



Pendekatan PKJI 2023 dalam Analisis Kinerja Simpang Bersinyal dan Upaya Mitigasi Emisi Kendaraan di Kota Denpasar

Nurul Huda¹, Eding Iskak Imananto², Sriliani Surbakti³

¹²³ Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Malang

Email: nurulhuda200125@gmail.com

Abstrak

Simpang bersinyal Imam Bonjol – Raya Kuta – Sunset Road di Denpasar adalah titik kritis kemacetan akibat mobilitas tinggi menuju kawasan wisata dan komersial. Penelitian ini mengevaluasi kinerja simpang, menganalisis hubungan tundaan lalu lintas dengan kualitas udara, dan merumuskan strategi penurunan emisi. Metode penelitian menggunakan analisis deskriptif kuantitatif berdasarkan PKJI 2023. Data primer mencakup volume kendaraan, sinyal lampu, antrian, dan tundaan pada jam puncak, serta pengukuran konsentrasi CO dan NO₂. Pemodelan dengan VISSIM 2024 digunakan untuk menyusun skenario perbaikan fase sinyal. Hasilnya, kondisi eksisting simpang berada pada tingkat pelayanan F dengan derajat kejenuhan 1,77 dan tundaan rata-rata 112,2 detik/SMP. Konsentrasi NO₂ mencapai 79 µg/m³ (kategori “Sedang”). Setelah fase sinyal diubah dari empat menjadi dua fase dengan penyesuaian waktu siklus, kinerja meningkat signifikan. Derajat kejenuhan turun menjadi 0,76 dan tundaan rata-rata menjadi 35,30 detik/SMP (tingkat pelayanan D). Perbaikan ini juga mengurangi konsentrasi polutan. Kesimpulannya, optimalisasi fase sinyal dan waktu siklus efektif meningkatkan kinerja simpang dan menurunkan emisi. Direkomendasikan penerapan sinyal adaptif, pemantauan udara berkala, dan integrasi transportasi publik ramah lingkungan untuk mendukung keberlanjutan.

Kata Kunci : Emisi Kendaraan, Kinerja Simpang, Kualitas Udara.

PENDAHULUAN

Simpang bersinyal di Jalan Imam Bonjol, Jalan Raya Kuta, dan Jalan Sunset Road, Denpasar, Bali, merupakan titik vital dalam jaringan transportasi yang menghubungkan pusat kota dengan kawasan wisata Kuta dan zona komersial yang padat. Lokasi strategis ini menyebabkan intensitas pergerakan kendaraan sangat tinggi, yang didominasi oleh kendaraan pribadi, bus pariwisata, dan kendaraan barang. Kondisi ini sejalan dengan hasil penelitian Putra dan Dewi (2022) yang menyebutkan bahwa simpang dengan fungsi penghubung antara area komersial dan pariwisata memiliki beban lalu lintas tertinggi di wilayah perkotaan Bali. Akibatnya, simpang tersebut mengalami permasalahan kemacetan kronis terutama pada jam-jam puncak, yang ditandai dengan panjang antrian berlebih, waktu tundaan tinggi, dan derajat kejenuhan yang melampaui kapasitas. Temuan serupa juga diungkapkan oleh Suryawan et al. (2023) yang menunjukkan bahwa tingkat kejenuhan simpang bersinyal di kawasan wisata mencapai lebih dari 0,85, yang berarti kapasitas simpang telah terlampaui dan memerlukan penyesuaian fase sinyal atau rekayasa lalu lintas lanjutan.

Kondisi kemacetan di simpang tersebut tidak hanya mengganggu kelancaran lalu lintas tetapi juga berdampak negatif terhadap kualitas udara di sekitarnya. Penumpukan kendaraan pada waktu lama meningkatkan emisi gas buang seperti karbon monoksida (CO), nitrogen dioksida (NO₂), dan partikulat (PM_{2.5}), yang secara signifikan memperburuk kualitas udara perkotaan (Rahardjo et al., 2021). Penelitian Santosa dan Wijayanti (2024) menemukan bahwa peningkatan waktu tundaan kendaraan sebesar 30% dapat meningkatkan konsentrasi CO di sekitar simpang hingga dua kali lipat. Selain itu, area simpang yang dekat dengan kawasan wisata seperti Kuta memperburuk paparan polutan bagi pejalan kaki dan wisatawan, yang berdampak pada kenyamanan dan kesehatan publik (Yuliana et al., 2023).

Berdasarkan observasi awal, kinerja simpang di kawasan ini menunjukkan tingkat pelayanan yang tidak memadai dengan nilai Level of Service (LOS) berada pada kategori E hingga F, menandakan tingkat kejenuhan tinggi dan tundaan ekstrem. Analisis kinerja berdasarkan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI, 2023) digunakan untuk menilai efisiensi operasional simpang bersinyal secara terukur. Pendekatan PKJI 2023 ini dianggap lebih representatif dibanding edisi sebelumnya karena mempertimbangkan faktor lingkungan perkotaan dan pola pergerakan kendaraan pascapandemi (Handayani & Prasetyo, 2024). Oleh karena itu, penelitian ini penting dilakukan untuk mengevaluasi kinerja simpang

bersinyal di kawasan Denpasar secara komprehensif, sekaligus menganalisis dampak emisi kendaraan terhadap kualitas udara sekitar dengan pendekatan kuantitatif berbasis data lapangan.

Kebaruan (novelty) dari penelitian ini terletak pada integrasi analisis kinerja simpang bersinyal menggunakan PKJI 2023 dengan model estimasi emisi kendaraan berbasis volume lalu lintas aktual di kawasan wisata perkotaan. Belum banyak penelitian di Indonesia, khususnya di Bali, yang mengombinasikan dua aspek tersebut secara simultan untuk menilai efisiensi lalu lintas sekaligus dampak ekologisnya. Urgensi penelitian ini juga tinggi mengingat pertumbuhan kendaraan di Denpasar meningkat sekitar 6,5% per tahun (BPS Bali, 2024) dan kawasan Kuta merupakan salah satu pusat aktivitas wisata dengan intensitas mobilitas tertinggi di Indonesia. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi dasar bagi perumusan strategi teknis dan kebijakan transportasi berkelanjutan, seperti optimisasi waktu sinyal, penerapan teknologi *smart traffic control*, dan upaya mitigasi emisi di simpang perkotaan padat.

METODE

Nama Analisis data lalu lintas simpang bersinyal meliputi volume lalu lintas dan kapasitas. Analisa dilakukan untuk mengetahui apakah kinerja masing – masing simpang yang diteliti sudah memenuhi tingkat pelayanan lalu lintas yang stabil. Kestabilan arus jalan dapat dilihat pada kestabilan yang ditentukan dari Level of Service (LOS). Besar nilai tingkat pelayanan tergantung pada derajat kejenuhan (DJ). Derajat kejenuhan yang dianjurkan kurang dari 0,85. Sasaran utama dari analisis operasional suatu simpang dengan kondisi geometri, lalu lintas, dan lingkungan yang ada pada saat dianalisis atau yang akan datang, angka angka Kapasitas, Derajat Kejenuhan (Dj), Tundaan (T), dan Peluang Antrian (Pa). Keseluruhan prosedur meliputi 3 (tiga) langkah utama, yaitu:

- Langkah A: menetapkan data masukan.
- Langkah B: menetapkan kapasitas simpang.
- Langkah C: menetapkan kinerja lalu lintas.

Untuk evaluasi kondisi operasional suatu simpang, data masukan utama pada langkah A adalah data geometri eksisting, data arus lalu lintas pergerakan baik dari jalan mayor maupun dari jalan minor. Langkah berikutnya adalah menghitung kapasitas dan kinerja lalu lintas simpang eksisting sesuai dengan Langkah B dan Langkah C. Kemudian, mendeskripsikan hasil dari Langkah B dan Langkah C berdasarkan nilai – nilai C, Dj, T, dan Pa.

Data primer yang dibutuhkan adalah:

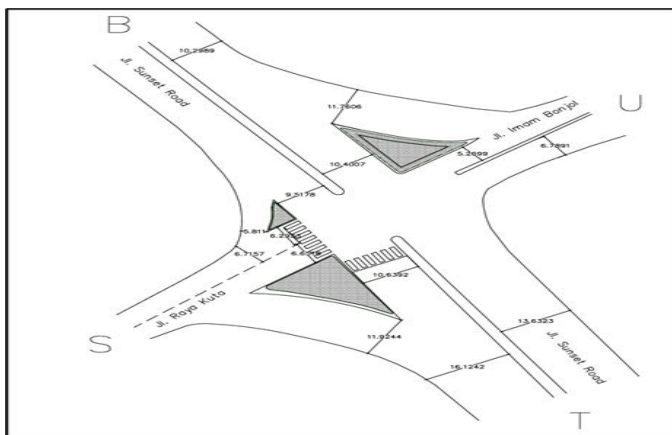
- a. Data volume lalu lintas
- b. Data geometric jalan/simpang.
- c. Waktu siklus.

Data sekunder adalah data – data yang diperoleh dari instansi – instansi yang terkait, dalam studi kasus ini, yang termasuk dalam data sekunder yaitu data jumlah penduduk, dari Badan Pusat Statistik (BPS). Serta lokasi studi kasus gambaran muka bumi berasal dari Google Earth.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Periode Gambaran Umum Lokasi Studi

Denpasar merupakan sebuah kota yang terletak di wilayah Provinsi Bali, Indonesia. Kota ini secara resmi ditetapkan sebagai daerah otonom pada tahun 2001 setelah pemekaran dari Kabupaten Badung. Berdasarkan data kependudukan, jumlah penduduk Denpasar mencapai 537.739 jiwa. Secara geografis, wilayah Kota Denpasar berbatasan dengan beberapa kawasan di sekitarnya. Banyaknya pendatang dari luar kota mengakibatkan volume kendaraan yang ada di Kota Denpasar meningkat, sehingga kemacetan terjadi di banyak titik persimpangan di Kota Denpasar.



Gambar 1. Lokasi Studi



Gambar 2. Pergerakan Kendaraan Eksisting

Keterangan:

S : Jl. Raya Kuta

U: Jl. Imam Bonjol

T: Jl. Sunset Road Timur

B: Jl. Sunset Road Barat

Volume Lalu Lintas

Data primer yang digunakan dalam studi ini diperoleh melalui observasi lapangan secara langsung dengan melakukan perhitungan volume kendaraan menggunakan traffic counter. Pengambilan data dilakukan dalam rentang tiga hari pada tanggal 25 Mei 2025 (Minggu), 27 Mei 2025 (Selasa), dan 28 Mei 2025 (Rabu). Observasi difokuskan pada jam-jam sibuk yaitu periode pukul 07.00-10.00 WIB, 11.00-14.00 WIB, dan 15.00-18.00 WIB dengan pencatatan data dilakukan setiap interval 15 menit.

Tabel 1. Volume Kendaraan Pendekat Selatan Hari minggu 25 Mei 2025

WAKTU	PER JAM												TOTAL
	S-B				S-U				S-T				
	SM	MP	KB	KTB	SM	MP	KB	KTB	SM	MP	KB	KTB	
07.00-08.00	286	123	2	0	13	23	9	1	8	11	0	0	476
07.15-08.15	276	147	2	0	18	20	9	1	8	9	0	0	490
07.30-08.30	281	167	5	0	27	20	9	2	8	5	0	0	524
07.45-08.45	250	176	11	0	37	30	6	2	8	5	1	0	526
08.00-09.00	241	186	13	0	51	35	6	2	8	6	1	0	549
08.15-09.15	277	185	19	0	56	39	9	2	7	6	1	0	601
08.30-09.30	279	169	26	0	54	45	10	0	7	5	1	0	596
08.45-09.45	300	172	29	0	56	37	13	0	7	6	0	0	620
09.00-10.00	319	176	33	0	47	33	18	0	7	6	0	0	639
11.00-12.00	333	221	25	0	95	34	25	0	17	8	1	0	759
11.15-12.15	327	215	34	0	97	41	21	0	22	7	1	0	765
11.30-12.30	319	209	51	0	101	46	18	0	25	15	1	0	785
11.45-12.45	295	192	66	0	101	57	8	0	25	24	1	0	769
12.00-13.00	284	179	69	0	111	59	5	0	27	34	0	0	768
12.15-13.15	391	189	77	0	124	58	13	0	27	41	6	0	926
12.30-13.30	524	204	76	0	136	57	18	0	27	41	15	0	1098
12.45-13.45	612	237	75	0	146	58	28	0	28	34	19	0	1237
13.00-14.00	662	269	99	0	143	61	36	0	23	31	24	0	1348
15.00-16.00	815	444	149	0	87	40	28	0	31	32	10	0	1636
15.15-16.15	754	453	130	0	81	39	38	0	36	36	12	0	1579
15.30-16.30	816	449	117	0	87	39	39	0	40	35	9	0	1631
15.45-16.45	888	460	91	0	89	41	33	0	40	28	9	0	1679
16.00-17.00	1000	439	75	0	94	50	33	0	39	23	15	0	1768
16.15-17.15	1125	433	65	0	110	59	19	0	32	18	11	0	1872
16.30-17.30	1122	400	44	0	113	73	19	0	23	18	11	0	1823
16.45-17.45	1022	361	37	0	114	87	21	0	18	23	12	0	1695
17.00-18.00	922	368	25	0	116	98	14	0	11	26	9	0	1589

Tabel 2. Volume Kendaraan Pendekat Utara Hari minggu 25 Mei 2025

WAKTU	PER JAM												TOTAL
	S				B				U				
	SM	MP	KB	KTb	SM	MP	KB	KTb	SM	MP	KB	KTb	
07.00-08.00	194	20	2	0	317	174	8	0	274	315	33	0	1337
07.15-08.15	213	22	2	0	365	193	7	0	385	299	58	0	1544
07.30-08.30	248	21	2	0	403	200	6	0	606	363	83	8	1940
07.45-08.45	316	27	2	0	486	221	14	0	776	439	99	8	2388
08.00-09.00	335	25	0	0	569	252	22	0	972	473	101	9	2758
08.15-09.15	364	30	0	0	693	273	24	0	1079	557	92	9	3121
08.30-09.30	323	38	0	0	760	298	27	0	1082	555	83	1	3167
08.45-09.45	273	39	0	0	793	301	24	0	1092	524	65	1	3112
09.00-10.00	272	42	0	0	852	348	20	0	1084	514	58	0	3190
11.00-12.00	239	37	0	0	1191	353	53	0	914	438	31	0	3256
11.15-12.15	249	55	0	0	1138	357	62	0	838	398	8	0	3105
11.30-12.30	255	69	0	0	1071	323	59	0	739	368	6	0	2890
11.45-12.45	261	77	0	0	999	364	61	0	713	343	12	0	2830
12.00-13.00	265	81	0	0	951	398	72	0	670	319	13	0	2769
12.15-13.15	254	88	1	0	902	345	55	0	646	295	13	0	2599
12.30-13.30	234	103	2	0	801	334	44	0	655	283	13	0	2469
12.45-13.45	223	134	2	0	782	289	25	0	679	269	10	0	2413
13.00-14.00	201	168	3	0	780	237	3	0	672	241	11	0	2316
15.00-16.00	205	166	4	0	709	208	4	0	643	303	14	0	2256
15.15-16.15	211	161	6	0	697	241	6	0	679	310	5	2	2318
15.30-16.30	230	188	2	0	745	259	8	0	743	320	5	3	2503
15.45-16.45	266	196	3	0	804	282	7	0	810	297	7	3	2675
16.00-17.00	253	189	4	0	935	293	8	0	882	289	10	3	2866
16.15-17.15	258	217	9	0	1063	273	9	0	1000	290	13	2	3134
16.30-17.30	268	208	9	1	1135	243	8	0	1094	278	16	3	3263
16.45-17.45	246	207	8	1	1169	215	6	0	1173	256	23	3	3307
17.00-18.00	257	207	7	1	1104	217	8	0	1153	215	19	3	3191

Tabel 3. Volume Kendaraan Pendekat Timur Hari minggu 25 Mei 2025

WAKTU	PER JAM												TOTAL
	T				S				B				
	SM	MP	KB	KTb	SM	MP	KB	KTb	SM	MP	KB	KTb	
07.00-08.00	955	352	17	1	84	84	0	0	560	142	3	0	2198
07.15-08.15	1019	318	19	1	116	104	1	1	583	159	4	0	2325
07.30-08.30	1031	268	20	1	156	124	1	1	607	166	3	0	2378
07.45-08.45	1104	260	45	1	195	144	1	1	607	172	3	0	2533
08.00-09.00	1103	240	57	1	229	162	1	1	596	176	5	0	2571
08.15-09.15	1036	231	70	0	239	167	0	0	623	175	3	0	2544
08.30-09.30	1003	235	80	0	251	160	0	0	662	181	7	0	2579
08.45-09.45	922	253	62	0	253	141	0	0	724	194	7	0	2556
09.00-10.00	843	271	69	0	260	127	0	0	780	219	6	0	2575
11.00-12.00	768	346	111	0	301	171	1	0	797	212	9	0	2716
11.15-12.15	748	351	86	0	364	169	0	0	791	231	13	0	2753
11.30-12.30	755	361	98	0	430	181	4	0	777	234	10	0	2850
11.45-12.45	748	343	73	0	480	182	12	0	772	221	7	0	2838
12.00-13.00	733	308	52	0	509	188	18	0	773	232	7	0	2820
12.15-13.15	692	292	51	0	471	186	22	0	799	234	5	0	2752
12.30-13.30	655	252	37	0	427	186	22	0	810	245	9	0	2643
12.45-13.45	625	218	28	0	366	204	20	0	806	267	10	0	2544
13.00-14.00	547	196	26	0	318	202	20	0	801	272	12	0	2394
15.00-16.00	547	302	25	2	275	213	7	0	800	244	9	0	2424
15.15-16.15	620	318	20	0	279	226	4	0	856	289	9	0	2621
15.30-16.30	673	351	17	0	294	235	5	0	892	314	11	0	2792
15.45-16.45	783	390	17	0	313	237	6	0	931	350	10	0	3037
16.00-17.00	889	410	12	0	335	229	11	0	988	366	13	0	3253
16.15-17.15	909	425	10	4	347	216	14	0	972	351	17	0	3265
16.30-17.30	912	391	18	4	347	213	16	0	974	347	14	0	3236
16.45-17.45	950	365	19	4	336	222	16	0	974	355	18	0	3259
17.00-18.00	910	335	22	4	335	245	10	0	965	363	14	0	3203

Tabel 4. Volume Kendaraan Pendekat Barat Hari minggu 25 Mei 2025

WAKTU	PER JAM													TOTAL
	U				T				S					
	SM	MP	KB	KTb	SM	MP	KB	KTb	SM	MP	KB	KTb		
07.00-08.00	164	140	2	0	957	249	33	0	296	177	8	0	2026	
07.15-08.15	187	148	2	0	969	247	45	0	345	203	4	0	2150	
07.30-08.30	216	153	2	0	962	264	64	0	390	218	3	0	2272	
07.45-08.45	241	163	2	0	950	297	92	0	440	226	3	0	2414	
08.00-09.00	260	166	3	0	909	310	118	0	509	229	7	0	2511	
08.15-09.15	285	164	3	0	836	331	139	0	627	238	14	0	2637	
08.30-09.30	294	159	6	0	869	349	158	0	709	251	15	0	2810	
08.45-09.45	301	164	6	0	849	361	165	0	749	274	17	0	2886	
09.00-10.00	330	164	7	0	863	415	168	0	771	297	15	0	3030	
11.00-12.00	369	170	5	0	784	485	162	0	1116	383	39	0	3513	
11.15-12.15	373	180	9	0	761	514	150	0	1067	351	42	0	3447	
11.30-12.30	382	192	4	0	893	470	114	0	966	338	49	0	3408	
11.45-12.45	396	210	9	0	1041	448	104	0	934	364	58	0	3564	
12.00-13.00	419	212	9	0	1121	459	77	0	889	377	58	0	3621	
12.15-13.15	399	196	5	0	1112	346	59	0	897	381	50	0	3445	
12.30-13.30	377	181	5	0	977	404	51	0	877	410	40	0	3322	
12.45-13.45	357	160	2	0	854	356	32	0	884	404	23	0	3072	
13.00-14.00	329	154	2	0	724	317	44	0	808	405	14	0	2797	
15.00-16.00	343	154	5	0	852	481	76	0	779	215	7	0	2912	
15.15-16.15	324	159	5	0	914	529	83	2	818	218	7	0	3059	
15.30-16.30	316	169	5	0	968	571	85	2	852	224	11	0	3203	
15.45-16.45	329	183	2	0	1062	611	84	3	879	238	11	0	3402	
16.00-17.00	354	192	2	0	1129	614	85	3	923	243	10	0	3555	
16.15-17.15	388	203	2	0	1209	557	75	1	964	237	9	0	3645	
16.30-17.30	425	220	4	0	1241	514	71	1	1016	256	4	0	3752	
16.45-17.45	453	222	3	0	1214	452	78	0	1038	263	3	0	3726	
17.00-18.00	476	237	3	0	1165	412	81	0	1066	260	4	0	3704	

Berikut merupakan table yang menunjukkan data kualitas udara eksisting pada simpang empat bersinyal Jl. Ngurah Rai Denpasar, Bali:

Tabel 5. Data Kualitas Udara Hari Minggu, 25 Mei 2025

Waktu Pengukuran	Kosentrasi Partikulat		
	NO2	SO2	CO
	ppm	ppm	ppm
07.00-08.00	56	0	197
08.00-09.00	44	0	207
09.00-10.00	42	0	236
11.00-12.00	60	0	345
12.00-13.00	39	0	366
13.00-14.00	31	0	331
15.00-16.00	71	0	356
16.00-17.00	67	0	266
17.00-18.00	90	0	293

Tabel 6. Data Kualitas Udara Hari Selasa, 27 Mei 2025

Waktu Pengukuran	Kosentrasi Partikulat		
	NO2	SO2	CO
	ppm	ppm	ppm
07.00-08.00	36	0	188
08.00-09.00	21	0	205
09.00-10.00	29	0	248
11.00-12.00	18	0	322
12.00-13.00	22	0	321
13.00-14.00	42	0	258
15.00-16.00	32	0	354
16.00-17.00	27	0	235
17.00-18.00	23	0	367

Tabel 7. Data Kualitas Udara Hari Rabu, 28 Mei 2025

Waktu Pengukuran	Kosentrasi Partikulat		
	NO2	SO2	CO
	ppm	ppm	ppm
07.00-08.00	34	0	312
08.00-09.00	54	0	336
09.00-10.00	67	0	325
11.00-12.00	53	0	233
12.00-13.00	75	0	271
13.00-14.00	63	0	219
15.00-16.00	78	0	304
16.00-17.00	65	0	467
17.00-18.00	62	0	265

Hasil Analisa Kerja

Indikator kinerja suatu simpang dan jalan adalah nilai Derajat Kejenuhan (DJ), Tundaan (T), dan Panjang Antrian (PA). Dengan nilai tersebut dapat disimpulkan menggunakan Tingkat Pelayanan/*Level Of Service* (LOS) pada tundaan.

Tabel 8. Data keluaran hari minggu 25 Mei 2025

Parameter Kinerja	Satuan	Pagi				Siang				Sore			
		U	S	B	T	U	S	B	T	U	S	B	T
Kapasitas (C)	SMP/Jam	1362	1080	2478	2629	948	770	1728	1786	918	702	1598	1626
Derajat Kejenuhan (DJ)	SMP/Jam	0,72	0,31	0,57	0,48	1,28	0,90	0,93	0,68	1,50	1,17	0,94	0,53
Tundaan Rata - Rata	Detik/SMP	28,29	23,87	21,38	19,96	86,78	40,63	32,17	23,39	127,62	84,78	33,31	21,66
Tingkat Pelayanan (LOS)		D	C	C	C	F	E	D	C	F	F	D	C

Tabel 9. Data keluaran hari Selasa 27 Mei 2025

Parameter Kinerja	Satuan	Pagi				Siang				Sore			
		U	S	B	T	U	S	B	T	U	S	B	T
Kapasitas (C)	SMP/jam	1837	1450	2534	2682	1894	1548	2624	2735	1791	1369	2365	2434
Derajat Kejenuhan (DJ)	SMP/jam	0,65	0,32	0,67	0,56	0,78	0,52	0,76	0,51	0,87	0,69	0,75	0,46
Tundaan Rata - Rata	Detik/SMP	49,39	44,18	54,76	51,33	55,10	48,06	58,21	49,73	60,48	53,14	58,12	49,67
Tingkat Pelayanan (LOS)		E	E	E	E	E	E	E	E	F	E	E	E

Pemecahan Masalah

Alternatif I adalah optimalisasi kapasitas jalan dan simpang dengan membuat peraturan terkait larangan berjualan dan parkir pada bahu jalan mengingat ruas jalan yang tergolong sempit. Adapun hasil analisa dari solusi alternatif I apabila diterapkan adalah sebagai berikut:

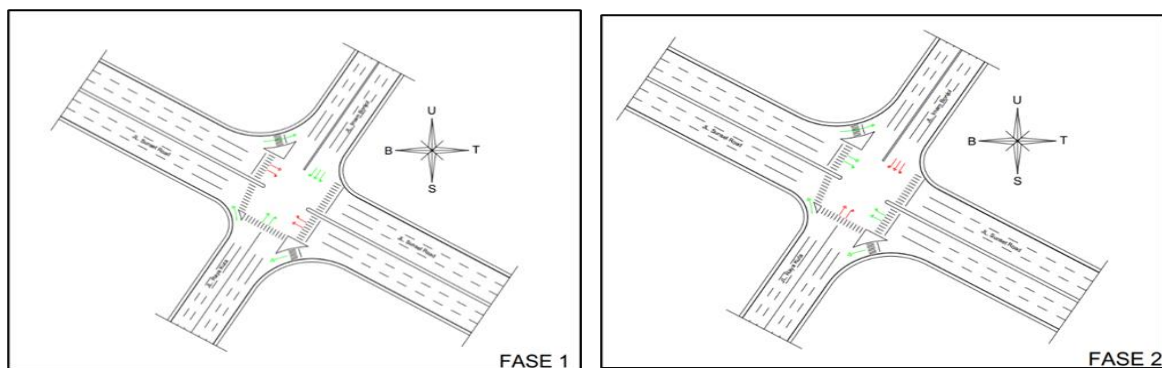
Tabel 10. Hasil Analisis Optimasi Waktu Siklus Rabu, 28 Mei 2025

Parameter Kinerja	Satuan	Sore				Tundaan Rata - Rata (SMP/jam)
		U	S	B	T	
Kapasitas (C)	SMP/Jam	2166	1890	1272	1689	12,10
Derajat Kejenuhan (DJ)	SMP/Jam	0,33	0,39	0,90	0,81	
Tundaan Rata - Rata	Detik/SMP	8,59	8,77	16,27	12,29	
Tingkat Pelayanan (LOS)		B	B	C	B	B

Berdasarkan hasil perhitungan pada jam puncak sore hari Rabu, 28 Mei 2025, diperoleh bahwa setelah dilakukan optimasi waktu sinyal dan perubahan fase pada simpang Jalan Imam Bonjol, Jalan Sunset Road, dan Jalan Raya Kuta, diperoleh tundaan rata-rata sebesar 12,10 detik/kendaraan. Nilai tundaan tersebut mengindikasikan tingkat pelayanan berada pada level B sesuai dengan Peraturan Menteri Perhubungan No. 96 Tahun 2015 tentang Tingkat Pelayanan Persimpangan Bersinyal. Oleh karena itu, kinerja simpang ini dapat dikatakan telah memenuhi standar kinerja lalu lintas yang ditetapkan.

Setelah dilakukan evaluasi terhadap kondisi eksisting pada simpang, dilakukanlah perubahan fase sinyal sebagai bagian dari strategi untuk meningkatkan kinerja lalu lintas. Langkah ini didasarkan pada hasil simulasi dan analisis teknis yang menunjukkan bahwa pengaturan fase sebelumnya belum mampu mengakomodasi volume kendaraan yang tinggi, terutama saat jam-jam puncak. Dalam proses perbaikannya, fase-fase sinyal kemudian disusun ulang dengan cara menggabungkan pergerakan kendaraan yang tidak saling berkonflik ke dalam satu fase yang sama. Strategi ini bertujuan untuk menghemat waktu siklus secara keseluruhan sekaligus memperbaiki alur pergerakan kendaraan.

Hasilnya, distribusi arus lalu lintas menjadi lebih merata di setiap pendekatan, antrean kendaraan berkurang, dan perpindahan kendaraan di dalam simpang menjadi lebih cepat dan efisien. Selain itu, fase belok kanan yang sebelumnya berdiri sendiri kini disatukan dengan fase lurus selama tidak menimbulkan konflik, yang secara signifikan turut menurunkan waktu tundaan. Dampak dari penerapan perubahan fase ini terlihat jelas, yakni terjadinya penurunan nilai derajat kejenuhan (DJ) dan peningkatan tingkat pelayanan (Level Of Service) pada simpang. Tidak hanya itu, efisiensi ini juga berdampak positif terhadap lingkungan, sebab berkurangnya waktu kendaraan berhenti di simpang turut mengurangi emisi gas buang yang dihasilkan. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa perubahan fase sinyal ini merupakan solusi yang efektif dalam mengatasi kemacetan sekaligus membantu menurunkan tingkat polusi udara di kawasan simpang empat bersinyal Jalan Imam Bonjol – Jalan Raya-Sunset Road.



Gambar 3. Fase Sinyal Lampu Isyarat Lalu Lintas Simpang Empat Jl. Imam Bonjol- Jl. Sunset Road-Jl.Raya Kuta 2 Fase.

Utara & Selatan	fase 1	30	3	1	34
Timur & Barat	fase2	34	30	3	1

Gambar 4. Waktu Siklus Setelah Perubahan Fase dan Perubahan Waktu Sinyal.

KESIMPULAN

Berdasarkan Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai evaluasi kinerja simpang bersinyal dan dampaknya terhadap kualitas udara pada Simpang Empat Jalan Imam Bonjol – Jalan Raya Kuta – Jalan Sunset Road di Denpasar, Bali, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Berdasarkan analisis menggunakan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI 2023), kinerja eksisting Simpang Empat Jalan Imam Bonjol – Jalan Raya Kuta – Jalan Sunset Road berada pada kondisi buruk. Hal ini ditunjukkan dengan nilai derajat kejenuhan (DJ) tertinggi mencapai 1,77 dan waktu tundaan tertinggi sebesar 112,2 detik/SMP yang terjadi pada hari Rabu, 28 Mei 2025 pukul 16.00–17.00 WIB. Kondisi tersebut menunjukkan tingkat pelayanan simpang pada level F, yaitu sangat tidak efisien.
2. Berdasarkan hasil analisis dapat disimpulkan bahwa emisi kendaraan akibat kepadatan lalu lintas di Simpang Empat Jalan Imam Bonjol – Jalan Raya Kuta – Jalan Sunset Road tidak menunjukkan keterkaitan yang signifikan dengan kualitas udara di sekitar lokasi studi. Peningkatan volume kendaraan dan besarnya emisi yang dihasilkan akibat tundaan lalu lintas, tidak berbanding lurus dengan perubahan konsentrasi polutan udara yang terukur. Dengan demikian, besarnya emisi kendaraan pada kondisi kepadatan lalu lintas di simpang ini tidak dapat dijadikan indikator langsung terhadap penurunan kualitas udara di kawasan tersebut.
3. Penerapan perubahan fase sinyal menjadi 2 fase dan optimalisasi waktu siklus berhasil menurunkan DJ menjadi 0,76, Strategi ini terbukti efektif dalam meningkatkan kelancaran lalu lintas. Setelah dilakukan optimalisasi fase sinyal dan pengaturan siklus, DJ berhasil diturunkan menjadi 0,76, dan tundaan pun menurun signifikan, sehingga kinerja simpang menjadi lebih baik dan mendekati tingkat pelayanan C/D.

DAFTAR PUSTAKA

- Alhafiz, M. A., Sebayang, N., Surbakti, S., Studi, P., & Sipil, T. (2023). ANALISIS HUBUNGAN KINERJA SIMPANG TERHADAP EMISI GAS BUANG Latar belakang Waktu isyarat APILL total. 359.
- Amal, A. S. (2019). Analisis kinerja Simpang Empat Bersinyal (Persimpangan Jalan Raya Mojoagung – Jalan Raya Sumobito – Jalan Raya Mojowarno) Performance Analysis of Four-Signal Intersections (Intersection of Mojoagung Road - Sumobito Road - Mojowarno Road). Media Teknik Sipil, 17(2), 23–28.
- Bina Marga Direktorat Jendral. (2023). Panduan Kapasitas Jalan Indonesia 2014. Panduan Kapasitas Jalan Indonesia, 68.
- Dasrul Chaniago, Annisa Zahara, I. S. R. (2020). Portal Direktorat Pengendalian Pencemaran Udara Ditjen Ppkl Kllhk. In Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan
- Kusnandar, M. (2020). Permen LHK Nomor 14 Tahun 2020. Permen LHK Nomor 14 Tahun 2020 Tentang Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU), 1–16.
- Kementerian Perhubungan (2015). *Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia No. 96 Tahun 2015* Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen Rekayasa Lalu Lints
- Kementerian Pekerjaan Umum (2023). Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia Direktorat Jenderal Bina Marga, Jakarta.
- Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia (2020). *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.14/ MENLHK/SETJEN/KUM.1/7/2020* Tentang : Indeks Standar Pencemar Udara
- Pokhrel, S. (2024). No TitleEAENH. *Ayan*, 15(1), 37–48.
- Putri, L. C., Rahardjo, B., & Pranoto, P. (2024). Analisis Kinerja Simpang Empat Bersinyal (Studi Kasus: Jl. Hasyim Asyari – Jl. Imam Bonjol – Dan Jl. Mastrip Kab. Bojonegoro). *Jurnal Inovasi Teknologi Dan Edukasi Teknik*, 4(4), 3.