

# Pemanfaatan Limbah Marmer Granit substitusi Agregat Kasar serta Limbah Cangkang Kerang dan Cangkang Telur sebagai Substitusi semen dalam Inovasi Beton yang Ramah Lingkungan

Bagas Wahyu Adhi<sup>1)\*</sup>, Ahmad Hidayawan<sup>2)</sup>, Beni Setiyanti<sup>3)</sup>, Andri Kurniawan<sup>4)</sup>, Hanif Nanda Syahputra<sup>5)</sup>, Annisa Yoga Prastika<sup>6)</sup>, Rio Ridwan Nurrohm<sup>7)</sup>, Satrio Adi Wahyu Nugroho<sup>8)</sup>, Sri Mayasari<sup>9)</sup>

<sup>1\*,2,3,4,5,6,7,8</sup> Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Islam Batik Surakarta, Jl. Agus Salim No.10, Sondakan, Kec. Laweyan, Kota Surakarta; Tlp. 0271-714751.

<sup>9</sup> Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Industri, Universitas Islam Batik Surakarta, Jl. Agus Salim No.10, Sondakan, Kec. Laweyan, Kota Surakarta; Tlp. 0271-714751.

Email: bagaswahyu54@gmail.com

## Abstrak

Di era perkembangan teknologi sekarang ini, kebutuhan beton mengalami peningkatan yang cukup signifikan dalam pembangunan infrastruktur, karena beton sendiri merupakan komponen utama sebuah struktur. Eksploitasi dalam pengambilan bahan dari alam, mengakibatkan berkurangnya lahan hijau dan permasalahan tentang kesadaran masyarakat akan limbah yang terdapat disekitar mereka. Sehingga perlu adanya gagasan atau inovasi untuk mengurangi atau bahkan mengakhiri permasalahan ini. Penggunaan agregat alternatif dapat mengurangi kerusakan alam yang disebabkan dari pengambilan dan pengerukan batu alam. Selain itu penggunaan agregat alternatif dapat mengurangi biaya konstruksi. Tujuan dari penelitian ini adalah memanfaatkan limbah Limbah Marmer Granit substitusi Agregat Kasar serta Limbah Cangkang Kerang dan Cangkang Telur sebagai Substitusi semen dalam Inovasi Beton yang Ramah Lingkungan. Pada penelitian ini penulis menggunakan metode eksperimental. Hasil pengujian kuat tekan beton untuk beton normal rata-rata kuat tekannya untuk estimasi umur 28 hari adalah 366,11 kg/cm<sup>2</sup> sedangkan untuk Beton Inovasi rata-rata kuat tekan pada estimasi umur 28 hari adalah 376,54 kg/cm<sup>2</sup>. Rencana anggaran biaya beton konvensional lebih mahal dibandingkan dengan beton inovasi. Beton konvensional mengeluarkan biaya sebesar Rp. 2.783.600 sedangkan beton inovasi mengeluarkan biaya sebesar Rp. 2.391.500, Sehingga dapat disimpulkan bahwa beton inovasi lebih ekonomis dari beton konvensional dengan selisih sebesar Rp. 392.100 yang berarti beton inovasi ramah lingkungan lebih murah dan ekonomis sebesar 14,09% dibandingkan beton konvensional.

**Kata kunci:** Beton, Ramah Lingkungan, Beton Konvensional, Beton Inovasi

## Abstract

*In the current era of technological development, the need for concrete has increased quite significantly in infrastructure development, because concrete itself is the main component of a structure. Exploitation in extracting materials from nature has resulted in a reduction in green land and problems regarding people's awareness of the waste found around them. So there is a need for ideas or innovations to reduce or even end this problem. The use of alternative aggregates can reduce natural damage caused by taking and dredging natural stone. In addition, the use of alternative aggregates can reduce construction costs. The aim of this research is to use Granite Marble Waste as a substitute for Coarse Aggregate and Shell and Egg Shell Waste as a cement substitute in Environmentally Friendly Concrete Innovations. In this research the author used an experimental method. The results of concrete compressive strength testing for normal concrete, the average compressive strength for an estimated age of 28 days is 366.11 kg/cm<sup>2</sup>, while for Innovation Concrete the average compressive strength at an estimated age of 28 days is 376.54 kg/cm<sup>2</sup>. The budget plan for conventional concrete is more expensive than innovative concrete. Conventional concrete costs Rp. 2,783,600 while innovation concrete costs Rp. 2,391,500, so it can be concluded that innovative concrete is more economical than conventional concrete with a difference of Rp. 392,100, which means that environmentally friendly innovative concrete is 14.09% cheaper and more economical than conventional concrete.*

**Keywords:** Concrete, environmentally friendly, Concrete Conventional, Innovation Concrete



Copyright © 2024 The Author(s)

This is an open access article under the [CC -NC-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/) license.

## 1. PENDAHULUAN

Pada era modern ini, perkembangan dunia teknik sipil telah mengalami kemajuan yang sangat pesat di era industri 5.0 dan gencarnya pembangunan infrastruktur di tanah air yang berdampak pada lingkungan. Eksploitasi dalam pengambilan bahan dari alam, mengakibatkan berkurangnya lahan hijau dan permasalahan tentang kesadaran masyarakat akan limbah yang terdapat disekitar mereka. Sehingga perlu adanya gagasan atau inovasi untuk mengurangi atau bahkan mengakhiri permasalahan ini. Salah satu bahan yang penting dalam pembangunan infrastruktur adalah Beton. (Labombang M, 2011)

Keandalan beton sebagai material konstruksi yang paling banyak digunakan tidak diragukan lagi. Sampai saat ini secara material beton masih lebih jauh lebih murah dari pada baja. Tidak hanya faktor ekonomis saja, para peneliti dibidang energi juga telah memperhatikan faktor energi dalam memberikan penilaian material beton yang lebih ramah lingkungan. (Saputro et al., 2022)

Penggunaan agregat alternatif dapat mengurangi kerusakan alam yang disebabkan dari pengambilan dan pengerukan batu alam. Selain itu penggunaan agregat alternatif dapat mengurangi biaya konstruksi (Prayogo et al., 2019). Dalam perkembangan untuk mendapatkan material yang dipilih sebagai bahan bangunan yang dapat diandalkan dan memenuhi tuntutan jaman, maka beton merupakan batu buatan yang masih dipilih sebagai bahan /material bangunan (E. W. Setyowati, 2016).

Dalam pembuatan campuran beton sebelumnya harus dilakukan pengujian terhadap material penyusun yang digunakan, untuk memperoleh data-data agregat yang memungkinkan agregat dapat digunakan atau tidak dan dari data-data material tersebut dilakukan perhitungan desain campuran (mix design), yang pada akhirnya akan diperoleh kebutuhan agregat berupa perbandingan berat maupun perbandingan volume yang dapat digunakan pada proses pencampuran beton (Winarto & Bintoro A. D. Limantara S., 2018).

Bahan beton yang lebih berkesinambungan dan ramah lingkungan dapat dibuat dengan mengurangi pemakaian agregat kasar alami (NCA). Reduc-tion ini dapat diganti dengan pemakaian rial pasangan daur ulang dan bahan konstruksi "hijau" seperti serat alami (S. Ghosn & Hamad, 2020).

Penggunaan material agregat kerikil dan pasir, yang merupakan bahan penyusun utama beton, sekitar 80% dan apabila penambangannya tidak terkendali dan serampangan, tentu akan menimbulkan degradasi lingkungan yang cukup besar. Oleh karena itu, saat ini perlu dipikirkan penggunaan material penyusun beton yang dibuat dengan konsep ramah lingkungan. Atau diupayakan material lain yang mempunyai karakteristik, performa dan kekuatan yang menyamai material beton tapi juga ramah lingkungan (Suwignyo P, Arkananta RE, Singgih ML, Fudhla AF, 2021)

Beton mutu tinggi dapat dihasilkan dengan cara meningkatkan mutu material pembentuknya, misalnya dengan kekerasan agregat dan kehalusan butir semen. Semen merupakan pendukung utama dari kekuatan beton, dan pada umumnya digunakan untuk menambah kekuatan pada beton. Oleh karena itu semen merupakan bahan yang sangat penting dalam pembuatan beton, maka menggunakan semen disebut relatif banyak. Saat ini, sekitar 3 milyar ton semen digunakan diseluruh dunia. Perlu diketahui bahwa lebih dari 1,5 ton per tahun karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) yang merupakan limbah dari produksi Ordinary Portland Cement (OPC) dibuang ke atmosfer. Sektor konstruksi memerlukan alternatif bahan pengganti semen yang dapat menekan polusi hasil produksi semen. Maka dari itu diperlukan material yang dapat mengurangi konsumsi semen sehingga dapat mengurangi emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan. Dalam menghadapi tuntutan akan kebutuhan mutu beton yang lebih baik, menyebabkan timbulnya pemikiran untuk mencari alternative bahan ramah lingkungan untuk menambah

kekuatan beton (Hendramawat Aski Safarizki, 2017).

Tujuan dari diadakannya penelitian ini adalah memanfaatkan hasil limbah marmer granit, cangkang kerang dan cangkang telur yang seringkali tidak dimanfaatkan dengan baik serta diharapkan mampu menjadi inovasi baru untuk bahan campuran pembuatan beton agar meningkatkan nilai kuat tekan.

## 2. METODE

Metode penelitian adalah langkah-langkah yang digunakan untuk sebuah penelitian. Sehingga dalam suatu penelitian diharapkan mampu menyajikan sebuah hasil. Dimana hasil tersebut dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah. Pada penelitian ini penulis menggunakan metode eksperimental.

### Tempat Pelaksanaan

Pengujian dan pelaksanaan, uji coba trial di Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Islam Batik Surakarta. Pada penelitian ini menggunakan benda uji silinder dengan ukuran 15 x 30 cm yang berjumlah 6 sampel dengan membandingkan beton normal dan beton inovasi yang akan diuji pada umur 28 hari.

### Material dan Bahan yang digunakan

#### a) Semen

Semen adalah pengikat, zat yang digunakan dalam konstruksi yang mengeras serta dapat mengikat bahan lain menjadi satu. Semen yang digunakan adalah Semen PCC Tiga Roda.

#### b) Agregat Halus

Agregate halus sering disebut dengan pasir. Agregat halus berfungsi sebagai pengisi yang berasal dari pasir alam. Berdasarkan pengujian material aggregate halus, persyaratan agregat halus untuk campuran beton adalah :

1. Agregat halus tidak boleh mengandung lebih dari 5% tanah liat.
2. Tempat penyimpanan pasir harus dipisahkan dari material lainnya.
3. Pasir yang digunakan adalah Muntilan dari Merapi
4. Specific Gravity: 2,6

#### c) Agregat Kasar

Agregate kasar yang sering digunakan dalam campuran beton adalah kerikil dan batu pecah. Agregate kasar adalah

partikel yang tertahan pada saringan 4,75 mm. Kualitas aggregate kasar dapat diukur dengan uji abrasi Los Angeles dimana hasilnya tidak boleh lebih dari 40%.

#### d) Air

Air yang digunakan dalam pembuatan beton ini adalah air PDAM karena memenuhi persyaratan menurut SNI-03-6861.1-2002 yaitu: harus bersih, tidak mengandung lumpur, minyak dan tidak mengandung garam.

#### e) Additon Superplast W9SR (F)

Bahan additive yang berfungsi meningkatkan mutu beton dan kelecakan yang sangat tinggi, meningkatkan kohesif pada beton sehingga dapat mengurangi bleeding dan segregasi, serta memperbaiki kelecakan dan mempercepat setting awal pada dosis tinggi.

#### f) Additon Superplast MR73 (G)

Bahan additive yang berguna untuk memperlambat waktu pengikatan (setting time) dengan mengurami jumlah air pencampur, meningkatkan kekuatan awal dan akhir dengan pengurangan air, kelecakan sama, slump loss rendah, dan menghindari sambungan dingin (cold joint) dan sarangan tawon (honey comb), dan meningkatkan kohesi beton untuk mengurangi bleeding dan segegrasi.

### Perhitungan Mix Design

Tabel 1. Mix Design Beton Konvensional

Characteristic Strength of Concrete	=	fc 35 Mpa Kg/Cm <sup>2</sup>			
Water Binder (Fas) (W/C)	=	0.3			
Initial Slump	=	10 ± 2			
	Materials	Percentage	Volume (m <sup>3</sup> )	Volume	0,042 m <sup>3</sup>
Cement	Cement PCC Gresik	100%	460 kg	19.32 kg	
	Air	100%	138 l/m <sup>3</sup>	5.80 l/m <sup>3</sup>	
Agregat Kasar	Split Wonogiri 05-20	36.40%	645 kg	27.09 kg	
	Split Wonogiri 20-30	15.60%	277 kg	11.63 kg	
Agregat Halus	Pasir	48%	868 kg	36.46 kg	
Admixture	Additon W9SR (F)	0.86%	3.22 l/m <sup>3</sup>	0.14 l/m <sup>3</sup>	
	Additon MR73 (G)	0.86%	1.38 l/m <sup>3</sup>	0.06 l/m <sup>3</sup>	

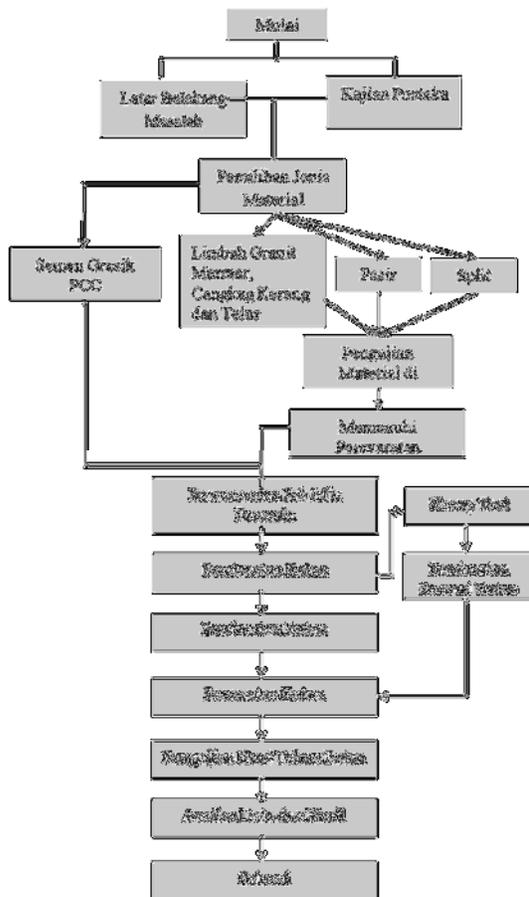
Tabel 2. Mix Design Beton Inovasi

Characteristic Strength of Concrete	=	fc 35 Mpa Kg/Cm <sup>2</sup>			
Water Binder (Fas) (W/C)	=	0.35			
Initial Slump	=	10 ± 2			
	Materials	Percentage	Volume (m <sup>3</sup> )	Volume	0,042 m <sup>3</sup>
Cement	Cement PCC Gresik	85%	391 kg	16.42 kg	
	Cangkang Kerang & Cangkang Telur	15%	69 kg	2.90 kg	
	Air	100%	132 l/m <sup>3</sup>	5.54 l/m <sup>3</sup>	
Agregat Kasar	Split	36.40%	657 kg	27.59 kg	
	Limbah Marmer & Limbah Granit	15.60%	283 kg	11.89 kg	
Agregat Halus	Pasir	48%	885 kg	37.17 kg	
Admixture	Additon W9SR (F)	0.86%	3.13 l/m <sup>3</sup>	0.13 l/m <sup>3</sup>	
	Additon MR73 (G)	0.86%	0.98 l/m <sup>3</sup>	0.04 l/m <sup>3</sup>	

### Alur Penelitian

Tahapan penelitian ini dimulai dari pengumpulan material dari bahan penyusun beton, kemudian dilakukan pemeriksaan pada material dengan melakukan pengujian bahan pada agregat, setelah itu memperhitungkan rencana campuran/ mix design (Utama et al., 2020)

Langkah selanjutnya adalah dengan pembuatan campuran sesuai dengan jobmix design yang dilakukan dengan mencetak pada silinder benda uji, kemudian sampel benda uji dilakukan perawatan (curing) selama 28 hari. Setelah mencapai umur 28 hari maka beton dapat dilakukan pengujian kuat tekan beton, dengan tahap penelitian yang disajikan pada gambar berikut :



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Pengujian Slump Beton

Dari beton inovasi yang telah dibuat, dilakukan pengujian slump dan diperoleh hasil slump sebesar 10 cm. Hasil pengujian dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 2. Slump Test

### Hasil Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan dilakukan pada beton normal dan beton inovasi pada umur beton 28 hari dengan diperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel 3. Hasil Kuat Tekan Beton

Kode Benda Uji	Umur (Hari)	Mutu (kg/cm <sup>2</sup> )	Berat (kg)	Gaya Tekan (kN)	Kuat Tekan (kg/cm <sup>2</sup> )
N01	28	350	12.15	532	370,05
N02	28	350	12.22	528	367,27
N03	28	350	12.29	519	361,01
I01	28	350	12,48	534	371,44
I02	28	350	12.32	547	380,48
I03	28	350	12.45	543	377,70

Keterangan :

N = Beton Normal

I = Beton Inovasi

Dari hasil pengujian kuat tekan beton untuk beton normal rata-rata kuat tekannya untuk estimasi umur 28 hari adalah 366,11 kg/cm<sup>2</sup> sedangkan untuk Beton Inovasi rata-rata kuat tekan pada estimasi umur 28 hari adalah 376,54 kg/cm<sup>2</sup>.

### Perhitungan Rencana Anggaran Biaya

Adapun perbandingan rencana anggaran biaya dalam pembuatan 1m<sup>3</sup> beton konvensional dengan beton inovasi menggunakan limbah potongan marmer dan granit sebagai material tambahan agregat kasar, dan penambahan cangkang kerang, dan cangkang telur sebagai substitusi pada semen seperti pada tabel berikut:

Tabel 4. Perbandingan Harga Beton Konvensional dan Beton Inovasi

Material	Harga	Beton Konvensional		Beton Inovasi	
		Jml	Harga	Jml	Harga
Semen	2.000	460	920.000	391	782.000
Cangkang Kerang	-	0	-	48,3	-
Cangkang Telur	-	0	-	20,7	-
Pasir	1.000	868	868.000	885	885.000
Split	1.000	922	922.000	657	657.000
Marmer	-	0	-	113,2	-
Granit	-	0	-	169,8	-
Air	200	138	27.600	132	26.400
Admixture W9SR	10.000	3,22	32.200	3,13	31.300
(F)					
Admixture MR73	10.000	1,38	13.800	0,98	9.800
(G)					
<b>Total</b>			<b>2.783.600</b>		<b>2.391.500</b>

Dari perhitungan pada Tabel 4, didapatkan rencana anggaran setiap 1m<sup>3</sup> beton konvensional sebesar Rp. 2.783.600,00 sedangkan beton inovasi ramah lingkungan sebesar Rp. 2.391.500,00. Dari biaya tersebut, didapatkan selisih biaya sebesar Rp. 392.100,00 yang berarti beton inovasi ramah lingkungan lebih murah dan ekonomis sebesar 14,09% dibandingkan beton konvensional.

#### Aspek Ramah Lingkungan

Bahan-bahan untuk pembuatan beton mutu tinggi banyak tersedia hampir di seluruh pelosok tanah air, baik yang merupakan bahan-bahan dasarnya, seperti semen, pasir, kerikil/batu pecah, dan air, maupun bahan bahan tambahannya lainnya.

Pada era modern ini, perkembangan dunia teknik sipil telah mengalami kemajuan yang sangat pesat di era industri 5.0 dan gencarnya pembangunan infrastruktur di tanah air yang berdampak pada lingkungan. Eksploitasi dalam pengambilan bahan dari alam, mengakibatkan berkurangnya lahan hijau dan permasalahan tentang kesadaran masyarakat akan limbah yang terdapat disekitar mereka.

Sehingga perlu adanya gagasan atau inovasi untuk mengurangi atau bahkan mengakhiri permasalahan ini. Maka dari itu Inovasi Beton Mutu Tinggi mampu dengan mempertimbangkan aspek lingkungan sangatlah penting untuk mengurangi konsumsi limbah yang berlebih mampu menjawab kemajuan dalam bidang Teknik sipil. Dalam inovasi beton mutu tinggi ini dengan menggunakan limbah cangkang kerang dan cangkang telur sebagai substitusi semen sehingga mampu mengurangi jumlah semen, serta limbah marmer dan granit sebagai

substitusi agregat kasar yang dapat menyetarakan kuat tekan beton konvensional.

Rencana kuat tekan beton yang diharapkan yaitu 350 kg/cm<sup>2</sup> yang dapat diaplikasikan dalam pekerjaan konstruksi. Dapat diperkirakan bahwa pada masa sekarang dan akan mendatang, penggunaan beton mutu tinggi untuk bahan konstruksi akan semakin meningkat.

#### 4. SIMPULAN

Dari hasil pengujian kuat tekan beton untuk beton normal rata-rata kuat tekannya untuk estimasi umur 28 hari adalah 366,11 kg/cm<sup>2</sup> sedangkan untuk Beton Inovasi rata-rata kuat tekan pada estimasi umur 28 hari adalah 376,54 kg/cm<sup>2</sup>. Beton Inovasi Ramah Lingkungan dengan material limbah Marmer Granit substitusi Agregat Kasar serta Limbah Cangkang Kerang dan Cangkang Telur sebagai Substitusi semen dinilai lebih ekonomis dalam mengurangi pencemaran lingkungan.

Berdasarkan rencana anggaran biaya dapat disimpulkan bahwa beton konvensional lebih mahal dibandingkan dengan beton inovasi. Beton konvensional mengeluarkan biaya sebesar Rp. 2.783.600 sedangkan beton inovasi mengeluarkan biaya sebesar Rp. 2.391.500, Sehingga dapat disimpulkan bahwa beton inovasi lebih ekonomis dari beton konvensional dengan selisih sebesar Rp. 392.100 yang berarti beton inovasi ramah lingkungan lebih murah dan ekonomis sebesar 14,09% dibandingkan beton konvensional.

## 5. UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada ketua LP3M Universitas Islam Batik Surakarta yang telah memberi dukungan dan motivasi tim penelitian ini.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- E. W. Setyowati. (2016). Kuat Tekan Beton Limbah Batu Onix Tulungagung. *J. Media Tek.Sipil*, 14(2).
- Hendramawat Aski Safarizki. (2017). Pengaruh Bahan Tambah Serbuk Bata dan Serat Fiber Pada Self Compacting Concrete. *Jurnal Ilmiah Teknosains*, 3(2).
- Labombang M. (2011). Manajemen Risiko dalam Proyek Konstruksi. *Jurnal SMARTek*, 9(1).
- Prayogo, D. H., Ridwan, A., & Winarto, S. (2019). Pemanfaatan Limbah Gypsum Board Dan Batu Bata Merah Untuk Substitusi Semen Pada Pembuatan Beton. *Jurmateks*, 2(2), 333–342.
- S. Ghosn, N. C., & Hamad, B. (2020). Studies on Hemp and Recycled Aggregate Concrete. *Int. J. Concr. Struct. Mater*, 14(1).
- Saputro, M. Y. E., Hasanuddin, A., & Nurtanto, D. (2022). Pemanfaatan Limbah Batu Marmer sebagai Agregat Kasar pada Campuran Beton Perkerasan Kaku yang Menggunakan Bahan Tambah Abu Sekam Padi. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Dan Teknik Kimia*, 7(1), 93–103.
- Suwignyo P, Arkananta RE, Singgih ML, Fudhla AF, J. A. (2021). Literature review model circular economy dan potensi pengembangannya. *Journal Of Industrial And Systems Optimizatio*, 4(2).
- Utama, L. A., Candra, A. I., & Ridwan, A. (2020). Pengujian Kuat Tekan Pada Beton Dengan Penambahan Limbah Marmer Dan Serat Batang Pisang. *Jurmateks*, 3(2).
- Winarto, A. Y., & Bintoro A. D. Limantara S. (2018). Evaluasi Kekuatan Concblock Dengan Agregat Halus Dan Agregat Kasar Dari Tempurung Kelapa. *Jurmateks*, 1(1).