

ANALISIS PERENCANAAN TEBAL PERKERASAN LENTUR DENGAN METODE MANUAL DESAIN PERKERASAN (MDP) BINA MARGA 2017 (Studi Kasus Pada Ruas Jalan Kampus Universitas Islam Kuantan Singingi – Kantor Bupati)

Tomi Apriadi¹, Iwayan Dermana²

^{1,2}, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Kuantan Singingi
Jl. Gatot Subroto Km. 7 Teluk Kuantan- Kabupaten Kuantan Singingi
email: tomiapriado22@gmail.com

Abstrak

Jalan merupakan infrastruktur penting dalam mendukung mobilitas masyarakat dan pembangunan daerah. Ruas jalan Kampus Universitas Islam Kuantan Singingi – Kantor Bupati merupakan akses utama yang sangat dibutuhkan, namun kondisi eksisting jalan ini masih berupa tanah bercampur batu yang tidak layak untuk digunakan, terutama pada saat musim penghujan dan kemarau. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tebal perkerasan yang diperlukan pada ruas jalan Kampus Universitas Islam Kuantan Singingi – Kantor Bupati berdasarkan metode Manual Desain Perkerasan (MDP) Bina Marga 2017, sehingga mampu menahan beban lalu lintas sesuai dengan umur rencana 20 tahun. Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi data primer berupa hasil survei Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) dan data sekunder seperti nilai California Bearing Ratio (CBR) dari penelitian sebelumnya. Proses perhitungan dilakukan menggunakan metode MDP Bina Marga 2017 yang mempertimbangkan berbagai parameter, termasuk pertumbuhan lalu lintas, Vehicle Damage Factor (VDF), dan nilai kumulatif beban sumbu standar ekuivalen (CESAL). Berdasarkan perhitungan, diperoleh tebal lapisan perkerasan lentur sebagai berikut: AC-WC setebal 40 mm, AC-BC setebal 60 mm, AC Base setebal 80 mm, dan lapisan pondasi agregat kelas A setebal 300 mm. Perkerasan lentur yang direncanakan menggunakan metode MDP Bina Marga 2017 diharapkan mampu meningkatkan kualitas jalan dan mendukung kelancaran lalu lintas pada ruas jalan Kampus Universitas Islam Kuantan Singingi – Kantor Bupati selama umur rencana 20 tahun..

Kata kunci : Tebal Perkerasan, Perkerasan Lentur, Metode MDP, Bina Marga 2017, CESAL, Ruas Jalan Kampus.

1. PENDAHULUAN

Di Provinsi Riau kebutuhan akan jalan merupakan suatu kebutuhan yang sangat penting dalam sistem transportasi lalu lintas, baik transportasi darat, laut maupun udara. Khususnya di Kabupaten Kuantan Singingi. Transportasi darat merupakan salah satu sarana yang menunjang dalam hubungan antar daerah maupun antar Provinsi. Maka sewajarnya pembangunan jalan dilakukan secara terus menerus demi menunjang kelancaran lalu lintas sehingga dapat difungsikan secara maksimal. Kuantan Singingi khususnya jalan Kampus Universitas Islam Kuantan Singingi – Kantor Bupati menjadi jalan kabupaten defenitif perkembangan Pendidikan karena disana tempat satu – satu nya kampus yang ada di



Kabupaten Kuantan Singingi. Diharapkan dengan diadakannya kegiatan pembangunan terhadap beberapa ruas jalan yang ada di kabupaten Kuantan Singingi khususnya ruas Jalan Kampus Universitas Islam Kuantan Singingi – Kantor Bupati. Sehingga pembangunan dan perkembangan pada daerah Kabupaten Kuantan Singingi (Jalan Kampus Universitas Islam Kuantan Singingi – Kantor Bupati) khususnya dimasa yang akan datang dapat lebih baik lagi dari yang sebelumnya, guna menjaga kelancaran arus lalu lintas pada Jalan Kampus Universitas Islam Kuantan Singingi – Kantor Bupati tersebut perlu direncanakan suatu sistem perkerasan yang dapat menjaga kelancaran transportasi pada ruas jalan tersebut yang umumnya akan dilewati oleh kendaraan.

Perencanaan tebal perkerasan merupakan salah satu tahapan dalam pekerjaan jalan dengan sasaran utama adalah memberikan pelayanan yang optimal kepada masyarakat pengguna jalan. Ruas Jalan Kampus Universitas Islam Kuantan Singingi – Kantor Bupati memiliki panjang 4,5 km. Kondisi eksisting pada ruas jalan ini yaitu jalan yang belum ada perkerasan yang masih berupa tanah bercampur batu sehingga jika musim penghujan, jalan rusak parah seperti licin, berlumpur dan ketika musim kemarau jalan berdebu. Maka dari itu pembangunan jalan Jalan Kampus Universitas Islam Kuantan Singingi – Kantor Bupati dibutuhkan oleh semua warga, baik warga sekitar kampus maupun warga kampus UNIKS, dimana jalan tersebut merupakan akses utama masyarakat dan warga kampus. Jika kondisi ini dibiarkan terus menerus dikawatirkan akan menimbulkan dampak negatif bagi masyarakat ataupun mahasiswa.

Dari latar belakang tersebut didapatkan suatu rumusan masalah yaitu bagaimana Bagaimana menghitung tebal perkerasan lentur dengan menggunakan Manual Desain Perkerasan (MDP) Jalan Bina Marga 2017 untuk perkerasan jalan baru pada ruas Jalan Kampus Universitas Islam Kuantan Singingi – Kantor Bupati?

Berdasarkan rumusan masalah, didapatkan tujuan dari penelitian adalah untuk mengetahui tebal perkerasan yang akan dibutuhkan agar di ruas Jalan Kampus Universitas Islam Kuantan Singingi – Kantor Bupati mampu mendukung beban kendaraan yang sesuai dengan umur rencana yang telah ditentukan.

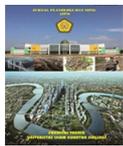
Adapun manfaat yang dapat diharapkan dari penelitian ini antara lain sebagai berikut :

- 1) Digunakan untuk bahan masukan bagi pemerintahan Kabupaten Kuantan Singingi terhadap keadaan perencanaan tebal perkerasan lentur Jalan Kampus Universitas Islam Kuantan Singingi – Kantor Bupati menggunakan Metode Bina Marga 2017.
- 2) Sebagai bahan referensi terkait analisis perencanaan untuk tebal perkerasan lentur Jalan Kampus Universitas Islam Kuantan Singingi – Kantor Bupati Untuk menambah wawasan tentang perencanaan jalan lentur (flexible Pavement).

2. METODE PENELITIAN

2.1 Data dan Analisa Data

Untuk perencanaan tebal perkerasan jalan diperlukan beberapa data baik data primer maupun data sekunder. Dalam perencanaan tebal perkerasan lentur Jalan Kampus Universitas



Islam Kuantan Singingi – Kantor Bupati digunakan data sebagai berikut :

2.2.1 Data Primer

Data lalu lintas harian rata-rata (LHR) pada perencanaan ini berasal dari pengolahan data primer hasil survey lapangan.

2.2.2 Data Sekunder

Data sekunder merupakan suatu data ditemukan dari berbagai peraturan dan ketentuan yang berlaku yang digunakan untuk perencanaan perkerasan jalan, seperti :

1. *California Bearing Ratio (CBR)*

Nilai CBR diperoleh dari uji laboratorium yang merupakan hasil dari penyelidikan lapangan yang dilakukan. Nilai CBR ini didapatkan dari peneliti sebelumnya (Desta Rositi).

2. Panduan MDP Bina Marga 2017

2.2.3 Pengolahan Data

Untuk bisa mendapatkan hasil perkerasan jalan, kita harus menganalisis data dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

1) Menggunakan Metode Bina Marga 2017

1. Data Tanah

Data CBR didapatkan dari penelitian terdahulu yg sudah diolah

2. Menentukan Bina Marga 2017

- a. Umur rencana

Berguna untuk perkerasan jalan bisa dilihat di tabel 2.1.

- b. Menentukan volume lalu lintas

Volume lalu lintas didapat melalui data survey.

- c. Menentukan jenis kendaraan

Menentukan suatu jenis kendaraan yang melewati jalan sangat diperlukan agar tidak mengakibatkan timbulnya kerusakan struktural pada perkerasan nantinya.

- d. Menentukan faktor pertumbuhan lalu lintas

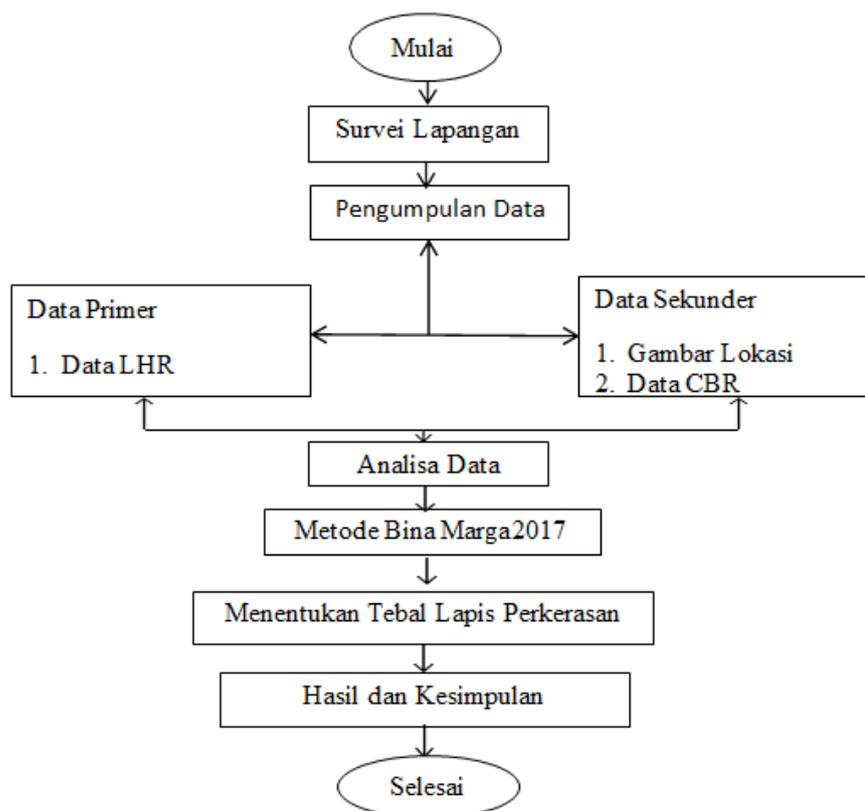
Menentukan faktor ekivalen beban (*vehicle damage factor/ VDF*) Faktor

ekivalen beban dapat ditentukan berdasarkan tabel 2.5

e. Menentukan lintasan sumbu standar ekivalen (*Equivalent StandardAxle/ ESA*)

2.3 Bagan Alir Penelitian

Tahapan pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada bagan alir gambar 1



2 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Lalu Lintas

Tabel 1. Total data lalu lintas ruas jalan Kampus UNIKS – Kantor Bupati

Hari	Sepeda Motor	Sedan, Mobil Pribadi	Truck 2 as Kecil	Truck 2 as Besar	Truck 3 as Tandem
Senin	1502	105	46	19	5
Selasa	1334	134	78	15	6
Rabu	1044	86	62	17	8
Kamis	1298	145	62	24	6



Jum'at	1517	114	58	18	5
Sabtu	1436	137	68	15	4
Minggu	1227	94	50	12	5
Total	9358	815	424	120	39

Sumber : Survey di lapangan

3.2 Umur Rencana (UR)

Perencanaan perkerasan lentur pada ruas Jalan Kampus Universitas Islam Kuantan Singingi – Kantor Bupati menggunakan umur rencana 20 tahun berdasarkan pedoman dari Metode Bina Marga 2017

3.3 Menentukan Pertumbuhan Lalu Lintas

Ruas Jalan Kampus Universitas Islam Kuantan Singingi – Kantor Bupati termasuk jalan kolektor rural dan berada di Pulau Sumatera, berdasarkan pedoman dari Metode Bina Marga 2017 didapatkan nilai faktor laju pertumbuhan lalu lintas (i) adalah 3,5.

3.4 Hitung LHR (2024 – 2044)

$$LHR = LHRJK \times (1 + i)^n$$

- Sepeda motor = $9358 \times (1 + 0,035)^{20}$

$$= 18620 \text{ Kendaraan / hari}$$

- Mobil Pribadi = $815 \times (1 + 0,035)^{20}$

$$= 1621 \text{ Kendaraan / hari}$$

- Truck 2 As Kecil = $425 \times (1 + 0,035)^{20}$

$$= 845 \text{ Kendaraan / hari}$$

- Truck 2 As Besar = $120 \times (1 + 0,035)^{20}$

$$= 238 \text{ Kendaraan / hari}$$

$$\text{Truck 3 As Tandem} = 77 \text{ Kendaraan / hari}$$

3.5 Menentukan Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas (R)

Faktor pertumbuhan lalu lintas dapat ditentukan dengan menggunakan Rumus:

$$R = \frac{(1 + 0,01 i)^{UR} - 1}{0,01 i}$$

Dengan :



R : Faktor pertumbuhan lalu lintas

I : Laju pertumbuhan lalu lintas (%) = 3,5%

UR: Umur rencana (tahun) = 20 tahun

Maka untuk analisis ini nilai faktor pertumbuhan lalu lintas pada permulaan periode beban normal pada tahun 2024 – 2044 adalah

$$\begin{aligned} R &= \frac{(1+0,01 i)^{UR} - 1}{0,01 i} \\ &= \frac{(1 + 0,01 \times 0,035)^{20} - 1}{0,01 \times 0,035} \\ &= 20,06 \end{aligned}$$

3.6 Menentukan Faktor Distribusi Lajur (DL)

Faktor distribusi lajur dapat ditentukan berdasarkan tabel distribusi lajur Bina Marga 2017, seperti pada Tabel dibawah ini.

Tabel 2. Faktor Distribusi Lajur

Jumlah lajur setiap arah	Kendaraan niaga pada lajur desain (% terhadap populasi kendaraan niaga)
1	100
2	80
3	60
4	50

Sumber: MDP No. 02/M/BM/2017

Berdasarkan data lalu lintas 1 lajur 2 arah, maka nilai faktor distribusi lajur adalah 100 % atau DL = 1.

3.7 Menentukan Faktor Distribusi Arah (DD)

- Berdasarkan Bina Marga 2017, faktor distribusi arah untuk jalan umum yaitu $DD = 0,5 = 39 \times (1 + 0,035)^{20}$



3.8 Beban Sumbu Standar Kumulatif

Berdasarkan aspek – aspek penting di atas maka nilai kumulatif beban sumbu standar ekivalen atau *Cumulative Equivalent Single Axle Load* (CESAL) dapat ditentukan sebagai berikut:

$$ESA_{TH-1} = (\sum LHR \times VDF) \times 365 \times DD \times DL \times R$$

Dengan menggunakan persamaan diatas maka didapat nilai *Cumulative Equivalent Single Axle Load* (CESAL) untuk periode 2024-2044 (20 tahun) atau umur rencana (UR) 20 tahun pada Tabel dibawah ini.

Tabel 3. Nilai kumulatif beban sumbu selama standar ekivalen umur rencana

Jenis kendaraan	LHR 2024	LHR 2044	VDF 4 Normal	ESA4 (24-44)	VDF 5 Normal	ESA5 (24-44)	
Sepeda Motor	9358	18621	0	0	0	0	
Sedan, Jepp	815	1622	0	0	0	0	
Truck 2 As Kecil	424	844	0,3	927259,36	0,2	618172,91	
Truck 2 As Besar	120	239	0,9	787731	0,8	700205,33	
Truck 3 As Tandem	39	78	7,6	2170929,5	11,2	3199264,5	
CESAL				3885919,9		4517642,8	
				CESAL4	3,88	CESAL5	4,51

Sumber : Hasil Pengolahan Data

3.9 Penentuan Dan Pemilihan Jenis Perkerasan

Berdasarkan Nilai CESAL₄ yaitu 3.885.919,9 dan nilai ESA untuk 20 tahun maka nilai CESAL₄ dibagi dengan 1 juta adalah 3,88 juta.

Dari nilai CESAL₄ adalah 3,88 juta, maka didapatkan jenis perkerasan yaitu dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4. Pemilihan jenis perkerasan

Struktur Perkerasan	Bagan Desain	ESA (juta) dalam 20 tahun (pangkat 4 kecuali ditentukan lain)				
		0 – 0,5	0,1 – 4	>4 - 10	>10 – 30	>30 - 200
Perkerasan kaku dengan lalu lintas berat (di atas tanah dengan CBR ≥ 2,5%)	4	-	-	2	2	2
Perkerasan kaku dengan lalu lintas rendah (daerah pedesaan dan perkotaan)	4A	-	1,2	-	-	-
AC WC modifikasi atau SMA modifikasi dengan CTB (ESA pangkat 5)	3	-	-	-	2	2



AC dengan CTB (ESA pangkat 5)	3	-	-	-	2	2
AC tebal \geq 100 mm dengan lapis fondasi berbutir (ESA pangkat 5)	3B	-	1, 2	1, 2	2	2
AC atau HRS tipis di atas lapis fondasi berbutir (ESA pangkat 5)	3A	-	1, 2	-	-	-
Burda atau Burtu dengan LFA Kelas A atau batuan asli	5	3	3	-	-	-
Lapis Fondasi Soil Cement	6	1	1	-	-	-
Perkerasan tanpa penutup (Japat, jalan kerikil)	7	1	-	-	-	-

Catatan:

Tingkat kesulitan:

1 - kontraktor kecil – medium;

2 - kontraktor besar dengan sumber daya yang memadai;

3 - membutuhkan keahlian dan tenaga ahli khusus – kontraktor spesialis Burtu / Burda.

Berdasarkan Tabel diatas maka nilai $CESAL_4$ 3,88 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.

3.10 Menentukan Desain Tebal Perkerasan Jalan

Desain tebal perkerasan pada manual desain perkerasan jalan Bina Marga 2017 terbagi atas tiga alternatif desain. Pada pemilihan jenis perkerasan pada Tabel 4 maka didapat jenis perkerasan AC. Berdasarkan jenis perkerasan yang dipilih tersebut maka bagan desain tebal perkerasan jalan yang digunakan adalah bagan desain 3B. Hasil tebal perkerasan dengan nilai $CESAL_5$ 4,51 juta dapat ditentukan pada Tabel Bagan Desain-3B Desain Perkerasan Lentur Aspal dengan Lapis Pondasi Berbutir, sehingga dapat diuraikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Bagan Desain- 3B Desain Tebal Perkerasan Lentur Aspal dengan Lapis Pondasi Berbutir

	STRUKTUR PERKERASAN								
	FFF1	FFF2	FFF3	FFF4	FFF5	FFF6	FFF7	FFF8	FFF9
	Solusi yang dipilih				Lihat Catatan 2				
Kumulatif beban sumbu 20 tahun pada lajur rencana (10^6 ESA5)	< 2	\geq 2 - 4	> 4 - 7	> 7 - 10	> 10 - 20	> 20 - 30	> 30 - 50	> 50 - 100	> 100 - 200
	KETEBALAN LAPIS PERKERASAN (mm)								
AC WC	40	40	40	40	40	40	40	40	40
AC BC	60	60	60	60	60	60	60	60	60
AC Base	0	70	80	105	145	160	180	210	245
LPA Kelas A	400	300	300	300	300	300	300	300	300
Catatan	1		2		3				



Berdasarkan tabel di atas, maka didapatkan hasil desain tebal perkerasan lentur yaitu:

- AC WC = 40 mm
- AC BC = 60 mm
- AC Base = 80 mm
- LFA Kelas A = 300 mm

2. KESIMPULAN

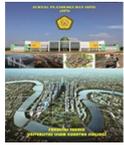
Berdasarkan hasil perhitungan pada penelitian berjudul Analisis Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur dengan Metode Manual Desain Perkerasan (MDP) Bina Marga 2017 pada ruas Jalan Kampus Universitas Islam Kuantan Singingi menuju Kantor Bupati, maka diperoleh kesimpulan terkait perencanaan struktur lapis perkerasan lentur. Hasil analisis menunjukkan bahwa tebal lapisan AC-WC (Asphalt Concrete-Wearing Course) yang direncanakan adalah 40 mm, kemudian lapisan di bawahnya yaitu AC-BC (Asphalt Concrete-Binder Course) memiliki tebal 60 mm, dan AC-Base (Asphalt Concrete-Base) direncanakan setebal 80 mm. Sementara itu, untuk lapisan pondasi bawah (Subbase Course) yang menggunakan material kelas A, direncanakan dengan tebal 300 mm. Perencanaan tebal perkerasan ini mengacu pada spesifikasi teknis dan kebutuhan struktur jalan berdasarkan kondisi lalu lintas serta umur rencana jalan, sehingga diharapkan dapat memberikan daya dukung yang optimal dan umur layanan yang sesuai standar..

3. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan dan bantuan selama proses pelaksanaan penelitian ini. Ucapan terima kasih disampaikan kepada pihak Universitas Islam Kuantan Singingi dan Pemerintah Kabupaten Kuantan Singingi atas kerja sama dan izin yang diberikan selama kegiatan survei dan pengumpulan data di lapangan. Penulis juga menyampaikan apresiasi kepada instansi atau lembaga terkait yang telah menyediakan data teknis dan informasi penting yang sangat berguna dalam proses analisis perencanaan perkerasan. Tidak lupa, terima kasih disampaikan kepada rekan-rekan dan semua pihak yang telah membantu, baik secara teknis maupun moral, sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik. Semoga hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat sebagai bahan pertimbangan dalam perencanaan dan pengembangan infrastruktur jalan yang lebih baik di masa mendatang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Ardiansyah, R., & Sudiboyo, T. (2020). Analisis Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku untuk Penggantian Kolom Pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Elevated Jakarta – Cikampek II. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 17-30.
- [2]. Isnaini, A. Y., Suparna, L. B., & Tri Utomo, S. H. (2019). Perencanaan Perkerasan Jalan Lingkar Kota Kabupaten Wonogiri. *Jurnal HPJI Vol.5*, 119-128.



- [3]. Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2017). Modul 1 Konsep Dasar dan Konstruksi Perkerasan Kaku. 58.
- [4]. Manual Desain Perkerasan Jalan. (2017). Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Direktorat Jenderal Bina Marga.
- [5]. Rizki, M. A. (2021). Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku Dengan Metode Manual Desain Perkerasan Bina Marga 2017 dan Metode AASHTO 1993 Pada Jalur Lingkar Kuningan – Ciamis Jawa Barat. Tesis Sarjana (S1), Universitas Muhammadiyah Malang.
- [6]. Rositi, D. (2019). “Analisis Tebal Lapis Perkerasan Lentur (Flexible Pavement) Dengan Metode Analisa Komponen SKBI 1987 dan Metode AASHTO 1993” (Studi Kasus Pada Ruas Jalan Kampus Universitas Islam Kuantan Singingi). Teluk Kuantan.
- [7]. [UNIKS] Universitas Islam Kuantan Singingi. 2017. Panduan Skripsi. Teluk Kuantan : Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Kuantan Singingi.
- [8]. Adinata, S., Irawan, A., Hermawan, C., Nurafni, M., & Dermana, I. (2024, December). Sosialisasi Sertifikasi Kompetensi Kerja di Bidang Teknik Sipil. In *Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat* (Vol. 1, No. 1, pp. 1-5).
- [9]. R. Aprisanti, A. Mulyadi, S. Husein Siregar, R. manda Putra, C. Hermawan, and T. Sagiarti, “PENINGKATAN PENGETAHUAN MASYARAKAT TENTANG KESEHATAN LINGKUNGAN MELALUI PROGRAM EDUKASI DI KABUPATEN KUANTAN SINGINGI: PKM”, *BN*, vol. 4, no. 2, pp. 324 - 329, Dec. 2024.
- [10]. Hermawan, C., Suryanita, R., Mulyadi, A., Saam, Z., & Dermana, I. (2024, October). Determination Of Average Runoff Coefficient (CR) Of Land Use In Teluk Kuantan City. In *Proceeding of International Conference on Science and Technology* (Vol. 2, No. 1, pp. 164-166).
- [11]. Hermawan, C., Dermana, I., & Harmiyati, H. (2024). Analisis Distribusi Hujan Jam-Jaman di Sub DAS Sungai Mess. *JURNAL RISET INOVASI DAERAH*, 2(1), 46-58.
- [12]. C. Hermawan, S. Adinata, A. Irawan, R. Afrizal, and D. V. Rurianti, “PEMETAAN BANGUNAN PENGENDALIAN BANJIR DESA LOGAS, KECAMATAN SINGINGI KABUPATEN KUANTAN SINGINGI: PKM”, *BN*, vol. 3, no. 2, pp. 250 - 254, Dec. 2023.
- [13]. Hermawan, C., Irawan, A., & Rosidana, R. (2023, December). Analisis Bangunan Penanggulangan Banjir Sungai Orde 2 (Studi Kasus Sungai Mess Desa Logas). In *Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat* (Vol. 1, No. 1, pp. 44-50).
- [14]. Dermana, I. (2007). Perancangan Dimensi Sumur Resapan Air Hujan untuk Bangunan Rumah Tinggal Di Dusun Topan Riau.
- [15]. Adinata, S., Rurianti, D. V., Dermana, I., & Afrizal, R. (2024). Tata Bangunan Gedung Bertingkat di Kota Teluk Kuantan. *Journal of Infrastructure and Civil Engineering*, 4(1), 43-59.