

## PENGARUH SUHU SINTESIS ADITIF TERHADAP NILAI KALOR BRIKET SAMPAH ORGANIK

### *THE EFFECT OF ADDITIVE SYNTHESIS TEMPERATURE AGAINST THE VALUE OF ORGANIC WASTE BRIQUETTE HEAT*

Ayu Lestari, Suwandi\*, Ahmad Qurtobi\*\*

Program Studi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Telkom University  
vidynaufal18@gmail.com, suwandi.sains@gmail.com, qurthobi@telkomuniversity.ac.id

#### Abstrak

Pemanfaat energi fosil di Indonesia semakin meningkat. Sumber energi fosil jika digunakan terus menerus akan habis, maka dari itu kita harus mencari energi alternatif. Salah satunya adalah sampah organik yang dapat dijadikan briket sebagai bahan bakar. Bahan dasar pembuatan briket berasal dari sampah organik yang mudah ditemukan masyarakat dan harganya lebih murah. Penelitian ini membuat briket dengan sampah organik dengan tambahan bahan aditif tempurung kelapa dan sekam padi, adanya proses aktivasi arang dengan menambahkan bahan kimia NaOH untuk dijadikan arang aktif. Metode penelitian yang dilakukan dengan pencampuran sampah organik dan bahan aditif menggunakan tekanan hidrolik pada sampel briket dengan uji variasi rasio perbandingan massa sebanyak 5 yaitu 1,5:1,5, 1,75:1,25, 2:1, 2,25:0,75, 2,5:0,5. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai kalor. Pengujian ini dilakukan menggunakan satu alat yaitu Bomb Calorimeter. Dari hasil pengujian tersebut nilai kalor yang tertinggi pada bahan aditif sekam padi dengan variasi rasio 2:1 dengan nilai kalor 4328 kal/gr, sedangkan nilai kalor tertinggi pada bahan aditif arang tempurung kelapa 1.5:1.5 5047 kal/gr. Dari hasil pengujian tempurung kelapa pengaruh terhadap komposisi semakin banyak tempurung kelapa maka nilai kalornya semakin tinggi, suhu tidak berpengaruh dalam pengujian nilai kalor, dan jumlah massa limbah organik sangat berpengaruh untuk menaikkan nilai kalor. Dari hasil pengujian sekam padi pengaruh terhadap suhu nilai kalor yang paling tinggi di suhu 600°C dengan perbandingan rasio SO 2,5 gr + SK 0,5 gr dengan nilai kalor yaitu 3945 kal/gr. Jika suhu dinaikkan lebih dari 600°C maka nilai kalornya akan kecil, dan jika suhu diturunkan maka nilai kalor lebih tinggi dari pada suhu di naikkan. Suhu tidak berpengaruh pada saat pengujian nilai kalor.

**Kata kunci :** briket, tempurung kelapa, sekam padi, sampah organik, arang aktif.

#### Abstract

The fossil energy utilization in Indonesia is increasing. Sources of fossil energy if used continuously will be exhausted, therefore we must seek alternative energy. One of them is organic waste that can be used as a briquette fuel. The base material for making briquette comes from organic waste that is easy to find and cheaper price. This research makes briquettes with organic waste with an additive of coconut shell additives and rice husk, the process of charcoal activation by adding the chemical NaOH to be used as activated charcoal. Methods of research conducted with the mixing of organic waste and additives using hydraulic pressure on the sample briquette with test variations ratio of mass comparison as much as 5 is 1.5:1.5, 1.75:1.25, 2:1, 2.25:0.75, 2.5:0.5. This test is done to find out the heat value. This test is done using a single tool, which is a Calorimeter Bomb. From the results of the test the highest heat value of the rice husk additive with a variation of the ratio of 2:1 with a heat value 4328 cal/GR, while the highest Calor value on coconut shell Charcoal Additives 1.5:1.5 5047 cal/Gr. From the results of coconut shell testing influence on the composition of more and more coconut shell then the value of the heat is higher, the temperature has no effect in testing the value of the heat, and the amount of organic waste mass is very influential to increase the value of the heat. From the test result rice husk influence against the temperature of the high heat value at 600 °c by comparison ratio SO 2.5 gr + SK 0.5 gr with the value of heat is 3945 cal/Gr. If the temperature is raised to more than 600 °c then the value of the heat will be small, and if the temperature is lowered then the heat value is higher than the temperature in the raise. Temperature has no effect when testing the heat value.

Keywords: briquette, coconut shell, rice husk, organic waste, activated charcoal.

#### 1. Pendahuluan

Seiring dengan perkembangan zaman, pemanfaat energi fosil semakin meningkat. Sumber energi fosil jika digunakan terus menerus akan habis, maka dari itu kita harus mencari energi alternatif yang bisa di manfaatkan oleh masyarakat. Energi alternatif yang bisa kita gunakan salah satunya energi yang dihasilkan briket yang terbuat dari sampah organik. Sampah organik merupakan sampah yang berasal dari alam yang mudah didaur ulang untuk

di jadikan bahan bakar. Ada beberapa macam bahan aditif yang digunakan yaitu sekam padi dan arang tempurung kelapa [1]. Dengan ditambahkan bahan aditif pada briket untuk meningkatkan nilai kalor.

Bahan aditif akan dicampurkan dengan sampah organik yang dilihat dari nilai kalor yang tertinggi. Briket akan diarangkan dengan suhu 500°C-700°C dan ditambahkan bahan kimia NaOH dengan proses aktivasi yang dijadikan arang aktif [2]. Dengan arang yang akan dibuat pada temperatur berbeda untuk menghasilkan mutu briket yang terbaik dan waktu aktivasi yang lama. Penambahan bahan aditif berguna untuk menghemat biaya dan meningkatkan kualitas briket. Bahan tambahan aditif dilihat dari nilai kalor yang tinggi dan mudah ditemukan oleh masyarakat.

Penelitian kali ini sebelumnya sudah pernah dilakukan oleh orang lain sebagai suatu bentuk pengembangan pada pengelolaan sampah organik untuk dijadikan sebagai bahan bakar. Penelitian dilakukan oleh Teguh Tarsito dkk 2013, temperatur tertinggi dan lama waktu pembakaran dengan bahan sekam padi dan serbuk gergaji kayu, dengan komposisi 4 gr : 6 gr menggunakan oven dengan suhu 100°C selama 12 menit [3].

Penelitian yang dilakukan oleh Didi Dwi Anggoro dkk 2017, nilai kalor maksimal pencampuran arang serbuk gergaji kayu sengon dan tempurung kelapa 5738 kal/gr [4]. Penelitian yang dilakukan oleh Fahri 2017, suhu aktivasi 800°C dan lama aktivasi 3 jam dari kayu kelapa ada bagian yang hilang saat pemanasan 950°C 6,93%, kadar air 1,71%, kadar abu 5,56%, daya serap (I2) 665,07 mg/g [5]. Penelitian yang dilakukan Yessy dkk 2013, arang aktif yang dibuat dari cangkang kelapa sawit dengan proses aktivasi fisika-kimia dengan daya serap 34,4% menggunakan larutan asam asetat 0,5 N saat suhu 30°C dengan waktu 4 jam dan ukuran arang aktif 355 µm [6].

Dari hasil kesimpulan penelitian sebelumnya yaitu menggunakan sampah organik yang dijadikan bahan utama briket kekurangannya nilai kalornya tidak sampai 5000 kal/gr. Selain itu mutu briket yang ada masih kurang maksimal, sehingga ada proses aktivasi menggunakan NaOH yang dijadikan arang aktif untuk meningkatkan kualitas mutu terbaik pada briket dan tidak akan mudah pecah saat proses pembakaran. Sedangkan pada penelitian tugas akhir ini, akan membuat briket dari sampah organik dengan campuran bahan aditif sekam padi dan arang tempurung kelapa, yang akan diarang dengan suhu sintesis 500°C-700°C dengan ditambahkan bahan kimia NaOH untuk dijadikan arang aktif dengan uji variasi rasio perbandingan massa sebanyak 5 yaitu 1,5:1,5, 1,75:1,25, 2:1, 2,25:0,75, 2,5:0,5.

## 2. Dasar Teori /Material dan Metodologi/perancangan

### 2.1 Suhu

Suhu merupakan besaran yang menyatakan derajat panas benda, alat yang digunakan untuk mengukur suhu yaitu termometer

### 2.2 Kalor

Kalor merupakan energi panas yang berpindah dari satu benda ke benda lainnya akibat perbedaan suhu dengan satuan joule (J) [7].

Untuk menaikkan suhu sebesar 1°C untuk 1 gram air, maka dibutuhkan energi sebesar 4.184 Joule [7]. Energi besar ini dinamakan

$$1 \text{ kal} = 4.184 \text{ Joule} \quad 2-2$$

#### 2.2.1 Panas Jenis dan Perubahan Fasa

Panas jenis merupakan suatu kapasitas panas persatuan massa, kapasitas panas zat sendiri merupakan suatu energi panas yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu zat dengan satuan derajat. Persamaan panas jenis sebagai berikut ini 2-2.

$$CAIR = 4.184 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$$

### 2.3 Briket

Briket merupakan jenis arang yang terbuat dari beberapa jenis sampah organik dan anorganik, sampah organik seperti sekam padi, tempurung kelapa, daun-daun kering, serbuk kayu, sayuran, buah-buahan, jerami, dll. Sampah anorganik seperti plastik, kaleng, dll. Briket mempunyai batas minimum nilai kalor yang sudah ditentukan sebesar 1.000 kkal/kg [8].

#### 2.3.1 Bahan Aditif

Bahan aditif merupakan suatu bahan tambahan yang dipakai untuk meningkatkan kualitas briket.

#### 2.3.2. Arang Tempurung Kelapa

Arang tempurung kelapa merupakan hasil dari proses pembakaran yang tidak sempurna. Arang tempurung kelapa memberikan nilai kalor yang tinggi dan asap yang lebih sedikit. Pirolisis merupakan energi panas yang akan terjadi oksidasi menyebabkan molekul karbon akan terurai menjadi arang.

### 2.3.3. Arang Sekam Padi

Arang sekam padi merupakan hasil dari pembakaran yang tidak sempurna sehingga hasil pembakaran menjadi arang bukan menjadi abu [10].

### 2.4. Kalorimeter Bom

Bomb Calorimeter atau kalorimeter bom adalah suatu alat untuk mengukur nilai kalor yang ada pada briket. Pengujian menggunakan kalorimeter bom untuk menghitung nilai kalor pada sampel briket dengan massa 3 gram. Proses pembakaran briket dalam atmosfer yang penuh dengan oksigen dalam wadah tertutup dan dikelilingi dengan air dalam kondisi yang terkontrol.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1. Desain Penelitian

Penelitian yang akan dilakukan membuat briket dari sampah organik dengan ditambahkan bahan aditif. Bahan aditif yang digunakan yaitu sekam padi dan tempurung kelapa. Untuk cara kerja percobaan ini pertama mengumpulkan sampah organik, lalu ditambahkan bahan aditif, lalu membuat sampel briket massa 3 gram, lalu briket akan diarangkan dengan suhu  $500^{\circ}\text{C}$  -  $700^{\circ}\text{C}$  dan ditambahkan bahan kimia NaOH dengan proses aktivasi yang dijadikan arang aktif. Lalu proses pengeringan akan dilakukan selama tiga hari, dengan satu harinya akan dijemur selama 8 jam dibawah sinar matahari. Lalu setelah proses pengeringan dilakukan proses pengujian dengan menggunakan satu alat yaitu calorimeter bom. Kalorimeter bom digunakan untuk mengukur nilai kalornya. Lalu proses mengolah data dan analisa data yang telah didapat dari proses pengujian untuk mengetahui nilai kalor pada briket.

### 3.2. Pembuatan Sampel Briket Sampah Organik

Percobaan ini akan dilakukan untuk mengetahui pengaruh suhu sintesis aditif terhadap nilai kalor briket sampah organik yang akan diarangkan dengan proses aktivasi menggunakan bahan kimia NaOH untuk dijadikan arang aktif [2].

#### 3.2.1. Preparasi Sampel Arang

Percobaan ini arang akan ditumbuk untuk memperkecil ukurannya dengan lesung, lalu disaring untuk memperhalus sampel dengan menggunakan saringan 60 mesh.

#### 3.2.2. Proses Pengarangan

Dalam proses pengarangan bahan aditif yang akan dipakai yaitu arang tempurung kelapa dan sekam padi. Percobaan kali ini membuat bahan aditif yang akan diarangkan untuk dijadikan arang aktif, dengan proses aktivasi yang menggunakan bahan kimia NaOH. Cara membuat arang aktif dari tempurung kelapa dan sekam padi yang pertama bersihkan terlebih dahulu dari sisa kotoran yang ada, lalu keringkan dibawah sinar matahari selanjutnya membakar tempurung kelapa dan sekam padi menggunakan drum atau bak. Lalu arang hasil pembakaran direndam cairan kimia NaOH selama 12 jam atau 24 jam untuk dijadikan arang aktif. Lalu dicuci dengan air bersih untuk memisahkan kotoran. Arang aktif yang basah dikeringkan dengan suhu kamar untuk ditiriskan, kemudian dikeringkan menggunakan oven dengan suhu  $500^{\circ}\text{C}$  -  $700^{\circ}\text{C}$ .

#### 3.2.3. Preparasi Sampel Sampah Organik

Percobaan tahap ini membuat sampel briket sampah organik dengan bahan tambahan aditif sekam padi dan tempurung kelapa dan ada proses aktivasi arang dengan proses penambahan bahan kimia NaOH untuk dijadikan arang aktif, temperature suhu yang akan diukur dari  $500^{\circ}\text{C}$  -  $700^{\circ}\text{C}$ . Sampah organik yang akan dibuat dengan total massa 7 kg yang akan dikumpulkan, lalu sampah organik akan ditekan dengan menggunakan alat hidrolik dengan tekanan 27 ton untuk mengurangi kadar air yang ada. Lalu setelah proses ditekan sampah tersebut akan ditumbuk dengan menggunakan lesung untuk mengecilkan sampah organik dan mengurangi kadar air yang tersisa. Lalu sampel tersebut akan dijemur selama 3 hari, proses jemurnya dengan waktu 8 jam untuk 1 hari untuk mengurangi kadar air yang masih tersisa. Lalu sampel akan di *blender* untuk memperhalus sampel dan partikel menjadi lebih kecil, lalu sampel akan disaring dengan menggunakan saringan 60 mesh.

### 3.3. Pengujian Sampel Briket Sampah Organik

Pengujian sampel briket sampah organik ini digunakan dengan satu alat yaitu *Bomb Calorimeter*. Untuk menguji nilai kalor menggunakan *Bomb Calorimeter*.

#### 4.1 Hasil Uji Nilai Kalor Pada Sampel Limbah Organik Dengan Tempurung Kelapa Pengaruh Terhadap Komposisi

**Tabel 4.1** Hasil Uji Sampel Limbah Organik Dengan Tempurung Kelapa Terhadap Pengaruh Komposisi

No	Bahan Uji Sampel	Massa Sampel (gram)	Nilai Kalor (kalori/gr)	Nilai Kalor (Joule/gr)
1.	SO 2,25 gr + TK 0,75 gr 600°C	3,0000	4674	19475
2.	SO 2,50 gr + TK 0,50 gr 600°C	3,0000	4245	17688
3.	SO 2,75 gr + TK 0,25 gr 600°C	3,0000	4005	16687

**Tabel 4.1** Limbah organik mempunyai nilai kalor yang lebih rendah dari pada tempurung kelapa, maka dari itu harus ditambahkan bahan aditif tempurung kelapa yang mempunyai nilai kalor yang tinggi. Hasil dari pengujian kali ini semakin banyak massa tempurung kelapa maka nilai kalornya akan semakin tinggi. Suhu tidak berpengaruh dalam pengukuran dan jumlah massa limbah organik sangat berpengaruh untuk menaikkan nilai kalor.

#### Keterangan:

- SO : Sampah Organik
- TK : Tempurung Kelapa

#### 4.2 Hasil Uji Nilai Kalor Pada Sampel Limbah Organik Dengan Sekam Padi Pengaruh Terhadap Suhu

**Tabel 4.2** Hasil Uji Sampel Limbah Organik Dengan Sekam Padi Terhadap Pengaruh Suhu

No	Bahan Uji Sampel	Massa Sampel (gram)	Nilai Kalor (kalori/gr)	Nilai Kalor (Joule/gr)
1.	SO 2,50 gr + SK 0,50 gr 600°C	3,0000	3945	16438
2.	SO 2,50 gr + SK 0,50 gr 500°C	3,0000	3385	14104
3.	SO 2,50 gr + SK 0,50 gr 700°C	3,0000	3183	13263

**Tabel 4.2** Nilai kalor pada limbah organik lebih rendah dari pada bahan aditif sekam padi, maka dari itu harus di tambahkan bahan campuran aditif yang mempunyai nilai kalor yang lebih tinggi. Hasil dari pengujian suhu tidak berpengaruh saat pengukuran. Nilai kalor yang paling tinggi di suhu 600°C dengan perbandingan rasio SO 2,5 gr + SK 0,5 gr dengan nilai kalor yaitu 3945 kal/gr, jika suhunya dinaikkan lebih dari 600°C maka nilai kalornya akan kecil, dan jika suhunya diturunkan maka nilai kalornya lebih tinggi dari pada suhu dinaikkan.

**Keterangan:**

- SO : Sampah Organik
- SK : Sekam Padi

**4.3 Hasil Uji Nilai Kalor Pada Sampel Limbah Organik Dengan Tempurung Kelapa**

Pengujian sampel limbah organik dan tempurung kelapa menggunakan bomb calorimeter untuk menguji delapan sampel yang akan digunakan untuk mengukur nilai kalor dengan komposisi dan temperatur berbeda-beda. Nilai kalor yang akan dihasilkan berbeda-beda dari pengaruh komposisi dan suhu yang digunakan.

**Tabel 4.3** Hasil Uji Sampel Limbah Organik Dengan Tempurung Kelapa

No	Bahan Uji Sampel	Massa Sampel (gram)	Nilai Kalor (kalori/gr)	Nilai Kalor (Joule/gr)
1.	SO 1,50 gr + TK 1,50 gr 500°C	3,0000	5047	21029
2.	SO 1,75 gr + TK 1,25 gr 550°C	3,0000	4938	20575
3.	SO 2,00 gr + TK 1,00 gr 600°C	3,0002	4892	20383
4.	SO 2,25 gr + TK 0,75 gr 600°C	3,0000	4674	19475
5.	SO 2,25 gr + TK 0,75 gr 650°C	3,0001	4527	18863
6.	SO 2,50 gr + TK 0,50 gr 700°C	3,0000	4247	17696
7.	SO 2,50 gr + TK 0,50 gr 600°C	3,0000	4245	17688
8.	SO 2,75 gr + TK 0,25 gr 600°C	3,0000	4005	16687

**Tabel 4.3** menunjukkan bahwa limbah organik memiliki nilai kalor yang lebih rendah dari pada tempurung kelapa. Hasil dari pengujian kali ini semakin banyak jumlah massa tempurung kelapa maka nilai kalornya akan semakin tinggi dan massa massa limbah organik sangat berpengaruh untuk nilai kalornya. Suhu pengukuran berpengaruh untuk menaikkan nilai kalor.

**Keterangan:**

SO : Sampah Organik

TK : Tempurung Kelapa

#### 4.4 Hasil Uji Nilai Kalor Pada Sampel Limbah Organik Dengan Sekam Padi

Pada pengujian sampel limbah organik dengan sekam padi menggunakan bomb calorimeter untuk mengukur nilai kalor pada briket. Pengujian sekam padi menggunakan tujuh sampel dengan total massa 3 gr. Komposisi dan suhu yang akan diuji berbeda-beda untuk menghasilkan nilai kalor.

**Tabel 4.4** Hasil Uji Sampel Limbah Organik Dengan Sekam Padi

No	Bahan Uji Sampel	Massa Sampel (gram)	Nilai Kalor (kalori/gr)	Nilai Kalor (Joule/gr)
1.	SO 2,00 gr + SK 1,00 gr 600°C	3,0000	4328	18033
2.	SO 2,25 gr + SK 0,75 gr 650°C	3,0002	3997	16654
3.	SO 2,50 gr + SK 0,50 gr 600°C	3,0000	3945	16438
4.	SO 2,50 gr + SK 0,50 gr 500°C	3,0000	3385	14104
5.	SO 2,50 gr + SK 0,50 gr 700°C	3,0000	3183	13263
6.	SO 1,50 gr + SK 1,50 gr 500°C	3,0001	2693	11221
7.	SO 1,75 gr + SK 1,25 gr 550°C	3,0000	2233	9304

**Tabel 4.4** Limbah organik memiliki nilai kalor yang rendah dari pada sekam padi, maka dari itu kita harus menambahkan bahan aditif sekam padi untuk menaikkan nilai kalor pada briket. Hasil dari pengujian kali ini suhu tidak berpengaruh pada saat pengukuran. Nilai kalor yang paling tinggi di suhu 600°C dengan perbandingan rasio SO 2 gr + SK 1 gr dengan nilai kalor yaitu 4328 kal/gr jika suhunya dinaikkan lebih dari 600°C maka nilai kalornya akan kecil, dan jika suhunya diturunkan maka nilai kalornya lebih tinggi dari pada suhu dinaikkan.

#### Keterangan:

SO : Sampah Organik

SK : Sampah Organik

#### 5. Kesimpulan

1. Dari pengujian bom calorimeter nilai kalor tertinggi pada massa limbah organik dan sekam padi dengan massa 2:1 dengan nilai 4328 kal/gr, nilai kalor tertinggi pada massa limbah organik dan tempurung kelapa dengan massa 1.5:1.5 dengan nilai kalor 5047 kal/gr.
2. Limbah organik digunakan untuk sebagai bahan bakar alternatif oleh masyarakat. Nilai kalor limbah organik masih rendah maka harus ditambahkan bahan aditif yaitu sekam padi dan tempurung kelapa. Hasil dari pengujian tempurung kelapa pengaruh terhadap komposisi yaitu jumlah massa sampah organik sangat berpengaruh untuk menaikkan nilai kalornya, suhu tidak berpengaruh dalam pengujian sampel briket, semakin banyak tempurung kelapa maka nilai kalornya akan semakin tinggi. Hasil dari pengujian sekam padi pengaruh terhadap suhu yaitu suhu pengukuran yang paling tinggi di suhu 600°C, jika suhunya dinaikkan lebih dari 600°C maka nilai kalornya akan kecil, dan jika suhunya diturunkan maka nilai kalornya lebih tinggi dari pada suhu dinaikkan.

**Daftar Pustaka:**

- [1] (Esmar Budi, Pemanfaat Briket Arang Tempurung Kelapa Sebagai Sumber Energi Alternatif 2017).
- [2] (Prof. DR. Ishak Isa, BRIKET ARANG DAN ARANG AKTIF DARI LIMBAH TONGKOL JAGUNG, 2012).
- [3] (Teguh Tarsito, PENGARUH VARIASI KOMPOSISI BRIKET ORGANIK TERHADAP TEMPERATUR DAN WAKTU PEMBAKARAN, 2013).
- [4] (Didi Dwi Anggoro M. D., Pembuatan Briket Arang Dari Campuran Tempurung Kelapa, 2017).
- [5] (Fahri Ferdinand Polii, Pengaruh Suhu dan Lama Aktifasi Terhadap Mutu Arang Aktif Dari Kayu Kelapa, 2017).
- [6] (Yessy Meisrilestari, Pembuatan Arang Aktif Dari Cangkang Kelapa Sawit dengan Aktivasi Secara Fisika, Kimia, dan Fisika-Kimia, 2013).
- [7] (Pauliza, Fisika Kelompok Teknologi dan Kesehatan untuk Sekolah Menengah Kejuruan, 2008, hal. 3-18).
- [8] (A. Tajalli, Panduan Penilaian Potensi Biomassa Sebagai Alternatif di Indonesia, Penabulu Alliance, 2015).
- [9] (Esmar R Budi, Tinjauan Proses Pembentukan dan Penggunaan Arang Tempurung Kelapa Sebagai Bahan Bakar, 2011).
- [10] (Yanto Surdianto N. S. Cara Membuat Arang Sekam Padi, 2015).
- [11] (Anggiapg, Cara Kerja Kalorimeter Bom, 2013 <https://www.slideshare.net/anggiapg/kalorimeter-bom>).
- [12] (Wijianto, Analisis Gasifikasi Sekam Padi dengan Variasi Kecepatan dan Suhu Pemanasan Awal Udara Primer Serta Penambahan Udara Sekunder Pada Top Lit Updraft (TLUD) Gasifikasi, 2018).

