

Penggunaan Konkrit Geopolimer dalam Struktur Bangunan untuk Mengurangkan Masalah Pencemaran Udara di Kawasan Pembinaan di Negeri Selangor

Muhammad Syafiq Muhamad Selamat¹, Sharifah Meryam Shareh Musa^{1,*}, Narimah Kasim¹ & Hamidun Mohd Noh¹

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

*Corresponding Author

DOI: <https://doi.org/10.30880/rmtb.2022.03.02.038>

Received 30 September 2022; Accepted 01 November 2022; Available online 01 December 2022

Abstract: Concrete is the main construction material and has been widely used in the construction industry for a long time. However, the use of concrete that needs to be used in construction activities can be a source of air pollution. Therefore, these geopolimer concrete (GPC) are being researched to replace existing and commonly used concrete in construction projects. There are three objectives in this study, that is to investigate the perception of construction contractors on the use of GPC to reduce air pollution in construction areas in Selangor, to study the potential use of GPC in construction sites to reduce air pollution in construction areas and identify measures to be taken to encourage the use of GPC at construction sites. This research only focuses on the G7 contractors only. The methodology for this research is research design, data collection and data analysis. The data collection methods used in this study were primary data and secondary data. For primary data, online questionnaires were used to obtain data while for secondary data, several journals, articles, past theses, and authentic sources from websites were used to help make the study more accurate and scholarly. The data obtained will be analysed using descriptive statistics. This study showed positive perception of the benefits and applications of KGP, but negative perceptions of its disadvantages. Furthermore, GPC has the potential to be used in construction project due to the lack of existing concrete, cost and time as well as the quality of KGP. Several measures from the government, educational institutions, media and construction companies also be identified to encourage the use of GPC at construction sites. This study is expected to be useful to the general public, construction companies, and academics in enhancing their knowledge and usage of GPC in construction projects.

Keywords: Geopolymer concrete, perception, potential use, measures, and Contractor G7.

Abstrak: Konkrit merupakan bahan pembinaan utama dan digunakan secara meluas dalam industri pembinaan sejak sekian lama. Penggunaan konkrit yang perlu digunakan dalam aktiviti pembinaan boleh menjadi punca kepada pencemaran udara. Oleh itu, konkrit geopolimer (KGP) ini dikaji untuk menggantikan konkrit yang sedia ada dan yang biasa digunakan di projek-projek pembinaan. Terdapat tiga objektif dalam kajian ini iaitu mengkaji persepsi kontraktor pembinaan terhadap penggunaan KGP bagi mengurangkan pencemaran udara di kawasan pembinaan, mengkaji potensi penggunaan KGP di tapak pembinaan bagi mengurangkan pencemaran udara di kawasan pembinaan dan mengenalpasti langkah yang perlu diambil untuk menggalakkan penggunaan KGP di tapak pembinaan. Kajian ini hanya memfokuskan kepada pihak kontraktor G7 sahaja. Kajian ini menggunakan kaedah kuantitatif bagi mendapatkan data primer melalui pengumpulan secara soal selidik dalam talian. Manakala bagi data sekunder, ia dilakukan dengan merujuk kepada jurnal, artikel, tesis lepas dan sumber-sumber yang sahih daripada laman sesawang digunakan untuk membantu menjadikan kajian lebih tepat dan berilmiah. Data yang diperoleh ini dianalisis menggunakan statistik diskriptif. Hasil kajian ini menunjukkan persepsi positif terhadap kelebihan dan kegunaan manakala persepsi negatif terhadap keburukan KGP. Selain itu, KGP ini juga berpotensi digunakan di projek pembinaan kerana kekurangan konkrit sedia ada, kos dan masa serta kualiti KGP. Beberapa langkah daripada kerajaan, institusi pendidikan, media massa dan syarikat pembinaan juga dapat dikenalpasti untuk menggalakkan penggunaan KGP di tapak pembinaan. Kajian ini diharapkan dapat memberi kepentingan kepada orang awam, kontraktor pembinaan dan tujuan akademik bagi mempertingkatkan pengetahuan dan penggunaan KGP di projek pembinaan.

Kata kunci: Konkrit geopolimer, persepsi, potensi penggunaan, langkah-langkah, dan Kontraktor G7

1. Pengenalan

Aktiviti pembinaan di Malaysia merupakan sektor yang membangun dengan pesat dari tahun ke tahun dan ia mampu menjadikan Malaysia sebagai sebuah negara maju dan tahap pendapatan yang tinggi. Namun, terdapat peningkatan terhadap aduan pencemaran diterima Jabatan Alam Sekitar (JAS) pada 2019 dan 2020 berbanding tahun sebelumnya. Pelbagai pencemaran yang berlaku akibat daripada pertumbuhan pesat pada sektor perindustrian dan sektor pembinaan antaranya ialah pencemaran air dan pencemaran udara. Disebabkan terjadinya pelbagai pencemaran yang berlaku akibat daripada aktiviti pembinaan ini, pelbagai inovasi dijalankan keatas sektor pembinaan untuk menjadikan sektor ini lebih mesra alam. Menurut Bill (2019), inovasi boleh dibahagikan kepada proses atau produk. Proses inovasi adalah proses yang mengubah teknik, peralatan atau perisian yang digunakan. Manakala Inovasi produk pula adalah penambahbaikan aspek teknikal komponen tertentu, bahan atau ciri fungsi lain barang atau perkhidmatan, yang membawa kepada produk yang baru dan lebih baik.

Pelbagai inovasi pembinaan dijalankan yang bukan hanya untuk mengurangkan penghasilan karbon dioksida, tetapi juga meningkatkan daya tahan bangunan dan infrastruktur, mengurangkan bilangan tenaga yang digunakan dan meningkatkan penggunaan bahan buang yang boleh dikitar semula. Antara inovasi yang dijalankan ialah konkrit geopolimer (KGP). Hal ini kerana konkrit biasa yang selalu digunakan di tapak pembinaan menggunakan campuran bahan seperti simen portland biasa yang boleh menyebabkan pencemar udara berlaku. Menurut Fitzgerald (2018), KGP dibangunkan adalah untuk menggantikan menggunakan simen portland biasa dalam membuat konkrit.

Kajian ini dipilih adalah disebabkan oleh peningkatan permintaan simen konkrit dalam industri pembinaan dan sejumlah besar karbon dioksida adalah isu kelestarian utama yang ditekankan. Berdasarkan Singh (2019), pembuatan simen portland biasa menggunakan sejumlah besar tenaga dan bahan mentah dan pada masa yang sama mengeluarkan 5 hingga 7% karbon dioksida, yang

bertanggungjawab untuk pemanasan global. Dianggarkan bahawa pengeluaran 1 tan simen memerlukan tenaga sebanyak 2.9 hingga 4.7 Gigajoules (GJ) dan menghasilkan 800 kg karbon dioksida. Keadaan ini amat membimbangkan kerana semakin banyak ia digunakan, semakin tinggi karbon dioksida dihasilkan dan menyebabkan pencemaran udara semakin tinggi dan sekaligus menjadi punca pemanasan global.

Manakala menurut Ahmad (2012), projek pembangunan seperti projek pembinaan, perumahan, perniagaan, dan infrastruktur pengangkutan seperti penambahan dan pelebaran lorong untuk memenuhi keperluan orang di bandar merupakan penyumbang utama pencemaran udara persekitaran. Ia dikatakan sebagai sumber utama pencemaran udara antropogenik yang mempengaruhi kualiti udara di kawasan tersebut dan di peringkat global.

Menurut Shafii (2020), pambangunan yang pesat dalam berbagai bidang seperti pembuatan, pembinaan, pelaburan, agrikultur, dan perkembangan lain membantu dalam pertumbuhan Keluaran Dalam Negara Kasar (KDNK), tetapi ia juga menyumbang pada penurunan kualiti alam sekitar yang dipengaruhi oleh kualiti udara bandar.

Berdasarkan pernyataan masalah yang dibincangkan antara objektif kajian mengkaji persepsi kontraktor pembinaan terhadap penggunaan konkrit geopolimer bagi mengurangkan pencemaran udara di kawasan pembinaan, mengkaji potensi penggunaan konkrit geopolimer di tapak pembinaan bagi mengurangkan pencemaran udara di kawasan pembinaan dan mengenalpasti langkah yang perlu diambil bagi menggalakkan penggunaan konkrit geopolimer di tapak pembinaan.

Skop kajian memfokuskan kepada penggunaan KGP dalam struktur bangunan untuk mengurangkan isu pencemaran udara di kawasan pembinaan di negeri Selangor. Kawasan ini dipilih kerana negeri Selangor mencatatkan bilangan tertinggi projek pembinaan berbanding negeri lain pada tahun 2017 iaitu sebanyak 2114 projek (CIDB, 2020). Sasaran kajian ini merupakan responden daripada kontraktor pembinaan G7 bagi memperoleh maklumat dan data yang berkaitan dengan penggunaan KGP bagi mengurangkan isu pencemaran udara di kawasan pembinaan.

2. Kajian Literatur

Bahagian ini membincangkan mengenai perkara yang berkaitan dengan tajuk yang dijalankan iaitu KGP berdasarkan kajian-kajian lepas.

2.1 Konkrit Geopolimer

Berdasarkan Ma (2018), KGP dinilai sebagai gelombang simen konkrit terbaru di industri pembinaan, selepas simen gipsum dan simen portland biasa (OPC). Hal ini kerana ia dapat dihasilkan dengan memolimerkan apa sahaja bahan yang mengandungi Si dan Al secara amorfus melalui pengaktifan menggunakan larutan alkali. Bahan-bahan ini terdiri daripada mineral semula jadi atau produk buangan industri. Kecekapan pengendalian diperlukan dalam menghasilkan KGP yang mana ia sangat bergantung pada pengaktifan dan juga jenis sumber alumina silikat. Proses pempolimeran memerlukan tindak balas silika (Si) dan alumina (Al) yang sangat cepat di bawah keadaan alkali yang kemudiannya mewujudkan rantai polimer tiga dimensi.

2.2 Persepsi Terhadap Penggunaan Konkrit Geopolimer Di Projek Pembinaan

Menurut Glasby (2015), persepsi penggunaan KGP di projek lapangan terbang Brisbane West Wellcamp di Australia menunjukkan kejayaan dan menjadi lapangan terbang awam hijau pertama di Australia yang dibina. Pembukaan lapangan terbang ini dibuka pada bulan November 2014 sekaligus menandakan projek KGP moden terbesar yang pertama di dunia dan tidak menggunakan konkrit berasaskan simen portland biasa. KGP digunakan untuk pembinaan semua turapan tahan lasak di landasan pesawat serta pelbagai bangunan dan kerja sivil lain pada projek tersebut.

Berdasarkan Bligh (2014) pula, persepsi terhadap penggunaan KGP di Australia dan di negara lain adalah ia memberikan banyak faedah terhadap persekitaran kerana konkrit ini menggunakan

komponen bahan sisa dari industri pembuatan besi dan stesen janakuasa seperti *Slag* dan abu terbang yang dapat mengurangkan karbon dioksida hasil pengeluaran dan penggunaan simen dengan ketara. Bahan sisa industri tersebut juga tidak perlu dibuang kerana boleh digunakan semula di dalam pembuatan konkrit. Contohnya, projek pembinaan bangunan Global Change Institute Universiti Queensland (GCI), penggunaan KGP pada tiga tingkat panel lantai.

Persepsi Berndt (2013) terhadap penggunaan KGP berpendapat bahawa KGP merupakan alternatif untuk konkrit simen portland biasa yang mana ia digunakan sebagai cara untuk meminimumkan penggunaan simen dalam konkrit, sama ada sebahagian atau sepenuhnya dalam aktiviti pembinaan.

Antara halangan utama kepada penggunaan KGP di projek pembinaan adalah disebabkan konkrit ini mempunyai keboleherjaan yang lebih rendah (Umniati, 2017). Hal ini kerana pengaturan KGP yang cenderung untuk mengeras sebelum sampai ke tapak pembinaan yang terletak jauh dari kilang pembuatannya. Halangan ini menyebabkan lebih banyak kesukaran jika tapak pembinaannya tidak terletak di kawasan yang sama dengan kilang pembuatannya.

2.3 Potensi Penggunaan Konkrit Geopolimer Di Projek Pembinaan

KGP sangat berpotensi untuk digunakan pada projek yang memerlukan kekuatan konkrit yang tinggi. Hal ini dibuktikan dengan penggunaan KGP di landasan pesawat pada projek lapangan terbang Brisbane West Wellcamp di Australia yang menunjukkan kejayaan. Menurut Glasby (2015), penggunaan KGP ini didapati mencapai tahap pemadatan yang sangat tinggi. Pemadatan konkrit yang dijalankan pada projek ini menunjukkan peningkatan sebanyak 30% dan pemadatan turapan KGP mendapat keputusan ujian ketumpatan yang sangat baik.

Seterusnya, KGP mempunyai ketahanan terhadap suhu yang tinggi berbanding konkrit yang berasaskan simen portland biasa. Menurut Luhar (2021), KGP dapat mengekalkan kekuatan mampatan yang diinginkan walaupun pada suhu 400 darjah celsius berbanding dengan konkrit berasaskan simen portland biasa yang merosot kekuatannya. Ini adalah disebabkan proses geopolimerisasi yang berterusan walaupun ia berada pada suhu tinggi dan kekuatan bahan pengikat yang digunakan inilah yang menghalang konkrit dari pecah atau rosak semasa berada pada suhu tinggi.

Selain itu, penggunaan KGP dalam projek pembinaan sangat berpotensi kerana dapat mengurangkan kebergantungan terhadap sumber semula jadi. Hal ini kerana agregat kasar yang digunakan untuk membuat KGP ini menggunakan sebanyak 75% agregat kasar kitar semula dibuat dari konkrit sementara selebihnya dibuat dari batu, asphalt, jubin dan lain-lain (Amran, 2020). Agregat kasar kitar semula dapat menggantikan sebahagian agregat kasar semula jadi untuk menghasilkan KGP iaitu sebanyak 15%, 30%, dan 50% kerana berlakunya peningkatan penggunaan konkrit setiap tahun.

Di samping itu, KGP sesuai untuk menggantikan konkrit yang menggunakan campuran bahan simen jenis portland biasa yang mana ia telah lama menjadi bahan pengikat utama dan banyak digunakan dalam pembuatan konkrit. Hal ini kerana penggunaan simen portland biasa sebagai bahan binaan utama telah dipersoalkan secara meluas selama beberapa dekad yang lalu kerana ia memberikan kesan kepada persekitaran. Ia menimbulkan bahaya besar kepada alam sekitar kerana banyaknya karbon dioksida dilepaskan ke atmosfera semasa pembuatan dan penggunaan simen. Malah, pelepasan gas rumah hijau tahunan dari pengeluaran simen portland biasa ini adalah sekitar 1.5 bilion tan, atau 6% daripada jumlah pelepasan dari pelbagai sektor di seluruh dunia.

Akhir sekali, penggunaan KGP dapat menjimatkan kos dan masa. Hal ini kerana bahan buangan yang digunakan untuk menghasilkan KGP seperti *Ground granulated blast slag* yang diperoleh dalam penghasilan besi dapat digunakan untuk memperbaiki lubang-lubang konkrit dan meningkatkan kekuatan konkrit dalam jangka panjang, ketahanan sulfat, dan ketahanan reaksi alkali silika serta untuk mengurangkan permintaan air, kebolehtelapan, dan penghasilan haba selama proses hidrasi. Peningkatan penambahan GGBS dalam konkrit dapat meningkatkan kecepatan, ketahanan terhadap asid dan kekuatan mampatan KGP pada semua proses pembuatan.

2.4 Langkah-Langkah Menggalakkan Penggunaan Konkrit Geopolimer

Pihak kerajaan selaku badan pelaksana utama negara perlulah menggubal beberapa dasar dan perundangan yang menyokong kepada pemeliharaan dan pemuliharaan alam sekitar dalam industri pembinaan. Contohnya, menggantikan penggunaan bahan pembinaan yang membawa kepada pencemaran udara seperti penggunaan simen portland biasa untuk menghasilkan konkrit kepada penggunaan KGP. Kerajaan juga perlu mewajibkan penggunaan bahan mesra alam seperti KGP ini di projek-projek yang ingin dilaksanakan yang mana konkrit ini menggunakan bahan kitar semula dan sisa buangan. Dengan ini, pencemaran udara yang disebabkan oleh projek pembinaan dapat dikurangkan.

Selain itu, pihak kerajaan perlu memastikan pegawai-pegawai kerajaan yang terlibat dalam penguatkuasaan undang-undang adalah amanah dan bersungguh-sungguh dalam menjalankan tugas (Berita Harian 2020). Pegawai-pegawai kerajaan ini perlu mengetahui dan memahami konsep bahan mesra alam dan bahan yang menyebabkan pencemaran udara yang digunakan di industri pembinaan. Sekiranya perkara ini tidak dipastikan, maka penguatkuasaan undang-undang yang dijalankan adalah lemah dan sia-sia sahaja.

Menurut Hashim (2019), peranan media massa perlu digunakan dalam menghebahkan kepentingan amalan pembinaan lestari seperti kepentingan penggunaan KGP. Dengan menggunakan media massa ini, banyak iklan berkenaan konkrit geopolimer ini serta pesanan daripada kerajaan, pengkaji dan kontraktor tentang penjagaan alam sekitar, pengentahuan tentang bahan yang menyebabkan pencemaran udara serta alternatif lain yang boleh menggantikan bahan tersebut. Internet juga memudahkan masyarakat mencari maklumat tentang KGP ini serta berkongsi maklumat dengan para pengguna yang lain.

Pihak kerajaan bersama-sama dengan para penyelidik, dan kontraktor berganding bahu memperkenalkan dan menggalakkan penggunaan KGP. Menurut Amran (2020), pelbagai sumber yang boleh diperbaharui dan bahan buangan yang boleh dikitar semula yang sebenarnya ada di persekitaran seperti abu terbang yang terhasil dari pembakaran arang batu yang boleh digunakan untuk menghasilkan konkrit geopolimer sebagai pengganti kepada simen portland biasa untuk membuat konkrit dan menggunakan sisa konkrit sebagai agregat untuk menggantikan batu dan asphalt. Penggunaan bahan seperti ini dapat menyumbang kepada pengurangan karbon dioksida di udara dan alternatif lain untuk sumber yang tidak boleh diperbaharui yang mana ia akan habis pada masa akan datang sekiranya tidak digunakan secara berhemah. Kerajaan boleh memberikan subsidi serta pelepasan cukai kepada kontraktor-kontraktor pembinaan sebagai galakan untuk menarik minat kontraktor menggunakan konkrit geopolimer ini. Dengan ini, banyak kontraktor akan lebih menggunakan bahan tersebut berbanding bahan dari konkrit lain.

Peranan pendidikan secara informal mahupun formal juga mampu membentuk individu dan juga masyarakat yang tahu akan kepentingan penggunaan bahan mesra alam iaitu konkrit geopolimer di industri pembinaan. Sistem pendidikan pada peringkat sekolah rendah dan menengah adalah penting dalam menanamkan kepentingan dalam menjaga alam sekitar. Para pelajar di peringkat ini boleh didedahkan kepada kepentingan penggunaan bahan mesra alam di industri pembinaan seperti lawatan ke expo inovasi pembinaan, lawatan ke bangunan hijau, dan lawatan ke pusat penyelidikan. Mereka juga boleh didedahkan dengan mata pelajaran khas berkenaan bahan mesra alam dan pembinaan lestari. Manakala dari segi institusi pengajian tinggi pula, mereka ini digalakkan untuk menjalankan penyelidikan dengan lebih mendalam dan menghasilkan bahan pembinaan seperti konkrit geopolimer yang mesra alam untuk digunakan secara meluas di industri pembinaan (Berita Harian, 2020). Mereka ini juga dibawa untuk menyertai pertandingan inovasi bahan pembinaan ini di peringkat nasional dan juga antarabangsa.

3. Metodologi Kajian

Menurut Norhisham (2019), metodologi kajian merangkumi teknik khusus seperti cara, kaedah, strategi, prosedur dan teknik yang diperlukan bagi mencapai objektif dan matlamat kajian. Untuk mencapai objektif dan matlamat kajian, alat-alat ini digunakan untuk mengumpul, mengorganisasi dan menilai data maklumat yang berkaitan dengan kajian yang dijalankan. Metodologi menyediakan

kerangka teori untuk memahami suatu kaedah, sekumpulan kaedah, atau praktik terbaik yang dapat diterapkan pada suatu kajian tertentu.

3.1 Reka Bentuk Kajian

Menurut McCombes (2021), reka bentuk kajian menetapkan parameter kajian yang dijalankan yang mana ia menentukan dengan tepat apa yang akan dan tidak akan disertakan di dalam kajian. Kajian ini menggunakan kaedah kuantitatif tinjauan kerana ingin mengetahui persepsi kontraktor pembinaan berkenaan KGP. Selain itu, KGP ini merupakan inovasi yang baru di Malaysia dan tidak ramai kontraktor pembinaan mempunyai pengetahuan yang mendalam mengenai KGP ini. Jadi kaedah ini adalah lebih sesuai digunakan berbanding kaedah lain. Kajian ini memfokuskan terhadap populasi kontraktor pembinaan G7 yang mana berdasarkan laman web rasmi CIDB (2021), sebanyak 3016 kontraktor di Selangor yang berdaftar dibawah kerja pembinaan bangunan. Kontraktor pembinaan G7 dipilih adalah kerana keupayaan modal dan bertanggungjawab untuk sebahagian besar output industri pembinaan berbanding dengan kontraktor gred yang lain (Ayob, 2016). Kaedah persampelan rawak sistematik digunakan bagi mengecilkan populasi yang diperlukan daripada kontraktor pembinaan G7 di Selangor. Pensampelan sistematik adalah pelaksanaan jangka panjang pensampelan di mana setiap anggota kumpulan dipilih secara berkala untuk membentuk sampel (Tan, 2019). Oleh itu, borang soal selidik ini diedarkan kepada setiap kontraktor ke 30 dari populasi 3016 kontraktor untuk mendapatkan data. Jadi, ia melibatkan sebanyak 100 orang kontraktor sebagai responden untuk kajian ini.

3.2 Kaedah Pengumpulan Data

Borang soal selidik secara dalam talian iaitu *Google Form* diedarkan kepada responden yang berkaitan iaitu kontraktor pembinaan G7 di negeri Selangor. *Google Form* ini diedarkan melalui e-mel. Penggunaan borang soal selidik ini adalah bagi proses pengumpulan data yang berkaitan untuk mencapai objektif kajian yang dijalankan.

3.3 Analisis Data

Data yang dikumpulkan hasil daripada soal selidik dianalisis menggunakan *Statistic Package for the Social Science (SPSS)* dan juga analisis kandungan. SPSS digunakan bagi menunjukkan skor purata dan peratus digunakan untuk menjelaskan soal selidik berkenaan dengan objektif kajian yang dijalankan. Selain itu, ia juga membantu memudahkan penguraian data yang dikumpulkan. Data yang diperoleh daripada analisis data ini akan dihuraikan menggunakan gambar rajah, jadual dan ilustrasi.

4. Analisis Data dan Dapatan Kajian

Bahagian membentangkan hasil kajian yang telah diperoleh melalui penyebaran borang soal selidik yang digunakan bagi mencapai objektif-objektif yang ditetapkan.

4.1 Analisis data

Soal selidik ini terbahagi kepada empat subtopik iaitu latar belakang responden, persepsi kontraktor pembinaan terhadap penggunaan KGP bagi mengurangkan pencemaran udara di kawasan pembinaan dan potensi penggunaan KGP di tapak pembinaan bagi mengurangkan pencemaran udara di kawasan pembinaan. Bahagian 4 pula adalah berkenaan langkah yang perlu diambil bagi menggalakkan penggunaan KGP di tapak pembinaan. Sejumlah 40 orang responden berjaya dicapai untuk menjawab soal selidik ini.

4.2 Latar Belakang Responden

Jadual 1 menunjukkan latar belakang responden yang terlibat dalam kajian ini.

Jadual 1: Latar Belakang Responden

Perkara	Kekerapan	Peratusan %
Jawatan Dalam Syarikat		
Penyelia Tapak	14	35
Jurutera	9	22
Pengurus Projek	7	18
Admin	5	12
Juruukur Bahan	4	10
Arkitek	1	3
Tempoh Berkhidmat		
1-3 Tahun	5	12
4-7 Tahun	10	25
8-11 Tahun	11	28
Lebih 12 Tahun	14	35

4.3 Analisis Persepsi kontraktor pembinaan terhadap penggunaan konkrit geopolimer bagi mengurangkan pencemaran udara di kawasan pembinaan

Bahagian ini digunakan bagi mengetahui persepsi responden terhadap penggunaan KGP bagi mengurangkan pencemaran udara di kawasan pembinaan. Persepsi ini tertumpu kepada kelebihan, kekurangan dan kegunaan KGP.

4.3.1 Kelebihan KGP

KGP mempunyai pelbagai kelebihan sekiranya digunakan pada projek pembinaan antaranya ialah alternatif kepada konkrit simen portland biasa sama ada sebahagian atau sepenuhnya. KGP juga dapat mengurangkan karbon dioksida, menghasilkan konkrit mesra alam dan mengurangkan kebergantungan terhadap sumber semula jadi. Jadual 2 di bawah menunjukkan skor purata hasil daripada analisis data yang diperoleh bagi kelebihan KGP.

Berdasarkan Jadual 2, bahawa kelebihan utama KGP adalah alternatif untuk konkrit simen portland biasa yang mana ia digunakan sebagai cara untuk meminimumkan penggunaan simen portland biasa dalam konkrit, sama ada sebahagian atau sepenuhnya. Skor purata bagi kelebihan ini adalah yang tertinggi iaitu sebanyak 3.47. Hal ini dapat dikaitkan dengan pernyataan dari Singh (2019) yang mana konkrit yang diperbuat daripada simen geopolimer mempunyai sifat kejuruteraan yang baik dan merupakan alternatif yang baik kepada konkrit konvensional. Namun, nilai purata bagi KGP ini dapat mengurangkan kebergantungan terhadap sumber semula jadi mencatatkan skor purata terendah iaitu 3.04. Hal ni mungkin kerana masih lagi kurang kajian berkenaan KGP di Malaysia menyebabkan kekurangan bukti bahawa KGP dapat mengurangkan kebergantungan terhadap sumber semula jadi (Zulfiklee, 2018).

Jadual 2: Skor purata hasil daripada analisis data yang diperoleh bagi kelebihan KGP

Kedudukan	Kelebihan KGP	Skor Purata
1	KGP merupakan alternatif untuk konkrit simen portland biasa yang mana ia digunakan sebagai cara untuk meminimumkan penggunaan simen portland biasa dalam konkrit, sama ada sebahagian atau sepenuhnya.	3.47
2	Penggunaan KGP dapat mengurangkan karbon dioksida hasil pengeluaran dan penggunaan simen Portland biasa dengan ketara.	3.31

3	KGP dibuat untuk menghasilkan konkrit mesra alam dengan menggunakan bahan semula jadi yang diproses secara minimum atau produk buangan perindustrian.	3.22
4	KGP dapat mengurangkan kebergantungan terhadap sumber semula jadi.	3.04

4.3.2 Kekurangan KGP

Disebalik kelebihan yang terdapat pada KGP, namun terdapat beberapa isu yang dihadapi bagi penggunaan KGP ini di projek pembinaan antaranya ialah KGP belum mendapat sambutan di dalam industri pembinaan di seluruh dunia. Selain itu, pendedahan yang kurang kepada kontraktor, pemaju dan “client” berkenaan KGP, KGP hanya ditawarkan sebagai bahan pra-tuang atau pra-campuran kerana pembuatannya yang rumit dan KGP memerlukan keperluan pengendalian khas kerana ia melibatkan penggunaan bahan kimia juga merupakan isu yang dihadapi.

Berdasarkan Jadual 3, kekurangan KGP yang mendapat skor purata tertinggi adalah penggunaan KGP belum mendapat sambutan di dalam industri pembinaan di seluruh dunia iaitu sebanyak 4.47. berdasarkan Berndt (2013), KGP belum mendapat sambutan di industri pembinaan di seluruh dunia adalah kerana menghadapi ketidakpastian mengenai bahan yang digunakan, prestasi konkrit tersebut dan kekurangan maklumat mengenai pematuhan piawaian yang berkaitan.

Jadual 3: Skor purata hasil daripada analisis data yang diperolehi bagi kekurangan KGP

Kedudukan	Kekurangan KGP	Skor Purata
1	Penggunaan KGP belum mendapat sambutan di dalam industri pembinaan di seluruh dunia.	4.47
2	Kurangnya pendedahan berkenaan KGP kepada kontraktor, pemaju dan “client”.	4.31
3	KGP hanya ditawarkan sebagai bahan pra-tuang atau pra-campuran kerana pembuatannya yang rumit.	2.98
4	KGP memerlukan keperluan pengendalian khas kerana ia melibatkan penggunaan bahan kimia.	2.80

4.3.3 Kegunaan KGP

KGP mempunyai pelbagai kegunaan di industri pembinaan khususnya seperti KGP digunakan sebagai struktur seperti rasuk, tiang, papak, asas dan dinding bangunan, KGP digunakan sebagai struktur jambatan konkrit, KGP digunakan di industri petrokimia sebagai pelapik nipis atau tebal pada struktur yang ada dan KGP digunakan di industri perlombongan sebagai struktur, lapisan dinding dan bumbung. Jadual 4.4 menunjukkan skor purata hasil daripada analisis data yang diperolehi bagi kegunaan KGP.

Berdasarkan Jadual 4, kegunaan KGP struktur seperti rasuk, tiang, papak, asas dan dinding bangunan mencatatkan nilai tertinggi iaitu 3.36. Hali ini dapat dikaitkan dengan pernyataan daripada Madhavi (2020) di mana bangunan Global Change Institute University of Queensland (GCI) menggunakan 33 panel lantai KGP pratuang dan ia merupakan bangunan awam pertama di dunia yang menggunakan konkrit KGP. Ia jelas menunjukkan bahawa KGP ini telah digunakan sebagai struktur bangunan tersebut.

Jadual 4: Skor purata hasil daripada analisis data yang diperoleh bagi kegunaan KGP

Kedudukan	Kegunaan KGP	Skor Purata
1	KGP digunakan sebagai struktur seperti rasuk, tiang, papak, asas dan dinding bangunan.	3.36
2	KGP digunakan sebagai struktur jambatan konkrit.	3.24
3	KGP digunakan di industri petrokimia sebagai Pelapik nipis atau tebal pada struktur yang ada.	2.84
4	KGP digunakan di industri perlombongan sebagai struktur, lapisan dinding dan bumbung.	2.76

4.4 Analisis Potensi Penggunaan Konkrit Geopolimer Di Tapak Pembinaan Bagi Mengurangkan Pencemaran Udara Di Kawasan Pembinaan

Bahagian ini digunakan bagi mengetahui potensi penggunaan KGP di tapak pembinaan bagi mengurangkan pencemaran udara di kawasan pembinaan. Persepsi ini tertumpu kepada kekurangan konkrit simen portland biasa, kos dan masa serta kualiti KGP.

4.4.1 Kekurangan Konkrit Simen Portland Biasa

Kekurangan yang terdapat pada konkrit simen portland biasa merupakan salah satu potensi untuk KGP ini digunakan di projek pembinaan. Antara kekurangannya adalah menimbulkan bahaya besar kepada alam sekitar kerana banyaknya karbon dioksida dilepaskan ke atmosfera semasa pembuatan dan penggunaan simen tersebut, pelepasan gas rumah hijau tahunan dari pengeluaran simen portland biasa ini adalah sekitar 1.5 bilion tan, atau 6% daripada jumlah pelepasan dari pelbagai sektor di seluruh dunia dan kekurangan sumber semula jadi untuk menghasilkan konkrit di kebanyakan negara membangun menyebabkan pengangkutan jarak jauh digunakan sekaligus meningkatkan kos pengeluaran bahan binaan dengan ketara.

Berdasarkan Jadual 5, kadar pengeluaran tahunan simen portland biasa di dunia meningkat 9% dan ini menimbulkan bahaya besar kepada alam sekitar kerana banyaknya karbon dioksida dilepaskan ke atmosfera semasa pembuatan dan penggunaan simen tersebut mendapat skor purata tertinggi bagi kekurangan konkrit simen portland biasa dengan iatu 4.09. ia disokong dengan pendapat daripada Miller (2019) di mana dari pembuatan bahan hingga pembinaan bangunan, pengeluaran karbon dioksida dari projek-projek yang dijalankan di seluruh dunia memberikan kesan yang ketara terhadap alam sekitar.

Jadual 5: Skor purata hasil daripada analisis data yang diperoleh bagi kekurangan konkrit simen portland biasa

Kedudukan	Kekurangan konkrit simen portland biasa	Skor Purata
1	Kadar pengeluaran tahunan simen portland biasa di dunia meningkat 9% dan ini menimbulkan bahaya besar kepada alam sekitar kerana banyaknya karbon dioksida dilepaskan ke atmosfera semasa pembuatan dan penggunaan simen tersebut.	4.09
2	Pelepasan gas rumah hijau tahunan dari pengeluaran simen portland biasa ini adalah sekitar 1.5 bilion tan, atau 6% daripada jumlah pelepasan dari pelbagai sektor di seluruh dunia.	3.91
3	Kekurangan sumber semula jadi untuk menghasilkan konkrit di kebanyakan negara membangun menyebabkan pengangkutan jarak jauh digunakan sekaligus meningkatkan kos pengeluaran bahan binaan dengan ketara.	3.84

4.4.2 Kos Dan Masa Bagi Penggunaan KGP

Kos dan masa merupakan aspek terpenting dalam industri pembinaan. Penggunaan KGP ini amat berpotensi terhadap kos dan masa seperti menggunakan semula bahan yang seharusnya dilupuskan, menjimatkan kos bagi memperbaiki dan menyelenggara infrastruktur berasaskan konkrit, waktu bagi menghasilkan KGP dapat dikurangkan dengan meningkatkan bahan dan KGP cepat memperoleh kekuatan maksimum yang mencukupi. Jadual 6 di bawah menunjukkan skor purata hasil daripada analisis data yang diperoleh bagi kos dan masa bagi penggunaan KGP.

Berdasarkan Jadual 6, faktor paling kritikal bagi kategori kos dan masa adalah bahan-bahan buangan yang sering dilupuskan di tapak pembinaan dan kilang dapat digunakan semula sebagai bahan untuk menghasilkan KGP. Skor purata yang diperoleh pada bahagian ini adalah sebanyak 3.36. Hal ini dapat diperkukuhkan lagi dengan pernyataan dari Amran (2020) yang mana salah satu bahan sisa industri ialah abu terbang. Ia terhasil dari pembakaran arang batu yang terdiri daripada zarah halus yang telah dikeluarkan dari serombong. Oleh itu, ia jelas menunjukkan bahawa bahan-bahan buangan yang sering dilupuskan di tapak pembinaan dan kilang seperti abu terbang ini dapat digunakan semula sebagai bahan untuk menghasilkan KGP.

Jadual 6: Skor purata hasil daripada analisis data yang diperoleh bagi kos dan masa penggunaan KGP.

Kedudukan	Kos dan masa bagi penggunaan KGP	Skor Purata
1	Bahan-bahan buangan yang sering dilupuskan di tapak pembinaan dan kilang dapat digunakan semula sebagai bahan untuk menghasilkan KGP.	3.36
2	KGP dapat menjimatkan kos yang seharusnya dikeluarkan untuk memperbaiki dan menyelenggara infrastruktur berasaskan konkrit.	3.29
3	Waktu yang diperlukan untuk menghasilkan KGP dapat dikurangkan dengan meningkatkan jumlah kandungan bahan semula jadi atau produk buangan perindustrian.	2.89
4	KGP cepat memperoleh kekuatan maksimum yang mana pada hari kedua ia mencapai kekuatan yang mencukupi.	2.87

4.4.3 Kualiti Penggunaan KGP

Kualiti bahan yang digunakan, prestasi dan ketahanan dianggap sebagai kriteria pemilihan yang paling umum oleh kontraktor, pemaju, dan jurutera awam untuk menentukan reka bentuk campuran konkrit yang komprehensif. Kualiti yang terdapat pada KGP menyebabkan ia berpotensi digunakan seperti digunakan pada projek yang memerlukan kekuatan konkrit yang tinggi, ketahanan terhadap suhu yang tinggi, daya tahan yang tinggi terhadap asid dan pengecutan dan pengeringan yang jauh lebih sedikit berbanding konkrit lain. Jadual 7 di bawah menunjukkan skor purata hasil daripada analisis data yang diperoleh bagi kos dan masa bagi penggunaan KGP.

Berdasarkan Jadual 7, faktor paling kritikal bagi kategori kualiti adalah KGP sangat berpotensi digunakan pada projek yang memerlukan kekuatan konkrit yang tinggi dengan skor purata tertinggi iaitu 3.58. Hal ini dapat dikaitkan dengan kejayaan penggunaan KGP di landasan pesawat pada projek lapangan di Australia (Glasby, 2015).

Jadual 7: Skor purata hasil daripada analisis data yang diperoleh bagi kualiti penggunaan KGP

Kedudukan	Kualiti Penggunaan KGP	Skor Purata
1	KGP sangat berpotensi digunakan pada projek yang memerlukan kekuatan konkrit yang tinggi.	3.58

2	KGP mempunyai ketahanan terhadap suhu yang tinggi berbanding konkrit yang berasaskan simen portland biasa.	3.42
3	KGP mempunyai daya tahan yang tinggi terhadap asid kerana jumlah kandungan kalsium yang rendah dalam bahan yang dihasilkan.	3.31
4	KGP sangat sesuai untuk struktur konkrit yang tebal kerana pengecutan dan pengeringan yang jauh lebih sedikit berbanding dengan konkrit berasaskan simen portland biasa.	3.29

4.5 Analisis langkah yang perlu diambil bagi menggalakkan penggunaan konkrit geopolimer di tapak pembinaan

Bahagian ini digunakan untuk mengetahui persetujuan daripada responden berkenaan langkah bagi menggalakkan penggunaan KGP di tapak pembinaan. Langkah ini tertumpu kepada pihak kerajaan, institusi pendidikan, media massa dan juga syarikat pembinaan. Jadual 8 menunjukkan persetujuan responden terhadap langkah yang disenaraikan.

Berdasarkan Jadual 8, langkah yang mendapat nilai peratusan bersetuju tertinggi bagi pihak kerajaan adalah memberikan subsidi serta pelepasan cukai kepada kontraktor-kontraktor pembinaan sebagai galakan untuk menarik minat kontraktor menggunakan KGP iatu 97%. Hal ini kerana dengan pemberian subsidi dan pelepasan cukai terhadap penggunaan teknologi baharu, ia dapat mendorong kearah penggunaan dan merupakan salah satu langkah tidak mencemarkan alam sekitar (Berita Harian, 2020).

Manakala, langkah yang mendapat nilai peratusan bersetuju tertinggi bagi institusi pendidikan adalah pihak sekolah dan universiti menggalakkan penyertaan pelajar dalam expo dan pertandingan berkenaan teknologi hijau sama ada dalam negara mahupun antarabangsa iatu 95%. Berdasarkan MOSTI (2021), penyertaan pelajar dalam expo dan pertandingan berkenaan teknologi hijau dapat memupuk minat pelajar untuk lebih memahami dengan lebih mendalam berkenaan teknologi hijau. Malah, dengan adanya expo dan pertandingan ini, lebih banyak inovasi dapat dihasilkan oleh pelajar sekaligus dapat ditawarkan kepada industri.

Selain itu, langkah yang mendapat nilai peratusan bersetuju tertinggi bagi media massa adalah media massa perlu kerap mempromosikan kelebihan penggunaan KGP ini supaya ia akan lebih dikenali kerana ia merupakan teknologi yang baru di Malaysia iatu 100%. Dengan ini, ia dapat memudahkan orang awam dan juga pihak berkenaan memperoleh maklumat berkenaan KGP dan berkongsi dengan orang lain.

Di samping itu, langkah yang mendapat nilai peratusan bersetuju tertinggi bagi syarikat pembinaan adalah pemain industri meningkatkan kerjasama dengan ahli akademik untuk lebih mendalami KGP ini dan menggunakannya di dalam projek pembinaan iatu 87%. Hal ini kerana ahli akademik bertindak sebagai pemacu penting pembangunan ekonomi dan mengikuti permintaan industri melalui peranan mereka dalam pendidikan, penyerapan teknologi, penyesuaian dan penyebaran sesuatu teknologi baru (Shamsaei, 2021).

Jadual 8: Langkah bagi menggalakkan penggunaan konkrit geopolimer di tapak pembinaan

Langkah	Nilai Peratusan bersetuju %
<i>Pihak Kerajaan</i>	
Menggubal dasar dan perundangan yang menyokong kepada pemeliharaan dan pemuliharaan alam sekitar dalam industri pembinaan.	95
Memastikan pegawai-pegawai kerajaan yang terlibat dalam penguatkuasaan undang-undang adalah amanah dan bersungguh-sungguh dalam menjalankan tugas	92

Memberikan subsidi serta pelepasan cukai kepada kontraktor-kontraktor pembinaan sebagai galakan untuk menarik minat kontraktor menggunakan KGP ini	97
Menjalankan kerjasama dengan negara maju yang telah banyak menggunakan KGP sebagai bahan utama pembinaan mereka	95
<i>Institusi Pendidikan</i>	
Penggubalan kurikulum yang memberikan pendidikan alam sekitar dan teknologi hijau dalam industri kepada pelajar sekolah dan universiti	92
Pihak sekolah dan universiti menggalakkan penyertaan pelajar dalam expo dan pertandingan berkenaan teknologi hijau sama ada dalam negara mahupun antarabangsa	95
Memberikan pendedahan kepada para pelajar mengenai bagaimana menghasilkan bahan mesra alam demi kesejahteraan persekitaran	90
<i>Media massa</i>	
Media massa perlu digunakan dalam menghebahkan kepentingan amalan pembinaan lestari dalam kalangan pemain industri	97
Media massa perlu kerap mempromosikan kelebihan penggunaan KGP ini supaya ia akan lebih dikenali kerana ia merupakan teknologi yang baru di Malaysia	100
<i>Syarikat Pembinaan</i>	
Menjalankan kursus bersama pengeluar KGP dan syarikat pembinaan di luar negara yang telah menggunakan KGP sebagai bahan pembinaan mereka	85
Pemain industri meningkatkan kerjasama dengan ahli akademik untuk lebih mendalami KGP ini dan menggunakannya di dalam projek pembinaan	87

5. Kesimpulan

Secara keseluruhannya kesemua objektif bagi kajian ini mencapai objektktif yang ditetapkan. Berdasarkan data yang telah dianalisis, persepsi yang positif dapat dilihat berkenaan kegunaan dan kelebihan KGP ini yang mana ia sesuai digunakan sebagai struktur seperti rasuk, tiang, papak, asas dan dinding bangunan seperti penggunaan 33 panel lantai KGP pratuang pada bangunan Global Change Institute University of Queensland (GCI) iatu menggunakan 33 panel lantai konkrit geopolimer pratuang (Madhavi 2020). kelebihan KGP ini pula adalah alternatif kepada simen portland biasa untuk meminimumkan penggunaannya. Namun, persepsi negatif dapat dilihat di mana penggunaan KGP belum mendapat sambutan di dalam industri pembinaan di seluruh dunia.

Bagi objektif mengkaji potensi penggunaan konkrit geopolimer di tapak pembinaan bagi mengurangkan pencemaran udara di kawasan pembinaan pula data yang telah diperoleh daripada analisis borang soal selidik, KGP berpotensi untuk menggantikan konkrit pada masa kini iatu konkrit berasaskan simen Portland biasa kerana pencemaran udara yang dibawa hasil daripada pelepasan karbon dioksida di udara semasa ia digunakan dan pelepasan gas rumah hijau dari pengeluarannya. Selain itu, KGP berpotensi digunakan kerana faktor kos yang mana bahan-bahan buangan yang sering dilupuskan di tapak pembinaan dan kilang seperti abu terbang dapat digunakan semula sebagai bahan untuk menghasilkan KGP. Malah, kualiti yang ditunjukkan oleh KGP ini sangat baik di mana KGP boleh digunakan pada projek yang memerlukan kekuatan konkrit yang tinggi seperti di landasan pesawat (Glasby, 2015).

Manakala dalam mengenalpasti langkah yang perlu diambil bagi menggalakkan penggunaan konkrit geopolimer di tapak pembinaan pula, berdasarkan data yang diperoleh daripada analisis borang soal selidik, langkah daripada pihak kerajaan seperti pemberian subsidi serta pelepasan cukai kepada kontraktor-kontraktor pembinaan boleh dilaksanakan kerana ia dapat menarik minat kontraktor

menggunakan konkrit geopolimer ini. Selain itu, langkah daripada institusi pendidikan juga penting di mana menggalakkan pelajar untuk menyertai expo dan pertandingan berkenaan teknologi hijau untuk memupuk minat pelajar untuk lebih memahami dengan lebih mendalam berkenaan teknologi hijau (MOSTI, 2021). Seterusnya, media massa perlu digunakan bagi mempromosikan kelebihan penggunaan KGP ini supaya ia akan lebih dikenali. Sementara itu, syarikat pembinaan juga perlu bekerjasama dengan ahli akademik untuk lebih mendalami KGP ini dan menggunakannya di dalam projek pembinaan.

Hasil kajian ini telah menunjukkan persepsi positif terhadap kelebihan, kekurangan dan kegunaan KGP ini di tapak pembinaan. Selain itu, ia juga menunjukkan bahawa KGP ini berpotensi digunakan di tapak pembinaan kerana kekurangan yang ada pada konkrit sedia ada iaitu konkrit berasaskan simen portland biasa, kos yang dikeluarkan dan kualiti yang ada pada KGP ini. Oleh itu, pentingnya langkah yang perlu diambil oleh pihak kerajaan, institusi pendidikan, media massa, dan juga syarikat pembinaan bagi menggalakkan penggunaan KGP agar pencemaran udara di tapak pembinaan dapat dikurangkan.

Penghargaan

Penulis ingin merakamkan setinggi penghargaan kepada Fakulti Pengurusan Teknologi dan Perniagaan UTHM dan pihak responden yang terlibat dalam kajian ini di atas segala sokongan dan kerjasama yang telah diberikan.

Rujukan

- Ahmad, S. (2012). *Mikroiklim Bandar: Perkembangan dan Impak Pulau Haba Bandar di Malaysia*. Universiti Kebangsaan Malaysia, Bangi: Reka Cetak Sdn. Bhd.
- Amran, Y. H. M., Alyousef, R., Alabduljabbar, H., & El-Zeadani, M. (2020). Clean production and properties of geopolimer concrete. A review. *Journal of Cleaner Production*, 251 (119679)
- Ayob, A., Munaaim, M. A. C., Zaki, M. F. M., & Elyas, S. F. (2016). Bid Evaluation Strategy Among G7 Construction Companies In Northern States Of Malaysia. *Research Journal Of Fisheries And Hydrobiology*, 11(3), pp. 24-30
- Berita Harian Online (2020). Pelbagai langkah perlu diatur capai pembangunan lestari. <https://www.bharian.com.my/rencana/minda-pembaca /2020/12/ 760300/pelbagai-langkah-perlu-diatur-capai-pembangunan-lestari>. Retrieved on May 20, 2021
- Berita Harian Online (2020). Peranan universiti membina dunia baharu lebih lestari. <https://www.bharian.com.my/kolumnis/2020/05/686069/peranan-universiti-membina-dunia-baharu-lebih-lestari>. Retrieved on May 20, 2021
- Berita Harian Online (2020). Pelbagai langkah perlu diatur capai pembangunan lestari. <https://www.bharian.com.my/rencana/minda-pembaca /2020/12/ 760300/pelbagai-langkah-perlu-diatur-capai-pembangunan-lestari>. Retrieved on May 20, 2021.
- Berndt, M. L., Sanjayan, J. G., Crentsil, S. K., Heidrich, C. (2013). Overcoming Barriers to Implementation of Geopolymer Concrete. Retrieved on May 26, 2021, from https://www.researchgate.net/publication/320796926_overcoming_Barriers_to_Implementation_of_Geopolymer_Concrete.
- Bill, C. and Widéen, H. *Implementation of construction innovation*. Degree Thesis. KTH Royal Institute of Technology; 2019.
- Blight, R. and Glasby, T. (2014). Development OF Geopolymer Precast Floor Panels For The Global Change Institute At university OF Queensland. Retrieved on May 25, 2021, from <https://blightanner.com.au/wp-content/uploads/2014/11/Development-of-Geopolymer-Precast-Floor-Panels-for-the-Global-Change-Institute-at-University-of-Queensland.pdf>.
- CIDB (2020). Keperluan Prosedur Pendaftaran Kontraktor & Manual Pengguna. Retrieved on May 16, 2021, from <https://www.cidb.gov.my/sites/default/files/2020-04/BUKU-BARU-2018-V2-min-1.pdf>
- CIDB (2021). Construction Industry Statistic (Open Data). Retrieved on June 26, 2021, from <https://www.cidb.gov.my/en/construction-info/construction-statistic/construction-industry-statistic-open-data>

- Fitzgerald, J. (2018). What is Geopolymer Concrete? Retrieved on May 3, 2021, from https://hipages.com.au/article/geopolymer_concrete#:~:text=Geopolymer%20concrete%20is%20a%20type,lead%20to%20a%20cleaner%20environment
- Glasby, T., Day, J., Genrich, R., and Aldred, J. (2015). EFC Geopolymer Concrete Aircraft Pavements at Brisbane West. Retrieved on May 22, 2021, from <https://www.geopolymer.org/wp-content/uploads/GP-AIRPORT.pdf>
- Hashim, A. H. (2019). Pengguna Dan Halangan Untuk Melaksanakan Penggunaan Tingkahlaku Lestari. Retrieved on May 25, 2021, from https://eco1.upm.edu.my/article/pengguna_dan_halangan_untuk_melaksanakan_penggunaan_tingkahlaku_lestari-50511.
- Luhar, S., Nicolaidis, D., Luhar, I. (2021). Fire Resistance Behaviour of Geopolymer Concrete: An Overview. *Buildings*, 11(3), pp. 82.
- Ma, C.K., Awang, A. Z., & Omar, W. (2018). Structural and material performance of geopolymer concrete: A review. *Construction and Building Materials*, 186, pp. 90–102.
- Madhavi, T. Ch. (2020). Geopolymer Concrete - The Eco Friendly Alternate to Concrete. Retrieved on May 16, 2021, from <https://www.nbmcw.com/product-solutions/concrete-chemicals-waterproofing-repairs/concrete-articles/geopolymer-concrete-the-eco-friendly-alternate-to-concrete.html>.
- McCombes, S. (2021). The Literature Review: A Complete Step-by-Step Guide. Retrieved on May 28, 2021, from <https://www.scribbr.com/dissertation/literature-review/>.
- Miller, P. (2019). 8 sustainable innovations in construction materials. Retrieved on May 12, 2021, from <https://inhabitat.com/8-sustainable-innovations-in-construction-materials/>.
- MOSTI (2021). Minggu Sains Negara Membudayakan Sains, Teknologi dan Inovasi Rentas Negeri Seluruh Malaysia. Retrieved on December 19, 2021, from <https://www.mosti.gov.my/en/arkib/minggu-sains-negara-membudayakan-sains-teknologi-dan-inovasi-rentas-negeri-seluruh-malaysia/>
- Norhisham, S. (2019). Apakah Metodologi Kajian. Retrieved on May 31, 2021, from <https://www.pascasiswazah.com/apakah-metodologi-kajian/>.
- Shafii, H. (2020). Kerosotan kualiti alam sekitar jeaskan keselamatan dan kesejahteraan hidup masyarakat bandar. Retrieved on April 4, 2021, from <https://news.uthm.edu.my/ms/2020/03/kerosotan-kualiti-alam-sekitar-jeaskan-keselamatan-dan-kesejahteraan-hidup-masyarakat-bandar/>
- Shamsaei, E., Bolt, O., Basquiroto de Souza, F., Benhelal, E., Sagoe-Crentsil, K., and Sanjayan, J. (2021). Pathways to commercialisation for brown coal fly ash-based geopolymer concrete in Australia. *Sustainability*, 13(8), 4350.
- Singh, N. B. & Middendorf, B. (2019). Geopolymers as an alternative to Portland cement: An overview. *Construction and Building Materials*, 237(117455)
- Tan, R. (2019). Persampelan Rawak Mudah Dan Sistematis. Retrieved on June 1, 2021, from <https://docplayer.info/73038974-Abstrak-persampelan-tersebut-yang-melibatkan-persampelan-rawak-mudah-dan-sistematis.html>.
- Umniati, S. B., Risdanareni, P., Zein, F. T. Z. (2017). Workability enhancement of geopolymer concrete through the use of retarder. *AIP Conference Proceedings*. Malang, Indonesia: AIP Publishing.
- Zulkiflee, N., & Ali, A. Z. (2018). The development of geopolymer concrete mix and portable steam curing technique. *E3S Web of Conferences*, 65, 02009.