

Kajian Analisis Aliran Trafik dan Kitaran Masa di Persimpangan Jejambat Persiaran Utama, Seremban 2.

Nurul Qamar bin Hazni¹, Suriah binti Mohamad¹, Amran bin Asan¹, Munshi bin Hashim¹

¹Civil Engineering Department, Politeknik Port Dickson, Negeri Sembilan, Malaysia

*Corresponding author E-mail: qamar@polipd.edu.my

Abstrak

Kajian ini dijalankan bagi menilai prestasi aliran trafik dan masa kitaran lampu isyarat di Persiaran Utama Seremban 2, berikutan masalah kesesakan dan isu keselamatan yang semakin ketara di kawasan tersebut. Persimpangan tanpa kawalan dikenali pasti sebagai punca utama kesesakan, justeru pemasangan lampu isyarat dilaksanakan bagi mengatur pergerakan kenderaan. Walau bagaimanapun, peningkatan jumlah trafik akibat pembangunan pesat menyebabkan kecekapan lampu isyarat berkurangan, lalu mendorong kepada pembinaan jejambat sebagai langkah alternatif. Kajian ini melibatkan pemantauan isipadu trafik selama tiga hari pada waktu puncak (7:00 pagi, 1:00 petang dan 5:00 petang) untuk menganalisis keberkesanan jejambat berdasarkan nisbah kadar aliran dan masa kitaran optima. Hasil kajian menunjukkan bahawa nisbah kadar aliran kekal di bawah 0.85 dan masa kitaran tidak melebihi 120 saat, menandakan peningkatan dalam kawalan aliran trafik dan keselamatan jalan raya. Kesimpulannya, pembinaan jejambat di persimpangan utama didapati berkesan dalam mengurangkan kesesakan serta meningkatkan kualiti perkhidmatan lalu lintas.

Kata Kunci: Aliran trafik, masa kitaran, persimpangan isyarat, kesesakan jalan raya, jejambat, nisbah kadar aliran

1. Pengenalan

Kesesakan lalu lintas merupakan isu utama yang dihadapi oleh kebanyakan bandar besar di seluruh dunia, termasuk Malaysia. Keadaan ini sering berlaku di kawasan persimpangan, terutamanya di lokasi pertemuan antara dua jalan utama atau antara jalan utama dan jalan minor. Faktor utama yang menyumbang kepada kesesakan ini adalah pertumbuhan pesat penduduk, peningkatan jumlah pemilikan kenderaan persendirian, serta ketidakseimbangan antara permintaan dan kapasiti keupayaan jalan raya. Apabila aliran kenderaan melebihi had maksimum yang dibenarkan, keadaan lalu lintas menjadi sesak dan tidak terkawal, sekali gus menjejaskan kelancaran pergerakan pengguna jalan raya.

Salah satu kaedah utama yang digunakan untuk mengawal aliran trafik di persimpangan adalah penggunaan lampu isyarat. Sistem ini berfungsi untuk mengawal pergerakan kenderaan dengan memastikan giliran yang teratur bagi setiap arah laluan. Namun, menurut kajian yang dilakukan oleh Choong Yeun Liong, Muhammad Zahid Syahmi, Sakhinah Abu Bakar, dan Fatimah Abdul Razak (2020), kesesakan tetap berlaku di kawasan persimpangan lampu isyarat akibat lebar jalan yang tidak mencukupi untuk menampung jumlah kenderaan yang semakin meningkat. Selain itu, pertembungan antara jalan utama dan jalan minor menyebabkan ketidakseimbangan aliran trafik, menjadikan kawalan menggunakan lampu isyarat sahaja kurang berkesan dalam menangani masalah kesesakan. Tambahan pula, kepatuhan pengguna jalan raya terhadap lampu isyarat dan faktor seperti waktu puncak turut menyumbang kepada kesesakan yang semakin serius.

Bagi mengatasi isu ini, beberapa langkah alternatif telah diperkenalkan, antaranya pelebaran jalan, pembinaan laluan alternatif, serta pembinaan jejambat di kawasan persimpangan lampu isyarat. Jejambat atau "flyover" merupakan struktur yang direka khas bagi membolehkan aliran bebas dalam dua arah pada aras yang berbeza, sekali gus mengurangkan pertembungan trafik di persimpangan. Menurut Narabodee dan Pichai (2014) Pembinaan jejambat berpotensi menjadi satu penyelesaian yang berkesan untuk menangani kesesakan lalu lintas, khususnya di kawasan bandar yang mempunyai kekangan ruang tanah. Rahmat (2015) telah menjalankan satu kajian kes di Jalan Jatingaleh, Semarang yang menilai keberkesanan pembinaan jejambat sebagai kaedah penyelesaian kepada masalah kesesakan di kawasan persimpangan yang sibuk.

2. Objektif Kajian

Objektif kajian ini adalah:

- i. Mengenalpasti nisbah kadar aliran trafik di persimpangan lampu isyarat berjejabat.
- ii. Mengenalpasti tempoh kitaran lampu isyarat yang optimum bagi mempertingkatkan kelancaran trafik di persimpangan berjejabat.

3. Pernyataan Masalah

Kesesakan lalu lintas merupakan cabaran utama dalam sistem pengangkutan di Malaysia dan di peringkat global. Masalah ini semakin ketara di kawasan persimpangan, terutamanya pada waktu puncak, sama ada yang dikawal oleh lampu isyarat atau tanpa kawalan. Faktor utama yang menyumbang kepada kesesakan ini ialah pertambahan pesat jumlah kenderaan, khususnya di negara membangun, yang tidak diiringi dengan sistem pengurusan lalu lintas yang efisien.

Walaupun penggunaan lampu isyarat dengan sensor telah diperkenalkan bagi mengawal aliran trafik, keberkesanannya masih dipersoalkan. Menurut Riza (2003), sensor pada lampu isyarat tidak berfungsi secara optimum kerana tidak mengambil kira faktor lebar jalan, yang boleh mempengaruhi kelancaran aliran trafik. Dalam kajian oleh Shao (2024), satu rangka kerja dua-lapisan diperkenalkan di mana lapisan pertama menggunakan optimasi berbilang objektif untuk menyeimbangkan kelewatan, jumlah pemberhentian, dan penggunaan bahan api. Lapisan kedua pula menyesuaikan secara dinamik tempoh lampu hijau melalui pembelajaran neural kabur berasaskan data panjang barisan kereta

Othman Che Puan (2004) menyatakan bahawa jika direka dan dikendalikan dengan betul, lampu isyarat di persimpangan dapat menyediakan susunan aliran trafik yang lebih teratur, mengurangkan konflik trafik, serta meningkatkan kapasiti dan kawalan aliran. Namun begitu, sistem ini juga boleh menambahkan tahap kelewatan, terutama di luar waktu puncak, dan memerlukan penyelenggaraan berterusan. Oleh itu, kajian ini dijalankan bagi meneliti kelemahan sistem lampu isyarat di persimpangan berjejabat dan mencari penyelesaian yang lebih berkesan untuk mengoptimumkan aliran trafik serta meningkatkan kecekapan sistem pengurusan lalu lintas.

4. Kajian Literatur

4.1. Kajian di Kawasan Bandar

Kajian oleh Highway Capacity Manual (2016) menunjukkan bahawa peningkatan jumlah laluan kenderaan di persimpangan dapat membantu mengurangkan kesesakan jika diurus dengan baik. HCM memberikan garis panduan tentang kaedah meningkatkan kapasiti persimpangan melalui pengurusan lalu lintas yang lebih cekap, termasuk penyusunan semula lorong, penggunaan lampu isyarat adaptif, dan pengawalan aliran trafik yang lebih baik. Di Kuala Lumpur, kajian menunjukkan bahawa penggunaan sistem lampu isyarat adaptif telah membawa peningkatan aliran trafik sebanyak 20%. Sistem ini mampu menyesuaikan kitaran lampu isyarat berdasarkan keadaan trafik semasa, membolehkan pengurangan masa menunggu dan meningkatkan kelancaran pergerakan kenderaan. Kajian ini menunjukkan bahawa teknologi dan pendekatan berasaskan data dapat membantu dalam pengurusan lalu lintas yang lebih efisien di kawasan bandar yang sesak.

4.2. Kajian di Jejambat dan Persimpangan Serupa

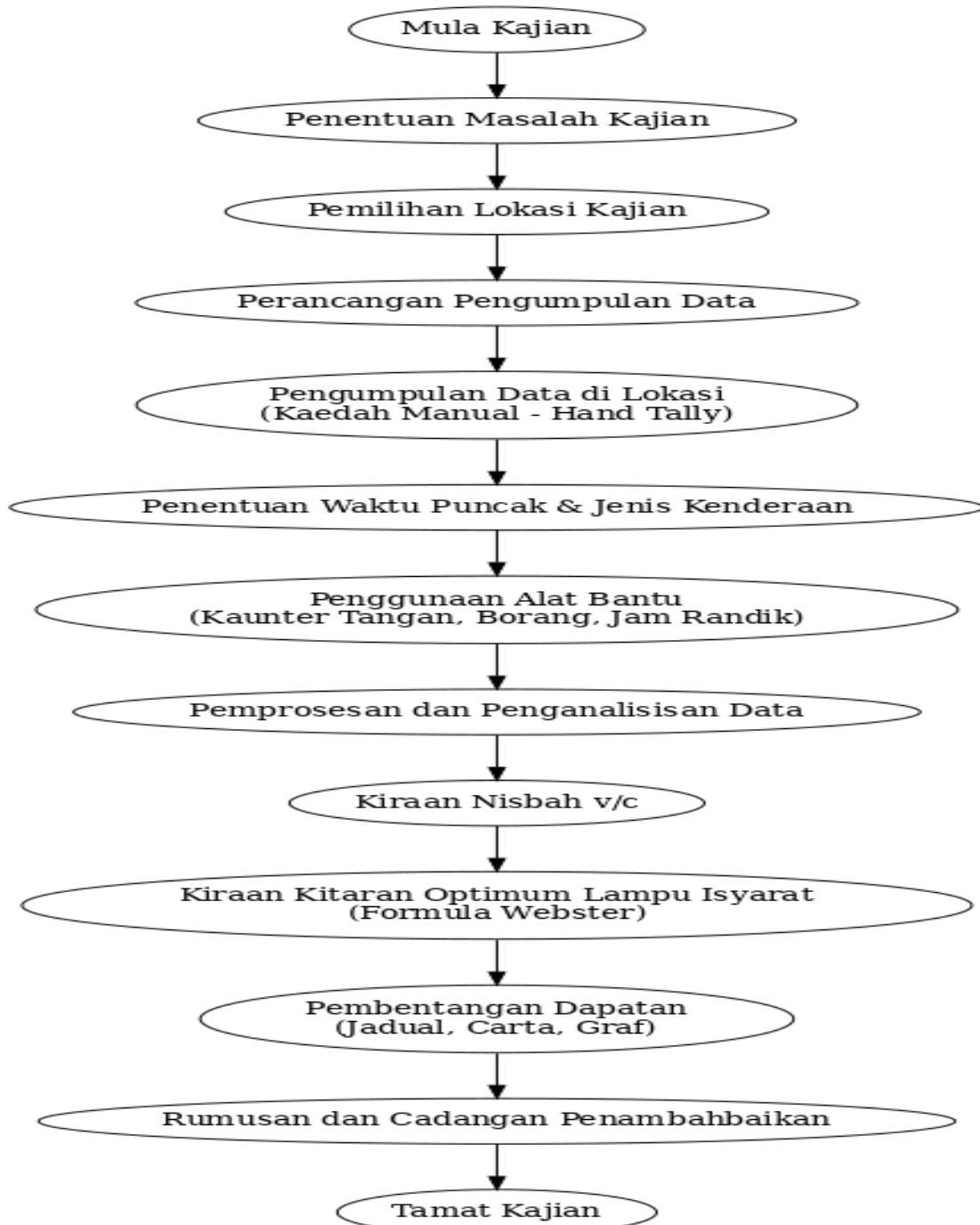
Di Bandaraya Johor Bahru, kajian mendapati bahawa jejambat yang mempunyai persimpangan lampu isyarat boleh menjadi titik kesesakan utama atau "bottleneck" pada waktu puncak jika tidak dioptimumkan, Malay Mail (2025). Faktor seperti kekerapan perubahan lampu isyarat, ketidakseragaman aliran kenderaan, serta jumlah lorong yang tidak mencukupi boleh menyumbang kepada masalah ini. Oleh itu, kajian mencadangkan penyelarasan semula fasa lampu isyarat dan penyesuaian laluan trafik sebagai langkah penyelesaian. Penyesuaian ini termasuk mengoptimumkan tempoh hijau bagi lorong yang lebih sesak serta mengurangkan masa menunggu bagi kenderaan yang kurang berjumlah. Kajian ini menunjukkan bahawa penyesuaian yang betul terhadap sistem lampu isyarat boleh mengurangkan kelewatan dan meningkatkan kadar aliran trafik di kawasan jejambat dan persimpangan yang sibuk, Ismail (2022). Pelaksanaan pengambilan tanah dan rekabentuk awal penting bagi kelancaran pembangunan infrastruktur jalan tersebut, SME Komuniti (2023).

4.3. Simulasi Trafik di Persimpangan Utama di Bandaraya Melaka

Menurut Choong Yeun Liong et al. (2020) kesesakan lalu lintas pada waktu puncak di Malaysia telah mengakibatkan pembaziran masa, kos tambahan, serta tekanan emosi kepada pemandu. Salah satu faktor utama kesesakan ini adalah ketidakefektifan sistem kawalan lampu isyarat, walaupun dilengkapi dengan sensor. Kajian ini menggunakan simulasi trafik bagi menganalisis aliran trafik di beberapa persimpangan utama di Bandaraya Melaka. Hasil simulasi mendapati bahawa aliran trafik pada persimpangan lampu isyarat perlu ditetapkan dalam pelbagai ragam dan fasa yang lebih fleksibel untuk mengurangkan waktu kelengahan dan kadar kesesakan. Oleh itu, kajian ini mencadangkan pengoptimuman fasa isyarat trafik serta penggunaan teknologi simulasi sebagai alat bantu dalam perancangan lalu lintas yang lebih berkesan.

5. Metodologi Kajian

Kajian ini dilaksanakan secara sistematik melalui beberapa peringkat utama bagi memastikan ketepatan dan kebolehpercayaan data yang diperoleh berdasarkan carta alir di bawah:



Rajah 1 : Carta Alir

5.1 Penentuan Masalah Kajian

Kajian bermula dengan mengenal pasti masalah kesesakan lalu lintas di persimpangan lampu isyarat. Bagi mendapatkan maklumat yang menyeluruh, kajian ini menggunakan

sumber **data primer** melalui pemerhatian langsung dan **data sekunder** daripada rujukan terdahulu.

5.2 Pemilihan Lokasi Kajian

Persimpangan di Persiaran Utama Seremban 2 dipilih kerana kawasan ini mengalami aliran trafik tinggi terutama pada waktu puncak. Lokasi ini juga berfungsi sebagai penghubung utama antara kawasan perumahan, komersial dan institusi penting, menjadikannya lokasi yang strategik untuk kajian ini.



Rajah 2 : Persiaran Utama Seremban 2

5.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan secara manual menggunakan kaedah pemerhatian tangan (Hand Tally Method). Pemerhati mencatat jumlah kenderaan yang melalui persimpangan dalam tempoh masa tertentu (contoh: 15 minit hingga 1 jam), dengan membezakan jenis kenderaan seperti motosikal, kereta, lori, dan bas. Pemerhatian biasanya dilakukan beberapa kali dalam sehari, terutama semasa waktu puncak seperti 7:00–9:00 pagi, 1:00–2:00 petang, dan 5:00–7:00 petang untuk mendapatkan data yang lebih menyeluruh.

5.3.1 Peralatan Pengumpulan Data

Beberapa alat asas digunakan termasuk kaunter tangan, borang rekod, jam randik, serta klip papan dan alat tulis. Peralatan ini membantu memastikan proses rekod data dilakukan dengan kemas dan teratur.

5.4 Kaedah Analisis Data

Dalam kajian ini, analisis dilakukan dengan menggunakan formula yang disarankan oleh pihak Jabatan Kerja Raya (2022) dan AASHTO (2018), dua sumber rujukan yang diiktiraf dalam bidang kejuruteraan trafik. Data yang dikumpulkan dianalisis menggunakan dua pendekatan utama:

- i. *Nisbah Kadar Aliran Trafik (v/c)* — untuk menilai tahap kesesakan.
- ii. *Formula Webster (1958)* — untuk menentukan kitaran optimum lampu isyarat agar aliran trafik lebih lancar dan efisien.

$$v/c = v / c \quad (1)$$

Di mana:

- v mewakili kadar aliran trafik semasa (dalam unit kenderaan sejam)
 - c pula ialah kapasiti maksimum jalan (juga dalam unit kenderaan sejam)
- dan

$$Co = (1.5L + 5) / (1 - Y) \quad (2)$$

Di mana:

- Co ialah kitaran optimum lampu isyarat (dalam saat)
- L ialah jumlah masa yang hilang dalam satu kitaran
- Y pula ialah jumlah nisbah aliran kritikal bagi semua laluan yang terlibat

5.5 Analisis Data dan Rumusan

Dapatan dipersembahkan dalam bentuk jadual dan graf untuk merumuskan keberkesanan sistem lampu isyarat serta mencadangkan penambahbaikan.

6. Data Analisis dan Pembincangan

Jadual menunjukkan hasil cerapan dan analisis data bagi lokasi di persimpangan Persiaran Utama, Seremban 2, Negeri Sembilan.

Jadual 1: Jadual Nilai Kadar Alir dan Kitaran Optima

Hari	Pertama	Kedua	Ketiga
Jumlah Kadar Alir, Y	0.81	0.75	0.66
Masa Kitara Optima, Co (s)	90	70	50

Berdasarkan data yang diperoleh daripada Jadual 1, didapati bahawa nisbah kadar alir bagi Jalan Persiaran Utama, Seremban 2 adalah masing-masing sebanyak 0.81, 0.75 dan 0.66. Kesemua nilai ini masih berada di bawah had maksimum yang ditetapkan iaitu sebanyak 0.85, menandakan bahawa aliran trafik di laluan ini masih berada dalam tahap yang boleh diterima dan tidak membebankan kapasiti jalan. Dalam masa yang sama, masa kitaran optimum yang direkodkan bagi laluan ini ialah 90 saat, 70 saat dan 50 saat, yang mana ketiga-tiganya juga jauh lebih rendah berbanding had maksimum yang dibenarkan iaitu 120 saat. Ini menunjukkan bahawa sistem lampu isyarat yang digunakan mampu mengatur giliran aliran trafik dengan baik tanpa menyebabkan kelewatan yang keterlaluan. Secara keseluruhannya, analisis ini menunjukkan bahawa aliran trafik di kedua-dua arah jalan berada dalam keadaan yang terkawal dan lancar. Tidak terdapat tanda-tanda berlakunya kesesakan serius atau ketidakseimbangan aliran kenderaan yang boleh menjejaskan kelancaran perjalanan. Hal ini secara tidak langsung menggambarkan keberkesanan sistem kawalan trafik sedia ada dalam mengurus keperluan trafik harian di kawasan tersebut. Keadaan ini juga memberi isyarat bahawa tidak terdapat keperluan mendesak untuk penambahbaikan segera, namun pemantauan berkala masih penting bagi memastikan tahap kecekapan ini dapat dikekalkan dalam jangka masa panjang.

Jadual 2: Keputusan Data Keseluruhan Jalan

Lokasi	Jumlah Nisbah Kadar Alir, Y	Nilai Kitaran Optima, Co	Justifikasi Kajian
	0.81 > 0.85 (Ok)	90 Saat	Aliran dan kitaran masa terkawal
	0.75 > 0.85 (Ok)	70 saat	
	0.66 > 0.85 (Ok)	50 saat	
Persiaran Utama Seremban 2			

Sebagai rumusan keseluruhan, kajian ini telah berjaya mencapai objektif yang ditetapkan. Melalui analisis terhadap jumlah nisbah kadar alir dan masa kitaran optimum di persimpangan yang dikaji, dapat dilihat bahawa kaedah yang digunakan berkesan dalam memberi gambaran yang jelas tentang keadaan sebenar aliran trafik semasa. Data yang diperoleh bukan sahaja membantu memahami corak pergerakan kenderaan, malah turut menunjukkan bagaimana sistem lampu isyarat sedia ada memainkan peranan penting dalam mengawal dan melancarkan trafik, terutamanya semasa waktu puncak.

Kajian ini juga membawa kepada penemuan penting bahawa faktor-faktor seperti peningkatan jumlah kenderaan setiap tahun, perubahan dalam corak perjalanan pengguna jalan raya, serta ketumpatan trafik pada waktu puncak, memberikan impak langsung kepada tahap kesesakan di kawasan tersebut. Ini menunjukkan bahawa pengurusan trafik yang baik tidak boleh bergantung kepada satu pendekatan semata-mata, tetapi perlu disesuaikan dengan keperluan semasa dan perkembangan jangka panjang. Sebagai langkah ke hadapan, beberapa cadangan penambahbaikan dicadangkan bagi memastikan kelancaran trafik terus terjaga. Antaranya ialah menyediakan laluan alternatif bagi pengguna di kedua-dua arah jalan utama. Ini penting memandangkan peningkatan jumlah kenderaan yang semakin pesat boleh menyebabkan sistem sedia ada menjadi tidak lagi mencukupi dalam tempoh beberapa tahun akan datang. Dalam konteks ini, penggunaan jejambatan mungkin tidak lagi mampu menampung tekanan trafik yang semakin tinggi, justeru pendekatan baru perlu dipertimbangkan.

Salah satu cadangan yang wajar diberi perhatian ialah pengenalan sistem pengurusan trafik yang lebih moden dan pintar. Contohnya, penggunaan lampu isyarat berteknologi pintar yang boleh menyesuaikan masa kitaran berdasarkan situasi trafik semasa berpotensi besar untuk meningkatkan kecekapan aliran trafik. Selain itu, memperkenalkan lorong khas untuk kenderaan tertentu seperti bas awam atau kenderaan kecemasan boleh membantu mempercepatkan perjalanan dan mengurangkan kesesakan, terutama pada waktu puncak.

Di samping itu, kajian lanjutan juga disarankan bagi menilai keberkesanan cadangan-cadangan ini dari sudut praktikal dan jangka panjang. Kajian tersebut boleh melibatkan penilaian terhadap keperluan infrastruktur tambahan seperti pelebaran jalan, pembinaan laluan bawah tanah atau jejambatan baharu, serta integrasi sistem pengangkutan awam yang lebih efisien. Semua ini penting agar penyelesaian yang dirancang bukan sahaja sesuai untuk masa

kini, tetapi juga bersedia menghadapi cabaran trafik pada masa hadapan di mana menjadi pemacu penting kepada pertumbuhan ekonomi serantau, terutamanya dengan pelaksanaan inisiatif pembangunan yang menyeluruh termasuk sistem pengangkutan, kemudahan awam, dan rangkaian jalan raya moden yang lebih efisien, *The Edge Malaysia* (2024).

Rujukan

- AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials). (1984). *A policy on geometric design of highways and streets*. United States of America.
- Choong, Y. L., Muhammad, Z. S., Sakinah, A. B., & Fatimah, A. R. (2020). *Simulasi trafik di beberapa persimpangan utama di Bandar Raya Melaka*. Journal of Quality Measurement and Analysis.
- Ismail, I. A., Shukor, M. F. M., Rahmat, R. A. O. K., & Kamarudin, K. M. (2022). *Congestion woes: A performance at Jalan Tun Abdul Razak to Jalan Bertingkat Skudai, Johor Bahru, Johor*. Research Gate. https://www.researchgate.net/publication/364097041_Congestion_Woes_A_Performance_at_Jalan_Tun_Abdul_Razak_to_Jalan_Bertingkat_Skudai_Johor_Bahru_Johor
- Jabatan Kerja Raya Malaysia (JKR), Bahagian Fasiliti Jalan. (2022). *Statistik Jalan Malaysia Edisi 2022*.
- Malay Mail. (2025, Februari 7). *Johor seeks federal approval to revive Meridin East Pasir Gudang flyover, ease congestion woes, says MB*. <https://www.malaymail.com/news/malaysia/2025/02/07/johor-seeks-federal-approval-to-revive-meridin-east-pasir-gudang-flyover-ease-congestion-woes-says-mb/165836>
- Narabodee, S., & Pichai, T. (2014). *A study of a flyover-bridge-improved intersection*. Engineering Journal.
- Rahmat, M. (2015). *Penyelidikan jejambat sebagai penyelesaian kesesakan persimpangan: Kajian kes Jalan Jatingaleh Semarang*. Proceedings of International Conference: Issues, Management and Engineering in the Sustainable Development on Delta Areas, Semarang, Indonesia.
- Riza, A. O. K. R., Kasmiran, J., Azmi, H., & Hassan, B. (2003). *Penilaian kawalan lampu isyarat terpisah berbilang kaedah*. Jurnal Kejuruteraan, 15, 43–65.
- Shao, J., Zhang, Y., Li, M., & Zhao, K. (2024). *Multi-objective optimization of traffic signal timing based on fuzzy neural network*. Mathematical Problems in Engineering, 2024, Article ID 1260664. <https://doi.org/10.1155/2024/1260664>
- SME Komuniti. (2023). *Tender terbuka perkhidmatan perunding ukur tanah bagi projek kerja awalan menaik taraf Jalan FT005 termasuk cloverleaf dan flyover dari U-Turn (Seksyen 2.00) ke Persimpangan Pulau Perdana (Seksyen 6.00) Johor Bahru, Johor*. <https://smekom.my/tender/tender-terbuka-perkhidmatan-perunding-ukur-tanah-bagi-projek-kerja-awalan-menaik-taraf-jalan-ft005-termasuk-cloverleaf-dan-flyover-dari-u-turn-seksyen-200-ke-persimpangan-pulau-perdana-seksyen-600-johor-bahru-johor-rekabentuk-pengambilan-tanah>
- The Edge Malaysia. (2024, Oktober 24). *Key infrastructure developments in Ibrahim International Business District set to begin*. <https://theedgemalaysia.com/article/key-infrastructure-developments-ibrahim-international-business-district-set-begin>
- Transportation Research Board. (2016). *Highway capacity manual (6th ed.)*. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine.
- Webster, F. V. (1958). *Traffic signal settings*. Road Research Technical Paper No. 39. Her Majesty's Stationery Office.