



NIGHTTIME LIGHT SEBAGAI PROKSI INDEKS PEMBANGUNAN MANUSIA INDONESIA TAHUN 2022

Maulana Faris¹ Ilmiawan Auwalin²

Article history:

Submitted: 4 Agustus 2025

Revised: 19 Agustus 2025

Accepted: 22 September 2025

Keywords:

HDI;

Nighttime Light;

Proxy;

Satellite;

Kata Kunci:

Data Cahaya Malam;

IPM;

Proksi;

Satelit;

Koresponding:

Fakultas Ekonomi dan Bisnis

Universitas Airlangga

Indonesia; Business School,

University of Western

Australia, Australia

Email:

24817564@student.uwa.edu.a

u

maulana.faris-

2023@feb.unair.ac.id

Abstract

The Human Development Index (HDI) is an indicator of a country's success in developing quality human resources. However, calculating the HDI requires lengthy and expensive data collection. Nighttime Light (NTL) data can be an alternative data source that can be used as a proxy for the HDI. This study aims to examine the NTL conditions of districts/cities throughout Indonesia and determine how NTL can serve as a proxy for the HDI. The study used linear regression between HDI and NTL with and without control variables. The results indicate that the administrative city of Central Jakarta is the brightest city with an average NTL of 46.36. The first regression model was created with the HDI as the dependent variable and NTL as the independent variable. The second model added control variables of Life Expectancy, Expected Years of Schooling, and the percentage of monetary poverty. In both models, NTL had a significant positive relationship with the HDI. The model with control variables was able to explain up to 90.4 percent of the HDI variation. In both models, it is proven that NTL is able to be a proxy in calculating the HDI and is used in policy making related to the HDI.

Abstrak

Indeks Pembangunan Manusia (IPM) adalah ukuran yang digunakan untuk menilai keberhasilan suatu negara dalam meningkatkan kualitas sumber daya manusianya. Namun, menghitung IPM membutuhkan pengumpulan data yang panjang dan mahal. Data Cahaya Malam (*Night Time Light*/NTL) dapat menjadi sumber data alternatif yang dapat digunakan sebagai proksi untuk IPM. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji kondisi NTL kabupaten/kota di seluruh Indonesia dan menentukan bagaimana NTL dapat berfungsi sebagai proksi untuk IPM. Penelitian menggunakan regresi linier antara IPM dan NTL dengan dan tanpa variabel kontrol. Hasilnya menunjukkan bahwa kota administratif Jakarta Pusat adalah kota paling terang dengan rata-rata NTL sebesar 46,36. Model regresi pertama dibuat dengan IPM sebagai variabel dependen dan NTL sebagai variabel independen. Model kedua menambahkan variabel kontrol Harapan Hidup, Harapan Lama Sekolah, dan persentase kemiskinan moneter. Dalam kedua model, NTL memiliki hubungan positif yang signifikan dengan IPM. Model dengan variabel kontrol mampu menjelaskan hingga 90,4 persen dari variasi IPM. Pada kedua model terbukti NTL mampu menjadi proksi dalam menghitung IPM dan dimanfaatkan dalam pengambilan kebijakan yang berkaitan dengan IPM.

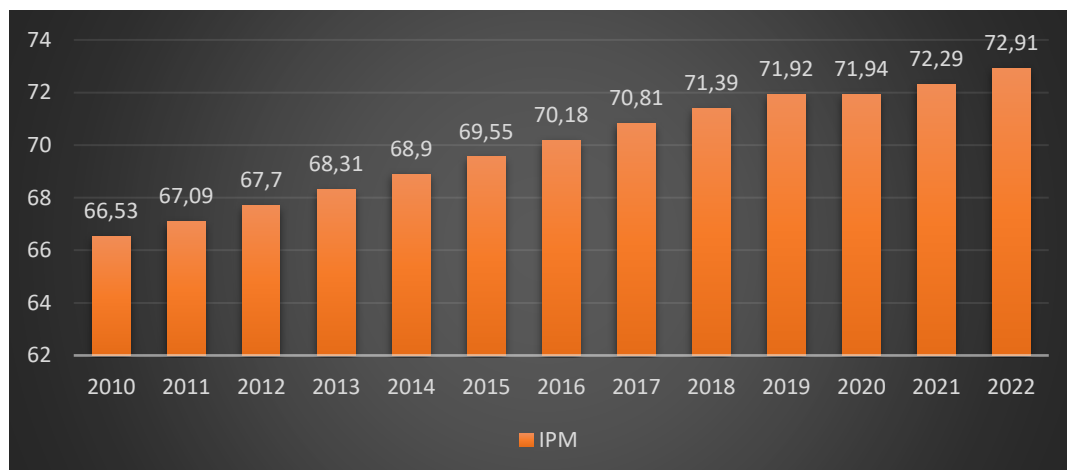
Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Airlangga, Jawa Timur, Indonesia²

Email: auwalin@feb.unair.ac.id

PENDAHULUAN

Setiap negara menerapkan berbagai strategi sosial ekonomi untuk meningkatkan kesejahteraan rakyatnya serta pembangunan manusianya. Sen (1989) memaknai pembangunan manusia sebagai pilihan seseorang dalam memenuhi kebutuhan dasar yaitu pendidikan, makanan, kesehatan, dan hak dasar lainnya. Untuk mengetahui tingkat kesejahteraan dan pembangunan manusia di suatu masyarakat, pemerintah memerlukan suatu ukuran kesejahteraan, salah satu ukuran tersebut adalah Indeks Pembangunan Manusia (IPM). Menurut UNDP (2023), IPM berfungsi sebagai cerminan kualitas pembangunan dari suatu negara. Menurut Virgianto dan Sukadana (2023) IPM digunakan untuk menggambarkan kualitas pembangunan masyarakat. Lumban Gaol dan Sukadana (2024) menjelaskan bahwa IPM sering dijadikan ukuran untuk menilai tingkat kesejahteraan. Negara dengan nilai IPM yang tinggi berarti memiliki sumber daya manusia yang lebih sehat, lebih terdidik, dan lebih produktif. Hal ini tentu akan berdampak positif bagi perekonomian suatu negara. Menurut Lilya dan Dewi (2023) IPM berfungsi sebagai panduan bagi pemerintah dalam mengidentifikasi daerah tertinggal yang memerlukan intervensi pemerintah. IPM juga membantu pemerintah dalam merumuskan kebijakan yang berorientasi pada manusia. IPM merupakan alat strategis dalam mendorong pertumbuhan ekonomi yang inklusif, berkeadilan, dan tetap berkelanjutan.

Berdasarkan BPS (2022), IPM diukur melalui tiga dimensi utama: pendidikan, kesehatan, dan kesejahteraan ekonomi. Di Indonesia, IPM yang dirilis oleh Badan Pusat Statistik (BPS) digunakan sebagai indikator utama dalam perencanaan dan evaluasi kebijakan pembangunan. Namun, pengukuran IPM seringkali dibatasi oleh ketersediaan dan kualitas data, terutama di tingkat kabupaten/ kota, yang memiliki karakteristik sosial ekonomi yang bervariasi. Menurut BPS (2022), IPM nasional Indonesia terus tumbuh, meskipun mengalami beberapa perlambatan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. IPM dihitung setiap tahun oleh BPS. Menurut UNDP (2025), luka yang disebabkan oleh penurunan IPM global pada tahun 2020-2021 belum sembuh. Covid-19 telah memperlambat peningkatan IPM global. IPM merupakan angka krusial bagi pemerintah, khususnya Indonesia, dalam merumuskan kebijakan intervensi untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat pasca pandemi Covid-19.



Sumber: BPS, 2022

Gambar 1. IPM Indonesia 2010-2022

Salah satu tantangan dalam memperoleh angka IPM adalah pengumpulan data yang memakan waktu dan biaya. Beberapa wilayah di Indonesia, terutama yang berada di daerah terpencil atau dengan infrastruktur yang kurang berkembang, seringkali kesulitan mendapatkan data yang akurat dan terkini. Pendekatan yang berbeda diperlukan untuk menilai kondisi IPM secara lebih cepat dan terjangkau. Menurut Bruederle & Hodler (2018), ilmuwan sosial baru-baru ini beralih ke pendekatan alternatif yang

tidak bergantung pada pengumpulan data berbasis darat. Penggunaan data Cahaya Malam (*Night Time Life/ NTL*) dari rekaman satelit sebagai proksi untuk mengukur IPM mulai digunakan dan diteliti.

Data cahaya malam hari banyak digunakan dalam berbagai studi aktivitas ekonomi, seperti estimasi kemiskinan di Afrika (Jean dkk., 2016), Thailand, Filipina (Martinez, 2020), dan Indonesia (Aprianto dkk., 2022; Khairunnisah dkk., 2023). Hasil penelitian Han dkk. (2022) di China dan India menunjukkan bahwa PDB memiliki hubungan linier yang kuat dengan NTL di wilayah yang lebih maju, sementara populasi dan jaringan jalan lebih berpengaruh di daerah yang relatif kurang berkembang. Penelitian ini juga menyarankan NTL untuk digunakan sebagai indikator analisis ekonomi untuk wilayah dengan perkembangan yang tidak merata. Penelitian Lin & Rybnikova (2023) menyimpulkan bahwa NTL memiliki hubungan signifikan dengan PDB, CO₂, dan konsumsi listrik. Zhao dkk (2022) melakukan penelitian yang menghasilkan dataset global yang menggabungkan NTL dari berbagai sumber untuk memetakan ekspansi urban dari tahun 1992 hingga 2020 dalam rangka analisis sosial-ekonomi pertumbuhan kota. Mushunje & Mashasha (2023) menemukan bahwa NTL data adalah proksi yang baik untuk pertumbuhan ekonomi di negara berkembang seperti Afrika Selatan. Foster dan Lechler (2022) menunjukkan bahwa data NTL dapat memberikan wawasan tentang pola ekonomi lokal, terutama di daerah dengan ekonomi terbatas.

Beberapa penelitian tentang hubungan NTL dengan kondisi sosial ekonomi juga mulai dilakukan di Indonesia. Afrianto dkk. (2022) menemukan dalam penelitiannya bahwa NTL memiliki suatu korelasi yang sangat kuat terhadap nilai PDRB ADHK Provinsi Jawa Timur Indonesia. Andiojaya dkk (2022) mendapatkan kesimpulan bahwa NTL signifikan secara statistik dalam menggambarkan PDRB di beberapa provinsi Indonesia meskipun hasilnya sedikit berbeda di saat pandemi Covid-19. (Putro dkk. (2025) menekankan potensi NTL sebagai proksi perubahan sosial ekonomi di Bali Indonesia. Zhang dkk. (2024) dalam penelitiannya yang mencakup 183 negara termasuk Indonesia menemukan bahwa NTL mencerminkan dinamika pemulihan sosial ekonomi perkotaan pasca pandemi dan memperkuat relevansi cahaya malam sebagai indikator alternatif untuk ketahanan urban terhadap guncangan eksternal.

Penelitian tentang hubungan cahaya malam hari dengan IPM juga pernah dilakukan. Dalam penelitian sebelumnya, Bruederle dan Hodler (2018) menemukan bahwa cahaya malam hari mencerminkan pembangunan manusia yang diukur berdasarkan kekayaan rumah tangga, pendidikan, dan kesehatan dari 29 negara di Afrika. Dalam penelitian ini, cahaya malam hari yang relatif intens menunjukkan populasi lokal yang relatif kaya, berpendidikan tinggi, dan sehat. Data cahaya malam hari yang dihasilkan satelit menawarkan keunggulan dalam hal keterjangkauan dan cakupan wilayah yang sangat luas. Sebagai representasi aktivitas ekonomi yang tercermin dalam intensitas cahaya malam hari, cahaya malam hari diprediksi dapat memberikan gambaran yang cukup akurat tentang Indeks Pembangunan Manusia suatu wilayah, khususnya kabupaten/kota. Dalam penelitiannya, Jhamb dkk (2025) menyimpulkan bahwa NTL secara signifikan dapat menjelaskan variasi dari GDP per kapita dan juga IPM di tingkat subnasional.

Penelitian tentang pemanfaatan data NTL sebagai proksi IPM di level kabupaten/kota belum pernah dilakukan di Indonesia. Penelitian ini akan mengisi gap tersebut untuk mengeksplorasi penggunaan data NTL sebagai proksi untuk mengukur IPM di kabupaten/kota di seluruh Indonesia pada tahun 2022. Tahun 2022 menjadi tahun yang sangat penting, terutama karena Indonesia baru saja keluar dari pandemi Covid-19, yang telah menimbulkan banyak dampak negatif bagi masyarakat. Pandemi Covid-19 juga menghambat pengumpulan data lapangan, sehingga berdampak pada kualitas data yang dihasilkan. Dengan memanfaatkan data NTL, studi ini akan memberikan pendekatan baru yang diharapkan lebih efisien dan efektif sebagai alternatif pemetaan dan pengukuran IPM di Indonesia. Studi ini juga akan mengkaji kondisi NTL di setiap kabupaten/kota di Indonesia. Selanjutnya, studi ini akan menjawab hipotesa penelitian apakah NTL mampu menjadi proksi dalam penghitungan IPM di level kabupaten/kota Indonesia pada tahun 2022.

METODE PENELITIAN

Menurut UNDP (2023), Indeks Pembangunan Manusia adalah suatu ukuran yang digunakan untuk mengevaluasi perkembangan dan kualitas hidup dari manusia di suatu negara. Data IPM diperoleh dari situs web BPS. Menurut BPS (2022), pengukuran IPM yang dilakukan di Indonesia didasarkan pada tiga dimensi yang digariskan oleh UNDP: umur yang panjang serta hidup sehat, pengetahuan, dan standar hidup layak, yang telah disesuaikan untuk Indonesia. BPS menyesuaikan dimensi standar hidup layak menggunakan indikator pengeluaran per kapita riil dari Survei Sosial Ekonomi Nasional (Susenas), Indeks Harga Konsumen (IHK), dan harga komoditas nonpangan dari survei harga konsumen. Dimensi panjangnya umur dan kualitas hidup sehat tercermin oleh Usia Harapan Hidup (UHH). Dimensi pengetahuan diwakili oleh indikator Harapan Lama Sekolah (HLS) dan Rata-rata Lama Sekolah (RLS). Pelaksanaan Susenas 2022 sendiri meliputi 34 provinsi di Indonesia yang terdiri dari 515 kabupaten/kota dengan total seluruh sampel sebanyak 1.237.946 orang. UNDP (2025) mengklasifikasikan nilai HDI ke dalam empat kelompok: HDI dengan nilai kurang dari 0,550 termasuk dalam kategori pembangunan manusia rendah, 0,55-0,669 untuk pembangunan manusia sedang, 0,700-0,799 untuk pembangunan manusia tinggi, dan 0,8 atau lebih untuk pembangunan manusia dengan tingkat sangat tinggi.

Penelitian ini memanfaatkan citra satelit cahaya malam hari, khususnya data Cahaya Malam (NTL) yang ditangkap oleh instrumen VIIRS (*Visible Infrared Imaging Radiometer Suite*). VIIRS, instrumen penginderaan jauh yang diluncurkan pada 28 Oktober 2011, menggunakan satelit Suomi NPP (National Polar-Orbiting Partnership), menyediakan berbagai data penting untuk memantau perubahan iklim global, prakiraan cuaca, dan mengamati fenomena alam seperti kebakaran hutan dan aktivitas gunung berapi. Menurut Aprianto dkk. (2022), data VIIRS menawarkan banyak keuntungan, termasuk memprediksi kemiskinan, memantau wilayah perkotaan Lou dkk (2019) menganalisis warna laut (W. Shi & Wang, 2018), dan sebagainya. Suomi NPP mengorbit pada ketinggian 824 km. Fitur unik VIIRS memungkinkan pengambilan citra beresolusi tinggi dalam kondisi minim cahaya, sehingga memungkinkan deteksi lampu kota, kebakaran, dan aurora di malam hari.

BPS (2022b) menjelaskan bahwa citra satelit ditangkap oleh sensor atau kamera yang terpasang pada satelit yang mengorbit pada ketinggian lebih dari 400 kilometer di atas permukaan bumi. Salah satu jenis citra yang digunakan adalah citra cahaya malam (NTL), yang merekam tingkat kecerahan cahaya buatan pada malam hari. Setiap piksel dalam citra ini memiliki nilai intensitas cahaya rata-rata yang mencerminkan tingkat kecerahan suatu wilayah pada malam hari. Wilayah yang lebih terang menunjukkan aktivitas cahaya yang lebih tinggi. Untuk keperluan analisis, data intensitas pada setiap piksel kemudian diolah dan dirata-ratakan di tingkat kota atau kabupaten di Indonesia, sehingga diperoleh gambaran umum sebaran pencahayaan malam hari di setiap wilayah yang dianalisis.

Penelitian ini menerapkan suatu pendekatan kuantitatif menggunakan metode analisis deskriptif dan inferensial. Analisis deskriptif diterapkan untuk mengilustrasikan karakteristik umum dari IPM dan Tingkat Cahaya Malam di kabupaten/kota di Indonesia. Nilai NTL diperoleh melalui ekstraksi fitur dari data raster citra satelit malam hari. Sementara itu, analisis inferensial yang digunakan adalah regresi linier untuk menguji pengaruh NTL terhadap IPM di kabupaten/kota di Indonesia, baik dengan maupun tanpa variabel kontrol.

Data citra malam hari NPP/VIIRS 2022 diunduh dari situs web Earth Observation Group (EOG), yang berada di bawah Payne Institute for Public Policy, Colorado School of Mines. Menurut Elvidge dkk. (2001), EOG awalnya mengembangkan sistem pemrosesan cahaya malam tahunan menggunakan data citra cahaya rendah dari instrumen *Operational Linescan System* (OLS) milik Program Satelit Meteorologi Pertahanan (DMSP) Angkatan Udara Amerika Serikat. Sistem ini kemudian disempurnakan dengan memanfaatkan data dari instrumen VIIRS (*Visible Infrared Imaging Radiometer Suite*), yang menghasilkan citra cahaya malam. Sistem ini kemudian dikembangkan menjadi produk

VIIRS *Nighttime Lights* (VNL) dengan berbagai penyempurnaan, yaitu dengan menghilangkan berbagai gangguan seperti kebakaran dan cahaya lain yang tidak relevan.

Tahap awal dalam proses penyaringan meliputi penghapusan data yang terpengaruh oleh awan, sinar matahari, dan cahaya bulan untuk menyaring piksel yang memenuhi syarat untuk dimasukkan dalam dataset tahunan. Selanjutnya, anomali seperti cahaya dari kebakaran hutan atau aurora dipangkas untuk membedakan dengan jelas area dengan pencahayaan alami dari area gelap yang tidak terang. Piksel di area yang tidak terang diatur ke nol, sementara area yang terang diisi dengan nilai radian rata-rata. Menurut Shi dkk. (2014), piksel dengan Nomor Digital (DN) negatif juga diatur ke 0. Tujuan dari proses ini adalah untuk mempertahankan sebanyak mungkin fitur pencahayaan permukaan yang relevan sekaligus menghilangkan kekacauan visual atau elemen latar belakang yang tidak diinginkan. (Pan dan Hu (2018) dalam studi mereka menjelaskan bahwa area dengan nilai DN 0 mewakili area gelap, sementara area dengan nilai DN positif mewakili area terang.

Studi ini juga menggunakan data IPM tingkat kabupaten/kota tahun 2022 yang dipublikasikan di situs web BPS. Lebih lanjut, studi ini menggunakan data Harapan Lama Sekolah, Angka Harapan Hidup, dan persentase kemiskinan moneter di tingkat kabupaten/kota yang disediakan oleh BPS sebagai variabel kontrol. BPS (2022a) menjelaskan bahwa Indonesia menggunakan metodologi terbaru yang disempurnakan oleh UNDP pada tahun 2014 sebagai standar penghitungan IPM. BPS kemudian menyesuaikan indikator Pendapatan Nasional Bruto (PNB) per kapita, yang mencerminkan dimensi standar hidup layak, dan menggantinya dengan indikator per kapita riil yang dihitung menggunakan data Susenas. Indikator berikutnya adalah Angka Harapan Hidup saat Lahir, yang merepresentasikan umur panjang dan sehat. Dimensi terakhir adalah pengetahuan, yang dijelaskan oleh indikator Lama Sekolah yang Diharapkan (HLS) dan Rata-rata Lama Sekolah (RLS).

Data NTL harus melalui ekstraksi atau praproses terlebih dahulu sebelum dapat digunakan untuk dianalisis lebih lanjut. Hal ini dikarenakan data satelit mentah biasanya mengandung informasi yang belum siap untuk keperluan analisis. Data NTL umumnya disediakan dalam format raster (seperti GeoTIFF atau HDF), yang berisi nilai intensitas cahaya untuk setiap piksel. Karena data ini seringkali mencakup area yang luas (global atau regional), data tersebut perlu dikliping berdasarkan area yang diminati dalam hal ini, batas administratif kabupaten atau kota.

Menurut BPS (2022a), ekstraksi fitur adalah proses mengidentifikasi dan menangkap karakteristik dari suatu bentuk tertentu. Nilai yang diekstraksi kemudian digunakan untuk analisis lebih jauh. Dalam penelitian ini, ekstraksi fitur dilakukan dengan mengonversi dataset citra satelit malam hari (NTL) dari format raster ke format tabel vektor menggunakan metode *Zonal Statistics*. Metode *Zonal Statistics* memungkinkan perhitungan operasi statistik seperti median, rerata, maksimum, dan minimum pada nilai sel raster dalam zona yang ditentukan oleh set data lain. Dalam hal ini, zona-zona tersebut ditentukan menggunakan batas administratif kabupaten dan kota di Indonesia tahun 2020, yang disediakan dalam format *shapefile*. Untuk menerapkan metode *Zonal Statistics*, *shapefile* tersebut berfungsi sebagai lapisan yang menggambarkan batas setiap kabupaten/kota pada citra raster satelit malam hari. Setelah raster dilapiskan dengan batas administratif ini, operasi Statistik Zonal dapat dilakukan.

Dalam studi ini, nilai NTL yang dihitung adalah intensitas cahaya malam hari untuk setiap piksel, yang kemudian dirata-ratakan berdasarkan zona yang telah ditentukan yaitu, batas kabupaten/kota di seluruh Indonesia. Hasil dari proses ini adalah peta Indonesia di tingkat kabupaten/kota, di mana setiap wilayah diberi nilai intensitas cahaya malam rata-ratanya. Prosedur *Zonal Statistics* dilakukan menggunakan perangkat lunak QGIS.

Untuk setiap kabupaten/kota, intensitas piksel rata-rata di wilayah tersebut yaitu:

$$NTL_{\text{index}} = \frac{\sum_{i=1}^n NTL_i}{n} \dots\dots\dots(1)$$

dimana,

$NTLi$ = nilai intensitas piksel ke- i

n = jumlah piksel di area tersebut

Nilai intensitas NTL biasanya direpresentasikan pada skala 0–63 untuk sensor lama seperti DMSP-OLS, atau pada skala yang lebih luas (0–65.535) untuk sensor modern seperti VIIRS-DNB. Nilai NTL tidak memiliki satuan karena merupakan hasil normalisasi intensitas sinyal yang dideteksi oleh sensor satelit. Namun, untuk aplikasi spesifik, nilai NTL ini dapat dikonversi ke dalam satuan fisik seperti radians ($W/m^2/sr/\mu m$).

Analisis regresi linier dilakukan antara rata-rata NTL yang diperoleh dari data NPP/VIIRS dan IPM. Selain itu, variabel Harapan Hidup, Lama Sekolah yang Diharapkan, dan persentase kemiskinan moneter di tingkat kabupaten/kota digunakan sebagai variabel kontrol untuk membangun model.

Persamaan regresi linier berganda adalah persamaan yang menjelaskan suatu hubungan antara satu atau lebih variabel bebas (X) terhadap satu variabel terikat (Y), biasanya direpresentasikan menggunakan persamaan garis lurus. Secara matematis, model ini ditulis sebagai:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + \varepsilon \quad \dots\dots\dots(2)$$

Y adalah Indeks Pembangunan Manusia suatu kabupaten/kota; X_1 adalah indeks cahaya malam rata-rata yang diukur berdasarkan nilai rata-rata seluruh piksel di wilayah kota yang bersangkutan; X_2 hingga X_k adalah variabel kontrol; β_0 adalah koefisien regresi; dan β_k adalah intersep, yang ditentukan melalui analisis regresi. Regresi linier dilakukan untuk 514 kabupaten/kota di Indonesia. Variabel kontrol dalam studi ini adalah tingkat kemiskinan moneter, angka harapan hidup, dan harapan lama sekolah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Indonesia memiliki 514 kabupaten/kota yang tersebar di seluruh Indonesia. Gambar 2 menunjukkan variasi NTL (Tingkat Cahaya Alami) setiap kabupaten/kota di Indonesia. Berdasarkan penelitian sebelumnya oleh Pan dan Hu (2018), NTL dikelompokkan menjadi tujuh kelompok: sangat rendah (0–0,023), rendah (0,023–0,062), relatif rendah (0,062–0,124), sedang (0,124–0,361), relatif tinggi (0,361–1,147), tinggi (1,147–3,329), dan sangat tinggi (3,329–46,363). Semakin terang warna birunya, semakin tinggi nilai NTL rata-rata di kota tersebut. Intensitas cahaya malam hari yang tinggi cenderung terkonsentrasi di pulau Jawa dan Sumatra. Indonesia bagian timur, seperti kota-kota di Papua, relatif lebih gelap daripada kota-kota di Indonesia bagian barat. Terdapat kesenjangan tingkat cahaya malam hari antara Indonesia bagian timur dan barat.



Sumber: web Earth Observation Group (EOG) yang telah diproses

Gambar 2. Peta Tematik NTL Tiap Kabupaten/Kota di Indonesia Tahun 2022

Jakarta Pusat memiliki rata-rata nilai NTL tertinggi se-Indonesia, yaitu 46,36. Hampir seluruh kabupaten dan kota dengan rata-rata nilai NTL terendah mendekati nol berada di Provinsi Papua dan Papua Barat. Kabupaten yang memiliki rata-rata nilai NTL terendah antara lain Tolikara, Puncak Jaya, Mamberamo Raya, Nduga, Mamberamo Tengah, Lanny Jaya, Intan Jaya, dan Puncak.

Analisis regresi linier berganda digunakan dalam rangka mengetahui sejauh mana pengaruh variabel NTL dengan atau tanpa variabel kontrol terhadap variabel IPM kabupaten/kota yang ada di Indonesia. Pada regresi NTL terhadap IPM tanpa variabel kontrol, NTL memperlihatkan suatu hubungan positif yang signifikan dengan IPM kabupaten/kota di Indonesia. Tabel 1 menunjukkan hasil regresi variabel NTL terhadap variabel IPM kabupaten/kota di Indonesia tanpa variabel kontrol lainnya. Nilai R dari regresi tersebut adalah 0,539 dan R-squared adalah 0,291. Hal ini menjelaskan bahwa terdapat 70,9 persen variasi dari IPM yang tidak dapat dijelaskan oleh variabel NTL dan membutuhkan variabel lain untuk menjelaskan variasi tersebut.

Tabel 1.
Hasil Uji t Tanpa Variabel Kontrol

Variabel	Koefisien (β)	t-Statistic	p-Value	Signifikansi
	1	2	3	4
(Constant)	69,147***	267,147	0,000	signifikan
NTL	0,688***	14,484	0,000	signifikan

***p<0,01 ** p<0,05 *p<0,1

Sumber: Data Penelitian, 2025

Dengan hasil uji t pada Tabel 1 diperoleh model regresi sebagai berikut:

$$\text{IPM} = 69,147 + 0,688 \text{ NTL} \dots \dots \dots (3)$$

Deskripsi variabel:

IPM = Indeks Pembangunan Manusia

NTL = Indeks Cahaya Malam

Tabel 2.
Hasil Uji F

Model	Sum of squares	df	Mean Square	F-statistic	p-Value
	1	2	3	4	5
Regression	19135,203***	4	4783,801	1191,879	0.000
Residual	2042,954	509	4,014		
Total	21178,157	513			

***p<0,01 ** p<0,05 *p<0,1

Sumber: Data Penelitian, 2025

Berdasarkan hasil uji simultan pada Tabel 2, didapatkan nilai F sebesar 1191,879 dengan nilai signifikansi 0,000. Karena nilai dari signifikansi lebih kecil dari 0,01, maka dapat diambil kesimpulan bahwa secara simultan model yang terdiri dari variabel bebas NTL, Kemiskinan Moneter, Usia Harapan Hidup, dan Harapan Lama Sekolah berpengaruh signifikan terhadap variabel terikat yaitu variabel IPM tingkat kabupaten/kota di Indonesia tahun 2022. Nilai R model sebesar 0,951 dengan R Squared sebesar 0,904 yang berarti 90,4 persen variasi IPM dapat dijelaskan oleh model tersebut. Dengan demikian, model regresi linier berganda ini secara keseluruhan layak dalam menganalisis pengaruh variabel-variabel bebas tersebut terhadap variabel IPM.

Tabel 3 menunjukkan hasil uji-t menggunakan SPSS. Model yang diuji menggunakan uji-t memiliki empat variabel independen: Cahaya Malam (NTL), Usia Harapan Hidup (UHH), Harapan

Lama Sekolah (HLS), dan Kemiskinan Moneter (KM). Semua variabel independen secara signifikan memiliki pengaruh terhadap variabel dependen, IPM. Koefisien konstanta dalam model tidak signifikan.

Tabel 3.
Hasil Uji t

<i>Variable</i>	Koefisien (β)	t-Statistic	p-Value	Significance
	1	2	3	4
<i>Constant</i>	0,432	0,172	0,863	Tidak signifikan
N TL	0,237***	12,154	0,000	Signifikan
U HH	0,583***	17,749	0,000	Signifikan
H LS	2,425***	31,088	0,000	Signifikan
K M	-0,241***	-15,718	0,000	Signifikan

*** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$

Sumber: Data Penelitian, 2025

N TL memiliki hubungan positif dan signifikan dengan IPM (koefisien 0,237 dan Sig. 0,000). Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan intensitas cahaya malam, yang umumnya digunakan sebagai proksi aktivitas sosial ekonomi, dapat dikaitkan dengan peningkatan tingkat IPM di suatu kota atau kabupaten di Indonesia. Variabel kontrol U HH dan H LS juga memiliki hubungan positif dan signifikan dengan IPM, yang berarti bahwa peningkatan IPM juga terkait dengan peningkatan U HH dan H LS. Sementara itu, variabel kontrol kemiskinan moneter memiliki hubungan negatif yang signifikan dengan IPM (koefisien -0,241 dan Sig. 0,000). Hal ini dapat diartikan bahwa peningkatan IPM akan dikaitkan dengan penurunan persentase kemiskinan moneter di kabupaten/kota di Indonesia.

Dari hasil uji F dan t sebelumnya, kita memperoleh model sebagai berikut:

$$IPM = 0,432 + 0,237N TL + 0,583U HH + 2,425H LS - 0,241K M \dots\dots\dots (4)$$

Dengan deskripsi sebagaimana berikut ini:

IPM = Indeks Pembangunan Manusia

N TL = Rata-rata cahaya malam hari

U HH = Usia Harapan Hidup

H LS = Harapan Lama Sekolah

K M = Kemiskinan Moneter

Koefisien untuk variabel-variabel tersebut menunjukkan sejauh mana pengaruh dari masing-masing variabel independen terhadap IPM. Semua variabel independen memengaruhi IPM secara signifikan. Variabel kemiskinan moneter memiliki koefisien negatif, yang menunjukkan hubungan negatif yang signifikan dengan IPM. Hal itu berarti, semakin tinggi IPM, semakin rendah persentase kemiskinan moneter di suatu kabupaten/kota

Temuan dari penelitian ini memperjelas relevansi dari Teori Pembangunan Manusia yang diungkapkan oleh Sen (1989) yang melihat pembangunan sebagai perluasan dari kapabilitas manusia di suatu wilayah. N TL yang lebih tinggi mempresentasikan aktivitas ekonomi dan infrastruktur yang lebih maju yang kemudian mendorong perluasan kapabilitas tersebut. Hubungan positif yang signifikan antara N TL terhadap IPM di seluruh kabupaten/kota di Indonesia menunjukkan bahwa aktivitas ekonomi yang tercermin dalam tingkat cahaya malam dapat dijadikan proksi untuk kesejahteraan masyarakat sebagaimana kerangka kapabilitas dari Sen dan pengukuran IPM oleh UNDP.

Hasil dari studi ini mendukung penelitian Bruederle dan Hodler (2018), bahwa data cahaya malam dari satelit dapat digunakan sebagai proksi yang akurat untuk mengukur pembangunan manusia di tingkat lokal, terutama di negara-negara berkembang. Berdasarkan penelitian ini dapat kita simpulkan bahwa bukti empiris di Indonesia mendukung teori yang menyatakan pembangunan ekonomi dan pembangunan manusia berjalan seiring yang digambarkan dari bagaimana wilayah dengan intensitas

cahaya malam tinggi cenderung memiliki pendapatan per kapita lebih besar, kualitas pendidikan dan kesehatan yang lebih baik, serta tingkat kemiskinan yang lebih rendah.

SIMPULAN DAN SARAN

IPM adalah kumpulan data penting yang digunakan untuk memantau pembangunan manusia di Indonesia. Namun, data yang digunakan untuk menghitung IPM membutuhkan dana yang mahal dan waktu yang cukup lama. Data Cahaya Malam (NTL) berpotensi untuk berfungsi sebagai proksi untuk IPM. NTL sendiri menggambarkan intensitas cahaya malam di area tertentu, dalam studi ini di tingkat kabupaten/kota. Ada disparitas intensitas cahaya malam di antara kabupaten/kota di Indonesia. Kota-kota di Indonesia bagian barat cenderung memiliki intensitas cahaya malam yang lebih tinggi daripada kota-kota di Indonesia bagian timur. Hal tersebut memperlihatkan bahwa kegiatan ekonomi Indonesia lebih terkonsentrasi di Indonesia bagian barat. Lebih khusus lagi, kabupaten/kota dengan nilai NTL tinggi terkonsentrasi di Pulau Jawa, dengan Jakarta sebagai kota administratif dengan nilai NTL tertinggi, yaitu 46,36.

Temuan studi ini menunjukkan bahwa data NTL dapat berfungsi sebagai proksi untuk memperkirakan tingkat IPM di kabupaten dan kota seluruh Indonesia. Hasil ini penting bagi para pembuat kebijakan, membantu mereka mengidentifikasi prioritas regional untuk mengatasi kekurangan dalam pembangunan IPM di setiap kota, terutama di daerah dengan nilai NTL yang rendah. Namun, dengan 9,6 persen variasi model yang masih belum dapat dijelaskan, memasukkan faktor-faktor sosial-ekonomi lainnya sangat penting untuk meningkatkan akurasi model dan memperluas penerapannya. Keterbatasan studi ini adalah analisisnya terbatas pada tahun 2022. Analisis regresi dengan mempertimbangkan jangka waktu yang lebih lama dan panjang diperlukan untuk mendapatkan analisis yang lebih komprehensif. Studi ini juga terbatas pada kabupaten/kota di Indonesia. Penelitian lebih lanjut diperlukan mengenai NTL sebagai proksi IPM pada skala yang lebih kecil daripada kabupaten/kota, seperti kecamatan atau wilayah administratif yang lebih kecil.

REFERENSI

- Afrianto, F., Sagamartha Ultima, P. T., Perencanaan, I. A., & Timur, J. (2022). East Java Province GRDP Projection Model Using Night-Time Light Imagery. *East Java Economic Journal*, 6(2), 208–223. <https://doi.org/10.53572/EJAVEC.V6I2.83>
- Andiojaya, A., Nefriana, R. R., Rizka, R., & Lestari, T. K. (2022). GRDP forecasting through night-time light data: Evidence from Indonesia. *Jurnal Inovasi Ekonomi*, 8(01), 1–10. <https://doi.org/10.22219/JIKO.V8I01.20239>
- Aprianto, K., Wijayanto, A. W., & Pramana, S. (2022). Deep Learning Approach using Satellite Imagery Data for Poverty Analysis in Banten, Indonesia. *Proceedings - 2022 IEEE International Conference on Cybernetics and Computational Intelligence, CyberneticsCom 2022*, 126–131. <https://doi.org/10.1109/CyberneticsCom55287.2022.9865480>
- BPS. (2022a). Indeks Pembangunan Manusia 2022. *Badan Pusat Statistik*, 14, 3–8. <https://kaltim.bps.go.id/subject/26/indeks-pembangunan-manusia.html#subjekViewTab1>
- BPS. (2022b). *Pemodelan Citra Malam untuk Estimasi Kemiskinan Desa* (U. Bustaman, D. N. Larasati, & S. Pramana (eds.)). *Badan Pusat Statistik*. <https://www.bps.go.id/id/publication/2022/09/16/c986ddae513b83bf2999c8de/pemodelan-citra-malam-untuk-estimasi-kemiskinan-des.html>
- Bruederle, A., & Hodler, R. (2018). Nighttime lights as a proxy for human development at the local level. *PLoS ONE*, 13(9), 1–22. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0202231>
- Elvidge, C. D., Imhoff, M. L., Baugh, K. E., Hobson, V. R., Nelson, I., Safran, J., Dietz, J. B., & Tuttle, B. T. (2001). Night-time lights of the world: 1994–1995. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 56(2), 81–99. [https://doi.org/10.1016/S0924-2716\(01\)00040-5](https://doi.org/10.1016/S0924-2716(01)00040-5)
- Foster, H., & Lechler, M. (2022). *How nighttime lights illuminate economic activity* | S&P Global. <https://www.spglobal.com/market-intelligence/en/news-insights/research/how-nighttime-lights-illuminate-economic-activity?>

- Han, G., Zhou, T., Sun, Y., & Zhu, S. (2022). The relationship between night-time light and socioeconomic factors in China and India. *PLoS ONE*, 17(1 January), 1–22. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0262503>
- Jean, N., Burke, M., Xie, M., Davis, W. M., Lobell, D. B., & Ermon, S. (2016). Combining satellite imagery and machine learning to predict poverty. *Science*, 353(6301), 790–794. https://doi.org/10.1126/SCIENCE.AAF7894/SUPPL_FILE/JEAN.SM.PDF
- Jhamb, P., Ferreira, S., Stephens, P., Sundaram, M., & Wilson, J. (2025). Shedding light on development: Leveraging the new nightlights data to measure economic progress. *PLoS ONE*, 20(2 February), 1–19. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0318482>
- Khairunnisah, Wijayanto, A. W., & Pramana, S. (2023). Mapping Poverty Distribution of Urban Area using VIIRS Nighttime Light Satellite Imageries in D.I Yogyakarta, Indonesia. *Asian Journal of Business Environment*, 13(2), 9–20. <https://doi.org/10.13106/AJBE.2023.VOL13.NO2.9>
- Lilya, N., & Dewi, S. (2023). Pengaruh Komponen Indeks Pembangunan Manusia terhadap Pertumbuhan Ekonomi Provinsi Bali. *E-Jurnal Ekonomi dan Bisnis Universitas Udayana*. <https://doi.org/10.24843/EEB.2023.v12.i05.p07>
- Lin, T., & Rybnikova, N. (2023). Using Satellite Nighttime Light to Measure Socio-Economic Activity in Africa Before and After COVID. *Journal of Student Research*, 12(1), 1–11. <https://doi.org/10.47611/jsrhs.v12i1.4319>
- Lou, G., Chen, Q., He, K., Zhou, Y., & Shi, Z. (2019). Using Nighttime Light Data and POI Big Data to Detect the Urban Centers of Hangzhou. *Remote Sensing 2019, Vol. 11, Page 1821, 11(15)*, 1821. <https://doi.org/10.3390/RS11151821>
- Lumban Gaol, R. A. I., & Sukadana, I. W. (2024). Elastisitas ekspor sektor pertanian terhadap IPM ketimpangan, kemiskinan, TPT dan PDRB Provinsi Sumatera Utara. *E-Jurnal Ekonomi dan Bisnis Universitas Udayana*, 2461. <https://doi.org/10.24843/EEB.2023.V12.I12.P14>
- Martinez, A. M. (2020). *Mapping Poverty through Data Integration and Artificial Intelligence*: <https://doi.org/10.22617/FLS200215-3>
- Mushunje, L., & Mashasha, M. (2023). Non-Banking Sector development effect on economic growth. A Nighttime light data approach. *Arxiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2401.08596>
- Pan, J., & Hu, Y. (2018). Spatial identification of multi-dimensional poverty in Rural China: A perspective of Nighttime-Light Remote Sensing Data. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 46(7), 1093–1111. <https://doi.org/10.1007/s12524-018-0772-4>
- Putro, D. H., Pramana, S., & Hendrawan, D. (2025). Socioeconomic impact of COVID-19 restrictions in Bali: A nighttime light analysis. *Jurnal Ekonomi Indonesia*, 14(1), 93–110. <https://doi.org/10.52813/JEI.V14I1.220>
- Sen, A. (1989). *Development as capability expansion*. *Journal of Development Planning*, 19, 41–58.
- Shi, K., Yu, B., Huang, Y., Hu, Y., Yin, B., Chen, Z., Chen, L., & Wu, J. (2014). Evaluating the ability of NPP-VIIRS nighttime light data to estimate the gross domestic product and the electric power consumption of China at multiple scales: A comparison with DMSP-OLS data. *Remote Sensing*, 6(2), 1705–1724. <https://doi.org/10.3390/RS6021705>
- Shi, W., & Wang, M. (2018). Ocean Dynamics Observed by VIIRS Day/Night Band Satellite Observations. *Remote Sensing 2018, Vol. 10, Page 76, 10(1)*, 76. <https://doi.org/10.3390/RS10010076>
- United Nations Development Programme (UNDP). (2023). *Human development*. Human Development Reports. <https://hdr.undp.org/>
- United Nations Development Programme (UNDP). (2025). *Human development*. Human Development Reports. <https://hdr.undp.org/>
- Virgianto, J., & Sukadana, I. W. (2023). Elastisitas ekspor nikel terhadap IPM, distribusi pendapatan, dan tingkat kemiskinan di Kabupaten Luwu Timur. *E-Jurnal Ekonomi Dan Bisnis Universitas Udayana*, 861. <https://doi.org/10.24843/EEB.2023.V12.I05.P07>
- Zhang, Y., Song, S., Li, X., Gao, S., & Raubal, M. (2024). Leveraging context-adjusted nighttime light data for socioeconomic explanations of global urban resilience. *Sustainable Cities and Society*, 114, 105739. <https://doi.org/10.1016/J.SCS.2024.105739>
- Zhao, M., Cheng, C., Zhou, Y., Li, X., Shen, S., & Song, C. (2022). A global dataset of annual urban extents (1992–2020) from harmonized nighttime lights. *Earth System Science Data*, 14(2), 517–534. <https://doi.org/10.5194/essd-14-517-2022>