

Uji Kuat Tekan Beton dengan CTM (*Compression Testing Machine*)

Faishal Ahmad

Teknik Sipil

*) faishalamd@gmail.com

Abstrak

Beton merupakan sebuah bahan bangunan komposit yang terbuat dari kombinasi agregat dan pengikat semen. Beton banyak digunakan pada pembangunan gedung-gedung tinggi, jembatan, tower dan sebagainya. Bangunan-bangunan tersebut erat kaitannya dengan aktivitas manusia. Oleh karena itu, dalam perencanaan bangunan tersebut harus dipertimbangkan tentang keselamatan atau keamanan bagi pengguna bangunan tersebut. Dari hasil percobaan dan perhitungan yang telah dilakukan diperoleh kuat tekan beton sampel 1 hasil pengujian dengan CTM sebesar 44811320,75 MPa, dan kuat tekan beton sampel 2 hasil pengujian dengan CTM sebesar 44339622,64 MPa.

Kata Kunci: Beton, Kuat Tekan, CTM.

PENDAHULUAN

Beton merupakan sebuah bahan bangunan komposit yang terbuat dari kombinasi agregat dan pengikat semen (Arniza Fitri et al., 2011). Beton banyak digunakan pada pembangunan gedung-gedung tinggi, jembatan, tower dan sebagainya (Purba et al., 2019). Bangunan-bangunan tersebut erat kaitannya dengan aktivitas manusia (Prasetio et al., 2020). Oleh karena itu, dalam perencanaan bangunan tersebut harus dipertimbangkan tentang keselamatan atau keamanan bagi pengguna bangunan tersebut (Setiawan et al., 2017).

Upaya untuk menjamin keamanan tersebut maka, diperlukan struktur yang kuat agar bangunan tersebut dapat menahan beban yang diterimanya agar tidak terjadi kegagalan struktur yang dapat membahayakan keselamatan manusia (Kusuma & Lestari, 2021). Kelebihan beton yang lain adalah ekonomis (dalam pembuatannya menggunakan bahan dasar lokal yang mudah didapat), dapat di bentuk sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan, mampu menerima kuat tekan dengan baik (Pratiwi, 2020).

Maka dari itu, bahan konstruksi ini sangat berpengaruh dan dianggap sangat penting untuk dikembangkan (Arniza Fitri et al., 2021). Ada beberapa cara untuk pengembangannya yaitu, dengan cara memperbaiki sifat dari kelemahan beton yaitu tidak mampu menahan gaya tarik, dimana nilai kuat tarik beton berkisar 9%-15% dari kuat desaknya (Lestari, Purba, et al., 2018). Dalam perencanaan struktur, beton dianggap hanya mampu menahan tegangan desak, walaupun sebenarnya beton mampu menahan tegangan tarik sebesar 27 kg/cm² (Safuan, 2014). Kontrol kualitas adalah bagian yang penting dan memerlukan kerja sama penuh antara pemasok, perencana dan kontraktor (Lestari et al., 2021).

Oleh karena itu diperlukannya pengujian terhadap kuat tekan beton untuk mengetahui apakah beton yang sudah direncanakan akan sesuai dengan harapan.

KAJIAN PUSTAKA

Beton

Beton didefinisikan sebagai sekumpulan interaksi mekanis dan kimiawi dari material pembentuknya (Phelia & Damanhuri, 2019). Keragaman material pembentuk beton yaitu bahan yang terbuat dari berbagai macam tipe semen, agregat dan juga bahan pozzolan, abu terbang, terak tanur tinggi, serat, dan lain lain (Dewantoro et al., 2019). Beton juga sebagai campuran antara semen portland atau semen hidrolis yang lainnya, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa bahan campuran tambahan membentuk suatu massa padat (Lestari, 2015). Umumnya agregat yang digunakan adalah agregat mineral kerikil dan pasir (Alfian & Phelia, 2021). Bahan tambah (additive) digunakan dalam campuran beton untuk mencapai target yang diinginkan, baik dari sisi kemudahan pengerjaan (workability), waktu ikat (accelerator) maupun faktor air semen yang digunakan (water content) (Arniza Fitri et al., 2020). Bahan penyusun beton mempunyai fungsi dan pengaruh berbeda-beda (LESTARI, 2018). Beton yang baik, setiap butir agregat seluruhnya terbungkus dengan mortar (Study & Main, 2013). Demikian pula dengan ruang antar agregat harus terisi dengan mortar. Semen adalah kunci dalam beton meskipun jumlahnya hanya 7-15% dari campuran. Namun kualitas pasta atau mortar menentukan kualitas beton (Phelia & Sinia, 2021).

Parameter-parameter yang paling mempengaruhi kekuatan beton adalah kualitas semen, proporsi semen terhadap campuran, kekuatan dan kebersihan agregat, interaksi atau adhesi antara pasta semen dengan agregat, pencampuran yang cukup dari bahan-bahan pembentuk beton, penempatan yang benar, penyelesaian dan pemadatan beton, perawatan beton, kandungan Klorida tidak melebihi 0,15% dalam beton yang diekspos dan 1% bagi beton yang tidak diekspos (Huang & Fitri, 2019).

Beton adalah bahan konstruksi yang memiliki kelebihan dan kekurangan. Secara umum kelebihan beton antara lain (Lestari, Setiawan, et al., 2018):

1. Dapat dengan mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi
2. Mampu memikul beban berat.
3. Tahan terhadap temperatur tinggi.
4. Biaya pemeliharaan yang kecil.
5. Baik dalam memikul beban aksial.

Kekurangan beton antara lain (Dewantoro, 2021):

1. Bentuk yang telah dibuat sulit diubah.
2. Pelaksanaan pekerjaan membutuhkan ketelitian yang tinggi.
3. Massanya yang berat.
4. Kekuatan tariknya rendah meskipun kekuatan tekannya besar.

Hasil perancangan beton (Mix Design) sangat penting untuk melihat komposisi campuran beton dan mendapatkan nilai kekuatan struktur yang telah direncanakan serta dapat memenuhi aspek ekonomi (Adma et al., 2020). Metode perancangan ini pada dasarnya menentukan komposisi dari bahan-bahan penyusun beton untuk kinerja tertentu yang diharapkan (Pratiwi & Fitri, 2021).

Beton Mutu Tinggi (High Strength Concrete)

Beton mutu tinggi adalah beton yang memiliki kuat tekan lebih tinggi dibandingkan beton normal (Rosmalasari et al., 2020). Berdasarkan Standard Nasional Indonesia 03-6468-2000, beton mutu tinggi adalah beton yang mempunyai karakteristik sebagai kesatuan material yang sangat padat dengan kuat tekannya lebih besar dari 41.4.

Kepadatan beton mutu tinggi mempunyai ketahanan yang tinggi terhadap serangan zat cair ataupun gas yang berbahaya (Pratiwi et al., 2020). Produksi beton mutu tinggi memerlukan pemasok untuk mengoptimalkan 3 aspek yang mempengaruhi kekuatan beton yaitu pasta semen, agregat, dan lekatan semen-agregat (Lestari, 2020). Aspek-aspek ini perlu perhatian pada semua aspek produksi, yaitu pemilihan material, perencanaan, penanganan dan penuangan (Pramita, 2019). Kontrol kualitas adalah bagian yang penting dan memerlukan kerja sama penuh antara pemasok, perencana dan kontraktor.

Faktor Semen

Semen yang paling baik digunakan dalam pembuatan beton mutu tinggi adalah semen portland (tipe II) yang dalam penggunaannya mempunyai ketahanan terhadap sulfat dan kalor hidrasinya lebih kecil dari tipe I (Lestari & Puspaningrum, 2021). Kandungan C3S kurang dari 50% dan kandungan C3A kurang dari 8%. Tetapi dalam mendapatkan semen tipe II, dibutuhkan pemesanan dalam jumlah besar yang menyebabkan penggantian tipe semen pada penelitian ini yaitu semen OPC tipe I. Pada kehalusan yang baik ada jenis semen menunjukkan kualitas yang sama atau lebih tinggi di bandingkan semen portland (tipe I) seperti slag cement (Pramita & Sari, 2020). Slag cement mempunyai kandungan Oksida Besi dan Silikat yang besar sehingga akan memberikan pengaruh dalam meningkatkan kuat tekan beton dan mempunyai panas hidrasi serta CO₂ yang lebih rendah dari semen portland (Lestari & Aldino, 2020).

Faktor Air Semen (FAS)

Faktor air semen dapat ditentukan berdasarkan jenis semen yang dipakai dan kuat tekan rata-rata silinder beton yang direncanakan. Faktor air semen yang rendah, merupakan faktor yang paling menentukan dalam menghasilkan beton mutu tinggi dengan tujuan untuk mengurangi seminimal mungkin porositas beton yang dihasilkan (Pramita et al., n.d.).

Faktor Agregat

Agregat terbagi atas 2 yaitu agregat halus dan agregat kasar. Agregat merupakan material granular misalnya pasir, kerikil, batu pecah, dan kerak tungku besi. Kandungan agregat dalam beton berkisar 60-70 % (A. Fitri et al., 2017). Biasanya, beton mutu tinggi diproduksi dengan menggunakan agregat dengan berat normal. Namun, beton mutu tinggi juga dapat diproduksi dengan menggunakan agregat ringan untuk struktur beton dan agregat berat untuk beton dengan densitas tinggi (Abdul Maulud et al., 2021). Agregat dengan ukuran nominal 20 mm atau 25 mm umumnya digunakan untuk memproduksi beton dengan kekuatan sampai 62 Mpa dan ukuran 12,5 mm atau 10 mm untuk mutu beton diatas 62 Mpa (Science, 2019). Umumnya ukuran agregat terkecil menghasilkan kekuatan yang paling tinggi dengan w/c+p yang diberikan. Penggunaan agregat kasar terbesar harus dipertimbangkan mengenai modulus elastisitas, rangkai dan susut kering yang akan terjadi. (Arniza Fitri et al., 2019).

Gradasi dan bentuk partikel agregat halus merupakan faktor utama dalam memproduksi beton mutu tinggi (Hashim et al., 2016). Bentuk partikel dan tekstur permukaan mempunyai pengaruh yang besar pada kebutuhan air pencampur dan kekuatan tekan (Chen et al., 2019). Agregat halus dengan modulus kehalusan (FM) antara 2,5 sampai 3,2 lebih baik untuk beton mutu tinggi. Campuran beton dengan modulus kehalusan (FM) lebih kecil dari 2,5 akan bersifat lengket dan memerlukan kebutuhan air pencampur yang lebih tinggi serta mempunyai workabilitas yang rendah. (A. Fitri et al., 2019).

Penggunaan Bahan Tambah (Admixture)

Pada umumnya beton mutu tinggi mengandung baik admixture high range water reducing, water reducing maupun retarding. Admixture high-range water reducing (HRWR) atau Superplasticizer merupakan zat paling efektif dalam campuran beton yang mempunyai kandungan semen yang tinggi (A. Fitri & Yao, 2019).

Semen

Semen merupakan bahan campuran yang secara kimiawi aktif setelah berhubungan dengan air. Agregat tidak memainkan peran yang penting dalam reaksi kimia tetapi berfungsi sebagai bahan pengisi mineral yang dapat mencegah perubahan-perubahan volume setelah pengadukan selesai dan memperbaiki keawetan beton yang dihasilkan. Semen yang digunakan untuk pekerjaan beton harus disesuaikan dengan rencana kekuatan dan spesifikasi teknik yang diberikan. Saat ini banyak tipe semen yang ada di pasaran sehingga kemungkinan variasi kekuatan semennya pun besar (Kasus et al., 2017).

METODE

- a. Menimbang beton dan meratakan permukaan beton dengan melakukan *capping* menggunakan belerang.



Gambar 1. Menimbang beton silinder



Gambar 2. Melakukan *capping* pada beton

- b. Meletakkan beton pada mesin uji tekan secara sentris, kemudian jalankan mesin uji dengan kecepatan penambahan beban yang konstan.



Gambar 3. Meletakkan beton pada CTM

- c. Melakukan pembebanan maksimum.



Gambar 4. Pembacaan beban maksimum

- d. Menggambar pola retak beton.



Gambar 5. Pola retak beton

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Hasil Percobaan

- | | |
|-----------------------------|-------------|
| a. Berat beton I | = 12,630 kg |
| b. Beban maksimum (P_1) | = 95000 N |
| c. Berat beton II | = 12,660 kg |
| d. Beban maksimum (P_1) | = 94000 N |
| e. Tinggi silinder | = 0,3 m |
| f. Jari-jari silinder | = 0,15 m |

Perhitungan

- a. Massa volume beton (sampel 1) = $\frac{\text{Berat beton}}{\text{volume beton}}$

$$\begin{aligned} &= \frac{12,63}{\frac{1}{4} \times \pi \times 0,15 \times 0,15 \times 0,30} \\ &= \frac{12,63}{0,0053} \\ &= 2382,3 \end{aligned}$$

b. Massa volume beton (sampel 2) $= \frac{\text{Berat beton}}{\text{volume beton}}$

$$\begin{aligned} &= \frac{12,66}{0,0053} \\ &= 2388,6 \end{aligned}$$

c. Kuat tekan beton (sampel 1) $= \frac{P}{A \times fu}$

$$\begin{aligned} &= \frac{95000}{0,0053 \times 0,4} \\ &= 44811320,75 \text{ MPa} \end{aligned}$$

d. Kuat tekan beton (sampel 2) $= \frac{P}{A \times fu}$

$$\begin{aligned} &= \frac{94000}{0,0053 \times 0,4} \\ &= 44339622,64 \text{ MPa} \end{aligned}$$

SIMPULAN

Dari hasil percobaan dan perhitungan yang telah dilakukan diperoleh kuat tekan beton sampel 1 hasil pengujian dengan CTM sebesar 44811320,75 MPa, dan kuat tekan beton sampel 2 hasil pengujian dengan CTM sebesar 44339622,64 MPa.

REFERENSI

- Abdul Maulud, K. N., Fitri, A., Wan Mohtar, W. H. M., Wan Mohd Jaafar, W. S., Zuhairi, N. Z., & Kamarudin, M. K. A. (2021). A study of spatial and water quality index during dry and rainy seasons at Kelantan River Basin, Peninsular Malaysia. *Arabian Journal of Geosciences*, 14(2). <https://doi.org/10.1007/s12517-020-06382-8>
- Adma, N. A. A., Ahmad, F., & Phelia, A. (2020). EVALUASI DAYA DUKUNG TIANG PANCANG PADA PEMBANGUNAN JETTY. *Jurnal Teknik Sipil*, 1(1), 7–14.
- Alfian, R., & Phelia, A. (2021). EVALUASI EFEKTIFITAS SISTEM PENGANGKUTAN DAN PENGELOLAAN SAMPAH DI TPA SARIMUKTI KOTA BANDUNG. *JICE (Journal of Infrastructural in Civil Engineering)*, 2(01), 16–22.

- Chen, H., Yao, L., & Fitri, A. (2019). The influence mechanism research of inflow temperature in different time scale on the water temperature structure. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 365(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/365/1/012058>
- Dewantoro, F. (2021). Kajian Pencahayaan dan Penghawaan Alami Desain Hotel Resort Kota Batu Pada Iklim Tropis. *JICE (Journal of Infrastructural in Civil Engineering)*, 2(01), 1–7.
- Dewantoro, F., Budi, W. S., & Prianto, E. (2019). Kajian Pencahayaan Alami Ruang Baca Perpustakaan Universitas Indonesia. *Jurnal Arsitektur ARCADE*, 3(1), 94–99.
- Fitri, A., Hashim, R., & Motamedi, S. (2017). Estimation and validation of nearshore current at the coast of Carey Island, Malaysia. *Pertanika Journal of Science and Technology*, 25(3), 1009–1018.
- Fitri, A., & Yao, L. (2019). The impact of parameter changes of a detached breakwater on coastal morphodynamic at cohesive shore: A simulation. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 365(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/365/1/012054>
- Fitri, A., Yao, L., & Sofawi, B. (2019). Evaluation of mangrove rehabilitation project at Carey Island coast, Peninsular Malaysia based on long-term geochemical changes. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 365(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/365/1/012055>
- Fitri, Arniza, Hasan, Z. A., & Ghani, A. A. (2011). *Determining the Effectiveness of Harapan Lake as Flood Retention Pond in Flood Mitigation Effort Determining the Effectiveness of Harapan Lake as Flood Retention Pond in Flood Mitigation Effort. November 2014.*
- Fitri, Arniza, Hashim, R., Abolfathi, S., & Maulud, K. N. A. (2019). Dynamics of sediment transport and erosion-deposition patterns in the locality of a detached low-crested breakwater on a cohesive coast. *Water (Switzerland)*, 11(8). <https://doi.org/10.3390/w11081721>
- Fitri, Arniza, Maulud, K. N. A., Pratiwi, D., Phelia, A., Rossi, F., & Zuhairi, N. Z. (2020). Trend Of Water Quality Status In Kelantan River Downstream, Peninsular Malaysia. *Jurnal Rekayasa Sipil (JRS-Unand)*, 16(3), 178–184.
- Fitri, Arniza, Maulud, K. N. A., Rossi, F., Dewantoro, F., Harsanto, P., & Zuhairi, N. Z. (2021). Spatial and Temporal Distribution of Dissolved Oxygen and Suspended Sediment in Kelantan River Basin. *4th International Conference on Sustainable Innovation 2020–Technology, Engineering and Agriculture (ICoSITEA 2020)*, 51–54.
- Hashim, R., Roy, C., Shamshirband, S., Motamedi, S., Fitri, A., Petković, D., & Song, K. I. I. L. (2016). Estimation of Wind-Driven Coastal Waves Near a Mangrove Forest Using Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System. *Water Resources Management*, 30(7), 2391–2404. <https://doi.org/10.1007/s11269-016-1267-0>
- Huang, X., & Fitri, A. (2019). *Influence scope of local loss for pipe flow in plane sudden expansions Influence scope of local loss for pipe flow in plane sudden expansions.* <https://doi.org/10.1088/1755-1315/365/1/012056>
- Kasus, S., Jl, P., Agung, S., Pramita, G., Lestari, F., Teknik, F., Studi, P., Sipil, T., & Indonesia, U. T. (2017). *Analisis Kinerja Persimpangan Bersinyal di Kota Bandar Lampung pada Masa Pandemi Covid -19.* 19.
- Kusuma, C. E., & Lestari, F. (2021). PERHITUNGAN DAYA DUKUNG TIANG PANCANG PROYEK PENAMBAHAN LINE CONVEYOR BATUBARA UNIT PELAKSANAAN PEMBANGKITAN SEBALANG. *Jurnal Teknik Sipil*, 2(01), 44–50.

- Lestari, F. (2015). *Studi Karakteristik Perilaku Perjalanan Siswa SMA Negeri di Kota Bandar Lampung*.
- Lestari, F. (2020). Identifikasi Fasilitas Pejalan Kaki Di Kota Bandar Lampung. *JICE (Journal of Infrastructural in Civil Engineering)*, 1(01), 27–32.
- LESTARI, F. (2018). *KOMPARASI PEMBANGUNAN KERETA CEPAT INDONESIA MENGGUNAKAN PENGALAMAN KERETA CEPAT NEGARA LAIN DARI SUDUT PANDANG EKONOMI*. UNIVERSITAS LAMPUNG.
- Lestari, F., & Aldino, A. A. (2020). Pemilihan Moda Dan Preferensi Angkutan Umum Khusus Perempuan Di Kota Bandar Lampung. *Jurnal Teknik Sipil: Rancang Bangun*, 6(2), 57–62.
- Lestari, F., Purba, A., & Zakaria, A. (2018). Komparasi Pembangunan Kereta Cepat di Indonesia Dengan Kereta Cepat di Negara Lain dari Sudut Pandang Ekonomi. *Prosiding Semnas SINTA FT UNILA Vol. 1 Tahun 2018*, 1(1), 266–272.
- Lestari, F., & Puspaningrum, S. (2021). *Pengembangan Denah Sekolah untuk Peningkatan Nilai Akreditasi pada SMA Tunas Mekar Indonesia*. 2(2), 1–10.
- Lestari, F., Setiawan, R., & Pratiwi, D. (2018). PERHITUNGAN DIMENSI SEAWALL MENGGUNAKAN LAZARUS. *Jurnal Teknik Sipil*, 9(1), 1118–1124.
- Lestari, F., Susanto, T., & Kastamto, K. (2021). PEMANENAN AIR HUJAN SEBAGAI PENYEDIAAN AIR BERSIH PADA ERA NEW NORMAL DI KELURAHAN SUSUNAN BARU. *SELAPARANG Jurnal Pengabdian Masyarakat Berkemajuan*, 4(2), 427–434.
- Phelia, A., & Damanhuri, E. (2019). *Kajian Evaluasi Tpa Dan Analisis Biaya Manfaat Sistem Pengelolaan Sampah Di Tpa (Studi Kasus TPA Bakung Kota Bandar LPhelia, A., & Damanhuri, E. (2019). Kajian Evaluasi Tpa Dan Analisis Biaya Manfaat Sistem Pengelolaan Sampah Di Tpa (Studi Kasus TPA Bakun*.
- Phelia, A., & Sinia, R. O. (2021). Skenario Pengembangan Fasilitas Sistem Pengolahan Sampah Dengan Pendekatan Cost Benefit Analysis Di Kelurahan Kedamaian Kota Bandar Lampung. *Jurnal Serambi Engineering*, 6(1).
- Pramita, G. (2019). *Studi Pengaruh Ruang Henti Khusus (RHK) Sepeda Motor Terhadap Arus Jenuh di Pendekat Simpang Bersinyal*. UNIVERSITAS LAMPUNG.
- Pramita, G., Lestari, F., & Bertarina, B. (n.d.). Study on the Performance of Signaled Intersections in the City of Bandar Lampung (Case Study of JL. Sultan Agung-Kimaja Intersection during Covid-19. *Jurnal Teknik Sipil*, 20(2).
- Pramita, G., & Sari, N. (2020). STUDI WAKTU PELAYANAN KAPAL DI DERMAGA I PELABUHAN BAKAUHENI. *JICE (Journal of Infrastructural in Civil Engineering)*, 1(01), 14–18.
- Prasetyo, A., Pangestu, A., Defrindo, Y., & Lestari, F. (2020). RENCANA PEMBANGUNAN SANITASI BERBASIS LINGKUNGAN DI DESA DADISARI KABUPATEN TANGGAMUS. *Jurnal Teknik Sipil*, 1(1), 26–32.
- Pratiwi, D. (2020). Studi Time Series Hidro Oseanografi Untuk Pengembangan Pelabuhan Panjang. *JICE (Journal of Infrastructural in Civil Engineering)*, 1(01), 1–13.
- Pratiwi, D., & Fitri, A. (2021). Analisis Potensial Penjalaran Gelombang Tsunami di Pesisir Barat Lampung, Indonesia. *Jurnal Teknik Sipil*, 8(1), 29–37.
- Pratiwi, D., Sinia, R. O., & Fitri, A. (2020). PENINGKATAN PENGETAHUAN MASYARAKAT TERHADAP DRAINASE BERPORUS YANG DIFUNGSIKAN SEBAGAI TEMPAT PERESAPAN AIR HUJAN. *Journal of Social Sciences and Technology for Community Service (JSSTCS)*, 1(2).
- Purba, A., Kustiani, I., & Pramita, G. (2019). A Study on the Influences of Exclusive Stopping Space on Saturation Flow (Case Study: Bandar Lampung). *International*

- Conference on Science, Technology & Environment (ICoSTE).*
- Rosmalasari, T. D., Lestari, M. A., Dewantoro, F., & Russel, E. (2020). Pengembangan E-Marketing Sebagai Sistem Informasi Layanan Pelanggan Pada Mega Florist Bandar Lampung. *Journal of Social Sciences and Technology for Community Service (JSSTCS)*, 1(1), 27–32.
- Safuan, A. P. (2014). *REVITALISASI INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH PADA BEBERAPA TEMPAT PEMBUANGAN AKHIR SAMPAH DI PROVINSI LAMPUNG.*
- Science, E. (2019). *The impact of parameter changes of a detached breakwater on coastal morphodynamic at cohesive shore : A simulation The impact of parameter changes of a detached breakwater on coastal morphodynamic at cohesive shore : A simulation.* <https://doi.org/10.1088/1755-1315/365/1/012054>
- Setiawan, R., Lestari, F., & Pratiwi, D. (2017). PENGARUH SULFAT PADA KEKUATAN BETON YANG MENGGUNAKAN LIMBAH BATU BARA SEBAGAI BAHAN PENGGANTI SEMEN. *Jurnal Teknik Sipil*, 8(2), 1093–1098.
- Study, E., & Main, U. S. M. (2013). *Effectiveness of Aman Lake as Flood Retention Ponds in Flood Mitigation Effectiveness of Aman Lake as flood retention ponds in flood mitigation effort : study case at USM Main Campus , Malaysia. December.*