

Kajian Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) dari Perkembangan Teknologi Elektrifikasi Baterai Ponsel Pintar

Study of Greenhouse Gas (GHG) Emissions from the Development of Smartphone Battery Electrification Technology

Amrizarois Ismail^{1*}

¹ Program Studi Rekayasa Infrastruktur dan Lingkungan, UNIKA Soegijapranata Semarang

Email: amrizarois@unika.ac.id

*Penulis korespondensi: amrizarois@unika.ac.id

Direview: 1 September 2022

Diterima: 3 Oktober 2022

ABSTRAK

Baterai sebagai sumber energi bukan lagi teknologi yang baru dikenal dan penggunaannya sudah menjadi bagian dari kehidupan sejak bertahun-tahun lalu. baterai juga memiliki daya kemadaramatan (keburukan) terutama bagi lingkungan, diantaranya adalah dari sumbangsih karbon yang menghasilkan emisi Gas Rumah Kaca (GRK) sebagai salah satu biang pemanasan global (*global warming*) yang memicu perubahan iklim. Untuk mengetahui hal tersebut dilakukanlah penelitian kuantitatif dengan perhitungan konversi energi baterai *smarthone* menggunakan prinsip konversi karbon pada rumus *Intergovernmental Panel Climate Change* (IPCC). Berdasarkan hasil penelitian, diketahui penggunaan baterai *ponsel pintar* dalam satu dasa warsa terakhir mengalami peningkatan pesat mulai dari 60.431.616 ton CO₂ pada tahun 2011, pada tahun 2022 melonjak menjadi 447.672.960 ton CO₂. Hal ini menunjukkan peningkatan yang signifikan terhadap emisi karbon GRK dari perkembangan baterai *ponsel pintar*. dan membuktikan bahwa penggunaan teknologi baterai juga menghasilkan emisi karbon dari sumber sekunder dan tidak 100% ramah lingkungan, untuk itu langkah efisiensi energi dengan menggunakan *ponsel pintar* secara bijak diharapkan dapat memperkecil emisi karbon GRK yang dihasilkan dari penggunaan daya baterai dari smartpone secara berlebihan.

Kata kunci: Baterai, ponsel pintar, karbon, Gas Rumah Kaca, GRK.

ABSTRACT

Batteries as an energy source are no longer a known new technology; their use has been a part of life for many years. Batteries also have detrimental (bad) power, especially for the environment, including the contribution of carbon that produces Greenhouse Gas (GHG) emissions as one of the causes of global warming that triggers climate change. To find out, a quantitative study was conducted by calculating the energy conversion of smartphone batteries using the carbon conversion principle in the Intergovernmental Panel Climate Change (IPCC) formula. Based on the study's results, smartphone batteries use in the last decade has experienced a rapid increase starting from 60,431,616 tons of CO₂ in 2011, and 2022 soaring to 447,672,960 tons of CO₂. This shows a significant increase in GHG carbon emissions from smartphone battery development. and prove that the use of battery technology also produces carbon emissions from secondary sources and is not 100% environmentally friendly, therefore energy efficiency measures by using smartphones wisely are expected to reduce GHG carbon emissions due to the use of excessive battery power from smartphones.

Keywords: Battery, smartphone, carbon, greenhouse gases, GHG.

1. PENDAHULUAN

Jaman telah bergeser dan memasuki era teknologi yang memudahkan kehidupan kita sehari-hari yang dulu sempat kita anggap sebagai hal yang utopis dan mustahil tercapai. Hanya dalam interval waktu kurang lebih satu dekade, jaman seolah mengalami lompatan kuantum dalam perkembangan teknologi, dan Ponsel pintar menjadi salah satu produk masterpiece yang menjadi indikator lompatan tersebut.

Gawai kecil yang dapat dimasukan kantung tersebut memang sangat pantas dianggap sebagai sumber perkembangan teknologi sekaligus katalisator lahirnya berbagai teknologi baru sebagai pendukung, sebut saja Android, IOS dan aplikasi pendukungnya yang tentunya publik sudah mengakui kemudahan yang diperoleh melalui penggunaannya.

Perkembangan tersebut semakin menemui puncaknya ketika dunia menghadapi wabah pandemi covid 19. Keganasan wabah pandemi covid 19 yang lebih dari 2 tahun mendera dunia diketahui memaksa dunia untuk bergerak menuju perubahan dengan sangat cepat, kecepatannya menular dari manusia ke manusia lain yang menjadikan dunia sempat stagnan dengan aktivitas sosial yang memerlukan kontak fisik, mulai dari bekerja, bersekolah, hingga kegiatan ekonomi memaksa segala sesuatu dilakukan dengan mengandalkan media internet atau yang sering disebut online atau daring, seperti belanja online, bekerja dan belajar dari rumah (*work form home, school form home*), dan lainnya.

Transformasi model kegiatan dari offline atau fisik menjadi online atau virtual tersebut menempatkan ponsel pintar menjadi salah satu perangkat yang menjadi andalan manusia dalam memenuhi kebutuhannya. Hal inilah yang kemudian memacu teknologi ini berkembang cepat terutama dari sektor teknologi start up atau aplikasi pendukung. Perkembangan aplikasi atau start up pendukung akhirnya juga memaksa sektor hardware ponsel pintar turut mengembangkan teknologinya agar menungjang kinerja dari ponsel pintar itu sendiri dalam menjalankan aplikasi yang ada, salah satunya yang paling banyak dikembangkan adalah teknologi baterai sebagai sumber energinya (Mahendra et al., 2021).

Baterai merupakan rangkaian elektrik yang menghubungkan sel elektrokimia, untuk dapat menghasilkan arus listrik baterai memiliki terminal atau kontak input maupun output. Energi listrik yang dihasilkan oleh baterai berasal dari reaksi redoks pada anoda dan katoda yang menghasilkan suatu perubahan energi kimia. Baterai adalah suatu rangkaian tertutup yang berfungsi sebagai pengubahan dan penyimpanan energi dalam satu unit rangkaian kompartemen (Nasution, 2021).

Menurut Marfuatun, baterai umumnya dapat dibedakan menjadi tiga model yaitu baterai primer, baterai sekunder dan baterai khusus. Baterai primer merupakan baterai dengan satu kali pemakaian, baterai model ini menggunakan prinsip discharged, prinsip ini merupakan prinsip dengan proses pengosongan daya listrik yang tersimpan dalam baterai. Beberapa contoh baterai primer diantaranya adalah baterai karbon-seng (Lechanchē) dan baterai alkalin. Berikutnya baterai sekunder yang merupakan baterai yang bisa diisi daya kembali (*re-charge*), proses pengisian daya kembali dilakukan dengan mengisi kembali sel dengan mengembalikan daya arus listrik. Beberapa contoh baterai sekunder ini adalah baterai Nicad (nikel kadmium) dan baterai ion-lithium. Baterai yang terakhir adalah baterai khusus, yaitu baterai yang digunakan untuk memenuhi suatu kepentingan tertentu, misalnya baterai nikel-hidrogen dan litium-iodin. Pada penelitian ini, dilakukan suatu pengembangan material pada baterai ion-lithium. Ponsel pintar sendiri menggunakan jenis baterai ion-lithium. Jenis baterai ini juga banyak digunakan pada alat-alat yang portable, aplikasi-aplikasi yang membutuhkan densitas energi dan efisiensi penyimpanan yang cukup tinggi. Selain handphone atau ponsel pintar, Alat-alat portabel tersebut lain yang juga menggunakan jenis baterai ini adalah laptop, kamera digital dan lain-lain. Efisiensi dari baterai ion- lithium bisa mencapai 100% (Marfuatun, 2011).

Baterai sebagai sumber energi bukan lagi teknologi yang baru dikenal dan penggunaannya sudah menjadi bagian dari kehidupan sejak bertahun-tahun lalu. Sejak tahun 1800 M baterai ditemukan oleh Alessandro Volta, fisikawan asal Italia, baterai telah mengalami berbagai perkembangan mulai dari bentuk, fungsi penggunaan, hingga tentu saja besar daya elektrik atau kini dikenal dengan miliampere per hour (mAh) yang merupakan satuan daya tampung energi atau jumlah energi yang tersimpan di dalam baterai (Azizah, 2021). Perkembangan baterai dari ponsel pintar sendiri sudah cukup merepresentasikan perkembangan tersebut, sebut saja bentuk dan ukuran kecil dengan daya mAh yang semakin besar, yang jelas meningkatkan kemanfaatan baterai sebagai sumber daya elektrik.

Meski kemanfaatan baterai tidak terelakan lagi sebagai teknologi yang saat ini dianggap sebagai salah satu teknologi alternatif yang lebih efisien dalam penyimpanan dan penggunaan energi, namun bukan berarti teknologi ini tidak memiliki potensi yang menimbulkan kerusakan atau degradasi lingkungan hidup. Sama

halnya dengan ungkapan “tidak ada gading yang tidak retak”, baterai juga memiliki daya kemandaratan (keburukan) terutama bagi lingkungan, diantaranya adalah dari sumbangsih karbon yang menghasilkan Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) sebagai salah satu biang pemanasan suhu bumi (global warming) yang memicu perubahan iklim secara ekstrem (*climate change*) (Purwanto, 2019). Hal ini sangat beralasan ditambah lagi jika dihadapkan dengan perilaku kita sebagai pengguna ponsel pintar yang sering kali berlebihan dalam penggunaan gawai multifungsi ini. Salah satu perilaku tersebut adalah menggunakannya untuk bermain game *online*, hingga menonton video dan berlayar di laman media sosial hingga berjam-jam, sehingga dalam satu hari dapat menghabiskan daya listrik dalam baterai yang cukup besar dan berulang kali melakukan pengisian ulang daya baterai (Institute for Essential Services Reform, 2011).

Penelitian ini bertujuan untuk menunjukkan besaran karbon sebagai zat buang atau polutan yang secara akumulatif disebut sebagai emisi Gas Rumah Kaca (GRK) sebagai salah satu potensi baterai dalam menyumbang polutan sebagai salah satu zat buang yang menjadi faktor kerusakan lingkungan, sehingga diharapkan dapat memberikan gambaran bagi kita untuk dapat lebih bijak dalam menggunakan ponsel pintar dalam kehidupan sehari-hari.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini akan menggunakan metodologi kuantitatif yang merupakan metode penelitian yang menggunakan analisis statistik dan mengarah pada proses interpretasi data yang bermakna (Creswell, 2014). Untuk dapat menunjukkan besarnya emisi GRK yang dihasilkan oleh perkembangan baterai Ponsel pintar dari masa ke masa secara spesifik penelitian dilakukan dengan melakukan perhitungan perubahan energi listrik yang digunakan untuk elektrifikasi ponsel pintar yang umumnya menggunakan satuan mAh (Mili Ampere Hour) dikonversi menjadi kWh (kilo Watt hour), kemudian dilanjutkan dengan konversi menjadi karbon dengan menggunakan rumus perhitungan karbon dari Intergovernmental Panel Climate Change (IPCC), sebagai berikut:

a. Konversi mAh ke kWh

$$Wh = V \times Ih \quad (1)$$

Keterangan

| | | |
|----|---|--|
| Wh | : | Daya Jam dalam satuan Watt hour (Wh) |
| V | : | Tegangan dalam satuan Volt (V) |
| Ih | : | Arus Jam dalam satuan Ampere Hour (Ah). (1 Ah= 1000 mAh) |

(Teknik elektronika, 2020).

b. Rumus Konversi Karbon dari energi listrik

$$EC = KE \times FE \quad (2)$$

Keterangan

| | | |
|----|---|--|
| EC | : | Emisi Carbon |
| KE | : | Konsumsi Energi (Listrik: kWh) |
| FE | : | Faktor Emisi (Listrik di Jawa menggunakan standar Jawa, Madura, Bali yang disingkat Jamali yaitu 0,84) |

(Pedoman Teknis Perhitungan Baseline Emisi Gas Rumah Kaca Sektor Berbasis Energi, 2014)

Rumus tersebut akan disajikan dalam bentuk tabulasi menggunakan formula tabel Microsoft Excel. Adapun alur perhitungannya adalah: 1) mAh baterai pertahun akan dikonversi menjadi kWh, 2) kWh yang merupakan besaran konsumsi energi akan dikalikan dengan faktor emisi untuk dikonversi menjadi emisi karbon, 3) emisi karbon kemudian dikalikan dengan jumlah pengguna ponsel pintar tiap tahunnya untuk memperoleh emisi karbon total, 4) Emisi karbon total dengan satuan Kg CO₂ kemudian dikonversi menjadi ton CO₂ yang merupakan hasil akhir konversi karbon.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Perkembangan Elektrifikasi Baterai Ponsel Pintar

Pembahasan mengenai ponsel pintar mulai dari Android hingga IOS dewasa ini menjadi pembahasan yang cukup menarik, hal tersebut cukup beralasan melihat fungsi ponsel pintar yang saat ini tidak hanya menjadi alat komunikasi saja, melainkan juga alat yang dapat mempermudah manusia dalam memenuhi kebutuhan sehari-hari mulai dari kebutuhan informasi hingga pemenuhan kebutuhan ekonomi bahkan hiburan. Hal tersebut menjadikan kebutuhan akan ponsel pintar telah bergeser dari jenis kebutuhan sekunder menjadi kebutuhan primer, bahkan mungkin menjadi barang candu yang mana manusia akan terganggu apabila satu jam saja tidak membukanya. Besarnya kebutuhan tersebut menjadikan pelaku usaha atau produsen *ponsel pintar* ini setiap saat selalu berlomba mengembangkan teknologi ponsel pintar dari berbagai sektor, dan salah satu sektor yang terus dikembangkan adalah sektor sumber energinya yaitu baterai (Irfan et al., 2020).

Dalam kurun waktu lima hingga sepuluh tahun terakhir dapur pacu energi pada baterai ponsel pintar telah mengalami perkembangan pesat mulai dari bentuk dan ukuran hingga daya atau sering disebut micro Ampere hour (mAh), perkembangan tersebut dapat dilihat dari tabel dibawah ini:

Tabel 1. Perkembangan mAh ponsel pintar.

| No | Tahun | Jumlah Pengguna/Jiwa (Lokadata, 2020), (Liberty Jemadu, 2022) | Besar mAh baterai ponsel pintar (penelusuran brosur promosi) |
|----|-----------|--|--|
| 1 | 2011 | 249.800.000 | 1200 MAH |
| 2 | 2015 | 338.950.000 | 1500 MAH |
| 3 | 2017 | 435.190.000 | 2500 MAH |
| 4 | 2019 | 355.500.000 | 3000 MAH |
| 5 | 2020-2022 | 370.100.000 | 6000 MAH |

Tabel diatas menunjukkan data perkembangan elektrifikasi pada baterai ponsel pintar dari tahun 2011 hingga 2022. Data menunjukkan perkembangan daya baterai yang cukup signifikan yang ditunjukkan pada daya baterai ditahun 2011 sebesar 1200 MAH dengan pengguna sebanyak 249.800.000 pengguna, menjadi 6000 MAH pada tahun 2022 dengan pengguna sebanyak 370.100.000 pengguna.

3.2. Kajian Emisi Karbon GRK Baterai Ponsel Pintar

Perkembangan baterai pada ponsel pintar kini menjadikan penggunaan alat telekomunikasi dan hiburan saat ini menjadi semakin efisien dan praktis, hal tersebut karena manusia tidak perlu sesering mungkin mencari terminal untuk keperluan mengisi daya ulang baterai. Meskipun demikian, sebagai mana barang yang menggunakan konsumsi energi lainnya, penggunaan baterai ponsel pintar juga menyisakan secara permasalahan lingkungan yang seringkali luput dari perhatian publik, diantaranya adalah permasalahan emisi karbon yang menjadi faktor terbesar penyumbang gas rumah kaca (GRK) yang menyebabkan meningkatnya suhu bumi atau sering disebut pemanasan global atau *global warming*.

Tabel 2. Perkembangan daya baterai smartphne dari tahun 2010-2022.

| No | Tahun | mAh | IH | Volt (V) | KWH |
|----|-----------|------|-----|----------|------|
| 1 | 2010 | 1200 | 1,2 | 240 | 288 |
| 2 | 2015 | 1500 | 1,5 | 240 | 360 |
| 3 | 2017 | 2500 | 2,5 | 240 | 600 |
| 4 | 2019 | 3000 | 3 | 240 | 720 |
| 5 | 2020-2022 | 6000 | 6 | 240 | 1440 |

Emisi Karbon GRK sendiri merupakan zat buang atau polutan yang terdiri dari hidrokarbon (HC), nitrogen oksida (NOx), dan karbon monoksida (CO) (Astra, 2010). Secara akumulatif, penumpukan zat tersebut akan menjadi lapisan gas yang menyelubungi lapisan ozon dan menutup pelepasan panas dari bumi

sehingga mempengaruhi naiknya suhu di permukaan bumi. Hal tersebut diperparah adanya kerusakan lingkungan hutan diberbagai belahan bumi yang notabene menjadi *bio-engineer* utama dalam mengkonversi karbon menjadi oksigen (Ismail, 2020).

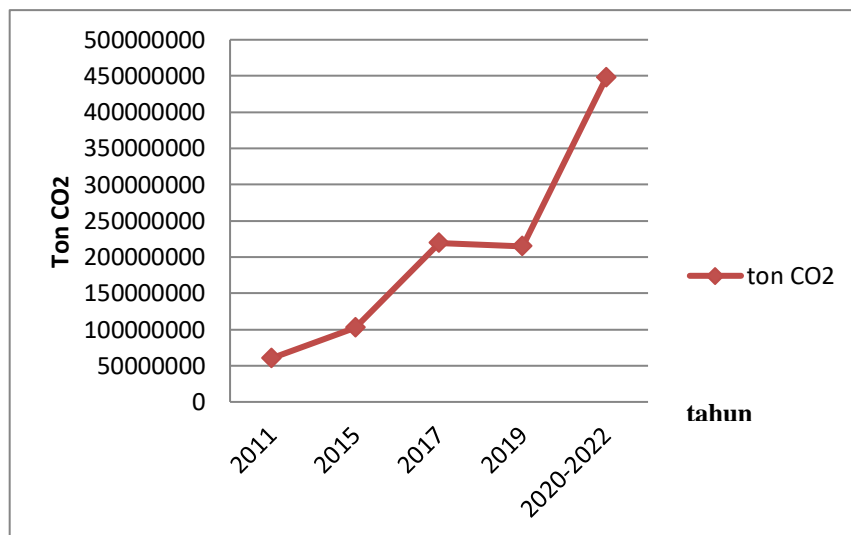
Perkembangan elektrifikasi baterai pada ponsel pintar sendiri turut menyumbang angka penghasil polutan dari karbon tersebut. Hal ini tentu melihat penggunaannya energi baterai ponsel pintar yang juga bertambah seiring perkembangannya. Perkembangan penggunaan daya pada baterai ponsel pintar ditunjukkan pada **Tabel-2**.

Untuk mengetahui berapa besaran emisi karbon GRK yang dihasilkan dari perkembangan penggunaan energi elektrik pada baterai ponsel pintar tersebut, dilakukanlah konversi energi elektrik ke karbon menggunakan rumus perhitungan emisi GRK dari IPCC, sebagaimana tertera dalam **Tabel-3**.

Tabel 3. besar Emisi karbon dari pengguna *ponsel pintar* dari masa ke masa

| No | Tahun | KE (KWH) | FE | EC (CO ₂ /k) | Pengguna Ponsel pintar | EC Total/Kg CO ₂ | ton CO ₂ |
|----|-----------|----------|------|-------------------------|------------------------|-----------------------------|---------------------|
| 1 | 2011 | 288 | 0,84 | 241,92 | 249.800.000 | 60.431.616.000 | 60.431.616 |
| 2 | 2015 | 360 | 0,84 | 302,4 | 338.950.000 | 102.498.480.000 | 102.498.480 |
| 3 | 2017 | 600 | 0,84 | 504 | 435.190.000 | 219.335.760.000 | 219.335.760 |
| 4 | 2019 | 720 | 0,84 | 604,8 | 355.500.000 | 215.006.400.000 | 215.006.400 |
| 5 | 2020-2022 | 1440 | 0,84 | 1209,6 | 370.100.000 | 447.672.960.000 | 447.672.960 |

Dari simulasi tersebut dapat diketahui bahwa emisi karbon Gas Rumah Kaca (GRK) dari perkembangan dan penggunaan baterai *ponsel pintar* dalam satu dasa warsa terakhir mengalami peningkatan pesat mulai dari 60.431.616 ton CO₂ pada tahun 2011, pada tahun 2022 melonjak menjadi 447.672.960 ton CO₂. Kenaikan emisi GRK tersebut secara terstruktur dapat digambarkan dalam **Gambar-1**.



Gambar 1. Grafik kenaikan Emisi GRK dari tahun 2011-2022

Grafik di atas menunjukkan peningkatan yang signifikan terhadap emisi karbon GRK dari perkembangan dan penggunaan baterai *ponsel pintar*. Dari tahun 2011 penggunaan daya baterai *ponsel pintar* menghasilkan emisi karbon sebesar 60.431.616 ton CO₂, kemudian meningkat pada tahun 2015 sebanyak 102.498.480 ton CO₂, pada tahun 2017 kembali meningkat sebanyak 219.335.760 ton CO₂, pada tahun 2019 sempat mengalami penurunan pada angka 215.006.400 ton CO₂, namun kembali melonjak ditahun 2020 hingga 2022 menjadi 447.672.960 ton CO₂. Angka secara akumulatif menunjukkan laju peningkatan yang signifikan dan menjadi beban terhadap lingkungan. Angka tersebut membuktikan bahwa penggunaan teknologi baterai juga menghasilkan emisi karbon dan tidak 100% ramah lingkungan. Sebagai mana penelitian yang dilakukan oleh Laila Febrina, Dedy Wahyudi, dan Refsiela Dwi Harki yang berjudul “Kajian Emisi Co2 Berdasarkan Jejak Karbon Sekunder Di Lingkungan Universitas Sahid Jakarta”

menyimpulkan bahwa energi elektrik yang dapat disimpan dalam instalasi baterai dapat menghasilkan emisi karbon gas rumah kaca. Emisi karbon yang dihasilkan dari teknologi ini merupakan emisi karbon dari diperoleh dari proses siklus produk-produk yang digunakan, dari pembuatan baik dari penggunaan bahan maupun alat atau mesin yang digunakan hingga penguraian limbah baterai (Febrina et al., 2021).

Besarnya penggunaan daya elektrik dan emisi karbon yang dihasilkan pada perkembangan ponsel pintar tersebut merupakan simulasi dalam penggunaan baterai sekali charge penuh dalam satu hari, tentu besaran polutan karbon tersebut dapat bertambah tergantung dari pola perilaku konsumsi energi ponsel pintar oleh manusia dalam satu harinya, misalkan saja dalam satu hari manusia melakukan berulang kali pengecharge-sen Ponsel pintar karena terlalu sering digunakan untuk hal-hal diluar kebutuhan misalkan saja game dan medsos yang berlebihan. Untuk itu langkah efisiensi energi dengan menggunakan ponsel pintar secara bijak diharapkan dapat memperkecil emisi karbon GRK yang dihasilkan dari penggunaan daya baterai dari ponsel pintar secara berlebihan.

4. KESIMPULAN

Ponsel pintar telah menjadi kebutuhan pokok yang tidak terelakan dari kehidupan manusia, hal tersebut mendorong cepatnya pertumbuhan teknologi pada perangkatan ponsel pintar, salah satunya pada sektor energi yaitu baterai. Pertumbuhan daya pada baterai ponsel pintar telah mengalami perkembangan yang cukup signifikan mulai dari daya 1000 mAh- 6000 mAh. Selain itu, perkembangan baterai ponsel pintar juga menyumbangkan buangan polutan berupa emisi karbon GRK yang cukup signifikan juga yaitu dari 60.431.616 ton CO₂ pada tahun 2011, pada tahun 2022 melonjak menjadi 447.672.960 ton CO₂. Untuk menghindari buangan emisi karbon GRK yang lebih besar lagi, hendaknya langkah bijak dalam menggunakan ponsel pintar perlu ditekankan dengan mengutamakan keperluan dibandingkan keinginan sehingga dapat menekan pengisian berulang baterai dalam satu hari.

SARAN

Bukan hanya dari sudut pandang emisi karbon, potensi degradasi alam oleh perkembangan teknologi juga dapat dilihat dari potensi eksploitasi sumber daya alam melalui kegiatan pertambangan. Sehingga Peneliti memberikan rekomendasi bagi peneliti selanjutnya untuk mengembangkan penelitian mengenai kajian konversi elektrik terhadap risiko dan potensi risiko degradasi alam dari sektor eksploitasi sumber daya alam.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terimakasih kepada seluruh civitas akademik Universitas katolik (UNIKA) Soegijapranata Semarang khususnya pada Program Studi Rekayasa Infrastruktur dan lingkungan (RIL) yang telah memberikan sumbangsih dalam hal pembangunan wacana dan peningkatan kapasitas serta pengetahuan peneliti dalam memahami konsep perhitungan karbon dan prinsip potensi kerusakan lingkungan dari sudut pandang disiplin toksikologi lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Astra, I. M. (2010). Energi dan Dampaknya Terhadap Lingkungan. *Jurnal Meteorologi Dan Geofisika*, 11(2), 127–135. <https://doi.org/10.31172/jmg.v11i2.72>
- Creswell, J. W. (2014). Research Design Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches. In *Proceedings of the Annual Conference of the International Speech Communication Association, INTERSPEECH*.
- Febrina, L., Wahyudi, D., & Dwi Harki, R. (2021). Kajian Emisi Co2 Berdasarkan Jejak Karbon Sekunder Di Lingkungan Universitas Sahid Jakarta. *Universitas Sahid Jakarta*, 3, 2021.
- Institute for Essential Services Reform. (2011). *Potensi Penurunan Emisi Indonesia Melalui Perubahan Gaya Hidup Individu*. https://www.iesr.or.id/files/report_kjk.pdf
- Irfan, I., Aswar, A., & Erviana, E. (2020). Hubungan *Ponsel pintar* Dengan Kualitas Tidur Remaja Di Sma Negeri 2 Majene. *Journal of Islamic Nursing*, 5(2), 95. <https://doi.org/10.24252/join.v5i2.15828>
- Ismail, A. (2020). Potensi Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca (Grk) Dalam Kegiatan Belajar Di Rumah Secara on-Line: Analisis Jejak Karbon (Carbon Footprint Analysis). *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan)*, 6(2), 195–203. <https://doi.org/10.20527/jukung.v6i2.9262>
- Laeli Nur Azizah. (2021). *Sejarah Penemu Baterai dan Perkembangannya*. Gramedia.Com. <https://www.gramedia.com/literasi/penemu-baterai/>

- Liberty Jemadu. (2022, June 18). Jumlah Perangkat Seluler di Indonesia Capai 370,1 Juta pada 2022. *Suara.Com*. <https://www.suara.com/tekno/2022/02/21/165644/jumlah-perangkat-seluler-di-indonesia-capai-3701-juta-pada-2022>
- Lokadata. (2020, January). Pengguna ponsel, 2011-2019. *Lokadata.Beritagar.Id*. <https://lokadata.beritagar.id/chart/preview/pengguna-ponsel-2011-2019-1586322602>
- Mahendra, A. Y. I., Pratama, E. B., Rudianto, E., Yasin, F., Abdillah, S., & Husain, B. A. (2021). Manfaat Teknologi Selama Masa Pandemi. *Jurnal PADMA: Pengabdian Dharma Masyarakat*, 1(4), 2–4. <https://doi.org/10.32493/jpdm.v1i4.13492>
- Marfuatun. (2011). Membran Elektrolit untuk Aplikasi Baterai Ion Lithium. *Prosiding SEMinar Nasional Penelitian, Pendidikan Dan Penerapan MIPA*, K-183-K-188.
- Nasution, M. (2021). Muslih Nasution Karakteristik Baterai Sebagai Penyimpan Energi Listrik Secara Spesifik. *Cetak) Journal of Electrical Technology*, 6(1), 35–40.
- Purwanto, A. J. (2019, August 17). Dilema Mobil Listrik dan Emisi Gas Rumah Kaca. *Kompas.Com*, 1. <https://www.kompas.com/tren/read/2019/08/17/074303565/dilema-mobil-listrik-dan-emisi-gas-rumah-kaca?page=all>
- Teknik elektronika. (2020). *Cara Menghitung Konversi mAh ke Wh (miliAmpere Hour ke Watt Hour)*. *Teknikelektronika.Com*. <https://teknikelektronika.com/cara-menghitung-konversi-mah-ke-wh-mili-ampere-hour-ke-watt-hour/>
- Pedoman Teknis Perhitungan Baseline Emisi Gas Rumah Kaca Sektor Berbasis Energi, 1 (2014).