

INVESTIGASI STRUKTUR KOLOM STADION GELORA SRIWIJAYA DENGAN MENGGUNAKAN ALAT ULTRASONIC PULSE VELOCITY

Kiagus Muhammad Aminuddin¹⁹, Ramadhani²⁰, Hendrik Jimmyanto²¹

Email Korespondensi: kmaminuddin@ft.unsri.ac.id

(Diterima 4/12/2024, Disetujui 20/12/2024, Diterbitkan 25/01/2025)

Abstrak: Pendataan dan investigasi pada bangunan gedung merupakan hal yang penting dilakukan secara berkala, karena ini merupakan salah satu tugas dan tanggung jawab pemangku kepentingan di bidang konstruksi. Data struktur bangunan gedung perlu dikumpulkan untuk menangani kerusakan yang mungkin terjadi, seperti akibat kebakaran, gempa, atau bencana lainnya, sehingga dapat direkomendasikan metode perbaikan yang tepat untuk mengembalikan bangunan ke kondisi yang layak digunakan. Dalam penelitian ini, dilakukan investigasi terhadap struktur kolom Stadion Gelora Sriwijaya Palembang, yang terletak di kawasan JSC (*Jakabaring Sport City*), Kecamatan Seberang Ulu I, Kota Palembang. Metode yang digunakan untuk penelitian ini adalah survei pengukuran dengan alat *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV) pada dua titik di satu kolom. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengukuran kuat tekan beton untuk struktur kolom dengan alat UPV memperoleh nilai antara 112,47 MPa hingga 141,12 MPa untuk kolom lantai 1, 101,69 MPa hingga 126,58 MPa untuk kolom lantai 2, 82,05 MPa hingga 123,45 MPa untuk kolom lantai 3, dan 107,13 MPa hingga 128,44 MPa untuk kolom lantai 4. Dari hasil perhitungan, nilai penyimpangan terbesar pada pengukuran kuat tekan beton adalah sebesar 16,19 MPa dan terletak pada Kolom 6, sedangkan penyimpangan terkecil adalah 2,87 MPa yang terdapat pada Kolom 1.

Kata kunci: investigasi bangunan gedung, struktur kolom, stadion, *ultrasonic pulse velocity*, kuat tekan beton

Abstract: Data collection and investigation of building structures are important to be conducted periodically, as this is one of the tasks and responsibilities of stakeholders in the construction field. Structural data of the building need to be gathered to address potential damages that may occur, such as those caused by fire, earthquakes, or other disasters, allowing for suitable repair methods to be recommended to restore the building to a condition that can be reused safely. This study investigates the column structure of the Gelora Sriwijaya Stadium in Palembang, located in the JSC (*Jakabaring Sport City*) area, Seberang Ulu I District, Palembang City. The method used in this research is a measurement survey with the *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV) tool at two points on one column. The results indicate that the compressive strength measurements of the concrete for the column structure using the UPV tool range from 112.47 MPa to 141.12 MPa for the first-floor column, 101.69 MPa to 126.58 MPa for the second-floor column, 82.05 MPa to 123.45 MPa for the third-floor column, and 107.13 MPa to 128.44 MPa for the fourth-floor column. From the calculations, the highest deviation in the compressive strength measurement is 16.19 MPa, found in Column 6, while the smallest deviation is 2.87 MPa, located in Column 1.

Keywords: building investigation, column structure, stadium, *ultrasonic pulse velocity*, concrete compressive strength

¹⁹ Dosen Program Studi Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya.

²⁰ Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas IBA.

²¹ Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tridinanti.

PENDAHULUAN

Beton adalah salah satu teknologi konstruksi yang umum digunakan, memiliki keunggulan dalam hal kuat tekan yang tinggi, ketahanan terhadap api, dan umur pakai yang lebih lama dibandingkan dengan bahan lain. Namun, beton juga memiliki kekurangan, salah satunya adalah kemungkinan munculnya retakan kecil akibat tambahan beban dan penyusutan yang terjadi pada bahan tersebut

(Firda, et al, 2021; Ridho, et al 2023). Dalam proses pembangunan dan perencanaan konstruksi, diperlukan pengendalian dan pengawasan setelah tahap konstruksi selesai, yang bisa disebut sebagai fase operasional. Pengendalian dan pengawasan selama fase operasional dapat dilakukan melalui audit, perawatan, dan pemeliharaan pada komponen struktur utama. Pemeliharaan bangunan merupakan aspek krusial untuk mendukung keberlanjutan suatu bangunan, serta dapat

berkontribusi dalam memperpanjang umur bangunan tersebut (Aminuddin, et al 2022; Legislatifa, et al 2024).

Pendataan dan Investigasi Bangunan Gedung merupakan suatu hal yang penting untuk dilakukan secara berkala, hal ini dikarenakan salah satu tugas dan tanggung jawab pemangku kepentingan (*stake holder*) bidang Konstruksi. Menurut Permen PUPR Nomor 22 Tahun 2021, Bangunan Gedung adalah wujud fisik hasil pekerjaan konstruksi yang menyatu dengan tempat kedudukannya, sebagian atau seluruhnya berada di atas dan/ atau di dalam tanah dan/ atau air, yang berfungsi sebagai tempat manusia melakukan kegiatannya, baik untuk hunian atau tempat tinggal, kegiatan keagamaan, kegiatan usaha, kegiatan sosial, budaya, maupun kegiatan khusus (Hasrun, et al 2023).

Pendataan Bangunan Gedung meliputi: (1) Pendataan Bangunan Gedung baru; (2) Pendataan Bangunan Gedung yang sudah ada (*existing*); dan (3) Pendaftaran Bangunan Gedung yang sudah ada (*eksisting*). Pendataan bangunan ini dilakukan untuk mengumpulkan data struktur bangunan gedung apabila terjadi kerusakan seperti kebakaran, bencana gempa ataupun lainnya sehingga dapat direkomendasikan metode perbaikan untuk dapat mengembalikan kondisi bangunan menjadi layak digunakan kembali (Hidayati 2021; Asmawi, et al 2023). Stadion Gelora Sriwijaya Palembang berada di kawasan JSC (*Jakabaring Sport City*) Kecamatan Seberang Ulu I, Kota Palembang. Bangunan ini berfungsi sebagai stadion sepak bola terbesar di Provinsi Sumatera Selatan dan sudah melaksanakan berbagai event nasional dan internasional. Stadion ini memiliki kapasitas 23.000 penonton. Untuk mengetahui kelayakan dari struktur gelora sriwijaya Palembang. Maka dilakukan survey dan investigasi struktur kolom maupun secara khusus, guna memperoleh kondisi eksisting dari bangunan tersebut untuk digunakan dalam kegiatan pendataan dan investigasi bangunan gedung

METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian berada pada kawasan Stadion Gelora Sriwijaya Kota Palembang yang ditunjukkan pada Gambar 1 dimana terdapat

empat bagian besar pada kawasan stadion ini, yaitu Tribun Utara, Tribun Selatan, Tribun Barat, dan Tribun Timur. Untuk lokasi penelitian yaitu berada pada Tribun Barat dari lantai satu sampai lantai empat. Metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan cara survei secara visual dan pengambilan data NDT (*Non Destructive Test*) (Hutagalung, et al 2022; Hakiki, 2023). Adapun metode pengujian mengacu pada DIN EN 12504-4:2004 Pasal 6 Butir 6.1.2 dan BS 1881-203:1986 Pasal 6 Butir 6.1-6.5 yaitu cara pengukuran dengan menggunakan alat *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV) (Chairunnisa, et al 2023).



Gambar 1. Lokasi Penelitian pada Tribun Barat Stadion

Peralatan yang digunakan untuk pengujian UPV adalah dengan alat PUNDIT (*Portable Ultrasonic Non-destructive Digital Indicator Tester*) yang mampu mengukur kecepatan hantaran dari gelombang ultrasonik yang melewati suatu beton (Juarti, et al 2017). Adapun langkah-langkah dalam pelaksanaan pengukuran struktur dengan alat UPV yaitu:

- a) Persiapan Lokasi Uji yaitu tahapan ini adalah persiapan awal untuk menentukan dan mempersiapkan lokasi titik uji. Penentuan lokasi uji didasarkan dengan kondisi beton dengan permukaan yang relatif bagus diantara lainnya. Setelah itu meratakan permukaan titik uji (*flattening*) dengan gerindra dan memberi tanda lokasi uji dengan pilox (*marking*)
- b) Persiapan Alat yaitu pada tahapan ini melakukan perancangan alat UPV mulai dari

pengkalibrasian pengukuran dan pemeriksaan data pada alat UPV.

- c) Tahap pengujian yaitu pada tahapan ini merupakan pengambilan *pulse velocity* dengan alat pundit. Sesuai penjelasan singkat standar yang dipakai, terdapat tiga metode pengambilan *pulse velocity*. Untuk pengambilan dengan *direct transmission* sangat direkomendasikan karena hasil yang paling akurat namun keterbatasan pengambilannya di lapangan, pada *semi-direct* hasil yang diperoleh bisa dibilang akurat, dan yang terakhir adalah *indirect / surface transmission* merupakan metode yang paling buruk hasilnya dibanding metode yang lainnya, namun butuh direduksi agar hasilnya mendekati nilai *pulse velocity direct transmission* (Linggasari, 2019).

d)



Gambar 2. Cara Pelaksanaan Pengukuran Kekuatan Struktur Kolom dengan Alat UPV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1 menunjukkan hasil pengukuran dengan alat UPV untuk struktur kolom lantai 1 dimana terdapat 4 unit kolom dengan pengujian dilakukan sebanyak 2 kali pada titik kolom yang berbeda. Berdasarkan hasil pengukuran *direct velocity* pada Kolom 1 memiliki rentang antara 4620 m/s sampai 4840 m/s yang berarti memiliki nilai kuat tekan beton (f_c') antara 106,55 MPa sampai 128,34 MPa. Bila dilakukan perhitungan nilai rata-rata maka diperoleh nilai kuat tekan beton pada Kolom 1 sebesar 116,57 MPa berdasarkan pengukuran dengan alat UPV. Pada Kolom 2 juga dilakukan pengukuran dengan alat UPV dan diperoleh nilai *direct velocity* antara 4400 m/s sampai 4928 m/s yang berarti memiliki nilai kuat tekan beton sebesar 87,66 MPa

sampai 137,93 MPa sehingga bila dirata-ratakan maka nilai kuat tekan beton pada Kolom 2 sebesar 112,47 MPa. Pada Kolom 3 juga dihasilkan nilai *direct velocity* antara 4785 m/s sampai 5203 m/s dengan nilai kuat tekan beton berkisar antara 122,61 MPa sampai 171,39 MPa sehingga diperoleh nilai rata-rata sebesar 141,12 MPa. Untuk Kolom 4 juga menghasilkan nilai *direct velocity* yang hampir sama dengan Kolom 1 yaitu dengan rentang 4400 m/s sampai 5040,2 m/s sehingga diperoleh nilai kuat tekan beton berkisar antara 115,69 MPa sampai 118,95 MPa dengan nilai rata-rata kuat tekan beton sebesar 117,32 MPa.

Tabel 1 Perhitungan *Indirect or Direct Pulse Velocity* Stadion Gelora Sriwijaya Lantai 1

Sampel	Direct Velocity	E	f_c'	f_c' rata-rata	
	(m/s)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	
Kolom 1 Titik 1	4840	53245.01	128.34	121.39	116.57
	4642	48977.71	108.59		
	4807	52521.42	124.88		
	4796	52281.32	123.74		
Kolom 1 Titik 2	4675	49676.55	111.71	111.75	
	4686	49910.60	112.77		
	4719	50616.04	115.98		
	4620	48514.57	106.55		
Kolom 2 Titik 1	4400	44004.14	87.66	98.68	
	4576	47594.88	102.55		
	4488	45781.91	94.88		
Kolom 2 Titik 2	4653	49210.11	109.63	112.47	
	4708	50380.34	114.90		
	4928	55198.79	137.93		
	4873	53973.55	131.88		
	4840	53245.01	128.34		
Kolom 3 Titik 1	5203	61531.27	171.39	143.47	
	4796	52281.32	123.74		
	4862	53730.16	130.69		
	5016	57187.78	148.05		
Kolom 3 Titik 2	4785	52041.77	122.61	138.77	
	5071	58448.78	154.65		
	4829	53003.26	127.18		
	5038	57690.53	150.67		
Kolom 4 Titik 1	4675	49676.55	111.71	118.95	
	5033	57564.64	150.01		
	4574	47549.13	102.35		
	4675	49676.55	111.71		
Kolom 4 Titik 2	4785	52041.77	122.61	115.69	
	4400	44004.14	87.66		
	4565	47366.33	101.56		
	5040.2	57740.92	150.93		

Tabel 2 menunjukkan hasil pengukuran *direct velocity* dengan alat UPV untuk struktur kolom stadion pada lantai 2 dimana jumlah sampel kolom yang diambil pada lantai tersebut berjumlah 3 kolom. Kolom 5 dilakukan pengukuran sebanyak dua kali dengan titik yang berbeda dan diperoleh nilai *direct velocity*

sebesar 4631 m/s sampai 4928 m/s sehingga diperoleh nilai kuat tekan beton berkisar antara 107,57 MPa sampai 137,93 MPa. Sedangkan untuk Kolom 6 juga dilakukan pengukuran *direct velocity* dengan nilai 3454 m/s sampai 5118 m/s dan untuk nilai kuat tekan beton berkisar antara 33,29 MPa sampai 160,50 MPa. Untuk Kolom 7 diperoleh nilai *direct velocity* berkisar antara 4378 m/s sampai 4928 m/s dengan nilai kuat tekan beton sebesar 85,92 MPa sampai 137,92 MPa. Berdasarkan hasil nilai rata-rata kuat tekan beton untuk Kolom 5 diperoleh sebesar 126,58 MPa, Kolom 6 sebesar 101,69 dan Kolom 7 sebesar 113,88 MPa.

Tabel 2 Perhitungan *Indirect or Direct Pulse Velocity* Stadion Gelora Sriwijaya Lantai 2

Sampel	Direct Velocity	E	fc'	fc' rata-rata	
	(m/s)			(MPa)	(MPa)
Kolom 5 Titik 1 Tangga	4862	53730.16	130.69	130.45	126.58
	4796	52281.32	123.74		
	4862	53730.16	130.69		
	4917	54952.65	136.70		
Kolom 5 Titik 2 Tangga	4928	55198.79	137.93	122.71	
	4829	53003.26	127.18		
	4631	48745.86	107.57		
	4741	51089.08	118.16		
Kolom 6 Titik 1	4235	40765.71	75.23	66.36	101.69
	4675	49676.55	111.71		
	3729	31606.25	45.22		
	3454	27116.45	33.29		
Kolom 6 Titik 2	4835	53124.07	127.76	137.02	
	4961	55940.54	141.66		
	4741	51089.08	118.16		
	5118	59544.23	160.50		
Kolom 7 Titik 1	4565	47366.33	101.56	105.06	113.88
	4785	52041.77	122.61		
	4378	43565.20	85.92		
	4659	49326.51	110.15		
Kolom 7 Titik 2	4928	55198.79	137.93	122.71	
	4829	53003.26	127.18		
	4631	48745.86	107.57		
	4741	51089.08	118.16		

Tabel 3 menunjukkan hasil pengukuran *direct velocity* dengan alat UPV pada struktur kolom stadion lantai 3 dengan mengambil jumlah sampel sebanyak 3 sampel kolom yang mewakili lantai tersebut. Kolom 8 pada lantai 3 memiliki nilai *direct velocity* berkisar antara 3603 m/s sampai 4659 m/s dengan nilai kuat tekan beton sebesar 39,39 MPa sampai 110,15 MPa. Kolom 9 juga dilakukan pengujian dengan UPV sebanyak 2 titik uji dengan hasil *direct velocity* sebesar 4257 m/s sampai 4785 m/s

sehingga diperoleh rentang 85,92 MPa sampai 122,61 MPa. Kolom 10 juga memiliki nilai *direct velocity* lebih besar dari Kolom 8 dan Kolom 9 yaitu berkisar antara 4400 m/s sampai 5005 m/s dengan nilai kuat tekan beton sebesar 87,66 MPa sampai 146,76 MPa. Berdasarkan hasil perhitungan nilai kuat tekan beton rata-rata, diperoleh sebesar 82,05 MPa untuk Kolom 8, 101,14 MPa untuk Kolom 9 dan 123,45 MPa untuk Kolom 10.

Tabel 3 Perhitungan *Indirect or Direct Pulse Velocity* Stadion Gelora Sriwijaya Lantai 3

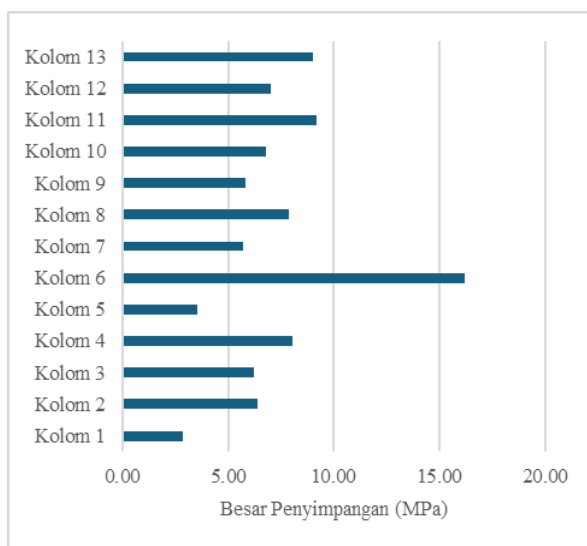
Sampel	Direct Velocity	E	fc'	fc' rata-rata	
	(m/s)			(MPa)	(MPa)
Kolom 8 Titik 1	3603	29498.24	39.39	65.30	82.05
	4235	40765.71	75.23		
	4120	38572.45	67.35		
	4290	41831.44	79.22		
Kolom 8 Titik 2	4389	43784.40	86.78	98.81	
	4510	46231.85	96.76		
	4565	47366.33	101.56		
	4659	49326.51	110.15		
Kolom 9 Titik 1	4565	47366.33	101.56	105.06	101.14
	4785	52041.77	122.61		
	4378	43565.20	85.92		
	4659	49326.51	110.15		
Kolom 9 Titik 2	4384	43674.73	86.35	97.22	
	4257	41190.35	76.81		
	4631	48745.86	107.57		
	4741	51089.08	118.16		
Kolom 10 Titik 1	5005	56937.23	146.76	124.20	123.45
	4785	52041.77	122.61		
	4945	55569.05	139.79		
	4400	44004.14	87.66		
Kolom 10 Titik 2	4928	55198.79	137.93	122.71	
	4829	53003.26	127.18		
	4631	48745.86	107.57		
	4741	51089.08	118.16		

Tabel 4 juga menunjukkan hasil pengukuran struktur kolom pada lantai 4 stadion dimana jumlah sampel kolom yang diambil sebanyak 3 sampel. Berdasarkan hasil pengukuran diperoleh bahwa Kolom 11 memiliki nilai *direct velocity* sebesar 3960 m/s sampai 5016 m/s dengan nilai kuat beton sebesar 57,51 MPa sampai 148,05 MPa. Sedangkan untuk Kolom 12, diperoleh hasil pengukuran *direct velocity* berkisar antara 4598 m/s sampai 5148 m/s dengan nilai kuat tekan beton sebesar 104,53 MPa sampai 164,26 MPa. Kolom 13 memiliki nilai *direct velocity* sebesar 4290 m/s sampai 5027 m/s dengan nilai kuat

tekan beton sebesar 79,22 MPa sampai 149,35 MPa. berdasarkan nilai rata-rata diperoleh nilai kuat tekan beton untuk Kolom 11 sebesar 110,61 MPa, Kolom 12 sebesar 128,44 MPa dan Kolom 13 sebesar 107,13 MPa.

Tabel 4 Perhitungan *Indirect or Direct Pulse Velocity* Stadion Gelora Sriwijaya Lantai 4

Sampel	Direct Velocity	E	fc'	fc' rata-rata	
	(m/s)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	
Kolom 11 Titik 1	5016	57187.78	148.05	119.30	110.61
	4637	48861.72	108.08		
	4802	52401.30	124.30		
	4510	46231.85	96.76		
Kolom 11 Titik 2	4692	50027.83	113.30	101.92	
	4758	51445.31	119.81		
	4730	50852.29	117.06		
	3960	35643.35	57.51		
Kolom 12 Titik 1	4598	48053.62	104.53	130.23	128.44
	4950	55692.74	140.41		
	4675	49676.55	111.71		
	5148	60237.27	164.26		
Kolom 12 Titik 2	4741	51089.08	118.16	126.65	
	4708	50380.34	114.90		
	4961	55940.54	141.66		
	4873	53973.55	131.88		
Kolom 13 Titik 1	4400	44004.14	87.66	93.41	107.13
	4510	46231.85	96.76		
	4565	47366.33	101.56		
	4400	44004.14	87.66		
Kolom 13 Titik 2	4675	49676.55	111.71	120.86	
	4989	56562.44	144.83		
	4763	51564.33	120.37		
	4620	48514.57	106.55		
	5027	57438.88	149.35		
	4290	41831.44	79.22		
	4488	45781.91	94.88		



Gambar 3. Besar Penyimpangan Hasil Pengukuran Kuat Tekan Beton dengan Alat UPV

Gambar 3 menunjukkan hasil perhitungan penyimpangan pengukuran nilai kuat tekan beton dengan alat UPV dimana hasil penyimpangan terbesar terletak pada Kolom 6 yaitu sebesar 16,19 MPa dan penyimpangan terkecil pada Kolom 1 sebesar 2,87 MPa. Terjadinya penyimpangan yang besar pada Kolom 6 yaitu terdapat hasil pengukuran direct velocity yang sangat jauh dari hasil pengukuran pada titik lainnya, hal ini mungkin disebabkan oleh permukaan ataupun struktur kolom tidak homogen sehingga terjadi perbedaan pembacaan velocity. Hasil pengujian menggunakan alat UPV adalah nilai konversi cepat rambat arus listrik yang dapat menembus dengan bentuk mengikuti cara pengujiannya (Tumungan, et al 2022).

SIMPULAN

Pengujian mengenai investigasi struktur kolom yang berada di Stadion Gelora Sriwijaya dengan alat UPV telah selesai dilakukan dengan hasil analisis dari hasil pengukuran berupa kuat tekan beton. Adapun beberapa kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian ini yaitu: Berdasarkan hasil pengukuran kuat tekan beton untuk struktur kolom dengan alat UPV diperoleh sebesar 112, 47 MPa sampai 141,12 MPa untuk struktur kolom lantai 1, 101,69 MPa sampai 126,58 MPa untuk struktur kolom lantai 2, 82,05 MPa sampai 123,45 MPa untuk struktur kolom lantai 3 dan 107,13 MPa sampai 128,44 MPa untuk struktur kolom lantai 4. Hasil perhitungan penyimpangan nilai pengukuran kuat tekan beton diperoleh nilai penyimpangan terbesar yaitu 16,19 MPa terletak pada Kolom 6 dan nilai penyimpangan terkecil sebesar 2,87 MPa yaitu pada Kolom 1.

DAFTAR PUSTAKA

- Aminuddin, K. M., Albimanzura, R. F. S., Wijaya, A., & Jimmyanto, H. (2022). Kajian Pemeriksaan Kondisi Struktur Bangunan Gedung Kantor Pratama Pajak Lubuk Linggau Pasca Kebakaran. *Applicable Innovation of Engineering and Science Research (AVoER)*, 14(1), 35-39.
- Asmawi, B., Fuad, I. S., & Jimmyanto, H. (2023). Analisis Mutu Beton Terhadap Beton Pasca Bakar. *Jurnal Teknik Sipil LATERAL*, 1(1), 53-59.

- Chairunnisa, N., Pratiwi, A. Y., Darmawan, A. R., Nurwidayati, R., Krasna, W. A., Cahyadi, A., & Zackyudin, M. (2023). Pendampingan Teknis Pengujian Tidak Merusak dengan Ultrasonic Pulse Velocity dan Hammer Test Pada Struktur Beton Bertulang Bangunan Kantor di Banjarbaru. *Jurnal Pengabdian ILUNG (Inovasi Lahan Basah Unggul)*, 3(1), 146-156.
- Firda, A., Permatasari, R., & Fuad, I. S. (2021). Pemanfaatan Limbah Batubara (Fly Ash) Sebagai Material Pengganti Agregat Kasar Pada Pembuatan Beton Ringan. *Jurnal Deformasi*, 6(1), 1-8.
- Hakiki, R. (2023). Investigasi Kerusakan pada Struktur Gedung Plasa Telkom Padang Sidempuan. *Jurnal Gradasi Teknik Sipil*, 7(1), 100-108.
- Hasrun, R. (2023, July). Assesmen Bangunan Gedung Dengan Metode Non Destructive Test (Ndt) Dan Destructive Test (Dt). In *SEMINAR NASIONAL DIES NATALIS 62 (Vol. 1, pp. 7-12)*.
- Hidayati, N. (2022). Evaluasi dan Perkuatan Struktur Kolom Beton Bertulang Akibat Kebakaran. *Potensi: Jurnal Sipil Politeknik*, 24(1), 1-9.
- Hutagalung, P. L., Sitohang, A., & Ndruru, L. (2022). Aplikasi Non Destructive Test Pada Investigasi Keandalan Struktur Beton Jembatan:(Studi Kasus: Jembatan Aek Boga I Ruas Jalan Singkuang-Natal). *ATDS Saintech Journal of Engineering*, 3(1), 82-88.
- Juarti, E. R., & Noorlaelasari, Y. (2017). Investigasi Keandalan Struktur Beton Bertulang Dengan Alat Pundit Lab Pada Bangunan Gedung Penunjang Pendidikan. *Potensi: Jurnal Sipil Politeknik*, 19(2).
- Legislatifa, P. A., Firda, A., Hendric, A., Islami, F. S., & Fuad, I. S. (2024). ANALISIS KINERJA PROYEK PEMBANGUNAN RUMAH SAKIT PANTI BHAKTININGSIH CHARITAS KECAMATAN BELITANG, KABUPATEN OKU TIMUR. *Jurnal Teknik Sipil LATERAL*, 2(2), 23-32.
- Linggasari, D. (2019). Memperkirakan Kedalam Retak Pada Beton Menggunakan Gelombang Ultrasonik. *Jurnal Muara Sains, Teknologi, Kedokteran dan Ilmu Kesehatan*, 3(1), 145-152.
- Ridho, M. F., Aminuddin, K. M., Hidayat, S., & Albimanzura, R. F. S. (2023). INVESTIGASI STUDI BANGUNAN MENGGUNAKAN ALAT ULTRA PULSE VELOCITY (UPV) DAN ALAT HAMMER TEST. *TEKNIKA: Jurnal Teknik*, 10(1), 38-44.
- Tumungan, T., & Alwi, S. (2022). KAPASITAS NILAI KUAT TEKAN BETON DENGAN HAMMER TEST DAN ULTRASONIC PULSE VELOCITY (UPV) JEMBATAN LOA HAUR. *Sebatik*, 26(2), 582-592.