

ANALISIS PERBAIKAN PERKERASAN LENTUR AC-WC JALAN RAYA PASREPAN-AMPELSARI KABUPATEN PASURUAN

Moh Afif Udin^{1a*}, Khofifah^{1b},

¹*Program Studi Teknik Sipil FT Universitas Yudharta Pasuruan*

[*Afifjukek34@gmail.com](mailto:Afifjukek34@gmail.com)

Abstrak: Beberapa faktor terpenting yang mempengaruhi keselamatan jalan dan kenyamanan jalan yakni kualitas jalan dan baiknya sistem penunjang jaslan raya. Penelitian ini bertujuan untuk mencari faktor – faktor penyebab kerusakan jalan raya. Dengan studi kasus pada ruas jalan pasrepan – ampelsari kabupaten pasuruan. Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini yakni menggunakan metode bina marga. Berdasarkan hasil penelitian ini diidentifikasi bahwa terjadi beberapa kerusakan jalan pada ruas jalan pasrepan – ampelsari yang mengganggu kenyamanan dan keselamatan pengguna jalan. Maka dari itu diperlukan perbaikan dan peningkatan terhadap kerusakan jalan serta diperlukan Langkah-langkah yang di sarankan meliputi perawatan drainase yang tidak berfungsi secara baik, perbaikan jalan yang berlubang, serta melakukan perawatan secara rutin dan berkala.

Kata kunci: drainase jalan, presentase kendaraan berat, curah hujan.

Abstract: Some of the most important factors that affect road safety and road comfort are road quality and good highway support systems. This study aims to find out the factors that cause highway damage. With a case study on the Pasrepan – Ampelsari road section, Pasuruan Regency. The research method used in this study is using the clan building method. Based on the results of this study, it was identified that there was several road damage on the Pasrepan – Ampelsari road section that interfered with the comfort and safety of road users. Therefore, repairs and improvements to road damage are needed and the recommended steps are needed including maintenance of drainage that does not function properly, repair potholes in roads, and carry out routine and periodic maintenance.

Keywords: road drainage, percentage of heavy vehicles, rainfall.

I. PENDAHULUAN

Jalan merupakan infrastruktur penting yang memfasilitasi pergerakan orang dan barang di dalam negeri, namun kerusakan jalan masih menjadi masalah yang mengkhawatirkan di banyak daerah, termasuk Indonesia. Kerusakan jalan dapat disebabkan oleh berbagai faktor, antara lain cuaca ekstrem, lalu lintas padat, kurangnya pemeliharaan, dan usia jalan.⁵ [5] Keterbatasan geografis Indonesia dan iklim tropis yang ekstrim seringkali mengakibatkan kondisi jalan yang buruk. Hujan deras dan perubahan suhu yang tiba-tiba dapat menyebabkan keretakan dan deformasi pada permukaan jalan.⁴ [4] Jika jalan tidak dirawat dengan baik, keadaan ini akan semakin parah dan kerusakan akan semakin cepat terjadi. Selain itu, volume lalu lintas yang padat juga menjadi faktor utama penyebab kerusakan jalan.

Jalan raya pasrepan-ampelsari ini yang memiliki panjang kurang lebih sekitar 3.600 km ini merupakan akses jalan utama yang menghubungkan antara kecamatan tutur dan sekitarnya dengan kecamatan pasrepan. Kondisi jalan ini kerab kali mengalami kerusakan jalan yang sangat parah bahkan walaupun sudah beberapa kali di aspal dan di benahi tetapi tidak lama kemudian mengalami kerusakan lagi, hal ini di sebabkan oleh beberapa faktor yakni di antaranya di sebabkan intensitas kendaraan berat yang memiliki beban berlebih yang kebanyakan merupakan truk pengangkut pasir dari tambang pasir di daerah sekitas lokasi serta truck maupun pick up pengangkut kayu maupun kebutuhan pokok lainnya karena jalan pasrepan-ampelsari ini merupakan akses jalan utama penghubung dari kedua kecamatan tadi,

kemudian di sebabkan oleh tersumbatnya drainase yang menyebabkan aliran air tidak tersalurkan dengan baik dan membanjiri jalan raya yang mengakibatkan terkikisnya bagian paling luar lapisan aspal.

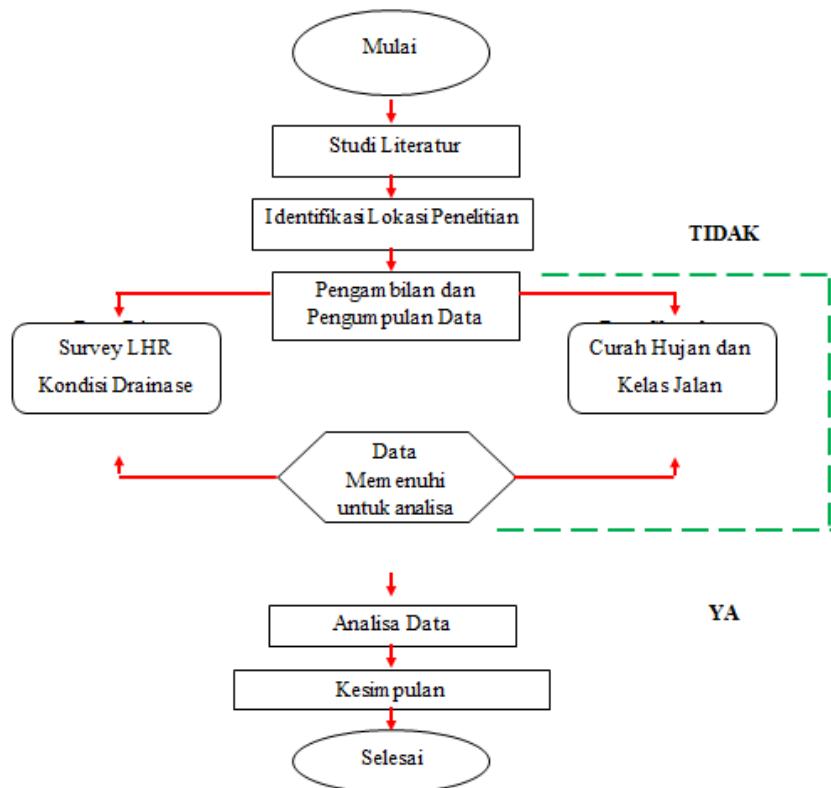
Dalam beberapa tahun ini jumlah kendaraan yang melewati jalan tersebut mengalami peningkatan yang sangat pesat dikarenakan merupakan akses jalan utama dan pertumbuhan penduduk yang sangat signifikan.

³[3]Kerusakan pada jalan sangat berdampak negative terhadap keselamatan dan kenyamanan pengguna jalan oleh karena itu diperlukan penelitian yang di harap dapat mengatasi dan memberikan pemahaman yang baik untuk beberapa tahun kedepanya.

II. METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan metode Bina Marga dengan penelitian yang dilakukan pada ruas jalan pasrepan-ampselsari kabupaten pasuruan. Tahapan pertama dalam penelitian ini adalah mengklasifikasi data. Pengklasifikasian data ini dilakukan dengan tujuan memudahkan dalam pengolahan data nantinya. variable yang akan digunakan pada penelitian ini adalah curah hujan, persentase kendaraan berat dan juga sistem drainase. Data dibagi menjadi 2 bagian yaitu data primer dan data sekunder.

Data primer berupa data observasi langsung (survey) sedangkan data sekunder berupa data yang didapat dari sumber atau instansi terkait. Isi penelitian juga dibatasi pada data-data pokok yang diperlukan untuk analisa selanjutnya dalam penelitian yakni : Curah hujan, Persentase kendaraan berat, Sistem Drainase Berikut bagan alir penelitian yang menjadi acuan berjalannya penelitian ini:



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

III.1. Data Geometri Jalan

Berdasarkan data dan hasil survey yang telah dilakukan di jalan raya pasrepan-ampselsari kabupaten pasuruan diperoleh data bahwasanya untuk jalan raya pasrepan-ampselsari memiliki Panjang sepanjang 4.663 Km, merupakan jalan yang memiliki 2 jalur dengan lebar 4 M dengan lebar pada setiap sisinya yakni 2 M, Jalan ini menggunakan perkerasan aspal lentur (ac-wc).

III.2. Klasifikasi Jenis Kerusakan Jalan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan untuk klasifikasi kerusakan jalan terjadi kerusakan pada STA 1 + 000 s/d 1 + 500 sebagai berikut :

Pada Sta 1 + 000 s/d 1 + 500 terjadi beberapa kerusakan yakni :

Sta 1 + 150 kerusakan tambalan dengan (P.1.40-L.0.50-T 0.04)

Sta 1 + 170 kerusakan retak dengan (P.1.70-L.4.70-T 0.02) serta kerusakan lubang dengan (P.0.75-L.0.40-T 0.05)

Sta 1 + 195 kerusakan retak dengan (P.1.80-L.0.68-T 0.02) serta kerusakan amblas dengan (P.0.60-L.0.57-T 0.05)

Sta 1 + 200 kerusakan amblas dengan (P.2.60-L.0.70-T 0.04)

Sta 1 + 210 kerusakan tambalan dengan (P.2.25-L.1.50-T 0.04)

Sta 1 + 235 kerusakan tambalan dengan (P.1.60-L.0.35-T 0.04) serta kerusakan lubang dengan (P.1.80-L.0.50-T 0.04)

Sta 1 + 435 kerusakan tambalan dengan (P.1.30-L.0.63-T 0.03)

Sta 1 + 275 kerusakan tambalan dengan (P.1.60-L.0.30-T 0.04) serta kerusakan amblas dengan (P.3.51-L.1.10-T 0.05)

Sta 1 + 280 kerusakan retak dengan (P.1.50-L.3.60-T 0.03) serta kerusakan amblas dengan (P.1.25-L.0.50-T 0.02)

Sta 1 + 295 kerusakan lubang dengan (P.0.71-L.0.45-T 0.03)

Sta 1 + 310 kerusakan retak dengan (P.2.60-L.2.70-T 0.03)

Sta 1 + 335 kerusakan tambalan dengan (P.2.10-L.1.30-T 0.03) serta kerusakan amblas dengan (P.1.20-L.0.58-T 0.04)

Sta 1 + 345 kerusakan retak dengan (P.1.80-L.0.70-T 0.03) serta kerusakan lubang dengan (P.7.32-L.4.1-T 0.21)



Gambar 2. Dokumentasi kerusakan jalan Sta

Kemudian dalam bentuk pengukuran satuan meter persegi (m dan m²) dengan unit sample pada STA 1+150 s/d 1+300 setiap sampel kerusakan dijelaskan pada tabel berikut :

Tabel 1. Klasifikasi Jenis Kerusakan Jalan

STA	P	Tambalan	I	t	Jenis Kerusakan/m			Ambles	I	t	P	Lubang	I	t
					Retak	I	t							
1+150	1.40	0.50	0.04		1.70	4.70	0.02					0.75	0.40	0.05
1+170					1.80	0.68	0.02	0.60	0.57	0.05				
1+195								2.60	0.70	0.04				
1+200												2.25	1.50	0.04
1+210												1.80	0.50	0.04
1+235	1.60	0.35	0.04					0.95	0.63	0.03				
1+245								3.51	1.10	0.05				
1+275	1.30	0.30	0.04		1.50	3.60	0.03					1.25	0.50	0.02
1+280												0.71	0.45	0.03
1+295					2.60	2.70	0.03							
1+310														
1+335	2.10	1.30	0.03		1.80	0.70	0.03	1.20	0.58	0.04		0.56	0.75	0.03
Total	6.4	2.45	0.15		9.4	12.38	0.13	8.86	3.58	0.21		7.32	4.1	0.21
Luas					2.35 m ²				6.66 m ²				6.30 m ²	
Jalan														
Rusak														

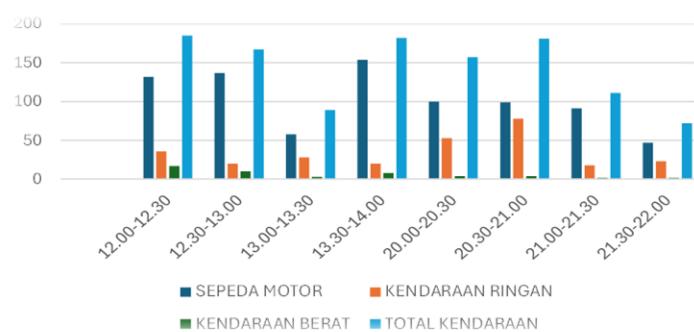
Dari hasil rekapitulasi survey yang telah di lakukan di atas untuk kerusakan jalan yang paling dominan yakni kerusakan retak sebesar 15.64 m².

III.3. Menentukan Volume Harian rata-rata dan Nilai Kelas Jalan

Tabel 2. Data volume lalu lintas hari minggu

WAKTU	Kendaraan MC	emp	Kendaraan LV	emp	Kendaraan HV	emp	TOTAL KENDARAAN	
							smp/Jam	
		0,5		1		1,3		
12.00-12.30	132	66	36	36	17	22,1	124,1	
12.30-13.00	137	68,5	20	20	10	13	101,5	
13.00-13.30	58	29	28	28	3	3,9	60,9	
13.30-14.00	154	77	20	20	8	10,4	107,4	
20.00-20.30	100	50	53	53	4	5,2	108,2	
20.30-21.00	99	49,5	78	78	4	5,2	132,7	
21.00-21.30	91	45,5	18	18	2	2,6	66,1	
21.30-22.00	47	23,5	23	23	2	2,6	49,1	
Total	409	Total	276	Total	65	750		

Dari hasil penelitian di atas di dapat bahwa jumlah kendaraan tertinggi terjadi pada pukul 20.30-21.30 yakni sebesar 132 kendaraan per 30 menit, dengan total kendaraan per smp/jam sebesar 122,8 terjadi peningkatan jumlah kendaraan yang melalui ruas jalan tersebut dikarenakan banyak orang yang baru pulang dari bepergian dll.



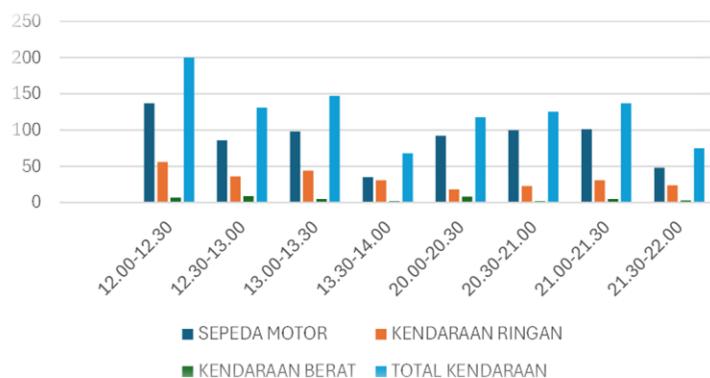
Gambar 3. Grafik volume lalu lintas hari minggu

Pada grafik di atas menunjukkan jumlah volume lalu lintas pada hari minggu pada pukul 12.00-14.00 serta pukul 20.00-22.00 Wib, untuk puncak kendaraan sepeda motor (MC) terjadi pada pukul 13.30-14.00 Wib, kendaraan ringan (LV) pukul 20.30-21.00Wib, kendaraan berat (HV) pukul 12.30-13.00 Wib.

Tabel 3. Data volume lalu lintas hari Senin

WAKTU	Kendaraan MC	emp 0,5	Kendaraan LV	emp 1	Kendaraan HV	emp 1,3	TOTAL KENDARAAN smp/Jam
12.00-12.30	137	68,5	56	56	7	9,1	133,6
12.30-13.00	86	43	36	20	9	11,7	74,7
13.00-13.30	98	49	44	28	5	6,5	83,5
13.30-14.00	35	17,5	31	20	2	2,6	40,1
20.00-20.30	92	46	18	53	8	10,4	109,4
20.30-21.00	100	50	23	78	2	2,6	130,6
21.00-21.30	101	50,5	31	18	5	6,5	75
21.30-22.00	48	24	24	23	3	3,9	50,9
Total	348,5	Total	296	Total	53,3	697,8	

Dari hasil penelitian di atas di dapat bahwa jumlah kendaraan tertinggi terjadi pada pukul 20.30-21.30 yakni sebesar 130,6 kendaraan per 30 menit, dengan total kendaraan per smp/jam sebesar 120,6 terjadi peningkatan jumlah kendaraan yang melalui ruas jalan tersebut dikarenakan banyak orang yang baru pulang kerja.



Gambar 4. Grafik volume lalu lintas hari minggu

Pada grafik di atas menunjukkan jumlah volume lalu lintas pada hari senin pada pukul 12.00-14.00 serta pukul 20.00-22.00 Wib, untuk puncak kendaraan sepeda motor (MC) terjadi pada pukul 12.00-12.30 Wib, kendaraan ringan (LV) pukul 12.30-13.30Wib, kendaraan berat (HV) pukul 12.30-13.00 Wib.

III.4. Menentukan vehicle damage factor VDF

$$VDF = (\text{jumlah kendaraan gol 2} (2.054 \times 365 \text{ Hari}) = 97.786 \text{ (Jumlah kendaraan per tahun)}) \times 0.0005 = 48.893$$

$$VDF = (\text{jumlah kendaraan gol 4} (91 \times 365 \text{ Hari}) = 15.015 \text{ (Jumlah kendaraan per tahun)}) \times 0.2177 = 32.687.655$$

VDF kumulatif ditentukan oleh data yang diambil dari kendaraan yang dominan melewati jalan, dan merupakan hasil data LHR. Jika terjadi overloading pada

jenis kendaraan truk, maka angka ekivalen beban sumbu kendaraan adalah angka yang menyatakan perbandingan Tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh suatu lintasan beban sumbu Tunggal / ganda kendaraan terhadap Tingkat kerusakan, seperti table di bawah ini :

Tabel 4 VDF Kumulatif

No	Kendaraan	Jumlah Kendaraan pertahun	VDF Normal	VDF Kumulatif Normal
1	Golongan 2	97786	0.0005	48.893
2	Golongan 4	15015	0.2177	32.687.655
Total				32.736.548

III.5. Menentukan Nilai Presentase Kerusakan Jalan

Untuk mendapatkan nilai presentase kerusakan jalan maka dilakukan penjumlahan seluruh kerusakan jalan per STA dan kerusakan jalan di dapat sebesar 30.95 untuk luas keseluruhan jalan diketahui lebar jalan 4 M dan Panjang jalan yang menjadi objek penelitian sepanjang 200 M maka luas keseluruhan yaitu $200 : 4 \text{ m} = 50 \text{ m}^2$.

Adapun untuk perhitungan presentase % kerusakan pada jalan pasrepan-ampselsari dapat di hitung dengan cara luas jenis kerusakan dibagi luas jalan.

Tabel 5 Nilai Kerusakan Jalan

No	Jenis kerusakan	Luas Jalan Rusak	Luas jalan Total	Np %	Np	Nj	Nq	Kategori
1	Tambalan	2,35	50	4.7	2	4	8	sedikit sekali
2	Retak	15,36	50	31.28	5	5	25	sedang
3	Lubang	6,3	50	12.6	6	6	18	sedikit
4	Amblas	6,66	50	13.32	7	7	21	sedikit
Jumlah			50	61.9				

Diketahui berdasarkan hasil perhitungan di atas presentase nilai kerusakan jalan sebesar 61.9 %. Setelah nilai Np diperoleh langkah selanjutnya adalah memasukan bobot nilai kerusakan jalan (Nj) untuk bobot nilainya sendiri sudah ditentukan oleh Dinas Bina Marga. Besarnya nilai jumlah kerusakan (Nq) diperoleh dari perkalian Np dengan Nj. Presentase kerusakan jalan sebesar 61.6 % maka presentase tersebut berada di atas >40 % dan termasuk pada kategori kerusakan banyak dengan nilai 7.

III.6. Menentukan Angka dan Kondisi Kerusakan Jalan

Untuk menentukan angka kerusakan perlu dilakukan per segmen dengan luas per segmen adalah panjang x lebar jalan = $200 \text{ m} \times 4 = 800 \text{ m}^2$.

Tabel 6. Angka Kerusakan

STA	Retak			Lubang dan tambalan	ambles	Angka kerusakan
	Tipe rusak	Lebar rusak	Luas rusak	Luas rusak	Panjang rusak	
1+150	3	1	0	2	2	8
1+170	2	1	2	2	2	9
1+195	2	1	1	1	0	5
1+200	1	0	2	0	1	4
1+210	2	0	0	1	1	4
1+235	3	0	1	2	2	8
1+245	2	1	1	2	0	4
1+275	3	1	2	2	1	9
1+280	1	2	2	1	2	9
1+295	1	1	0	1	0	3
1+310	1	2	1	0	2	6
1+335	3	0	1	0	1	5
1+345	1	2	0	1	2	6
Angka Kerusaan Rata-rata						6

Berdasarkan table di atas dieperoleh angka rata-rata kerusakan jalan sebesar 6. Maka diperlukan tindakan yakni pemeliharaan berkala terhadap ruas jalan yang mengalami kerusakan.

Angka tersebut digunakan untuk menentukan nilai kondisi jalan berdasarkan ketentuan yang mengacu pada jika total angka kerusakan 4-6 maka nilai kondisi jalan.

III.7. Menentukan Nilai UP dan Penanganan Kerusakan Jalan

Sebelum dilakukan perhitungan terhadap Urutan Prioritas (UP), nilai kelas LHR dan nilai kondisi jalan harus diperoleh terlebih dahulu, kemudian setelah diperoleh maka dilakukan perhitungan seperti di bawah ini :

$$\begin{aligned} \text{UP} &= 17 - (\text{Kelas LHR} + \text{Nilai Kondisi Jalan}) \\ &= 17 - (4+2) = 11 \end{aligned}$$

Dari perhitungan nilai UP diatas didapatkan UP untuk jalan pasrepan-ampselsari adalah 11.Untuk jalan dengan nilai UP 11 masuk dalam golongan jalan yang memerlukan pemeliharaan rutin.

Sesuai dengan jenis kerusakan saat melakukan survey maka dilakukan penanganan kerusakan jalan yang mengacu pada aturan perbaikan standar untuk pemeliharaan rutin jalan tahun 2011, dari analisis data dan pembahasan pada sta 1+150 s/d 1+350 didapatkan bahwa Tingkat kerusakan nilai urutan prioritas (UP) yang di dapat adalah 11 yang berarti ruas jalan pasrepan-ampselsari masuk pada kategori pemeliharaan rutin dengan rincian Pada tabel berikut ini :

Tabel 7. Urutan prioritas penanganan jalan.

STA	Jenis Kerusakan	Angka kerusaka	UP
1+170	Lubang	9	
	Retak		1
1+275	Tambalan	9	
	Amblas		
1+150	Tambalan	8	
1+235	Tambalan	8	
	Lubang		2
1+280	Retak	8	
	Lubang		
1+245	Amblas	6	
1+310	Retak	6	3
	Retak		
1+345	Lubang	6	
1+195	Retak	5	
	Amblas		4
1+335	Tambalan	5	
	Amblas		
1+200	Amblas	4	
1+210	Lubang	4	5

Berdasarkan urutan prioritas penanganan jalan di atas diketahui bahwa untuk penanganan jalan dilakukan berdasarkan urutan prioritas atau mendahulukan segmen pada Sta yang memiliki nilai kerusakan terbesar yakni dengan angka 9 dan ter kecil di angka 4.

Tabel 8. Penanganan Kerusakan Jalan.

Segmen	STA	Jenis Kerusakan	Penanganan
1	1+150	Tambalan	perataan (p6)
	1+170	Retak	pengaspalan (p2)
		Lubang	penambalan lubang (p5)
	1+195	Retak	pengaspalan (p2)
		Amblas	perataan (p6)
	1+200	Amblas	perataan (p6)
2	1+210	Lubang	penambalan lubang (p5)
		Tambalan	perataan (p6)
	1+235	Lubang	penambalan lubang (p5)
		Amblas	perataan (p6)
	1+245	Amblas	perataan (p6)
		Tambalan	perataan (p6)
3	1+275	Amblas	perataan (p6)
		Retak	pengaspalan (p2)
	1+280	Lubang	penambalan lubang (p5)
		Lubang	penambalan lubang (p5)
	1+295	Retak	pengaspalan (p2)
		Tambalan	perataan (p6)
	1+310	Retak	perataan (p6)
	1+335	Amblas	perataan (p6)
		Retak	pengaspalan (p2)
	1+345	Lubang	penambalan lubang (p5)

Penanganan kerusakan pada setiap segmen dilakukan secara bertahap berdasarkan urutan prioritas kerusakan terparah kemudian dilakukan Tindakan penanganan berdasarkan ketentuan bina marga.

I. KESIMPULAN

Total kerusakan jalan pasrepan-ampsari sebesar 30.95 m² jenis kerusakan retak,tambalan,lubang, dan amblas, retak adalah kerusakan yang paling dominan yakni sebesar 15.64 m², presentase kerusakan sebesar 34.04 % termasuk dalam kategori kerusakan banyak dengan nilai 7, total angka kerusakan 6 maka nilai kondisi jalan sebesar 2. Tingkat kerusakan atau nilai Urutan Priorita (UP) pada ruas jalan pasrepan-ampsari sta 1+150 s/d 1+350 adalah 11 yang berarti memerlukan pemeliharaan rutin, perlu dilakukan perbaikan dengan metode penanganan kerusakan yaitu pengaspalan (p2), penambalan lubang (p5) dan perataan (p6). Berdasarkan hasil dari penelitian mengenai intensitas curahhujan pada bulan mei,juni,juli intensitas hujan yang terjadi yakni rendah jadi tidak mengakibatkan banjir dan genangan air berlebih pada lapisan jalan raya.

Kriteria drainase berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan di perlukanya pemeliharaan mungguan maupun bulanan. (special maintenance)

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih saya ucapkan terhadap dosen pembimbing serta dosen fakultas Teknik universitas yudharta pasuruan yang telah mengarahkan serta membimbing proses penelitian ini berlangsung. Dan keluarga yang telah mendukung sampai saat ini, serta Durrotul jazilah yang telah mendukung dan memberikan motivasi saya untuk kelancaran dalam mengerjakan jurnal ini.

REFERENSI

- [1] Faktor, Analisa et al. 2018. "EISSN 2599-2090 Fak . Teknik UMSB." I(1).
- [2] Fitriyah, Faizatul, Agus Riyanto, and Senja Rum Harnaeni. 2019. "Analisis Kualitas Drainase Terhadap Kerusakan Perkerasan Jalan Berdasarkan Metode Pavement Condition Index (PCI)." M. Wegmuller, J. P. von der Weid, P. Oberson, and N. Gisin, "High resolution fiber distributed measurements with coherent OFDR," in *Proc. ECOC'00*, 2000, paper 11.3.4, p. 109.
- [3] John Read, David Whiteoak, Shell Bitumen. "The Shell Bitumen Handbook." https://books.google.co.id/books?hl=id&lr=&id=bA1tIkRJL8kC&oi=fnd&pg=PA1&dq=whiteoak+1991+tentang+aspal&ots=pfNhGnB-_P&sig=aWk7aa_gMGkr26f2KwwL37gC0Fc&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false..
- [4] Pasuruan, Kota, and Kabupaten Pasuruan. 2024. "Prakiraan Curah Dan Sifat Hujan Mei 2024 , Juni 2024 , Dan Juli.".
- [5] Pradana, Muhammad Fakhruriza. 2019. "Mencari Penyebab Kerusakan Jalan Dengan Pendekatan Statistik." (October).
- [6] Purwanto, tommi putra. 2017. "Analisis Perkerasan Jalan Pramuka Kecamatan Gandus Kota Palembang Ditinjau Dari Segi Biaya SS Purwanto 1) , Tommi Putra 2)."'
- [7] Safitra, Putri Angelia, Theo K Sendow, and Sisca V Pandey. 2019. "RENCANA JALAN (STUDI KASUS : RUAS JALAN MANADO - BITUNG)." 7(3): 319–28.
- [8] Silvia, Sukirman. 1993. "Flexibel Pavement Road (Perkerasan Jalan Raya)."'
- [9] Sitorus, Sofian Alex Fornando. 2024. "Analisa Faktor-Faktor Pengaruh Terhadap Kerusakan Perkerasan Lentur Jalan Raya." : 1–40.
- [10] Huang, Y. H. (2004). *Pavement Analysis and Design*. Prentice Hall.
- [11] Mamlouk, M. S., & Zaniewski, J. P. (2006). *Materials for Civil and Construction Engineers*.