

Analisis Tingkat Kerusakan Jalan Pascabanjir Bandang di Nagari Malalak Timur Kecamatan Malalak Kabupaten Agam

Reska Maharani^{ID}, Selpa Dewi^{ID}, Gusmulyani^{ID}

Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat
Bukittinggi, Indonesia

Abstrak. Kerusakan infrastruktur jalan akibat banjir bandang dapat mengganggu kenyamanan, keselamatan dan kelancaran transportasi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat kerusakan infrastruktur jalan menggunakan metode *Pavement Condition Index* (PCI), untuk mengetahui debit banjir rancangan pada periode ulang tertentu menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu. Penelitian dilakukan pada ruas jalan di Nagari Malalak Timur, STA 14+000 sampai STA 17+000. Hasil penelitian dengan metode PCI diperoleh rata rata nilai PCI sebesar 75,3 yang termasuk kedalam kategori *Very good*, sehingga penanganan yang direkomendasikan adalah pemeliharaan rutin. Hasil Analisis hidrologi menggunakan metode HSS Nakayasu menunjukkan aliran air permukaan mengalami kenaikan drastis yang sangat cepat mencapai puncak debit banjir 2.5 m³/s hingga 2.8 m³/s pada jam ke 1. Pola aliran mencapai puncak pada jam ke 1, grafik langsung turun tajam pada jam ke 2 hingga 4, lalu melandai stabil mendekati angka 0 setelah jam ke 5 hingga jam ke 24. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar dalam perencanaan, penanganan dan peningkatan ketahanan infrastruktur jalan terhadap bencana banjir bandang.

Kata kunci: Infrastruktur jalan; PCI; HSS Nakayasu ; Banjir Bandang.

*Penulis Korespondensi : reskamaharani00@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Bencana alam adalah salah satu unsur yang bisa menyebabkan kerusakan serius terhadap infrastruktur, terutama di wilayah yang memiliki kondisi geografis dan topografi yang rawan. Salah satu jenis bencana yang dapat terjadi di wilayah Sumatera Barat yaitu banjir bandang yakni dikenal lokal sebagai galodo. Banjir bandang ini biasanya dipicu oleh curah hujan tinggi, kondisi lereng yang curam, serta material lepas didaerah hulu yang terbawa oleh aliran air

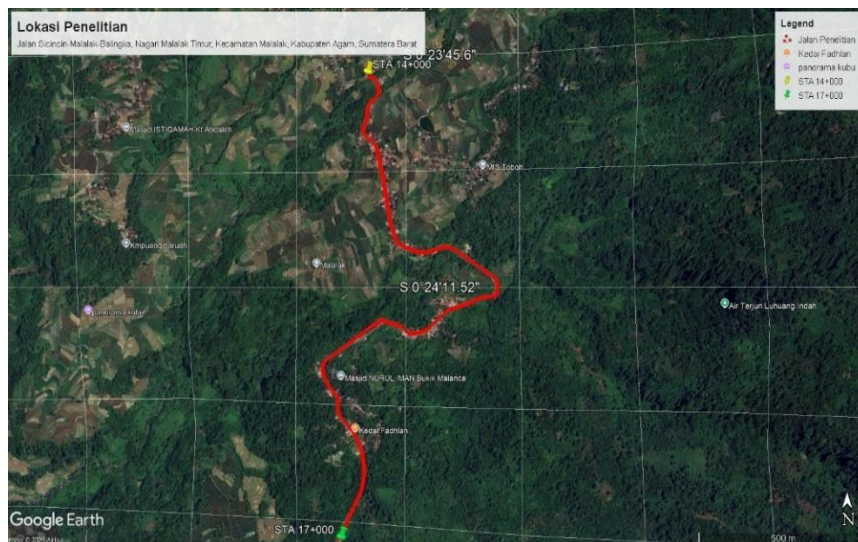
dipenuhi dengan material lumpur, batu, hingga potongan kayu, yang terbawa arus saat hujan lebat dengan kecepatan tinggi

Nagari Malalak Timur merupakan kawasan yang dilalui oleh Jalan Lintas Sicincin-Malalak-Balingka, jalan ini juga bisa menjadi alternatif Bukittinggi – Padang, yang memiliki peran penting sebagai jalur penghubung antar wilayah. Secara geografis, daerah ini berada pada kawasan dataran tinggi dengan kondisi topografi berbukit dan berlembah, sehingga memiliki tingkat kerawanan terhadap bencana alam seperti banjir bandang dan tanah longsor, khususnya saat terjadi curah hujan yang tinggi dalam waktu yang relatif lama.

Peristiwa banjir bandang yang terjadi tidak hanya menyebabkan kerusakan pada permukiman penduduk dan lahan pertanian, tetapi juga menimbulkan dampak serius terhadap infrastruktur, khususnya jalan, jembatan, dan sistem drainase. Kerusakan pada infrastruktur jalan terlihat dari banyaknya titik ruas jalan yang mengalami penggerusan, penurunan badan jalan, serta kerusakan pada lapisan perkerasan akibat kuatnya arus air, sehingga jalan tidak berfungsi maksimal. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa infrastruktur jalan di wilayah nagari Malalak memiliki tingkat kerentanan yang relatif tinggi terhadap bencana banjir bandang.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi penelitian ini berada di ruas jalan Sicincin-Malalak-Balingka, Panjang jalan yang akan diteliti yaitu 3 Km, Dengan lebar jalan 7m. STA 14+000 sampai STA 17+000, Nagari Malalak Timur, Kecamatan Malalak, Kabupaten Agam, Provinsi Sumatera Barat.

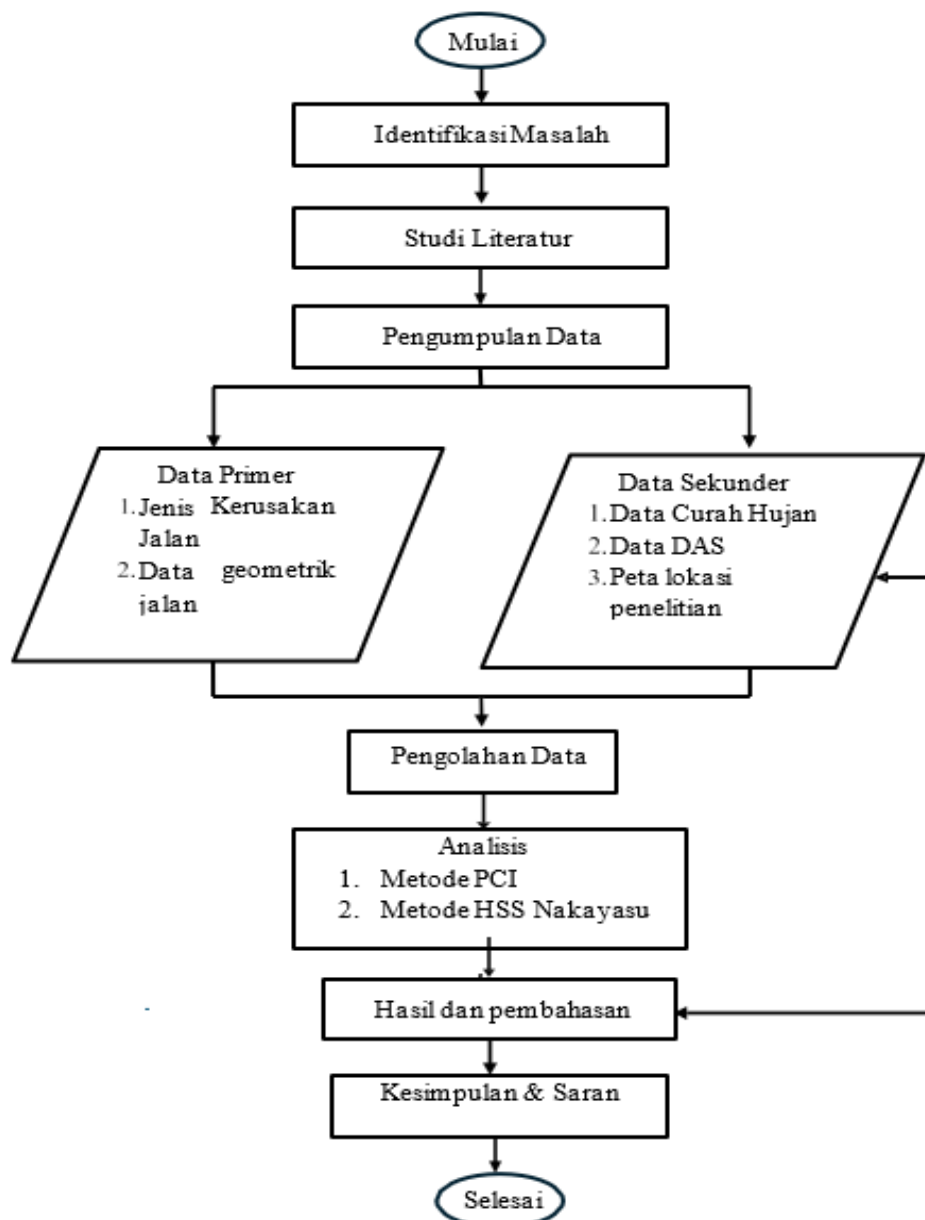


Gambar 1: Lokasi Penelitian

Metode penelitian yang digunakan yaitu pendekatan kuantitatif dengan pengumpulan data berupa angka yang kemudian disajikan dalam bentuk grafik, tabel, dan analisis. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif karena data yang diperoleh berupa data numerik yang dapat di ukur, dihitung, dan di analisis secara statistik.

Dalam penelitian ini, kondisi kerusakan jalan di analisis menggunakan metode *Pavement Condition Index* (PCI) yang menghasilkan nilai numerik untuk

menentukan tingkat kondisi perkerasan jalan. Selain itu, data hidrologi di analisis menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu (HSSN). Metode ini menggunakan parameter fisik DAS, seperti luas wilayah, panjang Sungai utama, dan waktu tenggang puncak banjir. Metode ini pertama kali dipublikasikan dalam literatur teknik sipil dan hidrologi jepang, dibuat dan dikembangkan oleh seorang ahli hidrologi asal jepang bernama Dr. Nakayasu, ia merumuskan metode empiris ini pada sekitar tahun 1940 hingga 1950.



Gambar 2: Bagan Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Kerusakan Metode PCI

Pengambilan data kerusakan jalan dilakukan secara langsung di ruas jalan Sicincin-Malalak-Balingka, STA 14+000 sampai STA 17+000, pembagian panjang setiap segmennya yaitu per 100 segmen. Jenis jenis kerusakan yang ditinjau yaitu lubang, tambalan, retak, pelepasan butir. Survei dilakukan dengan cara pengukuran panjang, lebar, kedalaman, dan luas sesuai jenis kerusakan yang terjadi. Data hasil kerusakan jalan disajikan pada tabel 1.

Tabel 1: Hasil survey kerusakan jalan

STA	Kerusakan	P (m)	L (m)	Kedalaman	Luas
14+000 - 14+100	Lubang	0,84	0,30	0,05	0,25
		3,05	1,25	0,05	3,8
	Tambalan	2,62	1,04	-	2,72
		2,15	2,3	-	4,9
	Retak kulit buaya	2,3	0,30	0,03	0,69
14+100 - 14+200	Lubang	2,6	1,88	0,06	4,8
		0,55	0,25	0,04	0,14
	Pelepas butiran	2,8	1,40	-	3,9
	Amblas	6	5	-	30

- Menentukan Tingkat kerusakan berdasarkan ketegori Low (L), Medium (M), dan Hight (H).
- Mencari Persentase Kerusakan (*density*)
Untuk mencari persentase (%) kondisi kerusakan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Density = \frac{Ad}{As} \times 100 \%$$

Keterangan:

Ad = Luas total perkerasan untuk setiap tingkat keparahan kerusakan (m²)

Ad = 3,8 + 0,25

Ad = 4,05 m²

As = Luas total unit sampel kerusakan (m²)

As = Lebar jalan × Panjang segmen jalan yang diteliti

As = 7 m × 100 m

As = 700 m

Analisis perhitungan STA 14+000 – 14+100:

a). Kerusakan Lubang

$$Density = \frac{Ad}{As} \times 100 \%$$

$$Density = \frac{4,05}{700} \times 100 \% = 0,579 \%$$

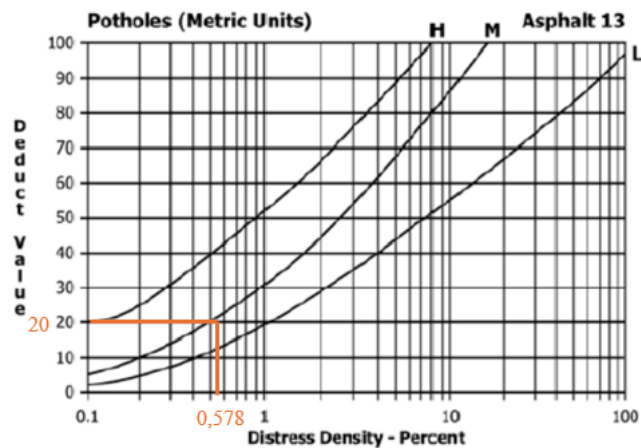
Masukkan nilai density kedalam tabel

Tabel 3 : Nilai Density

STA	Kerusakan	Ad (m ²)	As(m ²)	Density	Tingkat kerusakan
14+000	Lubang	4,05	700	0,579	M
-	Tambalan	7,6	700	1,09	M
14+100	Retak kulit buaya	0,69	700	0,214	L
14+100	Lubang	5	700	0,714	M
-	Pelepas butiran	3,9	700	0,557	L
14+200	Amblas	30	700	4,26	H

c. Menentukan Nilai Deduct Value

Nilai *Deduct value* (DV) ditentukan dengan menggunakan grafik berdasarkan persentase dari density, nilai DV dari kerusakan lubang dapat dilihat pada gambar dibawah ini

Gambar 3: Grafik *Deduct value* lubang

Jadi grafik STA 14+000 – 14+100 Lubang diatas didapatkan nilai *density* nya sebesar 0,578 dan nilai *deduct value* sebesar 20.

Untuk data selanjutnya ditabelkan:

Tabel 4: Nilai deduct value

STA	Kerusakan	Density	Deduct Value	Tingkat kerusakan
14+000 – 14+100	Lubang	0,58	20	M
	Tambalan	1,1	8	M
	Retak kulit buaya	0,21	3	L
14+100 – 15+200	Lubang	0,71	27	M
	Pelepasp butiran	0,56	2	L
	Amblas	4,26	30	H

- d. Menghitung pengurangan ijin maksimum (m)
 Untuk menentukan pengurangan ijin maksimum (m) dengan menggunakan rumus, $m = 1 + (\frac{9}{98}) \times 100 - HDV$. HDV yang paling tinggi pada STA 0+000 - 0+100 adalah 21, kemudian dimasukkan kedalam rumus:

$$m = 1 + (\frac{9}{98}) \times 100 - HDV$$

$$m = 1 + (\frac{9}{98}) \times (100 - 21)$$

$$m = 8,99$$

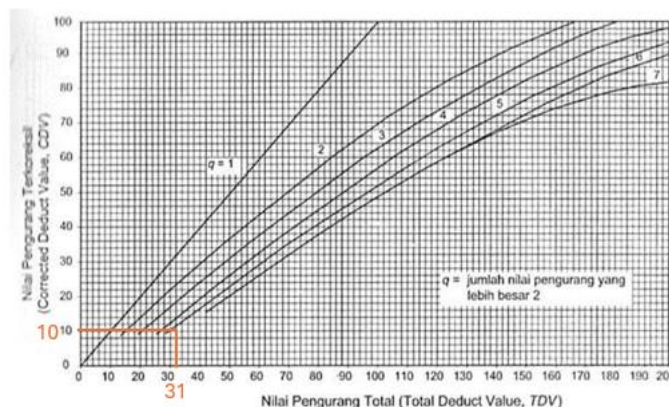
Untuk data selanjutnya ditabelkan

Tabel 4: Perbandingan (DV-m) terhadap m

DV	DV - m	(DV - m) < m?
21	12,01	Tidak
8	-0,99	Ya
3	-5,99	Ya

Karena ada nilai selisih deduct value besar dari m, Maka data DV dapat dipakai semua.

- e. Menentukan nilai *Total Deduct Value* (TDV)
Total Deduct Value (TDV) merupakan jumlah dari pengurangan yang diperoleh pada satu segmen jalan dengan cara menambahkan semua nilai *deduct value* secara keseluruhan pada segmen tersebut.
- f. Menentukan nilai *Corrected Deduct Value* (CDV)
 Nilai CDV ditentukan dengan cara memasukkan nilai TDV kedalam grafik CDV dengan cara menarik garis vertikal pada nilai TDV sampai memotong garis q, kemudian tarik garis horizontal sejajar dengan garis q. Nilai q merupakan nilai DV yang lebih besar dari 2, pada STA 14+000 - 14+100 nilai TDV sebesar 31, dan jumlah q adalah 3.



Gambar 5: Grafik hubungan TDV dan CDV

Dari grafik diatas, nilai CDV pada segmen tersebut adalah 10. Untuk data selanjutnya dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 5: Analisis Data CDV

STA	Kerusakan	Tingkat kerusakan	DV	TD V	q	CD V
14+000- 14+100	Lubang	M	20	31	3	10
	Tambalan	M	8			
	Retak memanjang	L	3			
14+100 - 14+200	Lubang	M	27	59	3	44
	Pelepas butiran	M	2			
	Amblas	H	30			

- g. Menghitung nilai PCI (*Pavement Condition Index*)
Setelah didapatkan nilai CDV, maka selanjutnya yaitu menghitung nilai PCI, dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$PCI = 100 - CDV$$

Keterangan:

PCI = *Pavement Condition Index* untuk setiap unit sampel

CDV = *Corrected Deduct Value* untuk setiap unit sampel

Analisis Perhitung:

STA 14+000 - 14+100 dengan nilai CDV 10, maka

$$PCI = 100 - CDV$$

$$PCI = 100 - 10$$

$$PCI = 90$$

Didapatkan nilai PCI pada STA 14+000 - 14+100 adalah 90, dimana pada segmen tersebut berada dalam kategori sempurna (*excellent*)

PCI	Rating	Colour
85-100	<i>Excellent</i> (sempurna)	<i>Dark Green</i> (hijau tua)
70-85	<i>Very Good</i> (sangat baik)	<i>Light Green</i> (hijau muda)
55-70	<i>Good</i> (baik)	<i>Yellow</i> (kuning)
40-55	<i>Fair</i> (rata-rata)	<i>Light Red</i> (merah terang)
25-40	<i>Poor</i> (jelek)	<i>Medium Red</i> (merah sedang)
10-25	<i>Very Poor</i> (sangat jelek)	<i>Dark Red</i> (merah gelap)
00-10	<i>Failed</i> (gagal)	<i>Dark Grey</i> (abu-abu gelap)

Gambar 6: Kualifikasi kualitas perkerasan metode PCI

Untuk hasil perhitungan nilai PCI (*Pavement condition index*) STA 14+000 14+100, dapat dilihat dalam perhitungan pada tabel dibawah ini:

Tabel 6: Analisis nilai PCI (*Pavement condition index*)

No	STA	Luas segmen (m ²)	CDV	PCI	Kondisi
1	14+000 - 14+100	700	10	90	<i>Excellent</i>
2	0+100 - 14+200	700	44	56	<i>Good</i>
3	0+200 - 14+300	700	22	78	<i>Verry good</i>
4	0+300 - 14+400	700	24	76	<i>Verry good</i>
5	0+400 - 14+500	700	18	82	<i>Verry good</i>
6	0+500 - 14+600	700	64	36	<i>Poor</i>
7	0+600 - 14+700	700	Tidak ada kerusakan jalan		
8	0+700 - 14+800	700	28	72	<i>Verry good</i>
9	0+800 - 14+900	700	16	84	<i>Verry good</i>
10	0+900 - 15+000	700	10	90	<i>Excellent</i>
11	1+000 - 15+100	700	Tidak ada kerusakan jalan		
12	1+100 - 15+200	700	Tidak ada kerusakan jalan		
13	1+200 - 15+300	700	1	99	<i>Excellent</i>
14	1+300 - 15+400	700	Tidak ada kerusakan jalan		
15	1+400 - 15+500	700	Tidak ada kerusakan jalan		
16	1+500 - 15+600	700	18	82	<i>Very good</i>
17	1+600 - 15+700	700	2	98	<i>Excellent</i>
18	1+700 - 15+800	700	1	99	<i>Excellent</i>
19	1+800 - 15+900	700	Tidak ada kerusakan jalan		
20	15+900 - 16+000	700	5	95	<i>Excellent</i>
21	16+000 - 16+100	700	18	82	<i>Very good</i>
22	16+100 - 16+200	700	24	76	<i>Verry good</i>
23	16+200 - 16+300	700	2	98	<i>Excellent</i>
24	16+300 - 16+400	700	30	70	<i>Verry good</i>
25	16+400 - 16+500	700	Tidak ada kerusakan jalan		
26	16+500 - 16+600	700	34	66	<i>Good</i>
27	16+600 - 16+700	700	1	99	<i>Excellent</i>
28	16+700 - 16+800	700	32	68	<i>Godd</i>
29	16+800 - 16+900	700	46	54	<i>Fair</i>
30	16+900 - 17+100	700	14	86	<i>Excellent</i>
Rata - Rata Nilai PCI				75,23	<i>Verry good</i>

Berdasarkan hasil dari tabel perhitungan nilai PCI diatas, dari STA 14+000 sampai dengan 16+000 didapatkan nilai rata-rata PCI sebesar 75,3 termasuk kedalam kondisi sangat baik (*Verry good*). Dengan kesimpulan bahwa nilai perkerasan yang ada di Jalan Lintas Sicincin - Malalak - Balingka setelah banjir bandang dengan panjang 3 Km adalah sangat baik dengan penanganan rutin.

3.2 Analisis Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu

Perhitungan limpasan banjir rencana didasarkan pada perbandingan antara curah hujan dan limpasan dengan menggunakan data luas das dan panjang aliran Sungai dari PSDA Agam. Berikut adalah perhitungan debit rancangan HSS nakayatsu:

Luas Das (A) = 23 Km²

Panjang Sungai (L) = 10,6 Km

Hujan (Ro) = 1 mm

- a. Waktu konsentrasi (Tg)

Jika $L < 15$ Km, Maka $T_g = 0.21 \times L^{0.7}$

Jika $L > 15$ Km, Maka $T_g = 0.4 + 0.058 \times L$, ($L=10,6$) Maka

$$\begin{aligned}
 T_g &= 0,4 + 0,058 \times L \\
 &= 0,4 + 0,058 \times 10,6 \\
 &= 1,0148 \text{ Jam}
 \end{aligned}$$

Dimana:

T_g = Waktu konsentrasi

L = Panjang Sungai

- b. Koefisien Karakteristik DAS (α)

= 2 Untuk DAS biasa

= 1.5 Untuk Hidrograf naik yang lambat

= 3 untuk hidrograf naik cepat

$$\alpha = 0,47 \times (A \times L)^{0,25} / T_g$$

$$\alpha = 0,47 \times (A \times L)^{0,25} / 1,0148$$

$$\alpha = 1,830104229$$

- c. Durasi Hujan Efektif (T_r)

$$T_r = 0,5 \times T_g$$

$$T_r = 0,5 \times 1,0148$$

$$= 0,5074 \text{ Jam}$$

- d. Waktu puncak (T_p)

$$T_p = T_g + 0,8 \times T_r$$

$$= 1,0148 + 0,8 \times 0,5074$$

$$= 1,42072 \text{ Jam}$$

- e. Waktu penurunan ($T_{0,3}$)

$$\begin{aligned}
 1) \quad T_{0,3} &= \alpha \times T_g \\
 &= 1,830104229 \times 1,0148 \\
 &= 1,8572 \text{ Jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2) \quad 0,5 \times T_{0,3} &= 0,5 \times 1,8572 \\
 &= 0,92859
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 3) \quad 2,0 \times T_{0,3} &= 2,0 \times 1,8572 \\
 &= 3,714438 \text{ Jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 4) \quad 2,0 \times T_{0,3} &= 2,5 \times 1,8572 \\
 &= 4,64297 \text{ Jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 5) \quad (T_p + T_{0,3}) &= (1,42072 + 1,8572) \\
 &= 3,2779 \text{ Jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 6) \quad (T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3}) &= (1,42072 + 1,8572 + 4,64297) \\
 &= 6,06369 \text{ Jam}
 \end{aligned}$$

- f. Debit Puncak (Q_p)

$$Q_p = (A \times R_o) / (3,6 \times T_p) + T_{0,3}$$

$$= (23 \times 1) / (3,6 \times 1,42072) + 1,8572$$

$$= 2,79796 \text{ m}^3/\text{s}$$

Pada hasil pada puncak (T_p) yaitu 1,42072 Jam, maka data ini dimasukkan ke tabel interval waktu antara 1 dan 2, dan disebelahnya dimasukkan debit puncak (Q_p) sebesar 2.79796, data pada ($T_p + T_{0,3}$) yaitu sebesar 3,2779 dimasukkan kedalam tabel interval diantara 3 dan 4. Dan hasil dari ($T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3}$) yaitu sebesar 6,06369 dimasukan kedalam tabel interval antara 6 dan 7, selanjutnya dapat dilihat pada rumus berikut:

Persamaan Kurva Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu

Bagian lengkung naik dengan rumus :

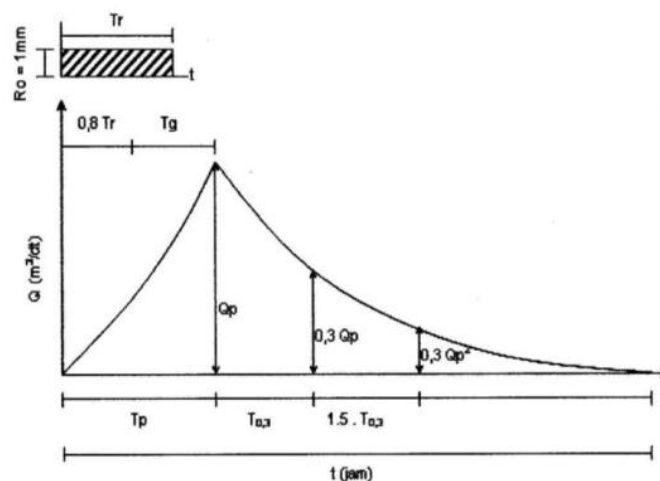
$$Q_a = Q_p \left(\frac{t}{T_p} \right)^{2,4}$$

Bagian Lengkung turun dengan rumus :

$$Q_{d1} > 0,3 Q_p \rightarrow Q_{d1} = Q_p \times 0,3 \left(\frac{t - T_p}{T_{0,3}} \right)$$

$$0,3 Q_p > Q_{d2} > 0,3^2 Q_p \rightarrow Q_{d2} = Q_p \times 0,3 \left(\frac{t - T_p + 0,5 T_{0,3}}{1,5 T_{0,3}} \right)$$

$$0,3^2 Q_p > Q_{d3} \rightarrow Q_{d3} = Q_p \times 0,3 \left(\frac{t - T_p + 1,5 T_{0,3}}{2,0 T_{0,3}} \right)$$



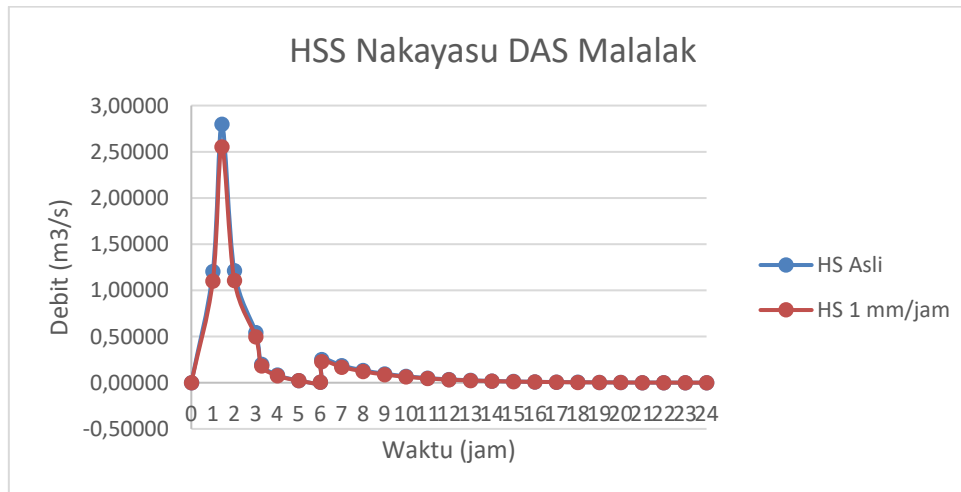
Gambar 9: Sketsa HSS model Nakayasu

Hasil dari perhitungan diatas dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 16: Hasil perhitungan hidrograf

t (jam)	Qt (m³/s)	Qkoreksi (m³/s)
0	0.00000	0
1	1.20454	1.099802523
1.42072	2.79796	2.554671704
2	1.21270	1.107250811
3	0.54393	0.49663509
3.277909772	0.20020	0.182791975
4	0.08393	0.076628706
5	0.02518	0.022988612
6	0.00755	0.006896584
6.06369443	0.25182	0.229920453
7	0.18590	0.169735419
8	0.13443	0.122744202
9	0.09722	0.088762494
10	0.07030	0.064188615
11	0.05084	0.04641801
12	0.03676	0.033567193
13	0.02659	0.024274122
14	0.01923	0.017553836
15	0.01390	0.01269406
16	0.01005	0.009179712
17	0.00727	0.006638311
18	0.00526	0.004800496
19	0.00380	0.003471479
20	0.00275	0.002510401
21	0.00199	0.001815397
22	0.00144	0.001312805
23	0.00104	0.000949355
24	0.00075	0.000686526
jml q(m³/s)	6.99733	6.38889
VLL (m ³)	25190.39509	23000
TLL (mm)	1.095234569	1

Dari hasil tabel diatas didapatkan gravik HSS nakayatsu seperti pada gambar dibawah ini:



Gambar 10: Grafik hidrograf satuan sintetik nakayasu

Keterangan:

Sumbu x = menyatakan waktu t (dalam satuan jam atau hari)

Sumbu y = menyatakan besar debit aliran Q dalam satuan m^3/s

Dari hasil grafik tersebut menunjukkan aliran air permukaan mengalami kenaikan drastis yang sangat cepat mencapai puncak debit banjir sekitar $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$ hingga $2,8 \text{ m}^3/\text{s}$ tepat pada jam ke 1. Pola aliran mencapai puncak pada jam ke 1, grafik langsung turun tajam pada jam ke 2 hingga 4, lalu melandai stabil mendekati angka 0 setelah jam ke 5 hingga jam ke 24.

Perhitungan debit banjir rancangan menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu bertujuan untuk mengetahui karakteristik aliran banjir, meliputi besarnya debit puncak dan waktu terjadinya debit puncak, sehingga dapat digunakan sebagai dasar dalam mengevaluasi potensi pengaruh aliran banjir terhadap infrastruktur jalan dan sistem drainase.

4. KESIMPULAN

Setelah melakukan penelitian terhadap jalan di Nagari Malalak Timur Kecamatan Malalak, Kabupaten Agam, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa:

1. Kerusakan yang terjadi disepanjang lokasi penelitian Mulai dari STA 14+000 sampai dengan STA 17+000 diantaranya yaitu lubang, pelepasan butir, retak memanjang, retak kulit buaya, dan amblas
2. Hasil menilai tingkat kerusakan dengan metode *Pavement Condition Index* (PCI) yaitu sangat baik (*Very good*) dengan nilai rata rata PCI 75,23
3. Pada jenis kerusakan berat seperti badan jalan hilang dibawa banjir bandang tidak bisa dianalisis menggunakan metode *Pavement Condition Index* (PCI), dikarenakan metode ini hanya dirancang untuk menilai kerusakan fungsional, atau struktural pada lapis permukaan jalan berdasarkan klasifikasi dan tingkat keparahan tertentu.
4. Aliran air permukaan mengalami kenaikan drastis yang sangat cepat mencapai puncak debit banjir sekitar $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$ hingga $2,8 \text{ m}^3/\text{s}$ tepat pada jam ke 1. Pola aliran mencapai puncak pada jam ke 1, grafik langsung turun tajam pada jam ke 2 hingga 4, lalu melandai stabil mendekati angka 0 setelah jam ke 5 hingga jam ke 24.

5. Pada tabel curah hujan 4.7 dan 4.8 terlihat hasil curah hujan dari tahun ke tahun mengalami peningkatan dimana hal ini juga berpengaruh pada kondisi permukaan perkerasan jalan, curah hujan tinggi mempercepat kondisi kerusakan jalan, apalagi tidak adanya drainase disekitar jalan yang diteliti. Artinya pada ruas jalan di Nagari Malalak Timur, kerusakan pada jalan bukan hanya terjadi karena banjir bandang, tetapi juga karena kesalahan perencanaan teknik dan tidak sesuai dengan SNI atau pedoman pada geometrik jalan.

5. REFERENSI

- ASTM International. (2024). *ASTM D6433: Standard practice for roads and parking lots pavement condition index surveys*. ASTM International.
- CAWISDI, Cawisdi, et al. Analisis Analisis Kerusakan Jalan Menggunakan Metode Pavement Condition Index Pada Ruas Jalan Purwogondo-Teluk. 2024.
- Fikri, M., & Sarira, A. A. (2023). Analisis Tingkat Kerusakan Jalan Dengan Metode Pavement Condition Index: Studi Kasus Jalan Poros Latuppa-Bonglo. *Jurnal Ilmiah Ecosystem*, 23(2), 345-351.
- GUSNILAWATI, Anisa; CHRISNAWATI, Yusfita; MARYUNANI, Woro Partini. Analisis penilaian faktor kerusakan jalan dengan perbandingan metode bina marga, metode pci (pavement condition index), dan metode sdi (surface distress index)(Studi Kasus Ruas Jalan Patuk-Dlingo, Kec. Dlingo, Kab. Bantul). *Jurnal Rekayasa Infrastruktur Sipil*, 2021, 2.1: 15.
- HAKZAH, Hakzah, et al. Analisis Geometrik Jalan Menggunakan Pedoman Desain Geometrik Jalan 2021 (Studi Kasus: Jenderal Sudirman Kota Parepare). *Teras Jurnal: Jurnal Teknik Sipil*, 2025, 15.2: 469-477.
- Hardiyatmo, H. C. (2019). *Perencanaan perkerasan jalan dan penyelidikan tanah*. Gadjah Mada University Press.
- Honesti, L. (2024). *Analysis of Flood Events in Padang City in the Perspective of Natural Science*. 1(3), 243-253.
- RAMADONA, Fitri. Analisis Kerusakan Jalan Raya pada Lapis Permukaan dengan Metode Pavement Condition Index (PCI) dan metode Bina Marga. *Skripsi, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatra Barat*. Diakses dari <http://eprints.umsb.ac.id/820/1>, 2022, 281810002.22201051: 29.
- SA'DILLAH, M.; PANDULU, Galih Damar; BASRI, Moh Hasan. Analisis Kerusakan Jalan Berdasarkan Metode IRI (International Roughnees Index) dan PCI (Pavement Condition Index). *Jurnal Ilmiah MITSU (Media Informasi Teknik Sipil Universitas Wiraraja)*, 2024, 12.2: 153-162.
- Jannah, R. L., Yermadona, H., & Dewi, S. (2022). Analisis Kerusakan Perkerasan Jalan Dengan Metoda Bina Marga Dan Pavement Condition Index (PCI)(Studi kasus: Jl. Lintas Sumatera Km 203-213). *Ensiklopedia Research and Community Service Review*, 1(2), 114-122.