

CONDITION ASSESMENT PADA JEMBATAN WONOKROMO

Kiki Tamara¹, Andre Kurniawan², Handoko Sugiharto³, Gunawan Budi Wijaya⁴

ABSTRAK :Penulisan skripsi ini bertujuan untuk mengetahui kondisi dari Jembatan Wonokromo, Surabaya. Latar belakang dari penelitian ini adalah pentingnya peranan jembatan sebagai media transportasi bagi masyarakat Indonesia khususnya Surabaya. Dalam penelitian kali ini, penulis berkoordinasi dengan pihak Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional (BBPJN). Penulis berdiskusi dengan BBPJN untuk penentuan perijinan pelaksanaan *Condition Assessment*, jadwal pelaksanaan, dokumen sejarah, fasilitas dan test yang akan dilakukan. Untuk *test*, penulis melakukan beberapa *Non Destructive Test* yaitu *visual inspection*, *condition mapping*, *sounding impact*, *rebound hammer*, dan *Ultrasonic Pulse Velocity*. Hasil dari *Condition Assessment* ini adalah bahwa terdapat banyak kerusakan pada jembatan Wonokromo, Surabaya yaitu retak, spalling, delaminasi dan *efflorescences*. Dari hasil test, jembatan Wonokromo memiliki beton dengan tingkat keseragaman yang bagus, keras permukaan yang tergolong bagus, namu kerapatan beton masih tergolong kurang bagus

KATA KUNCI : *visual inspection*, *condition mapping*, *non destructive test*, *sounding impact*, *rebound hammer*, *ultrasonic pulse velocity*, jembatan.

1. PENDAHULUAN

Jembatan merupakan media transportasi yang digunakan oleh masyarakat pada umumnya. Peranan jembatan sebagai media transportasi sangat penting yaitu sebagai pemikul beban seperti beban sendiri, beban mati, beban lalu lintas kendaraan, gaya rem, beban pejalan kaki dan sebagainya (Zhou et al. 2016) Tentunya agar masyarakat merasa aman dan nyaman melewati jembatan tersebut, di perlukan survey berkala bagaimana kekuatan dan kondisi jembatan tersebut (Conde, etc. 2016). Pada penelitian kali ini, dilakukan survey serta *Condition Assessment* pada Jembatan Wonokromo, Surabaya sesuai dengan standard ACI 364-1R 07 *Guide for Evaluation of Concrete Structures Before Rehabilitation*. Dalam melakukan *Condition Assessment* diharapkan mampu mendalami apa saja jenis kerusakan yang dapat terjadi pada konstruksi jembatan karena terdapat banyak ketidakpastian (error), baik dari segi material, pekerja, dan proses pengolahan (Das, 1998). Dari berbagai kerusakan yang terjadi tersebut dapat di ambil langkah metode *assessment* yang tepat ntuk meyakinkan bahwa jembatan berada dalam kondisi aman dan nyaman melalui strategi penanganan yang tepat (Krakhmal et al. 2016). Dari proses *assessment* yang telah dilakukan, dapat diperoleh metode perbaikan yang sesuai untuk mengatasi kerusakan yang terjadi pada konstruksi jembatan.

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, m21413043@john.petra.ac.id

²Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, m21413079@john.petra.ac.id

³Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, hands@petra.ac.id

⁴Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, gunawanbw@.petra.ac.id

2. LANDASAN TEORI

2.1.Kerusakan pada Beton

2.1.1. Retak

Retak merupakan kondisi dimana adanya rongga pada permukaan beton. Faktor yang menyebabkan retak pada beton terjadi pada saat pembuatan beton bertulang dan setelah pembuatan beton bertulang. Untuk faktor yang menyebabkan keretakan pada saat proses pembuatan beton bertulang meliputi sifat beton, suhu, korosi pada tulangan, proses pembuatan yang kurang baik, material yang tidak sesuai dengan standart serta cara penulangan. Sedangkan faktor yang menyebabkan retak pada beton setelah pembuatan beton bertulang adalah adanya pengaruh lingkungan dan pembebanan.

2.1.2. Delaminasi

Delaminasi dapat diartikan sebagai kondisi beton yang memiliki rongga di bagian dalam beton, sehingga ada bagian kosong/kompong pada bagian beton. Delaminasi sering ditemui pada bagian deck jembatan dan disebabkan oleh korosi pada tulangan baja.

2.1.3.Spalling

Spalling merupakan kondisi dimana permukaan beton mengalami pengelupasan, sehingga hal ini berakibat pada pengurangan volume beton. Penyebab utama dari *spalling* adalah korosi pada tulangan baja. Korosi pada tulangan baja ini akan menimbulkan kerak pada tulangan baja sehingga dalam waktu lama akan menimbulkan retak dan mengakibatkan *spalling*.

2.1.4.Efflorescences

Efflorescences adalah suatu kondisi dimana pada permukaan beton terdapat bercak bercak berwarna putih. Hal ini terjadi jika air dan garam menyatu sehingga mengalami pengkristalan dan terdapat media atau jalur untuk menuju permukaan balok.

2.2.Condition Assesment

Condition Assessment adalah suatu langkah di mana langkah ini merupakan investigasi awal yang bertujuan untuk menyediakan informasi umum mengenai kondisi struktur. Investigasi tersebut meliputi jenis dan bagaimana kondisi di lapangan yang mempengaruhi perilaku dan kinerja struktur tersebut.

2.3.Condition Mapping

Condition Mapping adalah pemetaan struktur yang di lakukan dengan cara mengambil foto langsung di lapangan dan mengaplikasikan elemen – elemen struktur dengan bantuan AutoCAD. Pada *condition mapping* ini juga di berikan letak lokasi pengambilan sample pada elemen struktur.

2.4.Non Destructive Test (NDT)

Non – Destructive Test bisa diaplikasikan pada struktur baru atau lama. Untuk struktur yang baru, umumnya dilakukan quality control, untuk memonitor kinerja struktur yang sudah selesai dibangun. Untuk struktur lama atau struktur yang sudah beroperasi, tes yang dilakukan biasanya adalah structural integrity and durability. Biasanya metode NDT ini dilakukan sebagai awal untuk melakukan *semi destructive test*. Pada penelitian kali ini, di gunakan metode *Sounding Impact*, *Rebound Hammer Test*, dan *UPV Test*.

2.4.1.Sounding Impact

Sounding impact merupakan salah satu metode *Non Destructive Test* yang dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui apakah beton mengalami delaminasi atau tidak. Metode ini dapat dilakukan dengan mengetukkan palu pada suatu elemen struktur. Apabila bunyi yang dihasilkan nyaring maka beton masih dalam kondisi bagus, sedangkan apabila bunyi yang dihasilkan seperti teredam maka beton mengalami delaminasi (ASTM D 4580)

2.4.2. Rebound Hammer Test

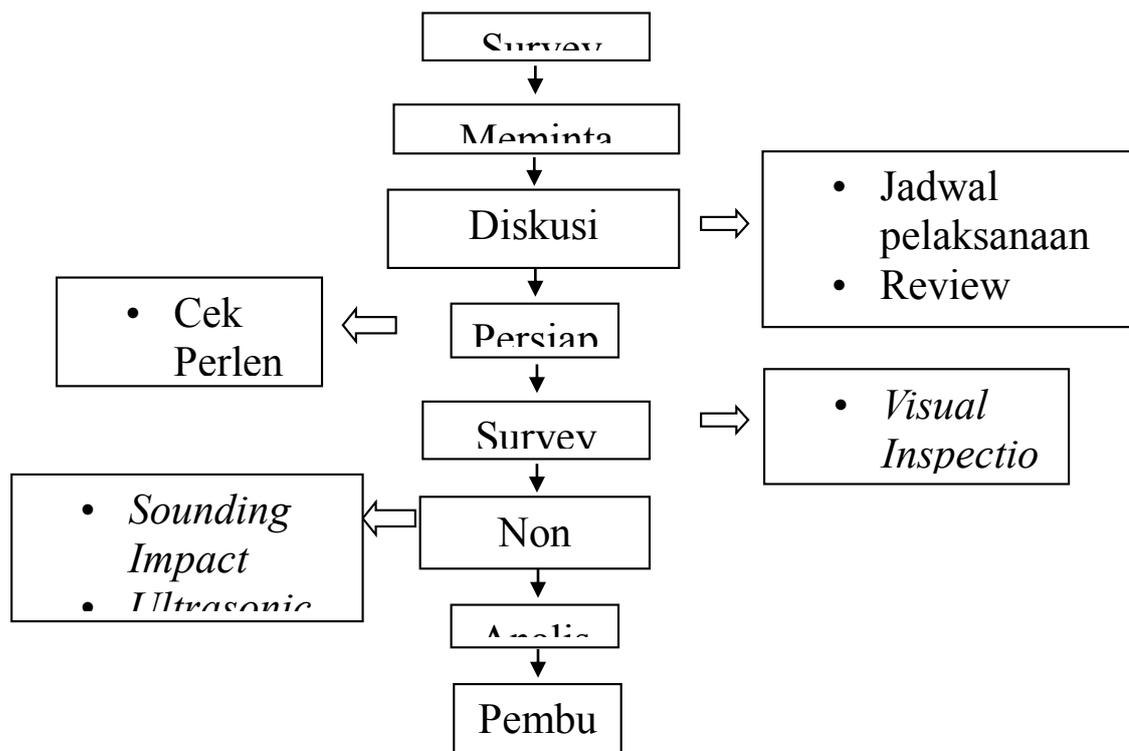
Hammer test ini merupakan suatu alat pemeriksaan keras permukaan beton, dan juga tes ini dilakukan tanpa merusak beton. Metode pengujian ini mampu menghasilkan data yang banyak dengan waktu yang relatif singkat. Pengujian di lakukan dengan cara memberikan beban intact (tumbukan) pada permukaan beton dengan menggunakan suatu massa yang diaktifkan dengan menggunakan energi dengan besaran

tertentu. Jarak pantulan yang timbul dari massa tersebut pada saat terjadi tumbukan dengan permukaan beton benda uji dapat memberikan indikasi kekerasan (ASTM C 805)

2.4.3. Ultrasonic Pulse Velocity

Tes UPV merupakan suatu metode pengujian kekuatan tekan beton secara tidak langsung, melalui pengukuran kecepatan perambatan gelombang elektronik longitudinal pada media beton. (ASTM C 597) Metode pengujian dapat dilakukan dengan bantuan alat yang disebut *Portable Ultrasonic Non-Destructive Digital Indicating Tester* atau disingkat dengan PUNDIT.

3. METODOLOGI PENELITIAN



Gambar 1. Skema Pelaksanaan *Condition Assesment*

4. HASIL PENELITIAN

4.1. Visual Inspection

Dari pengamatan langsung dan pengambilan foto yang sudah dilakukan, ditemukan beberapa kerusakan yang terdapat pada Jembatan Wonokromo yaitu terdapat retak – retak kecil pada bagian balok, *pier* dan plat. Selain itu hampir pada seluruh elemen balok pada Jembatan Wonokromo mengalami *efflorescenes*. *Efflorescenes* adalah suatu kondisi dimana munculnya bercak putih kalsium, natrium dan kalium hidroksida atau karbonat, bikarbonat, klorida dan sulfat kalsium dan magnesium (**Gambar 1**). Pada elemen balok dan *pier* juga di temukan *spalling*. *Spalling* sendiri merupakan kondisi di mana permukaan beton yang terlepas dalam bentuk kepingan atau bongkahan kecil. Bahkan pada beberapa lokasi terdapat *spalling* yang cukup parah bahkan beton yang terkelupas tersebut memperlihatkan tulangan – tulangan yang ada didalamnya.

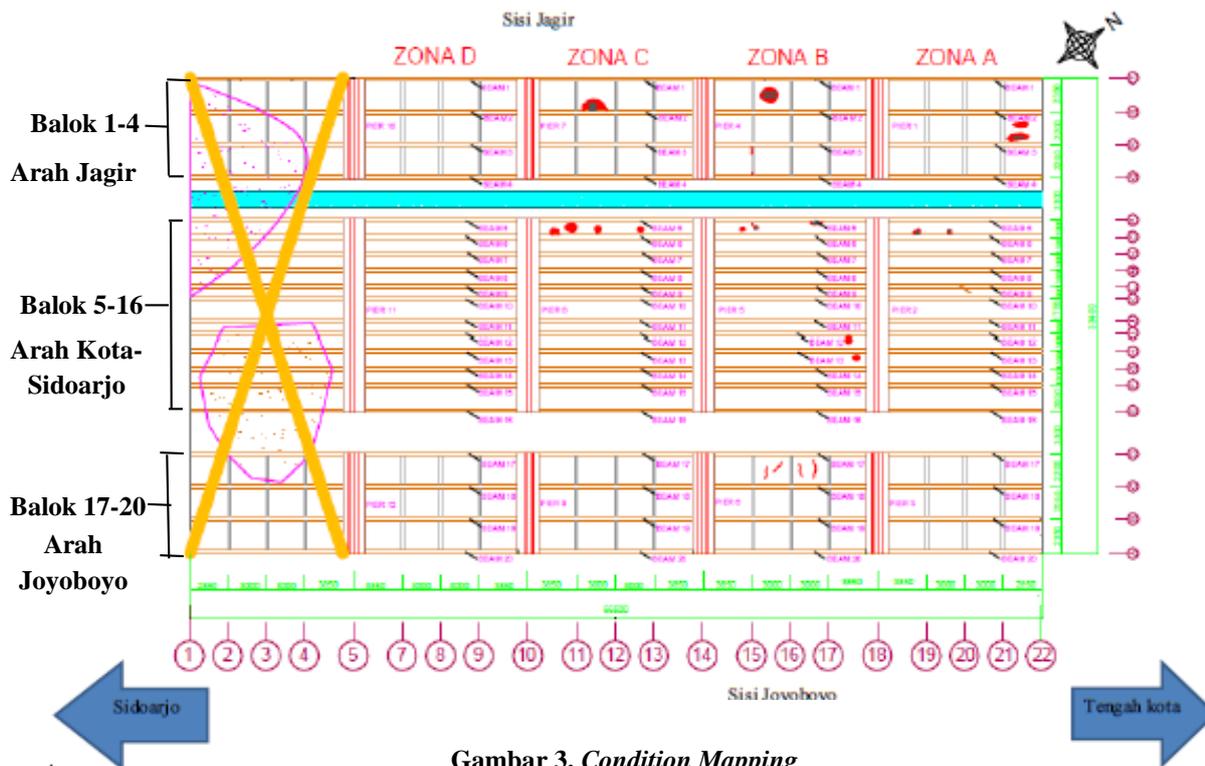


Gambar 2. Kerusakan pada Balok (*Efflorescences* dan *Spalling*)

Tulangan yang terlihat akibat spalling yang terjadi di beberapa balok memperlihatkan bahwa adanya *construction error* pada proses pemasangan tulangan (Gambar 2). Hal ini terlihat jarak antara tulangan terlalu dekat dan ukuran agregat yang terlalu besar sehingga mengakibatkan agregat – agregat tersebut tidak dapat masuk sampai ke bagian bawah permukaan balok, sehingga beton tersebut mengalami delaminasi. Selain itu pada salah satu zona jembatan terdapat banyak sampah yang menghambat pengambilan pada penelitian kali ini.

4.2. Condition Mapping

Dari foto – foto yang telah di ambil dan pengamatan secara langsung, di aplikasikan ke dalam AutoCAD, sehingga di dapatkan *condition mapping* dari Jembatan Wonokromo seperti yang terlihat pada Gambar 3. Elemen yang terdapat dalam condition mapping ini berupa balok, pier, serta plat bawah dari Jembatan Wonokromo. Dalam condition mapping ini di tampilkan juga masing – masing zona yang mengalami kerusakan dan lokasi pengambilan sample data. Untuk penelitian ini di bagi menjadi 4 zona yang meliputi zona A, zona B, zona C, zona D.



Gambar 3. Condition Mapping

4.3. Sounding Impact

Pelaksanaan *Sounding Impact* ini (ASTM D 4580) dilakukan pada bagian balok dan kolom dari Jembatan Wonokromo yang dapat diakses.

Bunyi yang dihasilkan dari ketukan palu bisa memberikan informasi apakah beton yang diketuk mengalami delaminasi atau tidak. Sesuai condition mapping pada **Gambar 3** di dapati hanya ada 2 lokasi dimana beton mengalami delaminasi yaitu pada balok 16.B dan balok 20.B (**Gambar 4**).



Gambar 4. Pelaksanaan Non Destructive Test
(*Sounding Impact, Ultrasonic Pulse Velocity Test, Rebound Hammer Test*)

4.4. Ultrasonic Pulse Velocity (UPV)

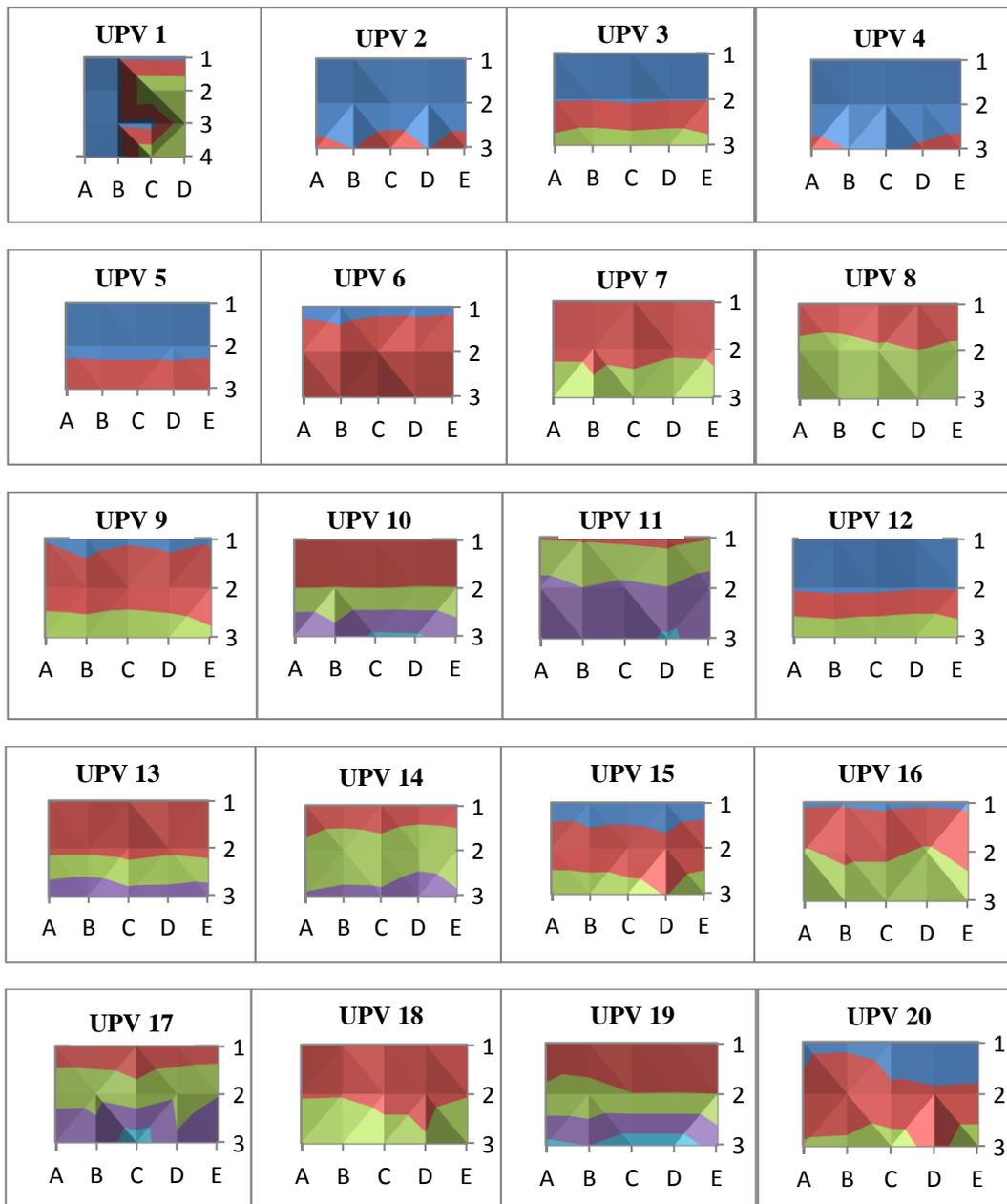
Pada saat pengambilan data, di ambil sebanyak 20 sampel dari 80 balok pada Jembatan Wonokromo. Sebenarnya, jumlah balok yang terdapat pada Jembatan Wonokromo sebanyak 100 balok. Akan tetapi pada span terakhir terdapat banyak sampah sehingga tidak memungkinkan penulis untuk mengambil sample di daerah tersebut. Media rambat gelombang pada penelitian kali ini adalah balok dengan jarak antar grid 150 mm sesuai dengan standart ATM C – 597. Dari proses pelaksanaan test UPV, pada **Tabel 1** akan ditampilkan range dari kecepatan yang didapatkan dari 20 balok yang telah di test.

Tabel 1. Hasil Pelaksanaan Test UPV

Zona	Nama	Lokasi	Kecepatan (km/sec)
BALOK 1 - 4 (Arah Jagir)	UPV 3	Balok 3 B	0,83 - 2,63
	UPV 4	Balok 4 B	0,61 - 2,62
	UPV 9	Balok 3 A	0,85 - 2,80
	UPV 10	Balok 1 A	0,75 - 2,09
	UPV 11	Balok 3 C	0,85 - 2,07
	UPV 20	Balok 2 D	0,77 - 2,69
BALOK 5 - 16 (Arah Kota - Sidoarjo)	UPV 2	Balok 12 B	0,75 - 2,68
	UPV 5	Balok 11 B	0,50 - 1,70
	UPV 7	Balok 10 A	1,00 - 2,95
	UPV 8	Balok 8 A	0,62 - 1,35
	UPV 12	Balok 7 C	0,75 - 2,95
	UPV 13	Balok 9 C	0,67 - 1,93
	UPV 14	Balok 13 C	0,75 - 1,76
	UPV 17	Balok 12 D	0,63 - 2,28
	UPV 18	Balok 6 D	0,74 - 1,49
UPV 19	Balok 9 D	0,77 - 2,28	
BALOK 17 - 20 (Arah Joyoboyo)	UPV 1	Balok 19 B	0,65 - 2,91
	UPV 6	Balok 18 A	1,31 - 3,74
	UPV 15	Balok 18 C	0,75 - 2,73
	UPV 16	Balok 18 D	0,82 - 2,72

Dari data yang dilampirkan pada **Tabel 1**, didapati data waktu yang memiliki pola yang sama satu sama lain, kecuali UPV 1, hal ini membuktikan jika UPV 2 hingga UPV 20, masing – masing balok memiliki

tingkat keseragaman yang serupa satu sama lain. Dari data yang sudah didapatkan, hanya UPV 1 yang menunjukkan hasil bahwa balok 19.B tidak seragam. Pola gridline 3 dari UPV2 hingga UPV 20 selalu memberikan nilai waktu sampai yang pendek atau memiliki kecepatan yang tinggi, hipotesa yang bisa diambil adalah, gridline 3 adalah suatu garis posisi dimana tulangan tarik diletakkan, hipotesa lain adalah terjadinya *over vibration* sehingga semua campuran dan agregat turun ke bawah dan mengakibatkan campuran beton bagian yang lebih atas dari gridline (gridline 1 dan 2) tidak sebagus gridline 3. Pada **Gambar 5** akan ditampilkan gambar Surface Chart dari hasil pelaksanaan UPV test pada jembatan Wonokromo, Surabaya.



Gambar 5. Surface Chart UPV

4.5. Rebound Hammer Test

Untuk *rebound hammer test*, diambil 15 lokasi pada *pier* jembatan serta 15 lokasi pada balok jembatan. Pada penelitian kali ini dilakukan kalibrasi terhadap alat sebanyak 5 kali kemudian merata – rata hasil dari kalibrasi tersebut. (Malhotra and Carino, n.d.) Pada saat pengambilan data, sudut terhadap bidang

kolom sebesar 0° (arah horizontal). Sementara pada saat pengambilan data terhadap bidang kolom, menggunakan sudut 90° (dari arah bawah). Data Rebound Hammer Test pada balok dan pier bisa dilihat pada **Tabel 2** dan **Tabel 3**.

Tabel 2. Data Rebound Hammer Test pada Balok

Zona	Nama	Lokasi	Estimasi Kuat Tekan (N/mm ²)	Rata - Rata	Min	Max	Standard Deviasi
BALOK 1 - 4 (Arah Jagir)	RH 1	Balok 3.A	34,38	43,218	34,38	52,15	7,61
	RH 2	Balok 4.A	36,96				
	RH 9	Balok 3.C	52,15				
	RH 10	Balok 4.C	43,52				
	RH 13	Balok 1.D	49,08				
BALOK 5 - 16 (Arah Kota - Sidoarjo)	RH 3	Balok 8.A	55,07	52,905	48,44	58,42	4,32
	RH 6	Balok 12.B	48,44				
	RH 7	Balok 15.B	49,62				
	RH 11	Balok 12.C	56,65				
	RH 14	Balok 6.D	58,42				
	RH 15	Balok 8.D	49,23				
BALOK 17 - 20 (Arah Joyoboyo)	RH 4	Balok 17.A	55,49	49,5375	39,88	59,65	9,52
	RH 5	Balok 19.A	59,65				
	RH 8	Balok 18.B	43,13				
	RH 12	Balok 18.C	39,88				

Tabel 3. Data Rebound Hammer Test pada Pier

Nama	Lokasi	Rebound Number (x)					Rata-rata (\bar{x})	Sudut (°)	Rebound Terkoreksi Anvil	Kuat Tekan (N/mm ²)
RH 1	Pier 1	41	39	43	42	43	41,6	0	42,46	44,97
RH 2	Pier 1	43	44	40	45	44	43,2	0	44,09	48,06
RH 3	Pier 3	50	50	54	52	52	51,6	0	52,67	64,37
RH 4	Pier 3	42	43	40	41	43	41,8	0	42,66	45,35
RH 5	Pier 4	39	41	41	40	38	39,8	0	40,62	41,67
RH 6	Pier 4	41	38	37	39	39	38,8	0	39,60	39,78
RH 7	Pier 6	42	38	39	39	42	40,0	0	40,83	42,07
RH 8	Pier 6	39	44	40	40	39	40,4	0	41,24	42,8
RH 9	Pier 7	48	46	49	47	46	47,2	0	48,18	55,74
RH 10	Pier 7	43	44	45	43	42	43,4	0	44,30	61,70
RH 11	Pier 9	45	40	43	41	44	42,6	0	43,48	46,91
RH 12	Pier 9	46	45	46	47	47	46,2	0	47,16	53,80
RH 13	Pier 10	44	41	43	40	42	42,0	0	42,87	45,75
RH 14	Pier 10	42	46	43	43	43	43,4	0	44,30	48,44
RH 15	Pier 12	44	45	45	46	46	45,2	0	46,13	51,84

Hasil data dari test *rebound hammer* yang sudah dilakukan menyatakan bahwa nilai *Rebound number* yang muncul rata – rata menunjukkan nilai yang cukup tinggi yaitu sekitar 40 – 50. Untuk umur jembatan Wonokromo yang cukup tua yaitu diatas 50 tahun, angka *Rebound Number* yang muncul

menunjukkan bahwa balok dan *pier* dari Jembatan Wonokromo memiliki mutu beton yang bagus. Untuk keseragaman, elemen *pier* pada Jembatan Wonokromo lebih seragam daripada elemen balok.

5. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa semua balok pada Jembatan Wonokromo mengalami retak, *spalling*, dan *efflorescences*. Pada balok arah Joyoboyo hanya 2 balok yang mengalami delaminasi yaitu balok 16B dan 20B. Untuk hasil *Rebound Hammer Test*, balok pada jembatan lama memiliki kuat tekan yang lebih bagus dan seragam. Kondisi keras permukaan dari balok dan *pier* dari Jembatan Wonokromo, Surabaya juga tergolong bagus. Untuk hasil UPV test didapati balok pada jembatan Wonokromo memiliki kualitas beton yang seragam. Akan tetapi kualitas keseragaman beton pada jembatan ini tergolong kurang bagus.

6. REFERENSI

- American Concrete Institute Committee 364. (2007). *Guide for Evaluation of Concrete Structures Before Rehabilitation*. USA : Author
- ASTM C805 / C805M-13a,(2013). “Standard Test Method for Rebound Number of Hardened Concrete.” *ASTM International*, West Conshohocken, PA
- ASTM C597-16,(2016). “Standard Test Method for Pulse Velocity Through Concrete”, *ASTM International*, West Conshohocken, PA
- ASTM D4580 / D4580M-12, (2012). “Standard Practice for Measuring Delaminations in Concrete Bridge Decks by Sounding,” *ASTM International*, West Conshohocken, PA
- Conde, B. et al., (2016). “Structural Analysis of Monforte de Lemos Masonry Arch Bridge Considering the Influence of the Geometry of the Arches and Fill Material on the Collapse Load Estimation.” *Construction and Building Materials*, 120, pp.630–642. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.05.107>.
- Das, P.C., (1998). *Application of Reliability Analysis in Bridge Management*. , 20(11), pp.957–959.
- Krakhmal, R A, Evtushenko, S.I. & Krakhmal, M.P., (2016). “New System of Monitoring of a Condition of Cracks of Small Reinforced Concrete Bridge Constructions.” *Procedia Engineering*, 150, pp.2369–2374. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2016.07.322>.
- Carino, N., and Malhotra, V., (2004), *Handbook on Non Destructive Testing of Concrete, 2nd Edition*, CRC Press LLC, West Conshohocken, PA
- Zhou, X. et al., (2016). “Accurate and Up-to-Date Evaluation of Extreme Load Effects for Bridge Assessment.” *Materials and Infrastructures 1*, (June), pp.175–184.