

Keberkesanan Kaedah “*Mill and Pave*” Asfalt dalam Penyelenggaraan Jalan di Johor

The Effectiveness of The Mill and Pave Asphalt Method in Road Maintenance in Johor

Nurul Natasya Khairul Arifin¹, Roshartini Omar^{1,2*}

¹ Jabatan Pengurusan Pembinaan, Fakulti Pengurusan Teknologi dan Perniagaan, Universiti Tun Hussien Onn Malaysia, Parit Raja, Batu Pahat, Johor 86400 MALAYSIA

² Center of Sustainable Infrastructure and Environmental Management (CSIEM), Fakulti Pengurusan Teknologi dan Perniagaan, Universiti Tun Hussien Onn Malaysia, Parit Raja, Batu Pahat, Johor, 86400, MALAYSIA

*Pengarang Utama: shartini@uthm.edu.my

DOI: <https://doi.org/10.30880/rmtb.2025.06.02.058>

Maklumat Artikel

Diserah: 30 September 2025

Diterima: 1 November 2025

Diterbitkan: 1 Disember 2025

Kata Kunci

Asfalt, Keberkesanan, Kualiti jalan, *Mill and pave*, Penyelenggaraan jalan

Abstrak

Proses “*mill and pave*”, struktur asfalt penuh dikeluarkan, dikisarkan untuk memberi permukaan licin, dan lapisan asfalt segar digunakan. Namun begitu, infrastruktur yang tidak diturap sempurna dan penggunaan tar kurang berkualiti menyebabkan jalan pecah atau berlubang sehingga membahayakan pengguna jalan raya. Oleh itu, kajian ini ingin mengenalpasti cabaran yang dihadapi dalam menggunakan kaedah “*mill and pave*” asfalt, mengenalpasti tahap keberkesanan penggunaan kaedah “*mill and pave*” asfalt dalam penyelenggaraan jalan dan mengenalpasti strategi dalam meningkatkan penggunaan kaedah “*mill and pave*” asfalt dalam penyelenggaraan jalan. Johor Bahru menjadi lokasi utama kajian ini kerana purata trafik harian yang tertinggi. Kaedah kualitatif digunakan sebagai metodologi kajian ini dengan menemubual pihak JKR dan kontraktor yang menyelenggara jalan. Kaedah untuk menganalisis data bagi kaedah kualitatif adalah menggunakan analisis kandungan serta data yang diperolehi telah dianalisis menggunakan perisian Microsoft Word. Analisis data yang diperolehi bagi objektif yang pertama, penyelidik mendapati cabaran yang dihadapi dalam menggunakan kaedah “*mill and pave*” asfalt adalah “Kualiti dalam menstabilkan asas jalan” dan “Mengekalkan kualiti jalan dalam keadaan cuaca”. Manakala bagi objektif kedua, majoriti responden yang ditemubual menunjukkan bahawa persetujuan terhadap tahap keberkesanan dalam “Peningkatan permukaan jalan” dan “Kecekapan masa”. Bagi objektif yang ketiga, strategi “Pendidikan dan latihan” dan “Pengurusan projek berkesan” merupakan strategi yang dipersetujui oleh responden kerana ini boleh diterapkan kepada generasi. Kesimpulannya, kajian ini dapat meningkatkan pemahaman berkaitan penggunaan kaedah “*mill and pave*” dalam penyelenggaraan jalan kepada kontraktor serta pengguna jalan raya. Kajian ini dapat digunapakai untuk penyelidikan

yang akan datang bagi memperluas kajian berkaitan kaedah penyelenggaraan jalan kepada kontraktor, masyarakat dan kerajaan.

Keywords

Asphalt, Effectiveness, Quality of road, Mill and pave, Road maintenance

Abstract

The “mill and pave” process involves the complete removal of the asphalt structure, milling to create a smooth surface, and the application of a fresh asphalt layer. However, poorly paved infrastructure and the use of low-quality tar often result in cracked or pothole-ridden roads, posing risks to road users. Therefore, this study aims to identify the challenges faced in using the “mill and pave” method, evaluate the effectiveness of the “mill and pave” method in road maintenance, and propose strategies to improve its application. Johor Bahru was chosen as the primary study location due to its high average daily traffic. A qualitative approach was employed in this study, involving interviews with the Public Works Department (JKR) and road maintenance contractors. Data analysis for the qualitative approach was conducted using content analysis, with Microsoft Word software utilized for data processing. For the first objective, the findings revealed that for the first objective is the challenges faced in using the “mill and pave” method include “ensuring quality in stabilizing the road base” and “maintaining road quality under varying weather conditions.” Second objective revealed that, the majority of respondents agreed on the method's effectiveness in terms of “improving road surfaces” and “time efficiency”. Then, the third objective, strategies such as “education and training” and “effective project management” were identified as essential by respondents, as these can be implemented for future generations. In conclusion, this study enhances the understanding of the “mill and pave” method for road maintenance among contractors and road users. The findings of this study can serve as a reference for future research to broaden the scope of road maintenance methods for contractors, the community, and the government.

1. Pendahuluan

Malaysia ialah sebuah negara yang sedang membangun dalam sektor perindustrian. Jalan raya adalah penting untuk perancangan perdagangan dan pengangkutan di seluruh dunia, dan bilangannya telah berkembang dengan cepat di Malaysia apabila infrastruktur turapan negara telah dibangunkan. Jalan-jalan diwartakan di bawah Ordinan Jalan Persekutuan, terutamanya menghubungkan ibu negeri, lapangan terbang, stesen kereta api, dan pelabuhan. Johor Bahru, kadang-kadang dikenali sebagai ibu kota dan bandar utama negeri Johor di Malaysia.

Apabila berkaitan dengan kemudahan jalan, ia berkait rapat dengan turapan jalan, kesusahan turapan, rintangan permukaan dan membincangkan ciri-ciri keadaan turapan dalam menentukan pemulihan turapan. Menurut Martin Applebaum (2020), kesusahan turapan merujuk kepada keadaan permukaan jalan. Seterusnya, kekasaran turapan merujuk kepada ketidakaturan permukaan turapan yang boleh menjejaskan kelicinan jalan. Oleh itu, rintangan gelincir ialah keupayaan jalan untuk bertindak balas dengan tayar kenderaan daripada menggelongsor dan berputar di sepanjang permukaan jalan.

Jabatan Kerja Raya, yang dikenali sebagai JKR, adalah jabatan kerajaan yang bertanggungjawab membina, menambah baik, mengurus dan menyelia jalan di seluruh negara. Usaha yang dilakukan oleh Jabatan Kerja Raya (JKR) untuk memastikan jalan raya dan bahagian penyiapan dikenali sebagai penyelenggaraan jalan. Jalan itu mengalami kemerosotan pada kadar yang sama seperti struktur lain yang dibina. Tindakan menambah baik turapan telah diambil kerana terdapat beberapa kaedah untuk membaik pulih turapan dengan menyelenggara jalan dan pembinaan semula turapan perlu dilakukan sekiranya kegagalan jalan masih berlaku (Arahan Teknik (Jalan) 5, 1985). Menurut Jabatan Kerja Raya (2017), kaedah penyelenggaraan jalan seperti “*mill and pave*” digunakan untuk memelihara kualiti jalan. Ini merupakan kaedah membuang lapisan turapan yang rosak “*mill*” dan menggantikan dengan lapisan baru “*pave*”.

Di Malaysia, terdapat tiga kaedah penyelenggaraan jalan raya iaitu “*overlay*”, “*hot-in-place*” dan “*mill and pave*”. Ketiga-tiga kaedah mempunyai ciri-ciri tersendiri iaitu “*overlay*” digunakan untuk menambah lapisan baru tanpa mengeluarkan yang lama. Manakala bagi “*hot-in-place*” dapat mengitar semula bahan sedia ada dengan

pemanasan dan pengadunan semula. Bagi *“mill and pave”* digunakan untuk mengeluarkan dan menggantikan lapisan yang lama sepenuhnya dan memberi hasil yang lebih tahan lama. Kaedah *“mill and pave”* cekap menghasilkan kawasan berturap yang baru dan menggunakan semula bahan lama, *“mill”* asphalt adalah kaedah yang baik untuk mengurangkan perbelanjaan (JKR SPJ, 2012/S6). Walau bagaimanapun, kaedah *“mill and pave”* juga mempunyai masalah yang dihadapi dalam melaksanakan penyelenggaraan antaranya ialah permukaan yang tidak sempurna. Sebagai contoh masih terdapat agregat yang tidak tertanggal dan keadaan milling yang tidak seragam (JKR SPJ, 2012/S6). Namun begitu, kaedah ini sering digunakan dalam penyelenggaraan jalan berbanding dengan kaedah *“resurfacing”* oleh kerana kualiti permukaan yang bagus dan jangka hayat yang panjang.

Kewujudan kawasan penempatan memerlukan jaringan infrastruktur yang memberikan kemudahan kepada pengguna seperti jalan raya. Merujuk Berita Harian Metro (2021), terdapat lima kes kemalangan yang berlaku berpunca daripada infrastruktur atau jalan yang tidak diturap sempurna dilaporkan setiap hari di seluruh Malaysia. Menurut pengasas Persatuan Mangsa Kemalangan Jalan Raya Malaysia iaitu Azlan Sani Zawawi (2021) antara punca dikenal pasti adalah penggunaan tar kurang berkualiti yang menyebabkan jalan pecah atau berlubang sehingga membahayakan pengguna jalan raya. Sementara itu, menurut Timbalan Menteri Kerja Raya Datuk Eddin Syazlee Shith (2021) pihaknya mendapati ada antaranya yang tidak memenuhi kualiti dan tidak tahan lama. Selain itu, pihaknya juga mendapati isunya ialah kekurangan pekerja teknikal untuk menjalankan kerja ini.

Menurut Exco Kerja Raya, Mohd Fazli Mohd Salleh (2022) kepadatan trafik merupakan faktor jalan lebuhraya di Pasir Gudang mengalami kerosakan terutamanya dengan keadaan lori treler yang diletakkan di bahu jalan. Sungai Rinting yang terdapat di sebelah lebuhraya menyebabkan struktur tersebut tidak kukuh. Merujuk keratan Astro Awani (2024), menyatakan bahawa sejak tahun 2016 sehingga 2021, terdapat sebanyak 948,853 bilangan *“pothole”* yang telah ditampal. Selain itu, dinyatakan bahawa kerja-kerja membaiki pulih lapisan permukaan jalan (kerja berkala pavemen) juga dilaksanakan dari semasa ke semasa bergantung kepada peruntukan yang diterima, sekali gus dapat memanjangkan jangka hayat jalan raya seterusnya mengurangkan bilangan kejadian *“pothole”* di jalan persekutuan.

Tujuan projek ini adalah untuk meningkatkan keberkesanan teknik penyelenggaraan jalan dan seterusnya meningkatkan taraf jalan raya. Pengguna boleh mendapat manfaat daripada jalan raya yang berkualiti tinggi. Sehubungan itu, beberapa objektif kajian telah ditetapkan untuk menyediakan laluan yang jelas untuk dapatan utama kajian, termasuk mengenalpasti cabaran yang dihadapi dalam menggunakan kaedah *“mill and pave”* asphalt mengenal pasti tahap keberkesanan penggunaan kaedah *“mill and pave”* asphalt dalam penyelenggaraan jalan dan mengkaji strategi dalam meningkatkan penggunaan kaedah *“mill and pave”* asphalt dalam penyelenggaraan jalan.

Kajian ini akan dijalankan di Johor Bahru, di mana ekonomi negeri mencatatkan KDNK sebanyak RM 131.0 bilion pada 2021 dan merupakan penerima tertinggi pelaburan projek perkilangan di Malaysia. Dengan kepadatan trafik yang tinggi, seperti di lebuhraya Pasir Gudang yang dilalui 48,000 kenderaan, kerosakan jalan semakin meningkat. Data akan dikumpul melalui kaedah kualitatif, dengan temu bual melibatkan Pegawai Penolong Jurutera Bahagian Jalan dari JKR Johor Bahru dan kontraktor G7 untuk mengkaji keberkesanan kaedah *“mill and pave”*.

2. Kajian Literatur

Kajian literatur merupakan perbincangan mengenai suatu penyelidikan dengan memberi gambaran atau hala tuju sesuatu kajian. Melalui pembacaan kajian-kajian lepas, penyelidik akan memperoleh gambaran dalam melaksanakan kajian yang sedang dijalankan. Perbincangan berkaitan cabaran yang dihadapi dalam menggunakan kaedah ini akan dibincangkan secara terperinci. Selain daripada cabaran, tahap keberkesanan penggunaan kaedah ini juga akan dikupas dengan lebih mendalam.

2.1 Cabaran penggunaan kaedah *“Mill and Pave”*.

Cabaran dapat ditaksirkan sebagai sesuatu yang mencabar untuk menguji kemampuan dan ketabahan seseorang atau sesuatu organisasi (Kamus Dewan Bahasa dan Pustaka, 2017).

Jadual 1 Tahap keberkesanan “mill and pave”

Cabaran		Penyelidik
Kualiti	Kualiti bahan	Brown <i>et al.</i> , (2018)
	Cuaca	Williams & Willis, 2019 Smith dan Jones (2017) Zhang & Li, (2020)
	Kestabilan Asas Jalan	Smith dan Jones (2017)
Kos tinggi	Peralatan dan Jentera	McAphalt Industries Limited (2019) Smith (2020)

2.1.1 Kualiti Turapan

Teknik “*mill and pave*” adalah satu kaedah penyelenggaraan jalan yang melibatkan pemotongan lapisan permukaan turapan yang rosak dan meletakkan lapisan baru. Teknik ini digunakan secara meluas kerana kemampuannya untuk memperbaharui permukaan jalan dengan cepat dan efisien. Menurut Jabatan Kerja Raya (2018) mendapati bahawa kegagalan utama turapan di negara ini adalah disebabkan oleh kelemahan dalam kawalan kualiti semasa pembinaan. Oleh itu, terdapat cabaran yang dihadapi dalam menggunakan kaedah “*mill and pave*”.

2.1.1.1 Cuaca

Cuaca merupakan punca yang kita tidak dapat jangkakan dan ia boleh mempengaruhi sesuatu projek termasuk “*mill and pave*”. Contohnya hujan boleh menyebabkan penangguhan kerja dan boleh menjejaskan kualiti turapan yang baru. Keadaan hujan boleh mengakibatkan penangguhan projek yang mempengaruhi aliran trafik yang padat. Sekiranya aliran trafik padat, ia tidak dapat menutup jalan yang sedang dibaiki dengan lebih lama. Oleh itu, menurut Exco Kerja Raya, Mohd Fazli Mohd Salleh (2022), kepadatan trafik menyebabkan laluan lebuhraya tidak boleh ditutup terlalu lama bagi kerja-kerja baik pulih jalan kerana akan menyebabkan kesesakan lalu lintas.

2.1.1.2 Kestabilan Asas Jalan

Asas jalan stabil dan kukuh adalah asas kepada turapan yang berkualiti. Pemeriksaan dan pembaikan asas jalan perlu dilakukan sebelum proses penurapan untuk memastikan kestabilan jangka panjang. Turapan yang diletakan di atas jalan yang lemah berisiko mengalami kerosakan awal seperti rekahan dan penurunan permukaan. Asas jalan yang tidak stabil merupakan salah satu punca utama kegagalan turapan baru. Menurut kajian Smith dan Jones (2017), penilaian asas jalan sebelum proses “*mill and pave*” adalah kritikal.

2.1.2 Kos Tinggi

Kos tinggi dalam penyelenggaraan jalan raya merujuk kepada perbelanjaan besar yang diperlukan bagi memastikan jalan raya berada dalam keadaan baik dan selamat untuk digunakan. Proses “*mill and pave*” memerlukan peralatan khusus dan bahan yang berkualiti tinggi, yang menyebabkan kos penggunaannya menjadi tinggi. Menurut kajian Smith *et al.*, (2019), menunjukkan bahawa kos penggunaan teknik “*mill and pave*” adalah salah satu cabaran utama. Kos yang tinggi ini disebabkan oleh keperluan untuk menggunakan mesin pengikis (milling machine) dan bahan asfalt baru yang berkualiti tinggi.

2.1.2.1 Peralatan dan Jentera

Operasi “*mill and pave*” memerlukan peralatan khusus dan jentera mahal seperti mesin milling dan paving yang kosnya boleh mencapai antara RM141,120.00 hingga RM 282,240.00. Oleh kerana kos yang tinggi, banyak syarikat kecil memilih untuk menyewa mesin mengikut tempoh tertentu. Menurut McAphalt Industries Limited (2019) menyatakan penyelenggaraan yang tetap dan kadar susut nilai yang tinggi juga menyumbang kepada kos keseluruhan.

2.2 Tahap Keberkesanan “Mill And Pave”

Kaedah penurapan dan pengilangan adalah dua teknik penting dalam penyelenggaraan dan pemulihan jalan. Kajian literatur tentang keberkesanan kedua-dua kaedah ini, meliputi aspek seperti kos, ketahanan, kesan alam sekitar dan kecekapan operasi.

Jadual 2 Tahap keberkesanan “mill and pave”

Tahap keberkesanan	Penyelidik	Penerangan
Indikator utama	Zhou <i>et al.</i> , (2019)	- Permukaan jalan yang lebih rata, membolehkan pemasangan lapisan asfalt baru yang lebih stabil
Peningkatan permukaan jalan	Shahin (2005)	- Menyediakan asas yang stabil dan sesuai
Kos	<i>Pavement interactive</i> (2020) Al-Azzawi, Baumli, dan Mucsi (2015)	- Kos lebih efektif dalam jangka masa panjang - Memanjangkan hayat keseluruhan jalan, mengurangkan frekuensi dan kos pembaikan masa depan.
	Duan <i>et al.</i> , (2018)	- “ <i>Mill and pave</i> ” dapat dilaksanakan dengan cepat, mengurangkan gangguan trafik.
Kecekapan masa	NYC DOT (2017)	- Mengurangkan masa jalan perlu ditutup
Penyesuaian dan fleksibiliti	Brown <i>et al.</i> , (2018)	- Teknik “ <i>mill and pave</i> ” sesuai untuk pelbagai jenis jalan - Penyesuaian kepada beban trafik yang berbeza adalah penting.
	Smith and Jones (2017) Lee <i>et al.</i> , (2019)	- Teknik “ <i>mill and pave</i> ” boleh disesuaikan dengan pelbagai keadaan cuaca. - Membolehkan penggunaan pelbagai jenis campuran asfalt yang disesuaikan dengan keperluan spesifik jalan.
	Williams dan Willis (2019)	

2.2.1 Indikator utama

Indikator utama dalam keberkesanan “*mill and pave*” adalah kualiti permukaan yang terhasil selepas proses milling. Kualiti penggerudian ini bergantung kepada ketepatan mesin milling yang digunakan serta pengendalian operator. Menurut kajian Zhou *et al.*, (2019) menunjukkan bahawa penggerudian yang tepat menghasilkan permukaan jalan yang lebih rata, membolehkan pemasangan lapisan asfalt baru yang lebih stabil dan tahan lama.

2.2.2 Peningkatan Permukaan Jalan

Peningkatan permukaan jalan dapat memberi keberkesanan kepada kualiti jalan yang bagus. Antara aspek yang dapat dilakukan adalah dengan menghilangkan retak dan berlubang. “*Milling and paving*” berkesan menghilangkan rekahan, jalan berlubang dan tidak teratur permukaan yang lain. Menurut Shahin (2005) proses ini adalah penting dalam mencegah kemerosotan selanjutnya dan memastikan asas yang licin untuk tindingan yang baru. Selain itu, peningkatan permukaan jalan juga diambil kira dengan menyediakan pangkalan yang stabil.

2.2.3 Kos

Selain itu, kesan *milling* memberi kesan kepada kos penggunaan. Kaedah “*mill and pave*” memerlukan kos permulaan dan pelaksanaan dalam menyelenggara jalan tersebut. Menurut Gao *et al.*, (2020) menyatakan bahawa kos permulaan untuk mesin *milling* dan pelaksanaannya adalah tinggi. Ini termasuk kos pembelian atau penyewaan mesin pengisar, tenaga kerja mahir dan bahan untuk penurapan semula. Tambahan pula, menurut *Pavement Interactive* (2020) menegaskan bahawa walaupun kos awal tinggi, pelaburan ini dapat dibayar balik melalui penjimatan kos penyelenggaraan jangka panjang. Kaedah ini juga memberi kesan kepada penjimatan kos jangka panjang dengan penurunan kos penyelenggaraan.

2.2.4 Kecekapan Masa

“*Mill and pave*” dapat memberi kesan kepada kecekapan masa dalam menggunakan kaedahnya. Pelaksanaan yang cepat dapat menyingkatkan masa penyiapan jalan. Menurut Duan *et al.*, (2023), mendapati bahawa “*milling and paving*” dapat dilaksanakan dengan cepat berbanding dengan kaedah penyelenggaraan lain, seperti penurapan penuh. Menurut *Federal Highway Administration* (2019) menekankan bahawa *milling and paving* mengurangkan keperluan untuk penutupan jalan yang lama. Proses ini membolehkan jalan dibuka semula lebih cepat setelah pembaikan, mengurangkan kesan negatif terhadap pengguna jalan raya dan komuniti sekitar serta dapat mengurangkan gangguan trafik.

2.2.5 Penyesuaian Dan Fleksibiliti

Teknik “*mill and pave*” boleh digunakan untuk pelbagai jenis jalan, baik di kawasan bandar yang mempunyai trafik tinggi mahupun di kawasan luar bandar yang kurang sibuk. Dalam keadaan jalan bandar, teknik ini membantu mengurangkan gangguan kepada trafik melalui proses pembaikan yang cepat dan efisien. Menurut Smith dan Jones

(2017), penyesuaian beban trafik yang berbeza adalah penting. Sekiranya jalan tidak bersesuaian dengan beban yang berat menyebabkan jalan mudah rosak dan tidak tahan lama.

2.3 Strategi Dalam Meningkatkan Penggunaan Kaedah “Mill And Pave”

Strategi meningkatkan penggunaan kaedah “*mill and pave*” dalam penyelenggaraan jalan kaedah “*mill and pave*” ialah gabungan kaedah yang berkesan dalam penyelenggaraan jalan, yang melibatkan pengalihan lapisan asfalt (*milling*) yang rosak dan menggunakan lapisan baharu (*paving*). Walaupun teknik ini terbukti memberikan hasil yang tahan lama dan berkualiti tinggi, aplikasinya masih boleh dipertingkatkan melalui beberapa strategi.

Jadual 3 Strategi meningkatkan penggunaan kaedah “*mill and pave*”

Strategi	Penyelidik	Penerangan
Pendidikan dan Latihan	<i>Federal Highway Administration</i> (2019) Goa <i>et al.</i> , (2022)	Persijilan yang diakui oleh pihak berkuasa Sesi latihan di tapak projek
Teknologi dan Inovasi	Shahin (2005) <i>Federal Highway Administration</i> (2019)	Teknologi IC menggunakan sensor dan GPS Sistem kawalan gred automatik
Pengurusan Projek Berkesan	Gao <i>et al.</i> , (2020)	Penggunaan carta Gantt dan kaedah laluan kritikal (CPM)

2.3.1 Pendidikan dan Latihan

Program Latihan untuk tenaga kerja dapat mewujudkan program latihan komprehensif untuk pekerja pembinaan jalan pada teknik “*mill and pave*” termasuk prosedur yang betul, penggunaan peralatan dan amalan terbaik, akan memastikan kerja berkualiti tinggi dan kecekapan operasi. Menurut Goa *et al.*, (2022) mencadangkan sesi latihan di tapak projek sebenar untuk memberi pendedahan langsung kepada pekerja tentang cabaran dan teknik yang diperlukan dalam operasi “*mill and pave*”.

2.3.2 Teknologi dan Inovasi

Mengguna pakai peralatan “*mill and pave*” terkini yang dilengkapi dengan teknologi canggih, seperti sistem GPS dan kawalan automatik, boleh meningkatkan ketepatan dan kecekapan kerja dapat membantu dalam penghasilan jalan yang baru. Menurut Shahin (2005) menyatakan bahawa teknologi IC menggunakan sensor dan GPS untuk memantau dan pengawal proses *milling* secara *real-time*. Ini membantu memastikan ketepatan dan konsistensi dalam pengisaran, mengurangkan kesilapan dan meningkatkan kualiti permukaan jalan.

2.3.3 Pengurusan Projek Berkesan

Perancangan dan penjadualan yang baik dapat membangunkan pelan kerja terperinci dan jadual yang realistik akan memastikan projek “*mill and pave*” berjalan lancar dan disiapkan tepat pada masanya. Menurut Gao *et al.*, (2020), mencadangkan penggunaan carta Gantt dan kaedah laluan kritikal (CPM) untuk merancang jadual projek.

3. Metodologi Kajian

Kaedah kajian yang digunakan untuk mendapatkan maklumat dan data untuk kajian ini. Hal ini adalah untuk memastikan objektif kajian yang telah ditetapkan tercapai. Dalam pencarian maklumat pelbagai kata kunci telah digunakan untuk mendapatkan maklumat. Hasil data yang terkumpul akan dianalisis untuk dibincangkan pada bab analisis data dan perbincangan.

3.2 Reka Bentuk Kajian

Sepanjang pelaksanaan sesebuah kajian, terdapat pelbagai reka bentuk kajian yang boleh digunakan (Chua, 2006). Tujuan reka bentuk kajian dijalankan adalah bagi mencapai objektif kajian dan bagi memperoleh dapatan kajian. Kajian ini menggunakan kaedah kualitatif untuk mencapai objektif dan memperoleh dapatan kajian. Data dikumpulkan daripada pihak berpengalaman seperti JKR dan kontraktor jalan raya untuk mengenal pasti cabaran dan strategi dalam penggunaan kaedah “*mill and pave*” dalam penyelenggaraan jalan raya. Kaedah ini membolehkan pengumpulan data yang mendalam dan terperinci.

3.3 Pengumpulan data

Pengumpulan data ialah proses pengutipan data untuk menghasilkan kajian. Data berkenaan diperoleh daripada responden bagi menghasilkan data primer. Selain itu, data sekunder juga dikumpul untuk mendapatkan maklumat bagi permasalahan kajian. Secara ringkasnya, kajian ini dilakukan dengan menggunakan data primer dan data sekunder.

3.4 Analisis kajian

Tujuan menganalisis kajian adalah untuk mengolah data dengan lebih terperinci yang terhasil daripada temu bual. Hasil temu bual yang diperolehi telah dianalisis menggunakan perisian Microsoft Word. Penganalisan data menggunakan komputer dilakukan kerana pemprosesan data dapat dilakukan dengan lebih pantas dan tepat. Perisian ini sesuai digunakan pada peringkat awal penyelidikan hingga ke peringkat pembentukan teori. Kaedah untuk menganalisis data bagi kaedah kualitatif adalah menggunakan analisis kandungan. Analisis kandungan ialah satu kaedah penyelidikan yang membuat tumpuan terhadap mesej dengan membuat pengamatan secara sistematik terhadap kategori yang dipilih oleh penyelidik.

4. Analisis Data dan Perbincangan

Bahagian ini menunjukkan hasil kajian yang telah dilakukan melalui kaedah temu bual, risalah reka bentuk, dan laporan pelaksanaan projek berdasarkan sebuah syarikat pembinaan di Malaysia. Pendekatan kualitatif iaitu dengan menemu bual responden telah digunakan bagi mengumpul data untuk kajian ini.

4.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data telah dilakukan melalui kaedah rakaman suara responden serta temubual bersemuka dan cara pengumpulan data juga dijalankan dengan menghubungi responden bagi memastikan segala data yang diperolehi semasa sesi temubual berlangsung direkodkan supaya maklumat yang diperolehi tidak bercanggah dan terjejas serta memudahkan proses transkrip data temubual. Rakaman suara adalah menggunakan alat perakam elektronik yang terdapat di dalam telefon bimbit dan ia mampu menyimpan data yang diperolehi dengan selamat.

4.2 Latar Belakang Responden

Bahagian ini menerangkan tentang latar belakang responden yang terdiri daripada pihak-pihak industri pembinaan yang terlibat dengan penyelenggaraan jalan raya. Jadual 4 menunjukkan latar belakang responden yang terlibat dalam kajian ini dan pemilihan responden terdiri daripada pihak Jabatan Kerja Raya, dan kontraktor yang terlibat dengan penyelenggaraan jalan raya dengan menggunakan kaedah temubual separa struktur.

Jadual 4 Latar Belakang Responden

Responden	Nama Syarikat	Badan Organisasi	Jawatan	Pengalaman dalam industri Pembinaan Jalan Raya
R1	Selia Selenggara Selatan	Kontraktor	Penolong Jurutera (Awam) Bahagian Jalan	5 Tahun
R2	Jabatan Kerja Raya Johor Bahru	Badan Kerajaan	Penolong jurutera (Awam) Bahagian Jalan	8 Tahun

4.3 Analisis Data

4.3.1 Cabaran Yang Dihadapi Dalam Menggunakan Kaedah "Mill And Pave" Asfalt

Cabaran yang dihadapi dalam menggunakan kaedah "Mill and Pave" asfalt di kawasan sekitar negeri Johor yang dinyatakan oleh responden-responden yang terlibat di dalam industri pembinaan dan penyelenggaraan jalan. Cabaran yang dinyatakan di dalam jadual adalah mempengaruhi penggunaan "mill and pave" asfalt.

4.3.1.1 Kualiti Jalan Terhadap Keadaan Cuaca

Kualiti jalan dalam keadaan cuaca tertentu mempengaruhi keselamatan dan keselesaan pengguna jalan. Terdapat dua soalan bagi cabaran kualiti jalan terhadap keadaan cuaca.

Jadual 5 Kualiti Jalan Terhadap Keadaan Cuaca.

Perkara	Cabaran utama yang dihadapi dalam pelaksanaan “milling and paving” terutamanya dari segi cuaca dan keadaan tanah.	Masalah keadaan cuaca dapat mempengaruhi pembinaan jalan dalam kaedah “mill and pave”.
R1	- asfalt tidak mengeras dengan betul - tanah lembut perlukan kerja penstabilan asas	- kelewatan kerja - risiko pengumpulan air di tapak - menjejaskan kualiti jalan
R2	- asfalt perlu disejukkan - keadaan struktur lubang pada jalan	- memberi kesan yang buruk - kerja pelaksanaan melebihi masa yang ditetapkan

Hasil daripada temubual yang dijalankan, kenyataan berkaitan cabaran utama yang diberikan oleh responden 2 menyatakan bahawa :

“Cabaran utama ketika melaksanakan mill and pave adalah ketika cuaca hujan. Apabila cuaca hujan seringkali projek tidak akan dijalankan kerana ia akan menyebabkan takungan terutama pada kawasan yang dikorek.” (Responden 2)

Analisis data menunjukkan bahawa cuaca buruk memberi kesan negatif pada kualiti jalan. Menurut Ali dan Khan (2018), hujan mengganggu proses penghamparan asfalt, merosakkan kualiti jalan Manakala bagi kenyataan masalah keadaan cuaca yang diberikan oleh responden 2 menyatakan bahawa:

“Masalah cuaca yang tidak menentu boleh memberi kesan buruk terhadap hasil kerja pembinaan jalan. Cuaca buruk yang berpanjangan boleh menyebabkan gangguan jadual kerja pembinaan, sehingga kerja pelaksanaan mengambil masa lebih lama daripada yang dirancang...” (Responden 2)

Hasil analisis data yang diperolehi oleh kedua-dua responden menyatakan bahawa masalah yang terjadi apabila keadaan cuaca tidak menentu adalah struktur pembinaan jalan yang tidak berkualiti. Menurut Zhang *et al.*, (2020) menyatakan hujan menyebabkan pengumpulan air di tapak pengorekan, yang melemahkan kestabilan tanah dan meningkatkan risiko hakisan, seterusnya menjejaskan kualiti struktur jalan.

4.3.1.2 Kualiti Dalam Menstabilkan Asas Jalan.

Kualiti dalam menstabilkan asas jalan merujuk kepada langkah-langkah dan teknik yang digunakan untuk memastikan asas jalan yang stabil dan tahan lama.ia melibatkan penggunaan bahan yang sesuai, teknik pembinaan yang betul dan juga pemantauan kualiti sepanjang proses pembinaan.

Jadual 6 Kualiti Dalam Menstabilkan Asas Jalan.

Perkara	kualiti hasil kerja “milling and paving” adalah konsisten dan memenuhi piawaian.	Cabaran yang dihadapi dalam mengekalkan kualiti jalan yang konsisten.
R1	- ujian kualiti secara berkala	- Kesukaran mengekalkan ketebalan lapisan - Kawalan suhu asfalt
R2	- mengikut spesifikasi yang ditetapkan	- Struktur lubang - Beban kenderaan

H

H

Hasil temubual yang dijalankan, ia merupakan kenyataan berkaitan kualiti hasil kerja “mill and pave” yang diberikan daripada responden 1 berkaitan persoalan tersebut.

“Bagi memastikan kualiti hasil kerja dalam pelaksanaan “milling and paving” konsisten dan memenuhi piawaian, pihak kami menjalankan ujian kualiti secara berkala dan memastikan semua bahan memenuhi spesifikasi yang syarikat tetapkan.” (Responden 1)

Hasil daripada analisis yang diperolehi menunjukkan bahawa untuk memastikan kualiti hasil kerja yang bagus ia hanya perlu mematuhi standard yang telah ditetapkan. Menurut Smith *et al.*, (2020), standard pembinaan menyediakan garis panduan teknikal yang jelas, termasuk spesifikasi bahan. Manakala hasil temubual berkaitan cabaran yang dihadapi dalam mengekalkan kualiti, responden 2 menyatakan:

“Cabaran yang dihadapi untuk mengekalkan kualiti jalan yang konsisten adalah berdasarkan struktur permukaan jalan yang berlubang untuk mengenalpasti penyelesaiannya. Misalnya kedalaman 50mm harus mengguna kaedah mp50 yang mengandungi premix AC14...” (Responden 2)

Hasil analisis data yang diperolehi oleh kedua-dua responden menyatakan bahawa untuk mengekalkan kualiti jalan agar lebih konsisten. Menurut Ali dan Khan (2018) menunjukkan bahawa ketebalan asfalt yang tidak konsisten boleh menyebabkan penurunan kualiti jalan yang mendapan.

4.3.1.3 Kos tinggi

Kaedah penyelenggaraan “*mill and pave*” adalah salah satu strategi yang digunakan dalam pemeliharaan jalan raya, di mana lapisan permukaan jalan yang rosak dikeluarkan dan digantikan lapisan baru.

Jadual 7 Kos Tinggi

Perkara	Cabaran kenaikan kos dengan bajet yang diberikan	Keadaan cuaca dan keadaan tapak projek memberi kesan kepada kos “ <i>milling and paving</i> ”.
R1	- Menggunakan bahan alternatif - Meningkatkan kecekapan operasi	- Cuaca buruk menyebabkan penambahan kos
R2	- Jangan terlebih reka	- Peningkatan kos kerana masa projek tangguhkan

Hasil daripada temubual yang dijalankan, kenyataan berkaitan cabaran kenaikan kos yang diberikan oleh responden 2 menyatakan bahawa :

“*Bagi mengatasi cabaran kenaikan kos, kita hanya perlu mereka jalan yang rosak sahaja. Jangan terlebih reka seperti jalan yang rosak hanya sepanjang 10 meter, maka pembaikan boleh dilakukan sepanjang 20 meter bagi menjimatkan kos.*” (Responden 2)

Hasil analisis data yang diperolehi menunjukkan bahawa pelbagai aspek boleh dijalankan untuk mengurangkan kos dengan bajet sekaligus memberi keuntungan. Menurut Salleh *et al.*, (2020) menunjukkan bahawa penjadualan semula jarak penyelenggaraan dengan menggunakan kaedah zonasi, yang dapat meminimalkan kos dan mengoptimalkan penggunaan bajet. Manakala bagi kenyataan berkaitan keadaan cuaca dan tapak projek, responden 2 memberi pendapat bahawa :

“*Setiap kali projek tertangguh, kos buruh meningkat kerana pekerja perlu bekerja lebih lama. Selain itu, kami juga perlu menanggung kos penyewaan mesin tambahan.*” (Responden 2)

Hasil analisis data yang diperolehi menunjukkan bahawa cuaca buruk mengganggu jadual kerja “*mill and pave*”, menyebabkan kelewatan yang meningkatkan kos buruh dan penyewaan mesin. Secara keseluruhan, Cuaca buruk menambah kos, menggarisbawahi pentingnya perancangan dan teknologi tahan cuaca (Smith *et al.*, 2019).

4.3.1.4 Kos Peralatan Dan Jentera

Kos peralatan dan jentera dalam kaedah mill and pave melibatkan sewa atau pembelian peralatan berat seperti mesin pemotong (*milling machine*) dan mesin penurap (*paver*).

Jadual 8 Kos Peralatan dan Jentera

Perkara	Masalah yang paling kerap dihadapi dalam penggunaan jentera “ <i>milling and paving</i> ”.	Cara mengatasi masalah dalam penggunaan jentera.
R1	- Kerosakkan jentera	- Menyediakan pasukan penyelenggaraan khas.
R2	- Jentera rosak	- Menyediakan jentera sokongan

Hasil temubual yang dijalankan, berikut adalah kenyataan yang diberikan daripada responden 2.

“*Masalah yang paling kerap dihadapi dalam penggunaan jentera adalah jika jentera rosak. Ia akan melambatkan projek sekiranya tiada jentera lain kerana kaedah mill and pave menggunakan mesin jentera untuk mengorek dan memampatkan jalan.*” (Responden 2)

Hasil data analisis yang diperolehi mendapati bahawa penggunaan jentera adalah amat penting dalam kerja penyelenggaraan. Sekiranya rosak jentera ia akan mengakibatkan penagguhan penjadualan projek sekaligus ia akan meningkatkan pertambahan kos. Menurut Kassem *et al.*, (2018) mendapati bahawa apabila jentera kritikal seperti paver atau roller rosak, projek perlu dihentikan sementara sehingga pembaikan atau penggantian dilakukan, yang secara langsung menjejaskan jadual asal.

4.3.2 Mengkaji Tahap Keberkesanan Penggunaan Kaedah "mill and pave" Asflat Dalam Penyelenggaraan Jalan.

Mengkaji tahap keberkesanan penggunaan kaedah "mill and pave" asfalt dalam penyelenggaraan jalan melibatkan penilaian pelbagai aspek, termasuk kualiti hasil kerja, kos, masa pelaksanaan, penyesuaian dan fleksibiliti.

4.3.2.1 Indikator utama yang digunakan untuk mengukur keberkesanan kaedah "mill and pave".

Indikator utama untuk mengukur keberkesanan kaedah mill and pave merangkumi beberapa aspek penting. Antaranya ialah kualiti jalan, di mana ketahanan dan kelancaran permukaan selepas penurapan menjadi ukuran utama.

Jadual 9 Indikator utama yang digunakan untuk mengukur keberkesanan kaedah "mill and pave".

Perkara	Indikator utama yang digunakan untuk mengukur keberkesanan kaedah "mill and pave"
R1	- Kehalusan permukaan jalan (IRI). - Ketahanan terhadap beban trafik.
R2	- Inspection Testing Plan (ITP)

Hasil temubual yang dijalankan, ia merupakan kenyataan yang diberikan daripada responden 2 berkaitan persoalan tersebut.

"Inspection Testing Plan (ITP) adalah dokumen penting yang merancang dan menyelaraskan proses pemeriksaan dan pengujian semasa pelaksanaan projek. Dalam konteks mill and pave, ITP memastikan setiap langkah, seperti pemotongan, penurapan, dan pengukuran ketebalan asfalt, dilakukan mengikut spesifikasi. Dengan ITP, sebarang kecacatan dapat dikenal pasti dan diperbaiki lebih awal, mengelakkan masalah yang boleh menjejaskan hasil akhir projek." (Responden 2)

Hasil analisis data mendapati bahawa kedua-dua syarikat mempunyai kaedah tersendiri untuk memastikan keberkesanan jalan menggunakan kaedah "mill and pave" sama ada ia memberi ketahanan untuk jangka masa panjang. Menurut Lee *et al.*, (2019) mendapati bahawa penggunaan bahan asfalt yang tepat dan pemeriksaan struktur bawah tanah yang baik adalah faktor penentu dalam keberkesanan jangka panjang kaedah "mill and pave".

4.3.2.2 Peningkatan Permukaan Jalan.

Peningkatan permukaan jalan merujuk kepada proses memperbaiki kualiti dan keadaan jalan untuk memastikan ia lebih selesa, selamat, dan tahan lama.

Jadual 10 Peningkatan Permukaan Jalan.

Perkara	Kaedah "mill and pave" dapat meningkatkan permukaan jalan dan memberi jangka hayat yang panjang.	Perbezaan tahap keberkesanan permukaan jalan menggunakan kaedah "mill and pave" dengan kaedah yang lain.
R1	- Mampu memberikan permukaan jalan yang rata - Meningkatkan keselesaan pengguna	-Memberi hasil yang lebih tahan lama dan konsisten
R2	-Memanjangkan hayat sekiranya dilaksanakan dengan tepat	-Memberi permukaan yang licin

Hasil temubual yang dijalankan, ia merupakan kenyataan yang diberikan daripada responden 1 berkaitan persoalan peningkatan permukaan jalan tersebut.

"Kaedah mill and pave memberikan permukaan jalan rata dengan menggantikan lapisan rosak, memanjangkan jangka hayat hingga 10 tahun jika dilaksanakan dengan baik." (Responden 1).

Daripada hasil analisis menunjukkan keberkesanan kaedah ini bergantung kepada pelaksanaan mengikut spesifikasi. Kumat *et al.*, (2019) menyarankan penyelenggaraan yang tepat mengikut peraturan. Manakala bagi perbezaan tahap keberkesanan responden 2 menyatakan bahawa:

“Permukaan yang licin ini bukan sahaja meningkatkan keselesaan pemanduan tetapi juga mengurangkan risiko kemalangan, terutamanya dalam keadaan cuaca buruk. Kehalusan permukaan yang dihasilkan juga membantu memastikan aliran trafik yang lebih lancar.” (Responden 2)

Hasil data analisis yang diperolehi menunjukkan bahawa keberkesanan kaedah “*mill and pave*” terhadap kualiti jalan adalah sangat bagus kerana ia akan mengorek jalan yang rosak sahaja dan menggantikan turapan yang baru. Menurut Zaida *etal.*(2020) membuktikan bahawa permukaan jalan yang diperbaiki dengan kaedah “*Mill and Pave*” memberikan kesan positif terhadap keselesaan pemandu dan mengurangkan kebisingan lalu lintas.

4.3.2.3 Kos

Tahap keberkesanan kaedah “*mill and pave*” terhadap kos bergantung kepada perancangan dan pelaksanaannya.

Jadual 11 Kos

Perkara	Keseimbangan antara kualiti dan kos dalam pelaksanaan “ <i>mill and pave</i> ”.	Mengoptimumkan penggunaan bahan dalam “ <i>mill and pave</i> ” untuk menjimatkan kos tanpa menjejaskan prestasi jalan.
R1	- menggunakan bahan kitar semula	- Menyesuaikan ketebalan lapisan dan kawasan pembaikan
R2	- mengikut spesifikasi	- Tiada aspek penjimatan bahan

Hasil temubual yang dijalankan, ia merupakan kenyataan yang diberikan daripada responden 1 berkaitan persoalankeseimbangan antara kualiti dan kos tersebut.

“Asfalt yang dikupas boleh diproses semula untuk digunakan sebagai bahan asas atau campuran baru, mengurangkan keperluan bahan mentah baharu. Walaupun lebih menjimatkan, teknologi moden memastikan bahan kitar semula ini memenuhi piawaian...” (Responden 1)

Hasil analisis data yang didapati bahawa untuk mendapatkan jalan yang berkualiti seharusnya mengikut spesifikasi yang diperlukan. Menurut Giani *et al.*, (2015) menyatakan penggunaan bahan kitar semula dalam “*mill and pave*” dapat mengurangkan kos tanpa menjejaskan prestasi jalan Manakala bagi persoalan berkaitan mengoptimumkan penggunaan bahan, responden 2 menyatakan bahawa:

“Secara jujurnya tiada aspek penjimatan bahan yang dilakukan untuk mengoptimumkan penggunaan bahan. Segala spesifikasi yang dinyatakan perlu dipatuhi kerana pihak kami tidak ingin menimbulkan sebarang isu dikemudian hari.” (Responden 2)

Hasil analisis data yang didapati keberkesanan kaedah “*mill and pave*” memerlukan penggunaan bahan yang tepat supaya kualiti jalan yang dibaiki mengikut standard yang ditetapkan. Menurut Harvey *et al.*, (2017) menunjukkan menyatakan “*mill and pave*” lebih efisien dengan fokus kepada pembaikan kawasan yang memerlukan, meskipun kos tetap tinggi.

4.3.2.4 Kecekapan Masa

Kecekapan masa dalam kaedah mill and pave merujuk kepada keupayaan menyelesaikan kerja dalam tempoh yang singkat tanpa menjejaskan kualiti.

Jadual 12 Kecekapan Masa

Perkara	Mengukur keberkesanan dari segi kecekapan masa di kawasan berkapasiti tinggi.	Penilaian kecekapan masa dalam sesuatu projek “ <i>mill and pave</i> ”.
R1	- memastikan jalan kembali digunakan dalam masa singkat	- Pengurangan masa gangguan kepada trafik - Pencapaian jadual projek
R2	- “Queuing time by quality”	-Kepantasan pelaksanaa tanpa menjejaskan kualiti kerja

Hasil temubual yang dijalankan, ia merupakan kenyataan yang diberikan daripada responden 2 berkaitan pengukuran keberkesanan dari segi kecekapan masa.

“Dalam projek penyelenggaraan jalan menggunakan kaedah mill and pave, pengurangan masa menunggu (*no queuing time*) melalui kawalan yang efisien adalah kunci untuk mengukur kecekapan masa, terutamanya bagi laluan berkapasiti tinggi...” (Responden 2)

Hasil analisis data menunjukkan keberkesanan kaedah ini bergantung pada penyelesaian projek mengikut waktu atau lebih cepat. Kuo *et al.*, (2020) menyatakan penyelesaian cepat mengurangkan kesesakan trafik.

“*Kepantasan pelaksanaan tanpa menjejaskan kualiti kerja dalam kaedah mill and pave dicapai melalui bahan berkualiti tinggi, dan tenaga kerja terlatih. Pemantauan dan kawalan kualiti sepanjang pelaksanaan juga penting untuk memastikan standard kerja dipatuhi.*” (Responden 2). Mengikut hasil data yang diperolehi, kaedah “*mill and pave*” dalam penyelenggaraan jalan memberi kesan kepada kecekapan masa kerana kaedah ini dapat menjimatkan masa. Menurut Hadi *et al.*, (2018) menyokong bahawa pelaksanaan cepat mengurangkan gangguan trafik dan kesesakan di kawasan bandar.

4.3.2.5 Penyesuaian dan Fleksibiliti

Penyesuaian dan fleksibiliti adalah elemen penting dalam memastikan kejayaan proses “*mill and pave*” mampu untuk menyesuaikan diri dengan keadaan semasa.

Jadual 13 Penyesuaian dan Fleksibiliti

Perkara	Keseimbangan antara fleksibiliti dan pematuhan kepada spesifikasi teknikal dalam projek “ <i>mill and pave</i> ”.	Pemastian kerja “ <i>mill and pave</i> ” boleh dilaksanakan secara fleksibel dalam jadual trafik yang sibuk.
R1	- Menangani cabaran di tapak - Mematuhi spesifikasi	- Menjalankan kerja pada waktu malam - Menyediakan laluan alternatif
R2	- Tolak sekiranya tidak mematuhi spesifikasi	- Mengikut keupayaan dalam masa yang ditetapkan - Kerja dijalankan pada luar waktu puncak

“*Kami menggunakan teknologi seperti pemantauan masa nyata dan peralatan canggih untuk memastikan pelaksanaan memenuhi piawaian, walaupun terdapat penyesuaian. Selain itu, komunikasi yang berkesan antara semua pihak terlibat membolehkan kami membuat keputusan yang tepat dan cepat.*” (Responden 1)

Kaedah “*mill and pave*” lebih terkawal untuk memastikan keberkesanan, seperti yang dinyatakan oleh Wu *et al.*, (2018) yang menekankan pematuhan spesifikasi untuk mengelakkan pembaziran dan menjamin kualiti. Daripada hasil temubual yang dijalankan, responden 1 memberi kenyataan pemastian kerja “*mill and pave*” boleh dilaksanakan berkaitan pernyataan berikut.

“*Strategi untuk mengurangkan gangguan kepada pengguna merupakan keutamaan kami. Salah satu langkah utama adalah menjalankan kerja pada waktu malam, apabila aliran trafik lebih rendah...*” (Responden 1)

Keseluruhannya, hasil analisis data yang diperolehi bagi memastikan kerja “*mill and pave*” dapat dilaksanakan secara fleksibel adalah dengan melaksanakan kerja-kerja penyelenggaraan pada luar waktu puncak supaya ia dapat mengurangkan gangguan trafik serta mengurangkan impak kepada pengguna jalan raya.

4.3.3 Mengenalpasti Strategi Dalam Meningkatkan Penggunaan “*mill and pave*” Asfalt Dalam Penyelenggaraan Jalan.

4.3.3.1 Pendidikan Dan Latihan

Pendidikan dan latihan dalam kaedah “*mill and pave*” adalah penting untuk memastikan kecekapan dan kualiti pelaksanaan kerja.

“*...inisiatif penting untuk meningkatkan kefahaman dan kemahiran tenaga kerja dalam pelaksanaan projek penyelenggaraan jalan. Modul ini merangkumi panduan teknikal, penggunaan peralatan moden, dan strategi pengurusan trafik yang efisien...*” (Responden 1)

Analisis data menunjukkan pendidikan formal membolehkan generasi baru profesional menjalankan projek dengan cekap dan berkualiti. Smith *et al.*, (2018) menyatakan pendidikan awal melalui kursus kejuruteraan dan pengurusan projek membantu memahami kaedah kompleks.

4.3.3.2 Teknologi Dan Inovasi

Teknologi dan inovasi dalam “*mill and pave*” memperkenalkan peralatan canggih seperti mesin pengilangan berketepatan tinggi dan sistem pemadatan pintar yang meningkatkan kecekapan kerja.

“Mesin canggih, seperti milling automatik dan pavers dengan kawalan digital, membolehkan kerja dilakukan dengan lebih pantas dan tepat. Mesin ini dilengkapi sensor yang memastikan ketebalan dan kualiti asfalt memenuhi spesifikasi...” (Responden 2)

Secara keseluruhannya, keberkesanan “mill and pave” dalam konteks teknologi dan inovasi memerlukan Penggunaan teknologi 3D milling dan mesin canggih mempercepat kerja, mengurangkan kesilapan, dan meningkatkan keberkesanan dalam penyelenggaraan jalan.

4.3.3.3 Pengurusan Projek Berkesan

Pengurusan projek berkesan dalam “mill and pave” melibatkan perancangan, pelaksanaan cekap, dan pemantauan berterusan, termasuk jadual kerja yang jelas dan pengawalan kos.

“Dengan menjalankan kerja pada waktu kurang sibuk, kita dapat meminimumkan kesesakan dan memastikan trafik tetap lancar. Ini membolehkan projek diselesaikan dengan lebih cepat tanpa memberi kesan besar kepada pengguna jalan...” (Responden 2)

Hasil analisis data yang diperolehi menunjukkan bahawa penjadualan kerja adalah langkah yang bagus untuk memastikan aliran trafik tetap lancar. Menurut Lee *et al.*, (2021) menegaskan jadual fleksibel, seperti kerja malam, meminimumkan gangguan trafik semasa penyelenggaraan jalan.

4.4 Perbincangan

Setelah mengumpul dan menganalisis data, penyelidik mendapati bahawa setiap matlamat penyelidik sejajar dengan kesusasteraan sedia ada. Dengan penyusunan jurnal baharu, setiap responden meningkatkan penemuan kajian terdahulu.

4.4.1 Mengkaji cabaran yang dihadapi dalam menggunakan kaedah “mill and pave” asfalt.

Kajian mendapati cabaran utama dalam kaedah “mill and pave” adalah kualiti jalan terhadap cuaca, kualiti dalam menstabilkan asas jalan, kos tinggi dan kos peralatan dan jentera.

Jadual 14 Perbincangan mengkaji cabaran yang dihadapi dalam menggunakan kaedah “mill and pave” asfalt.

Cabaran	R1	R2	Perbincangan
Kualiti jalan terhadap cuaca	“Keadaan cuaca yang tidak menentu, seperti suhu rendah atau hujan, boleh menyebabkan asfalt tidak mengeras dengan betul, tanah lembut memerlukan penstabilan asas, serta pengumpulan air di tapak, yang seterusnya menjejaskan kualiti dan kestabilan jalan yang dipulihkan.”	“Proses milling and paving boleh terjejas apabila asfalt perlu disejukkan dan struktur lubang pada jalan tidak diperbaiki dengan baik, menyebabkan kesan buruk dan melambatkan pelaksanaan kerja melebihi masa yang ditetapkan.”	- Merancang kerja mengikut cuaca yang stabil, melakukan penstabilan tanah untuk memastikan asas kukuh, menguruskan saliran untuk mengelakkan air bertakung, dan memperbaiki struktur jalan seperti lubang sebelum proses dimulakan. - Menurut Jones dan Taylor (2019) eknik seperti proses milling dan paving yang sesuai dengan keadaan cuaca telah dicadangkan sebagai penyelesaian berkesan.
Kualiti dalam menstabilkan asas jalan.	“Ujian kualiti secara berkala, kesukaran mengekalkan ketebalan lapisan, dan kawalan suhu asfalt adalah faktor penting dalam menstabilkan asas jalan untuk memastikan kualiti dan ketahanan jalan yang baik.”	“Kualiti dalam menstabilkan asas jalan melibatkan pematuhan kepada spesifikasi yang ditetapkan, pengurusan struktur lubang, dan pengaruh beban kenderaan.”	- Kualiti dalam menstabilkan asas jalan melibatkan ujian berkala, kawalan suhu, pematuhan spesifikasi, pengurusan struktur lubang, dan pengaruh beban kenderaan untuk memastikan ketebalan lapisan dan ketahanan jalan yang optimum. - Menurut Zhang <i>et al.</i> , (2021) pemantauan yang berterusan terhadap struktur tanah dan keupayaannya menahan beban berat adalah penting untuk mengelakkan kegagalan struktur.
Kos tinggi	“Penggunaan bahan alternatif yang memerlukan kos lebih tinggi, pelaburan dalam teknologi atau latihan untuk	“Reka bentuk yang berlebihan boleh menyebabkan berlakunya kos yang tinggi, yang	- Kos tinggi sering berpunca daripada penggunaan bahan alternatif, pelaburan teknologi, cuaca buruk, reka bentuk berlebihan, dan kelewatan projek, yang meningkatkan kos buruh, bahan, dan

	<i>meningkatkan kecekapan operasi, dan gangguan cuaca buruk yang meningkatkan kos penyelenggaraan, pengangkutan, serta menyebabkan kelewatan berlaku akibat daripada kos yang tinggi.”</i>	<i>meningkatkan penggunaan sumber, serta kelewatan projek yang menyebabkan penambahan kos seperti buruh, bahan, dan logistik.”</i>	logistik. Perancangan dan pengurusan risiko yang baik diperlukan untuk menyelesaikannya. - Menurut Huang <i>et al.</i> , (2019) pengurusan logistik yang cekap dan pemilihan tenaga kerja terlatih dapat mengurangkan pembaziran sumber.
Kos peralatan dan jentera	<i>“Kos peralatan dan jentera meningkat akibat kerosakan yang memerlukan pembaikan atau penggantian, serta keperluan menyediakan pasukan penyelenggaraan khas yang menambah kos buruh dan latihan. Walaupun tinggi, langkah ini penting untuk memastikan operasi berjalan lancar.”</i>	<i>“Kerosakan jentera yang memerlukan pembaikan serta keperluan untuk menyediakan jentera sokongan bagi memastikan operasi berjalan lancar tanpa gangguan.”</i>	- Kos peralatan meningkat disebabkan oleh kerosakan yang memerlukan pembaikan dan penggunaan jentera sokongan, serta keperluan pasukan penyelenggaraan khas yang meningkatkan kos buruh dan latihan. -Kajian oleh Singh dan Kumar (2017) menunjukkan bahawa pelaksanaan strategi penyelenggaraan preventif dapat mengurangkan kos pembaikan sebanyak 30%.

Kesimpulannya, pembinaan jalan raya menghadapi cabaran seperti cuaca, kualiti asas jalan, kos tinggi, dan penyelenggaraan peralatan. Langkah strategik seperti penggunaan teknologi moden, bahan alternatif, dan penyelenggaraan preventif dapat mengurangkan risiko serta kos. Perancangan teliti dan inovasi dalam pengurusan adalah kunci untuk memastikan projek jalan lebih efisien, tahan lama, dan kos efektif.

4.4.2 Mengenalpasti tahap keberkesanan penggunaan kaedah “*mill and pave*” asfalt dalam penyelenggaraan jalan.

Kaedah “*mill and pave*” digunakan untuk meningkatkan kualiti permukaan jalan, memastikan kestabilan struktur, serta memanjangkan jangka hayat jalan. Keberkesanannya bergantung kepada pelaksanaan yang tepat dari segi teknik, pemilihan bahan, dan pengurusan masa, dengan tujuan untuk memberikan jalan yang lebih selamat, tahan lama, dan efisien dari segi kos.

Jadual 15 Perbincangan mengenalpasti tahap keberkesanan penggunaan kaedah “*mill and pave*” asfalt dalam penyelenggaraan jalan.

Tahap keberkesanan	R1	R2	Perbincangan
Indikator utama	<i>“Kehalusan permukaan jalan diukur melalui nilai IRI, di mana nilai yang rendah menunjukkan permukaan yang lebih rata. Sementara itu, ketahanan terhadap beban trafik mencerminkan kemampuan jalan menahan tekanan lalu lintas tanpa kerosakan signifikan.”</i>	<i>“Pelan pemeriksaan dan ujian yang merupakan panduan terperinci untuk pemeriksaan dan pengujian bagi memastikan kualiti kerja mematuhi piawaian yang ditetapkan.”</i>	- Pengukuran ini membantu menilai kekuatan struktur jalan dan kesesuaian permukaan untuk menampung lalu lintas. - Menurut Akinlabi <i>et al.</i> , (2018) penggunaan IRI sebagai indikator utama kualiti jalan telah terbukti memberikan data yang konsisten dalam menilai keadaan jalan secara objektif.
Peningkatan permukaan jalan	<i>“Peningkatan permukaan jalan mampu memberikan permukaan yang lebih rata, meningkatkan tahap keselesaan pengguna, serta memastikan hasil yang lebih tahan lama dan konsisten untuk kegunaan jangka panjang.”</i>	<i>“Pelaksanaan yang tepat dalam peningkatan permukaan jalan membantu memanjangkan jangka hayat jalan dengan mengurangkan kerosakan akibat beban trafik dan cuaca. Peningkatan keselamatan pengguna jalan raya dapat mengurangkan geseran antara tayar kenderaan dan jalan, sekali gus meningkatkan keselesaan serta mengurangkan risiko kemalangan.”</i>	-Peningkatan permukaan jalan adalah usaha untuk memperbaiki jalan yang sedia ada agar mampu menampung trafik yang lebih tinggi dan meningkatkan keselamatan. -Menurut kajian Johnson dan Lee (2017), peningkatan kapasiti jalan seperti menambah laluan atau memperbaiki struktur jalan dapat mengurangkan kesesakan dan meningkatkan keselamatan.
Kos	<i>“Penggunaan bahan kitar semula dan penyesuaian ketebalan lapisan serta kawasan pembaikan dapat mengurangkan kos bahan dan meningkatkan efisiensi pembaikan jalan.”</i>	<i>“Mengikut spesifikasi yang ditetapkan adalah penting untuk memastikan kualiti, namun tiada aspek penjimatan bahan yang dapat dilaksanakan dalam hal ini.”</i>	- Kos dalam projek jalan raya sering melibatkan penggunaan bahan kitar semula yang dapat mengurangkan kos pembinaan tanpa menjejaskan kualiti. - Menurut Nguyen dan Trinh (2021) penting untuk memastikan bahan kitar

Kecekapan masa	<p>“Membantu mengurangkan gangguan kepada trafik, yang secara tidak langsung meningkatkan keselesaan pengguna jalan raya. Selain itu, pencapaian jadual projek yang tepat akan mengelakkan kelewatan dan meningkatkan prestasi keseluruhan dalam pembaikan atau pembinaan jalan.”</p>	<p>“Kecekapan masa dalam “Queuing time by quality” menekankan pelaksanaan tugas dengan cepat tanpa mengorbankan kualiti. Kepantasan perlu diseimbangkan dengan perhatian teliti untuk memastikan hasil yang memuaskan, tahan lama, dan selamat.”</p>	<p>semula memenuhi standard kualiti yang ditetapkan</p> <p>- Kajian oleh Chen <i>et al.</i>, (2020) menunjukkan bahawa penggunaan teknik pembinaan yang efisien dan teknologi canggih seperti BIM (Building Information Modeling) dapat mempercepatkan proses pembinaan jalan dengan meminimumkan waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan tugas-tugas tertentu.</p>
Penyesuaian dan fleksibiliti	<p>“Kemampuan menangani cabaran di tapak dengan mematuhi spesifikasi yang ditetapkan. Ini juga termasuk menjalankan kerja pada waktu malam untuk mengurangkan gangguan, serta menyediakan laluan alternatif bagi memastikan kelancaran trafik semasa pembaikan atau pembinaan.”</p>	<p>“Keupayaan untuk menolak kerja yang tidak mematuhi spesifikasi, sementara tetap mengikut keupayaan untuk menyiapkan tugas dalam masa yang ditetapkan. Selain itu, kerja yang dijalankan pada luar waktu puncak memberi ruang untuk menyelesaikan projek dengan mengurangkan gangguan kepada trafik dan operasi harian.”</p>	<p>- Fleksibiliti dalam menghadapi perubahan situasi, seperti gangguan cuaca atau masalah logistik, juga sangat penting untuk memastikan kelancaran projek.</p> <p>- Menurut Kumar dan Singh (2019), penggunaan teknologi pemantauan yang tepat dapat memberikan data masa nyata yang penting dalam mengesan kerosakan jalan atau peralatan secara awal.</p>

Secara keseluruhan, keberkesanan pembinaan dan peningkatan jalan raya bergantung kepada perancangan yang teliti, penggunaan teknologi terkini, serta pengurusan yang cekap dan fleksibel. Peningkatan permukaan jalan dan pengurusan kos adalah dua elemen utama yang perlu diberi perhatian untuk memastikan projek jalan raya dapat dilaksanakan dengan efisien, kos efektif, dan tahan lama. Ini semua akan membawa kepada jalan raya yang lebih selamat, berkualiti tinggi, dan mampu menampung keperluan trafik di masa hadapan.

4.4.3 Mengkaji strategi dalam meningkatkan penggunaan kaedah “mill and pave” asfalt dalam penyelenggaraan jalan.

Mengkaji strategi peningkatan penggunaan kaedah “mill and pave” asfalt dalam penyelenggaraan jalan bertujuan untuk menilai keberkesanan kaedah ini dalam memperbaiki permukaan jalan, mengurangkan gangguan trafik, dan meningkatkan kos keberkesanan.

Jadual 16 Perbincangan mengkaji strategi dalam meningkatkan penggunaan kaedah “mill and pave” asfalt dalam penyelenggaraan jalan.

Strategi	R1	R2	Perbincangan
Pendidikan dan latihan	<p>“Pendidikan dan latihan memainkan peranan penting dalam meningkatkan kecekapan penyelenggaraan jalan. Penyediaan modul khas dapat memberi panduan yang jelas, sementara bengkel dan seminar menyediakan platform untuk berkongsi pengetahuan dan pengalaman.”</p>	<p>“Penerapan dalam silibus pembelajaran dan kurikulum, bersama latihan praktikal, perlu diselaraskan dengan dasar pembangunan untuk memastikan pengetahuan dan kemahiran yang relevan dalam bidang penyelenggaraan jalan.”</p>	<p>- Pendidikan dan latihan perlu berfokus kepada teori dan amali yang sejajar dengan keperluan industri, memastikan pekerja mampu menghadapi cabaran teknologi dan operasi semasa.</p> <p>-Menurut Jones <i>et al.</i>, (2020) menunjukkan bahawa pendidikan berstruktur, seperti seminar dan latihan praktikal, dapat mempersiapkan pekerja dengan kemahiran terkini dan meningkatkan hasil kerja</p>
Teknologi dan inovasi	<p>“Penggunaan teknologi 3D milling untuk meningkatkan ketepatan dan kecekapan proses pengikisan permukaan jalan. Selain itu, memberi latihan kepada pekerja memastikan mereka dilengkapi dengan kemahiran untuk menggunakan teknologi ini dengan efektif, meningkatkan kualiti dan produktiviti kerja.”</p>	<p>“Penggunaan mesin canggih dan teknologi pemantauan meningkatkan ketepatan penyelenggaraan jalan, sementara penilaian awal, perancangan bertahap, dan latihan pekerja memastikan pelaksanaan yang efisien dan berkualiti.”</p>	<p>-Teknologi moden seperti 3D milling dan pemantauan digital memberi impak positif kepada kecekapan penyelenggaraan, dengan syarat pekerja diberi latihan secukupnya.</p> <p>-Menurut Chen <i>et al.</i>, (2021) inovasi teknologi juga mengurangkan kos operasi dan tempoh projek</p>

Pengurusan projek berkesan	<p>“Menyediakan pelan induk yang terperinci memastikan setiap langkah projek dilaksanakan dengan jelas dan teratur, manakala pelan lencongan membantu menguruskan aliran trafik atau laluan alternatif semasa kerja penyelenggaraan, mengurangkan gangguan kepada pengguna jalan raya.”</p>	<p>“Mempercepat proses pembaikan dapat mengurangkan tempoh gangguan lalu lintas, manakala mengikut kemampuan pengurusan memastikan projek dapat dilaksanakan dengan efisien. Menjalankan projek luar pada waktu trafik sesak pula membantu mengurangkan kesesakan jalan raya dan meminimumkan gangguan kepada pengguna.”</p>	<p>-Pengurusan projek yang berkesan memerlukan perancangan terperinci, keupayaan menyelaras jadual kerja, serta keutamaan untuk mengurangkan kesan kepada pengguna jalan raya.</p> <p>-Menurut Lee <i>et al.</i>, (2018) menyatakan bahawa komunikasi yang berkesan antara pihak berkepentingan meningkatkan kejayaan projek jalan raya.</p>
----------------------------	---	--	--

Keseluruhannya, kejayaan penyelenggaraan jalan memerlukan pendekatan holistik yang mengintegrasikan pembangunan kemahiran manusia, pemanfaatan teknologi, dan pengurusan projek yang sistematik. Strategi ini mampu meningkatkan keberkesanan, mengurangkan kos, dan meminimumkan kesan terhadap pengguna jalan raya.

5. Perbincangan dan Kesimpulan

Kajian ini membincangkan kesimpulan dan cadangan berdasarkan pencapaian objektif kajian. Ia menilai sama ada objektif tercapai serta membincangkan limitasi dan kekangan yang dihadapi penyelidik. Selain itu, cadangan untuk kajian lanjutan juga diberikan bagi tujuan penambahbaikan pada masa hadapan.

5.1 Perbincangan Objektif Kajian

Tujuan kajian ini dijalankan adalah bagi mengkaji cabaran yang dihadapi dalam menggunakan kaedah “*mill and pave*” asfalt. Secara umumnya, kesemua objektif kajian ini telah berjaya dicapai dan hasil kajian dapat dirumuskan berdasarkan tiga (3) objektif seperti berikut:

5.1.1 Objektif Kajian Pertama: Cabaran Yang Dihadapi Dalam Menggunakan Kaedah “*mill and pave*” Asfalt.

Objektif kajian ini telah dicapai melalui kaedah temu bual yang telah dijalankan kepada Objektif kajian ini dicapai melalui temu bual dengan responden projek “*mill and pave*”. Analisis mendapati cabaran utama adalah kestabilan asas jalan dan kualiti jalan dalam pelbagai cuaca. Menurut Abdullah *et al.*, (2017), kegagalan menstabilkan asas sebelum “*mill and pave*” meningkatkan risiko kerosakan. Penggunaan stabilisator dan ujian geoteknikal diperlukan.

5.1.2 Objektif Kajian Dua: Tahap Keberkesanan Penggunaan Kaedah “*mill and pave*” Asfalt Dalam Penyelenggaraan Jalan.

Objektif kedua kajian ini adalah menilai keberkesanan kaedah “*mill and pave*” dalam penyelenggaraan jalan melalui temu bual dengan JKR dan kontraktor. Responden bersetuju bahawa kaedah ini berkesan dalam meningkatkan permukaan jalan dan kecekapan masa. Smith *et al.*, (2018) menyatakan bahawa “*mill and pave*” mengurangkan kerosakan seperti retakan dan lubang, sekaligus meningkatkan keselamatan jalan. Kualiti permukaan jalan menjadi penanda keberkesanan kaedah ini.

5.1.3. Objektif Kajian Tiga: Strategi Dalam Meningkatkan Penggunaan “*mill and pave*” Asfalt Dalam Penyelenggaraan Jalan.

Objektif ketiga kajian ini adalah mengenal pasti strategi meningkatkan penggunaan “*mill and pave*” dalam penyelenggaraan jalan melalui temu bual dengan kontraktor dan JKR. Responden mencadangkan strategi “Pendidikan dan latihan” serta “Pengurusan projek berkesan” untuk meningkatkan kualiti jalan. Abdullah *et al.*, (2018) menyatakan latihan berkala dapat meningkatkan kemahiran pekerja dan mengurangkan kesilapan teknikal.

5.2 Kesimpulan

Secara keseluruhannya, Tiga objektif utama kajian berjaya dicapai. Pertama, ia mengenal pasti masalah dengan menggunakan kaedah “*mill and pave*”. Ini termasuk kestabilan asas jalan, cuaca yang tidak menentu, perbelanjaan yang tinggi, dan kekurangan kemahiran teknikal pekerja. Kedua, kaedah ini telah ditunjukkan sebagai penyelesaian yang berkesan untuk penyelenggaraan jalan kerana ia meningkatkan kualiti permukaan jalan, mengurangkan masa pelaksanaan dan meningkatkan ketahanan jangka panjang. Ketiga, kajian ini menawarkan kaedah untuk meningkatkan keberkesanan kaedah ini; ini termasuk menggunakan teknologi terkini, mengajar pekerja, dan menjalankan pengurusan projek yang teratur. Secara keseluruhan, penyelidikan memberikan garis panduan yang berguna untuk meningkatkan keberkesanan dan efisiensi kaedah “*mill and pave*” dalam penyelenggaraan jalan raya, terutamanya di kawasan berkapasiti tinggi seperti Johor Bahru.

Penghargaan

Penulis ingin merakamkan penghargaan kepada Fakulti Pengurusan Teknologi dan Perniagaan, Universiti Tunn Hussein Onn Malaysia atas sokongan yang diberi.

Konflik Kepentingan

Penulis menyatakan bahawa tidak ada sebarang konflik kepentingan yang berkaitan dengan penerbitan kertas ini.

Sumbangan Penulis

Penulis mengesahkan sumbangan kepada kertas ini seperti berikut: **konsep dan reka bentuk kajian:** Nurul Natasya Khairul Arifin, Roshartini Omar; **pengumpulan data:** Nurul Natasya Khairul Arifin; **analisis dan tafsiran hasil:** Nurul Natasya Khairul Arifin; **penyediaan draf manuskrip:** Nurul Natasya Khairul Arifin, Roshartini Omar. Semua penulis telah mengkaji hasil dan meluluskan versi terakhir manuskrip.

Rujukan

- Abdullah, R., Ismail, S., & Mahmud, N. (2018). Improving Road Maintenance Practices through Effective Workforce Training. *Journal of Road Engineering*, 12(3), 45–53.
- Ahmad, A. (2023, August 2). Kempen My Jalan atasi isu jalan berlubang. Utusan Malaysia. <https://www.utusan.com.my/nasional/2023/08/kempen-my-jalan-atasi-isu-jalan-berlubang/>
- Ahmed, M., & Khan, R. (2021). Strategic Planning in Road Maintenance for Cost-Effectiveness. *Journal of Transportation Research*, 18(2), 210-225.
- Anderson, P., & Green, L. (2020). Phased Implementation Strategies in Technology Integration. *Journal of Organizational Change*, 30(1), 102-118.
- Al-Azzawi, A., Baumli, P., & Mucsi, G. (2015). Mechanical Alloying and Milling
- Ali, S., & Karim, R. (2022). Continuous Evaluation in Long-Term Pavement Maintenance Plans. *International Journal of Pavement Engineering*, 25(3), 365-380.
- Burn, S. M., & Grove, S. K. (2003). The practice of nursing research: Conduct, critique, and utilization. Elsevier Health Sciences.
- Duan, Z.-Y., Li, C., Zhang, Y., Yang, M., Gao, T., Liu, X., Li, R., Said, Z., Debnath, S., & Sharma, S. (2023). Mechanical behavior and semiempirical force model of aerospace aluminum alloy milling using nano biological lubricant. *Frontiers of Mechanical Engineering*, 18.
- Elseicy, A., Alonso-Díaz, A., Solla, M., Rasol, M. A., & Santos-Assunção, S. (2022). Combined Use of GPR and Other NDTs for Road Pavement Assessment: An Overview. *Remote Sensing*, 14, 4336.
- Federal Highway Administration. (2019). The Federal Highway Administration’s Historic Preservation Programs. *Forum Journal*, 14, 50-56
- Federal Highway Administration. (2020). Surface Transportation Block Grant Program (STBG). <https://www.fhwa.dot.gov/fastact/factsheets/stbgfs.cfm>
- Fitriansyah, A., Rachmawati, E., & Risnandar, R. (2023). Pengenalan Jalan Berlubang Berbasis Vision Menggunakan Pyramid Histogram Of Oriented Gradients. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*.
- Government of Malaysia. (2022, August 08). Data.gov.my. data.gov.my. <https://data.gov.my/>
- Gao, T., Zhang, Y., Li, C., Wang, Y., Chen, Y., An, Q., Sharma, S. (2022). Fiber-reinforced composites in milling and grinding: machining bottlenecks and advanced strategies. *Frontiers of Mechanical Engineering*, 17, 1-35.
- Giani, M. I., Dotelli, G., Brandini, N., & Zampori, L. (2015). Sustainability and Cost Optimization in Road Pavement Maintenance Using Recycled Materials. *Journal of Cleaner Production*, 104, 348-359.

- Gonzalez, D., Lee, S., & Park, J. (2017). "Cost Overrun and Schedule Delay Due to Project Postponements." *Construction Management and Economics*, 35(2), 144-155.
- Gonzalez, M., & Fernandez, R. (2020). Integrating Workshops and Structured Training for Technical Excellence in Road Projects. *Journal of Professional Training and Development*, 14(2), 198-210
- Hadi, M. A., & Khaled, A. (2018). Evaluating the Impact of Road Maintenance on Traffic Flow Using Mill and Pave. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 63, 658-666.
- Hairom, N. (2022, June 10). JKR sentiasa pantau kualiti penyelenggaraan jalan. *Sinar Harian*. <https://www.sinarharian.com.my/article/206377/BERITA/Nasional/JKR-sentiasa-pantau-kualiti-penyelenggaraan-jalan>
- Hanapiah, M. H. M. (2023, January 3). Negara maju tapi jalan banyak berlubang. *Sinar Harian*. <https://www.sinarharian.com.my/article/238901/suara-sinar/analisis-sinar/negara-maju-tapi-jalan-banyak-berlubang>
- Hassan, A., Rahman, S., & Yusof, M. (2020). "Waste Reduction Practices in Small-Scale Road Maintenance Projects." *Asian Journal of Construction Management*, 17(2), 120-132.
- Harvey, J. T., & Rezaei, A. (2017). Targeted Maintenance Using Mill and Pave for Pavement Longevity. *International Journal of Pavement Engineering*, 18(3), 245-256.
- Hugener, M., Wang, D., Cannone Falchetto, A., Porot, L., Kara De Maeijer, P., Orešković, M., Tebaldi, G. (2022). Recommendation of RILEM TC 264 RAP on the evaluation of asphalt recycling agents for hot mix asphalt. *Materials and Structures*, 55.
- Kassem, E., Al-Hussein, M., & Mahdi, I. (2018). "Impact of Equipment Downtime on Road Construction Project Delays." *Journal of Infrastructure Systems*, 24(2), 125-135.
- Kumar, R., & Ahmad, A. (2019). Long-term Performance of Asphalt Pavements after Mill and Pave Operations. *Journal of Transportation Engineering*, 145(3), 04019005.
- Laman Web Rasmi BPENJ Johor. (2023, September 26). Data Asas & Maklumat Ekonomi Negeri Johor | Laman web rasmi BPENJ Johor. <https://bpen.johor.gov.my/index.php/data-asas-ekonomi-johor/>
- Lee, H., & Hwang, W. (2019). Evaluating the Long-term Performance of Asphalt Pavements Using the Mill and Pave Method. *Construction and Building Materials*, 212, 658-668.
- Lee, J., & Kim, H. (2021). Time Management Strategies in Road Construction Projects. *Journal of Infrastructure Development*, 18(3), 210-225.
- Lopez, R., & Thomas, S. (2021). Stakeholder Collaboration in Road Maintenance Planning. *Journal of Civil Infrastructure*, 15(3), 245-260.
- Lorentzen, T. (2020). Climate change and winter road maintenance. *Climatic Change*, 161(1), 225-242. Ministry of Transport Malaysia Official Portal. Ministry of Transport Malaysia. (n.d.). <https://www.mot.gov.my/my/media/annual-report/yearly-statistic>
- Mentzer, J. T., Flint, D. J., & Hult, G. T. M. (2001). Logistics service quality as a segment-customized process. *Journal of Marketing*, 65(4), 82-104. <https://doi.org/10.1509/jmkg.65.4.82.18390>
- Mokhtar, Mohd. Arizan. Road damage and maintenance along federal road in Kuala Krai, Kelantan. Masters thesis, Universiti Teknologi Malaysia, Faculty of Engineering - School of Civil Engineering;
- Marzouk, M., & Hosny, H. (2021). The Impact of Hands-on Training in Road Maintenance Efficiency. *Journal of Civil Engineering and Management*, 26(2), 89-103.2020.
- Mwita, K. M. (2022). Factors influencing data saturation in qualitative studies. *International Journal of Research in Business and Social Science*.
- Pavement Interactive. (2020). Interactive Pavement: Moving Spatial Surface to Dynamically Convey Information. In *Interacción* (pp. 175-188). Voraphan Vorakitphan and Takashige Ohta.
- Rahman, Z., Ismail, R., & Lee, K. (2018). The Importance of Road Base Stabilization in Pavement Durability. *Journal of Transportation Engineering*, 15(3), 54-65
- Rahim, Z., & Lee, K. (2020). Accelerating Road Maintenance Projects Using Advanced Techniques. *Civil Infrastructure Research Journal*, 18(2), 67-78.
- Senggara, C., Jalan, F., & Syarikat, A. (n.d.-a). Penswastaaan Penyelenggaraan Jalan Persekutuan Semenanjung Project Quality Plan Mill And Pave Logo Syarikat Konsesi. <https://www.jkr.gov.my/sites/default/files/upload/team/POP-BP-Mill%20%26%20Pave.pdf>
- Smith, J., Brown, T., & Wilson, L. (2020). Modern Techniques in Road Surface Rehabilitation: Mill and Pave Method. *International Journal of Pavement Engineering*, 15(4), 78-92
- Smith, J., Lee, R., & Johnson, T. (2019). Impact of Weather Conditions on Road Maintenance Costs: A Case Study of Asphalt Rehabilitation Techniques. *Journal of Construction and Maintenance Technology*, 12(3), 45-58.
- Smith, R., & Johnson, T. (2018). The Role of Formal Education in Developing Infrastructure Professionals. *Journal of Construction Education*, 22(1), 45-62.
- Shahin, M. A. (2005). Pavement milling and recycling. *Transportation Research Record*, 1929(1), 3-10.
- Shahin, R. Y. (2005). Pavement management for airports, roads, and parking lots. Springer Science & Business Media.

- Sudrajat, R., & Rofifah, F. (2023). Rancang Bangun Sistem Kendali Kipas Angin dengan Sensor Suhu dan Sensor Ultrasonik Berbasis Arduino Uno. Remik.
- Tam, C. M., & Fung, I. W. (2015). Innovative Traffic Management Solutions During Road Works. *Construction Management and Economics*, 33(10), 763-773.
- Tan, K. H., Yusof, M. A., & Lim, S. (2020). "Spare Parts Management to Reduce Equipment Downtime in Road Maintenance." *Journal of Logistics and Operations Management*, 14(2), 144-158.
- Taylor, G., & Warnes, B. (2018). Effective Project Scheduling in Pavement Rehabilitation. *Journal of Construction Management*, 12(3), 245-260
- Tran, L., & Nguyen, T. (2021). Traffic Flow Management during Road Maintenance. *Journal of Sustainable Road Engineering*, 14(1), 75-90.
- Wang, Y., & Lin, J. (2020). Advancements in 3D Milling Technology for Road Rehabilitation. *Journal of Pavement Engineering*, 18(4), 325-340.
- Wu, S., & Zhou, F. (2018). Ensuring Quality in Road Rehabilitation Projects through Specification Compliance. *Construction and Building Materials*, 180, 670-682.