

Penerapan Metode *Propensity Score Matching* Berbasis Regresi Logistik Biner pada Hasil Observasi Kelainan Refraksi Mata Pasien Hipertensi

Endah Wahyu Sulistioriny Pujiastuty*, Ilham Faishal Mahdy

Prodi Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Bandung, Indonesia.

endahsulistiorinyjpst@email.com, ilham.faishal@unisba.ac.id

Abstract. Epidemiological and public health research often relies on observational studies when randomized controlled trials (RCTs) are not feasible due to ethical, financial, or logistical constraints. A key challenge of observational studies is bias caused by confounding variables. To minimize this bias, Propensity Score Matching (PSM) was applied, matching subjects based on treatment probability estimated through binary logistic regression. This study analyzed factors influencing refractive errors among hypertensive patients using medical records from UPT Puskesmas Cipamokolan, Bandung. The PSM procedure included propensity score estimation with nearest neighbor matching, covariate balance assessment, and calculation of the Average Treatment Effect on the Treated (ATT). The initial model including all covariates was not statistically significant. After excluding obesity due to imbalance, the second model yielded a significant ATT of -0.0738 with a 70.76% bias reduction. This negative ATT indicates that hypertensive smokers were 7.38% less likely to experience refractive errors compared to non-smokers after matching. However, chi-square analysis showed that only genetic history remained significantly associated with refractive errors, suggesting effect modification. Thus, the findings should be interpreted as observational differences rather than causal effects.

Keywords: *Refractive Error, Propensity Score Matching, Binary Logistic Regression.*

Abstrak. Penelitian epidemiologi dan kesehatan masyarakat sering menggunakan studi observasional ketika *Randomized Controlled Trial* (RCT) tidak memungkinkan karena alasan etika, biaya, atau logistik. Tantangan utama studi observasional adalah potensi *bias* akibat variabel perancu (*confounding*). Untuk meminimalkan *bias* tersebut, penelitian ini menggunakan metode *Propensity Score Matching* (PSM), yang mencocokkan subjek berdasarkan probabilitas menerima perlakuan melalui regresi logistik biner. Penelitian ini menganalisis faktor-faktor yang memengaruhi kelainan refraksi pada pasien hipertensi dengan menggunakan data rekam medis dari UPT Puskesmas Cipamokolan, Bandung. Proses PSM mencakup estimasi skor dengan *nearest neighbor matching*, evaluasi keseimbangan kovariat, serta perhitungan *Average Treatment Effect on the Treated* (ATT). Model awal dengan seluruh kovariat tidak signifikan. Setelah variabel obesitas dikeluarkan karena tidak seimbang, model kedua menghasilkan ATT sebesar -0,0738 yang signifikan dengan reduksi *bias* 70,76%. Nilai ATT negatif ini menunjukkan bahwa pasien hipertensi yang merokok memiliki kemungkinan 7,38% lebih rendah mengalami kelainan refraksi dibandingkan yang tidak merokok setelah pencocokan. Namun, analisis *chi-square* menunjukkan bahwa hanya riwayat genetik yang tetap signifikan, mengindikasikan adanya *effect modification*. Oleh karena itu, hasil penelitian ini tidak dapat ditafsirkan sebagai hubungan kausal, melainkan sebagai perbedaan observasional rata-rata setelah pencocokan dilakukan.

Kata Kunci: *Kelainan Refraksi, Propensity Score Matching, Regresi Logistik Biner.*

*endahsulistiorinyjpst@email.com

A. Pendahuluan

Penelitian epidemiologi dan kesehatan masyarakat sering kali mengandalkan studi observasional ketika *Randomized Controlled Trial* (RCT) tidak dapat dilakukan karena alasan etika, biaya, atau logistik. Tantangan utama dalam penelitian observasional adalah munculnya *bias* akibat variabel perancu (*confounding*), yaitu variabel yang secara simultan berpengaruh terhadap faktor risiko (paparan) dan hasil (*outcome*), sehingga perlu dikendalikan agar efek yang diestimasi lebih valid dan representatif (Norgaard et al., 2017).

Salah satu solusi yang dapat digunakan adalah pendekatan statistik melalui *Propensity Score*. Konsep dasar dari *propensity score* adalah menghitung probabilitas bersyarat dari perlakuan tertentu ($Z_i = 1$) dengan kontrol ($Z_i = 0$), berdasarkan karakteristik kovariat (X_i) yang diamati. *Bias* dapat tereduksi apabila perbandingan dilakukan antara kelompok kontrol dan perlakuan yang memiliki kondisi sebanding (Rosenbaum & Rubin, 1983). Salah satu metode *propensity score* yang bertujuan mengurangi *bias* adalah *Propensity Score Matching* (PSM). Teknik ini dilakukan dengan memasangkan subjek dari kelompok perlakuan dan kelompok kontrol berdasarkan nilai *propensity score* yang paling mendekati, yang dihitung dari variabel *confounding*. Nilai *propensity score* umumnya diestimasi menggunakan model regresi logistik biner, dimana status perlakuan diregresikan terhadap karakteristik dasar yang diamati. Selain itu, model ini dirancang untuk menggambarkan probabilitas kejadian pada peubah respon yang bersifat kategorik (Austin, 2011).

Hipertensi merupakan salah satu penyakit tidak menular dengan prevalensi tinggi secara global. Lebih dari 1,28 miliar orang dewasa di dunia menderita hipertensi, namun hanya sekitar 42% yang mendapatkan pengobatan secara tepat (World Health Organization, 2023). Kondisi ini tidak hanya meningkatkan risiko penyakit kardiovaskular, tetapi juga berdampak pada organ penglihatan. Hipertensi dapat menimbulkan perubahan struktural pada pembuluh darah retina (Putri & Saftarina, 2022), dan penurunan ketebalan koroid pada penderitanya dapat memicu gangguan penglihatan, termasuk kelainan refraksi (Lee et al., 2021).

Fenomena tersebut menimbulkan permasalahan mengenai faktor-faktor yang memengaruhi kejadian kelainan refraksi pada pasien hipertensi. Faktor gaya hidup, termasuk merokok, diduga berperan penting dalam memperkuat atau memperlemah hubungan tersebut. Namun, keberadaan faktor seperti ini dapat mengaburkan interpretasi hasil penelitian jika tidak dikendalikan dengan baik. Oleh karena itu, penelitian ini menerapkan metode PSM berbasis regresi logistik biner untuk memperoleh estimasi yang lebih objektif mengenai faktor-faktor yang berhubungan dengan kelainan refraksi pada pasien hipertensi.

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana mengestimasi *propensity score* pada pasien hipertensi, bagaimana menilai keseimbangan antar kelompok setelah pencocokan, dan bagaimana *Average Treatment Effect on the Treated* (ATT) dapat digunakan untuk menggambarkan hubungan faktor-faktor tersebut dengan kelainan refraksi. Sejalan dengan itu, tujuan penelitian adalah untuk memperoleh estimasi *propensity score*, mengevaluasi keseimbangan kovariat setelah pencocokan, serta menghitung ATT sebagai ukuran hubungan faktor risiko dengan kelainan refraksi pada pasien hipertensi.

Penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi metodologis melalui penerapan PSM sebagai upaya mengurangi *bias* dalam studi observasional. Secara praktis, penelitian ini dapat memberikan gambaran tambahan mengenai faktor risiko yang perlu diperhatikan tenaga kesehatan dalam menangani pasien hipertensi yang berisiko mengalami kelainan refraksi. Unsur kebaruan penelitian ini terletak pada penggunaan PSM untuk mengkaji faktor risiko kelainan refraksi pada pasien hipertensi, yang masih jarang dikaji dalam penelitian sebelumnya.

B. Metode

Data dan Variabel Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data kuantitatif, yaitu data yang dapat diukur dan dinyatakan dalam bentuk angka. Data tersebut bersifat sekunder, sebanyak 434 data pasien dari data rekam medis pasien Hipertensi di UPT Puskesmas Cipamokolan, Kota Bandung, Jawa Barat. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini diuraikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Variabel Penelitian

Variabel	Keterangan	Skala
Usia (X_1)	Usia pasien saat pemeriksaan	Rasio
Jenis Kelamin (X_2)	0 = Perempuan 1 = Laki-laki	Nominal
Riwayat Genetik (X_3)	0 = Tidak memiliki riwayat genetik 1 = Memiliki riwayat genetik	Nominal
Status Merokok (X_4)	0 = Pasien tidak merokok 1 = Pasien merokok	Nominal
Aktifitas Fisik (X_5)	0 = Aktifitas fisik cukup 1 = Aktifitas fisik kurang	Nominal
Obesitas (X_6)	0 = Tidak obesitas jika <i>Body Mass Index</i> (BMI) ≤ 27 1 = Obesitas jika <i>Body Mass Index</i> (BMI) > 27	Nominal
Konsumsi Alkohol (X_7)	0 = Pasien tidak konsumsi alkohol 1 = Pasien konsumsi alkohol	Nominal
Kelainan Refraksi Mata pada Pasien Hipertensi (Y)	0 = Pasien tidak mengalami kelainan refraksi mata 1 = Pasien mengalami kelainan refraksi mata	Nominal

Faktor Confounding

Dalam penelitian observasional, faktor *confounding* adalah variabel yang berhubungan dengan paparan (*exposure*) dan juga memengaruhi outcome, sehingga dapat mengaburkan atau memodifikasi hubungan sebenarnya antara keduanya (Norgaard et al., 2017). Kehadiran variabel *confounding* dapat menyebabkan estimasi efek menjadi *bias*, baik terlalu besar (*overestimate*) maupun terlalu kecil (*underestimate*) dari hubungan sebenarnya. Oleh karena itu, dalam studi observasional, identifikasi dan penyesuaian terhadap faktor *confounding* sangat penting agar hasil analisis dapat mencerminkan hubungan kausal yang valid.

Propensity Score

Nilai *propensity score* untuk observasi ke- i ($i = 1, 2, \dots, n$) didefinisikan sebagai probabilitas bersyarat seseorang berada pada kelompok ($Z_i = 1$) dibandingkan kelompok kontrol ($Z_i = 0$), dengan mempertimbangkan vektor kovariat (x_i), yang teramati, yaitu:

$$e(x_i) = P(Z_i = 1 | X_i = x_i) \quad \dots (1)$$

Dengan asumsi bahwa Z_i bersifat independen secara kondisional terhadap x_i , distribusi bersama dari penetapan perlakuan dapat dituliskan sebagai:

$$P(Z_1, \dots, Z_n | x_1, \dots, x_n) = \prod_{i=1}^N e(x_i)^{Z_i} \{1 - e(x_i)\}^{1-Z_i} \quad \dots (2)$$

Propensity Score Matching

Tahapan yang digunakan dalam analisis *propensity score matching* sebagai berikut:

- a) Menentukan variabel *confounding*.

Variabel *confounding* dapat ditentukan berdasarkan teori atau melalui analisis statistik yang dinotasikan dengan Z (Kamangar, 2012), salah satunya menggunakan uji *Chi-square* berdasarkan tabel kontingensi dua arah dengan rumus berikut:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \frac{(O_{ij} - E_{ij})^2}{E_{ij}} \quad \dots (3)$$

Dimana kriteria uji, Tolak H_0 jika $\chi^2_{hitung} > \chi^2_{a;(I-1)(J-1)}$ atau $P - value < a$.

- b) Estimasi nilai *propensity score* berbasis regresi logistik dengan pendekatan *maximum likelihood estimation*.

Bentuk persamaan model yang dihasilkan adalah sebagai berikut:

$$e(x_i) = P(Z_i = 1 | X_i = x_i) = \frac{\exp(\beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \dots + \beta_p x_{ip})}{1 + \exp(\beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \dots + \beta_p x_{ip})} \quad \dots (4)$$

- c) Melakukan analisis *matching* dengan metode *nearest neighbor matching*.

Pada tahap ini, setiap subjek perlakuan dipasangkan dengan kontrol yang memiliki selisih *absolut* nilai *propensity score* terkecil:

$$C(e(x_i)) = \min |e(x_i) - e(x_j)| \quad \dots (5)$$

- d) Menghitung uji keseimbangan kovariat.

Uji keseimbangan kovariat (*balance test*) memverifikasi bahwa setelah pencocokan tidak terdapat perbedaan signifikan antara kelompok perlakuan dan kontrol (Heinrich, 2010). Keseimbangan biasanya diukur menggunakan *Standardized Mean Difference* (SMD) (Zhang et al., 2019).

Untuk variabel kontinu:

$$|SMD| = \frac{\bar{X}_T - \bar{X}_C}{\sqrt{\frac{S_T^2 + S_C^2}{2}}} \quad \dots (6)$$

Untuk variabel kategorikal:

$$|SMD| = \frac{p_T - p_C}{\sqrt{\frac{p_T(1-p_T) + p_C(1-p_C)}{2}}} \quad \dots (7)$$

$SMD < 0,1$ menunjukkan keseimbangan yang baik.

- e) Menghitung *bias* sebelum *matching* dan *bias* sesudah *matching*.

Efektivitas *propensity score* dievaluasi melalui keseimbangan antar kelompok, diukur menggunakan *Standardized Mean Difference* (SMD) dan *Percent Bias Reduction* (PBR). Rumus PBR adalah:

$$PBR = \frac{|SMD_{Sebelum\ matching}| - |SMD_{Setelah\ matching}|}{|SMD_{Setelah\ matching}|} \times 100\% \quad \dots (8)$$

- f) Menghitung nilai Average Treatment Effect on the Treated (ATT).

Untuk mengukur perbedaan rata-rata *outcome* antara kelompok perlakuan dan kontrol setelah pencocokan dilakukan (Poletto et al., 2024).

$$t = \frac{\hat{\theta}}{SE(\hat{\theta})} \quad \dots (9)$$

- g) Menghitung uji *chi-square* berdasarkan tabel kontingensi tiga arah.
Menarik kesimpulan.

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Bagian Identifikasi Faktor *Confounding*

Pemilihan kandidat variabel *confounding* dilakukan menggunakan uji *chi-square* untuk menilai hubungan antara kovariat dengan *outcome*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa dari seluruh kovariat yang dianalisis, hanya variabel Riwayat Genetik (X_3) dan Status Merokok (X_4) yang memiliki hubungan signifikan dengan Kelainan Refraksi pada pasien Hipertensi (Y).

Tabel 2. Penentuan Faktor *Confounding*

Variabel	χ^2	P-Value	Keputusan
X_2 dan Y	0,0909	0,7629	Terima H_0
X_3 dan Y	19,9241	8.057436e-06	Tolak H_0
X_4 dan Y	4,3886	0,0361	Tolak H_0
X_5 dan Y	1,4258	0,2324	Terima H_0
X_6 dan Y	0,0668	0,7960	Terima H_0
X_7 dan Y	0,7358	0,3909	Terima H_0

Uji lanjutan antar kovariat menunjukkan bahwa Riwayat Genetik (X_3) tidak memiliki hubungan signifikan dengan variabel kovariat lainnya, sedangkan Status Merokok (X_4) memiliki hubungan signifikan dengan Aktivitas Fisik (X_5) dan Obesitas (X_6). Hal ini mengindikasikan bahwa variabel Merokok (X_4) lebih berpotensi menjadi variabel *confounding* dalam penelitian ini.

Estimasi Model *Propensity Score*

Estimasi dilakukan dengan regresi logistik biner menggunakan pendekatan *maximum likelihood estimation*.

Tabel 3. Estimasi Model *Propensity Score* Seluruh Kovariat

Variabel	Parameter (β)	SE	P-Value
Intersep	-0,5973	0,3045	0,0498
X_1	-0,0055	0,0055	0,3239
$X_{2,1}$	0,0140	0,2193	0,9490
$X_{3,1}$	-0,3125	0,3798	0,4105
$X_{5,1}$	0,6001	0,2077	0,0038
$X_{6,1}$	0,5496	0,2200	0,0124
$X_{7,1}$	-0,7373	0,4273	0,0844

Berdasarkan Tabel 3, diperoleh model *propensity score* dengan regresi logistik sebagai berikut:

$$e(x_i) = \frac{\exp(-0,5973 - 0,0055x_1 + 0,0140x_2 - 0,3125x_3 + 0,6001x_5 + 0,5496x_6 - 0,7373x_7)}{1 + \exp(-0,5973 - 0,0055x_1 + 0,0140x_2 - 0,3125x_3 + 0,6001x_5 + 0,5496x_6 - 0,7373x_7)} \quad \dots (10)$$

Uji keseimbangan pada model awal menunjukkan variabel Obesitas (X_6) tidak seimbang ($SMD > 0,1$), sehingga model diestimasi ulang tanpa variabel tersebut.

Tabel 4. Estimasi Model *Propensity Score* Tanpa Variabel Obesitas (X_6)

Variabel	Parameter	SE	P-Value
Intersep	-0,4175	0,2926	0,1536
X_1	-0,0055	0,0055	0,3161
$X_{2,1}$	0,0160	0,2176	0,9412
$X_{3,1}$	-0,2657	0,3777	0,4817
$X_{5,1}$	0,5679	0,2055	0,0057
$X_{7,1}$	-0,7843	0,4249	0,0649

Berdasarkan Tabel 4, diperoleh model *propensity score* baru sebagai berikut:

$$e(x_i) = \frac{\exp(-0,4175 - 0,0055x_1 + 0,0160x_2 - 0,2657x_3 + 0,5679x_5 - 0,7843x_7)}{1 + \exp(-0,4175 - 0,0055x_1 + 0,0160x_2 - 0,2657x_3 + 0,5679x_5 - 0,7843x_7)} \quad \dots (11)$$

Hasil *Propensity Score Matching*

Proses *matching* dilakukan dengan *Nearest Neighbor Matching* rasio 1:1. Sebagian data dikeluarkan karena tidak memiliki pasangan yang sesuai.

Tabel 5. Jumlah Pasangan yang Terbentuk Tanpa Variabel Obesitas (X_6)

No.	Kategori	Jumlah
1	Kelompok Perlakuan	176
2	Pasangan Kelompok Perlakuan	176
3	Kelompok Kontrol	258
4	Pasangan Kelompok Kontrol	176
5	Data yang <i>Matched</i>	352
6	Data yang Tidak <i>Matched</i>	82

Hasil Uji Keseimbangan *Kovariat* dan Reduksi Bias

Keseimbangan diuji dengan *Standardized Mean Difference* (SMD) dan reduksi bias dihitung dengan *Percent Bias Reduction* (PBR).

Tabel 6. Uji keseimbangan kovariat sebelum dan sesudah *matching*

Varia bel	SMD Sebelum	SMD Sesudah (Seluruh Kovariat)	SMD Sesudah (Tanpa Variabel Obesitas)	PBR (%)
X1	0,096	0,023	0,002	97,98
X2	0,039	0,012	0,049	-24,58
X3	0,078	0,072	0,064	17,77
X5	0,271	0,012	0,024	91,14
X6	0,234	0,110	-	-
X7	0,188	0,027	0,058	69,09
Total Rata-Rata PBR				70,76

Model final tanpa variabel Obesitas (X_6) menghasilkan SMD < 0,1 pada seluruh kovariat dan total rata-rata PBR sebesar 70,76%, menunjukkan pencocokan berhasil mengurangi ketidakseimbangan karakteristik.

Hasil Estimasi *Average Treatment Effect on the Treated* (ATT)

ATT mengukur perbedaan rata-rata *outcome* antara kelompok perlakuan dan kontrol setelah pencocokan, hanya pada individu di kelompok perlakuan. Nilai ini mencerminkan efek perlakuan rata-rata yang telah diminimalkan dari bias akibat *confounding*. Dalam penelitian ini, ATT digunakan untuk menilai pengaruh variabel Status Merokok (Z) terhadap Kelainan Refraksi mata pada pasien Hipertensi (Y) setelah pengaruh kovariat lain direduksi melalui *propensity score matching* model final.

Tabel 7. Hasil Estimasi *Average Treatment on the Treated* (ATT)

Variabel	ATT	SE	t	P-Value
$X_1, X_2, X_3, X_5, X_6, X_7$	-0,0398	0,0349	-1,1382	0,2558
X_1, X_2, X_3, X_5, X_7	-0,0738	0,0367	-2,0074	0,0454

Nilai ATT dihitung dengan dua model. Model awal mencakup seluruh kovariat menghasilkan nilai

ATT sebesar -0,0398 ($p\text{-value} = 0,2558$) dan secara statistik tidak signifikan. Setelah variabel obesitas (X_6) dikeluarkan karena tidak seimbang, model final menghasilkan nilai ATT sebesar -0,0738 ($p\text{-value} = 0,0454$) dan mereduksi *bias* sebesar 70,76%, menunjukkan perbedaan signifikan antara kelompok perlakuan dan kontrol setelah pencocokan. Nilai negatif mengindikasikan bahwa kelompok perlakuan memiliki kemungkinan 7,38% lebih rendah mengalami kelainan refraksi dibanding kontrol dengan kovariat seimbang.

Tabel 8. Pengujian Asosiasi antara Variabel Kovariat (X) dan Kejadian Kelainan Refraksi (Y) pada setiap kelompok berdasarkan Status Merokok (Z)

Variabel	Kategori	χ^2	P-Value	Keterangan
Jenis Kelamin	Merokok	0.7606	0.3831	Terima H_0
	Tidak Merokok	0.027	0.8695	Terima H_0
Riwayat Genetik	Merokok	7.4885	0.0062	Tolak H_0
	Tidak Merokok	9.538	0.002	Tolak H_0
Aktivitas Fisik	Merokok	0.3196	0.5719	Terima H_0
	Tidak Merokok	0.0325	0.8569	Terima H_0
Konsumsi Alkohol	Merokok	0.9548	0.3285	Terima H_0
	Tidak Merokok	1.328	0.2492	Terima H_0

Tabel 8 merupakan analisis lanjutan dengan uji *Chi-Square* menggunakan tabel kontingensi tiga arah menunjukkan bahwa variabel Riwayat Genetik (X_3) signifikan terhadap kelainan refraksi pada kedua kelompok Status Merokok, mengindikasikan adanya *effect modification*. Artinya, Status Merokok tidak hanya berperan sebagai *confounder*, tetapi juga memodifikasi hubungan antara Riwayat Genetik dan *outcome*. Variabel lain seperti Jenis Kelamin, Aktivitas Fisik, dan Konsumsi Alkohol tidak signifikan pada kedua kelompok, sehingga kecil kemungkinan menjadi sumber *bias* residual.

Temuan ini menjelaskan arah ATT yang bertolak belakang dengan teori, yang kemungkinan dipengaruhi oleh interaksi antara Riwayat Genetik dan Status Merokok yang tidak sepenuhnya terkontrol meskipun telah dilakukan pencocokan. Oleh karena itu, hasil ATT lebih tepat dipahami sebagai perbedaan rata-rata kejadian yang teramati pasca pencocokan, bukan bukti hubungan kausal langsung. Studi lanjutan dengan desain longitudinal atau eksperimental diperlukan untuk memperoleh pemahaman yang lebih komprehensif.

D. Kesimpulan

ATT model awal dengan seluruh kovariat tidak signifikan. Setelah variabel Obesitas (X_6) dikeluarkan karena tidak seimbang, model kedua menunjukkan ATT sebesar -0,0738 dan signifikan secara statistik, dengan reduksi *bias* sebesar 70,76%. Nilai ATT negatif ini menunjukkan bahwa pasien hipertensi yang merokok memiliki kemungkinan 7,38% lebih rendah mengalami kelainan refraksi dibandingkan yang tidak merokok, setelah pencocokan. Namun, analisis tambahan dengan uji *chi-square* menunjukkan bahwa hanya Riwayat Genetik yang signifikan terhadap *outcome* pada kedua kelompok. Hal ini mengindikasikan adanya *effect modification*, yaitu efek Merokok terhadap Kelainan Refraksi berbeda tergantung Riwayat Genetik. Oleh karena itu, hasil ini tidak dapat diartikan sebagai hubungan kausal, melainkan sebagai perbedaan rata-rata pada populasi observasional setelah pencocokan dilakukan.

Ucapan Terimakasih

Penulis menyadari bahwa penelitian ini dapat terselesaikan berkat dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Ucapan terima kasih disampaikan khususnya kepada Bapak Ilham Faishal Mahdy, S.Stat., M.Stat., selaku dosen pembimbing, atas bimbingan, masukan, dan waktu yang telah diberikan. Terima kasih juga kepada kedua orang tua dan rekan-rekan yang senantiasa memberi semangat serta

dukungan hingga penelitian ini selesai.

Daftar Pustaka

- Austin, P. C. (2011). An introduction to propensity score methods for reducing the effects of confounding in observational studies. *Multivariate Behavioral Research*, 46(3), 399–424. <https://doi.org/10.1080/00273171.2011.568786>
- Heinrich, C. (2010). A Primer for Applying Propensity-Score Matching. *Development Effectiveness*, 59.
- Kamangar, F. (2012). Confounding variables in epidemiologic studies: Basics and beyond. *Archives of Iranian Medicine*, 15(8), 508–516. <https://doi.org/012158/AIM.0014>
- Lee, M. W., Lim, H. Bin, Koo, H. M., Lee, Y. H., & Kim, J. Y. (2021). Association of high myopia with peripapillary retinal nerve fiber layer in patients with hypertension. *PLoS ONE*, 16(8 August), 1–9. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0256131>
- Luhung Mustika Budiharti, & Sunendiari, S. (2021). Pemodelan dan Pemetaan Jumlah Penderita Kusta di Jawa Barat dengan Regresi Binomial Negatif dan Flexibly Shaped Spatial Scan Statistic. *Jurnal Riset Statistika*, 1(2), 99–106. <https://doi.org/10.29313/jrs.v1i2.409>
- Marasabessy, M. D., & Darwis, S. (2023). Konfidensi Premi Asuransi Gempa Menggunakan Simulasi Monte Carlo. *DataMath: Journal of Statistics and Mathematics*, 1(1), 1–10.
- Norgaard, M., Ehrenstein, V., & Vandenbroucke, J. P. (2017). Confounding in observational studies based on large health care databases: Problems and potential solutions – a primer for the clinician. *Clinical Epidemiology*, 9, 185–193. <https://doi.org/10.2147/CLEP.S129879>
- Oktoriandi, D. (2022). Penerapan uji Q Cochran terhadap Atribut Produk Laptop Menggunakan Multiple Response Analysis (MRA). *Jurnal Riset Statistika*, 1(2), 127–134. <https://doi.org/10.29313/jrs.v1i2.521>
- Poletto, S., Longato, E., Tavazzi, E., & Vettoretti, M. (2024). *Comparing Propensity Score-Based Methods in Estimating the Treatment Effects: A Simulation Study*. 1–6.
- Putri, N. A., & Saftarina, F. (2022). Penatalaksanaan Holistik Hipertensi Grade II Dan Katarak Senilis Pada Seorang Laki- Laki Usia 73 Tahun Melalui Pendekatan Dokter Keluarga. *Jurnal Penelitian Perawat Profesional*, 4(4), 1101–1114.
- Rosenbaum, P. R., & Rubin, D. B. (1983). The central role of the propensity score in observational studies for causal effects. *Matched Sampling for Causal Effects*, 70(1), 41–55. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511810725.016>
- World Health Organization. (2023). *Hypertension*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/hypertension>
- Zhang, Z., Kim, H. J., Lonjon, G., & Zhu, Y. (2019). Balance diagnostics after propensity score matching. *Annals of Translational Medicine*, 7(1), 16–16. <https://doi.org/10.21037/atm.2018.12.10>