE BASIS OF PULSE VELOCITY*				Description
			>4500 m/s Excellent	3500-4500 m/s Good	3000-3500 m/s Medium	<3000 m/s doubtful	
1	Abutmen	2239	-	-	-	√	Doubtful Concrete Grade
2	Girder	2383	-	-	-	√	Doubtful Concrete Grade
3	Pelat Lantai	3061	-	-	√	-	Medium Concrete Grade
4	Diafragma	2403	-	-	-	√	Doubtful Concrete Grade

Tabel 5. Kesimpulan Estimasi Mutu Kuat Tekan Beton ditinjau dari *Pulse Velocity* Aek Boga I

Number	Element Of Structure	Average Direct Velocity [m/s]	Average Fc'/ Element Structure (Mpa)	Description
1	Abutmen	2239	7.24	Doubtful Concrete Grade
2	Girder	2383	8.41	Doubtful Concrete Grade
3	Pelat Lantai	3061	25.10	Medium Concrete Grade
4	Diafragma	2403	9.95	Doubtful Concrete Grade

c. Hasil Pengujian Rebar Locator

Pengujian dengan *Rebar Test* digunakan untuk mendeteksi keberadaan tulangan yang ada pada beton terpasang meliputi jumlah tulangan, dimensi tulangan, serta tata letak tulangannya. Pengujian dilakukan pada elemen balok dan kolom. Data pengujian dapat dilihat pada Gambar 2.

Tabel 6. Hasil Pengujian *Rebar Locator* Pada Girder Jembatan Aek Boga I

Type Girder	Dimensi Struktur	Kode Lokasi	Jumlah Tulangan Utama	Diameter Tulangan Utama	Tulangan Sengkang	Diameter Tulangan Sengkang	Jarak Tulangan Per 1 m (m)	Selimit Beton (mm)
			Estimasi	Estimasi	Estimasi	Estimasi	Estimasi	Estimasi
G Type 1	700x350	R3, R6	Side (a) ±6	D25	±7	Ø12	0.13 s/d 0.20	23.73
			Side (b) ±2	D25	±7	Ø12	0.13 s/d 0.20	

Tabel 7. Hasil Pengujian Rebar Locator Lantai Jembatan Aek Boga I

Type Slab	Dimensi Struktur	Kode Lokasi	Tulangan Utama	Diameter Tulangan (Berdasarkan Estimasi)	Jarak Tulangan Per 1 m (m)	Selimut Beton (mm)
			Estimasi	Estimasi	Estimasi	Estimasi
S	1000x1000	R1, R2, R5, R6, R7	X = ±6	D16	0.11 s/d 0.25	33.1
			Y = ±6	D16	0.13 s/d 0.25	

4. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian didapatkan hasil *Hammer Test*, *UPV* dan *Rebar Test* diperoleh bahwa keandalan struktur perlu mendapatkan perhatian dikarenakan mutu beton yang kurang. Untuk itu dilakukan perkuatan untuk dapat berfungsi dengan baik dan memenuhi masa layannya. Diharapkan bahwa data pengukuran kuat tekan dan penulangan ini menjadi masukan yang bermanfaat dalam usaha mengevaluasi kekuatan pada suatu struktur bangunan untuk penilaian kelayakan konstruksi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] ASTM 1997 C 597-83, 1991, *Standard Test Method For Pulse Velocity Through Concrete*.
- [2] Badan Standarisasi Nasional, 2013, *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung SNI 2847:2013*, Jakarta.
- [3] Badan Standarisasi Nasional, 1997, *Metode Pengujian Kuat Tekan Elemen Struktur Beton Dengan Alat Uji Palu Beton Type N dan NR, SNI 03-4430-1997*, Jakarta.
- [4] Karundeng V., 2015, *Penerapan Metode Schmidt Hammer Test dan Core Drilled Test Untuk Evaluasi Kuat Tekan Beton Pada Ruang IGD RSGM UNSRAT Guna Alih Fungsi Bangunan*, Jurnal Sipil Statik Vol. 3 No. 4, April 2015.
- [5] Peraturan Menteri PU, 2007, *Tentang Pedoman Sertifikat Laik Fungsi Bangunan Gedung Nomor 25/RT/M2007*.
- [6] Setjo R., 2012, *Perkiraan Kekuatan Beton Pasca Gempa Dengan Metode Uji Tak Rusak*, Prosiding Seminar BPPT, Yogyakarta.