



Efisiensi Penggunaan Anggaran Kesehatan di Provinsi Jawa Tengah: Pendekatan Data Envelopment Analysis

Efficiency of Health Budget Utilization in Central Java Province: A Data Envelopment Analysis Approach

Ayu Kurnia Fatmawati^{1*}

¹ *Ekonomi Syariah, UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta, Indonesia.*

E-mail: ayu.fatmawati@uin-suka.ac.id

*Author correspondence: ayu.fatmawati@uin-suka.ac.id

ARTICLE INFO

Article History

Submitted:

2025-12-28

Revised:

2026-05-31

Accepted:

2026-06-02

Published:

2026-06-06

Keywords English: Health Budget; Technical Efficiency; Data Envelopment Analysis; Local Government; Central Java

Kata Kunci Indonesia:

Anggaran Kesehatan; Efisiensi Teknis; Data Envelopment Analysis; Pemerintah Daerah; Jawa Tengah

This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



ABSTRACT

Health budget efficiency is an important issue in decentralized public finance, particularly in ensuring that local government spending produces optimal health outcomes. This study analyzes the technical efficiency of health budget utilization in 35 regencies/municipalities in Central Java Province during the 2019–2021 period. The study employed an input-oriented CCR model of Data Envelopment Analysis (DEA). The input variables consisted of health budget realization, the number of doctors, and the number of healthcare facilities, while the output variables included life expectancy, maternal mortality rate, and infant mortality rate. Since maternal and infant mortality rates are undesirable outputs, both indicators were transformed using reciprocal values to conform to the DEA output orientation. The data were obtained from local government financial reports, the Central Java Provincial Health Profile, and publications of Statistics Indonesia (BPS). The findings show that the average technical efficiency scores were 0.904 in 2019, 0.914 in 2020, and 0.903 in 2021. Fourteen regions consistently achieved full efficiency throughout the study period, while others experienced fluctuating or declining efficiency scores. These results indicate that health budget efficiency is not solely determined by the size of budget allocation, but also by governance quality, resource management, and regional capacity in transforming inputs into health outcomes. Policy efforts should focus on strengthening health workforce allocation, improving health information and service management systems, and implementing performance-based budgeting.

ABSTRAK

Efisiensi anggaran kesehatan merupakan isu penting dalam keuangan publik daerah, terutama untuk memastikan bahwa belanja pemerintah mampu menghasilkan capaian kesehatan yang optimal. Penelitian ini menganalisis efisiensi teknis penggunaan anggaran kesehatan pada 35 kabupaten/kota di Provinsi Jawa Tengah selama periode 2019–2021. Metode yang digunakan adalah Data Envelopment Analysis (DEA) model CCR berorientasi input. Variabel input meliputi realisasi anggaran kesehatan, jumlah dokter, dan jumlah fasilitas pelayanan

kesehatan, sedangkan variabel output terdiri atas angka harapan hidup, angka kematian ibu, dan angka kematian bayi. Karena angka kematian ibu dan angka kematian bayi merupakan output yang tidak diharapkan, kedua indikator tersebut ditransformasi menggunakan nilai kebalikan agar sesuai dengan orientasi output dalam DEA. Data diperoleh dari laporan keuangan pemerintah daerah, Profil Kesehatan Provinsi Jawa Tengah, dan publikasi Badan Pusat Statistik (BPS). Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata skor efisiensi teknis sebesar 0,904 pada tahun 2019, meningkat menjadi 0,914 pada tahun 2020, dan menurun menjadi 0,903 pada tahun 2021. Sebanyak 14 daerah mencapai efisiensi penuh secara konsisten selama periode penelitian, sedangkan daerah lainnya menunjukkan skor efisiensi yang berfluktuasi atau menurun. Temuan ini menunjukkan bahwa efisiensi anggaran kesehatan tidak hanya ditentukan oleh besarnya alokasi anggaran, tetapi juga oleh kualitas tata kelola, manajemen sumber daya, dan kapasitas daerah dalam mengubah input menjadi capaian kesehatan. Rekomendasi kebijakan diarahkan pada penguatan alokasi tenaga kesehatan, peningkatan sistem informasi dan manajemen layanan kesehatan, serta penerapan anggaran berbasis kinerja.

Pendahuluan

Kesehatan merupakan salah satu pilar utama pembangunan manusia dan pembangunan ekonomi. Derajat kesehatan masyarakat yang baik berkontribusi terhadap peningkatan produktivitas tenaga kerja, penguatan kualitas sumber daya manusia, serta percepatan pembangunan sosial dan ekonomi. Investasi pemerintah dalam sektor kesehatan tidak hanya bertujuan untuk memperluas akses layanan kesehatan, tetapi juga menjadi instrumen penting dalam menurunkan angka kematian, meningkatkan angka harapan hidup, dan memperkuat kesejahteraan masyarakat dalam jangka panjang (WHO, 2015). Oleh karena itu, pengeluaran publik di sektor kesehatan perlu dikelola secara efektif dan efisien agar mampu menghasilkan capaian kesehatan yang optimal.

Di Indonesia, komitmen pemerintah terhadap sektor kesehatan tercermin melalui kebijakan alokasi anggaran kesehatan, baik pada tingkat pusat maupun daerah. Pemerintah daerah memiliki peran strategis dalam mengelola anggaran kesehatan karena sistem desentralisasi memberikan kewenangan yang luas kepada daerah untuk merencanakan, mengalokasikan, dan melaksanakan program kesehatan sesuai kebutuhan lokal. Komitmen tersebut juga tercermin dalam kebijakan yang mendorong pemerintah daerah mengalokasikan anggaran kesehatan secara memadai untuk memperkuat sistem kesehatan dan meningkatkan kualitas layanan publik (Kemenkes RI, 2022). Namun, besarnya alokasi anggaran belum selalu sejalan dengan peningkatan capaian kesehatan. Dalam banyak kasus, daerah dengan anggaran kesehatan relatif besar belum tentu menghasilkan indikator kesehatan yang lebih baik dibandingkan daerah dengan sumber daya yang lebih terbatas. Kondisi ini menunjukkan bahwa persoalan utama tidak hanya terletak pada jumlah anggaran, tetapi juga pada efisiensi penggunaan anggaran dan kualitas tata kelola sumber daya kesehatan.

Provinsi Jawa Tengah merupakan salah satu provinsi dengan jumlah kabupaten/kota yang besar dan karakteristik wilayah yang beragam, baik dari sisi kepadatan penduduk, kapasitas fiskal daerah, distribusi fasilitas kesehatan,

maupun ketersediaan tenaga kesehatan. Keberagaman tersebut menjadikan Jawa Tengah sebagai lokasi yang relevan untuk mengkaji efisiensi penggunaan anggaran kesehatan pada level pemerintah daerah. Selama periode 2019–2021, indikator kesehatan di Jawa Tengah menunjukkan perkembangan yang tidak sepenuhnya seragam. Berdasarkan data BPS Provinsi Jawa Tengah, angka harapan hidup Jawa Tengah meningkat dari 74,23 tahun pada 2019 menjadi 74,37 tahun pada 2020, dan kembali meningkat menjadi 74,47 tahun pada 2021 (Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Tengah, 2024). Namun, peningkatan angka harapan hidup tersebut tidak selalu diikuti oleh penurunan indikator mortalitas. Berdasarkan Profil Kesehatan Provinsi Jawa Tengah, Angka Kematian Ibu (AKI) meningkat dari 76,9 per 100.000 kelahiran hidup pada 2019 menjadi 98,6 per 100.000 kelahiran hidup pada 2020, dan mencapai 199 per 100.000 kelahiran hidup pada 2021 (Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Tengah, 2020, 2021, 2022). Sementara itu, Angka Kematian Bayi (AKB) menunjukkan kecenderungan menurun, dari 8,24 per 1.000 kelahiran hidup pada 2019 menjadi 7,79 per 1.000 kelahiran hidup pada 2020, dan sekitar 7,9 per 1.000 kelahiran hidup pada 2021 (Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Tengah, 2020, 2021, 2022).

Kesenjangan antarwilayah juga masih terlihat pada indikator kesehatan kabupaten/kota di Jawa Tengah. Berdasarkan data Long Form Sensus Penduduk 2020, AKB tertinggi di Jawa Tengah tercatat di Kabupaten Brebes sebesar 16,57 per 1.000 kelahiran hidup, sedangkan AKB terendah terdapat di Kabupaten Sukoharjo sebesar 10,42 per 1.000 kelahiran hidup (Badan Pusat Statistik, 2023). Perbedaan capaian tersebut menunjukkan bahwa setiap daerah menghadapi tantangan yang berbeda dalam menghasilkan output kesehatan. Di sisi lain, realisasi anggaran kesehatan kabupaten/kota sebagai input dalam penelitian ini juga menunjukkan variasi antarwilayah. Oleh sebab itu, penting untuk menilai apakah perbedaan penggunaan anggaran, jumlah dokter, dan fasilitas pelayanan kesehatan telah menghasilkan capaian kesehatan secara efisien.

Periode 2019–2021 menjadi konteks yang penting karena mencakup masa sebelum dan saat pandemi COVID-19. Pandemi memberikan tekanan besar terhadap sistem kesehatan daerah melalui peningkatan kebutuhan layanan kesehatan, realokasi anggaran, kebutuhan tenaga kesehatan, serta perubahan prioritas belanja pemerintah. Kondisi tersebut berpotensi memengaruhi efisiensi penggunaan anggaran kesehatan. Daerah yang memiliki tata kelola anggaran, distribusi tenaga kesehatan, dan infrastruktur layanan yang lebih baik cenderung lebih mampu mengubah input kesehatan menjadi output kesehatan yang optimal. Sebaliknya, daerah dengan keterbatasan kapasitas kelembagaan dan manajemen sumber daya berpotensi mengalami inefisiensi meskipun memperoleh alokasi anggaran yang memadai.

Efisiensi penggunaan anggaran kesehatan menjadi penting karena dampak pengeluaran publik terhadap kesehatan tidak hanya ditentukan oleh besar kecilnya anggaran, tetapi juga oleh kemampuan pemerintah dalam mengalokasikan dan mengelola sumber daya untuk menghasilkan output kesehatan yang diharapkan (Edeme, 2017). Dalam konteks kesehatan, efisiensi dapat dipahami sebagai kemampuan mengubah input berupa anggaran, tenaga kesehatan, dan fasilitas

kesehatan menjadi output berupa penurunan angka kematian dan peningkatan angka harapan hidup (Dhaoui, 2019). Penelitian sebelumnya juga menunjukkan bahwa inefisiensi sektor kesehatan sering berkaitan dengan lemahnya tata kelola, kurang tepatnya prioritas alokasi, keterbatasan infrastruktur, serta belum optimalnya manajemen sumber daya (Guo et al., 2021; Onofrei et al., 2021).

Penelitian mengenai efisiensi sektor kesehatan telah banyak dilakukan dengan berbagai pendekatan, termasuk Data Envelopment Analysis (DEA). Pendekatan DEA banyak digunakan untuk mengukur efisiensi relatif unit pengambil keputusan atau Decision Making Unit (DMU), termasuk rumah sakit, sistem kesehatan, dan pengeluaran publik sektor kesehatan (Mergoni et al., 2025; Mourad et al., 2021). Namun, sebagian besar penelitian terdahulu lebih banyak berfokus pada efisiensi rumah sakit, sistem kesehatan nasional, atau perbandingan antarnegara. Kajian yang secara khusus membandingkan efisiensi teknis penggunaan anggaran kesehatan pada level kabupaten/kota di Indonesia, khususnya di Provinsi Jawa Tengah, masih relatif terbatas. Padahal, analisis pada level kabupaten/kota penting dilakukan karena pemerintah daerah merupakan aktor utama dalam implementasi program kesehatan dan pengelolaan anggaran kesehatan di era desentralisasi.

Kebaruan penelitian ini terletak pada penggunaan DEA-CCR berorientasi input untuk membandingkan efisiensi teknis anggaran kesehatan pada 35 kabupaten/kota di Provinsi Jawa Tengah selama periode 2019–2021. Penelitian ini tidak hanya melihat besarnya anggaran kesehatan, tetapi juga menilai sejauh mana input berupa realisasi anggaran kesehatan, jumlah dokter, dan fasilitas pelayanan kesehatan dapat menghasilkan output berupa angka harapan hidup, angka kematian ibu, dan angka kematian bayi. Dengan demikian, penelitian ini memberikan gambaran mengenai daerah yang telah menggunakan sumber daya kesehatan secara efisien dan daerah yang masih berpotensi mengalami inefisiensi.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efisiensi teknis penggunaan anggaran kesehatan pada pemerintah kabupaten/kota di Provinsi Jawa Tengah selama periode 2019–2021 dengan menggunakan pendekatan Data Envelopment Analysis model CCR berorientasi input. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi akademik dalam pengembangan kajian efisiensi belanja publik sektor kesehatan, serta memberikan masukan praktis bagi pemerintah daerah dalam merumuskan kebijakan penganggaran kesehatan yang berbasis kinerja, responsif terhadap kebutuhan daerah, dan berorientasi pada peningkatan capaian kesehatan masyarakat.

Kajian Literatur

Efisiensi Anggaran Kesehatan Sektor Publik

Efisiensi anggaran kesehatan merupakan isu penting dalam pengelolaan keuangan sektor publik karena pemerintah dihadapkan pada keterbatasan sumber daya, sementara kebutuhan pelayanan kesehatan masyarakat terus meningkat. Dalam konteks sektor publik, efisiensi tidak hanya dimaknai sebagai upaya menekan biaya, tetapi juga sebagai kemampuan pemerintah dalam mengubah sumber daya yang tersedia menjadi hasil pembangunan kesehatan yang optimal

(Fitri et al., 2025; Rahmat et al., 2025). Pengeluaran pemerintah di sektor kesehatan diharapkan mampu memperluas akses layanan, meningkatkan kualitas pelayanan, menurunkan angka kematian, serta meningkatkan angka harapan hidup masyarakat.

Dalam perspektif ekonomi kesehatan, anggaran kesehatan berperan sebagai input utama yang digunakan untuk membiayai pelayanan kesehatan, penyediaan tenaga kesehatan, pembangunan fasilitas kesehatan, program promotif dan preventif, serta intervensi kesehatan masyarakat lainnya. Namun, peningkatan anggaran tidak selalu menghasilkan perbaikan indikator kesehatan secara proporsional. Edeme (2017) menjelaskan bahwa dampak pengeluaran kesehatan terhadap hasil kesehatan sangat bergantung pada efektivitas alokasi dan kualitas pengelolaan sumber daya publik. Dengan demikian, daerah yang memiliki anggaran besar belum tentu lebih efisien apabila anggaran tersebut tidak dikelola secara tepat.

Efisiensi anggaran kesehatan juga berkaitan erat dengan tata kelola pemerintahan. Guo et al. (2021) menunjukkan bahwa inefisiensi pengeluaran kesehatan tidak hanya dipengaruhi oleh besarnya alokasi anggaran, tetapi juga oleh kualitas tata kelola, kapasitas kelembagaan, dan kemampuan pemerintah dalam menetapkan prioritas kebijakan. Hal ini menunjukkan bahwa efisiensi belanja kesehatan perlu dilihat sebagai hasil dari interaksi antara anggaran, tenaga kesehatan, fasilitas pelayanan, dan kualitas manajemen pemerintah daerah. Dalam konteks pemerintah daerah, efisiensi menjadi semakin penting karena daerah memiliki kewenangan untuk menentukan prioritas belanja kesehatan sesuai dengan kebutuhan lokal.

Efisiensi Teknis dan Efisiensi Alokatif

Secara konseptual, efisiensi dalam sektor publik dapat dibedakan menjadi efisiensi teknis dan efisiensi alokatif. Efisiensi teknis mengacu pada kemampuan suatu unit pengambil keputusan atau Decision Making Unit (DMU) dalam menghasilkan output maksimum dari sejumlah input tertentu, atau sebaliknya menggunakan input minimum untuk menghasilkan tingkat output tertentu. Dalam konteks anggaran kesehatan, efisiensi teknis menunjukkan sejauh mana pemerintah daerah mampu menggunakan anggaran kesehatan, tenaga dokter, dan fasilitas pelayanan kesehatan untuk menghasilkan capaian kesehatan seperti meningkatnya angka harapan hidup dan menurunnya angka kematian.

Efisiensi alokatif berbeda dari efisiensi teknis. Efisiensi alokatif menekankan kemampuan suatu organisasi dalam mengalokasikan sumber daya pada kombinasi input yang paling tepat sesuai dengan harga, biaya, dan manfaat yang dihasilkan. Dalam konteks pemerintah daerah, efisiensi alokatif berkaitan dengan keputusan apakah anggaran kesehatan lebih tepat dialokasikan untuk tenaga kesehatan, pembangunan fasilitas, pelayanan preventif, atau intervensi kesehatan tertentu. Dengan kata lain, efisiensi teknis menilai kemampuan menggunakan sumber daya secara optimal, sedangkan efisiensi alokatif menilai ketepatan komposisi alokasi sumber daya.

Penelitian ini berfokus pada efisiensi teknis karena pemerintah daerah memiliki keterbatasan dalam penyediaan sumber daya kesehatan dan perlu memastikan bahwa input yang tersedia dapat menghasilkan output kesehatan secara optimal. Fokus pada efisiensi teknis juga sesuai dengan tujuan penelitian, yaitu membandingkan kinerja relatif 35 kabupaten/kota di Provinsi Jawa Tengah dalam menggunakan anggaran kesehatan, jumlah dokter, dan fasilitas pelayanan kesehatan selama periode 2019–2021. Dengan mengukur efisiensi teknis, penelitian ini dapat mengidentifikasi daerah yang telah menggunakan sumber daya secara efisien serta daerah yang masih memiliki potensi inefisiensi.

Data Envelopment Analysis dalam Evaluasi Sektor Kesehatan

Data Envelopment Analysis (DEA) merupakan metode nonparametrik yang banyak digunakan untuk mengukur efisiensi relatif dari sejumlah unit pengambil keputusan yang menggunakan banyak input untuk menghasilkan banyak output. Metode ini pertama kali dikembangkan oleh Charnes, Cooper, dan Rhodes melalui model CCR. Keunggulan DEA terletak pada kemampuannya mengevaluasi efisiensi tanpa harus menentukan bentuk fungsi produksi tertentu. Oleh karena itu, DEA banyak digunakan dalam evaluasi sektor publik, termasuk sektor kesehatan, karena sektor ini umumnya melibatkan banyak jenis input dan output yang tidak selalu mudah dijelaskan melalui hubungan linier sederhana.

Dalam sektor kesehatan, DEA digunakan untuk menilai efisiensi rumah sakit, puskesmas, sistem kesehatan, maupun pengeluaran pemerintah di bidang kesehatan. Mourad et al. (2021) menggunakan DEA untuk mengevaluasi efisiensi sistem kesehatan dalam menghadapi COVID-19, sedangkan Onofrei et al. (2021) menunjukkan bahwa pengeluaran kesehatan pemerintah dapat berhubungan dengan hasil kesehatan publik, meskipun dampaknya sangat bergantung pada efektivitas tata kelola dan konteks masing-masing wilayah. Mergoni et al. (2025) juga menegaskan bahwa DEA telah berkembang luas sebagai pendekatan evaluasi kinerja dan benchmarking dalam berbagai bidang, termasuk layanan kesehatan dan sektor publik.

Model DEA yang digunakan dalam penelitian ini adalah model CCR berorientasi input. Model CCR mengasumsikan constant returns to scale, yaitu perubahan proporsional pada input akan menghasilkan perubahan proporsional pada output. Dengan asumsi ini, DMU dinilai efisien apabila mampu menghasilkan output tertentu dengan penggunaan input yang relatif lebih rendah dibandingkan DMU lain. Model CCR relevan digunakan ketika penelitian ingin melihat efisiensi teknis secara keseluruhan dengan asumsi bahwa setiap kabupaten/kota dapat dibandingkan dalam kerangka hubungan input-output yang sama.

Orientasi input dipilih karena dalam konteks pemerintah daerah, pengendalian langsung lebih banyak berada pada sisi input dibandingkan output. Pemerintah daerah dapat mengatur alokasi anggaran kesehatan, distribusi tenaga dokter, dan penyediaan fasilitas pelayanan kesehatan. Namun, output kesehatan seperti angka harapan hidup, angka kematian ibu, dan angka kematian bayi dipengaruhi oleh banyak faktor lain di luar kendali langsung pemerintah daerah, seperti karakteristik demografis, kondisi sosial ekonomi, perilaku masyarakat, dan faktor lingkungan.

Oleh karena itu, pendekatan DEA berorientasi input digunakan untuk menilai sejauh mana input kesehatan dapat digunakan secara lebih efisien tanpa menurunkan capaian output kesehatan.

Dalam penggunaan DEA, output idealnya bersifat desirable, yaitu semakin tinggi nilainya semakin baik. Angka harapan hidup termasuk output yang diharapkan karena semakin tinggi angka harapan hidup menunjukkan capaian kesehatan yang lebih baik. Sebaliknya, angka kematian ibu dan angka kematian bayi merupakan undesirable outputs karena semakin tinggi nilainya menunjukkan kondisi kesehatan yang semakin buruk. Oleh karena itu, indikator mortalitas perlu ditransformasi sebelum digunakan sebagai output DEA. Salah satu cara yang dapat digunakan adalah transformasi reciprocal atau nilai kebalikan, sehingga penurunan angka kematian dapat diperlakukan sebagai peningkatan output kesehatan. Dengan demikian, model DEA tetap konsisten dengan prinsip bahwa output yang lebih tinggi mencerminkan kinerja yang lebih baik.

Desentralisasi Fiskal dan Kinerja Kesehatan Daerah

Desentralisasi fiskal memberikan kewenangan yang lebih luas kepada pemerintah daerah untuk mengelola sumber daya dan menentukan prioritas pembangunan sesuai kebutuhan lokal. Dalam sektor kesehatan, desentralisasi memungkinkan pemerintah kabupaten/kota menyesuaikan program kesehatan dengan karakteristik daerah masing-masing. Namun, desentralisasi juga menimbulkan tantangan karena kapasitas fiskal, kualitas tata kelola, distribusi tenaga kesehatan, dan ketersediaan fasilitas kesehatan tidak merata antarwilayah.

Dalam konteks Indonesia, pemerintah daerah memiliki peran penting dalam mengelola belanja kesehatan, menyediakan fasilitas layanan, serta memastikan keterjangkauan pelayanan bagi masyarakat. Akan tetapi, keberhasilan pengelolaan kesehatan daerah tidak hanya ditentukan oleh besarnya anggaran yang tersedia. Daerah dengan anggaran lebih besar belum tentu mampu menghasilkan capaian kesehatan yang lebih baik apabila alokasi dan manajemen sumber daya tidak efektif. Sebaliknya, daerah dengan sumber daya terbatas dapat mencapai efisiensi lebih tinggi apabila mampu mengelola input secara tepat dan responsif terhadap kebutuhan masyarakat.

Winata & McLafferty (2021) menunjukkan bahwa ketimpangan spasial dan sosial ekonomi dapat memengaruhi ketersediaan fasilitas kesehatan dan akses masyarakat terhadap layanan kesehatan. Hal ini relevan dengan konteks kabupaten/kota di Jawa Tengah yang memiliki karakteristik wilayah berbeda, baik dari sisi kepadatan penduduk, tingkat urbanisasi, ketersediaan fasilitas kesehatan, maupun distribusi tenaga kesehatan. Perbedaan karakteristik tersebut dapat menyebabkan variasi efisiensi antardaerah dalam mengubah input kesehatan menjadi output kesehatan.

Periode 2019–2021 juga menjadi konteks penting karena mencakup masa pandemi COVID-19. Pandemi memberikan tekanan besar pada sistem kesehatan daerah melalui meningkatnya kebutuhan layanan, perubahan prioritas anggaran, serta meningkatnya beban tenaga kesehatan dan fasilitas pelayanan. Dalam kondisi tersebut, efisiensi penggunaan anggaran kesehatan menjadi isu yang semakin

penting karena pemerintah daerah dituntut untuk tetap menghasilkan capaian kesehatan yang baik meskipun menghadapi tekanan fiskal dan kelembagaan. Dengan demikian, evaluasi efisiensi pada periode tersebut dapat memberikan gambaran mengenai kapasitas daerah dalam mengelola sumber daya kesehatan pada situasi normal maupun krisis.

Penelitian Terdahulu dan Research Gap

Sejumlah penelitian terdahulu telah menggunakan DEA untuk mengukur efisiensi sektor kesehatan. Dhaoui (2019), misalnya, menggunakan pendekatan two-stage DEA untuk mengukur efisiensi sistem kesehatan di negara-negara MENA dan menemukan bahwa efisiensi dipengaruhi oleh faktor kelembagaan dan karakteristik sosial ekonomi. Guo et al. (2021) meneliti efisiensi pengeluaran kesehatan pemerintah provinsi di China setelah reformasi kesehatan dan menunjukkan bahwa perbedaan efisiensi lebih banyak dipengaruhi oleh kualitas tata kelola dan pengelolaan sumber daya dibandingkan sekadar besarnya anggaran. Onofrei et al. (2021) juga menemukan bahwa hubungan antara pengeluaran kesehatan pemerintah dan hasil kesehatan publik sangat dipengaruhi oleh efektivitas belanja serta kondisi kelembagaan masing-masing negara.

Penelitian lain menunjukkan bahwa efisiensi sektor kesehatan tidak dapat dilepaskan dari konteks wilayah. Winata & McLafferty (2021) menekankan adanya ketimpangan spasial dan sosial ekonomi dalam ketersediaan fasilitas kesehatan di wilayah Jakarta. Temuan tersebut memperlihatkan bahwa distribusi fasilitas dan akses layanan dapat memengaruhi capaian kesehatan. Sementara itu, Anwar et al. (2023) menunjukkan bahwa investasi kesehatan pemerintah berpengaruh terhadap outcome kesehatan dalam jangka panjang, sehingga kebijakan efisiensi tidak boleh dimaknai semata-mata sebagai pengurangan anggaran.

Meskipun berbagai penelitian telah membahas efisiensi sektor kesehatan, masih terdapat celah penelitian yang perlu diisi. Pertama, sebagian besar studi DEA dalam sektor kesehatan lebih banyak berfokus pada rumah sakit, sistem kesehatan nasional, atau perbandingan antarnegara. Kedua, penelitian yang secara khusus mengevaluasi efisiensi teknis anggaran kesehatan pada level kabupaten/kota di Indonesia masih relatif terbatas. Ketiga, kajian mengenai efisiensi kesehatan pada level kabupaten/kota di Provinsi Jawa Tengah selama periode 2019–2021 penting dilakukan karena periode tersebut mencakup kondisi sebelum dan saat pandemi COVID-19. Keempat, penelitian ini menggunakan input berupa realisasi anggaran kesehatan, jumlah dokter, dan fasilitas pelayanan kesehatan, serta output berupa angka harapan hidup, angka kematian ibu, dan angka kematian bayi yang ditransformasi agar sesuai dengan prinsip DEA.

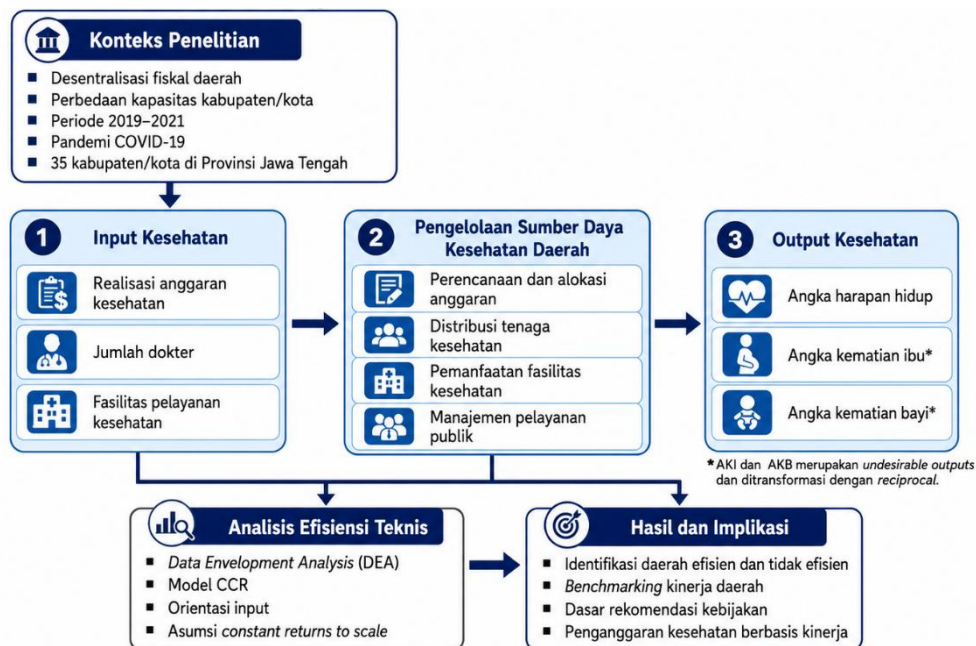
Berdasarkan celah tersebut, penelitian ini berupaya memberikan kontribusi dengan membandingkan efisiensi teknis penggunaan anggaran kesehatan pada 35 kabupaten/kota di Provinsi Jawa Tengah menggunakan model DEA-CCR berorientasi input. Penelitian ini diharapkan dapat mengidentifikasi daerah yang efisien, daerah yang belum efisien, serta memberikan dasar empiris bagi pemerintah daerah dalam merumuskan kebijakan penganggaran kesehatan berbasis kinerja.

Kerangka Pemikiran Penelitian

Kerangka pemikiran dalam penelitian ini didasarkan pada hubungan antara input kesehatan, proses pengelolaan sumber daya, dan output kesehatan. Input kesehatan terdiri atas realisasi anggaran kesehatan, jumlah dokter, dan jumlah fasilitas pelayanan kesehatan. Ketiga input tersebut mencerminkan sumber daya utama yang digunakan pemerintah daerah dalam menyelenggarakan layanan kesehatan. Input tersebut kemudian dikelola melalui sistem tata kelola kesehatan daerah, termasuk perencanaan, alokasi anggaran, distribusi tenaga kesehatan, pemanfaatan fasilitas, dan manajemen pelayanan publik.

Output kesehatan dalam penelitian ini terdiri atas angka harapan hidup, angka kematian ibu, dan angka kematian bayi. Angka harapan hidup digunakan sebagai indikator capaian kesehatan yang bersifat positif, sedangkan angka kematian ibu dan angka kematian bayi digunakan sebagai indikator mortalitas yang perlu ditransformasi karena merupakan output yang tidak diharapkan. Melalui DEA-CCR berorientasi input, penelitian ini menilai sejauh mana pemerintah kabupaten/kota mampu menghasilkan output kesehatan tertentu dengan penggunaan input yang relatif efisien.

Secara deskriptif, penelitian ini berangkat dari asumsi bahwa kabupaten/kota yang mampu mengelola anggaran kesehatan, tenaga dokter, dan fasilitas pelayanan kesehatan secara lebih baik akan memiliki skor efisiensi teknis yang lebih tinggi. Sebaliknya, daerah yang menggunakan input relatif besar tetapi belum menghasilkan capaian kesehatan yang sebanding akan menunjukkan skor efisiensi lebih rendah. Dengan demikian, efisiensi teknis tidak hanya mencerminkan besarnya sumber daya yang dimiliki daerah, tetapi juga kualitas pengelolaan sumber daya kesehatan dalam menghasilkan capaian kesehatan masyarakat.



Gambar 1. Kerangka Pemikiran Penelitian

Sumber: Diolah Penelitian, 2025

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode nonparametrik Data Envelopment Analysis (DEA) untuk mengukur efisiensi teknis penggunaan anggaran kesehatan pada pemerintah daerah di Provinsi Jawa Tengah. DEA digunakan karena mampu mengukur efisiensi relatif beberapa unit pengambil keputusan atau Decision Making Unit (DMU) yang menggunakan lebih dari satu input untuk menghasilkan lebih dari satu output. Metode ini relevan untuk mengevaluasi sektor publik, khususnya sektor kesehatan, karena tidak memerlukan asumsi hubungan fungsional tertentu antarvariabel serta dapat mengakomodasi berbagai input dan output secara simultan (Dhaoui, 2019; Lupu & Tiganasu, 2022).

Efisiensi dalam DEA pada dasarnya menggambarkan rasio antara output tertimbang dan input tertimbang. Nilai efisiensi maksimum adalah 1 atau 100%. DMU dengan skor efisiensi 1 dinyatakan efisien secara relatif, sedangkan DMU dengan skor di bawah 1 menunjukkan adanya inefisiensi dibandingkan dengan DMU lain dalam sampel (Zhu, 2014). Dengan demikian, DEA tidak hanya menghasilkan skor efisiensi, tetapi juga dapat digunakan untuk mengidentifikasi daerah yang menjadi acuan atau benchmark bagi daerah lain yang belum efisien.

Unit analisis dalam penelitian ini adalah 35 pemerintah daerah kabupaten/kota di Provinsi Jawa Tengah yang terdiri atas 29 kabupaten dan 6 kota. Periode penelitian mencakup tahun 2019-2021. Data dianalisis secara terpisah untuk setiap tahun, bukan sebagai panel gabungan. Dengan demikian, skor efisiensi dihitung masing-masing untuk tahun 2019, 2020, dan 2021, kemudian dibandingkan untuk melihat perubahan dan konsistensi efisiensi antardaerah selama periode penelitian. Pendekatan tahunan ini digunakan agar setiap kabupaten/kota dibandingkan dengan DMU lain pada tahun yang sama sehingga perubahan kondisi tahunan, termasuk dinamika pandemi COVID-19, dapat diamati secara lebih jelas.

Model DEA yang digunakan dalam penelitian ini adalah model CCR berorientasi input yang dikembangkan oleh (Charnes et al., 1978). Model CCR mengasumsikan constant returns to scale (CRS), yaitu perubahan input secara proporsional akan menghasilkan perubahan output secara proporsional. Model ini dipilih karena penelitian bertujuan mengukur efisiensi teknis secara keseluruhan dari penggunaan sumber daya kesehatan daerah dalam menghasilkan output kesehatan. Orientasi input dipilih karena pemerintah daerah memiliki kendali yang lebih besar terhadap input, seperti realisasi anggaran kesehatan, jumlah dokter, dan fasilitas pelayanan kesehatan, dibandingkan terhadap output kesehatan yang juga dipengaruhi oleh faktor sosial, ekonomi, demografi, lingkungan, serta perilaku masyarakat.

Pemilihan model CCR dibandingkan model BCC didasarkan pada tujuan penelitian untuk membandingkan efisiensi teknis relatif antar kabupaten/kota dalam kerangka input-output yang sama. Namun, penggunaan model CCR memiliki keterbatasan karena mengasumsikan skala operasi yang konstan, sementara kabupaten/kota di Provinsi Jawa Tengah memiliki perbedaan jumlah penduduk, kapasitas fiskal, kepadatan wilayah, serta skala layanan kesehatan. Oleh

karena itu, hasil penelitian ini perlu dipahami sebagai ukuran efisiensi teknis relatif berdasarkan asumsi constant returns to scale. Penelitian selanjutnya dapat menggunakan model BCC atau Malmquist Productivity Index sebagai pembanding untuk memisahkan efisiensi teknis murni, efisiensi skala, dan perubahan produktivitas antartahun.

Secara umum, skor efisiensi DEA untuk DMU ke- o dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$h_o = (\sum_{r=1}^s u_r y_{ro}) / (\sum_{i=1}^m v_i x_{io})$$

Keterangan:

$h_{_o}$ = skor efisiensi DMU ke- o

$y_{_ro}$ = output ke- r pada DMU ke- o

$x_{_io}$ = input ke- i pada DMU ke- o

$u_{_r}$ = bobot untuk output ke- r

$v_{_i}$ = bobot untuk input ke- i

s = jumlah output

m = jumlah input

Dalam model DEA, bobot input dan output tidak ditentukan secara subjektif oleh peneliti, tetapi ditentukan secara endogen oleh model. DEA mencari kombinasi bobot yang dapat memaksimalkan skor efisiensi setiap DMU, dengan batasan bahwa skor efisiensi seluruh DMU tidak boleh melebihi nilai 1. Oleh karena itu, skor efisiensi yang dihasilkan menunjukkan posisi relatif setiap kabupaten/kota terhadap efficiency frontier yang dibentuk dari DMU terbaik dalam sampel.

Variabel input dalam penelitian ini terdiri atas realisasi anggaran kesehatan, jumlah dokter, dan jumlah fasilitas pelayanan kesehatan. Realisasi anggaran kesehatan digunakan karena mencerminkan besarnya sumber daya fiskal yang dialokasikan dan digunakan oleh pemerintah daerah untuk sektor kesehatan. Jumlah dokter dipilih sebagai representasi input tenaga kesehatan karena dokter merupakan tenaga medis utama yang memiliki peran langsung dalam pelayanan, diagnosis, tindakan medis, dan peningkatan kualitas layanan kesehatan. Sementara itu, jumlah fasilitas pelayanan kesehatan digunakan sebagai representasi input infrastruktur kesehatan. Fasilitas pelayanan kesehatan dalam penelitian ini mencakup rumah sakit, puskesmas, klinik, dan fasilitas kesehatan lain yang tercatat dalam data kesehatan daerah.

Variabel output dalam penelitian ini terdiri atas angka harapan hidup, angka kematian ibu, dan angka kematian bayi. Angka harapan hidup merupakan output kesehatan yang bersifat desirable output karena semakin tinggi nilainya menunjukkan capaian kesehatan yang semakin baik. Sebaliknya, angka kematian ibu dan angka kematian bayi merupakan undesirable outputs karena semakin tinggi nilainya menunjukkan kondisi kesehatan yang semakin buruk. Oleh karena itu, kedua indikator mortalitas tersebut perlu ditransformasi agar sesuai dengan

prinsip DEA yang mengasumsikan bahwa semakin tinggi output menunjukkan kinerja yang semakin baik.

Transformasi indikator mortalitas dilakukan menggunakan nilai kebalikan atau reciprocal dengan rumus sebagai berikut:

$$Y^* = 1/Y$$

Keterangan:

Y^* = nilai output hasil transformasi

Y = nilai asli indikator mortalitas, yaitu angka kematian ibu atau angka kematian bayi

Melalui transformasi tersebut, semakin rendah angka kematian ibu atau angka kematian bayi akan menghasilkan nilai output transformasi yang semakin tinggi. Dengan demikian, indikator mortalitas dapat digunakan sebagai output dalam model DEA tanpa bertentangan dengan prinsip desirable output (Wang & Tao, 2019). Apabila terdapat nilai nol pada indikator mortalitas, transformasi reciprocal tidak dapat langsung dilakukan karena akan menghasilkan nilai tak terdefinisi. Untuk mengantisipasi kemungkinan tersebut, nilai nol dapat ditangani dengan menambahkan konstanta kecil pada penyebut atau menggunakan transformasi alternatif. Namun, dalam penelitian ini indikator angka kematian ibu dan angka kematian bayi dinyatakan dalam bentuk rasio, sehingga tidak ditemukan nilai nol pada data yang digunakan.

Definisi operasional variabel dan sumber data dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Definisi Operasional dan Sumber Data Penelitian

Jenis Variabel	Variabel	Definisi Operasional	Satuan	Tahun	Sumber Data
Input	Realisasi anggaran kesehatan	Realisasi belanja pemerintah daerah pada sektor kesehatan dalam satu tahun anggaran	Rupiah	2019-2021	Laporan realisasi APBD/laporan keuangan pemerintah daerah kabupaten/kota
Input	Jumlah dokter	Jumlah dokter yang tersedia pada masing-masing kabupaten/kota	Orang	2019-2021	Profil Kesehatan Provinsi Jawa Tengah/Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Tengah
Input	Fasilitas pelayanan kesehatan	Jumlah fasilitas pelayanan kesehatan, meliputi rumah sakit, puskesmas, klinik, dan fasilitas kesehatan lain yang tercatat dalam data kesehatan daerah	Unit	2019-2021	Profil Kesehatan Provinsi Jawa Tengah/Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Tengah

Output	Angka harapan hidup	Rata-rata perkiraan lama hidup penduduk pada masing-masing kabupaten/kota	Tahun	2019-2021	Badan Pusat Statistik
Output	Angka kematian ibu	Jumlah kematian ibu yang dinyatakan dalam rasio per 100.000 kelahiran hidup; ditransformasi menggunakan reciprocal	Per 100.000 kelahiran hidup	2019-2021	Profil Kesehatan Provinsi Jawa Tengah/Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Tengah
Output	Angka kematian bayi	Jumlah kematian bayi yang dinyatakan dalam rasio per 1.000 kelahiran hidup; ditransformasi menggunakan reciprocal	Per 1.000 kelahiran hidup	2019-2021	Profil Kesehatan Provinsi Jawa Tengah/Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Tengah/Badan Pusat Statistik

Jumlah DMU dalam penelitian ini adalah 35 kabupaten/kota untuk setiap tahun pengamatan. Jumlah tersebut dinilai memadai untuk analisis DEA dengan 3 input dan 3 output. Salah satu aturan umum dalam DEA menyatakan bahwa jumlah DMU sebaiknya lebih besar daripada nilai maksimum dari $m \times s$ atau $3(m+s)$, dengan m sebagai jumlah input dan s sebagai jumlah output. Dalam penelitian ini, $m = 3$ dan $s = 3$, sehingga kebutuhan minimum DMU adalah maksimum dari $3 \times 3 = 9$ dan $3(3+3) = 18$. Dengan jumlah 35 DMU, sampel penelitian memenuhi kecukupan minimal untuk analisis DEA.

Data dalam penelitian ini diperoleh dari laporan keuangan pemerintah daerah, Profil Kesehatan Provinsi Jawa Tengah, Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Tengah, serta publikasi Badan Pusat Statistik (BPS). Seluruh data disesuaikan berdasarkan tahun yang sama untuk menghindari ketidaksesuaian antara input dan output. Data tahun 2019 digunakan untuk menghitung efisiensi tahun 2019, data tahun 2020 digunakan untuk menghitung efisiensi tahun 2020, dan data tahun 2021 digunakan untuk menghitung efisiensi tahun 2021.

Pengolahan data dilakukan menggunakan perangkat lunak DEAP versi 2.1 yang dikembangkan oleh Coelli (1996). Perangkat lunak ini menghasilkan skor efisiensi teknis dengan rentang antara 0 hingga 1. Skor 1 menunjukkan bahwa suatu kabupaten/kota berada pada efficiency frontier dan dinyatakan efisien secara relatif dibandingkan DMU lainnya. Skor kurang dari 1 menunjukkan bahwa kabupaten/kota tersebut belum efisien secara relatif dan masih memiliki potensi pengurangan input tanpa menurunkan capaian output kesehatan.

Secara umum, tahapan analisis dalam penelitian ini meliputi: pertama, pengumpulan data input dan output dari sumber resmi untuk tahun 2019-2021; kedua, penyusunan dataset berdasarkan 35 kabupaten/kota sebagai DMU; ketiga, transformasi indikator mortalitas menggunakan reciprocal; keempat, pengolahan data menggunakan model DEA-CCR berorientasi input; kelima, interpretasi skor

efisiensi untuk mengidentifikasi daerah yang efisien dan belum efisien; dan keenam, perbandingan skor efisiensi antartahun untuk melihat konsistensi kinerja daerah selama periode penelitian.

Hasil dan Pembahasan

Gambaran Umum Efisiensi Anggaran Kesehatan Daerah

Penelitian ini menganalisis efisiensi teknis penggunaan anggaran kesehatan pada 35 kabupaten/kota di Provinsi Jawa Tengah selama periode 2019–2021 dengan menggunakan model Data Envelopment Analysis (DEA) CCR berorientasi input. Variabel input yang digunakan meliputi realisasi anggaran kesehatan, jumlah dokter, dan jumlah fasilitas pelayanan kesehatan, sedangkan variabel output terdiri atas angka harapan hidup, angka kematian ibu, dan angka kematian bayi. Karena angka kematian ibu dan angka kematian bayi merupakan undesirable outputs, kedua indikator tersebut ditransformasi menggunakan nilai kebalikan atau reciprocal agar sesuai dengan prinsip output DEA.

Hasil analisis menunjukkan bahwa tingkat efisiensi teknis penggunaan anggaran kesehatan antar kabupaten/kota di Jawa Tengah bervariasi. Rata-rata efisiensi teknis pada tahun 2019 sebesar 0,904, meningkat menjadi 0,914 pada tahun 2020, kemudian sedikit menurun menjadi 0,903 pada tahun 2021. Peningkatan rata-rata efisiensi pada tahun 2020 menunjukkan bahwa sebagian daerah mampu mempertahankan atau meningkatkan kinerja teknis penggunaan input kesehatan, meskipun periode tersebut mulai dipengaruhi oleh pandemi COVID-19. Namun, penurunan rata-rata efisiensi pada tahun 2021 mengindikasikan bahwa tekanan pandemi yang lebih besar berpotensi memengaruhi kemampuan daerah dalam mengubah input kesehatan menjadi output kesehatan secara optimal.

Statistik deskriptif skor efisiensi teknis disajikan pada Tabel 1.

Tabel 2. Statistik Deskriptif Skor Efisiensi Teknis, 2019–2021

Statistik	2019	2020	2021
Rata-rata	0,904	0,914	0,903
Minimum	0,529	0,512	0,308
Maksimum	1,000	1,000	1,000
Standar deviasi	0,137	0,123	0,163

Sumber: Hasil olah data DEAP 2.1, 2025.

Tabel 2 menunjukkan bahwa nilai maksimum pada setiap tahun adalah 1,000, yang berarti selalu terdapat kabupaten/kota yang berada pada frontier efisiensi. Namun, nilai minimum menunjukkan variasi yang cukup besar. Skor minimum pada tahun 2019 adalah 0,529, pada tahun 2020 sebesar 0,512, dan pada tahun 2021 turun menjadi 0,308. Penurunan skor minimum pada tahun 2021 menunjukkan meningkatnya kesenjangan efisiensi antar daerah. Hal ini juga terlihat dari standar deviasi yang meningkat dari 0,123 pada 2020 menjadi 0,163 pada 2021. Dengan demikian, tahun 2021 merupakan periode dengan variasi efisiensi paling besar antar kabupaten/kota.

Skor Efisiensi Kabupaten/Kota Tahun 2019–2021

Skor efisiensi setiap kabupaten/kota disajikan pada Tabel 2. Selain skor tahunan, tabel ini juga menambahkan rata-rata efisiensi selama periode penelitian dan kategori deskriptif. Kategori digunakan untuk membantu interpretasi hasil, dengan ketentuan: skor rata-rata 1,000 dikategorikan sebagai efisien konsisten; skor 0,900–0,999 sebagai efisiensi tinggi; skor 0,800–0,899 sebagai efisiensi sedang; dan skor di bawah 0,800 sebagai efisiensi rendah.

Tabel 3. Skor Efisiensi Teknis Kabupaten/Kota di Jawa Tengah, 2019–2021

Kabupaten/Kota	2019	2020	2021	Rata-rata	Kategori
Banjarnegara	1,000	1,000	1,000	1,000	Efisien konsisten
Banyumas	0,529	0,512	1,000	0,680	Efisiensi rendah
Batang	1,000	1,000	1,000	1,000	Efisien konsisten
Blora	0,791	0,807	0,705	0,768	Efisiensi rendah
Boyolali	1,000	0,873	1,000	0,958	Efisiensi tinggi
Brebes	0,771	1,000	1,000	0,924	Efisiensi tinggi
Cilacap	0,837	0,872	0,930	0,880	Efisiensi sedang
Demak	1,000	1,000	1,000	1,000	Efisien konsisten
Grobogan	1,000	1,000	1,000	1,000	Efisien konsisten
Jepara	1,000	1,000	1,000	1,000	Efisien konsisten
Karanganyar	1,000	1,000	1,000	1,000	Efisien konsisten
Kebumen	1,000	0,752	1,000	0,917	Efisiensi tinggi
Kendal	1,000	0,974	1,000	0,991	Efisiensi tinggi
Klaten	1,000	1,000	1,000	1,000	Efisien konsisten
Kudus	0,702	0,721	0,693	0,705	Efisiensi rendah
Kabupaten Magelang	1,000	0,763	1,000	0,921	Efisiensi tinggi
Pati	1,000	0,659	0,784	0,814	Efisiensi sedang
Kabupaten Pekalongan	1,000	0,957	0,893	0,950	Efisiensi tinggi
Pemalang	0,833	1,000	0,946	0,926	Efisiensi tinggi
Purbalingga	0,758	0,825	0,636	0,740	Efisiensi rendah
Purworejo	1,000	1,000	1,000	1,000	Efisien konsisten
Rembang	1,000	1,000	1,000	1,000	Efisien konsisten
Kabupaten Semarang	1,000	1,000	1,000	1,000	Efisien konsisten
Sragen	0,635	1,000	0,833	0,823	Efisiensi sedang
Sukoharjo	1,000	1,000	1,000	1,000	Efisien konsisten
Kabupaten Tegal	0,716	0,849	0,763	0,776	Efisiensi rendah
Temanggung	1,000	0,951	1,000	0,984	Efisiensi tinggi
Wonogiri	0,843	0,853	1,000	0,899	Efisiensi sedang
Wonosobo	0,745	1,000	0,830	0,858	Efisiensi sedang

Kota Magelang	1,000	1,000	1,000	1,000	Efisien konsisten
Kota Pekalongan	0,809	0,904	0,308	0,674	Efisiensi rendah
Kota Salatiga	1,000	1,000	1,000	1,000	Efisien konsisten
Kota Semarang	1,000	0,737	0,714	0,817	Efisiensi sedang
Kota Surakarta	0,681	0,967	0,577	0,742	Efisiensi rendah
Kota Tegal	1,000	1,000	1,000	1,000	Efisien konsisten

Sumber: Hasil olah data DEAP 2.1, 2025.

Berdasarkan Tabel 3, terdapat 14 daerah yang mencapai skor efisiensi 1,000 secara konsisten selama tiga tahun, yaitu Banjarnegara, Batang, Demak, Grobogan, Jepara, Karanganyar, Klaten, Purworejo, Rembang, Kabupaten Semarang, Sukoharjo, Kota Magelang, Kota Salatiga, dan Kota Tegal. Daerah-daerah tersebut dapat dikategorikan sebagai benchmark karena mampu berada pada frontier efisiensi selama periode penelitian. Dalam konteks DEA, daerah yang efisien tidak hanya menunjukkan skor tinggi, tetapi juga dapat menjadi pembanding relatif bagi daerah lain yang belum efisien.

Namun, skor efisiensi 1,000 tidak selalu berarti bahwa daerah tersebut telah mencapai kondisi pelayanan kesehatan yang sempurna secara absolut. Skor tersebut menunjukkan bahwa daerah tersebut relatif efisien dibandingkan DMU lain dalam sampel dengan kombinasi input dan output yang digunakan dalam penelitian ini. Oleh karena itu, interpretasi hasil DEA harus dilakukan secara hati-hati dan tetap mempertimbangkan konteks sosial, demografis, fiskal, serta kapasitas layanan kesehatan masing-masing daerah.

Pola Perubahan Efisiensi Antardaerah

Untuk memperjelas dinamika efisiensi, kabupaten/kota dikelompokkan berdasarkan pola perubahan skor selama periode 2019–2021. Ringkasan pola tersebut disajikan pada Tabel 3.

Tabel 4. Ringkasan Pola Efisiensi Kabupaten/Kota Tahun 2019–2021

Pola Efisiensi	Jumlah Daerah	Kabupaten/Kota
Efisien konsisten	14	Banjarnegara, Batang, Demak, Grobogan, Jepara, Karanganyar, Klaten, Purworejo, Rembang, Kabupaten Semarang, Sukoharjo, Kota Magelang, Kota Salatiga, Kota Tegal
Meningkat pada akhir periode	8	Banyumas, Brebes, Cilacap, Pemasang, Sragen, Kabupaten Tegal, Wonogiri, Wonosobo
Menurun pada akhir periode	8	Blora, Kudus, Pati, Kabupaten Pekalongan, Purbalingga, Kota Pekalongan, Kota Semarang, Kota Surakarta
Berfluktuasi namun kembali efisien	5	Boyolali, Kebumen, Kendal, Kabupaten Magelang, Temanggung

Sumber: Hasil olah data DEAP 2.1, 2025.

Tabel 4 menunjukkan bahwa tidak semua daerah memiliki pola efisiensi yang stabil. Sebagian daerah menunjukkan peningkatan pada akhir periode, seperti Banyumas yang meningkat dari 0,529 pada 2019 dan 0,512 pada 2020 menjadi 1,000 pada 2021. Brebes juga menunjukkan peningkatan dari 0,771 pada 2019 menjadi 1,000 pada 2020 dan 2021. Peningkatan ini mengindikasikan adanya perbaikan relatif dalam pemanfaatan input kesehatan atau peningkatan capaian output kesehatan dibandingkan dengan daerah lain pada tahun yang sama.

Sebaliknya, beberapa daerah mengalami penurunan efisiensi yang cukup besar. Kota Pekalongan menurun dari 0,809 pada 2019 dan 0,904 pada 2020 menjadi 0,308 pada 2021. Kota Surakarta juga mengalami penurunan dari 0,967 pada 2020 menjadi 0,577 pada 2021, meskipun pada 2019 sudah berada pada skor 0,681. Kota Semarang menurun dari 1,000 pada 2019 menjadi 0,737 pada 2020 dan 0,714 pada 2021. Penurunan tersebut mengindikasikan adanya potensi ketidakefisienan alokasi atau pemanfaatan input kesehatan, terutama pada periode ketika sistem kesehatan daerah menghadapi tekanan pandemi.

Pembahasan Daerah Efisien dan Benchmarking

Daerah yang efisien secara konsisten dapat dipandang sebagai rujukan relatif dalam kerangka DEA. Keempat belas daerah yang mencapai skor 1,000 selama tiga tahun menunjukkan kemampuan menggunakan input kesehatan secara relatif optimal dibandingkan daerah lain. Dalam konteks penelitian ini, efisiensi tersebut berarti bahwa kombinasi realisasi anggaran kesehatan, jumlah dokter, dan fasilitas pelayanan kesehatan mampu menghasilkan output kesehatan yang relatif lebih baik dibandingkan DMU lainnya.

Daerah efisien konsisten dapat menjadi benchmark bagi daerah lain, terutama dalam hal pengelolaan input kesehatan. Namun, untuk mengetahui secara lebih rinci daerah mana yang menjadi peer group bagi daerah inefisien, diperlukan keluaran tambahan dari DEAP berupa reference set, target input reduction, dan slack variable. Karena pembahasan ini difokuskan pada skor efisiensi teknis, analisis slack dan reference set belum disajikan secara rinci. Keterbatasan ini perlu diperhatikan karena DEA sebenarnya dapat memberikan rekomendasi teknis yang lebih spesifik, misalnya berapa besar potensi pengurangan input tertentu tanpa menurunkan output.

Meskipun demikian, hasil skor efisiensi tetap dapat digunakan sebagai dasar awal untuk mengidentifikasi daerah yang perlu dievaluasi lebih lanjut. Daerah dengan skor rendah perlu meninjau kembali apakah realisasi anggaran kesehatan, distribusi dokter, dan pemanfaatan fasilitas kesehatan telah selaras dengan kebutuhan layanan dan capaian output kesehatan. Dengan demikian, benchmarking dalam penelitian ini tidak dimaknai sebagai peniruan langsung terhadap daerah efisien, tetapi sebagai proses pembelajaran untuk mengidentifikasi praktik pengelolaan sumber daya kesehatan yang lebih baik.

Pembahasan Daerah Inefisien

Beberapa daerah memiliki skor efisiensi rata-rata rendah selama periode penelitian, antara lain Kota Pekalongan, Banyumas, Kudus, Purbalingga, Kota

Surakarta, Blora, dan Kabupaten Tegal. Kota Pekalongan memiliki rata-rata efisiensi terendah sebesar 0,674, terutama karena skor tahun 2021 turun tajam menjadi 0,308. Banyumas juga memiliki rata-rata rendah sebesar 0,680, meskipun berhasil mencapai skor efisien pada tahun 2021. Kudus menunjukkan skor yang relatif rendah dan stabil, yaitu 0,702 pada 2019, 0,721 pada 2020, dan 0,693 pada 2021.

Rendahnya skor efisiensi tidak dapat langsung diartikan sebagai kegagalan kebijakan kesehatan. Skor tersebut lebih tepat dipahami sebagai indikasi bahwa output kesehatan yang dicapai belum sebanding dengan input yang digunakan, jika dibandingkan dengan daerah lain dalam sampel. Dengan kata lain, daerah dengan skor rendah berpotensi memiliki ruang perbaikan dalam penggunaan anggaran, distribusi tenaga dokter, pemanfaatan fasilitas kesehatan, atau manajemen layanan kesehatan.

Kota Pekalongan dan Kota Surakarta perlu mendapat perhatian khusus karena mengalami penurunan tajam pada 2021. Penurunan tersebut dapat mengindikasikan bahwa tekanan pandemi COVID-19, perubahan beban layanan kesehatan, atau ketidakseimbangan antara input dan output kesehatan berpengaruh terhadap efisiensi teknis. Namun, karena penelitian ini menggunakan data kuantitatif sekunder dan tidak memasukkan variabel lingkungan secara langsung, penyebab penurunan tersebut tidak dapat disimpulkan secara kausal. Analisis lanjutan diperlukan untuk menelusuri apakah penurunan efisiensi disebabkan oleh peningkatan input yang tidak diikuti output, perubahan indikator mortalitas, beban penduduk, atau faktor tata kelola layanan kesehatan.

Temuan ini juga menunjukkan bahwa daerah perkotaan tidak selalu lebih efisien dibandingkan daerah kabupaten. Kota Semarang, Kota Pekalongan, dan Kota Surakarta mengalami penurunan efisiensi pada periode tertentu. Kondisi ini dapat terjadi karena daerah perkotaan memiliki kompleksitas pelayanan yang lebih tinggi, mobilitas penduduk yang besar, beban layanan rujukan, serta tekanan terhadap fasilitas kesehatan yang lebih intensif. Oleh karena itu, efisiensi kesehatan daerah tidak hanya dipengaruhi oleh ketersediaan sumber daya, tetapi juga oleh beban layanan dan kemampuan manajerial dalam mengelola sumber daya tersebut.

Dinamika Efisiensi pada Masa Pandemi COVID-19

Periode 2019–2021 mencakup masa sebelum dan saat pandemi COVID-19. Kondisi ini penting untuk dibahas karena pandemi memberikan tekanan besar terhadap sistem kesehatan daerah. Tahun 2019 dapat dipandang sebagai periode sebelum pandemi, sedangkan tahun 2020 dan 2021 merupakan periode ketika pandemi mulai memengaruhi prioritas anggaran, kebutuhan tenaga kesehatan, kapasitas fasilitas layanan, serta capaian indikator kesehatan.

Rata-rata efisiensi meningkat dari 0,904 pada 2019 menjadi 0,914 pada 2020. Peningkatan ini dapat mengindikasikan bahwa beberapa daerah mampu menyesuaikan penggunaan input kesehatan pada awal pandemi, misalnya melalui realokasi anggaran, peningkatan kesiapan layanan, atau optimalisasi fasilitas kesehatan. Namun, rata-rata efisiensi kembali menurun menjadi 0,903 pada 2021. Penurunan ini dapat mencerminkan meningkatnya tekanan sistem kesehatan pada

tahun kedua pandemi, termasuk meningkatnya beban pelayanan, perubahan pola penyakit, serta kemungkinan peningkatan indikator mortalitas tertentu.

Kenaikan standar deviasi pada 2021 juga menunjukkan bahwa ketimpangan efisiensi antar daerah semakin besar. Artinya, sebagian daerah mampu tetap efisien, sedangkan sebagian daerah lain mengalami penurunan kinerja relatif. Hal ini memperkuat argumen bahwa kapasitas tata kelola kesehatan daerah menjadi faktor penting dalam menghadapi krisis. Daerah dengan sistem penganggaran, distribusi tenaga kesehatan, dan manajemen fasilitas yang lebih adaptif kemungkinan lebih mampu mempertahankan efisiensi dibandingkan daerah yang kapasitas kelembagaannya lebih terbatas.

Namun, perlu ditegaskan bahwa DEA tidak secara langsung menangkap faktor eksternal seperti tingkat keparahan pandemi, mobilitas penduduk, kapasitas rumah sakit rujukan, atau kebijakan pembatasan sosial. Oleh karena itu, pembahasan mengenai COVID-19 dalam penelitian ini bersifat kontekstual. Penelitian lanjutan dapat memasukkan variabel lingkungan atau menggunakan pendekatan two-stage DEA untuk menguji pengaruh faktor eksternal terhadap efisiensi kesehatan daerah.

Perbandingan dengan Penelitian Terdahulu

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa efisiensi penggunaan anggaran kesehatan tidak hanya ditentukan oleh besarnya alokasi anggaran, tetapi juga oleh kemampuan daerah dalam mengelola input menjadi output kesehatan. Temuan ini memperkuat argumen Guo et al. (2021) bahwa variasi efisiensi pengeluaran kesehatan banyak dipengaruhi oleh kualitas tata kelola dan manajemen sumber daya, bukan semata-mata oleh jumlah anggaran. Dengan demikian, peningkatan anggaran kesehatan perlu disertai dengan perbaikan kualitas perencanaan, distribusi tenaga kesehatan, dan pemanfaatan fasilitas pelayanan.

Hasil penelitian ini juga sejalan dengan Onofrei et al. (2021), yang menunjukkan bahwa hubungan antara pengeluaran kesehatan pemerintah dan hasil kesehatan publik tidak selalu bersifat langsung. Dampak belanja kesehatan dapat dipengaruhi oleh efektivitas kelembagaan, konteks wilayah, dan jeda waktu antara input dan output. Hal ini relevan dengan temuan bahwa beberapa daerah tidak langsung menunjukkan efisiensi tinggi meskipun memiliki input kesehatan yang relatif besar.

Selain itu, hasil penelitian ini mendukung temuan Winata dan McLafferty (2021) bahwa faktor spasial dan sosial ekonomi dapat memengaruhi ketersediaan fasilitas kesehatan serta akses layanan. Dalam konteks Jawa Tengah, perbedaan karakteristik kabupaten/kota berpotensi menciptakan variasi efisiensi. Daerah dengan kepadatan tinggi, beban rujukan besar, atau kompleksitas layanan lebih tinggi tidak otomatis menjadi lebih efisien. Oleh karena itu, analisis efisiensi perlu mempertimbangkan karakteristik lokal agar rekomendasi kebijakan tidak bersifat seragam.

Implikasi Kebijakan

Hasil penelitian ini memiliki beberapa implikasi kebijakan. Pertama, daerah yang efisien secara konsisten dapat dijadikan benchmark bagi daerah lain. Pemerintah provinsi dapat mengidentifikasi praktik baik dari daerah seperti Banjarnegara, Batang, Demak, Grobogan, Jepara, Karanganyar, Klaten, Purworejo, Rembang, Kabupaten Semarang, Sukoharjo, Kota Magelang, Kota Salatiga, dan Kota Tegal. Praktik baik tersebut dapat mencakup perencanaan anggaran, distribusi tenaga kesehatan, manajemen fasilitas, dan monitoring capaian kesehatan.

Kedua, daerah dengan skor efisiensi rendah perlu melakukan evaluasi terhadap alokasi input kesehatan. Evaluasi tidak boleh langsung diarahkan pada pemotongan anggaran, karena skor inefisiensi tidak selalu berarti bahwa anggaran terlalu besar. Inefisiensi dapat terjadi karena input belum dikelola secara optimal, distribusi tenaga kesehatan belum sesuai kebutuhan, atau fasilitas kesehatan belum dimanfaatkan secara efektif. Oleh karena itu, perbaikan perlu diarahkan pada tata kelola input, bukan sekadar pengurangan belanja.

Ketiga, pemerintah daerah perlu memperkuat sistem penganggaran berbasis kinerja. Penganggaran kesehatan sebaiknya tidak hanya berorientasi pada realisasi belanja, tetapi juga dikaitkan dengan indikator output kesehatan seperti angka harapan hidup, angka kematian ibu, dan angka kematian bayi. Dengan demikian, efektivitas anggaran dapat dinilai berdasarkan kemampuan belanja kesehatan menghasilkan capaian kesehatan yang terukur.

Keempat, digitalisasi layanan kesehatan perlu diperkuat sebagai bagian dari peningkatan efisiensi. Digitalisasi dapat dilakukan melalui pengembangan rekam medis elektronik, dashboard monitoring anggaran dan capaian kesehatan, sistem informasi distribusi tenaga kesehatan, serta pelaporan kinerja fasilitas pelayanan kesehatan. Sistem informasi yang baik akan membantu pemerintah daerah dalam memantau penggunaan input dan capaian output secara lebih cepat dan akurat.

Kelima, hasil penelitian ini menunjukkan perlunya pendekatan kebijakan yang berbeda antar daerah. Daerah efisien perlu diarahkan untuk mempertahankan kinerja dan menjadi rujukan praktik baik, sedangkan daerah yang belum efisien perlu memperoleh pendampingan teknis dalam perencanaan, penganggaran, distribusi tenaga kesehatan, dan optimalisasi fasilitas pelayanan. Dengan demikian, kebijakan peningkatan efisiensi anggaran kesehatan perlu berbasis pada kondisi dan kebutuhan masing-masing daerah, bukan pendekatan yang seragam.

Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa efisiensi teknis penggunaan anggaran kesehatan pada 35 kabupaten/kota di Provinsi Jawa Tengah selama periode 2019–2021 bervariasi antardaerah dan antartahun. Berdasarkan hasil analisis Data Envelopment Analysis (DEA) model CCR berorientasi input, rata-rata skor efisiensi teknis mencapai 0,904 pada tahun 2019, meningkat menjadi 0,914 pada tahun 2020, dan menurun menjadi 0,903 pada tahun 2021. Temuan ini menunjukkan bahwa sebagian besar daerah telah memiliki tingkat efisiensi yang relatif tinggi, tetapi masih terdapat sejumlah kabupaten/kota yang belum mampu mengoptimalkan

input kesehatan berupa realisasi anggaran, jumlah dokter, dan fasilitas pelayanan kesehatan untuk menghasilkan output kesehatan secara maksimal.

Sebanyak 14 daerah mencapai efisiensi penuh secara konsisten selama periode penelitian. Daerah-daerah tersebut dapat dipandang sebagai benchmark relatif dalam penggunaan input kesehatan, meskipun skor efisiensi 1,000 tidak berarti bahwa daerah tersebut telah mencapai kondisi pelayanan kesehatan yang sempurna secara absolut. Skor DEA menunjukkan efisiensi relatif dibandingkan dengan daerah lain dalam sampel, bukan menunjukkan penyebab kausal di balik keberhasilan atau ketidakefisienan suatu daerah.

Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa daerah dengan input kesehatan yang besar belum tentu lebih efisien dibandingkan daerah dengan sumber daya yang lebih terbatas. Efisiensi penggunaan anggaran kesehatan lebih berkaitan dengan kemampuan pemerintah daerah dalam mengelola input, mendistribusikan tenaga kesehatan, memanfaatkan fasilitas pelayanan, dan mengarahkan belanja kesehatan pada capaian output yang terukur. Oleh karena itu, peningkatan efisiensi tidak seharusnya dimaknai sebagai dasar untuk mengurangi anggaran kesehatan secara langsung, tetapi sebagai dasar untuk memperbaiki tata kelola, alokasi input, sistem monitoring, dan penganggaran berbasis kinerja.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, analisis hanya menggunakan model DEA-CCR yang mengasumsikan constant returns to scale, sehingga belum membedakan efisiensi teknis murni dan efisiensi skala. Kedua, variabel output yang digunakan terbatas pada angka harapan hidup, angka kematian ibu, dan angka kematian bayi, sehingga belum mencakup indikator kesehatan lain seperti morbiditas, cakupan imunisasi, akses pelayanan, atau kualitas layanan kesehatan. Ketiga, penelitian ini belum memasukkan variabel lingkungan seperti kepadatan penduduk, tingkat kemiskinan, kondisi geografis, beban layanan rujukan, dan dampak pandemi COVID-19 secara eksplisit dalam model. Keempat, penelitian ini belum menganalisis slack variable, target input reduction, maupun peer group/reference set yang dapat memberikan rekomendasi teknis lebih rinci bagi daerah yang belum efisien.

Berdasarkan keterbatasan tersebut, penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan model DEA-BCC guna membedakan efisiensi teknis murni dan efisiensi skala. Selain itu, penggunaan Malmquist Productivity Index dapat dilakukan untuk melihat perubahan produktivitas antartahun, sedangkan pendekatan two-stage DEA dapat digunakan untuk menguji faktor-faktor yang memengaruhi efisiensi, seperti kapasitas fiskal, kemiskinan, kepadatan penduduk, distribusi tenaga kesehatan, dan karakteristik wilayah. Penelitian lanjutan juga dapat memasukkan analisis slack dan peer group agar rekomendasi kebijakan bagi kabupaten/kota yang belum efisien menjadi lebih operasional dan spesifik.

Referensi

- Anwar, A., Hyder, S., Mohamed Nor, N., & Younis, M. (2023). Government health expenditures and health outcome nexus: a study on OECD countries. *Frontiers in Public Health*, 11. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1123759>
- Badan Pusat Statistik. (2023). *Angka Kematian Bayi/AKB (Infant Mortality Rate/IMR)*

- Hasil Long Form SP2020 Menurut Provinsi/Kabupaten/Kota, 2020*. Badan Pusat Statistik. <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/1/MjIyMCMx/angka-kematian-bayi-akb--infant-mortality-rate-imr--hasil-long-form-sp2020-menurut-provinsi-kabupaten-kota--2020.html>
- Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Tengah. (2024). *Angka Harapan Hidup Menurut Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Tengah, 2010-2023*. Badan Pusat Statistik. <https://magelangkota.bps.go.id/id/statistics-table/1/NDUyIzE%3D/angka-harapan-hidup-menurut-kabupaten-kota-di-provinsi-jawa-tengah-2010-2023.html>
- Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2(6), 429-444. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(78\)90138-8](https://doi.org/10.1016/0377-2217(78)90138-8)
- Dhaoui, I. (2019). *Healthcare System Efficiency and Its Determinants: A Two-Stage Data Envelopment Analysis (DEA) from MENA Countries*. Economic Research Forum. <https://erf.org.eg/publications/healthcare-system-efficiency-and-its-determinants-a-two-stage-data-envelopment-analysis-dea-from-mena-countries/>
- Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Tengah. (2020). *Profil Kesehatan Provinsi Jawa Tengah Tahun 2019*. Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Tengah. <https://dinkes.jatengprov.go.id/buku-profil-kesehatan-v2/>
- Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Tengah. (2021). *Profil Kesehatan Provinsi Jawa Tengah Tahun 2020*. Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Tengah. <https://dinkes.jatengprov.go.id/buku-profil-kesehatan-v2/>
- Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Tengah. (2022). *Profil Kesehatan Provinsi Jawa Tengah Tahun 2021*. Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Tengah. <https://dinkes.jatengprov.go.id/buku-profil-kesehatan-v2/>
- Edeme, R. K. (2017). Public Health Expenditure and Health Outcomes in Nigeria. *American Journal of Biomedical and Life Sciences*, 5(5), 96. <https://doi.org/10.11648/j.ajbls.20170505.13>
- Fitri, A., Agustina, N., & Saguni, D. S. (2025). Efektivitas Tata Kelola Kolaboratif Multi Sektor dalam Percepatan Penurunan Stunting di Kabupaten Bone The Effectiveness of Multi-Sector Collaborative Governance in Accelerating Stunting Reduction in Bone Regency. *PENA BANGSA: Bisnis Dan Tata Kelola Publik Adaptif*, 1(2), 44-56. <https://doi.org/10.69616/pb.v1i2.549>
- Guo, X., Zhang, J., Xu, Z., Cong, X., & Zhu, Z. (2021). The efficiency of provincial government health care expenditure after China's new health care reform. *PLOS ONE*, 16(10). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0258274>
- Kemkes RI. (2022). *Mulai Tahun Depan, 10 Persen APBD Wajib Dialokasikan untuk Kesehatan*. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. <https://kemkes.go.id/id/mulai-tahun-depan-10-persen-apbd-wajib-dialokasikan-untuk-kesehatan>
- Lupu, D., & Tiganasu, R. (2022). COVID-19 and the efficiency of health systems in Europe. *Health Economics Review*, 12(1). <https://doi.org/10.1186/s13561-022-00358-y>
- Mergoni, A., Emrouznejad, A., & De Witte, K. (2025). Fifty years of Data Envelopment Analysis. *European Journal of Operational Research*.

- <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2024.12.049>
- Mourad, N., Habib, A. M., & Tharwat, A. (2021). Appraising healthcare systems' efficiency in facing COVID-19 through data envelopment analysis. *Decision Science Letters*, 10(3), 301–310. <https://doi.org/10.5267/j.dsl.2021.2.007>
- Onofrei, M., Vatamanu, A. F., Vintila, G., & Cigu, E. (2021). Government Health Expenditure and Public Health Outcomes: A Comparative Study among EU Developing Countries. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(20). <https://doi.org/10.3390/ijerph182010725>
- Rahmat, A., Hidayat, N., Nugroho, T. C., & Irfan, B. (2025). Efektivitas Belanja Pendidikan dan Kesehatan terhadap Indeks Pembangunan Manusia : Analisis Regresi Nonparametrik The Effectiveness of Education and Health Expenditure on Human Development Index : A Nonparametric Regression Analysis. *PENA BANGSA: Bisnis Dan Tata Kelola Publik Adaptif*, 1(2), 111–133. <https://doi.org/10.69616/pb.v1i2.562>
- WHO, W. B. (2015). Tracking universal health coverage: first global monitoring report. Geneva: World Health Organization.
- Winata, F., & McLafferty, S. L. (2021). Spatial and socioeconomic inequalities in the availability of community health centres in the Jakarta region, Indonesia. *Geospatial Health*, 16(2). <https://doi.org/10.4081/gh.2021.982>
- Zhu, J. (2014). *Quantitative Models for Performance Evaluation and Benchmarking: Data Envelopment Analysis with Spreadsheets* (3rd ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-06647-9>