

ANALISIS GEOSPASIAL HUBUNGAN INDUSTRI, KEPADATAN PENDUDUK DAN IMT DENGAN RISIKO NEOPLASMA

Zakia Novi Anggitaratri¹, Yusuf Alam Romadhon^{2*}

Fakultas Kedokteran Universitas Muhammadiyah Surakarta^{1,2}

*Corresponding Author : yar245@ums.ac.id

ABSTRAK

Neoplasma didefinisikan sebagai pertumbuhan sel abnormal yang dapat berkembang menjadi tumor jinak maupun ganas, merupakan beban besar bagi kesehatan masyarakat karena insidensinya yang terus meningkat serta kontribusinya yang signifikan terhadap morbiditas dan mortalitas. Di Kabupaten Sukoharjo, peningkatan jumlah kasus neoplasma mengindikasikan adanya kemungkinan pengaruh dari determinan lingkungan dan individual, khususnya keberadaan industri manufaktur, kepadatan penduduk, dan indeks massa tubuh (IMT). Penelitian ini bertujuan untuk menilai hubungan antara ketiga faktor tersebut dengan kejadian neoplasma menggunakan desain cross-sectional berdasarkan data SIMPUS 2024 dari Puskesmas Grogol. Sebanyak 2.384 responden dianalisis, dan 25,6% di antaranya didiagnosis dengan neoplasma. Analisis bivariat menunjukkan bahwa wilayah dengan <11 industri di sekitarnya memiliki proporsi neoplasma yang sedikit lebih tinggi dibandingkan wilayah dengan ≥11 industri ($p=0.001$; $OR=0.72$), meskipun efeknya tidak bermakna secara klinis. Kepadatan penduduk yang lebih tinggi ($>5.999/km^2$) berhubungan dengan peningkatan risiko neoplasma pada analisis bivariat ($OR=1.31$; $p=0.016$), namun hubungan tersebut menjadi tidak signifikan setelah penyesuaian ($AOR=1.16$; $p=0.204$). IMT *overweight* muncul sebagai faktor risiko yang paling konsisten ($AOR=1.72$; $p<0.001$). Model regresi logistik menunjukkan kelayakan yang dapat diterima (Hosmer–Lemeshow $p=0.148$) dengan nilai Nagelkerke R^2 sebesar 0.027. Secara keseluruhan, keberadaan industri manufaktur, kepadatan penduduk, dan IMT tidak menunjukkan asosiasi gabungan yang signifikan dengan kejadian neoplasma; namun, IMT *overweight* tetap menjadi determinan individual yang kuat. Temuan ini menunjukkan bahwa kejadian neoplasma di Sukoharjo kemungkinan dipengaruhi oleh faktor lain yang tidak terukur atau interaksi multifaktorial yang lebih kompleks, sehingga memerlukan penelitian lebih lanjut.

Kata kunci : faktor risiko, IMT, kepadatan penduduk, manufaktur, neoplasma

ABSTRACT

Neoplasms are abnormal cell growths that may develop into benign or malignant tumors and have become a public health concern due to their increasing incidence and contribution to morbidity and mortality. This study aimed to assess the relationship between these three factors and the occurrence of neoplasms using a cross-sectional design based on 2024 SIMPUS data from Grogol Primary Health Center. Of the 2,384 respondents, 25.6% were recorded as having neoplasms. Bivariate analysis showed that areas with <11 industries had a slightly higher proportion of neoplasms compared to areas with ≥11 industries ($p=0.001$; $OR=0.72$), although the clinical effect was minimal. High population density ($>5,999/km^2$) also appeared to increase risk in initial analysis ($OR=1.31$; $p=0.016$), but became non-significant after adjustment ($AOR=1.16$; $p=0.204$). Overweight BMI emerged as the most consistent factor associated with neoplasm occurrence ($AOR=1.72$; $p<0.001$). The logistic regression model demonstrated acceptable fit (Hosmer–Lemeshow $p=0.148$; Nagelkerke $R^2=0.027$). Overall, the three variables did not show a significant combined association with neoplasm occurrence; however, overweight BMI remained an important determinant, indicating the presence of other factors or multifactorial mechanisms that warrant further investigation.

Keywords : neoplasm, manufacture, population density, BMI, risk factor

PENDAHULUAN

Neoplasma merupakan salah satu penyebab utama morbiditas dan mortalitas secara global dan nasional. Berdasarkan laporan *Global Cancer Observatory (GLOBOCAN) 2022*,

Indonesia mencatat 408.661 kasus baru kanker dengan 242.988 kematian (Ferlay J et al., 2024). Di tingkat lokal, Kabupaten Sukoharjo juga menunjukkan peningkatan signifikan, dari 285 kasus pada 2021 menjadi 431 kasus pada 2022 (Dinas Kesehatan Kabupaten Sukoharjo, 2022), menandai kenaikan hampir 51% dalam satu tahun. Peningkatan kejadian neoplasma di Sukoharjo sejalan dengan perkembangan wilayah, termasuk bertambahnya jumlah manufaktur di sekitar permukiman dan meningkatnya kepadatan penduduk (Pradani et al., 2017). Pendekatan geospasial terbukti efektif untuk memetakan distribusi penyakit dan mengidentifikasi faktor risiko lingkungan (Korycinski et al., 2018). Aktivitas industri berpotensi meningkatkan risiko neoplasma melalui mekanisme toksik dan inflamasi kronis (Jasiura et al., 2023). Studi di Tanjung Morawa menemukan konsentrasi tinggi polutan logam berat pada air tanah dan sedimen di wilayah dengan aktivitas industri padat, yang berpotensi menimbulkan risiko melalui bioakumulasi (Beisenova et al., 2023; Meirindany et al., 2023). Temuan lain menunjukkan bahwa perempuan yang tinggal di kawasan industri memiliki angka kejadian neoplasma lebih tinggi (Marissa et al., 2020).

Kepadatan penduduk juga berkontribusi terhadap meningkatnya paparan lingkungan. Wilayah padat mengalami akumulasi emisi dan penurunan kualitas lingkungan akibat limbah domestik maupun aktivitas ekonomi (Aliwikarta et al., 2016). Hal ini sejalan dengan temuan bahwa kepadatan populasi tinggi berkorelasi dengan peningkatan insidensi kanker, terutama setelah melewati ambang 50 orang per mil persegi (Balatif & Sukma, 2021; Vares DA et al., 2015). Selain faktor lingkungan, faktor individu seperti Indeks Massa Tubuh (IMT) turut berperan. Obesitas meningkatkan risiko neoplasma melalui inflamasi sistemik dan perubahan hormonal (Shi et al., 2024; M. Sun et al., 2024). Secara global, obesitas juga berhubungan dengan berbagai kanker melalui mekanisme biologis kompleks (Nikolaos Tzenios, 2023). Sebuah meta-analisis menunjukkan hubungan obesitas dengan peningkatan risiko kanker endometrium, ginjal, dan hati (Dikaiou et al., 2024). Namun, penelitian yang menggabungkan faktor manufaktur, kepadatan penduduk, dan IMT dalam satu analisis geospasial pada konteks lokal seperti Sukoharjo masih terbatas.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini mengajukan hipotesis bahwa jumlah manufaktur yang tinggi, kepadatan penduduk besar, serta obesitas dapat meningkatkan risiko terjadinya neoplasma.

METODE

Penelitian ini bersifat *cross-sectional* menggunakan data sekunder dari Sistem Informasi Manajemen Puskesmas (SIMPUS) Kecamatan Grogol, Kabupaten Sukoharjo, Jawa Tengah, yang dikumpulkan pada Januari–Desember 2024. Informasi indeks massa tubuh diperoleh dari SIMPUS. Data jumlah manufaktur desa diperoleh dari Direktori Industri Manufaktur tahun 2024, sedangkan angka kepadatan penduduk dihitung dari jumlah penduduk dibagi luas wilayah berdasarkan Profil Kependudukan Biro Pusat Statistika Kabupaten Sukoharjo tahun 2024. Analisis bivariat menggunakan odds ratio untuk mengukur peluang terjadinya kejadian pada kelompok terpapar dibandingkan kelompok tidak terpapar. Analisis multivariat dilakukan dengan regresi logistik menggunakan adjusted odds ratio untuk menilai hubungan variabel penjelas terhadap variabel hasil setelah mengontrol variabel perancu.

Ketepatan model regresi dievaluasi dengan uji Hosmer-Lemeshow (Ali et al., 2018). Kemampuan prediktif model dinilai menggunakan R^2 Nagelkerke, yaitu modifikasi R^2 Cox dan Snell dengan rentang 0–1. Nilai R^2 Nagelkerke yang lebih tinggi menunjukkan kesesuaian model yang lebih baik dan kemampuan yang lebih besar dalam menjelaskan variasi pada variabel hasil.

HASIL

Sebanyak 2384 responden yang melakukan kunjungan ke Puskesmas Grogol dengan data register neoplasma maupun kunjungan tanpa keluhan dilibatkan dalam penelitian ini. Data kunjungan tanpa keluhan ini berasal dari Fasilitas Kesehatan Tingkat Pertama (FKTP) sehingga lebih banyak dibandingkan data register neoplasma. Berdasarkan distribusi responden diketahui bahwa sebagian besar responden tidak mengalami neoplasma yaitu sebanyak 1.774 orang (74,4%), sedangkan responden yang mengalami neoplasma berjumlah 610 orang (25,6%). Dilihat dari jumlah industri manufaktur di sekitar tempat tinggal, responden lebih banyak tinggal di wilayah dengan <11 manufaktur yaitu sebanyak 1.603 orang (67,2%), sedangkan yang tinggal di wilayah dengan ≥ 11 manufaktur sebanyak 781 orang (32,8%). Sementara itu, berdasarkan kepadatan penduduk, mayoritas responden tinggal di wilayah dengan kepadatan penduduk $\leq 5.999/\text{km}^2$ yaitu sebanyak 1.880 orang (78,9%), sementara responden yang tinggal di wilayah dengan kepadatan penduduk $>5999/\text{km}^2$ berjumlah 504 orang (21,1%). Karakteristik berdasarkan Indeks Massa Tubuh (IMT) menunjukkan distribusi yang seimbang, di mana setengah responden (50%) memiliki IMT dengan risiko rendah dan 50% lainnya termasuk dalam kategori risiko tinggi (tabel 1).

Tabel 1. Karakteristik Responden Penelitian (n= 2384)

Variabel	Karakteristik	Σ	%
Kondisi Kesehatan	Normal	1774	74.4
	Neoplasma	610	25.6
Manufaktur	<11 manufaktur	1603	67.2
	11++ manufaktur	781	32.8
Kepadatan Penduduk	< 5999/km ²	1880	78.9
	5999/km ² ++	504	21.1
IMT	Risiko Rendah	1192	50
	Risiko Tinggi	1192	50

Tabel 2. Analisis Bivariat dan Multivariat Tentang Faktor Risiko Neoplasma (n=2384)

Variabel	Karakteristik	Normal	Neoplasma	Analisis Bivariat		Analisis Multivariat	
		(n=1774) Σ (%)	(n=610) Σ (%)	OR	p	aOR [†]	p
Manufaktur	<11 Manufaktur	1161 (72.4)	442 (27.6)	0.720	0.001	0.748	0.009
	11 Manufaktur ++	613 (78.5)	168 (21.5)				
Kepadatan penduduk	<5999/km ²	1420 (75.5)	460 (24.5)	1.308	0.016	1.165	0.204
	6000/km ² ++	354 (70.2)	150 (29.8)				
IMT	Risiko Rendah	947 (79.4)	245 (20.6)	1.706	0.000	1.715	0.000
	Risiko Tinggi	827 (69.4)	365 (30.6)				

Hasil analisis bivariat menunjukkan bahwa proporsi kejadian neoplasma sedikit lebih tinggi pada kelompok dengan jumlah manufaktur <11 (27,6%) dibandingkan kelompok dengan ≥ 11 manufaktur (21,5%), dengan perbedaan yang signifikan secara statistik ($p = 0,001$). Namun, nilai odds ratio sebesar 0,72 (95% CI: 0,59–0,88) yang relatif mendekati 1 mengindikasikan bahwa jumlah manufaktur tidak memberikan pengaruh yang kuat maupun bermakna secara klinis terhadap risiko neoplasma. Sebaliknya, kepadatan penduduk terbukti berhubungan signifikan dengan kejadian neoplasma ($p = 0,016$), di mana individu yang tinggal pada wilayah dengan kepadatan $>6000/\text{km}^2$ memiliki proporsi neoplasma lebih tinggi (29,8%) dibandingkan wilayah dengan kepadatan $\leq 5999/\text{km}^2$ (24,5%), dengan odds ratio 1,31 (95% CI: 1,05–1,63) yang menunjukkan peluang sekitar 30% lebih besar. Selain itu, indeks massa tubuh juga memperlihatkan hubungan yang kuat dengan neoplasma ($p < 0,001$), di mana proporsi

neoplasma pada kelompok overweight mencapai 30,6% dibandingkan 20,6% pada kelompok dengan berat badan normal, dengan odds ratio 1,71 (95% CI: 1,42–2,06), yang berarti individu overweight memiliki risiko sekitar 70% lebih tinggi mengalami neoplasma dibandingkan dengan individu ber-IMT normal (tabel 2).

Uji Hosmer and Lemeshow menunjukkan nilai $p=0,148$ ($p>0,05$), yang mengindikasikan bahwa model regresi logistik memiliki kesesuaian yang baik antara data prediksi dengan data observasi (Nattino et al., 2020). Nilai Nagelkerke R Square sebesar 0,027 menunjukkan bahwa model ini mampu menjelaskan 2,7% variasi kejadian neoplasma (Li et al., 2017).

PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini menunjukkan adanya perbedaan proporsi kejadian neoplasma antara kelompok yang tinggal di wilayah dengan <11 manufaktur (27,6%) dan ≥ 11 manufaktur (21,5%). Secara statistik, perbedaan ini signifikan ($p = 0,001$) dengan nilai odds ratio sebesar 0,72 (95% CI: 0,59–0,88). Nilai OR yang relatif mendekati 1 mengindikasikan bahwa besarnya pengaruh jumlah manufaktur terhadap risiko neoplasma cukup kecil dan tidak bermakna secara klinis. Dengan demikian, meskipun analisis menunjukkan signifikansi statistik, faktor jumlah manufaktur di sekitar tempat tinggal tidak dapat disimpulkan sebagai determinan utama kejadian neoplasma. Hasil penelitian ini memperlihatkan bahwa tinggal di wilayah dengan jumlah manufaktur lebih banyak tidak berhubungan dengan peningkatan risiko neoplasma, bahkan cenderung memberikan efek protektif. Temuan ini berlawanan dengan hipotesis awal yang menduga adanya peningkatan risiko akibat paparan polutan industri. Penelitian di Taranto juga menunjukkan pengaruh protektif di wilayah industri terhadap kejadian neoplasma (Roberto Cazzolla Gatti & Velichevskaya, 2020).

Temuan ini dapat dijelaskan oleh karakteristik jenis industri yang terdapat di wilayah penelitian. Berdasarkan data dari Direktori Industri Manufaktur di Kecamatan Grogol pada tahun 2024 sebagian besar manufaktur yang ada merupakan industri kecil dan menengah. Sementara itu, jumlah industri berskala besar relatif sedikit, tercatat sejumlah enam industri (Mulyanti SE & Ardi AH, 2024). Industri yang paling banyak ditemui adalah industri kayu dan produk kayu (Mulyanti SE & Ardi AH, 2024). Penelitian multisenter di Jepang menunjukkan bahwa pekerja di industri penyamakan kulit, produk kulit, dan elektronik menunjukkan peningkatan risiko beberapa jenis kanker, sedangkan industri kayu dan produk kayu justru terkait dengan penurunan risiko kanker tertentu (Kaneko et al., 2020). Industri kecil dan menengah umumnya menghasilkan paparan polutan yang lebih rendah dibandingkan industri besar, baik dari segi emisi udara maupun limbah industri (Mao et al., 2021).

Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menekankan bahwa besaran dan jenis aktivitas industri menjadi faktor penting dalam menentukan potensi risiko karsinogenik terhadap kesehatan masyarakat (Wang, 2023). Hasil studi kohort prospektif di Amerika Serikat menunjukkan bahwa meskipun terdapat hubungan antara paparan emisi tertentu dari senyawa industri dengan kejadian kanker payudara, secara keseluruhan jumlah manufaktur atau campuran emisi industri di sekitar tempat tinggal tidak berhubungan signifikan dengan kejadian neoplasma (Ish et al., 2025). Berbagai penelitian menunjukkan bahwa daerah dengan kepadatan populasi tinggi menghadapi risiko paparan polutan karsinogenik yang signifikan. Penelitian mengidentifikasi hidrokarbon aromatik polisiklik (PAH) sebagai polutan paling karsinogenik di daerah padat penduduk dengan konsentrasi mencapai 271,67 ng, menunjukkan potensi risiko kesehatan yang serius terutama di zona berisiko tinggi (D. Chen et al., 2020).

Di lingkungan perkotaan seperti Wilayah Metropolitan Porto Alegre, Brasil, hidrokarbon aromatik polisiklik khususnya benzo[a]pyrene teridentifikasi sebagai polutan karsinogenik dominan yang menimbulkan risiko inhalasi signifikan bagi penduduk (Ceratti et al., 2021). Studi di Puerto Rico mengidentifikasi etilen oksida, hidrokarbon aromatik polisiklik, dan

partikel tersuspensi sebagai polutan paling karsinogenik terutama di daerah padat seperti Salinas dan Vieques, yang terkait dengan peningkatan prevalensi kanker dan penyakit pernapasan (Kaya et al., 2025). Di Dataran Indo-Gangetic, logam berat terikat PM1 seperti timbal dan kromium, bersama dengan hidrokarbon aromatik polisiklik yang berasal dari emisi knalpot diesel, pembakaran biomassa, dan pembakaran batu bara, menjadi polutan karsinogenik utama di wilayah padat penduduk (Gupta et al., 2023). Dengan demikian, kombinasi dari faktor demografi, variasi karakteristik industri, dan jenis paparan zat karsinogenik dapat menjelaskan mengapa hasil penelitian ini tidak mendukung hipotesis awal, melainkan menunjukkan adanya efek protektif dari tinggal di wilayah dengan jumlah manufaktur yang lebih banyak.

Penelitian ini menemukan bahwa kepadatan penduduk $>5999/\text{km}^2$ berhubungan dengan peningkatan risiko neoplasma sekitar 30% pada analisis bivariat (OR 1,31; 95% CI: 1,05–1,63; $p = 0,016$). Namun, asosiasi ini hilang setelah dikontrol dalam model multivariat, yang mengindikasikan bahwa kepadatan penduduk mungkin tidak berperan secara langsung, melainkan melalui variabel lain seperti gaya hidup, akses layanan kesehatan, atau faktor lingkungan. Temuan ini sejalan dengan literatur yang menunjukkan bahwa kepadatan penduduk terbukti berperan penting dalam alokasi sumber daya kesehatan dan akses pelayanan (Juraev, 2023). Di wilayah dengan kepadatan penduduk rendah, akses terhadap layanan kesehatan, termasuk perawatan darurat, cenderung lebih terbatas, terutama bagi kelompok rentan seperti lansia, berpendidikan rendah, dan berpenghasilan rendah (Ferreira et al., 2021; Iyer et al., 2020). Dari sisi lingkungan, kepadatan penduduk terkait erat dengan kualitas udara. Studi di Aljazair dan Shanghai menunjukkan bahwa populasi yang tinggi serta kepadatan bangunan berasosiasi dengan peningkatan polusi PM_{2.5} dan NO_x, yang meningkatkan risiko kematian dini dan masalah pernapasan, terutama ketika ketersediaan transportasi umum terbatas atau penggunaan lahan tidak terencana (Boudalia et al., 2023; Han & Sun, 2019). Kondisi tersebut berimplikasi pada keterlambatan deteksi dini maupun pengobatan penyakit, termasuk neoplasma. Dengan demikian, tingginya kepadatan penduduk dapat memperbesar risiko neoplasma melalui jalur tidak langsung, yaitu berkurangnya kesempatan masyarakat untuk memperoleh layanan kesehatan yang optimal, terutama di wilayah yang tidak diimbangi dengan ketersediaan fasilitas dan tenaga medis yang memadai (L. Chen et al., 2023).

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan hasil yang beragam. Penelitian di China melaporkan bahwa kepadatan penduduk justru memiliki hubungan negatif dengan insidensi kanker paru, selaras dengan temuan penelitian ini yang tidak menemukan adanya peningkatan kejadian neoplasma pada wilayah berpenduduk padat (Liu & Mostafavi, 2023). Sementara itu, penelitian di lima metropolitan Amerika Serikat menunjukkan bahwa kepadatan penduduk merupakan faktor penting dalam prevalensi kanker, mendukung hasil bivariat penelitian ini. Namun, pada analisis multivariat pengaruh kepadatan menghilang setelah dikontrol dengan variabel lain, sehingga menegaskan bahwa faktor lingkungan seperti keberadaan manufaktur dan faktor individu seperti indeks massa tubuh dapat menjadi determinan yang lebih konsisten pada konteks lokal (W. Sun et al., 2021). Selanjutnya, studi di North Dakota menemukan bahwa variasi insidensi kanker kolorektal lebih dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti sumber air dibandingkan faktor demografi sederhana, menunjukkan bahwa kepadatan penduduk bukan satu-satunya penentu risiko kanker (Schwartz et al., 2019). Penelitian lain juga menemukan adanya sekelompok kasus keganasan pada wilayah berpenduduk padat, yang mengindikasikan bahwa faktor lingkungan bersama kepadatan penduduk dapat berkontribusi terhadap peningkatan risiko kanker (Leiser et al., 2020).

Faktor yang paling konsisten berpengaruh dalam penelitian ini adalah indeks massa tubuh (IMT). Status berat badan berlebih terbukti meningkatkan risiko neoplasma payudara hampir dua kali lipat, baik pada analisis bivariat maupun multivariat. Temuan ini sejalan dengan studi kohort di Swedia yang menemukan bahwa peningkatan IMT pada perempuan muda

berhubungan secara linear dengan risiko lebih tinggi untuk berbagai keganasan terkait obesitas, termasuk kematian akibat keganasan tersebut (Dikaïou et al., 2024).

Setiap kenaikan 5 kg/m² IMT dikaitkan dengan peningkatan risiko bermakna terhadap berbagai jenis kanker, termasuk kanker payudara, endometrium, ginjal, hati, pankreas, dan ovarium (Shi et al., 2024). Mekanisme biologis yang mendasari hubungan ini antara lain inflamasi kronis derajat rendah akibat pembesaran adiposit, peningkatan kadar estrogen melalui aktivitas enzim aromatase pada jaringan lemak, resistensi insulin dan hiperinsulinemia yang merangsang proliferasi sel, penurunan fungsi imun terutama aktivitas sel *Natural Killer* (NK), serta sekresi adipokin seperti leptin yang mendorong angiogenesis dan pertumbuhan tumor (J. Chen et al., 2023). Temuan ini diperkuat oleh bukti epidemiologis dari studi kohort berskala besar di Catalonia yang melibatkan 2,6 juta peserta. Studi tersebut menunjukkan bahwa durasi lebih lama, derajat lebih tinggi, serta onset obesitas pada usia muda berkaitan dengan peningkatan risiko terhadap 18 jenis kanker, termasuk kanker endometrium, payudara pascamenopause, ginjal, hati, pankreas, serta kanker darah seperti leukemia dan limfoma non-Hodgkin (Recalde et al., 2023). Studi skrining *Prostate, Lung, Colorectal, and Ovarium cancer* (PLCO) di Amerika Serikat juga melaporkan bahwa variabilitas IMT sepanjang hidup berhubungan dengan peningkatan risiko kanker paru (Y. Sun et al., 2022).

Studi kohort di Inggris menegaskan bahwa berbagai indikator adipositas, termasuk IMT, konsisten berhubungan secara linear dengan peningkatan insidensi dan mortalitas pada sejumlah kanker, menegaskan peran adipositas sebagai faktor risiko kuat (Parra-Soto et al., 2021). Lebih jauh lagi, kelebihan berat badan (IMT ≥ 25) merupakan faktor risiko utama kanker, dengan estimasi 3,6% kasus kanker global dapat diatribusikan pada IMT tinggi, sehingga menunjukkan besarnya potensi pencegahan melalui pengendalian berat badan (Renehan & Soerjomataram, 2016). Hal ini sejalan dengan studi kohort besar di Spanyol yang menemukan bahwa IMT tinggi berhubungan dengan peningkatan risiko pada 12 jenis kanker, termasuk beberapa kanker hematologi, dengan estimasi risiko serupa antara IMT dan lingkaran pinggang sebagai indikator adipositas (Recalde et al., 2021).

Meta-analisis dari 73 kohort melaporkan bahwa IMT dan perubahan berat badan berhubungan signifikan dengan prognosis kanker, dengan obesitas memperburuk survival pada kanker payudara tetapi justru bersifat protektif pada kanker gastrointestinal dan paru. Sebaliknya, *underweight* dan penurunan berat badan konsisten menjadi faktor risiko buruk (Wen et al., 2024). Selain itu, *excess body weight* (IMT ≥ 25 kg/m²) secara kausal berhubungan dengan berbagai kanker gastrointestinal, dengan prevalensi yang terus meningkat secara global bahkan pada usia muda (Scherübl, 2021). Nilai Nagelkerke R Square pada penelitian ini relatif rendah (0,027), yang berarti variabel manufaktur, kepadatan penduduk, dan IMT hanya mampu menjelaskan sebagian kecil variasi kejadian neoplasma payudara. Namun, rendahnya nilai R² bukan berarti model tidak bermakna. Dalam penelitian epidemiologi dan kesehatan masyarakat, fenomena kompleks seperti kanker jarang dapat dijelaskan oleh satu atau dua faktor saja.

Dengan demikian, meskipun kontribusi penjelasan model relatif kecil, hasil penelitian ini tetap penting karena menunjukkan adanya pola hubungan yang signifikan antara status IMT dan risiko neoplasma payudara, serta mengindikasikan peran lingkungan seperti jumlah manufaktur dan kepadatan penduduk. Temuan ini dapat menjadi dasar untuk penelitian lanjutan dengan memasukkan variabel tambahan agar model prediksi menjadi lebih komprehensif.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa tidak terdapat hubungan yang signifikan secara simultan antara jumlah manufaktur di lingkungan, kepadatan penduduk, dan indeks massa

tubuh terhadap kejadian neoplasma di Kabupaten Sukoharjo. Meskipun secara teoritis faktor-faktor lingkungan seperti paparan industri manufaktur dan kepadatan penduduk, serta faktor individu seperti indeks massa tubuh diduga dapat berkontribusi terhadap risiko neoplasma, hasil analisis statistik pada penelitian ini tidak menemukan adanya asosiasi yang bermakna ketika ketiga variabel tersebut diuji secara bersamaan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyampaikan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya kepada Fakultas Kedokteran Universitas Muhammadiyah Surakarta atas fasilitas dan dukungan yang diberikan sehingga penelitian ini dapat terlaksana. Penulis juga mengucapkan apresiasi kepada Puskesmas Grogol, Kabupaten Sukoharjo, atas izin dan kerja sama yang memungkinkan proses pengambilan data serta penyelesaian penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, Z., Adam, F., & Baharum, A. (2018). Modeling quality of life of end stage renal disease patients in Kelantan using binary logistic regression. *Aip Conference Proceedings, 1974*. <https://doi.org/10.1063/1.5041561>
- Aliwikarta, K., Palupi, N. S., Giriwono, P. E., Studi, P., Profesional, M., Pangan, T., Pascasarjana, S., Pertanian Bogor, I., Ilmu, D., & Pertanian, T. (2016). Prevalensi Penyakit Kanker di Indonesia Berdasarkan Pola Konsumsi Pangan dan Gaya Hidup Cancer prevalence in Indonesia Based on Food Consumption Patterns and Lifestyle Newly Weds Foods Asia Pacific 2. *Jurnal Mutu Pangan, 3*(1), 71–78.
- Balatif, R., & Sukma, A. A. M. (2021). Memahami Kaitan Gaya Hidup dengan Kanker: Sebagai Langkah Awal Pencegahan Kanker. *SCRIPTA SCORE Scientific Medical Journal, 3*(1), 40–50. <https://doi.org/10.32734/scripta.v3i1.4506>
- Beisenova, R., Kuanyshovich, B. Z., Turlybekova, G., Yelikbayev, B., Kakabayev, A. A., Shamshedenova, S., & Nugmanov, A. (2023). Assessment of Atmospheric Air Quality in the Region of Central Kazakhstan and Astana. *Atmosphere, 14*(11), 1601. <https://doi.org/10.3390/atmos14111601>
- Boudalia, C., Kasmi, A. M., & Alili, A. (2023). Is a dense city a healthy city? A preliminary study on the interplay between urban density and air quality in Oran, Algeria. *Cybergeo*. <https://doi.org/10.4000/cybergeo.40585>
- Ceratti, A. M., da Costa, G. M., Alves, D. D., Cansi, L. M., Hansen, J., Brochier, F., de Quevedo, D. M., & Osorio, D. M. M. (2021). Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAH) in Atmospheric Particles (PM_{2.5} and PM_{2.5-10}): Integrated Evaluation of the Environmental Scenario in Urban Areas. *Water, Air, & Soil Pollution, 232*(1), 30. <https://doi.org/10.1007/s11270-020-04967-3>
- Chen, D., Zhao, H., Zhao, J., Xu, Z., & Wu, S. (2020). Mapping the Finer-Scale Carcinogenic Risk of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Urban Soil—A Case Study of Shenzhen City, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 17*(18), 6735. <https://doi.org/10.3390/ijerph17186735>
- Chen, J., Ke, K., Liu, Z., Yang, L., Wang, L., Zhou, J., & Dong, Q. (2023). Body Mass Index and Cancer Risk: An Umbrella Review of Meta-Analyses of Observational Studies. *Nutrition and Cancer, 75*(4), 1051–1064. <https://doi.org/10.1080/01635581.2023.2180824>
- Chen, L., Chen, T., Lan, T., Chen, C., & Pan, J. (2023). The Contributions of Population Distribution, Healthcare Resourcing, and Transportation Infrastructure to Spatial

- Accessibility of Health Care. *Inquiry (United States)*, 60. <https://doi.org/10.1177/00469580221146041>
- Dikaiou, P., Edqvist, J., Lagergren, J., Adiels, M., Björck, L., & Rosengren, A. (2024). Body mass index and risk of cancer in young women. *Scientific Reports*, 14(1), 6245. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-56899-1>
- Dinas Kesehatan Kabupaten Sukoharjo. (2022). *Profil Kesehatan Kabupaten Sukoharjo 2022*.
- Ferlay J, Ervik M, Lam F, Laversanne M, Colombet M, Mery L, Piñeros M, Znaor A, Soerjomataram I, & Bray F. (2024). *Global Cancer Observatory: Cancer Today*.
- Ferreira, R., Costa, N. M. da, & Costa, E. M. da. (2021). Accessibility to urgent and emergency care services in low-density territories: the case of Baixo Alentejo, Portugal. *Ciência & Saúde Coletiva*, 26(suppl 1), 2483–2496. <https://doi.org/10.1590/1413-81232021266.1.40882020>
- Gupta, A. D., Soni, A., & Gupta, T. (2023). Synergistic cancer risk assessment from PM1 bound metals and PAHs in the Indo-Gangetic Region. *Sustainable Chemistry for the Environment*, 1, 100002. <https://doi.org/10.1016/j.scenv.2023.100002>
- Han, S., & Sun, B. (2019). Impact of Population Density on PM2.5 Concentrations: A Case Study in Shanghai, China. *Sustainability*, 11(7), 1968. <https://doi.org/10.3390/su11071968>
- Ish, J. L., Madrigal, J. M., Pearce, J. L., Keil, A. P., Fisher, J. A., Jones, R. R., Sandler, D. P., & White, A. J. (2025). Industrial Air Emissions and Breast Cancer Incidence in a United States-wide Prospective Cohort. *Epidemiology*, 36(3), 391–400. <https://doi.org/10.1097/EDE.0000000000001837>
- Iyer, H. S., Flanigan, J., Wolf, N. G., Schroeder, L. F., Horton, S., Castro, M. C., & Rebbeck, T. R. (2020). Geospatial evaluation of trade-offs between equity in physical access to healthcare and health systems efficiency. *BMJ Global Health*, 5(10), e003493. <https://doi.org/10.1136/bmjgh-2020-003493>
- Jasiura, A., Lipczyńska, W., Warchoń, K., Gorzel, M., Justyńska, A., Krafzik, H., Stępień, P., & Kasprzak, H. (2023). Particulate matter – a cancerous threat to our health? *Journal of Education, Health and Sport*, 50(1), 23–36. <https://doi.org/10.12775/JEHS.2023.50.01.002>
- Juraev, Z. (2023). *Health Resource Dynamics in Growing Populations: A Health Geography Analysis*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3715631/v1>
- Kaneko, R., Sato, Y., & Kobayashi, Y. (2020). Manufacturing Industry Cancer Risk in Japan: A Multicenter Hospital-Based Case Control Study. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*, 21(9), 2697–2707. <https://doi.org/10.31557/APJCP.2020.21.9.2697>
- Kaya, D., Santiago, C., Pernas, E., Truong, S., Martinez, G., Méndez, L. B., & Delgado, Y. (2025). *Air Pollutants in Puerto Rico: Carcinogenic Properties and Mechanisms*. <https://doi.org/10.20944/preprints202508.1606.v1>
- Korczynski, R. W., Tennant, B. L., Cawley, M. A., Bloodgood, B., Oh, A. Y., & Berrigan, D. (2018). Geospatial approaches to cancer control and population sciences at the United States cancer centers. *Cancer Causes & Control*, 29(3), 371–377. <https://doi.org/10.1007/s10552-018-1009-0>
- Leiser, C. L., Taddie, M., Hemmert, R., Richards Steed, R., VanDerslice, J. A., Henry, K., Ambrose, J., O’Neil, B., Smith, K. R., & Hanson, H. A. (2020). Spatial clusters of cancer incidence: analyzing 1940 census data linked to 1966–2017 cancer records. *Cancer Causes & Control*, 31(7), 609–615. <https://doi.org/10.1007/s10552-020-01302-3>
- Li, J., Lian, H., & Jing, L. (2017). Quantitative analysis on the influencing factors of public service equalization level based on logistic regression model. *Boletim Técnico Technical Bulletin*, 55(6), 112–120.
- Liu, C., & Mostafavi, A. (2023). *Decoding Urban-health Nexus: Interpretable Machine Learning Illuminates Cancer Prevalence based on Intertwined City Features*.

- Lumley, T. (2017). Pseudo-R2 statistics under complex sampling. *Australian and New Zealand Journal of Statistics*, 59(2), 187–194. <https://doi.org/10.1111/anzs.12187>
- Mao, G., Jin, W., Zhu, Y., Mao, Y., Hsu, W.-L., & Liu, H.-L. (2021). Environmental Pollution Effects of Regional Industrial Transfer Illustrated with Jiangsu, China. *Sustainability*, 13(21), 12128. <https://doi.org/10.3390/su132112128>
- Marissa, N., Fitria, E., Nur, A., & Ichwansyah, F. (2020). Dampak Tinggal atau Bekerja di Lingkungan Pertambangan dan Industri Terhadap Kejadian Tumor Ganas. *Sel Jurnal Penelitian Kesehatan*, 7(2), 80–88. <https://doi.org/10.22435/sel.v7i2.4313>
- Meirindany, T., Tussolihin Dalimunthe, K., & Nauli, M. (2023). Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Paparan Logam Berat Fe Pada Air Sumur Penduduk Kawasan Industri Desa Dagang Kelambir Tanjung Morawa. *Miracle Journal*, 3(1), 16–22. <https://doi.org/10.51771/mj.v3i1.511>
- Mulyanti SE, & Ardi AH. (2024). *Direktori Industri Manufaktur Indonesia* (Vol. 13). Badan Pusat Statistika.
- Nattino, G., Pennell, M. L., & Lemeshow, S. (2020). Assessing the goodness of fit of logistic regression models in large samples: A modification of the Hosmer-Lemeshow test. *Biometrics*, 76(2), 549–560. <https://doi.org/10.1111/biom.13249>
- Nikolaos Tzenios. (2023). Obesity As A Risk Factor For Different Types Of Cancer. *EPRA International Journal of Multidisciplinary Research (IJMR)*, 97–100. <https://doi.org/10.36713/epra12421>
- Parra-Soto, S., Cowley, E. S., Rezende, L. F. M., Ferreccio, C., Mathers, J. C., Pell, J. P., Ho, F. K., & Celis-Morales, C. (2021). Associations of six adiposity-related markers with incidence and mortality from 24 cancers—findings from the UK Biobank prospective cohort study. *BMC Medicine*, 19(1), 7. <https://doi.org/10.1186/s12916-020-01848-8>
- Pradani, D. P., Rahayu, M. J., & Putri, R. A. (2017). Klasifikasi Karakteristik Dampak Industri pada Kawasan Permukiman Terdampak Industri di Cemani Kabupaten Sukoharjo. *Arsitektura*, 15(1), 215. <https://doi.org/10.20961/arst.v15i1.12166>
- Recalde, M., Davila-Batista, V., Díaz, Y., Leitzmann, M., Romieu, I., Freisling, H., & Duarte-Salles, T. (2021). Body mass index and waist circumference in relation to the risk of 26 types of cancer: a prospective cohort study of 3.5 million adults in Spain. *BMC Medicine*, 19(1), 10. <https://doi.org/10.1186/s12916-020-01877-3>
- Recalde, M., Pistillo, A., Davila-Batista, V., Leitzmann, M., Romieu, I., Viallon, V., Freisling, H., & Duarte-Salles, T. (2023). Longitudinal body mass index and cancer risk: a cohort study of 2.6 million Catalan adults. *Nature Communications*, 14(1). <https://doi.org/10.1038/s41467-023-39282-y>
- Renehan, A. G., & Soerjomataram, I. (2016). *Obesity as an Avoidable Cause of Cancer (Attributable Risks)* (pp. 243–256). https://doi.org/10.1007/978-3-319-42542-9_13
- Roberto Cazzolla Gatti, R., & Velichevskaya, A. (2020). *Taranto's long shadow? Cancer mortality shows alarming peaks for specific types in the most polluted city of Italy but also in surrounding towns*. <https://doi.org/10.1101/2020.12.18.20248464>
- Scherübl, H. (2021). Excess Body Weight and Gastrointestinal Cancer Risk. *Visceral Medicine*, 37(4), 261–266. <https://doi.org/10.1159/000515444>
- Schwartz, G. G., Klug, M. G., & Rundquist, B. C. (2019). An exploration of colorectal cancer incidence rates in North Dakota, USA, via structural equation modeling. *International Journal of Colorectal Disease*, 34(9), 1571–1576. <https://doi.org/10.1007/s00384-019-03352-9>
- Shi, X., Deng, G., Wen, H., Lin, A., Wang, H., Zhu, L., Mou, W., Liu, Z., Li, X., Zhang, J., Cheng, Q., & Luo, P. (2024). Role of body mass index and weight change in the risk of cancer: A systematic review and meta-analysis of 66 cohort studies. *Journal of Global Health*, 14, 04067. <https://doi.org/10.7189/jogh.14.04067>

- Sun, M., da Silva, M., Bjørge, T., Fritz, J., Mboya, I. B., Jerkeman, M., Stattin, P., Wahlström, J., Michaëlsson, K., van Guelpen, B., Magnusson, P. K. E., Sandin, S., Yin, W., Lagerros, Y. T., Ye, W., Nwaru, B., Kankaanranta, H., Lönnberg, L., Chabok, A., ... Stocks, T. (2024). Body mass index and risk of over 100 cancer forms and subtypes in 4.1 million individuals in Sweden: the Obesity and Disease Development Sweden (ODDS) pooled cohort study. *The Lancet Regional Health - Europe*, 45, 101034. <https://doi.org/10.1016/j.lanepe.2024.101034>
- Sun, W., Bao, P., Zhao, X., Tang, J., & Wang, L. (2021). Road Traffic and Urban Form Factors Correlated with the Incidence of Lung Cancer in High-density Areas: An Ecological Study in Downtown Shanghai, China. *Journal of Urban Health*, 98(3), 328–343. <https://doi.org/10.1007/s11524-021-00529-y>
- Sun, Y., Zhou, L., Shan, T., Ouyang, Q., Li, X., Fan, Y., Li, Y., Gong, H., Alolga, R. N., Ma, G., Ge, Y., & Zhang, H. (2022). Variability of body mass index and risks of prostate, lung, colon, and ovarian cancers. *Frontiers in Public Health*, 10. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.937877>
- Tchetgen Tchetgen, E. J. (2013). On a closed-form doubly robust estimator of the adjusted odds ratio for a binary exposure. *American Journal of Epidemiology*, 177(11), 1314–1316. <https://doi.org/10.1093/aje/kws377>
- Thompson, D. R., & Zeni, M. B. (2011). Monte Carlo theoretical trials of methods for assessing statistical significance for differences between adjusted odds ratios. *Quality and Quantity*, 45(2), 319–328. <https://doi.org/10.1007/s11135-009-9298-8>
- Vares DA, St-Pierre LS, & Persinger MA. (2015). Correlations between U.S. county annual cancer incidence and population density. *American Journal Cancer*, 5(11), 3467–3474.
- Wang, Z. (2023). Industrial pollutions on the health effects of infants, children, and adolescents: A systematic review. *Theoretical and Natural Science*, 24(1), 65–70. <https://doi.org/10.54254/2753-8818/24/20231101>
- Wen, H., Deng, G., Shi, X., Liu, Z., Lin, A., Cheng, Q., Zhang, J., & Luo, P. (2024). Body mass index, weight change, and cancer prognosis: a meta-analysis and systematic review of 73 cohort studies. *ESMO Open*, 9(3), 102241. <https://doi.org/10.1016/j.esmoop.2024.102241>