

Kajian Komparasi Persiapan Tebal Lapisan Perkerasan Lentur Dengan Metode Manual Desain Perkerasan Bina Marga 2017 Dan Metode Aashto 1993 Jalan Kedah – Kong Bur Sta 2+000 – 4+000

Arini Ulfa Mawaddah

¹Program Studi Teknik Sipil, ²Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Medan
Jl. Muchtar Basri No. 3, Glugur Darat II, Kec. Medan Timur, Kota Medan, Sumatera Utara

ariniulfa@gmail.com

Abstrak

Lancarnya arus lalu-lintas akan sangat mendukung perkembangan ekonomi suatu daerah seperti Kabupaten Gayo Lues khususnya pada Ruas Jalan Kedah-Kong Bur, Kecamatan Cinta Maju dan Kecamatan Blangjerango, Kabupaten Gayo Lues. Studi ini bertujuan untuk mengetahui parameter peningkatan konstruksi pada Jalan Kedah – Kong Bur Kecamatan Cinta Maju dan Kecamatan Blangjerango Kabupaten Gayo Lues Sta. 2+000 – Sta. 4+000. Parameter yang dimaksud dalam hal ini mencakup tebal perkerasan. Metode yang digunakan adalah Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 dan Metode AASHTO 1993 untuk perkerasan. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan diperoleh hasil pada Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 untuk Lapisan Permukaan dengan ketebalan 10 cm, Lapisan Pondasi Kelas A dengan ketebalan 40 cm, dan Timbunan Pilihan dengan ketebalan 10 cm. Sedangkan pada Metode AASHTO 1993 yaitu Lapisan Permukaan dengan ketebalan 7 cm, Lapisan Pondasi Kelas A dengan ketebalan 18 cm, Lapisan Pondasi Kelas B dengan ketebalan 20 cm dan Timbunan Pilihan dengan ketebalan 10 cm. Dan pada Metode Lapangan yaitu Lapisan Permukaan dengan ketebalan 6 cm, Lapisan Pondasi Kelas A dengan ketebalan 20 cm, Lapisan Pondasi Kelas B dengan ketebalan 20 cm dan Timbunan Pilihan dengan ketebalan 20 cm.

Kata Kunci: AASHTO, Bina Marga, Jalan Baru, Perkerasan Lentur.

1. PENDAHULUAN

Jalan merupakan sarana terpenting dari transportasi darat, dengan adanya jalan akses dari daerah satu ke daerah lainnya menjadi semakin mudah. Perkembangan jalan dari waktu ke waktu juga semakin meningkat pesat. Perkembangan transportasi darat dan perkembangan aktivitas manusia juga diikuti dengan adanya perbaikan, pelebaran dan pembukaan jalan-jalan baru, seperti yang terjadi di Kota Blangkejeren Kabupaten Gayo Lues Provinsi Aceh. Kebutuhan jalan sangat diperlukan untuk menunjang laju pertumbuhan ekonomi dan kesejahteraan masyarakat seiring dengan meningkatnya kebutuhan sarana transportasi yang dapat menjangkau daerah-daerah terpencil yang merupakan sentral produksi pertanian. Begitu halnya di Daerah Kabupaten Gayo Lues, Provinsi Aceh, transportasi sebagai salah satu sarana penunjang dalam pembangunan suatu wilayah yang sedang berkembang dan sangat potensial dengan kekayaan sumber daya alam, industri, pertanian dan perkebunannya.

Salah satu pembangunan jalan di Gayo Lues yang dijadikan prioritas pembangunan di Tahun 2021 yaitu jalan Kedah – Kong Bur, jalan ini diharapkan rampung pada Tahun 2021 dengan panjang jalan sekitar 6,5 Km. Jalan ini akan menghubungkan 2 (dua) Kecamatan, yaitu Kecamatan Cinta Maju dan Kecamatan Blangjerango. Kecamatan Cinta Maju yang arahan pengembangannya akan dijadikan sebagai Pusat Perdagangan, Industri dan jasa akan terkoneksi dengan baik dan akses jalan yang memadai dengan Kecamatan Blangjerango yang merupakan salah satu Kecamatan dengan hasil pertanian minyak sere wangi, kakao, nilam dan juga pusat industri hasil pertambangan mineral.

Dalam pembangunan jalan Kedah – Kong Bur tersebut sangat penting diperhatikan perhitungan tebal perkerasan jalan tersebut, karena selain merupakan jalan kolektor yang dilewati kendaraan sedang dan berat, jalan tersebut juga memiliki volume lalu lintas harian yang cukup tinggi sehingga dengan adanya perencanaan yang baik lapis perkerasan yang direncanakan diharapkan mampu bertahan sesuai masa layannya.

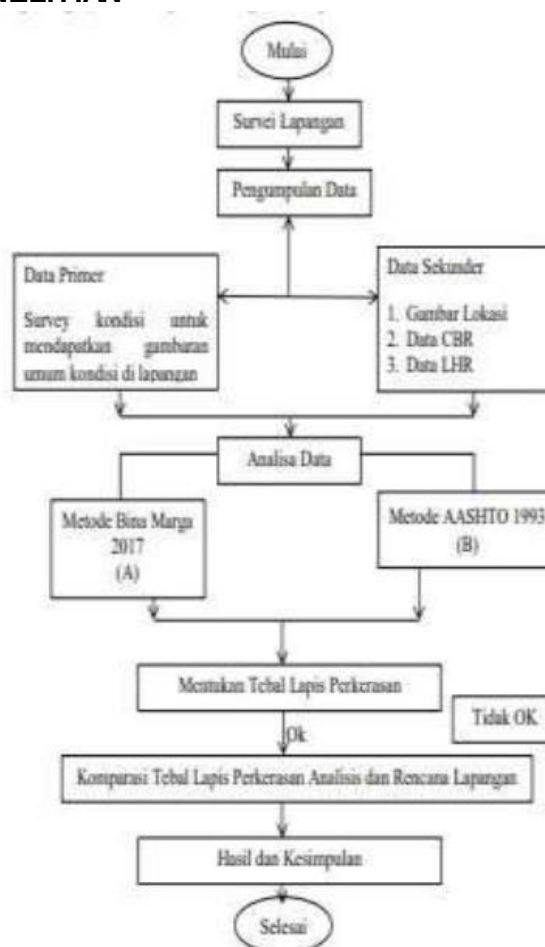
Banyak metode yang digunakan untuk menentukan tebal perkerasan jalan antara lain metode ASSHTO, metode analisa komponen, metode bina marga dan metode lainnya. Pada tulisan ini digunakan metode Manual Desain Perkerasan (MDP) Jalan Binamarga 2017. Selain itu, metode penentuan perkerasan jalan juga akan dianalisis dengan metode AASHTO 1993 yang merupakan metode perkerasan untuk perkerasan jalan baru dengan parameter beban gandar standar ekuivalen (ESAL).

Perkerasan lentur atau flexible pavement adalah salah satu jenis perkerasan yang menjadikan aspal sebagai bahan pengikatnya, sifat lapisan perkerasannya menopang serta menyebarkan beban kendaraan yang melintas sampai ke tanah dasar. Perkerasan lentur umumnya digunakan pada lalu lintas ringan yang memiliki beban kecil sebab, beban kendaraan berat serta kondisi cuaca sangat berpengaruh pada strukturnya. Untuk perhitungan dalam perencanaan dengan metode bina marga telah disesuaikan dan ditetapkan dalam spesifikasi setiap jenis perkerasan serta penanganannya yang dipaparkan dalam Manual Desain Perkerasan tahun 2017.

Lalu lintas Harian Rata-Rata Tahunan (LHRT), yaitu volume lalu lintas harian yang diperoleh dari nilai rata-rata jumlah kendaraan selama satu tahun penuh. Lalu lintas Harian Rata-Rata (LHR), yaitu volume lalu lintas harian yang diperoleh dari nilai rata-rata jumlah kendaraan selama beberapa hari pengamatan.

Adapun tujuan penulisan dari akhir ini adalah Untuk mengetahui tebal lapis perkerasan lentur dari metode metode Manual Desain Perkerasan (MDP) Jalan Binamarga 2017 dan AASHTO 1993. Selain itu untuk mendapatkan perbandingan tebal perkerasan lentur antara metode Manual Desain Perkerasan (MDP) Jalan Binamarga 2017 dan AASHTO 1993. Dan untuk mengetahui pemilihan metode perencanaan yang efektif berkaitan dengan lokasi penelitian.

2. METODE PENELITIAN



Gambar 1 Alur Penelitian

Pengumpulan Data

Proses pemecahan masalah jalan pada lokasi studi memerlukan analisis yang teliti terhadap data yang dikumpulkan dari setiap parameter yang akan digunakan dalam solusi permasalahan. Penyajian data yang lengkap dan teori yang memadai akan memberikan hasil perancangan yang baik. Adapun cara pengumpulan data penyusunan Tugas Akhir dapat dilakukan dengan metode seperti dibawah ini:

1. Studi pustaka (literatur) yaitu metode pengumpulan data dengan menelaah buku literature yang relevan
2. Pengumpulan data dengan melakukan peninjauan langsung ke lapangan dan pengumpulan data dari instansi terkait.

Dalam perancangan lapis perkerasan pada Ruas Jalan Kedah – Kong Bur STA 2+000 s/d STA 4+000 diperlukan sejumlah data sebagai bahan kajian, diantaranya:

1. Perancangan Tebal Perkerasan

- Data Lalu Lintas Rata – Rata (LHR) Data ini diambil langsung dengan melakukan survey lalu lintas
- Data Tanah Data ini diperoleh dari Kantor Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Kabupaten Gayo Lues

Tabel 1: Inventaris Sumber Data Penelitian

No.	Data - data	Sumber
1.	Data Lalu Lintas Harian (LHR)	Survei
2.	Data Tanah CBR	Survei

Perancangan Teknik

Perancangan teknis adalah tahap menciptakan desain produk dan alternatif solusi terpilih sebagai panduan dalam pelaksanaan pekerjaan di lapangan. Setiap detail rancangan harus mengacu pada referensi pustaka yang relevan, standar/pedoman perencanaan yang berlaku, spesifikasi teknis, dan dasar hukum yang mengaturnya.

Produk yang akan dihasilkan dari studi perencanaan peningkatan struktur ini adalah

- Perancangan tebal lapis perkerasan dengan Metode Bina Marga 2017
- Perancangan tebal perkerasan dengan Metode AASHTO 1993

3. HASIL

Perhitungan Tebal Lapis Perkerasan Lentur Menggunakan Metode Bina Marga 2017

Lalu Lintas Data lalu lintas harian ruas jalan Jalan Kedah – Kong Bur (STA 2+000 - STA 4+000) dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2: Data Lalu Lintas

Jenis Kendaraan	VLHR
Kendaraan ringan 2 ton	50
Pick up	24
Truck 2 as	18
Total	92

Data perencanaan lalu lintas untuk Jalan Kedah – Kong Bur (STA 2+000 – 4+000) seperti pada Tabel 3.

Tabel 3: Data perencanaan lalu lintas

No.	Data	Keterangan
1.	Jenis jalan	Kolektor
2.	Umur rencana (UR)	20 tahun (2020-2040)
3.	Pertumbuhan lalu lintas (i)	4,83%
4.	Distribusi kendaraan	Satu lajur dua arah

Rencana Jumlah Kendaraan Dalam Periode Akhir Umur Rencana (20 tahun)

Dalam menentukan kumulatif beban sumbu standard ekuivalen selama umur rencana, ada beberapa aspek penting didalamnya

- Menentukan nilai Vehicle Damage Factor (VDF) Vehicle Damage Factor merupakan akumulasi angka ekuivalen dari sumbu roda kendaraan depan dan sumbu roda kendaraan belakang. Berdasarkan Tabel 2.18 nilai VDF diperoleh hasil sebagai berikut:
 - Kendaraan ringan 2 ton diklasifikasikan 5A
 - Pick up diklasifikasikan 5B
 - Truck 2 as diklasifikasikan 6B
 - Menentukan Faktor
- Pertumbuhan Lalu Lintas (R) Maka untuk analisis ini nilai faktor pertumbuhan lalu lintas pada permulaan periode beban normal MST 12 ton pada tahun 2020-2040 adalah

$$R_{(2020-2040)} = \frac{(1+i)^{UR}-1}{i}$$

$$R_{(2020-2040)} = \frac{(1+0,0483)^{20}-1}{0,0483}$$

$$R_{(2020-2040)} = 32,47$$

- Menentukan Faktor Distribusi Lajur (DL) Berdasarkan data lalu lintas 1 lajur 2 arah, maka nilai faktor distribusi lajur adalah 100 % atau DL = 1.
- Menentukan Faktor Distribusi Arah (DD) Berdasarkan Bina Marga 2017, faktor distribusi arah untuk jalan umum yaitu DD = 0,5.
- Beban Sumbu Standar Kumulatif Untuk perhitungan ESA5 (2020- 2040) pada kendaraan pick up adalah sebagai berikut: $ESA5 (2020-2040) = (779,28 \times 1) \times 365 \times 0,5 \times 1 = 142.218,6$

Tabel 4: Nilai kumulatif beban sumbu selama standar ekuivalen umur rencana

Jenis Kendaraan	LHR (2020)	VDF normal	LHR (2040)	ESA ₅ (2020-2040)
Kendaraan ringan 2 ton	50	0	1.623,5	-
Pick up	24	1	779,28	142.218,6
Truck 2 as	18	7,4	584,46	789.313,23
Total				931.531,83
CESAL				931.531,83

Nilai – nilai ESA5 untuk jenis kendaraan lainnya dapat dilihat pada Tabel 4. Dari perhitungan pada Tabel 4 di atas, maka didapat nilai. Jadi nilai CESAL5 adalah 0,93 juta.

Penentuan Dan Pemilihan Jenis Perkerasan

Pemilihan perkerasan akan bervariasi sesuai volume kendaraan, umur rencana, dan kondisi pondasi jalan. Maka penentuan dan pemilihan jenis perkerasan dapat ditentukan pada Tabel 2.13. Berdasarkan Nilai CESAL5 yaitu 931.531,83 dan nilai ESA untuk 20 tahun maka nilai dibagi dengan 1 juta adalah 0,93 juta.

Berdasarkan Tabel 2.13 diatas maka nilai CESAL5 0,93 juta beralih pada rentang 0,1-4 juta selisih diperoleh struktur perkerasan AC (Asphalt Concrete) tipis pondasi berbutir dengan parameter Desain 3B dan kriteria dengan kontraktor yang menyelesaikan perkerasan lentur adalah kontraktor kecil – medium sampai kontraktor besar dengan alat yang memadai.

Desain Pondasi

Grafik CBR (%) diperoleh pada persen yang sama atau lebih besar (%) 90% maka nilai CBR desain / CBR kriteria adalah 6%. Perbaikan tanah dasar dengan alternatif adalah material timbunan pilihan = 100 mm.

Desain Tebal Perkerasan Jalan

Hasil desain tebal perkerasan lentur yaitu:

- AC WC = 40 mm
- AC BC = 60 mm
- AC Base = 0 mm
- LFA Kelas A = 400 mm



Gambar 2: Detail Perkerasan Metode Bina Marga 2017

Perhitungan Tebal Perkerasan Lentur (flexible pavement) Metode AASTHO 1993

Parameter – parameter

1. Faktor distribusi lajur adalah 100%.
2. Standar deviasi (S_o) ditentukan untuk flexible pavement adalah 0,35.
3. Reliabilitas (R) untuk jalan perkotaan antara 80 – 95 diambil 85.
4. Simpangan baku normal (Z_r) adalah – 1,037.
5. Serviceability P_o (Initial Serviceability) sebesar 4,
Pt (Terminal Serviceability) sebesar 2,0
Jadi nilai ΔPSI adalah $P_o - P_t = 4,2 - 2,0 = 2,2$
6. Modulus Resilient
MR untuk tanah dasar

$$\begin{aligned} MR &= 1500 \times \text{CBR tanah dasar} \\ &= 1500 \times 6\% \\ &= 9000 \text{ Psi} \end{aligned}$$

Modulus Resilient = 0,36 MR untuk lapis pondasi atas CBR 90% = 29.000 Psi
 MR untuk lapis pondasi bawah CBR 60% = 18.000 Psi

Koefisien Kekuatan Relatif Lapisan (a)

Koefisien relatif lapisan ini menggambarkan hubungan empiris antara indeks tebal perkerasan (SN) dan ketebalan perkerasan, dan merupakan suatu ukuran kemampuan relative material untuk dapat berfungsi sebagai komponen struktur perkerasan. Dari Tabel 2.26 sebagai berikut:

1. $a_1 = 0,36$
2. $a_2 = 0,134$
3. $a_3 = 0,13$

Mencari Indeks Tebal Perkerasan (Structural Number (SN))

Dengan nilai modulus elastisitas pada masing – masing lapisan yang sudah diketahui maka nilai SN sebagai berikut:

1. $SN_1 = 0,95$
2. $SN_2 = 1,87$
3. $SN_3 = 2,87$

Perhitungan Tebal Perkerasan

Untuk mengetahui nilai tebal lapis perkerasan dapat dihitung dengan Rumus 2.8:
 $SN = a_1.D_1 + a_2.D_2.m_2 + a_3.D_3.m_3$

$$m_1 = 1$$

$$m_2 = 1$$

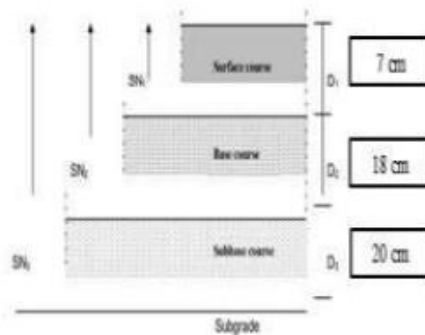
$$\begin{aligned} &\text{➤ } D_1 \geq \frac{SN_1}{a_1} \\ &= \frac{0,95}{0,36} = 2,64 \text{ inchi} = 7 \text{ cm} \\ &\text{➤ } SN_1 = a_1 * D_1 \geq SN_1 \\ &= 0,36 * 2,64 = 0,95 \text{ Oke} \\ &\text{➤ } D_2 \geq \frac{SN_2 - SN_1}{a_2 * m_2} \\ &= \frac{1,87 - 0,95}{0,134 * 1} = 6,9 \text{ inchi} = 18 \text{ cm} \\ &\text{➤ } SN_1 + SN_2 \geq SN_2 \\ &= 1,87 - 0,95 = 0,92 \\ &= SN_1 + SN_2 = 1,87 \text{ Oke} \\ &\text{➤ } D_3 \geq \frac{SN_3 - (SN_1 + SN_2)}{a_3 * m_3} \\ &= \frac{2,87 - (0,95 + 0,92)}{0,13 * 1} = 7,9 \text{ inchi} \\ &= 20 \text{ cm} \\ &\text{➤ } a_1 * D_1 + a_2 * D_2 + a_3 * D_3 \geq SN_3 \\ &= 2,88 > 2,87 \text{ Oke} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas didapatkan tebal lapis perkerasan sebagai berikut:

$$D_1 = 7 \text{ cm}$$

$$D_2 = 18 \text{ cm}$$

$$D_3 = 20 \text{ cm}$$



4. PEMBAHASAN

Perbandingan Hasil Metode AASHTO 1993, Metode Manual Desain Perkerasan Jalan No. 04/SE/Db/2017 dan Hasil Perhitungan Lapangan

1. Metode Bina Marga 2017
Lapisan Permukaan = 10 cm
Lapis Pondasi Kelas A = 40 cm
Lapis Pondasi Kelas B = -
Urugan Pilihan = 10 cm
Total = 60 cm
2. Metode AASHTO 1993
Lapisan Permukaan = 7 cm
Lapis Pondasi Kelas A = 18 cm
Lapis Pondasi Kelas B = 20 cm
Urugan Pilihan = 10 cm
Total = 55 cm
3. Lapangan Lapisan Permukaan = 6 cm
Lapis Pondasi Kelas A = 20 cm
Lapis Pondasi Kelas B = 20 cm
Urugan Pilihan = 20 cm
Total = 66 cm

Dari hasil perancangan ketebalan yang telah dilakukan, maka untuk perhitungan volume ketebalan perkerasan digunakan hasil perancangan berdasarkan Manual Desain Perkerasan Jalan No. 04/SE/Db/2017, Bina Marga 2017 atas pertimbangan bahwa metode tersebut adalah metode terbaru dan dikeluarkan oleh Bina Marga.

5. KESIMPULAN

Dari analisis perhitungan, maka diperoleh data – data yang dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Hasil perhitungan tebal lapis perkerasan Jalan Kedah – Kong Bur Kecamatan Blangjerango, Kabupaten Gayo Lues Sta. 2+000 – Sta. 4+000 dengan menggunakan Metode Manual Desain Perkerasan Jalan No. 04/SE/Db/2017 yaitu Lapisan Permukaan dengan ketebalan 10 cm, Lapis Pondasi Kelas A dengan ketebalan 40 cm, Urugan Pilihan 10 cm dan .
2. Hasil perhitungan tebal lapis perkerasan Jalan Kedah – Kong Bur Kecamatan Blangjerango, Kabupaten Gayo Lues Sta. 2+000 – Sta. 4+000 dengan menggunakan Metode AASHTO 1993 yaitu Lapisan Permukaan dengan

ketebalan 7 cm, Lapis Pondasi Kelas A dengan ketebalan 18 cm, Lapis Pondasi Kelas B dengan ketebalan 20 cm, dan Urugan Pilihan 10 cm.

3. Hasil perhitungan tebal lapis perkerasan Jalan Kedah – Kong Bur Kecamatan Blangjerango, Kabupaten Gayo Lues Sta. 2+000 – Sta. 4+000 dengan menggunakan Hasil Perhitungan Lapangan yaitu Lapisan Permukaan dengan ketebalan 6 cm, Lapis Pondasi Kelas A dengan ketebalan 20 cm, Lapis Pondasi Kelas B dengan ketebalan 20 cm, dan Urugan Pilihan 20 cm.

REFERENSI

- Amrizal, A., & Lisra, J. (2016). Kajian Kelayakan Ekonomi Pembangunan Jembatan Layang Simpang Selayang Kota Medan. *Jurnal Teknik Sipil Unaya*, 1(1).
- Dary, R. W., Frapanti, S., & Utami, C. (2019). Evaluasi Kekakuan Batu Bata Lubuk Pakam Pada Bangunan Bertingkat Dengan Analisis Pushover. *Portal: Jurnal Teknik Sipil*, 11(2), 11-15.
- Dharmagiri I. B., I Ketut Sudarsana, dan N.L.P. Eka Agustiningsih. "Kuat Tarik Belah dan Lentur Beton dengan Penambahan Styrofoam." *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil* Vo. 12 (Juli 2008) Dipohusodo, I., 1993, Struktur Beton Bertulang, Berdasarkan SK SNI T-15-1991-03, Departemen Pekerjaan Umum RI, PT Gramedia Pustaka Utama: Jakarta.
- Efrida, R. (2018). Pengaruh Setback Pada Bangunan Dengan Soft Story Terhadap Kinerja Struktur Akibat Beban Gempa. *Educational Building Jurnal Pendidikan Teknik Bangunan dan Sipil*, 4(1 JUNI), 62-69.
- Efrida, R. (2010). *Analisis Struktur dengan Metode Kekakuan yang Dimodifikasi Untuk Gedung Beton Bertulang Berlantai Banyak Pada Stadium Retak* (Doctoral dissertation, Universitas Mercu Buana).
- Efrida, R., & Utami, C. (2019). EVALUASI KINERJA DINDING PENGISI BATA MERAH DENGAN OPENINGS PADA STRUKTUR BETON BERTULANG AKIBAT BEBAN GEMPA KUAT. *Portal: Jurnal Teknik Sipil*, 11(2), 24-29.
- Enda, D. (2016). Kajian Eksperimental Perkuatan Agregat Kasar Styrofoam dengan Lapisan Coating pada Pembuatan Beton Ringan. *Inovtek Polbeng*, 6(2), 103-111.
- Faisal, A. (2019). Studi parametrik kinerja dinding pengisi bata merah pada struktur beton bertulang akibat beban gempa. *KUMPULAN JURNAL DOSEN UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA*, 9(2).
- Frapanti, S. (2018). Analisa Portal yang Memperhitungkan Kekakuan Dinding Bata dari Beberapa Negara Pada Bangunan Bertingkat Dengan Pushover. *Kumpulan Jurnal Dosen Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*.
- Frapanti, S., Asfiati, S., & Hadipramana, J. (2020). Pendampingan Legalitas Mutu Berstandart SNI Guna Meningkatkan Pendapatan Home Industri Batu Bata Di Desa Sido Urip Kecamatan Beringin Kabupaten Deli Serdang. *JURNAL PRODIKMAS Hasil Pengabdian Kepada Masyarakat*, 5(1), 41-46.
- Gardjito, Edy, Agata Iwan Candra, and Yosef Cahyo. 2018. "Pengaruh Penambahan Batu Karang Sebagai Substitusi Agregat Halus Dalam pembuatan Paving Block." *UKaRsT* 2(1): 36.
- Gunawan, R. (2006). Analisis Sumber Daya Air Daerah Aliran Sungai Bah Bolon Sebagai sarana Pendukung Pengembangan Wilayah di Kabupaten Simalungun dan Asahan. *WAHANA HIJAU Jurnal Perencanaan & Pengembangan Wilayah*, 2(1).
- Hadi, S. (2019). Analisiskuat Tekan Beton Ringan Dengan Bahan Tambah Styrofoam. *Media Bina Ilmiah*, 14(5), 2533-2540.
- Hadipramana, J., & Syahputra, J. (2021). PERBANDINGAN SIMULASI GAYA AKSIAL DAN LATERAL PLAIN WALL BETON RINGAN ANTARA CAMPURAN STYROFOAM DENGAN LAPISAN COATING DAN ABU SEKAM PADI DENGAN FLY ASH. *PROGRESS IN CIVIL ENGINEERING JOURNAL*, 1(2).
- Hadipramana, J., Riza, F. V., Rahman, I. A., Loon, L. Y., Adnan, S. H., & Zaidi, A. M. A. (2016, November). Pozzolanic characterization of waste Rice husk ash (RHA) from

- Muar, Malaysia. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 160, No. 1, p. 012066). IOP Publishing.
- Hadipramana, J., Samad, A. A. A., Zaidi, A. M. A., Mohammad, N., & Ali, N. (2013). Contribution of polypropylene fibre in improving strength of foamed concrete. In *Advanced Materials Research* (Vol. 626, pp. 762-768). Trans Tech Publications Ltd.
- Harahap, M., Siregar, G., & Riza, F. V. (2021). Mapping The Potential Of Village Agricultural Social Economic Improvement Efforts In Lubuk Kertang Village Kecamatan Berandan Barat Kabupaten Langkat. *JASc (Journal of Agribusiness Sciences)*, 4(1), 8-14.
- Jamaludin, S. B., Hadipramana, J., Wahid, M. F. M., Hussin, K., & Rahmat, A. (2013). Microstructure and interface analysis of glass particulate reinforced aluminum matrix composite. In *Advanced Materials Research* (Vol. 795, pp. 578-581). Trans Tech Publications Ltd.
- Majid, T. A., Wan, H. W., Zaini, S. S., Faisal, A., & Wong, Z. M. (2010). The effect of ground motion on non-linear performance of asymmetrical reinforced concrete frames. *Disaster Advances*, 3(4), 35-39.
- Nurmaidah, U. M. A. (2015). Penggunaan Agregat Halus Dengan Sumber Lokasi Berbeda Untuk Campuran Beton. *ARBITEK: Jurnal Teknik Sipil & Arsitektur*, 1(2).
- Nurzanah, W. (2021). SUMUR RESAPAN UNTUK PEMANENAN AIRHUJAN DI KECAMATAN MEDAN BELAWAN. *Al Ulum*, 9(1), 1-7.
- Pane, Y., & Pasca, D. S. (2021). Analisa Semen Portland Dan Abu Batu Sebagai Filler Dengan Marshall Dan Durabilitas Aspal Hotmix (AC-WC). *SKYLANDSEA PROFESIONAL Jurnal Ekonomi, Bisnis dan Teknologi*, 1(2), 86-95.
- Pane, Y., Sembiring, D. S. P. S., & Suhelmi, S. (2021). PEMANFAATAN LIMBAH STEEL SLAG SEBAGAI PENGANTI AGREGAT KASAR DALAM PERANCANGAN MUTU BETON NORMAL. *AFoSJ-LAS (All Fields of Science J-LAS)*, 1(1), 07-13.
- Pane, Y., Zega, O., Zalukhu, H. P., & Buulolo, C. W. BANGUNAN HEMAT BIAYA DENGAN KREASI BATU BATA BERWARNA. *Educational Building Jurnal Pendidikan Teknik Bangunan dan Sipil*, 5(1JUNI), 22-25.
- Putera, T. A., & Pratama, A. D. (2021). PENGARUH PENAMBAHAN TEBAL PADA BASE PLATE DENGAN DAN TANPA PENGAKU (STIFFNERS) TERHADAP MOMEN-ROTASI. *PROGRESS IN CIVIL ENGINEERING JOURNAL*, 1(2).
- Putera, T. A., Efrida, R., & Pasaribu, H. M. (2018). DEFORMASI STRUKTUR BANGUNAN RUMAH TOKO DI MEDAN AKIBAT GEMPA BERULANG. *Portal: Jurnal Teknik Sipil*, 10(1).
- Rashidi, A., Majid, T. A., Fadzli, M. N., Faisal, A., & Noor, S. M. (2017, October). A Comprehensive Study on the Influence of Strength and Stiffness eccentricities to the On-plan Rotation of Asymmetric Structure. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 1892, No. 1, p. 120013). AIP Publishing LLC.
- Riza, F. V., Lubis, D. S., & Manurung, F. V. B. (2021). ANALISIS MEKANIS BETON BUSA DENGAN KOMBINASI SERAT SABUT KELAPA SERTA BAHAN TAMBAHAN ABU SEKAM PADI DAN SERBUK CANGKANG TELUR. *PROGRESS IN CIVIL ENGINEERING JOURNAL*, 1(2).
- Roslan, H. A., Adiyanto, M. I., Harith, N. S. H., Faisal, A., & Razak, S. M. S. A. (2021, February). Impact of seismic design on cost of structural materials for two storey hostel building in Sabah. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 682, No. 1, p. 012024). IOP Publishing.
- Samad, A. A. A., Hadipramana, J., Mohamad, N., Ali, A. Z. M., Ali, N., Inn, G. W., & Tee, K. F. (2018). Development of green concrete from agricultural and construction waste. In *Transition Towards 100% Renewable Energy* (pp. 399-410). Springer, Cham.
- Shetty, M.S. 2000. Concrete Technology-Theory And Practice. India: S. Chand Limited.
- Siahaan, N. S. M., Sumajouw, M. D., & Mondoringin, M. R. (2020). Penggunaan Styrofoam Sebagai Substitusi Parsial Agregat Kasar Terhadap Nilai Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah Beton Ringan. *Jurnal Sipil Statik*, 8(4).

- Siregar, Z. (2020). Kajian Penataan Jalur Pedestarian Jalan Kapten Mukhtar Basri Medan Sebagai Akses Utama Kampus UMSU. *Jurnal MESIL (Mesin Elektro Sipil)*, 1(1), 46-55.
- SURYANTO, B., DALIMUNTHE, M., NAGAI, K., & MAEKAWA, K. SHEAR FATIGUE PERFORMANCE AND CRACK SURFACE OBSERVATIONS IN PVA-ECC BEAMS WITHOUT WEB REINFORCEMENT.
- Taib, A., Zahid, M. Z. A. M., Faisal, A., & Wan Ahmad, S. (2014). Axial load variations of irregular RC frames with setback under vertical earthquakes. *Journal of Civil Engineering Research*, 4(3A), 138-144.
- Tahara, R. M. K., Majid, T. A., Zaini, S. S., & Faisal, A. (2017, October). Effect of repeated earthquake on inelastic moment resisting concrete frame. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 1892, No. 1, p. 020019). AIP Publishing LLC.
- Tarigan, A. P. M., & Nurzanah, W. (2016). The Shoreline Retreat and Spatial Analysis over the Coastal Water of Belawan. *INSIST*, 1(1), 65-69.
- Zahid, M. Z. A. M., Majid, T. A., & Faisal, A. (2012). Effect of repeated near field earthquake to the high-rise Rc building. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 6(10), 129-138.
- Zurkiyah, Z., & Hidayat, N. (2021). STUDI OPTIMASI WAKTU DAN BIAYA ALAT BERAT PADA PEKERJAAN PONDASI DENGAN METODE TIME COST TRADE OFF PADA PROJECT PEMBANGUNAN TERMINAL LPG PRESSURIZED 4 X 3000 MT MEDAN-BELAWAN. *PROGRESS IN CIVIL ENGINEERING JOURNAL*, 1(2).