

**INDONESIA'S INNOVATIVE RESEARCH COMPETITION
2022**

**PEMBANGUNAN EKONOMI HIJAU BERPOROSKAN PEMBATAAN KONSUMSI
DALAM RANGKA MENGURANGI DAMPAK NEGATIF TERHADAP
LINGKUNGAN DI INDONESIA**



Disusun oleh:

| | | |
|------------------------------|------------|--------|
| Rafi Prayoga Dhenanta | [10119104] | [2019] |
| Muhammad Pudja Gemilang | [10119055] | [2019] |
| Muhammad Nabil Fadhlurrahman | [10119065] | [2019] |

**INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG
BANDUNG
2021**

**LEMBAR PENGESAHAN ISOTERM
2022**

1. Judul Karya Tulis Ilmiah :
Pembangunan Ekonomi Hijau Berporoskan Pembatasan Konsumsi dalam Rangka
Mengurangi Dampak Negatif terhadap Lingkungan di Indonesia
 2. Sub Tema Karya Tulis Ilmiah : Pembangunan Ekonomi Hijau
 3. Nama Tim : Tiga Menantu Idaman
 4. Ketua Tim
 - i. Nama Lengkap : Rafi Prayoga Dhenanta
 - ii. NIM : 10119104
 - iii. Jurusan : Matematika
 - iv. Perguruan Tinggi : Institut Teknologi Bandung
 - v. Alamat Rumah dan No. Telp/Hp :
RT/RW 05/02, Desa Sumberingin, Kecamatan Karangan, Trenggalek, Jawa Timur
 - vi. Alamat *e-mail* : rafibinpepe@gmail.com
 5. Anggota Tim : 3 orang
 6. Dosen Pembimbing
 - i. Nama Lengkap dan Gelar : Dr. Atmawi Darwis. S.Hut,
M.Si ii. NIP/NIDN/NIDK : 111000012/0402107507
 - iii. Alamat Rumah dan No. Telp/Hp : Cluster Lumbung Indah no 7 Rt 03 Rw
10, Desa Cikeruh, Kec. Jatinangor, Kab. Sumedang
- Trenggalek, 27 Desember 2021

Menyetujui,
Dosen Pembimbing



(Atmawi Darwis)
(111000012)

Ketua Tim



(Rafi Prayoga Dhenanta)
(10119104)

Mengetahui,

Ketua Program Studi Sarjana Matematika



Dr. Nuning Nuraini
NIP. 197404141999032001

LEMBAR ORISINALITAS KARYA TULIS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

1. Nama lengkap Ketua: Rafi Prayoga Dhenanta
NIM : 10119104
Tempat/tanggal lahir : Trenggalek, 26 November 2000
Jurusan/Fakultas : Matematika/FMIPA
Perguruan Tinggi : Institut Teknologi Bandung
2. Nama Lengkap Anggota 1 : M Nabil Fadhlurrahman
NIM : 10119065
Tempat/tanggal lahir : Bandung, 18 Juni 2000
Jurusan/Fakultas : Matematika/FMIPA
Perguruan Tinggi : Institut Teknologi Bandung
3. Nama Lengkap Anggota 2 : Muhammad Pudja Gemilang
NIM : 10119055
Tempat/tanggal lahir : Bekasi, 28 Oktober 2001
Jurusan/Fakultas : Matematika/FMIPA
Perguruan Tinggi : Institut Teknologi Bandung

Dengan ini menyatakan bahwa seluruh dokumen karya ilmiah dengan judul “Pembangunan Ekonomi Hijau Berporoskan Pembatasan Konsumsi dalam Rangka Mengurangi Dampak Negatif terhadap Lingkungan di Indonesia” yang kami ikut sertakan dalam lomba ISOTERM (*Indonesia's Innovative Research Competition*) 2022 yang diselenggarakan oleh Himpunan Mahasiswa Kimia “AMISCA” Institut Teknologi Bandung ini adalah **ASLI** karya kami dan bukan merupakan plagiarisme dari karya orang lain. Apabila dikemudian hari pernyataan ini tidak benar maka saya bersedia menerima sanksi yang ditetapkan oleh panitia ISOTERM 2022 berupa diskualifikasi dari kompetisi.

Trenggalek, 27 Desember 2021

Ketua Tim



Rafi Prayoga Dhenanta)
(10119104)

DAFTAR ISI

| | |
|---|-----|
| Lembar Pengesahan ISOTERM 2022 | i |
| Lembar Orisinalitas Karya Tulis | ii |
| Daftar Isi | iii |
| Daftar Gambar | iv |
| Daftar Tabel | v |
| Abstrak | vi |
| Bab I: Pendahuluan | 1 |
| Latar Belakang | 1 |
| Rumusan Masalah | 1 |
| Tujuan Penelitian | 2 |
| Manfaat Penelitian | 2 |
| Penafian | 2 |
| Bab II: Tinjauan Pustaka | 3 |
| Landasan Teori | 3 |
| Konsep Penelitian | 3 |
| Bab III: Metode Penelitian | 4 |
| Metode Penelitian | 4 |
| Alur Berpikir | 5 |
| Sumber Data | 5 |
| Asumsi | 6 |
| Variabel Penelitian | 7 |
| Penafian | 7 |
| Bab IV: Hasil dan Pembahasan | 8 |
| Prediksi Kondisi Indonesia Tahun 2045 Berdasarkan Model | 8 |
| Kajian Solusi | 14 |
| Bab V: Kesimpulan dan Saran | 17 |
| Daftar Pustaka | 18 |
| Lampiran | 19 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 1: Kalkulator Tapak Ekologi 1 | 6 |
| Gambar 2: Kalkulator Tapak Ekologi 2 | 6 |
| Gambar 3: Kalkulator Tapak Ekologi 3 | 6 |
| Gambar 4: <i>Scatter-pot</i> PDB_Indo dan EF_Indo | 8 |
| Gambar 5: <i>Scatter-pot</i> PDB_World dan EF_World | 8 |
| Gambar 6: <i>Scatter-pot</i> PDB_2016 dan EF_2016 | 9 |
| Gambar 7: Grafik Regresi Linier Sederhana PDB_Indo dan EF_Indo | 11 |

DAFTAR TABEL

Tabel 1: Perbandingan Kondisi Indonesia 2016 dengan Prediksi 2045

14

ABSTRAK

Pada tahun 2004, *The United Nations' High-Level Panel on Threats, Challenges, and Change* memasukkan degradasi atau kerusakan lingkungan sebagai salah satu dari sepuluh ancaman terbesar terhadap kemanusiaan. Banyak penelitian yang telah dilakukan untuk mengetahui faktor-faktor penyebab kerusakan lingkungan hingga pencegahannya. Saat ini, dua faktor utama yang dipercaya menjadi penyebab kerusakan lingkungan adalah ukuran populasi manusia dan tingginya tingkat konsumsi manusia terhadap sumber daya alam. Penelitian ini bertujuan mencari penyebab terbesar kerusakan lingkungan pada masa mendatang sehingga dapat dipilih strategi mitigasi yang tepat dalam konteks pembangunan ekonomi hijau. Salah satu metode untuk melakukan kalkulasi dari dampak atau pengaruh manusia terhadap lingkungan adalah dengan menggunakan model $I = PAT$, dengan dampak manusia terhadap lingkungan (I) yang dihitung dari perkalian tiga variabel, yaitu populasi (P), kemakmuran (A), dan teknologi (T). Pada penelitian ini, penulis meneliti model tersebut menggunakan pendekatan tapak ekologi dan *GDP* (PDB) per kapita untuk mendekati variabel kemakmuran (A). Dari proses penelitian menggunakan koefisien korelasi *Pearson*, *Spearman*, dan *Kendall's Tau*, ditemukan korelasi positif antara PDB per kapita dengan tapak ekologi. Hal ini diperkuat dengan analisis grafik baik secara langsung maupun dengan melihat *trend* menggunakan *machine learning*. Berbekal informasi tersebut penulis membuat prediksi untuk Indonesia tahun 2045 menggunakan model ekstrapolasi regresi linier dan diperoleh angka kerusakan akibat tingginya tingkat konsumsi saja meningkat hampir 100% dan angka kerusakan akibat jumlah populasi saja meningkat sekitar 25%. Dapat disimpulkan bahwa kerusakan di masa depan yang diakibatkan oleh tingginya tingkat konsumsi jauh lebih besar daripada kerusakan yang diakibatkan oleh banyaknya populasi. Berdasarkan penemuan tersebut seharusnya pembangunan ekonomi hijau lebih terfokus ke arah pembatasan konsumsi, seperti pemberian dan/atau penambahan pajak karbon dan merubah *mindset* konsumerisme masyarakat Indonesia.

Kata Kunci : tapak ekologi, PDB, model, prediksi, pembatasan konsumsi

BAB 1

PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Pada tahun 2004, *The United Nations' High-Level Panel on Threats, Challenges, and Change* memasukkan degradasi atau kerusakan lingkungan sebagai salah satu dari sepuluh ancaman terbesar terhadap kemanusiaan. Beberapa contoh kerusakan lingkungan yang cukup populer antara lain hutan gundul serta berbagai pencemaran tanah, air, dan udara. Kerusakan lingkungan tersebut mengakibatkan menurunnya kualitas hidup manusia contohnya adalah tercemarnya sungai berakibat pada masalah kesehatan penduduk di sekitar sungai. Terlebih lagi kerusakan lingkungan juga berpotensi menimbulkan korban jiwa dan harta benda, contohnya banjir.

Saat ini, dua faktor utama yang dipercaya menjadi penyebab kerusakan lingkungan adalah ukuran populasi manusia dan tingginya tingkat konsumsi manusia terhadap sumber daya alam yang berakibat pada alih fungsi lahan maupun overeksploitasi sumber daya alam. Penyebab kerusakan lingkungan yang paling signifikan harus ditemukan untuk menentukan strategi yang tepat dan efektif untuk mengurangi potensi kerusakan lingkungan di masa depan. Untuk menentukan penyebab tersebut dilakukanlah proses matematis sehingga hasil yang didapat jauh dari kata bias secara sains.

Ukuran populasi adalah sebuah satuan eksplisit yang didapat melalui sensus sementara tingkat konsumsi adalah suatu ukuran yang belum terdapat satuan pastinya. Karena belum terdapat satuan resminya, tingkat konsumsi masyarakat didekati dengan tapak ekologi konsumsi. Tapak ekologi konsumsi adalah ukuran banyaknya lahan yang dibutuhkan oleh seluruh manusia untuk mencukupi kebutuhan konsumsi mereka. Dalam hal ini tapak ekologi konsumsi juga mencakup konsumsi sumber daya fosil maupun sumber daya *renewable*. Salah satu model yang mendekati potensi kerusakan lingkungan berdasarkan populasi dan tapak ekologi adalah model *IPAT*. Dari model tersebut akan diprediksi kerusakan lingkungan di masa mendatang serta penyebab-penyebabnya yang paling signifikan sehingga poros pembangunan ekonomi hijau Indonesia sebaiknya didasarkan pada langkah-langkah mengurangi kerusakan lingkungan akibat suatu penyebab yang paling signifikan.

2. Rumusan Masalah

Dari latar belakang di atas dirumuskan beberapa rumusan masalah sebagai berikut,

- a. Bagaimanakah prediksi kerusakan lingkungan pada tahun 2045 di Indonesia apabila dibandingkan dengan tahun 2016?
- b. Langkah apa yang seharusnya diambil oleh pemerintah untuk mengurangi potensi kerusakan lingkungan di masa mendatang?

3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang serta rumusan masalah di atas dapat dijabarkan tujuan dari penelitian ini yaitu,

- a. Memprediksi potensi kerusakan lingkungan di Indonesia pada tahun 2045 apabila dibandingkan dengan data di tahun 2016 dan
- b. Mengkaji solusi yang mungkin untuk diimplementasikan dalam rangka pencegahan kerusakan lingkungan di masa mendatang.

4. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah untuk memberi gambaran secara kasar akan potensi kerusakan lingkungan yang mungkin terjadi di Indonesia pada tahun 2045 yang selanjutnya gambaran tersebut diharapkan mampu digunakan sebagai dasar kajian-kajian lebih lanjut lainnya yang berkaitan dengan penelitian ini.

5. Penafian

Penelitian ini murni dihasilkan oleh daya kreativitas peneliti. Apabila ada suatu bagian yang tidak sengaja ter kutip oleh penulis tanpa menyertakan sumber asli, silahkan mengirim *e-mail* ke rafibinpepe@gmail.com untuk dikoreksi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Landasan Teori

Berikut ini merupakan beberapa teori yang digunakan dalam penelitian ini,

a. Model IPAT

Berdasarkan *Encyclopedia of Global Change*, I = PAT adalah formulasi model matematika yang dikembangkan oleh seorang ahli biologi bernama Paul Ehrlich dan seorang *Environmental Scientist* John Holdren yang berusaha menjelaskan faktor-faktor yang dapat berpengaruh terhadap lingkungan. Pada model ini, terdapat tiga variabel prediktor, yaitu *Population* (P), *Affluence* (A), dan *Technology* (T).

b. Tapak Ekologi

Berdasarkan *The Oxford Companion to Global Chang*, tapak ekologi merupakan suatu ukuran yang dinyatakan sebagai banyaknya lahan yang diperlukan untuk mempertahankan penggunaan sumber daya alam di suatu wilayah.

II.2 Konsep Penelitian

Penelitian ini menggunakan beberapa konsep berpikir sebagai pendukungnya. Konsep-konsep tersebut di antaranya,

a. Pendekatan Variabel Model Menggunakan Variabel Lain

Pendekatan variabel model menggunakan variabel lain bertujuan untuk merepresentasikan suatu atau beberapa variabel dalam model dengan menggunakan pendekatan variabel lain untuk memudahkan analisis dan pemodelan masalah. Pendekatan dengan menggunakan variabel biasa digunakan jika variabel yang digunakan dalam pemodelan tergolong sulit untuk didapatkan / digunakan, sehingga diperlukan pendekatan variabel lain yang dapat membantu analisis pada model masalah.

b. Penyederhanaan Masalah Menggunakan Asumsi

Secara definisi, asumsi merupakan pernyataan yang dapat diuji kebenarannya dengan menggunakan percobaan dalam penelitian. Dalam percobaan, masalah dunia nyata yang tidak ideal terkadang sulit untuk diteliti. Oleh sebab itu, perlu dilakukan beberapa penyesuaian keadaan dengan asumsi - asumsi tertentu yang dapat memudahkan keberjalanan penelitian tanpa mengubah hasil penelitian secara signifikan.

BAB III

METODE PENELITIAN

III.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode kuantitatif berupa studi korelasional yang dilanjutkan dengan analisis prediktif menggunakan metode ekstrapolasi regresi linier sederhana. Untuk kajian solusinya akan digunakan metode kualitatif berupa studi kasus sederhana. Berikut penjelasan secara singkatnya,

a. Metode Penelitian Kuantitatif

Metode penelitian kuantitatif yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode statistika dengan penelitian deskriptif, penelitian korelasional, penelitian kausal komparatif, dan statistika inferensi. Penelitian deskriptif digunakan untuk melihat tren dari setiap variabel pada model. Penelitian korelasional digunakan untuk mengetahui korelasi antara beberapa variabel pada model, dalam hal ini variabel GDP per kapita, tapak ekologi konsumsi per kapita, dan *impact* (I). Penelitian kausal komparatif digunakan sebagai lanjutan penelitian korelasional untuk mengetahui dan membandingkan kausalitas antara tiap dua variabel pada model.

b. Studi Korelasional

Menurut Suryabrata (2008), penelitian korelasional adalah penelitian yang bertujuan untuk meneliti sejauh mana variasi - variasi pada suatu faktor memiliki kaitan dengan variasi - variasi pada satu atau lebih faktor berdasarkan pada koefisien korelasi. Metode korelasional biasanya digunakan untuk mengetahui apakah ada hubungan yang kuat / lemah antara dua variabel sehingga dapat memberikan gambaran awal bagi peneliti untuk dapat melakukan penelitian yang lebih lanjut.

c. Metode Ekstrapolasi

Menurut Primandari (2013), ekstrapolasi adalah metode yang digunakan untuk memprediksi nilai dari suatu data atau fungsi yang berada di luar interval (data awal yang telah diperoleh). Metode ini melakukan estimasi fungsi $f(x)$ untuk sebarang nilai x dengan menginterpolasi kurva linear / non-linear untuk semua nilai x dan melakukan ekstrapolasi nilai x di luar data historis.

d. Regresi Linier Sederhana

Regresi linier sederhana merupakan model regresi linear yang terdiri dari satu variabel prediktor (variabel bebas) dan satu variabel respons. Regresi linier sederhana biasa digunakan untuk memodelkan hubungan linear antara variabel bebas dan variabel respons yang didefinisikan oleh persamaan matematika berikut.

$$y = \beta_0 + \beta_1 x$$

dimana β_0 adalah *intercept* dan β_1 adalah *slope*/kemiringan dari garis regresi.

e. Metode Kualitatif Studi Kasus

Metode kualitatif merupakan metode penelitian yang bersifat deskriptif dan cenderung mencari data yang didapatkan dari penelitian secara argumentatif. Menurut Sugoyono (2014), metode kualitatif dapat disebut sebagai metode penelitian naturalistik karena penelitiannya dilakukan pada kondisi yang alamiah (*natural setting*).

III.2 Alur Berpikir

Karena dalam penelitian ini terdapat dua tujuan utama, alur berpikir akan dibagi menjadi dua garis besar sesuai dengan masing-masing tujuan penelitian yang ingin dicapai.

1. Prediksi Potensi Kerusakan Lingkungan Indonesia 2045

Berikut alur berpikir untuk memprediksi kerusakan lingkungan di Indonesia pada tahun 2045,

1.1 Dari model *IPAT*, peneliti mendekati nilai perkalian antara variabel *Affluence* (A) dan variabel *Technology* (T) dengan variabel baru yaitu *Tapak Ekologi*. Asumsi ini didasarkan pada salah satu tolok ukur dari tapak ekologi sendiri adalah teknologi pada suatu waktu ketika pengukuran tersebut dilakukan. Agar asumsi ini benar, peneliti hanya perlu membuktikan bahwa variabel *Affluence* (A) dapat mempengaruhi tapak ekologi.

1.2 Dalam dunia nyata, variabel *Affluence* nilainya sering dikaitkan dengan nilai PDB (Produk Domestik Bruto) per kapita. Oleh karena itu peneliti akan membuktikan bahwa *Affluence* yang didekati oleh PDB per kapita akan mempengaruhi tapak ekologi. Metode yang digunakan adalah menggunakan korelasi statistika dan analisis inferensial regresi linier sederhana.

1.3 Peneliti membuat model prediksi kerusakan lingkungan di Indonesia pada masa mendatang berdasarkan model regresi linier sederhana.

2. Kajian Solusi

Kajian solusi diawali dengan memberikan jawaban atas pertanyaan klasik tentang signifikansi antara jumlah populasi dibandingkan dengan tingkat konsumsi dalam mempengaruhi kerusakan lingkungan. Setelah jawaban berdasarkan model prediksi telah dirumuskan, kajian selanjutnya akan dilakukan secara argumentatif untuk memperkuat hasil prediksi berdasarkan data.

III.3 Sumber Data

Terdapat beberapa sumber data yang digunakan dalam penelitian ini, di antaranya

- Data Tapak Ekologi
<https://data.world/footprint/nfa-2019-edition>
- Data PDB Per Kapita dan Populasi
<https://www.macrotrends.net/countries/IDN/indonesia/population>
<https://www.macrotrends.net/countries/IDN/indonesia/gdp-gross-domestic-product>

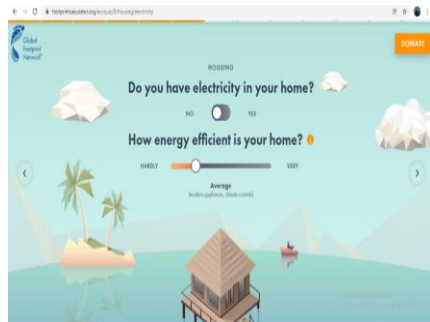
<https://www.macrotrends.net/countries/IDN/world/population>
<https://www.macrotrends.net/countries/WLD/world/gdp-per-capita>
<https://databank.worldbank.org/>

III.4 Asumsi

Di bawah ini adalah beberapa asumsi yang digunakan dalam penelitian ini,

1. Variabel *Technology* dalam model *IPAT* sudah masuk ke dalam variabel *Tapak Ekologi* secara sendirinya dan jumlahnya pada model prediksi diasumsikan mengikuti nilai dari variabel *Tapak Ekologi*. Hal ini dikarenakan dalam menentukan nilai *Tapak Ekologi* dibutuhkan nilai dari variabel *Technology*.

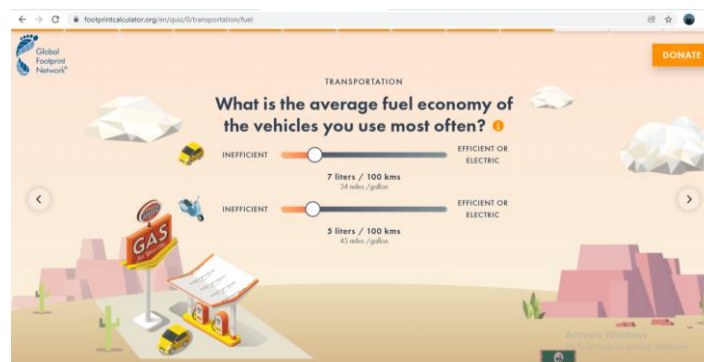
Berikut ilustrasi yang penentuan nilai tapak ekologi konsumsi berdasarkan situs <https://www.footprintcalculator.org/>,



Gambar 1: Kalkulator Tapak Ekologi 1



Gambar 2: Kalkulator Tapak Ekologi 2



Gambar 3: Kalkulator Tapak Ekologi 3

Data yang digunakan dalam penelitian ini, khususnya data untuk tapak ekologi, sama dengan data yang ada pada situs di atas. Peneliti menggunakan referensi lain sebagai sumber data dikarenakan lisensi penggunaan data lengkap dari situs di atas belum diberikan. Tetapi nilai untuk variabel *Tapak Ekologi* sama untuk kedua situs, baik yang dijadikan referensi (situs <https://data.world/footprint/nfa-2019-edition>) maupun yang bukan (situs <https://www.footprintcalculator.org/>)

2. Nilai dari variabel *A* (*Affluence*) diasumsikan dapat didekati dengan nilai produk domestik bruto per kapita. Hal ini sesuai dengan kondisi lapangan yang mengukur tingkat kemakmuran suatu bangsa berdasarkan ekonominya.
3. Nilai dari variabel *Impact* (*I*) dalam model *IPAT* diasumsikan dapat mendekati nilai dari tingkat kerusakan lingkungan. Hal ini dikarenakan model *IPAT* yang kita

bangun dari variabel *Tapak Ekologi* merupakan nilai yang menyatakan banyaknya lahan yang dibutuhkan untuk mencukupi kebutuhan hidup seluruh manusia (dalam satuan *bumi*). Semakin besar nilai *Impact* maka potensi eksploitasi lahan secara berlebihan akan semakin besar dan berujung pada membesarnya potensi kerusakan lingkungan akibat eksploitasi yang berlebihan.

III.5 Variabel Penelitian

Di bawah ini adalah daftar variabel yang digunakan dalam penelitian ini beserta maknanya,

1. I : *Impact* atau nilai yang menyatakan tingkat kerusakan lingkungan
2. P : Populasi
3. A : *Affluence* atau tingkat kemakmuran
4. T : *Technology* atau tingkat teknologi
5. EF_Indo : Tapak ekologi konsumsi per kapita Indonesia
6. EF_World : Tapak ekologi konsumsi per kapita seluruh dunia
7. EF_2016 : Tapak ekologi konsumsi per kapita setiap negara di seluruh dunia pada tahun 2016
8. PDB_Indo : Produk domestik bruto (PDB) per kapita Indonesia
9. PDB_World : Produk domestik bruto (PDB) per kapita seluruh dunia
10. PDB_2016 : Produk domestik bruto (PDB) per kapita setiap negara di seluruh dunia pada tahun 2016

III.6 Penafian

1. Variabel I adalah variabel yang nantinya akan digunakan sebagai penentu kerusakan lingkungan. Variabel ini tidak memiliki satuan yang pasti dalam model *IPAT* yang dimodifikasi menjadi perkalian antara variabel tapak ekologi dengan populasi. Hal ini tidak akan menjadi masalah dalam penelitian ini dikarenakan nilai dari variabel I pada akhirnya hanya akan dijadikan indikator pembandingan antara sebuah kasus dengan kasus lainnya di masa mendatang.
2. Pembacaan titik dan koma untuk hitungan maupun formula dalam penelitian ini tidak konsisten dikarenakan menggunakan *software* luar negeri yang membaca koma Indonesia sebagai titik. Contohnya desimal 3,14 ditulis 3.14.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

IV.1 Prediksi Kondisi Indonesia Tahun 2045 Berdasarkan Model

Berdasarkan model *IPAT*, maka variabel *I* merupakan perkalian dari tiga buah variabel lainnya, yaitu *P* (*Population*), *A* (*Affluence*), dan *T* (*Technology*). Dalam penelitian ini peneliti menggunakan pendekatan lain yang serupa, yaitu menjadikan perkalian antara variabel *A* dan *T* menjadi sebuah variabel baru, yaitu tapak ekologi. Jadi penentu kerusakan lingkungan, yaitu variabel *I*, nilainya akan berupa perkalian antara banyak populasi (*P*) dengan nilai dari tapak ekologi.

Berdasarkan uraian pada III.2, maka peneliti hanya akan membuktikan bahwa nilai variabel *A* yang didekati oleh produk domestik bruto (PDB) per kapita mempengaruhi nilai tapak ekologi konsumsi per kapita. Pembuktian ini dilakukan dalam dua tahap, yakni uji korelasi dan analisis regresi linier sederhana.

Uji Korelasi

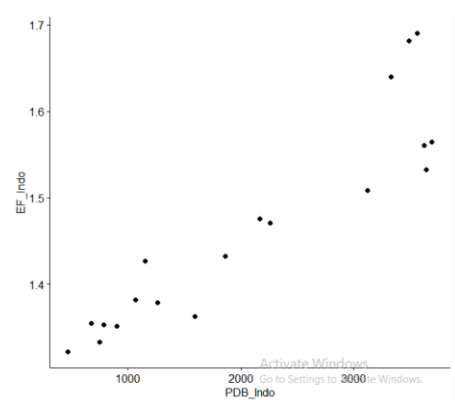
Berikut adalah hipotesis yang dibangun,

H_0 : Tidak terdapat hubungan antara PDB dengan tapak ekologi

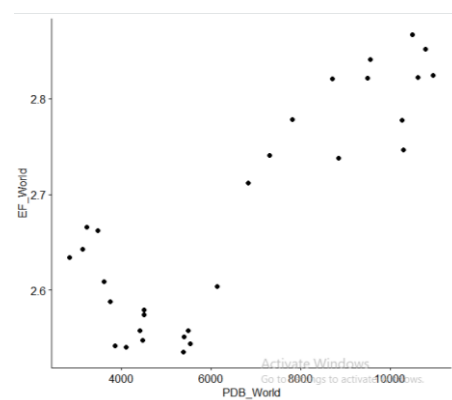
H_1 : Terdapat hubungan antara PDB dengan tapak ekologi

Untuk mendapatkan gambaran yang lebih luas tentang hasilnya, maka uji korelasi akan dilakukan pada tiga *dataset*, yaitu GDP_Indo dengan EF_Indo, GDP_World dengan EF_World, dan GDP_2016 dengan EF_2016. Karena distribusi dari data tidak diketahui maka peneliti akan menggunakan koefisien korelasi *Spearman* dan *Kendall* yang tidak memerlukan syarat kenormalan distribusi dalam penggunaannya.

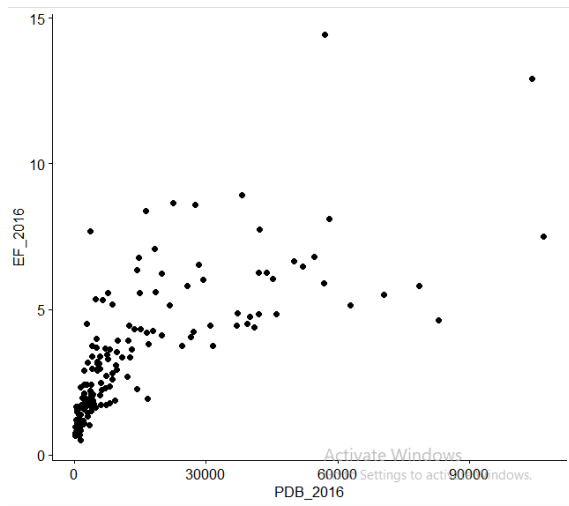
Berikut *scatter-plot* dari ketiga *dataset*,



Gambar 4: *Scatter-plot* PDB_Indo dan EF_Indo



Gambar 5: *Scatter-plot* PDB_World dan EF_World



Gambar 6: Scatter-plot PDB_Indo dan EF_Indo

Dari ketiga gambar di atas dapat dilihat adanya gejala korelasi antara PDB per kapita dengan tapak ekologi konsumsi per kapita. Selanjutnya akan ditinjau secara matematis tentang gejala korelasi yang ditemukan dalam gambar.

- Data Indonesia (PDB_Indo dan EF_Indo)
Berikut *output* dari *software* RStudio,

Spearman's rank correlation rho

```
data: PDB_Indo and EF_Indo
S = 90, p-value = 1.502e-06
alternative hypothesis: true rho is not equal to 0
sample estimates:
rho
0.9210526
```

Kendall's rank correlation tau

```
data: PDB_Indo and EF_Indo
T = 151, p-value = 2.977e-07
alternative hypothesis: true tau is not equal to 0
sample estimates:
tau
0.7660819
```

Dapat dilihat bahwa masing-masing nilai koefisien korelasi *Spearman* dan *Kendall* adalah 0.9210526 dan 0.7660819 dengan *p-value* yang sangat kecil. Nilai koefisien korelasi tersebut cukup besar sehingga disimpulkan dalam *dataset* ini kita dapat menyimpulkan adanya korelasi antara PDB per kapita dengan tapak ekologi konsumsi per kapita di Indonesia.

- Data Dunia (PDB_World dan EF_World)
Berikut *output* dari *software* RStudio,

Spearman's rank correlation rho

data: PDB_World and EF_World
S = 1386, p-value = 3.709e-05
alternative hypothesis: true rho is not equal to 0
sample estimates:
rho
0.6916574

Kendall's rank correlation tau

data: PDB_World and EF_World
T = 323, p-value = 9.989e-05
alternative hypothesis: true tau is not equal to 0
sample estimates:
tau
0.4850575

Dapat dilihat bahwa nilai dari masing-masing koefisien korelasi adalah 0.6916574 untuk *Spearman* dan 0.4850575 untuk *Kendall*. Dapat dilihat pula nilai *p-value* yang cukup kecil. Artinya dapat disimpulkan adanya korelasi yang lemah antara PDB per kapita dengan tapak ekologi konsumsi per kapita di dunia.

- Data Seluruh Negara Tahun 2016 (PDB_2016 dan EF_2016)
Berikut adalah *output* dari *software* RStudio,

Spearman's rank correlation rho

data: PDB_2016 and EF_2016
S = 95374, p-value < 2.2e-16
alternative hypothesis: true rho is not equal to 0
sample estimates:
rho
0.8855521

Kendall's rank correlation tau

data: PDB_2016 and EF_2016

$z = 13.525$, $p\text{-value} < 2.2e-16$

alternative hypothesis: true tau is not equal to 0

sample estimates:

tau

0.6965944

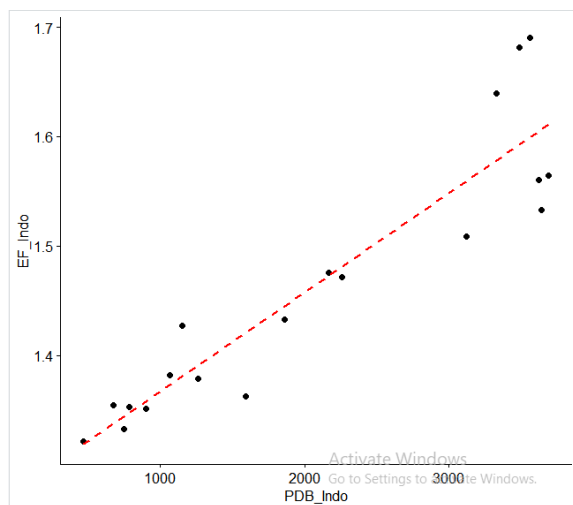
Nilai dari masing-masing koefisien korelasinya adalah 0.8855521 untuk *Spearman* dan 0.6965944 untuk *Kendall* dengan $p\text{-value}$ yang cukup kecil. Artinya terdapat korelasi antara PDB per kapita dengan tapak ekologi konsumsi perkapita seluruh negara dunia pada tahun 2016.

Berdasarkan hasil di atas dapat dilihat bahwa H_0 ditolak pada penelitian ini. Artinya dapat disimpulkan bahwa terdapat hubungan antara PDB per kapita dengan tapak ekologi konsumsi per kapita.

Menurut statistika, hubungan yang diperoleh dari korelasi terkadang hanya kebetulan terjadi padahal tidak terdapat suatu kondisi sebab-akibat. Oleh karena itu penelitian diteruskan dengan menganalisis model regresi linier sederhana pada *dataset* PDB_Indo dan EF_Info serta sekaligus membuat rincian modelnya.

Regresi Linier Sederhana Antara PDB_Indo dan EF_Indo

Dari *scatter-plot* di atas digambar *plot* baru untuk melihat gambaran akan model liniernya. Didapat,



Gambar 7: Grafik Regresi Linier Sederhana PDB_Indo dan EF_Indo

Secara intuitif dapat dilihat bahwa model linier sangat mungkin untuk memodelkan data PDB_Indo dengan EF_Indo atau dengan lain dapat dilihat pengaruh linier dari nilai PDB per kapita terhadap tapak ekologi per kapita di Indonesia.

Berikut *output* dari model linier berdasarkan *software* RStudio,

Call:

```
lm(formula = EF_Indo ~ PDB_Indo)
```

Residuals:

| Min | 1Q | Median | 3Q | Max |
|-----------|-----------|-----------|----------|----------|
| -0.073588 | -0.028279 | -0.006474 | 0.013177 | 0.090911 |

Coefficients:

| | Estimate | Std. Error | t value | Pr(> t) |
|-------------|-----------|------------|---------|--------------|
| (Intercept) | 1.277e+00 | 2.204e-02 | 57.918 | < 2e-16 *** |
| PDB_Indo | 9.049e-05 | 9.233e-06 | 9.801 | 2.08e-08 *** |

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.04764 on 17 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.8496, Adjusted R-squared: 0.8408

F-statistic: 96.06 on 1 and 17 DF, p-value: 2.078e-08

Didapat persamaan linier yang didapat dari hasil regresinya,

$$EF_Indo = 0.00009049 * PDB_Indo + 1.277$$

Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa *p-value* untuk setiap variabelnya sangat kecil, yaitu 2.08e-08. Artinya variabel PDB_Indo cukup signifikan mempengaruhi hasil EF_Indo. Selain itu nilai dari *R-squared* juga cukup besar yaitu 0.8496 serta nilai *p-value* uji F-nya juga cukup kecil, yakni 2.078e-08, sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh sebab-akibat, yaitu nilai dari PDB per kapita di Indonesia mempengaruhi nilai dari tapak ekologi per kapita di Indonesia.

Dalam dunia nyata artinya semakin berkembang suatu ekonomi baik secara individual maupun dalam skala nasional di Indonesia maka nilai dari tapak ekologi yang dihasilkan akan semakin besar. Sebagai contoh nyata adalah orang dengan ekonomi tinggi akan membelanjakan lebih banyak uang daripada orang yang kurang mampu. Hal ini sering menjadi sumber utama masalah overkonsumsi.

Semakin besar nilai tapak ekologi berarti semakin luas pula lingkungan dan sumber dayanya yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan manusia. Dengan besarnya tapak ekologi maka potensi kerusakan lingkungan akibat overeksploitasi serta pembukaan lahan baru juga semakin besar. Kesimpulan yang dapat diambil adalah semakin makmur suatu komunitas maka potensi kerusakan lingkungan akan semakin besar.

Untuk membenarkan kesimpulan akhir di atas, dilakukan uji asumsi regresi berupa uji kenormalan residual menggunakan *Uji Kolmogorov-Smirnov* dan auto-korelasi menggunakan *Uji Keacakan*.

Berikut hasil uji-uji di atas menggunakan *software* Rstudio,

Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) normality test

data: residual

D = 0.15892, p-value = 0.2345

Dari hasil di atas dapat dilihat nilai *p-value* adalah 0.2345. Artinya asumsi normalitas residual regresi tidak dilanggar.

Approximate runs test

data: residual

Runs = 7, p-value = 0.1

alternative hypothesis: two.sided

Dapat dilihat nilai *p-value* adalah 0.1. Artinya model regresi linier sederhana yang didapatkan dari penelitian ini tidak melanggar asumsi tidak adanya autokorelasi.

Jadi terbukti bahwa nilai variabel A yang didekati oleh produk domestik bruto (PDB) per kapita mempengaruhi nilai tapak ekologi konsumsi per kapita di Indonesia. Pengaruh yang didapatpun adalah pengaruh berupa sebab-akibat. Lebih jauh lagi dapat dilihat bahwa penyebab kerusakan lingkungan bukan hanya karena faktor populasi tetapi juga karena faktor overkonsumsi.

Adapun model untuk memprediksi keadaan Indonesia tahun 2045 yang dapat dibangun adalah,

$$EF_Indo = 0.00009049 * PDB_Indo + 1.277$$

$$I = EF_Indo * P$$

dengan PDB_Indo adalah proyeksi produk domestik bruto Indonesia per kapita tahun 2045 dan P adalah proyeksi jumlah penduduk Indonesia pada tahun 2045. Dua variabel yang akan diprediksi adalah EF_Indo yang menyatakan besarnya nilai tapak ekologi Indonesia pada tahun 2045 dan variabel I yang menyatakan potensi kerusakan lingkungan Indonesia tahun 2045.

Berikut *dataset* yang dibentuk dengan catatan data untuk EF_Indo pada tahun 2045 merupakan hasil prediksi menggunakan persamaan pada IV.1. dengan diketahui target PDB Indonesia untuk tahun 2045 adalah \$ 23199.

Untuk tahun 2045,

$$\begin{aligned} \text{EF_Indo} &= 0.00009049 * \text{PDB_Indo} + 1.277 \\ &= 3.37627751 \end{aligned}$$

| Tahun | 2016 | 2045 |
|--------------|-------------|------------|
| EF_Indo | 1.689990485 | 3.37627751 |
| P (Populasi) | 261556381 | 325705348 |

Tabel 1: Perbandingan Kondisi Indonesia 2016 dengan Prediksi 2045

Di bawah ini adalah kondisi potensi kerusakan lingkungan di Indonesia tahun 2016 dan 2045,

Tahun 2016

$$\begin{aligned} I &= \text{EF_Indo} * P \\ &= 1.689990485 * 261556381 \\ &= 442027795.2 \end{aligned}$$

Tahun 2045

$$\begin{aligned} I &= \text{EF_Indo} * P \\ &= 3.37627751 * 325705348 \\ &= 1099671641 \end{aligned}$$

Dapat dilihat bahwa prediksi akan potensi kerusakan lingkungan di tahun 2045 akan meningkat sekitar 148.78%.

IV.2 Kajian Solusi

Berdasarkan model *IPAT* maka tingkat kerusakan lingkungan dipengaruhi oleh banyaknya populasi, kemakmuran yang didekati dengan produk domestik bruto, dan tingkat teknologi. Dalam model yang disederhanakan, tingkat kerusakan lingkungan dipengaruhi oleh nilai tapak ekologi dan populasi. Pada bagian ini dibahas faktor yang paling signifikan mempengaruhi kerusakan lingkungan di masa mendatang.

Perbandingan Pengaruh Tapak Ekologi dan Populasi

Metode perbandingannya adalah dengan metode membagi kasus dengan acuan kondisi Indonesia pada tahun 2016. Perlakuan yang diimplementasikan adalah populasi konstan seperti tahun 2016 sedangkan tapak ekologi nilainya berupa prediksi untuk tapak ekologi tahun 2045, dan populasi merupakan proyeksi tahun 2045 sementara tapak ekologi konstan seperti tahun 2016.

Dengan menggunakan *dataset* yang sama pada IV.1 akan ditinjau faktor yang paling signifikan dalam mempengaruhi potensi kerusakan lingkungan.

Acuan (Tahun 2016)

$$\begin{aligned} I &= EF_Indo * P \\ &= 1.689990485 * 261556381 \\ &= 442027795.2 \end{aligned}$$

Kasus 1 (EF_Indo tahun 2045 dan P tahun 2016)

$$\begin{aligned} I &= EF_Indo * P \\ &= 3.37627751 * 261556381 \\ &= 883086926.8 \end{aligned}$$

Kenaikan potensi kerusakan lingkungan dibandingkan data 2016 adalah sekitar 99.78%

Kasus 2 (EF_Indo tahun 2016 dan P tahun 2045)

$$\begin{aligned} I &= EF_Indo * P \\ &= 1.689990485 * 325705348 \\ &= 550438939 \end{aligned}$$

Kenaikan potensi kerusakan lingkungan dibandingkan data 2016 adalah sekitar 24.53%

Berdasarkan hasil perbandingan di atas dapat disimpulkan bahwa tapak ekologi konsumsi per kapita, yang di bagian IV.1 telah dijelaskan hubungannya dengan produk domestik bruto per kapita, lebih signifikan dalam mempengaruhi kerusakan lingkungan dibandingkan dengan banyaknya populasi. Jadi poros pembangunan ekonomi hijau harus lebih terfokus dalam mengurangi besarnya nilai tapak ekologi dibandingkan terfokus pada pengendalian populasi.

Adapun variabel tapak ekologi per kapita nilainya sangat bergantung pada produk domestik bruto per kapita (lihat bagian IV.1). Semakin besar PDB per kapita masyarakat Indonesia maka semakin besar pula potensi kerusakan lingkungannya akibat overkonsumsi. Selain PDB per kapita, variabel tapak ekologi juga dipengaruhi oleh variabel teknologi. Dengan ini terdapat dua opsi untuk menurunkan nilai tapak ekologi, yaitu dengan arah pengembangan teknologi hijau dan pembatasan konsumsi.

Peneliti menganggap bahwa opsi pembatasan konsumsi adalah opsi yang jauh lebih efektif dan mudah direalisasikan jika dibandingkan dengan opsi pengembangan teknologi hijau dalam rangka tercapainya pembangunan ekonomi hijau di Indonesia. Di bawah ini beberapa alasannya,

1. Teknologi hijau hanya bersifat idealis, yaitu hanya bagus dalam ide-idenya belaka namun sangat sulit untuk direalisasikan di dunia nyata. Salah satu contohnya adalah mobil listrik yang sudah didamba-dambakan muncul di pasaran sejak dulu namun hingga saat ini jumlah mobil listrik yang berjalan di Indonesia masih sangat sedikit dibandingkan mobil yang tidak ramah lingkungan. Selain itu menurut berita di tirto.id, 85% listrik yang digunakan masyarakat Indonesia masih berasal dari energi fosil yang tidak ramah lingkungan.

Perubahan untuk tahun 2045 dituntut untuk cepat sehingga peneliti menduga bahwa teknologi-teknologi hijau yang digembor-gemborkan oleh pemerintah tidak akan sanggup untuk mengejar tahap realisasi totalnya. Oleh karena itu pemerintah seharusnya lebih memperhatikan opsi pembatasan konsumsi yang realisasinya cenderung lebih instan karena hanya membutuhkan peraturan pemerintah tertentu yang dapat dirumuskan dalam waktu yang tidak terlalu lama jika dibandingkan dengan tahap pengembangan hingga perealisasi teknologi hijau.

2. Menurut Miller dan Spoolman dalam bukunya yang berjudul *Living in the Environment Seventeenth Edition*, tren teknologi di negara maju cenderung seimbang, yaitu perkembangan teknologi hijau dan teknologi yang merusak lingkungan cenderung seimbang. Apabila kita tinjau, perkembangan teknologi yang tidak ramah lingkungan tersebut dipengaruhi oleh hukum *supply and demand* yang merupakan imbas dari overkonsumsi. Dengan melakukan pembatasan konsumsi, maka permasalahan overkonsumsi sedikit demi sedikit akan berkurang karena berkurangnya *demand* masyarakat terhadap sumber daya. Akibatnya teknologi yang merusak lingkungan tidak akan berkembang sementara teknologi hijau tetap berkembang dengan kecepatan konstan. Jadi dalam hal ini pembatasan konsumsi dapat dikatakan sebagai pendukung berkembangnya teknologi hijau dalam pasar teknologi negara-negara maju.
3. Kebijakan teknologi hijau hanya dapat diterapkan pada beberapa golongan sementara kebijakan pembatasan konsumsi dapat diberlakukan pada seluruh golongan masyarakat. Di lapangan, harga barang maupun alat yang mengandung 'label teknologi hijau' jauh lebih mahal dari biasanya. Hanya masyarakat pada golongan tertentu yang mampu menjangkau teknologi-teknologi maupun barang-barang dengan label tersebut. Akibatnya kebijakan pembangunan ekonomi hijau akan terganggu apabila berporoskan pada teknologi hijau.

Sebaliknya, opsi pembatasan konsumsi sendiri akan lebih universal. Masyarakat dengan pendapatan yang tidak begitu tinggi tidak akan terbebani karena berdasarkan bagian IV.1, masyarakat dengan PDB per kapita yang tidak terlalu tinggi memiliki nilai tapak ekologi konsumsi yang tidak terlalu tinggi pula. Sementara masyarakat dengan pendapatan tinggi akan lebih mengendalikan pola hidup mereka sesuai dengan peraturan pembatasan konsumsi. Karena opsi ini lebih universal, maka opsi pembatasan konsumsi harus dijadikan poros untuk pembangunan ekonomi hijau di Indonesia.

Berdasarkan beberapa alasan dan perhitungan matematis dapat disimpulkan bahwa opsi terbaik untuk dijadikan poros pembangunan ekonomi hijau adalah opsi pembatasan konsumsi. Adapun beberapa contoh pembatasan konsumsi adalah dengan pemberian pajak karbon yang lebih untuk kendaraan maupun industri, penambahan konsep harga lingkungan dalam harga barang yang dijual di pasaran, mengubah *mindset* masyarakat, dan lain-lain. Perlu diperhatikan bahwa jika suatu opsi dijadikan poros maka bukan berarti opsi lainnya, seperti pengembangan teknologi, ditinggalkan sepenuhnya.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

Di bawah ini adalah kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan,

1. Berdasarkan pendekatan model *IPAT*, potensi kerusakan lingkungan pada tahun 2045 di Indonesia diprediksi akan meningkat sebesar 148.78% dibandingkan dengan tahun 2016.
2. Penyebab terbesar dari kerusakan lingkungan adalah tingkat konsumsi masyarakat yang tinggi. Tingkat konsumsi yang tinggi menyebabkan tingginya sumber daya alam yang dibutuhkan oleh masyarakat. Hal ini berdampak pada eksploitasi sumber daya alam. Adapun solusi yang ditawarkan oleh peneliti dalam penelitian ini adalah pembatasan konsumsi dalam rangka mengurangi tingginya tingkat konsumsi masyarakat Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Cuff, David., Andrew S. Goudie, (2006), *Encyclopedia of Global Change*, Oxford. Oxford University Press.
- Cuff, David., Andrew S. Goudie, (2009), *The Oxford Companion to Global Change*. Oxford University Press.
- Spoolman, Scott E., & G. Tyler Miller, JR. (2012). *Living in the Environment*. Belmont, CA: Brooks/Cole.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Biodata Ketua, Anggota, dan Dosen Pembimbing

A. Identitas Diri Ketua

| | | |
|---|--------------------------|------------------------------|
| 1 | Nama Lengkap | Rafi Prayoga Dhenanta |
| 2 | Jenis Kelamin | Laki-laki |
| 3 | Program Studi | Matematika |
| 4 | NIM | 10119104 |
| 5 | Tempat dan Tanggal Lahir | Trenggalek, 26 November 2000 |
| 6 | Alamat E-mail | rafibinpepe@gmail.com |
| 7 | Nomor Telepon/HP | 087755031252 |

B. Penghargaan Yang Pernah Diterima

| No | Jenis Penghargaan | Pihak Pemberi Penghargaan | Tahun |
|----|---|---------------------------|-------|
| 1 | Juara 3 <i>HSC 2021</i> kategori lomba analisis data tingkat nasional | Universitas Halu Oleo | 2021 |
| 2 | | | |

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidaksesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam Lomba Karya Tulis Ilmiah **ISOTERM 2022**.

Trenggalek, 27 Desember 2021
Ketua Tim,



(Rafi Prayoga Dhenanta)
(10119104)

A. Identitas Diri Anggota 1

| | | |
|---|--------------------------|------------------------------|
| 1 | Nama Lengkap | Muhammad Nabil Fadhlurrahman |
| 2 | Jenis Kelamin | Laki-Laki |
| 3 | Program Studi | Matematika |
| 4 | NIM | 10119065 |
| 5 | Tempat dan Tanggal Lahir | Bandung 18 Juni 2000 |
| 6 | Alamat E-mail | m.nabifad@gmail.com |
| 7 | Nomor Telepon/HP | 08113374524 |

B. Penghargaan Yang Pernah Diterima

| No | Jenis Penghargaan | Pihak Pemberi Penghargaan | Tahun |
|----|--|---------------------------|-------|
| 1 | Finalis Analisis Data Tingkat Nasional | Cybertrend | 2021 |
| 2 | Juara 2 Lomba Menulis Karya Ilmiah bertemakan "Digital Talent" | Shiftacademy | 2021 |

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidaksesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam Lomba Karya Tulis Ilmiah **ISOTERM 2022**.

Bandung, 30, Desember, 2021
Anggota Tim,



M Nabil Fadhlurrahman
10119065

A. Identitas Diri Anggota 2

| | | |
|---|--------------------------|-----------------------------|
| 1 | Nama Lengkap | Muhammad Pudja Gemilang |
| 2 | Jenis Kelamin | Laki - Laki |
| 3 | Program Studi | Matematika |
| 4 | NIM | 10119055 |
| 5 | Tempat dan Tanggal Lahir | Bekasi, 28 Oktober 2001 |
| 6 | Alamat E-mail | pudjagemilang2001@gmail.com |
| 7 | Nomor Telepon/HP | 08111840700 |

B. Penghargaan Yang Pernah Diterima

| No | Jenis Penghargaan | Pihak Pemberi Penghargaan | Tahun |
|----|--|---------------------------|-------|
| 1 | Finalis Lomba Analisis Data Tingkat Nasional Kategori Mahasiswa 2021 | Cybertrend | 2021 |
| 2 | | | |

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidaksesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam Lomba Karya Tulis Ilmiah **ISOTERM 2022**.

Bandung, 30 Desember 2021
Anggota Tim,



Muhammad Pudja Gemilang
10119055

A. Identitas Diri Dosen Pendamping

| | | |
|---|-----------------------------|--------------------------------|
| 1 | Nama Lengkap (dengan gelar) | Dr. Atmawi Darwis, S.Hut, M.Si |
| 2 | Jenis Kelamin | Laki - Laki |
| 3 | Program Studi | Teknologi Pasca Panen |
| 4 | NIP/NIDN | 111000012/0402107507 |
| 5 | Tempat dan Tanggal Lahir | Kebumen, 02 Oktober 1975 |
| 6 | Alamat E-mail | atmawi@sith.itb.ac.id |
| 7 | Nomor Telepon/HP | 082316610393 |

B. Riwayat Pendidikan

| | | | |
|-------------------|--------------------------|----------------------------|------------------------------|
| Gelar Akademik | Sarjana | Magister | Doktoral |
| Nama Institusi | Universitas Winaya Mukti | Institut Pertanian Bogor | Institut Pertanian Bogor |
| Jurusan/Prodi | Teknologi Hasil Hutan | Ilmu Pengetahuan Kehutanan | Teknologi Serat dan Komposit |
| Tahun Masuk-Lulus | 1993-1999 | 2006-2008 | 2010-2015 |

C. Rekam Jejak Tri Dharma PT

C.1. Pendidikan/Pengajaran

| No | Nama Mata Kuliah | Wajib/Pilihan | SKS |
|----|--------------------------------------|---------------|-----|
| 1 | Pengetahuan Lingkungan | Wajib | 2 |
| 2 | Struktur, Sifat, dan Penggunaan Kayu | Peminatan | 3 |
| 3 | Lab. Pasca Panen I : Eksperimental | Wajib | 2 |
| 4 | Sensor dan Instrumentasi Pasca Panen | Wajib | 3 |
| 5 | Hama Hasil Hutan | Peminatan | 3 |
| 6 | Anatomi Kayu dan Bukan Kayu | Peminatan | 3 |

C.2. Penelitian

| No | Judul Penelitian | Penyandang Dana | Tahun |
|----|--|--|-------|
| 1 | Karakteristik Mikroskopis Bambu Impregnasi | P2MI-ITB | 2021 |
| 2 | Karakteristik Bahan Berlignoselulosa Bukan Kayu Pada Beberapa Produk Biokomposit Dan Peluangnya Sebagai Material Peredam Suara | Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi-DIKTI | 2021 |

| | | | |
|---|---|--|------|
| 3 | Impregnasi Limbah Kayu Sawit Dengan Bahan Alam Serbuk Gergaji dan Resin Pinus merkusii Sebagai Bahan Material Alternatif Pengganti Kayu Masa Depan (Tahap 3) | (PD-DIKTI) | 2021 |
| 4 | Peningkatan Mutu Batang Kelapa Sawit Dengan Proses Impregnasi Nanofiller untuk Penggunaan Struktural (Tahap 3) | Peningkatan Mutu Batang Kelapa Sawit Dengan Proses Impregnasi Nanofiller untuk Penggunaan Struktural (Tahap 3) | 2020 |
| 5 | Impregnasi Limbah Kayu Sawit Dengan Bahan Alam Serbuk Gergaji dan Resin <i>Pinus merkusii</i> Sebagai Bahan Material Alternatif Pengganti Kayu Masa Depan (Tahap 2) | Penelitian Dasar (PD-DIKTI) | 2020 |
| 6 | Karakteristik kayu Raru (<i>Cotylelobium melanoxylon</i>) Asal Sumatera Utara dan Peluangnya Sebagai Bahan Baku Kontruksi (Tahap 2) | Penelitian Dasar (PD-DIKTI) | 2020 |

C.3. Pengabdian Kepada Masyarakat

| No | Judul Pengabdian Kepada Masyarakat | Penyandang Dana | Tahun |
|----|--|-----------------|-------|
| 1 | Peningkatan daya saing usaha agroforestry kopi pada kelompok petani kopi gunung geulis melalui program wisata petik kopi di kebun (Wistikobun) | PPM P2MI-ITB | 2021 |

| | | | |
|---|---|----------------------|------|
| 2 | Rancangan Hutan Rakyat untuk Penghasil Kayu Energi dan Aplikasi Teknik Pembuatan Briket Arang dalam Rangka Pengembangan Desa Mandiri Energi di Sekitar Hutan Pendidikan Gunung Geulis ITB | PPM Dana Mandiri ITB | 2018 |
| 3 | Diversifikasi Produk Bambu Melalui Teknologi Lainasi dalam Upaya Pemberdayaan Masyarakat di Sekitar Kawasan Hutan Pendidikan Gunung Geulis Jatinangor Sumedang | PPM Dana Mandiri ITB | 2017 |
| 4 | Pelatihan Peningkatan Kualitas Kayu Hutan Rakyat Bagi Anggota Kelompok Tani Hutan Rakyat di Desa Cibugel, Kecamatan Cibugel, Kabupaten Sumedang | PPM Dana Mandiri ITB | 2016 |
| 5 | Pelatihan dan Peningkatan Kualitas Pengrajin Kayu Sekitar Kampus ITB dan Pembuatan <i>Website</i> Klinik Kayu | ITB | 2013 |

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidaksesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi.

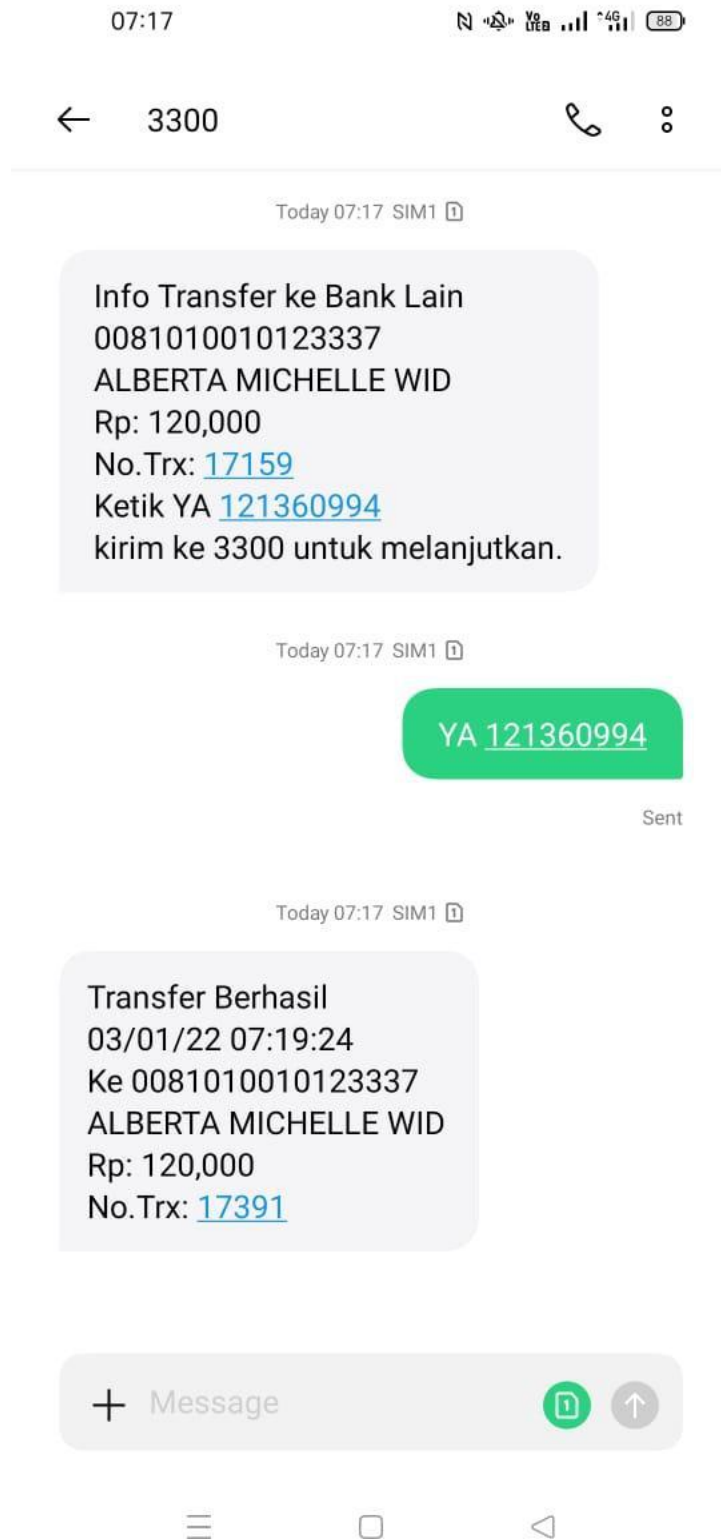
Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam Lomba Karya Tulis Ilmiah **ISOTERM 2022**.

Bandung, 30 Desember 2021
Dosen Pendamping,



(Dr. Atmawi Darwis, S.Hut, M.Si)
(111000012,0402107507)

Lampiran 2 : Bukti Pembayaran



Lampiran 3 : Data Hasil Pra-Pemrosesan

Pra-pemrosesan data dilakukan dengan menggabungkan data dari berbagai sumber data yang berbeda menjadi satu *dataset*. Hal ini dilakukan karena data yang ada tidak memenuhi variabel yang dibutuhkan dalam penelitian. Contohnya hanya ada data tapak ekologi dan data PDB per kapita secara terpisah. Dalam penelitian ini, peneliti menggabungkan data tersebut menjadi satu untuk kemudian diolah. Berikut beberapa *dataset* hasil dari proses tersebut,

Data Indonesia

| Tahun | Populasi | PDB Per Kapita (\$) | Tapak Ekologi Konsumsi Per Kapita |
|-------|-----------|---------------------|-----------------------------------|
| 1998 | 205724592 | 464 | 1,321491808 |
| 1999 | 208615169 | 671 | 1,354625353 |
| 2000 | 211513823 | 780 | 1,353162513 |
| 2001 | 214427417 | 748 | 1,332924518 |
| 2002 | 217357793 | 900 | 1,351622112 |
| 2003 | 220309469 | 1066 | 1,382218797 |
| 2004 | 223285676 | 1150 | 1,426936906 |
| 2005 | 226289470 | 1263 | 1,378521112 |
| 2006 | 229318262 | 1590 | 1,362623876 |
| 2007 | 232374245 | 1860 | 1,432488238 |
| 2008 | 235469762 | 2167 | 1,475790069 |
| 2009 | 238620563 | 2261 | 1,471205122 |
| 2010 | 241834215 | 3122 | 1,508486775 |
| 2011 | 245115987 | 3643 | 1,532731143 |
| 2012 | 238451722 | 3694 | 1,564273332 |
| 2013 | 251805307 | 3624 | 1,560522368 |
| 2014 | 255128076 | 3492 | 1,681764413 |
| 2015 | 258383256 | 3332 | 1,639532755 |
| 2016 | 261556381 | 3563 | 1,689990485 |

Data Rata-Rata Dunia

| Tahun | Populasi | PDB Per Kapita (\$) | Tapak Ekologi Konsumsi Per Kapita |
|-------|------------|---------------------|-----------------------------------|
| 1987 | 5052522147 | 2844 | 2,634128969 |
| 1988 | 5145426008 | 3136 | 2,642887491 |
| 1989 | 5237441558 | 3230 | 2,665697755 |
| 1990 | 5327231061 | 3482 | 2,661868156 |
| 1991 | 5414289444 | 3614 | 2,609165339 |
| 1992 | 5498919809 | 3751 | 2,588059631 |
| 1993 | 5581597546 | 3865 | 2,541747482 |
| 1994 | 5663150427 | 4107 | 2,540684396 |
| 1995 | 5744212979 | 4468 | 2,547410794 |
| 1996 | 5824891951 | 4502 | 2,574439637 |
| 1997 | 5905045788 | 4506 | 2,579159445 |

| | | | |
|------|------------|-------|-------------|
| 1998 | 5984793942 | 4406 | 2,557433277 |
| 1999 | 6064239055 | 5378 | 2,535023807 |
| 2000 | 6143493823 | 5488 | 2,557441027 |
| 2001 | 6222626606 | 5404 | 2,551505933 |
| 2002 | 6301773188 | 5543 | 2,544088896 |
| 2003 | 6381185114 | 6134 | 2,60360682 |
| 2004 | 6461159389 | 6824 | 2,711946062 |
| 2005 | 6541907027 | 7298 | 2,740521586 |
| 2006 | 6623517833 | 7813 | 2,77823494 |
| 2007 | 6705946610 | 8697 | 2,820544381 |
| 2008 | 6789088686 | 9482 | 2,821484254 |
| 2009 | 6872767093 | 8840 | 2,737538387 |
| 2010 | 6956823603 | 9556 | 2,841278781 |
| 2011 | 7041194301 | 10493 | 2,866569793 |
| 2012 | 7125828059 | 10606 | 2,822204017 |
| 2013 | 7210581976 | 10784 | 2,851794621 |
| 2014 | 7295290765 | 10952 | 2,824135736 |
| 2015 | 7379797139 | 10251 | 2,777203816 |
| 2016 | 7464022049 | 10294 | 2,74661923 |

Data Dunia pada Tahun 2016 untuk Setiap Negara

| Tahun | Negara | PDB Per Kapita (\$) | Tapak Ekologi Konsumsi Per Kapita |
|-------|---------------------|---------------------|-----------------------------------|
| 2016 | Afghanistan | 509,2 | 0,726752264 |
| 2016 | Albania | 4124,1 | 2,007807267 |
| 2016 | Algeria | 3946,5 | 2,407316313 |
| 2016 | Angola | 3506,1 | 1,014546714 |
| 2016 | Antigua and Barbuda | 15198,7 | 4,331066199 |
| 2016 | Argentina | 12790,2 | 3,365050398 |
| 2016 | Armenia | 3591,8 | 1,934901591 |
| 2016 | Aruba | 28452,2 | 6,516226678 |
| 2016 | Australia | 49971,1 | 6,640308838 |
| 2016 | Austria | 45276,8 | 6,03092636 |
| 2016 | Azerbaijan | 3880,7 | 2,080504773 |
| 2016 | Bahamas | 31563,3 | 3,738534275 |
| 2016 | Bahrain | 22608,5 | 8,633620511 |
| 2016 | Bangladesh | 1401,6 | 0,842296715 |
| 2016 | Barbados | 16900 | 3,804285285 |
| 2016 | Belarus | 5022,6 | 3,986801736 |
| 2016 | Belgium | 41984,1 | 6,245329468 |
| 2016 | Belize | 4857 | 5,352774707 |
| 2016 | Benin | 1087,3 | 1,419208126 |
| 2016 | Bermuda | 106885,9 | 7,510674229 |
| 2016 | Bhutan | 2930,6 | 4,491794868 |
| 2016 | Bolivia | 3076,7 | 3,184441622 |

| | | | |
|------|--------------------------|---------|-------------|
| 2016 | Bosnia and Herzegovina | 4994,7 | 3,699489436 |
| 2016 | Botswana | 7243,9 | 2,720639299 |
| 2016 | Brazil | 8710,1 | 2,811444367 |
| 2016 | Brunei Darussalam | 27158,4 | 4,221506539 |
| 2016 | Bulgaria | 7548,9 | 3,445613485 |
| 2016 | Burkina Faso | 688,3 | 1,204274317 |
| 2016 | Burundi | 282,2 | 0,658104356 |
| 2016 | Cabo Verde | 3131 | 1,433073133 |
| 2016 | Cambodia | 1269,6 | 1,390910813 |
| 2016 | Cameroon | 1364,3 | 1,37836464 |
| 2016 | Canada | 42315,6 | 7,740135397 |
| 2016 | Cayman Islands | 78471,6 | 5,801694704 |
| 2016 | Central African Republic | 402,2 | 1,218006168 |
| 2016 | Chad | 693,4 | 1,515237929 |
| 2016 | Chile | 13753,6 | 4,311299592 |
| 2016 | China | 8147,9 | 3,620902447 |
| 2016 | Colombia | 5870,8 | 2,049904218 |
| 2016 | Comoros | 1273,1 | 1,242688381 |
| 2016 | Congo, Dem. Rep. | 471,3 | 0,695829558 |
| 2016 | Congo, Rep. | 2039,5 | 1,053686844 |
| 2016 | Costa Rica | 12011,2 | 2,682116134 |
| 2016 | Cote d'Ivoire | 2013,4 | 1,181906698 |
| 2016 | Croatia | 12361,5 | 3,936533786 |
| 2016 | Cuba | 8060,8 | 1,777224967 |
| 2016 | Cyprus | 24605,9 | 3,747826347 |
| 2016 | Czech Republic | 18575,2 | 5,589134018 |
| 2016 | Denmark | 54664 | 6,798010757 |
| 2016 | Djibouti | 2802,2 | 2,39893392 |
| 2016 | Dominica | 8081 | 2,360273822 |
| 2016 | Dominican Republic | 7280,9 | 1,719456046 |
| 2016 | Ecuador | 6060,1 | 1,711169321 |
| 2016 | Egypt | 3519,9 | 1,811106443 |
| 2016 | El Salvador | 3806 | 2,056634499 |
| 2016 | Equatorial Guinea | 9250,3 | 1,8759155 |
| 2016 | Estonia | 18282,9 | 7,063776899 |
| 2016 | Ethiopia | 717,1 | 1,04238782 |
| 2016 | Fiji | 5651,3 | 3,145397429 |
| 2016 | Finland | 43784,3 | 6,256846389 |
| 2016 | France | 37037,4 | 4,447238005 |
| 2016 | Gabon | 6984,4 | 2,291574016 |
| 2016 | Gambia | 690,8 | 1,002787022 |
| 2016 | Georgia | 4062,2 | 2,121984534 |
| 2016 | Germany | 42107,5 | 4,840599716 |
| 2016 | Ghana | 1913,5 | 1,96901883 |

| | | | |
|------|----------------------------------|----------|-------------|
| 2016 | Greece | 17885,4 | 4,268169911 |
| 2016 | Grenada | 9628,2 | 2,934776909 |
| 2016 | Guatemala | 4173,3 | 1,878919936 |
| 2016 | Guinea | 732,3 | 1,559028899 |
| 2016 | Guinea-Bissau | 661,5 | 1,482628312 |
| 2016 | Guyana | 5811,4 | 3,385517261 |
| 2016 | Haiti | 1266 | 0,675446518 |
| 2016 | Honduras | 2342,6 | 1,551632952 |
| 2016 | Hungary | 13090,5 | 3,61195481 |
| 2016 | India | 1732,6 | 1,168769064 |
| 2016 | Indonesia | 3562,8 | 1,689990485 |
| 2016 | Iran, Islamic Republic of | 5253,4 | 3,191067701 |
| 2016 | Iraq | 4550,7 | 1,744809478 |
| 2016 | Ireland | 62819 | 5,126992256 |
| 2016 | Israel | 37282,5 | 4,875547985 |
| 2016 | Italy | 30939,7 | 4,436457184 |
| 2016 | Jamaica | 4843,7 | 1,612327588 |
| 2016 | Japan | 39400,7 | 4,492708711 |
| 2016 | Jordan | 4175,4 | 2,079741579 |
| 2016 | Kazakhstan | 7714,8 | 5,546108427 |
| 2016 | Kenya | 1410,5 | 1,016972794 |
| 2016 | Korea, Republic of | 29288,9 | 6,000496443 |
| 2016 | Kuwait | 27653,2 | 8,58522681 |
| 2016 | Kyrgyzstan | 1120,7 | 1,655219677 |
| 2016 | Lao People's Democratic Republic | 2308,8 | 1,905780301 |
| 2016 | Latvia | 14315,8 | 6,356949287 |
| 2016 | Lebanon | 7626,3 | 3,287463288 |
| 2016 | Lesotho | 1018,9 | 1,37875784 |
| 2016 | Liberia | 714,6 | 1,107337592 |
| 2016 | Libyan Arab Jamahiriya | 4035,2 | 3,733129459 |
| 2016 | Lithuania | 14998,1 | 5,567059654 |
| 2016 | Luxembourg | 104278,4 | 12,9110953 |
| 2016 | Macedonia TFYR | 5133 | 2,924290424 |
| 2016 | Madagascar | 476 | 0,929030358 |
| 2016 | Malawi | 315,8 | 0,738861905 |
| 2016 | Malaysia | 9817,8 | 3,918383147 |
| 2016 | Mali | 780,7 | 1,573614346 |
| 2016 | Malta | 25741,4 | 5,792532152 |
| 2016 | Mauritania | 1536,9 | 2,315617323 |
| 2016 | Mauritius | 9681,6 | 3,522457674 |
| 2016 | Mexico | 8744,5 | 2,602674658 |
| 2016 | Mongolia | 3660,2 | 7,672155366 |
| 2016 | Montenegro | 7033,6 | 3,650513384 |
| 2016 | Morocco | 2896,7 | 1,700268918 |

| | | | |
|------|------------------------------|---------|-------------|
| 2016 | Mozambique | 428,9 | 0,81409684 |
| 2016 | Myanmar | 1158,4 | 1,660480509 |
| 2016 | Nepal | 899,5 | 1,071209982 |
| 2016 | Netherlands | 46007,9 | 4,82617369 |
| 2016 | New Zealand | 40080,5 | 4,742488637 |
| 2016 | Nicaragua | 2107,6 | 1,758867671 |
| 2016 | Niger | 498,1 | 1,661426663 |
| 2016 | Nigeria | 2176 | 1,088425811 |
| 2016 | Norway | 70460,6 | 5,510859689 |
| 2016 | Oman | 14610 | 6,763583578 |
| 2016 | Pakistan | 1368,4 | 0,833921721 |
| 2016 | Panama | 14344 | 2,252415142 |
| 2016 | Papua New Guinea | 2509,6 | 1,746567766 |
| 2016 | Paraguay | 5324,6 | 2,903069803 |
| 2016 | Peru | 6205 | 2,238179276 |
| 2016 | Philippines | 3073,7 | 1,3299606 |
| 2016 | Poland | 12447,4 | 4,427801441 |
| 2016 | Portugal | 19978,4 | 4,100471489 |
| 2016 | Qatar | 57163 | 14,41108333 |
| 2016 | Romania | 9548,6 | 3,093807823 |
| 2016 | Russian Federation | 8704,9 | 5,159919089 |
| 2016 | Rwanda | 744,8 | 0,76291927 |
| 2016 | Samoa | 4109,1 | 2,960656331 |
| 2016 | Sao Tome and Principe | 1700,1 | 1,723240362 |
| 2016 | Saudi Arabia | 19878,8 | 6,233826102 |
| 2016 | Senegal | 1269,9 | 1,141730782 |
| 2016 | Serbia | 5765,2 | 2,992091366 |
| 2016 | Sierra Leone | 501,4 | 1,18957683 |
| 2016 | Singapore | 56848,2 | 5,879150211 |
| 2016 | Slovakia | 16508,7 | 4,206184952 |
| 2016 | Slovenia | 21663,6 | 5,125379125 |
| 2016 | Solomon Islands | 2225,5 | 2,426263326 |
| 2016 | Somalia | 296 | 0,969011477 |
| 2016 | South Africa | 5272,5 | 3,15145821 |
| 2016 | Spain | 26505,3 | 4,040861868 |
| 2016 | Sri Lanka | 3886,3 | 1,494943493 |
| 2016 | Sudan | 1325,2 | 1,219618493 |
| 2016 | Suriname | 5872,8 | 2,965378324 |
| 2016 | Sweden | 51965,2 | 6,457298173 |
| 2016 | Switzerland | 83073,3 | 4,637014111 |
| 2016 | Tajikistan | 807,1 | 0,94740431 |
| 2016 | Tanzania, United Republic of | 966,5 | 1,221801136 |
| 2016 | Thailand | 5993,3 | 2,487644538 |
| 2016 | Timor-Leste | 1353,7 | 0,496162446 |

| | | | |
|------|--------------------------|---------|-------------|
| 2016 | Togo | 803,2 | 1,055687064 |
| 2016 | Tonga | 4157,9 | 3,39572449 |
| 2016 | Trinidad and Tobago | 16250,6 | 8,378179067 |
| 2016 | Tunisia | 3697,9 | 2,194933179 |
| 2016 | Turkey | 10894,6 | 3,357563802 |
| 2016 | Turkmenistan | 6387,7 | 5,319437572 |
| 2016 | Uganda | 733,4 | 1,063039521 |
| 2016 | Ukraine | 2187,7 | 2,908518699 |
| 2016 | United Arab Emirates | 38141,9 | 8,918985324 |
| 2016 | United Kingdom | 41048,3 | 4,368049539 |
| 2016 | United States of America | 58021,4 | 8,104394061 |
| 2016 | Uruguay | 16715,6 | 1,920235122 |
| 2016 | Uzbekistan | 2567,8 | 1,922903784 |
| 2016 | Viet Nam | 2192,2 | 2,122372265 |
| 2016 | Yemen | 1138,6 | 0,669524587 |
| 2016 | Zambia | 1280,8 | 0,947356864 |
| 2016 | Zimbabwe | 1464,6 | 1,073540556 |