

**POLITEKNIK SULTAN SALAHUDDIN ABDUL  
AZIZ SHAH**

**Pervious Concrete With Palm Oil Fuel Ash**

**SUPERVISOR**

**PUAN MARLIZA ASHIQIN BINTI KHAZALI**

**NAME**

**REGISTRATION NO.**

**LUTFILHADI BIN NOORAZLIN**

**08DKA18F1003**

**SYAHIRAN BIN SAHRIZAL**

**08DKA18F1012**

**THARSVINDRAN A/L RAJENDIRAN**

**08DKA18F1158**

**JABATAN KEJURUTERAAN AWAM**

**DISEMBER 2019**

## ISI KANDUNGAN

<b>BAB</b>	<b>TAJUK</b>	<b>MUKA SURAT</b>
<b>1</b>	<b>Pengenalan</b>	
	1.1 PENDAHULUAN	3
	1.2 LATAR BELAKANG KAJIAN	4
	1.3 PERNYATAAN MASALAH	5
	1.4 OBJEKTIF KAJIAN	5
	1.5 SKOP KAJIAN	5
	1.6 KEPENTINGAN KAJIAN	6
<b>2.</b>	<b>KAJIAN LITERATUR</b>	
	2.1 PENGENALAN BAB	7
	2.2 KONKRIT BERLIANG	7
	2.3 KELEBIHAN DAN KEBURUKAN KONKRIT BERLIANG	8
	2.4 ABU KELAPA SAWIT	9
	2.5 PEMILIHAN ABU KELAPA SAWIT SEBAGAI BAHAN PENGGANTI SIMEN DALAM KONKRIT	10
	2.6 BENTUK FIZIKAL POFA DAN SIMEN PORTLAND	11
	2.7 TINDAK BALAS POFA DALAM KONKRIT	11 - 12
<b>3.</b>	<b>KAJIAN METODOLOGI</b>	
	3.1 PENGENALAN BAB	13
	3.2 CARTA ALIR METODOLOGI	14
	3.3 REKA BENTUK KAJIAN	15
	3.4 BAHAN-BAHAN MENTAH KONKRIT BERLIANG	16
	3.5 PROSEDUR KERJA BENGKEL	17
	3.6 UJIAN KONKRIT	18 – 19
<b>4.</b>	<b>KEPUTUSAN ANALISIS</b>	
	4.1 PENDAHULUAN	
	4.2 PENGIRAAN BAHAN	
	4.3 DATA UJIAN MAMPATAN KONKRIT	
	4.4 DATA UJIAN PENYERAPAN AIR	

# **BAB 1**

## **PENGENALAN**

### **1.1 PENDAHULUAN**

Konkrit merupakan sejenis bahan komposit yang sering digunakan dalam pembinaan. Ia merupakan gabungan simen dan agregat seperti pasir, batu baur halus dan kasar yang ditambah mengikut kadar pencampuran tertentu seperti yang telah ditetapkan. Kualiti konkrit bergantung kepada kualiti bahan-bahan mentah seperti simen, batu baur dan air, kadar pencampurannya, cara pembancuhannya, cara pengangkutannya dan cara-cara pematatannya.

Jika bahan mentah yang digunakan tidak berkualiti, maka konkrit yang dihasilkan akan mempunyai mutu yang rendah dan akan mengakibatkan konkrit tersebut tidak kuat dan tidak memenuhi spesifikasi yang ditetapkan. Oleh itu, teknologi konkrit telah menentukan bahawa semua bahan yang akan digunakan perlulah diuji terlebih dahulu dan kemudian mendapat kelulusan piawaian yang telah ditetapkan sebelum ia dapat digunakan untuk kerja-kerja pembinaan.

Konkrit berliang pula adalah sejenis konkrit khas dengan porositi tinggi yang digunakan untuk aplikasi kerja-kerja konkrit yang membolehkan air daripada hujan dan sumber-sumber lain melaluinya dan terus diserap ke dalam tanah, dengan itu mengurangkan penyaliran air dari permukaan konkrit.

Berbeza dengan konkrit konvensional, konkrit berliang tidak mempunyai batu baur halus dan hanya mempunyai sedikit tampalan bersimen untuk melekatkan zarah-zarah batu baur kasar sambil memelihara kesalinghubungan lompang. Konkrit berliang biasanya digunakan di kawasan tempat letak kereta, kawasan dengan trafik ringan, laluan pejalan kaki, dan rumah hijau. Ia adalah aplikasi penting untuk pembinaan mampan.

## 1.2 LATAR BELAKANG KAJIAN

Konkrit berliang telah lama wujud, sekitar abad ke-17, tetapi dikembangkan pada abad ke-20. Teknologi ini juga disebut sebagai konkrit tanpa pasir yang merupakan bentuk mudah dari konkrit ringan, yang dalam pembuatannya tidak menggunakan pasir. Ketiadaan batu baur halus dalam campuran menghasilkan konkrit berpori sehingga beratnya dapat dikurangkan (Ir Kardiyono Tjokrodimulyo, 2009). Konkrit berliang adalah konkrit yang terbentuk daripada campuran simen, batu baur kasar, air dengan bahan tambahan. Konkrit ini dibuat dengan menggunakan sedikit pasir atau bahkan menghilangkan penggunaan pasir (Van Midde & Son Concrete, 2009).

Konkrit berliang pertama kali digunakan pada tahun 1852 (Ghafoori dan Dutta 1995), konkrit berliang kemudian menjadi tarikan dan minat yang diperbaharui di Amerika Syarikat, sebahagiannya kerana Perundangan Air Bersih Persekutuan. Peraturan Akhir Agensi Perlindungan Alam Sekitar AS (EPA) Fasa II mengkehendaki semua pengurus majlis perbandaran di kawasan bandar untuk membangun, melaksanakan, dan menguatkuasakan program untuk mengurangkan pencemaran dan banjir kilat. Selain itu, majlis perbandaran dikehendaki untuk membangun dan melaksanakan strategi yang merangkumi gabungan amalan pengurusan terbaik dan struktur bukan struktur (BMP).

Konkrit berliang yang teliti diakui sebagai *BMP Struktural Infiltration* oleh EPA kerana menyediakan kawalan pencemaran pertama dan pengurusan banjir kilat.

### **1.3 PERNYATAAN MASALAH**

Masalah yang diperolehi berdasarkan pemerhatian yang dilakukan adalah permukaan kawasan tempat letak kenderaan dan pejalan kaki yang dipenuhi dengan air bertakung. Hal ini kerana kadar resapan air dari permukaan tapak ke dalam tanah adalah terlalu perlahan.

Untuk menyelesaikan masalah tersebut, pembinaan sistem saliran diperlukan tetapi penyelenggarannya memerlukan kos yang tinggi. Tambahan pula, pembinaan projek yang menggunakan konkrit sebagai bahan utama berisiko tinggi untuk retak dengan cepat selain memerlukan kos yang agak mahal.

Oleh itu, kami telah membuat satu kajian agar dapat mengatasi masalah tersebut dengan menginovasikan konkrit bagi mengurangkan atau mengelakkan masalah-masalah yang dinyatakan tersebut daripada berlaku.

### **1.4 OBJEKTIF KAJIAN**

- 1) Untuk menghasilkan konkrit berliang menggunakan abu kelapa sawit sebagai bahan pengganti simen
- 2) Untuk mengetahui kebolehkerjaan abu kelapa sawit dalam konkrit berliang
- 3) Untuk menentukan kekuatan mampatan konkrit.

### **1.5 SKOP KAJIAN**

Pemerhatian, kebanyakkan pengguna kenderaan menghadapi masalah jalan yang dipenuhi dengan air bertakung. Wujudnya masalah ini, mencetuskan idea untuk menginovasikan konkrit berliang untuk mengurangkan masalah tersebut. Seterusnya mengurangkan kos pembinaan, dengan menggunakan abu kelapa sawit sebagai bahan ganti dalam peratus simen. Bahan organik tersebut, boleh didapati di kilang minyak kelapa sawit di Meru, Selangor. Tambahan, untuk memastikan objektif projek dicapai, konkrit berliang akan melalui pelbagai ujian untuk mengukur serta menguji keberkesanan konkrit tersebut. Perancangan, produk ini akan diuji keberkesanannya di Makmal Konkrit Politeknik Shah Alam dan Makmal Konkrit UiTM Shah Alam.

## 1.6 KEPENTINGAN KAJIAN

Teknologi konkrit berliang adalah satu produk yang dikategorikan sebagai konkrit khas. Produk ini berfungsi untuk mempercepatkan kadar aliran air meresap dari permukaan konkrit ke dalam tanah.

Kajian mendapati kadar resapan air yang diserap dari permukaan konkrit berliang adalah lebih tinggi berbanding konkrit konvensional. Oleh itu, penggunaan konkrit berliang dapat menjimatkan kos tanpa memerlukan pembinaan sistem saliran.

Abu kelapa sawit pula merupakan bahan pengganti simen yang pernah digunakan dalam teknologi konkrit. Ianya lebih mesra alam serta berkeupayaan meningkatkan kekuatan dan lebih tahan lasak berbanding konkrit biasa yang menggunakan simen sepenuhnya. Produk inovasi ini juga dapat mengurangkan kos pembuatan konkrit kerana, penggunaan simen dalam konkrit berliang ini adalah dalam lingkungan 70-80 peratus sahaja berbanding konkrit konvensional.

Pengaplikasian konkrit berliang di kawasan tempat letak kenderaan dapat mengurangkan masalah air bertakung dan permukaan konkrit yang rapuh atau mudah retak, sekaligus memudahkan pengguna meletakkan kereta mereka di tempat letak kereta tersebut.

## **BAB 2**

### **KAJIAN LITERATUR**

#### **2.1 PENGENALAN**

Istilah "literatur" bermaksud artikel kajian yang dirujuk untuk memahami dan mengkaji permasalahan kajian. Kajian literatur digunakan untuk memberikan konteks kajian dengan melihat kajian yang telah dijalankan dalam bidang kajian tersebut dan bukan sekadar meringkaskan kajian yang telah dijalankan oleh penyelidik lain (Kumar, et. al, 2013). Rujukan yang digunakan mestilah berkaitan dengan fokus kajian. Bab ini memfokuskan kepada abu kelapa sawit yang digunakan sebagai bahan gantian simen dalam konkrit berliang. Tinjauan literatur telah digunakan untuk memahami dan mengkaji permasalahan kajian. Bab ini juga melihat kepada penggunaan abu kelapa sawit yang digunakan sebagai bahan gantian simen bagi melihat keboleherjaan konkrit menyerap air.

#### **2.2 KONKRIT BERLIANG**

Konkrit berliang juga disebut sebagai konkrit tanpa pasir yang merupakan bentuk mudah dari konkrit ringan, yang dalam pembuatannya tidak menggunakan pasir. Ketiadaan batu baur halus dalam campuran menghasilkan konkrit berpori sehingga beratnya dapat dikurangkan (Ir Kardiyono Tjokrodimulyo, 2009). Konkrit berliang adalah konkrit yang terbentuk daripada campuran simen, batu baur kasar, air dengan bahan tambahan seperti pasir. Konkrit ini dibuat dengan menggunakan sedikit pasir atau bahkan menghilangkan penggunaan pasir (Van Midde & Son Concrete, 2009).

Teknologi ini dapat menghasilkan konkrit yang mampu mengalirkan air di permukaan konkrit terus ke lapisan di bawahnya, kerana ketiadaan pasir dalam campuran, mencipta pori atau struktur liang yang membolehkan air dan udara melepasi konkrit. Teknologi ini juga sangat sesuai untuk digunakan kerana sifatnya yang mesra alam untuk mengatasi masalah air bertakung di kawasan berpenduduk padat dan bandar untuk meminimumkan berlakunya banjir.

### 2.3 KELEBIHAN DAN KEBURUKAN KONKRIT BERLIANG

Konkrit berliang tergolong dalam jenis konkrit khas yang mempunyai kelebihan pada sifat-sifatnya atau yang kaedah dan teknik penghasilan yang diluar dari kebiasaan berbanding dengan konkrit konvensional. Konkrit boleh didefinisikan sebagai komposit bahan yang terdiri daripada medium pengikat dan zarah agregat, dan ianya mudah dibentuk. Demikian, konkrit ini mempunyai kelebihan serta kekurangan yang tersendiri:

<b>KELEBIHAN</b>	<b>KEBURUKAN</b>
Kadar air yang diserap ke tanah dari permukaan konkrit berliang lagi tinggi berbanding permukaan jalan yang lain	Kebolegunaan yang terhad pada kawasan pesisir dan berpasir
Kos penyelenggaraan yang rendah	Kos pemasangan yang tinggi
Lebih tahan lama, tidak mudah retak/merekah	Tidak sesuai untuk kawasan trafik yang tinggi atau penggunaan kenderaan berat
Mengelakkan kebertakungan air pada permukaan konkrit	Lubang berpori boleh tersumbat oleh sedimen, yang mengakibatkan berkurangnya keberkesanan jika tak diselenggara dengan betul



## 2.4 ABU KELAPA SAWIT

Abu kelapa sawit (POFA) dihasilkan dari pembakaran sisa pepejal minyak kelapa sawit pada suhu sekitar 800 - 1,000°C, yang akan menghasilkan wap untuk penjanaan elektrik di loji janakuasa terma biojisim (Tangchirapat, 2009).

Banyak penyelidikan telah dibuat untuk penggunaan abu sampah pertanian seperti abu kelapa sawit (POFA) dan abu sekam padi (Awal, 1997; Basri, 1999; Tangchirapat, 2009; Chindaprasirt, 2007; Chindaprasirt, 2008; Tay, 1995; Jaturapitakkul, 2007 ; Sata, 2010; Rukzon, 2009; Tangchirapat, 2007), abu habuk papan dan abu bagasse (ampas tebu) sebagai bahan dalam konkrit.

POFA adalah abu buangan agro yang mengandungi sejumlah besar silikon dioksida dan berpotensi tinggi untuk digunakan sebagai pengganti simen. Untuk menghasilkan konkrit berkekuatan tinggi, POFA boleh digunakan sebagai bahan pozzolanik; ia meningkatkan ketahanan, mengurangkan kos kerana penggunaan simen yang kurang. POFA mengandungi silika oksida yang dapat bertindak balas dengan kalsium hidroksida ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) yang dihasilkan dari proses hidrasi; dan tindak balas pozzolanik menghasilkan lebih banyak sebatian gel kalsium silikat hidrat (C-S-H) serta mengurangkan jumlah kalsium hidroksida (Eldagal, 2008).

Oleh itu, POFA menyumbang untuk menjadikannya lebih kuat, konkrit yang lebih padat dan tahan lama. Sisa pertanian dan perindustrian seperti POFA ini, dapat digunakan semula sebagai bahan pengganti simen yang berpotensi dalam pembinaan konkrit. Penggunaan POFA dalam konkrit sebagai bahan pengganti simen adalah logik, layak dan dapat dikaitkan dengan permintaan situasi semasa dalam industri konkrit.

Rumusan petikan dari Rahimah Binti Yusoff (2012)

## 2.5 PEMILIHAN ABU KELAPA SAWIT SEBAGAI BAHAN PENGGANTI SIMEN DALAM KONKRIT

Rumusan daripada artikel myMetro, pada tahun 2013 di Kuantan, Pahang, sekumpulan penyelidik dan penuntut dari Universiti Malaysia Pahang (UMP) menghasilkan konkrit ringan untuk sektor binaan menggunakan sisa bahan buangan industri kelapa sawit. Pensyarah Fakulti Kejuruteraan Awam dan Sumber Alam UMP dan Dr Khairunisa Muthusamy berkata, agregat ringan berkenaan dihasilkan daripada tempurung kelapa sawit dan bahan separa pengganti simen daripada abu terbang tanaman itu yang disifatkan lebih mesra alam dan tahan lama.

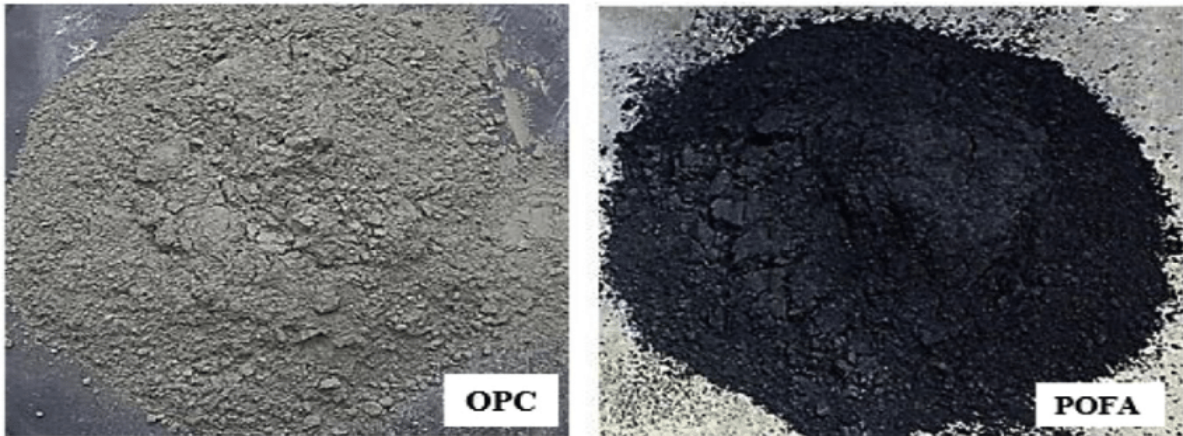


FOTO Bernama

Katanya, abu terbang kelapa sawit yang digunakan sebagai bahan gantian simen lebih mesra alam serta berkeupayaan meningkatkan kekuatan dan lebih tahan lasak berbanding konkrit biasa yang menggunakan simen sepenuhnya.

"Kajian menunjukkan sekiranya kita menggunakan sedikit abu ini, ia akan meningkatkan kekuatan konkrit ringan. Konkrit ringan ini hanya menggunakan simen 80 peratus manakala 20 peratus lagi digantikan dengan abu terbang kelapa sawit. Harganya 30 peratus jauh lebih murah berbanding konkrit sedia ada. Ini kerana ia tidak mengandungi agregat semula jadi yang perlu dibeli daripada pengusaha kuari serta mengandungi kuantiti simen yang kurang," katanya.

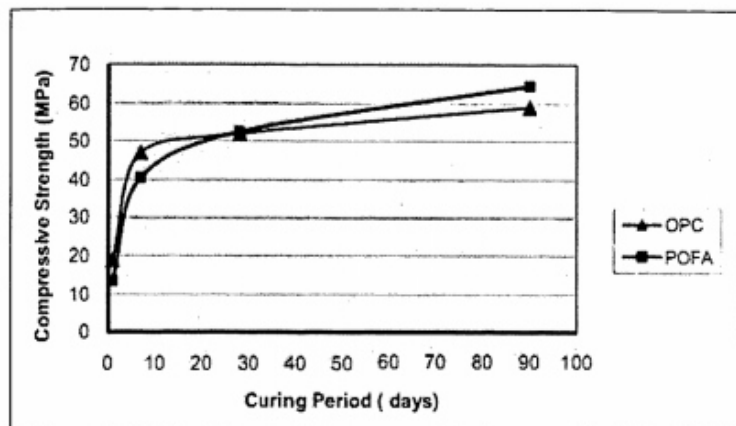
## 2.6 BENTUK FIZIKAL POFA DAN SIMEN PORTLAND



Secara visual spesimen simen Portland Biasa berwarna kelabu manakala Abu Kelapa Sawit (POFA) berwarna hitam keabu-abuan dan berbutiran halus.

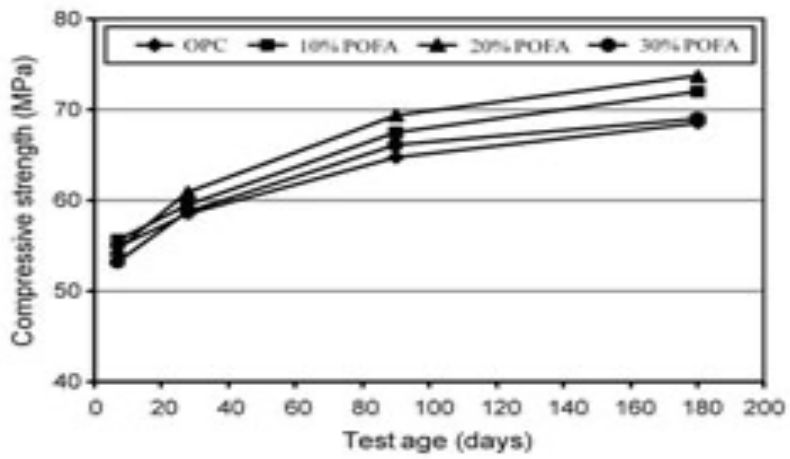
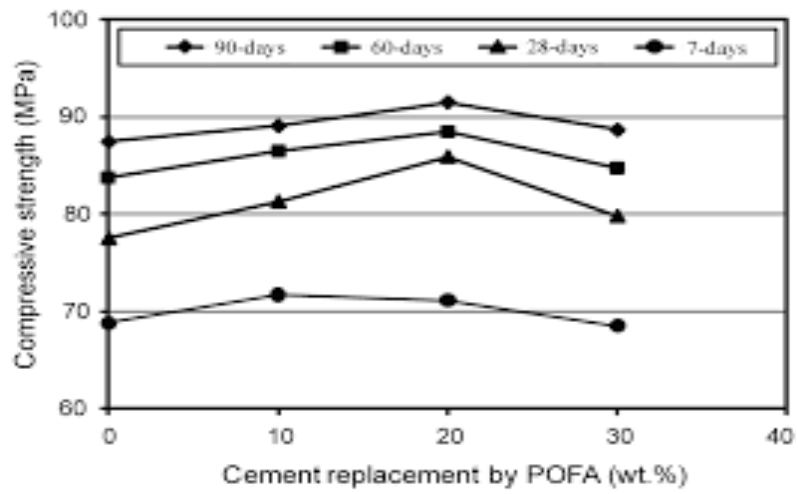
## 2.7 TINDAK BALAS POFA DALAM KONKRIT

Penggunaan POFA pada konkrit adalah lebih lemah pada awalnya, tetapi semakin bertambah usia, kekuatan pemampatan didapati lebih tinggi daripada konkrit yang menggunakan OPC sepenuhnya (Awal dan Hussin, 1997). Secara umum, spesimen yang terdiri POFA menunjukkan kekuatan yang lebih rendah pada usia awal tetapi mampatan terus meningkat apabila menjalani *curing* yang lebih lama. Ini kerana tindak balas pozzolana agak lambat dengan kalsium hidroksida, dihasilkan oleh penghidratan klinker (batu hangus / bekas yang tertinggal setelah arang dibakar) dan oleh itu bertindak seperti agen pencairan lengai ke arah simen Portland yang telah dicampurkan (Massaza, 1993).



Peningkatan kekuatan konkrit OPC dan POFA

(Awal and Hussin, 1997)



Kesan tanah POFA pada kekuatan mampatan konkrit pada usia pengawetan yang berbeza  
(diadaptasi dari Tang Chirapat et al. 2009)

## **BAB 3**

### **KAJIAN METODOLOGI**

#### **3.1 PENGENALAN**

Bab ini akan menerangkan mengenai langkah kerja serta prosedur yang kami laksanakan bagi menghasilkan produk kami. Metodologi adalah suatu prosedur sistematik yang menggabungkan penyesuaian pendekatan kajian serta analisis data yang selari dengan peraturan tersendiri bagi memastikan prestasi penyelidikan dikecapi dengan baik serta sempurna.

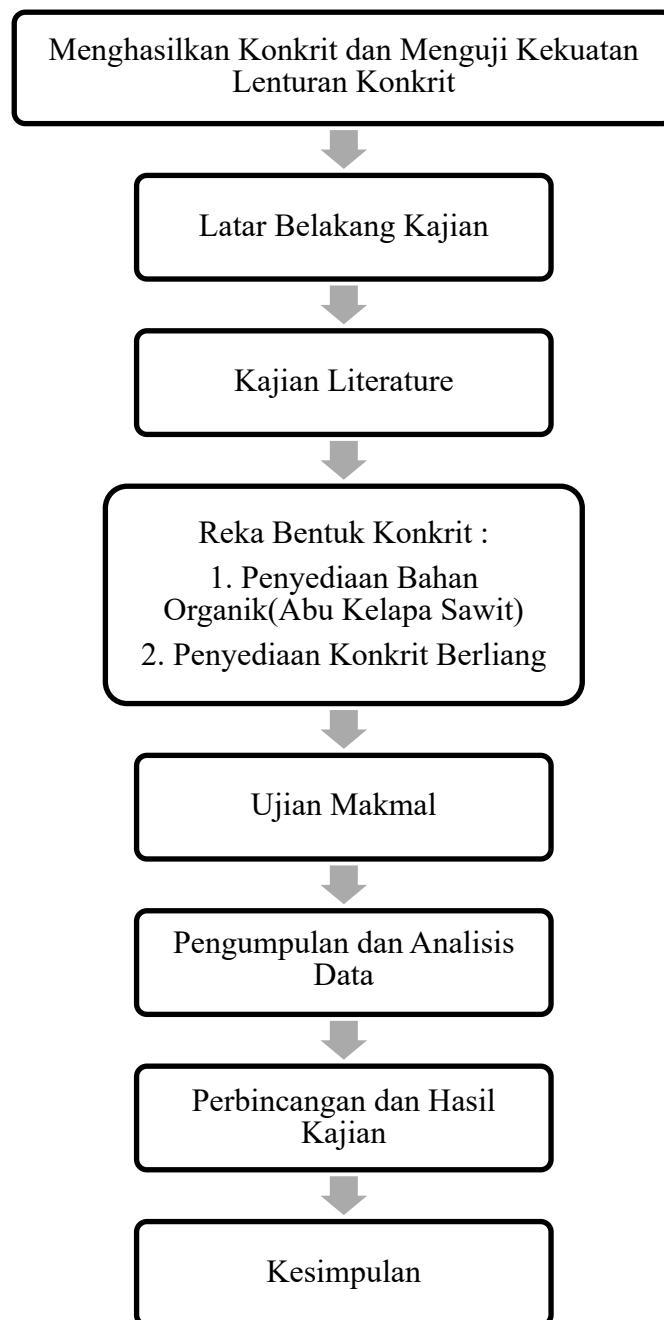
Metodologi dalam sesuatu kajian merujuk kepada cara yang paling berkesan bagi mendapatkan maklumat yang berguna serta kos yang bersesuaian untuk projek yang dibina bagi mencapai sesuatu matlamat penyelidikan. Oleh yang demikian, pengkaji seharusnya membuat kajian berdasarkan metodologi yang sesuai, agar kajian yang mahu dibina berjalan dengan lancar. Untuk memastikan projek berjalan dengan lancar, kami mengikut beberapa kaedah dan langkah-langkah seperti berikut:

- I. Kajian literatur
- II. Rekabentuk komponen untuk diuji
- III. Ujian ke atas konkrit

### 3.2 CARTA ALIR METODOLOGI

Kajian Metodologi adalah kaedah untuk mendapatkan pemahaman yang lebih baik mengenai langkah-langkah yang perlu dilakukan dalam menjalankan kajian ini. Selain itu, metodologi adalah ringkasan parameter kritikal dan penting yang diperlukan untuk kajian. Carta aliran keseluruhan kajian metodologi telah digambarkan dalam Rajah 3.2.

**RAJAH 3.2** Carta Alir

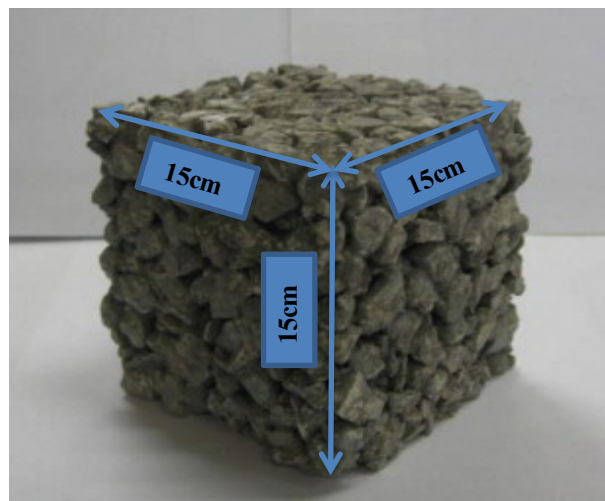


### 3.3 REKA BENTUK KAJIAN

Produk ini adalah inovasi daripada produk yang sedia ada, yang bertujuan untuk mengelakkan permukaan konkrit daripada bertakung ketika berlakunya hujan dan sebagainya. Produk ini tiada rekabentuk yang tetap kerana penghasilannya adalah mengikut luas yang diperlukan. Kami memperbaharui produk ini dari segi peratus penggunaan simen Portland Biasa (OPC) dengan menggantikannya dengan bahan organik iaitu abu kelapa sawit. Seterusnya, penghasilan produk kami akan dijalankan sendiri mengikut syarat-syarat dan spesifikasi yang telah dilakukan oleh para penyelidik sebelum ini. Kami hanya menghasilkan produk ini dengan menggunakan 10-30% abu kelapa sawit sebagai bahan pengganti simen tanpa mengubah nisbah mengikut spesifikasi rekabentuk dan juga komposisi bahan yang telah ditetapkan agar pembuatan dan pembinaan produk kami selamat dan sesuai digunakan.

Untuk menghasilkan konkrit, kajian ini menggunakan nisbah 3:1:1 dan peratus simen Portland Biasa (OPC) yang berbeza akan dikenakan dengan jenis pengawetan yang sama, iaitu *curing*. Peratusan POFA dikira berdasarkan jumlah berat simen Portland Biasa (OPC) iaitu 0%, 10%, 20% dan 30% dan akan dibandingkan dengan campuran kawalan. Spesimen masing-masing dilabel sebagai POFA-0, POFA-10, POFA-20 dan POFA-30. Spesimen diawet pada 7, 28 dan 90 hari. Untuk memudahkan proses penghasilan, saiz yang digunakan adalah 150mm x 150mm x 150mm dengan menggunakan acuan kiub di makmal konkrit.

#### 3.3.1 REKA BENTUK KONKRIT BERLIANG



### 3.4 BAHAN-BAHAN MENTAH KONKRIT BERLIANG

Bahan	Fungsi ( Sumber: M Agung Putra Handana et al 2018 )
Simen Portland	Pengikat hidraulik yang terdiri daripada kalsium hidraulik silikat. Biasanya mengandungi satu atau lebih bentuk kalsium sulfat.
Batu baur	Bahan yang dihubungkan oleh pelekat simen dalam campuran konkrit (CUR 2, 1993). Kandungan agregat dalam konkrit campuran umumnya berkisar antara 60% -70% isi padu konkrit.
Batu baur kasar dan Produk Kitar Semula	<p>Agregat kasar - kerikil hasil penyahgaraman batuan semula jadi atau dalam bentuk batu hancur. Ukuran butiran lebih daripada 4.75 mm.</p> <p>Kerikil mestilah:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kandungan lumpur kurang dari 1%,.</li> <li>2. Tidak mengandungi bahan yang aktif melawan alkali.</li> </ol> <p>Batu baur rata boleh digunakan dalam dengan keadaan kurang daripada 20%.</p>
Air	<p>Agen percampuran antara simen dan agregat. Tidak boleh mengandungi alkali, asid, dan minyak. Air yang baik dalam pembuatan konkrit adalah air minuman, tidak mengandungi sulfat (Oglesby, 1996). Menurut PBI 1971, air yang digunakan sebagai campuran bahan binaan adalah:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tidak mengandungi minyak, asid alkali, organik bahan, dan garam.</li> <li>2. Jumlah air yang digunakan dalam mortar dapat ditentukan oleh beratnya dan mesti dilakukan dengan tepat.</li> </ol> <p>Perlu dibawa ke Makmal Penyelidikan Bahan untuk mendapatkan pengujian ujian.</p>



### **3.5 PROSEDUR KERJA BENGKEL**

Berikut merupakan kerja bengkel yang dilakukan untuk kerja penghasilan konkrit berliang. Setiap prosedur yang dijalankan semasa kerja pemasangan acuan dan penghasilan konkrit ini adalah mengikut spesifikasi yang ditetapkan dan mengikut ukuran seperti yang tertera dalam lakaran kami.

#### **3.5.1 PERALATAN YANG DIGUNAKAN**

- I. Kotak Acuan
- II. Kepingan Aluminium
- III. Tukul Proktor / Rod Besi
- IV. Baldi
- V. Skop
- VI. Sudu Simen

#### **3.5.2 PROSEDUR PENGHASILAN KONKRIT BERLIANG**

- I. Menyediakan bahan dan alatan
- II. Membancuh simen dengan campuran abu kelapa sawit mengikut peratusan yang ditetapkan
- III. Bancuhan tersebut kemudian dicampur dengan agregat kasar, juga mengikut peratusan yang ditetapkan
- IV. Campuran konkrit segar digaul sambil diperhatikan kadar air yang digunakan sama ada tinggi atau rendah
- V. Masukkan bancuhan tersebut ke dalam kotak acuan yang berlapikkan kepingan aluminium
- VI. Mampatkan campuran tersebut menggunakan tukul proktor / rod besi
- VII. Dibiarkan kering di kawasan yang redup. Elakkan dari terkena cahaya matahari.

## 3.6 UJIAN - UJIAN KONKRIT

Ujian konkrit berliang dimulakan dengan *American Society for Testing and Materials (ASTM)*, sebuah organisasi standard antarabangsa yang membangun dan menerbitkan piawaian teknikal. Terdapat 3 jenis ujian yang dilakukan ke atas konkrit berliang iaitu; ujian kekuatan mampatan, ujian kadar penyusupan dan ujian kebolehserapan air.

### 3.6.1 UJIAN KEKUATAN MAMPATAN

Langkah-langkah ujian kekuatan mampatan adalah seperti berikut:

1. 15 sampel diambil dan dimasukkan ke dalam mesin tekan.
2. Sampel ujian ditekan sehingga hancur dengan mesin bertekanan yang kelajuannya dapat ditetapkan dari awal penekanan sampel hingga dihancurkan selama 1-2 minit.
3. Kekuatan mampatan dikira dengan formula berikut:

$$\text{Kekuatan mampatan} = \frac{P}{L}$$

Purata kekuatan mampatan dikira dari jumlah kekuatan mampatan keseluruhan sampel ujian dibahagi dengan bilangan sampel ujian.

### 3.6.2 UJIAN KADAR PENYUSUPAN

Ujian kadar penyusupan air dilakukan dengan menuangkan air ke dalam bekas kiub berlubang yang diletakkan di atas konkrit berliang berbentuk plat. Kemudian hitung kadar penyusupan berdasarkan ASTM 1701.

### 3.6.3 UJIAN KEBOLEHSERAPAN

Ujian kebolehserapan air digunakan untuk mendapatkan nilai pekali kebolehserapan bahan. Ujian ini menggunakan kaedah pemalar tinggi (*constant head*) kerana POFA adalah bahan berbutir. Berdasarkan pengujian kebolehserapan POFA dalam ujian ini, nilai pekali kebolehserapan POFA (0 hari) iaitu 0,0011 cm / saat tergolong dalam julat kategori pasir halus iaitu 0.001 - 0.01 cm / saat.

## **4.1 PENDAHULUAN**

Bab ini menerangkan berkenaan dengan data yang diperolehi daripada hasil ujian makmal yang telah dilakukan. Selesai ujian makmal, data yang diperolehi dikumpul, direkod, dianalisa dan dibincangkan di dalam bab ini. Data yang diperolehi dipersembahkan dalam bentuk jadual agar mudah difahami. Segala keputusan uji kaji dianalisa bagi melihat perbandingan keputusan antara ujian terhadap konkrit berliang yang sedia ada di pasaran (konkrit berliang kawalan) dan konkrit berliang yang mengandungi peratusan bahan tambah yang berbeza. Kesan perbezaan peratus abu kelapa sawit pada setiap bancuhan diuji bagi melihat faktor kekuatan lenturan.

#### 4.2 JADUAL PENGIRAAN BAHAN

Nisbah	Sample	Tempoh (Hari)	Air (ml)	Simen Portland (kg)	Batu Konkrit (kg)	Abu Kelapa Sawit (KG)
Kawalan	1	7	4.21	12.029	44.79	-
	2					
	3					
	1	14				
	2					
	3					
	1	28				
	2					
	3					
10% Abu kelapa sawit	1	7	4.21	10.826	44.79	1.203
	2					
	3					
	1	14				
	2					
	3					
	1					

	2	28				
	3					
20% Abu kelapa sawit	1	7	4.21	9.623	44.79	2.406
	2					
	3					
	1	14				
	2					
	3					
	1	28				
	2					
	3					
30% Abu kelapa sawit	1	7	4.21	8.42	44.79	3.609
	2					
	3					
	1	14				
	2					
	3					
	1	28				
	2					
	3					

Jadual 4.2 menunjukkan bahan yang digunakan dalam ketiga-tiga bancuhan mengikut peratus masing-masing terutamanya kegunaan abu kelapa sawit. Ini juga membantu sebagai bahan rujukan untuk menghasilkan setiap bancuhan.

### 4.3 Data Ujian Mampatan Konkrit

Tempat: Quality Control Material Laboratory S/B

Jadual 4.3.1 menunjukkan data ujian mampatan konkrit bagi kawalan

UJIAN (hari)	SAIZ KIUB (mm)			BERAT (kg)	ISIPADU (kg/m <sup>3</sup> )	FAILURE LOAD (KN)	MAMPATAN (MPa)
	PANJANG	LEBAR	TINGGI				
7	150	150	150	6360	1884	272	12.1
				5915	1753	200	8.9

UJIAN (hari)	SAIZ KIUB (mm)			BERAT (kg)	ISIPADU (kg/m <sup>3</sup> )	FAILURE LOAD (KN)	MAMPATAN (MPa)
	PANJANG	LEBAR	TINGGI				
14	150	150	150	6025	1785	221	9.8
				6110	1810	234	10.4

UJIAN (hari)	SAIZ KIUB (mm)			BERAT (kg)	ISIPADU (kg/m <sup>3</sup> )	FAILURE LOAD (KN)	MAMPATAN (MPa)
	PANJANG	LEBAR	TINGGI				
28	150	150	150				

Jadual 4.3.2 menunjukkan data ujian mampatan konkrit bagi bancuhan yang mengandungi 10% abu kelapa sawit.

UJIAN (hari)	SAIZ KIUB (mm)			BERAT (kg)	ISIPADU (kg/m <sup>3</sup> )	FAILURE LOAD (KN)	MAMPATAN (MPa)
	PANJANG	LEBAR	TINGGI				
7	150	150	150	6404	1908	315	14.0
				6550	1941	302	13.4

UJIAN (hari)	SAIZ KIUB (mm)			BERAT (kg)	ISIPADU (kg/m <sup>3</sup> )	FAILURE LOAD (KN)	MAMPATAN (MPa)
	PANJANG	LEBAR	TINGGI				
14	150	150	150	6425	1907	282	12.5
				6390	1892	298	13.3

UJIAN (hari)	SAIZ KIUB (mm)			BERAT (kg)	ISIPADU (kg/m <sup>3</sup> )	FAILURE LOAD (KN)	MAMPATAN (MPa)
	PANJANG	LEBAR	TINGGI				
28	150	150	150				

Jadual 4.3.3 menunjukkan data ujian mampatan konkrit bagi bancuhan yang mengandungi 20% abu kelapa sawit.

UJIAN (hari)	SAIZ KIUB (mm)			BERAT (kg)	ISIPADU (kg/m <sup>3</sup> )	FAILURE LOAD (KN)	MAMPATAN (MPa)
	PANJANG	LEBAR	TINGGI				
7	150	150	150	6625	1963	340	15.1
				6805	2016	352	15.6

UJIAN (hari)	SAIZ KIUB (mm)			BERAT (kg)	ISIPADU (kg/m <sup>3</sup> )	FAILURE LOAD ( KN )	MAMPATAN (MPa)
	PANJANG	LEBAR	TINGGI				
14	150	150	150	6440	1908	248	6.6
				6555	1942	290	12.9

UJIAN (hari)	SAIZ KIUB (mm)			BERAT (kg)	ISIPADU (kg/m <sup>3</sup> )	FAILURE LOAD ( KN )	MAMPATAN (MPa)
	PANJANG	LEBAR	TINGGI				
28	150	150	150				

Jadual 4.3.4 menunjukkan data ujian mampatan konkrit bagi bancuhan yang mengandungi 30% abu kelapa sawit,

UJIAN (hari)	SAIZ KIUB (mm)			BERAT (kg)	ISIPADU (kg/m <sup>3</sup> )	FAILURE LOAD (KN)	MAMPATAN (MPa)
	PANJANG	LEBAR	TINGGI				
7	150	150	150	6555	1942	262	11.6
				6275	1855	200	8.9

UJIAN (hari)	SAIZ KIUB (mm)			BERAT (kg)	ISIPADU (kg/m <sup>3</sup> )	FAILURE LOAD ( KN )	MAMPATAN (Mpa)
	PANJANG	LEBAR	TINGGI				
14	150	150	150	6415	1901	239	10.6
				6975	2067	288	11.5

UJIAN (hari)	SAIZ KIUB (mm)			BERAT (kg)	ISIPADU (kg/m <sup>3</sup> )	FAILURE LOAD ( KN )	MAMPATAN (Mpa)
	PANJANG	LEBAR	TINGGI				
28	150	150	150				

#### **4.4 Data Ujian Penyerapan Air**

Tujuan ujian penyerapan air dijalankan adalah untuk mencapai objektif kajian iaitu, bagi mengenal pasti berapa banyak air boleh diserap dalam suatu masa yang ditentukan.