

PEMBUATAN ELEKTRODA KARBON AKTIF DARI TANDAN KOSONG BUAH AREN DENGAN VARIASI SUHU KARBONISASI

Irma Apriyani*, Rakhmawati Farma

Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau

*E-mail korespondensi: irmaapriyani445@gmail.com

ABSTRACT

The preparation and characterization of the physical properties of activated carbon electrodes derived from the biomass of empty palm fruit bunches were analyzed by varying the carbonization temperature. Biomass of empty palm fruit bunches is selected as a base material for making carbon electrodes through a pre-carbonization process, chemical activation with KOH 0.5 M activator, carbonization process with variations in temperature 650 °C, 700 °C, 750 °C, and 800 °C under an N₂ gas environment, and activated by CO₂ gas at 900 °C. Reduce of carbon mass by 20.182 % and produce carbon powder. Thermogravimetry show that thermal resistance temperature of 307 °C a carbon powder. The density value of each carbon electrode for carbonization temperature of 650 °C, 700 °C, 750 °C and 800 °C is 0.557 g/cm³, 0.622 g/cm³, and 0.702 g/cm³, respectively. Microstructure analysis shows that amorphous structure for the activated carbon electrodes showed by the presence of the peaks of 2θ around 24° and 44°. The results showed that the temperature of 700 °C is the best carbonization temperature in production of carbon electrodes from TKBA.

Keywords: Electrodes, Activated Carbon, Carbonization Temperature, Empty Palm Fruit Bunches.

ABSTRAK

Pembuatan dan karakterisasi sifat fisis elektroda karbon aktif yang berbahan dasar limbah biomassa tandan kosong buah aren telah dianalisis dengan memvariasikan suhu karbonisasi. Biomassa tandan kosong buah aren sebagai bahan dasar pembuatan elektroda karbon melalui proses pra-karbonisasi, aktivasi kimia dengan aktivator KOH 0,5 M, proses karbonisasi dengan variasi suhu 650 °C, 700 °C, 750 °C, dan 800 °C dialiri gas nitrogen dan proses aktivasi fisika pada suhu 900⁰C dialiri gas karbon dioksida. Penyusutan massa karbon sebesar 20,182% dan menghasilkan serbuk karbon. Termogravimetri menunjukkan bahwa suhu tahanan termal serbuk karbon adalah 307⁰C. Nilai densitas dari masing-masing elektroda karbon untuk suhu karbonisasi 650 °C, 700 °C, 750 °C, dan 800 °C adalah 0,832 g/cm³, 0,557 g/cm³, 0,622 g/cm³, dan 0,702 g/cm³. Analisis struktur mikro menunjukkan bahwa elektroda karbon bersifat amorf ditunjukkan dengan adanya puncak pada sudut 2θ sekitar 24° dan 44°. Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu 700 °C merupakan suhu karbonisasi terbaik untuk elektroda karbon dari TKBA.

Kata kunci: Elektroda, Karbon Aktif, Suhu Karbonisasi, Tandan Kosong Buah Aren.

Diterima 17-09-2020 | Disetujui 06-02-2021 | Dipublikasi 31-03-2021

PENDAHULUAN

Energi telah menjadi kebutuhan mendasar bagi masyarakat, salah satunya adalah energi listrik yang menjadi komponen utama dalam kehidupan sehari-hari [1]. Kebutuhan energi masih sangat bergantung kepada energi fosil, jika dipakai terus-menerus bahan bakar fosil akan habis dan tidak akan dapat diciptakan

kembali, terjadinya polusi gas rumah kaca yang meningkatkan radiasi dan memberikan kontribusi pada pemanasan global [2]. Kondisi ini membuat Indonesia mengalami krisis energi nasional, sehingga diperlukan suatu terobosan dan sumber energi lain yang terbarukan, ramah lingkungan, efektif, efisien, dan dapat diterapkan oleh masyarakat luas untuk

menggantikan bahan bakar fosil [3]. Sumber energi terbarukan tersebut yaitu Biomassa yang akan diolah menjadi karbon aktif [4].

Biomassa adalah bahan organik berupa limbah dari produk primernya yang dapat diproduksi secara berulang sehingga dapat menyediakan sumber energi secara berkesinambungan (*sustainable*) [5]. Contoh biomassa antara lain adalah tanaman berkayu, tanaman berumput, limbah pertanian, limbah hutan dan lain-lain (dalam bentuk ranting, daun kering, cabang mati, biji). Biomassa mengandung selulosa, hemiselulosa, lignin, dan unsur karbon, sehingga biomassa dapat diolah menjadi karbon aktif.

Karbon aktif dikenal sebagai char aktif atau spon padat yang bersifat amorf, senyawa karbon non-grafit [6]. Mereka memiliki banyak *finger print* tanpa formula kimia tertentu [7]. Karbon aktif merupakan material organik dengan kandungan karbon yang tinggi yang mengalami proses karbonisasi dan aktivasi sehingga memiliki luas permukaan yang sangat luas dan memiliki kemampuan daya serap yang baik [8-10]. Karbon aktif banyak digunakan dalam berbagai aplikasi elektrokimia salah satunya adalah sebagai bahan elektroda [11,12]. Hal ini dikarenakan harga yang murah, bahan dasar yang mudah didapat dari berbagai jenis bahan alam, mudah dalam mensintesa, bisa diperoleh dalam bentuk granular (0,2 – 5 mm), bubuk (0,15 – 0,25 mm) dan Pelet (0,8 – 5,0 mm) [13], luas permukaan yang besar dan porinya yang bisa diatur.

Enau atau aren (*Arange Pinnata Merr*) merupakan tumbuhan palmae yang menghasilkan gula merah [14] dan banyak diminati oleh masyarakat Indonesia. Secara umum hampir semua bagian dari pohon aren dapat dimanfaatkan untuk berbagai macam kebutuhan seperti bagian fisik (akar, batang, daun, ijuk dan lain-lain) maupun hasil produksinya (nira, pati/tepung dan buah) yang memiliki nilai ekonomi dipasaran [15], akan tetapi salah satu bagian dari pohon aren yaitu tandan kosong buah aren (TKBA) terbuang secara percuma dan dianggap menjadi limbah [16]. Salah satu negara penghasil pohon aren

terbesar didunia adalah Indonesia, sehingga dapat meningkatkan produksi limbah TKBA. TKBA berpotensi dijadikan karbon aktif untuk aplikasi elektroda sel superkapasitor karena memiliki kandungan lignoselulosa.

Bahan dasar pembuatan elektroda karbon aktif dari TKBA diperoleh dengan tahapan pra-karbonisasi, aktivasi kimia, karbonisasi dan aktivasi fisika. Tahapan pra-karbonisasi menggunakan oven pada suhu 200 °C selama 1 jam. Aktivator kimia yang digunakan adalah KOH 0,5 M. Tahapan karbonisasi dilakukan dengan mengaliri gas nitrogen dengan suhu yang divariasikan dan tahapan aktivasi fisika dilakukan dengan mengaliri gas CO₂.

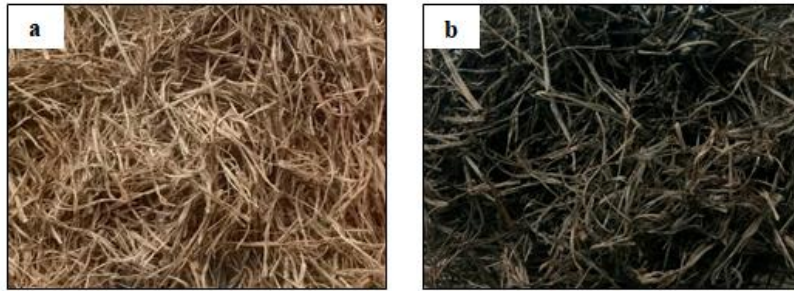
METODE PENELITIAN

Pembuatan elektroda karbon aktif berbahan dasar limbah biomassa TKBA melalui proses pengeringan sinar matahari hingga biomassa TKBA memiliki massa konstan. Proses pra-karbonisasi menggunakan oven pada suhu 200 °C selama 1 jam dan proses penghalusan dilakukan menggunakan mortar dan *ball milling*. Proses aktivasi kimia menggunakan aktivator kimia KOH 0,5 M. Pencetakan pelet menggunakan *hydraulic prees* dengan tekanan 8 ton ditahan selama 2 menit. Proses karbonisasi dan aktivasi fisika dilakukan secara terintegrasi, proses karbonisasi dilakukan menggunakan suhu 650 °C, 700 °C, 750 °C, dan 800 °C selama 1 jam dialiri gas nitrogen dan proses aktivasi fisika dilakukan menggunakan suhu 900 °C dialiri gas karbon dioksida selama 2,5 jam. Masing-masing sampel kemudian dilakukan pengujian sifat fisika.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penyusutan Massa Karbon

Proses pra-karbonisasi menyebabkan penyusutan massa dan perubahan warna pada tandan kosong buah aren dari warna coklat muda menjadi warna coklat kehitaman seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. TKBA (a) sebelum pra-karbonisasi (b) sesudah pra-karbonisasi.

Tabel 1. Persentase susut massa pra-karbonisasi.

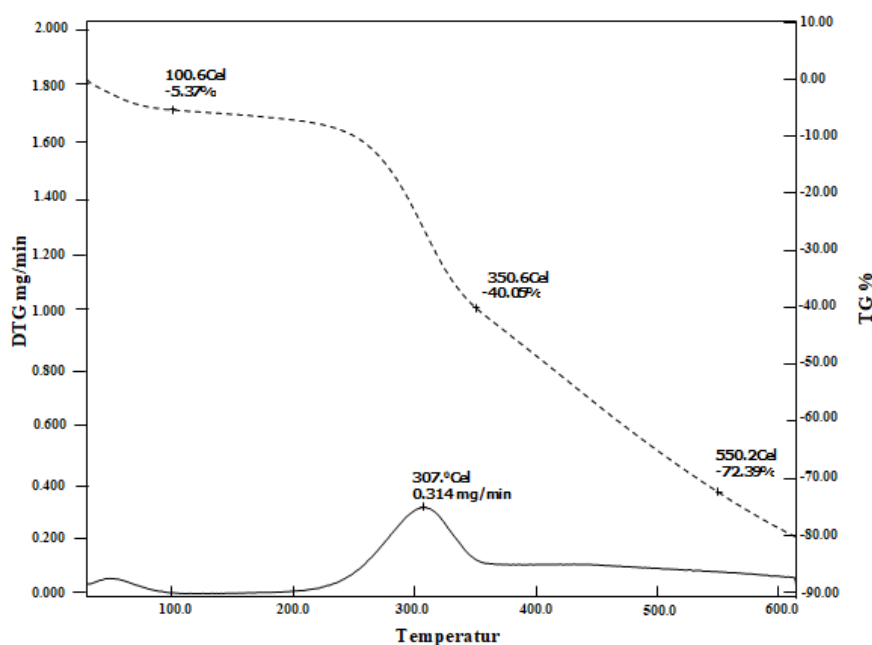
Nomor Pembakaran	Sesudah Pra-Karbonisasi (gr)	Susut Massa (%)
1	23,37	22,10
2	24,85	17,16
3	23,25	22,50
4	24,50	18,40
5	24,31	18,97
6	23,27	22,43
7	23,68	21,06
8	23,61	21,30
9	24,51	18,30
10	24,10	19,60
Rata-rata		20,182

Massa keseluruhan dari biomassa TKBA sebelum dilakukannya proses pra-karbonisasi

yaitu 300 gr dan massa keseluruhan sesudah dilakukan pra-karbonisasi adalah 239,45 gr. Jadi rata-rata persentase susut massa hasil dari pra-karbonisasi pada penelitian ini adalah 20,182%. Hal tersebut terjadi karena biomassa tandan kosong buah aren memulai pemutusan rantai ikatan lignoselulosa (lignin, selulosa dan hemiselulosa) menjadi lebih sederhana dan kadar air yang terkandung di dalam biomassa tandan kosong buah aren berkurang (proses dehidrasi).

Thermogravimetric Analysis

Thermogravimetric analisis bertujuan untuk menganalisis perilaku dari hemiselulosa, selulosa dan lignin dari biomassa tandan kosong buah aren selama proses dekomposisi.



Gambar 2. *Thermogravimetric* analisis.

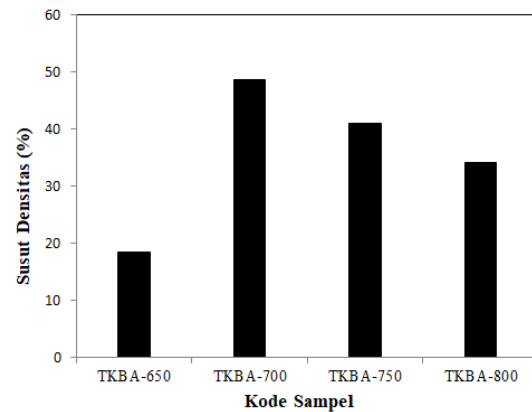
Pada Gambar 2, kurva yang menggunakan garis putus-putus adalah grafik *weight loss* (TG) fungsi waktu terhadap peningkatan temperatur yang menunjukkan bahwa pada suhu 100,6 °C terjadi susut massa 5,37% hal tersebut terjadi karena pelepasan uap air dan penguapan air dari biomassa tandan kosong buah aren (proses dehidrasi). Pada suhu 350,6 °C terjadi susut massa 40,05% hal tersebut terjadi karena dekomposisi zat volatil (hemiselulosa, selulosa dan lignin) secara bersamaan dari biomassa. Pada suhu 550,2 °C terjadi susut massa 72,39% kehilangan massa primer disebabkan oleh penguraian struktur polimer dalam lignin [17].

Kurva yang menggunakan garis lurus adalah kurva laju susut massa atau kurva *differential thermal gravimetry* (DTG) terhadap peningkatan temperatur yang menunjukkan susut massa yang terjadi secara signifikan pada suhu 307 °C dengan kecepatan penguraian sebesar 0,314 mg/min. Pada suhu tersebut penguraian senyawa lignoselulosa (hemiselulosa, selulosa dan lignin) secara bersamaan dan terjadi susut massa dengan persentase yang tinggi. Data DTG memperjelas hasil data dari TG yang menyimpulkan bahwa pada suhu 307 °C merupakan suhu tahanan termal untuk biomassa tandan kosong buah aren, suhu tersebut digunakan untuk suhu tahanan termal pada proses karbonisasi dan aktivasi fisika.

Hasil Analisis Densitas Elektroda Karbon

Gambar 3 memperlihatkan penyusutan densitas terjadi pada elektroda karbon TKBA-650, TKBA-700, TKBA-750, dan TKBA-800 setelah proses karbonisasi-aktivasi fisika masing-masing sebesar 18,499 gr/cm³, 48,759 gr/cm³, 40,944 gr/cm³ dan 34,197 gr/cm³. Penyusutan densitas tertinggi elektroda karbon dimiliki oleh TKBA-700 dikarenakan semakin tinggi suhu karbonisasi maka ikatan oksigen, hidrogen dan karbon menjadi lemah, hal tersebut menyebabkan mudahnya gas nitrogen mereduksi oksigen dan hidrogen terlepas dari

karbon (reaksi disosiasi). Reaksi disosiasi tersebut menyebabkan berkurangnya oksigen dan hidrogen dalam elektroda karbon sehingga terjadinya penyusutan massa.

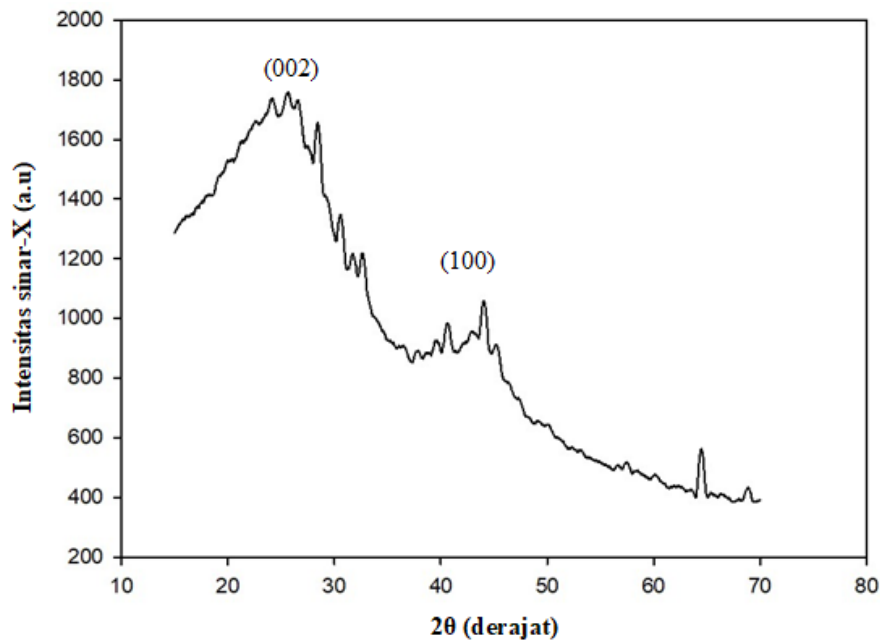


Gambar 3. Penyusutan densitas.

Elektroda karbon TKBA-750 dan TKBA-800 menunjukkan penyusutan densitas lebih kecil dibandingkan dengan TKBA-700 dikarenakan suhu karbonisasi semakin tinggi akan merusak elektroda karbon yang disebabkan oleh proses reduksi secara berlebihan [18]. Suhu karbonisasi 700 °C merupakan pemanasan terbaik untuk mendapatkan nilai densitas yang rendah sehingga didapatkan nilai porositas yang tinggi pada elektroda karbon TKBA.

Analisis Struktur Mikro Elektroda Karbon

Pada Gambar 4, difraktogram sinar-X untuk semua elektroda TKBA menunjukkan pola difraksi yang sama dengan dua puncak landai yang merupakan tipekal bahan karbon, pola tersebut muncul pada sudut difraksi sekitar 2θ sekitar 24° dan 44° yang sesuai dengan orientasi bidang (002) dan (100) [19]. Bidang (002) dan (100) mengindikasikan struktur karbon yang tidak teratur atau semikristalin dengan dua puncak yang landai [20], kesamaan pola difraksi pada setiap elektroda karbon menunjukkan bahwa, semua elektroda karbon dalam bentuk semikristalin.



Gambar 4. Pola Difraksi Sinar-X Elektroda Karbon.

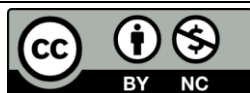
KESIMPULAN

Hasil dan pembahasan menunjukkan suhu karbonisasi 700 °C merupakan suhu terbaik untuk pembuatan elektroda karbon dari tandan kasong buah aren. Suhu tahanan termal serbuk karbon tandan kosong buah aren yaitu 307 °C yang digunakan untuk proses karbonisasi dan aktivasi fisika. Nilai densitas dari masing-masing elektroda karbon untuk suhu karbonisasi 650 °C, 700 °C, 750 °C, dan 800 °C adalah 0,832 g/cm³, 0,557 g/cm³, 0,622 g/cm³, dan 0,702 g/cm³. Analisis struktur mikro menunjukkan bahwa elektroda karbon bersifat amorf ditunjukkan dengan adanya puncak pada sudut 2θ sekitar 24° dan 44°.

REFERENSI

- Ahmed, S., Ahmed, A., & Rafat, M. (2019). Investigation on activated carbon derived from biomassa butnea monosperma and its application as a high performance supercapacitor Electroda. *Journal of Energy Stronge*, **26**, 1–10.
- Yin, L., Chen, Y., Zhou, X. L. D., Hou, B., & Cau, B. (2016). 3-dimensional hierarchical porous activated carbon derived from coconut fibers with high-rate performance for symmetric supercapacitors. *Materials and Design*, **111**, 44–50.
- Wang, Y. & Yang, Y. (2019). superhydrophobic surfaces-based redox-induced electricity from water droplets for self-powered wearable electronics. *Nano Energy*, **56**, 547–554.
- Awasthi, P. G., Bhattarai, P. D., Maharjan, B., Kim, K., Park, H. C., & Kim, S. C. (2018). synthesis and characterizations of activated carbon from wisteria sinensis seeds biomass for energy stronge applications. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, **24**, 561–756.
- Sun, G., Qiu, L., Zhu, M., Kang, K., & Guo, X. (2018). Activated carbons prepared by hydrothermal pretreatment and chemical activation of eucommia ulmoides wood for supercapacitors application. *Industrial Crops and Products*, **125**, 41–49.
- Mayyas, M. & Sahajwalla, V. (2019). Carbon nano-sponge with enhanced electrochemical properties: A new understanding of carbon activation. *Chemistry Engineeringi*, **358**, 980–991.

7. Khan, J. H., Marpaung, F., Young, C., Lin, J., Islam, M.T., Alsheri, S. M., Ahmad, T., Alhokbany, N., Ariga, K., Shrestha, L. K., Yamauchi, Y., Wu, K. C. W., Hossain, M. S. A., & Kim, J. (2019). Jute-derived microporous/mesoporous carbon with ultra-high surface area using a chemical activation process. *Microporous Mesoporous Mater*, **274**, 251–256.
8. Buczek, B. (2016). Preparation of Active Carbon by Additional Activation with Potassium Hydroxide and Characterization of Their Properties. *Advances in Materials Science and Engineering*, **2016**, 1–4.
9. Putri, M. S. D., Awitdrus, A., & Manullang, R. K. (2020). Penyerapan logam berat Pb Dan Cu menggunakan karbon aktif berbasis mahkota nanas dengan variasi konsentrasi kalium hidroksida. *Komunikasi Fisika Indonesia*, **17**(1), 30–34.
10. Kartikasari, N., Farma, R., & Awitdrus, A. (2018). Pengaruh aktivasi kimia dengan bantuan iradiasi gelombang mikro terhadap sifat fisis karbon aktif dari sekam padi sebagai adsorben. *Komunikasi Fisika Indonesia*, **15**(1), 71–76.
11. Saputrina, T. T., Iwantono, I., Awitdrus, A., & Umar, A. A. (2020). Performances of dye-sensitized solar cell (DSSC) with working electrode of aluminum-doped ZnO nanorods. *Science, Technology & Communication Journal*, **1**(1), 1–7.
12. Hidayat, T., Dewi, R., & Hamzah, Y. (2021). Effect of holding time on optical structure properties of Ba (Zr_{0.5}Ti_{0.5}) O₃ thin film using sol-gel method. *Science, Technology & Communication Journal*, **1**(2), 59–66.
13. Ayinla, T. R., Dennis, O. J., Zaid, M. H., Sanusi, K. Y., Usman, F., & Adebayo, L. L. (2019). A Review of technical advances of recent palm bio-waste conversion to activated carbon for energy storage. *Journal of Cleaner Production*, **229**, 1427–1442.
14. Maghfirah, I., Santoso, H., Syauqi, A. (2019). Uji rendemen nira dan gula semut aren (*Arange Pinnata Merr.*) hasil penyadapan pagi dan sore hari. *E-Jurnal Ilmiah Sains Alami*, **2**, 8–15.
15. Suryansyah., N., & Radian. (2018). Strategi pengembangan agribisnis gula aren di Kabupaten Sekadau. *Jurnal Social Economic of Agriculture*, **7**, 62–72
16. Ilyas, A. R., Sapuan, M. S., & Ishak, R. M. (2018). isolation and characterization of nanocrystalline cellulose from sugar palm fibres (*Arange Pinnata*), **181**, 1038–1051.
17. Basri, H. N., Deraman, M., Kanwal, S., Talib, A. I., & Manjunatha, G. J. (2013). Supercapacitors using binderless composite monolith electrodes from carbon nanotubes and pre-carbonized biomass residues. *SciverseSciencedirect*, **59**, 370–379.
18. Bani, M., Santjojo, H. D., & Masruroh. (2013). pengaruh suhu reaksi reduksi terhadap pemurnian karbon berbahan dasar tempurung kelapa. *Natural B*, **2**, 159–163.
19. Farma, R., Deraman, M., Awitdrus, Talib, I. A., Omar, R., Manjunatha, J. G., Ishak, M. M., & Dollah, B. N. M. (2013). Physical and electrochemical properation of supercapacitor electrodes derived from carbon nanotube and biomass carbon. *Int. J. Electrochem Sci.*, **8**, 257–273.
20. Feng, H., Hu, H., Dong, H., Xia, Y., Cai, B., Lei, Y., & Zheng, M. (2016). Hierarchical structured carbon derived from bagasse wastes: A simple and efficient synthesisroute and its improved electrochemical properties for high-performance supercapacitors. *Journal Power source*, **302**, 164–173.
- 21.



Artikel ini menggunakan lisensi
[Creative Commons Attribution
 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)