

KEBERKESANAN PENGGUNAAN TEMPURUNG KELAPA SAWIT DALAM PEMBUATAN BATA SIMEN

Maswira binti Mahasan
Politeknik Sultan Salahuddin Abdul Aziz Shah
Shah Alam, Selangor
mmaswira@gmail.com

Rahayu binti Hayat
Politeknik Sultan Salahuddin Abdul Aziz Shah
Shah Alam, Selangor

Mai Azuna binti Meor Yusuf
Politeknik Sultan Salahuddin Abdul Aziz Shah
Shah Alam, Selangor

ABSTRAK

Minyak sawit adalah salah satu sumber domestik yang mempunyai pelbagai kegunaan dan yang paling banyak digunakan di dunia. Malaysia berada di ranking kedua pengeluar minyak kelapa sawit dunia dan pada tahun 2016 mencatatkan pengeluaran sehingga 21 juta tan. Justeru itu, negara telah menghasilkan tempurung kelapa sawit melebihi 4 juta tan setahun. Kajian ini telah menggunakan tempurung kelapa sawit yang mengandungi lignoselulosa dan karbon sebagai bahan ganti dalam bancuhan batu bata simen. Kepesatan dalam bidang pembinaan menyebabkan peningkatan permintaan dalam industri batu bata seterusnya meningkatkan kos batu bata meningkat. Sehubungan dengan itu, penggunaan bahan alternatif seperti tempurung kelapa sawit sebagai bahan gantian dalam menghasilkan bata simen wajar diperluaskan pengkajian mengenainya untuk dijadikan inovasi dalam menghasilkan bata alternative dimasa hadapan. Objektif kajian ini adalah untuk mengkaji kekuatan mampatan, ketumpatan dan kadar resapan air pada bata simen yang dihasilkan dengan mencampurkan tempurung kelapa sawit sebagai bahan gantian. Kajian ini dilaksanakan dengan menghasilkan bata bersaiz 216mm x 103mm x 65mm. Tempurung kelapa sawit telah digunakan untuk menggantikan pasir dengan nisbah 10%, 30% dan 50% berdasarkan unit isipadu. Dapatan daripada kajian menunjukkan bata simen yang menggunakan tempurung kelapa sawit dengan nisbah 30% mempunyai kekuatan mampatan yang paling tinggi iaitu 7.4 N/mm², ketumpatan 2.37m³/kg dan kadar resapan sebanyak 4.85%. Kajian ini menunjukkan tempurung kelapa sawit mempunyai potensi untuk dijadikan bahan alternative dalam pembuatan bata simen untuk projek perumahan kos rendah atau bahagian dinding yang mempunyai beban galas yang rendah. Penghasilan bata dengan campuran tempurung kelapa sawit akan menyumbangkan kepada penurunan kos bata simen dan seterusnya menurunkan kos pembinaan rumah untuk masa akan datang.

Kata Kunci: *tempurung kelapa sawit, bata simen, kekuatan mampatan, ketumpatan, kadar sesapan air*

1. PENGENALAN

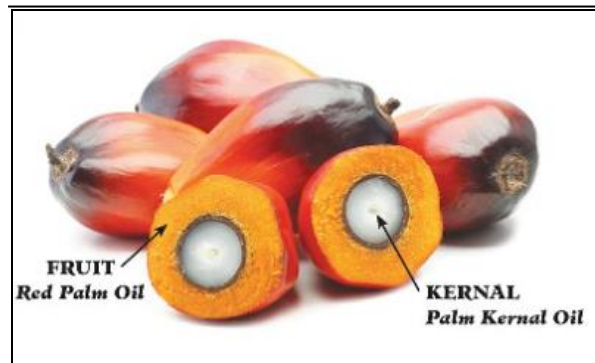
Pembangunan dalam industri pembinaan yang kian memuncak di dekad ini menyumbang kepada permintaan yang tinggi terhadap penggunaan bata. Justeru, penghasilan bata yang merupakan salah satu daripada bahan binaan yang penting telah dihasilkan dalam pelbagai jenis mengikut tujuan kegunaannya. Secara umum, di Malaysia terdapat bata tanah liat, bata batu api dan bata simen. Teknologi pembinaan bata telah menghasilkan pelbagai jenis bata dicipta dengan pelbagai kekuatan dan saiznya serta nilai estika. Seiring dengan itu, pelbagai kaedah untuk menghasilkannya telah dikaji bagi mengurangkan kos dan menambah keboleherjaannya

Manakala asas pembinaan bata simen adalah menggunakan simen dan pasir dengan nisbah 1:6. Bagi bata jenis ini, kandungan air dalam setiap bancuhan perlulah dijaga dengan baik agar kandungan air di dalam bancuhan tidak berlebihan. Kajian yang berterusan perlu diteruskan untuk memastikan penggunaan bata alternatif akan terus dapat digunakan pada masa yang akan datang. Sehubungan dengan itu, bahan-bahan alternatif dikaji samada boleh digunakan untuk menggantikan bahan asas pembinaan bata seperti pasir yang mana kos nya semakin meningkat berikutan permintaan yang semakin meningkat.

Dalam kajian ini, kekuatan mampatan bata campuran tempurung kelapa sawit yang dihasilkan di uji samada mencapai tahap standard bata simen yang sediada. Saiz tempurung kelapa sawit yang digunakan

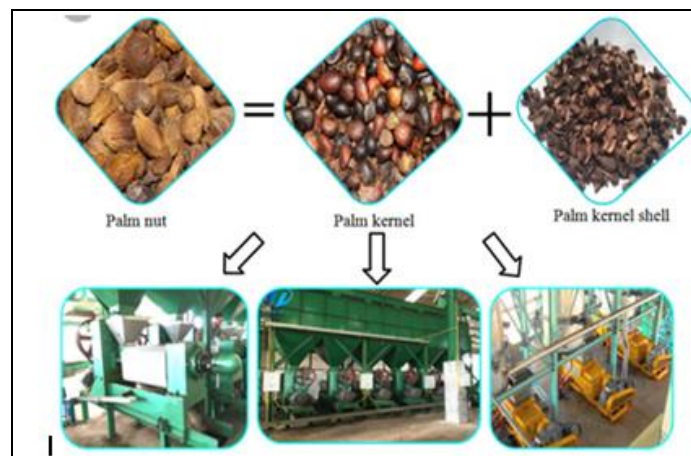
disesuaikan mengikut saiz pasir menggunakan proses ayakan dan melepasi saiz ayakan 4.75mm. Eksprimen dijalankan mengikut BS 6073: Part 1: 1981, dimana nisbah bancuhan yang digunakan adalah 1:6 iaitu campuran simen dan pasir. Penggunaan bata adalah bersaiz 216.5mm x 102.5mm x 65mm dengan peratus penggunaan tempurung kelapa sawit sebagai bahan ganti kepada pasir ialah 10%, 30% dan 50%.

Tempurung kelapa sawit seperti dalam **Rajah 1** digunakan dalam kajian ini adalah bahan sisa dalam industri pengeluaran kelapa sawit. Dalam proses pengeluaran minyak sawit, tempurung kelapa sawit diasingkan sebagai bahan buangan yang memerlukan ruang yang khusus. Oleh itu, penggunaan bahan ini dalam pembinaan bata simen diharapkan boleh mengurangkan ruang untuk pembuangan sisa kelapa sawit di kilang-kilang pemprosesan kelapa sawit.



Rajah 1: Keratan Rentas Kelapa Sawit

Kajian menunjukkan tempurung kelapa sawit ini mempunyai sifat yang Specific gravity dan specific gravity bagi tempurung kelapa sawit adalah 1462kg/m³ dan 1.46 (.A Olanipekun, 2006).



Rajah 2: Proses Pengasingan Tempurung Kelapa Sawit

Rajah 2 menunjukkan struktur sisa tempurung kelapa sawit selepas proses pengisaran dan pengasingan dari kilang memproses kelapa sawit yang perlu di uruskan bagi memelihara alam sekitar untuk kelestarian sistem ekologi. Statistik yang dikeluarkan oleh Malaysia Palm Oil Board (2018) menunjukkan pengeluaran kernel sawit melebihi 7 juta tan setahun seperti dalam **Jadual 1** dan **2**.

Jadual 1: Pengeluaran Kernel Sawit (Januari-Jun 2017& 2018)(unit tonnes)

States	Jan		Feb		Mar		Apr		May		Jun		Jan - Jun Total	
	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018
JOHOR	58,882	79,506	61,928	60,225	62,834	71,698	62,438	66,787	63,398	65,968	57,930	64,968	367,408	399,150
KEDAH	3,999	5,859	5,210	4,750	7,069	5,690	7,200	5,117	7,332	5,201	6,333	4,725	37,139	31,342
KELANTAN	3,709	6,890	3,558	5,751	4,512	6,457	5,791	6,073	6,178	4,995	5,004	3,884	28,752	34,050
NEGERI SEMBILAN	9,725	16,898	12,317	14,233	16,667	19,401	16,544	17,370	15,141	16,869	13,976	12,141	84,370	96,710
PAHANG	42,223	65,405	42,858	57,442	55,002	67,127	60,900	64,892	63,191	58,245	54,134	44,854	318,308	357,975
PERAK	32,499	39,660	38,999	31,013	54,704	43,044	51,915	40,162	52,411	43,150	46,593	38,009	277,121	235,038
SELANGOR	9,136	12,172	10,435	10,155	13,816	13,036	13,110	12,368	13,264	11,937	11,523	10,814	71,284	70,482
TERENGGANU	7,889	10,540	6,420	9,288	6,211	9,981	8,055	10,204	9,266	8,836	7,586	7,132	45,427	55,981
OTHER STATES	3,674	5,120	3,929	3,988	4,930	6,255	4,987	5,527	5,582	5,518	4,140	4,281	27,242	30,687
P. MALAYSIA	171,736	241,848	185,654	196,843	225,741	242,689	230,938	228,500	235,763	220,717	207,219	180,818	1,257,051	1,311,415
SABAH	77,647	109,300	73,257	93,147	85,517	101,331	94,911	98,776	102,446	90,136	96,707	73,433	529,485	566,123
SARAWAK	60,799	67,276	57,158	50,718	63,272	60,904	61,457	65,727	67,065	70,134	67,902	61,480	377,653	376,239
SABAH/SARAWAK	138,446	176,576	130,415	143,865	148,789	162,235	156,368	164,503	169,511	160,270	163,809	134,913	907,138	942,368
MALAYSIA	310,182	418,424	316,069	340,708	374,530	404,924	387,306	393,003	405,274	380,987	370,828	315,731	2,164,189	2,253,777

Jadual 2: Pengeluaran Kernel Sawit (Jul-Dec 2017& 2018)(unit tonnes)

States	Jul		Aug		Sep		Oct		Nov		Dec		Jan - Dec Total	
	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018
JOHOR	78,854	67,713	83,670	76,563	84,761	85,963	94,625	88,829	93,033	81,024	91,659	78,119	894,010	877,361
KEDAH	8,040	5,473	8,034	6,067	7,056	7,121	7,189	7,098	6,981	6,751	6,724	6,856	81,163	70,708
KELANTAN	6,504	4,045	7,653	4,998	8,456	6,856	10,173	7,824	8,535	7,708	8,366	7,447	78,439	72,926
NEGERI SEMBILAN	15,802	13,138	14,776	13,542	16,229	16,880	19,133	18,051	19,770	16,527	20,478	15,938	190,558	190,786
PAHANG	68,781	46,667	68,852	53,943	69,184	66,255	78,101	68,623	77,409	65,767	76,297	69,380	756,932	728,610
PERAK	56,789	49,211	54,035	49,156	47,814	52,751	48,133	52,878	46,640	45,259	41,721	43,904	572,253	528,196
SELANGOR	14,063	13,093	13,242	13,605	13,266	14,209	12,800	14,128	13,300	11,977	12,727	11,168	150,682	148,662
TERENGGANU	11,442	8,263	13,508	9,063	14,041	11,797	16,020	13,672	15,068	12,692	13,025	12,169	128,531	123,537
OTHER STATES	5,899	4,863	5,582	5,037	4,814	5,663	5,851	5,921	5,797	5,685	5,484	6,155	60,669	64,011
P. MALAYSIA	266,174	212,466	269,352	231,973	265,621	267,495	292,025	276,924	286,533	253,388	276,481	251,136	2,913,237	2,804,797
SABAH	102,532	77,052	96,107	80,504	94,537	98,038	115,493	115,419	116,278	120,362	112,744	122,184	1,167,176	1,179,682
SARAWAK	79,466	71,702	82,283	85,206	81,792	97,262	91,448	93,323	82,069	77,974	75,837	73,208	870,548	874,914
SABAH/SARAWAK	181,998	148,754	178,390	165,710	176,329	195,300	206,941	208,742	198,347	198,336	188,581	195,392	2,037,724	2,054,596
MALAYSIA	448,172	361,220	447,742	397,683	441,950	462,795	498,966	485,666	484,880	451,724	465,062	446,528	4,950,961	4,859,393

Sumber: Malaysia Palm Oil Board, 2018

2. SOROTAN KAJIAN DAN PEMBINAAN HIPOTESIS

Kajian mengenai penggunaan tempurung kelapa dan tempurung kelapa sawit dalam bidang kejuruteraan giat dilakukan untuk mengenalpasti keupayaan bahan-bahan ini untuk dijadikan bahan alternative dalam industri konkrit, bata dan jalan raya. Kajian –kajian sebelum ini banyak mengkaji penggunaan tempurung kelapa dalam industri pembinaan seperti dalam kajian (.A Olanipekun, 2006) (Parag S. Kambli at el, 2014), (P. Madhu Bala,2016), (Kumar Animesh, 2017). Daripada kajian mereka, tempurung kelapa berpotensi jika digunakan sebagai bahan gantian aggregate dan sebagai simen dalam pembinaan bata dan konkrit.

Dalam kajian ini, tempurung kelapa sawit untuk digunakan sebagai bahan gantian pasir dalam bancuhan bata simen. Walaupun pasir adalah sumber semula jadi dan mudah diperolehi, namun permintaan yang tinggi dalam pembuatan bata dadn konkrit untuk pembinaan bangunan menyebabkan banyak sungai-sungai yang mempunyai sumber pasir terjejas. Proses hakisan tebing sungai dan pemendapan sungai mengganngu kelastarian sungai-sungai yang berkaitan.

2.1 Cengkerang kelapa sawit

Kajian-kajian sebelum ini menggunakan cengkerang kelapa sawit dalam bentuk abu terbang yang digunakan sebagai bahan ganti simen dalam pembinaan konkrit. Hasil daripada kajian (*Md Nasser, 2006*) dan beberapa pensyarah daripada USM, UTM dan UMP mendapati abu terbang daripada tempurung kelapa sawit boleh menggantikan simen dan menjadikan konkrit lebih kukuh dan tahan lama.

Kajian mengenai sifat fizikal tempurung kelapa sawit mempunyai ketumpatan pukal antara 550 kg/m³ ke 650 kg/m³ dan gravity tentunya pula ialah 1.25. Ini akan membolehkan sesuatu beban mati sesuatu struktur dapat dikurangkan dan saiz struktur tersebut dapat dikecilkan. (*Teo et all, 2006*)

Manakala cengkerang kelapa sawit yang mempunyai pelbagai jenis bentuk dan saiz .hasil daripada proses penghancuran untuk mendapatkan kernel, mempunyai ketumpatan 1.406 kg/m³ dan gravity tentunya adalah 2.08. (*Mohd Rashid, 1990*). Jadual 3 menunjukkan perbandingan sifat pasir dan tempurung kelapa sawit.

Jadual 3 : Perbandingan Pasir Sungai dan Tempurung Kelapa Sawit

Parameter	Pasir Sungai	Tempurung kelapa sawit
Saiz maksimum (mm)	1.18	15
Ketebalan Tempurung (mm)	2.0-	0.5 - 3.0
Specific graviti	2.45	1.17
Ketumpatan (kg / m ³)	1500 – 1550	550 – 650
Index saiz purata	1.40	6.08
Peratus Resapan Air untuk 24 Jam (%)	3.89	33.0

Sumber: khairulaizadaa05

Dalam kajian ini, fokus adalah untuk menentukan peratusan optimum penggunaan tempurung kelapa sawit dalam menghasilkan kekuatan mampatan bata simen yang paling maksima. Sebagai sebuah negara pengeluar minyak kelapa sawit dan minyak kernel kelapa sawit, tempurung kelapa sawit lebih mudah diperolehi sebagai bahan sisa kelapa sawit. Longgokan sisa kelapa sawit ini memerlukan penambahan ruang dari hari ke hari. Oleh itu, kajian penggunaan tempurung kelapa sawit sangat penting dijalankan untuk menyelesaikan permasalahan ini.

2.2. Komposisi Utama simen

Simen adalah bahan yang mempunyai lekitan semasa basah, kemudian memejal dan mengeras serta mengikat pepejal menjadi jasad yang padu. Simen boleh dikategorikan sebagai simen hidraulik dan simen bukan hidraulik. Simen hidraulik boleh memejal dan mengeras dengan bertindakbalas dengan air manakala simen bukan hidraulik memerlukan udara untuk mengeras. Jadual 4 menunjukkan sebatian dan komposisi kimia pada simen yang mempengaruhi tindak balasnya.

Jadual 4: Sebatian dan Komposisi Kimia Pada Simen

Nama Sebatian	Komposisi Kimia	Ringkasan
Trikalsium Silikat	3CaO.SiO₂	C₃S
Dwikalsium Silikat	2CaO.SiO₂	C₂S
Trikalsium Aluminat	3CaO.Al ₂ O ₃	C ₃ A
Tetrakalsium Alumino Ferit	4CaO.Al ₂ O ₃ .Fe ₂ O ₃	C ₄ AF

Sumber: Abdullah b Ahmaad, Utm-'05/'06

Di antara empat sebatian utama ini, C₃S dan C₂S adalah paling stabil. Apabila bercampur dengan air, C₃S akan terhidrat dengan cepat dan melepaskan haba yang banyak pada peringkat awalnya. Manakala C₂S pula terhidrat dengan perlahan dan kekal terhidrat dengan jangka masa yang panjang. C₂S juga didapati mempunyai rintangan kimia yang lebih baik dan kecutan pengeringan yang rendah. Berbanding dengan C₃S dan C₂S, C₃A adalah yang tercepat mengalami proses penghidratan dengan pelepasan haba yang tinggi. Tetapi sumbangan C₃A kepada kekuatan adalah sangat sedikit dan ianya mudah diserang sulfat. Bagi C₄AF pula adalah yang paling cepat terhidrat tetapi kesan pemejalan dan kekuatannya adalah paling rendah.

3. METODOLOGI KAJIAN

Kajian ini melibatkan beberapa peringkat iaitu bermula dengan mengumpulkan tempurung kelapa sawit daripada kilang pemprosesan minyak sawit yang terletak di Negeri Sembilan. Fasa seterusnya adalah proses ayakan tempurung kelapa sawit menggunakan BS410 mengikut spesifikasi Jabatan Kerja Raya (PWD,2008). Dalam kajian ini, tempurung kelapa sawit yang melepasi saiz 4.75 mm digunakan dalam pembinaan bata simen.

Rekabentuk kajian adalah menentukan dengan menentukan peratus penggunaan tempurung kelapa sawit sebagai bahan gantikan dalam pembuatan bata simen dengan merujuk kepada MS 27. Nisbah campuran yang digunakan adalah 1:6 dimana 1(simen) dan 6(pasir) dalam kiraan isipadu. Sebahagian daripada isipadu pasir digantikan dengan tempurung kelapa sawit dengan nisbah 10%, 30% dan 50%. Nisbah bancuhan adalah seperti Jadual 5.

Jadual 5: Nisbah Bancuhan Kajian

Bata	Nisbah	Pasir	Tempurungkelapa sawit
Bata A	1:6	90% pasir	10%
Bata B	1:6	70% pasir	30%
Bata C	1:6	50% pasir	50%
Bata simen	1:6	100% pasir	-

3.1 Proses Menggaul Campuran Bata

Proses menggaul simen dan pasir dibancuh berasingan mengikut peratusan gantian serbuk tempurung kelapa sawit 10% , 30% dan 50% . Campuran-campuran ini adalah berdasarkan berat bahan yang digunakan. Bagi memastikan campuran- campuran tersebut benar- benar rata, proses menggaul dijalankan sehingga campuran tersebut menjadi jelekit dan sekata. **Rajah 3** menunjukkan proses menggaul campuran bata.

**Rajah 3: Proses Menggaul Campuran Bata**

3.1 Proses memadatkan campuran ke dalam acuan bata

Campuran bata simen dimasukkan ke dalam acuan yang telah di siapkan terlebih dahulu untuk 10 biji batu bata. Saiz acuan bagi setiap bata yang terhasil adalah 216.5mm x 102.5mm x 65mm. Campuran dipadatkan bagi mengelakkan ruang- ruang terhasil ditengah bata dan bagi memastikan bata yang terhasi rata dan sempurna. **Rajah 4** menunjukkan campuran bata didalam acuan selepas proses pemadatan.

**Rajah 4 : Campuran Bata Dalam Acuan**

3.2 Proses Pengawetan

Selepas semalaman sampel bata tadi dikeringkan dan mengalami proses pengerasan yang sempurna, bata akan di sembur dengan air, agar ia mengeras dengan kehadiran air. **Rajah 5** menunjukkan bata yang dikeringkan.



Rajah 5: Proses Mengawet Bata

3.3 Ujian prestasi yang dilakukan ke atas bata

Dalam kajian ini, beberapa ujian dijalankan terhadap bata simen campuran tempurung kelapa sawit ini. Antara ujian-ujian tersebut ialah ujian kekuatan mampatan dan ujian kadar resapan air.

3.3.1 Ujian mampatan

Ujian kekuatan mampatan dilakukan berdasarkan BS 66073 : Part 1 : 1981. Untuk mendapatkan kekuatan bata tersebut. Bata yang telah mencapai usia 7, 14 dan 28 hari akan dimasukkan ke dalam mesin mampatan seperti dalam Rajah 6 untuk mendapatkan nilai bacaan kekuatan mampatan bata tersebut.



Rajah 6: Ujian Mampatan Bata

3.3.2 Ujian resapan air

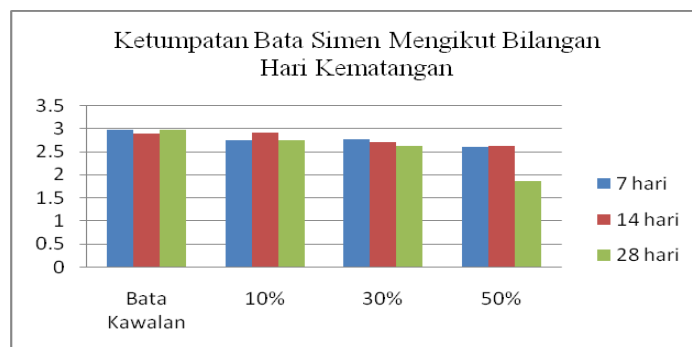
Kajian di teruskan dengan menguji kadar resapan air menggunakan MS 30 untuk menentukan peratus penyerapan air pada bata campuran serbuk tempurung kelapa sawit. Ujian resapan air dijalankan terhadap bata yang telah mencapai usia 1 hari, dimana selepas ianya siap dihasilkan bata akan dibiarkan kering selama 24 jam dan selepasnya dikeringkan dalam oven selama tidak kurang daripada 24 jam pada suhu 100°C sehingga tiada perubahan berat, iaitu semua lembapan di dalam contoh telah dihilangkan. Sebelum penimbangan dibuat ia hendaklah disejukkan pada suhu makmal. Perubahan berat direkodkan sebelum dan selepas rendaman dibuat.

4. ANALISIS DAN KEPUTUSAN

Dapatan daripada kajian yang telah dijalankan direkodkan seperti dalam Jadual 6, 7, 8 dan 9. Nilai ketumpatan bata simen seperti dalam Jadual 6 menggunakan tempurung kelapa sawit menurun dengan penambahan peratus tempurung kelapa sawit dalam bancuhan. Ini menunjukkan bata simen mempunyai potensi untuk menjadi bata yang lebih ringan sekiranya tempurung kelapa sawit digantikan dengan pasir.

Jadual 6: Nilai Ketumpatan Bata

Parameter	Ketumpatan (kg/m ³)		
	7 hari	14 hari	28 hari
Bata Kawalan	2.97	2.88	2.96
10%	2.73	2.9	2.73
30%	2.75	2.70	2.61
50%	2.6	2.62	1.86

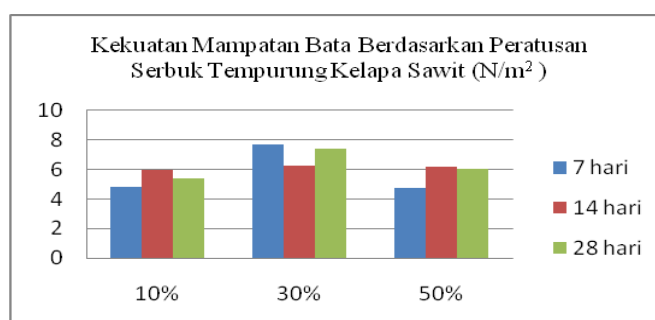


Rajah 7: Graf Ketumpatan Bata

Manakala nilai kekuatan mampatan bata simen yang dihasilkan seperti dalam Jadual 7, menunjukkan peratus penggunaan tempurung kelapa sawit sebanyak 10%, 30% dan 50% mempunyai kekuatan mampatan melebihi kekuatan mampatan bata simen biasa iaitu melebihi 5.2 N/mm. Walaubagaimanapun peratusan tempurung kelapa sawit sebanyak 30% menunjukkan kekuatan mampatan yang paling tinggi iaitu 7.40N/mm².

Jadual 7 : Nilai Kekuatan Mampatan Bata

Parameter	Kekuatan Mampatan (N/mm ²)		
	7 hari	14 hari	28 hari
Bata Kawalan	4.1	2.71	2.16
10%	4.8	5.96	5.39
30%	7.7	6.27	7.40
50%	4.76	6.19	6.06

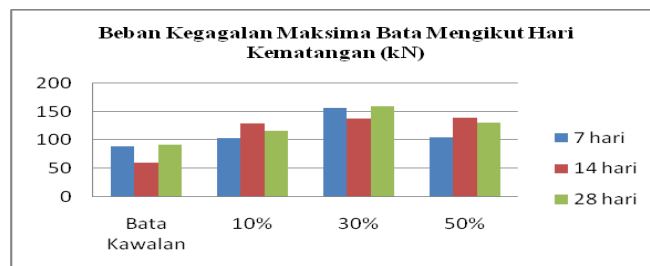


Rajah 8: Graf Kekuatan Mampatan Bata

Dapatan daripada kajian ini juga menunjukkan nilai kekuatan menanggung beban seperti dalam Jadual 8, dimana beban kegagalan maksima adalah paling tinggi dengan penggunaan 30% tempurung kelapa sawit.

Jadual 8: Nilai Menanggung Beban

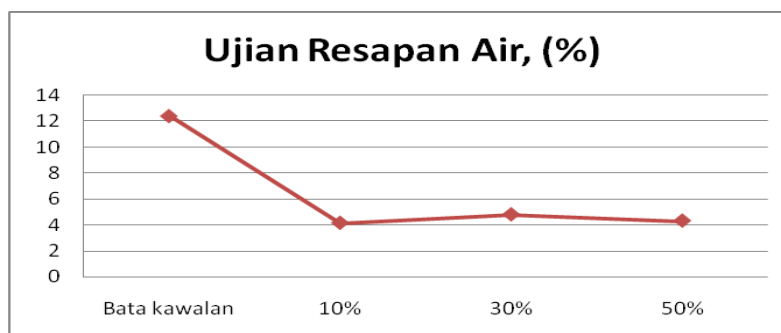
Parameter	Beban Kegagalan Maksima (kN)		
	7 hari	14 hari	28 hari
Bata Kawalan	88.67	60.5	91.67
10%	103.33	130.03	116.00
30%	156.33	138.10	159
50%	104.67	139.30	130.30

**Rajah 9: Graf Menanggung Beban**

Jadual 9 menunjukkan dapatan ujian serapan air yang telah dijalankan. Daripada kajian ini, didapati nilai purata kadar resapan air bagi bata simen yang telah dihasilkan dengan campuran tempurung kelapa sawit adalah 4.41% dimana kurang daripada 8% seperti dalam MS30.

Jadual 9: Kadar Resapan Air Bata

Parameter	Kadar Resapan Air			
	Bata kawalan	10%	30%	50%
Jumlah resapan	0.34	0.11 kg	0.12 kg	0.11
Peratus resapan	12.41%	4.14%	4.80%	4.31%

**Rajah 10: Graf Kadar Resapan Air Bata**

5. KESIMPULAN

Secara keseluruhan, kajian ini menunjukkan tempurung kelapa sawit mempunyai nilai tambah untuk dijadikan sebagai bahan gantikan dalam bancuhan bata simen. Peratusan campuran tempurung kelapa sawit sebanyak 30% adalah paling optima untuk digunakan dalam penghasilan bata simen dengan kekuatan mampatan 7.4N/mm^2 , nilai menanggung beban adalah 159kN, ketumpatan 2.61 dan kadar resapan air 4.85%. Daripada nilai ini didapati tempurung kelapa sawit mempunyai potensi untuk digunakan sebagai bahan untuk digantikan dengan pasir dalam bancuhan bata simen. Justeru, penghasilan bata simen campuran kelapa sawit boleh dijadikan alternatif yang akan dapat mengurangkan kos bata itu sendiri, seterusnya diharapkan dapat menurunkan kos perumahan untuk masa akan datang.

RUJUKAN

- Agus Setyo Muntohar, M. E. (2014). Lightweight Masonry Block From Oil Palm Kernel shell. *Construction Building Material* , 477-484.
- Amarnath Yerramala, R. (2012). Properties of Concrete with Cocunut Shells as Aggregate Replacement. *International Journal of Enginneering Inventions, ISSN: 2278-7461, www.ijejournal.com* , Volume 1, issue 6 ,PP: 21-31.
- Amiruddin Ismail, N. M. (2017). Potensi Penggantian Tempurung Kelapa Sebagai Agregat Kasar Dalam Campuran Asfalt Panas. *Journal Kejuruteraan -Isu Khas (Special Issue1)* , 77-81.
- E.A Olanipekun, K. O. (2006). A Comparative study of Concrete Properties Using CocunutShell andPalm Kernel Shell as Coarse Aggregates. *Building and Environment 41* , 297-301.
- Kumar Animesh, J. T. (2017). A Review of Partial Replacement of Fine Aggragate & Coarse Aggregate by Waste Glass Powder & Cocunut Shell. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*. *www.irjet.net* , Volume 4: Issue 10.
- Kulkarni V.P, Kumar .S, (2013), “Comparative study on coconut shell aggregate with conventional concrete”, Vol.2, Issue 12, pp 67-70
- P. Madhu Bala, S. A. (2016). Partially Replacement of cocunut Shel as Coarse Aggregate; A review. *International Journal of Innovation in Engineering and Technlogy (IJIET)* , Volume 7 Issue 4. ISSN: 2319-1058.
- Parag S. Kambli, S. R. (2014). Compressive Strength of Cocunut by using Cocunut Shell. *IOSR Journal of Engineering* , *www.iosrjen.org* , Vol.4,pp 01-07.
- Malaysia Palm Oil Board, Econmic & Industry Development Division, overview of the Malaysian oil Palm Industri 208
- Standard, M. (2005). Section E-Brickworks. In *STANDARD SPECIFICATIONS FOR BUILDING WORKS* (pp. 85-89). JKR.
- Zakaria, M. L. (1986). Strength Properties of Oil Palm Clinker Concrete. *Jurnal Teknolgi* , 28-37.