

Faktor yang Memengaruhi Kadar Gula Darah Puasa Pasien *Diabetes Mellitus* Tipe 2 di Poli Diabetes RSUD Dr. Soetomo Surabaya Menggunakan Regresi Probit Biner

Indah Fahmiyah, I Nyoman Latra

Jurusan Statistika, Fakultas MIPA, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: indahfahmiyah@gmail.com, i_nyoman_1@statistika.its.ac.id

Abstrak— Penyebab kematian untuk semua umur telah mengalami pergeseran, yaitu dari penyakit menular menjadi Penyakit Tidak Menular (PTM), salah satu PTM adalah *diabetes mellitus* (DM). Dari semua jenis DM, penderita DM tipe 2 menca-pai 90% – 95% dari keseluruhan populasi penderita DM. DM tipe 2 adalah penyakit gangguan metabolik yang ditandai dengan kadar gula darah tinggi akibat adanya resistensi insulin dan atau defisiensi insulin (gangguan sekresi insulin). Penderita DM tipe 2 memerlukan penatalaksanaan DM secara baik dan teratur untuk menjaga agar kadar gula darah tetap terkendali. Salah satu kadar gula darah yang dapat menggambarkan kondisi gula darah penderita DM tipe 2 adalah Gula Darah Puasa (GDP). GDP merupakan kadar gula darah seseorang yang diukur/diperiksa setelah menjalani puasa sekitar 10-12 jam. Kadar gula darah yang tidak terkendali dapat meningkatkan terjadinya komplikasi akibat DM tipe 2, bahkan dapat menyebabkan kematian. Oleh sebab itu, dilakukan penelitian terhadap pasien DM tipe 2 di Poli Diabetes RSUD Dr. Soetomo yang sedang menjalani rawat jalan untuk mengetahui faktor yang memengaruhi kadar GDP pasien dengan mengkategorikan kadar GDP menjadi 2 kategori, yaitu GDP terkendali ($GDP < 126$ mg/dl) dan GDP tidak terkendali ($GDP \geq 126$ mg/dl) sebagai variabel dependen sehingga analisis yang digunakan adalah analisis regresi untuk variabel dependen yang bersifat kualitatif (kategorik), yaitu salah satunya adalah regresi probit biner. Faktor atau variabel yang signifikan memengaruhi kadar GDP adalah kadar HDL, LDL, dan Trigliserida dengan ketepatan model dalam mengklasifikasikan sebesar 70%.

Kata Kunci—DM Tipe 2, Kadar GDP, Regresi Probit Biner.

I. PENDAHULUAN

Penyebab kematian untuk semua umur telah mengalami pergeseran, yaitu dari penyakit menular menjadi penyakit tidak menular (PTM), salah satu PTM adalah *diabetes mellitus* atau disingkat DM [1]. Indonesia diprediksi memiliki penderita diabetes sebanyak 8,4 juta pada tahun 2000 dan meningkat menjadi 21,3 juta pada tahun 2030 [2]. Dari semua jenis DM, penderita DM tipe 2 mencapai 90% – 95% dari keseluruhan penderita DM [3]. DM tipe 2 adalah penyakit gangguan metabolik yang ditandai dengan kadar gula darah tinggi akibat adanya resistensi insulin dan atau defisiensi insulin (gangguan sekresi insulin) [3].

Penderita DM tipe 2 memerlukan penatalaksanaan DM se-cara baik dan teratur untuk menjaga agar kadar gula darah te-tap terkendali. Apabila penderita DM tipe 2 tidak

mengendalikan kadar gula darah dengan baik, kadar gula darah dapat mengalami peningkatan dan penurunan secara tidak stabil sehingga dapat memicu terjadinya komplikasi [4]. Beberapa komplikasi yang sering terjadi pada penderita DM tipe 2 adalah ketoasidosis diabetik dan komplikasi makrovaskular [3].

Salah satu kadar gula darah yang dapat menggambarkan kondisi gula darah seseorang, khususnya penderita DM tipe 2 adalah Gula Darah Puasa (GDP). GDP merupakan kadar gula darah seseorang yang diukur atau diperiksa setelah menjalani puasa sekitar 10-12 jam [5]. GDP dapat digunakan sebagai pedoman dalam diagnosis DM. Jika hasil pemeriksaan $GDP \geq 126$ mg/dl dan terdapat keluhan khas DM, diagnosis DM dapat ditegakkan [6].

Upaya pencegahan terjadinya kadar GDP yang tidak terkendali sangat diperlukan, salah satu caranya adalah mengetahui faktor yang memengaruhi kadar GDP tidak terkendali. Penelitian yang dilakukan [5] memperoleh kesimpulan bahwa faktor pengetahuan, pendidikan, asupan makan, aktivitas fisik, asupan obat, serta komplikasi penyakit lain tidak berhubungan dengan pengendalian kadar gula darah. Menurut penelitian [4], aktivitas fisik dan pengetahuan memengaruhi terkendalnya kadar gula darah pasien DM. Kadar gula darah penderita DM dimodelkan [7] dengan regresi spline birespon.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui faktor yang memengaruhi kadar GDP pasien DM tipe 2 studi kasus di Poli Diabetes RSUD Dr. Soetomo dengan mengkategorikan pasien menurut kadar GDP menjadi 2 kategori, yaitu GDP terkendali ($GDP < 126$ mg/dl) dan GDP tidak terkendali ($GDP \geq 126$ mg/dl) sebagai variabel dependen. Variabel independen antara lain usia, kadar HDL, kadar LDL, kadar Trigliserida, jenis ke-lamin, dan riwayat keluarga menderit DM. Salah satu metode statistika yang digunakan untuk mengetahui hubungan antara variabel dependen yang bersifat kualitatif dengan variabel independen adalah regresi probit. Regresi probit adalah metode regresi yang digunakan untuk menganalisis variabel dependen yang bersifat kualitatif dan variabel independen yang bersifat kualitatif, kuantitatif, atau gabungan keduanya dengan *Cummulative Distribution Function* (CDF) normal untuk mengestimasi model probit [8].

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Regresi Probit Biner

Regresi probit adalah metode regresi yang digunakan untuk menganalisis variabel dependen yang bersifat kualitatif dan variabel independen yang bersifat kualitatif, kuantitatif, atau gabungan keduanya dengan pendekatan CDF normal untuk mengestimasi model probit [8]. Pemodelan regresi probit biner diawali dengan persamaan (1) [9] dengan vektor $\mathbf{x} = [1 \ x_1 \ x_2 \ \dots \ x_p]'$ dan $\boldsymbol{\beta} = [\beta_0 \ \beta_1 \ \beta_2 \ \dots \ \beta_p]'$.

$$y^* = \mathbf{x}'\boldsymbol{\beta} + \varepsilon \tag{1}$$

Untuk membentuk model probit biner, y^* dikategorikan menjadi 2 kategori dengan memberikan nilai threshold tertentu. Jika $y^* \leq \gamma$, y dikategorikan 0 dan jika $y^* > \gamma$, y dikategorikan 1. Dengan demikian, model probit untuk $y = 0$ adalah

$$P(y = 0 | \mathbf{x}) = \Phi(\gamma - \mathbf{x}'\boldsymbol{\beta}) \tag{2}$$

dan model probabilitas untuk $y = 1$ adalah

$$P(y = 1 | \mathbf{x}) = 1 - \Phi(\gamma - \mathbf{x}'\boldsymbol{\beta}) \tag{3}$$

Dengan $\Phi(\cdot)$ merupakan CDF dari distribusi normal standar, yaitu

$$\Phi(\mathbf{x}'\boldsymbol{\beta}) = \int_{-\infty}^{\mathbf{x}'\boldsymbol{\beta}} \phi(z) dz \tag{4}$$

Dan $\phi(\cdot)$ atau $\Phi^{-1}(\cdot)$ yang ditunjukkan persamaan (4) merupakan fungsi distribusi probabilitas distribusi normal standar.

$$\phi(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{z^2}{2}\right) \tag{5}$$

Pengaruh variabel independen terhadap probabilitas variabel dependen dapat ditunjukkan dengan nilai *marginal effect*. Berikut rumus *marginal effect* untuk setiap kategori dengan cara menurunkan persamaan (2) dan (3) terhadap \mathbf{x} .

$$\frac{\partial P(y = 0 | \mathbf{x})}{\partial \mathbf{x}} = -\phi(\gamma - \mathbf{x}'\boldsymbol{\beta}) \boldsymbol{\beta} \tag{6}$$

$$\frac{\partial P(y = 1 | \mathbf{x})}{\partial \mathbf{x}} = \phi(\gamma - \mathbf{x}'\boldsymbol{\beta}) \boldsymbol{\beta} \tag{7}$$

B. Penaksiran Parameter Model Regresi Probit Biner

Penaksiran parameter pada model regresi probit biner dapat menggunakan metode *Maximum Likelihood Estimation* (MLE). Metode MLE merupakan metode yang memaksimalkan fungsi *likelihood* dengan fungsi *likelihood* seperti dalam persamaan (8).

$$L(\boldsymbol{\beta}) = \prod_{i=1}^n [\Phi(-\mathbf{x}'\boldsymbol{\beta})]^{y_i} [1 - \Phi(-\mathbf{x}'\boldsymbol{\beta})]^{1-y_i} \tag{8}$$

Langkah metode MLE berikutnya adalah melakukan transformasi ln terhadap fungsi *likelihood* dan menghitung turunan pertama dari fungsi ln $L(\boldsymbol{\beta})$ terhadap $\boldsymbol{\beta}$.

$$\frac{\partial \ln L(\boldsymbol{\beta})}{\partial \boldsymbol{\beta}} = \sum_{i=1}^n \left[\frac{y_i \phi(-\mathbf{x}'\boldsymbol{\beta})}{\Phi(-\mathbf{x}'\boldsymbol{\beta})} + (1 - y_i) \frac{-\phi(-\mathbf{x}'\boldsymbol{\beta})}{1 - \Phi(-\mathbf{x}'\boldsymbol{\beta})} \right] \mathbf{x}_i \tag{9}$$

$$= \sum_{i=1}^n \mathbf{x}_i \phi(-\mathbf{x}'\boldsymbol{\beta}) \left[\frac{y_i - \Phi(-\mathbf{x}'\boldsymbol{\beta})}{\Phi(-\mathbf{x}'\boldsymbol{\beta}) [1 - \Phi(-\mathbf{x}'\boldsymbol{\beta})]} \right]$$

Langkah berikutnya, persamaan (9) disamadengankan nol.

$$\sum_{i=1}^n \mathbf{x}_i \phi(-\mathbf{x}'\boldsymbol{\beta}) \left[\frac{y_i - \Phi(-\mathbf{x}'\boldsymbol{\beta})}{\Phi(-\mathbf{x}'\boldsymbol{\beta}) [1 - \Phi(-\mathbf{x}'\boldsymbol{\beta})]} \right] = 0 \tag{10}$$

Akan tetapi, persamaan (10) yang didapatkan adalah fungsi implisit (tidak *close form*) sehingga digunakan iterasi Newton-Raphson untuk menyelesaikan persamaan yang tidak linier [10]. Secara umum, iterasi ke- ($t + 1$) dengan metode Newton-Raphson ditunjukkan oleh persamaan (11) untuk $t = 1, 2, 3, \dots$

$$\begin{aligned} \boldsymbol{\beta}^{(t+1)} &= \boldsymbol{\beta}^{(t)} - \left(\mathbf{H}^{(t)}\right)^{-1} \mathbf{g}^{(t)} \\ &= \boldsymbol{\beta}^{(t)} - \left(\frac{\partial^2 \ln L(\boldsymbol{\beta})}{\partial \boldsymbol{\beta}^{(t)} \partial \boldsymbol{\beta}^{(t)}}\right)^{-1} \left(\frac{\partial \ln L(\boldsymbol{\beta})}{\partial \boldsymbol{\beta}^{(t)}}\right)^{(t)} \end{aligned} \tag{11}$$

Proses iterasi Newton-Raphson akan berhenti, jika hasil iterasi sudah konvergen atau $\|\boldsymbol{\beta}^{(t+1)} - \boldsymbol{\beta}^{(t)}\| \leq \varepsilon$ dengan ε merupakan bilangan yang sangat kecil.

C. Pengujian Signifikansi Parameter Secara Serentak

Pengujian signifikansi parameter secara serentak digunakan untuk menguji signifikansi parameter $\boldsymbol{\beta}$ secara serentak. Hipotesis pengujian secara serentak adalah

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_p = 0$$

$$H_1 : \text{minimal ada satu } \beta_j \neq 0; j = 1, 2, \dots, p.$$

Statistik uji yang digunakan adalah *Likelihood Ratio Test* (LRT) [11] dengan P_i adalah probabilitas kejadian untuk observasi ke- i .

$$G = -2 \ln \left[\frac{\binom{n_1}{n} \binom{n_0}{n}^{n_0}}{\prod_{i=1}^n P_i^{y_i} (1 - P_i)^{1-y_i}} \right] \tag{12}$$

Keputusan H_0 ditolak, jika $G > \chi_{\alpha, p}^2$ atau $P\text{-value} < \alpha$ pada tingkat signifikansi α dengan derajat bebas (db) sebesar banyaknya variabel independen (p).

D. Pengujian Signifikansi Parameter Secara Parsial

Pengujian parsial dilakukan untuk menguji signifikansi parameter $\boldsymbol{\beta}$ secara parsial. Hipotesis yang digunakan adalah

$$H_0 : \beta_j = 0$$

$$H_1 : \beta_j \neq 0; j = 1, 2, \dots, p.$$

Statistik uji yang digunakan adalah statistik uji Wald [11].

$$W_j = \frac{\hat{\beta}_j}{SE(\hat{\beta}_j)} \sim N(0,1) \tag{13}$$

Keputusan H_0 ditolak, jika nilai statistik $W_j > Z_{\alpha/2}$ atau $W_j > -Z_{\alpha/2}$ atau $P\text{-value} < \alpha$.

E. Uji Kesesuaian Model

Uji kesesuaian model (*goodness of fit test*) digunakan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan antara hasil observasi dengan hasil prediksi dari model [11]. Hipotesis dalam pengujian kesesuaian model adalah.

H_0 : Tidak terdapat perbedaan antara hasil observasi dengan hasil prediksi dari model (model sesuai)

H_1 : Terdapat perbedaan antara hasil observasi dengan hasil prediksi dari model (model tidak sesuai)

Statistik ujinya adalah statistik uji D atau *Deviance*.

$$D = -2 \sum_{i=1}^n \left[y_i \ln \left(\frac{P_i}{y_i} \right) + (1 - y_i) \ln \left(\frac{1 - P_i}{1 - y_i} \right) \right] \quad (14)$$

Keputusan menolak H_0 , jika nilai $D > \chi_{\alpha, n-p-1}^2$ pada tingkat signifikansi α dan db sebesar $n-p$ atau *P-value* $< \alpha$.

F. Klasifikasi Model Regresi Probit Biner

Model regresi probit biner dapat digunakan untuk klasifikasi. Klasifikasi model regresi probit biner dihitung dengan membuat tabel klasifikasi yang ditunjukkan oleh Tabel 1.

TABEL 1. TABEL KLASIFIKASI MODEL

Kelompok yang Sebenarnya	Kelompok yang Diprediksi		Total
	$y = 0$	$y = 1$	
$y = 0$	m_{0T}	$m_{0F} = m_0 - m_{0T}$	m_0
$y = 1$	$m_{1F} = m_1 - m_{1T}$	m_{1T}	m_1

Ukuran yang dipakai untuk menyatakan nilai proporsi observasi yang salah diklasifikasikan oleh fungsi klasifikasi adalah *Apparent Error Rate* (APER) [12]. Ketepatan klasifikasi didapatkan dari nilai $1 - APER$, yaitu.

$$1 - APER = 1 - \frac{m_{0F} + m_{1F}}{m_0 + m_1} \quad (15)$$

G. Diabetes Mellitus Tipe 2

Diabetes Mellitus (DM) tipe 2 adalah penyakit gangguan metabolik yang ditandai dengan kenaikan gula darah (hiper-glikemia) akibat adanya resistensi terhadap insulin dan atau defisiensi insulin (gangguan sekresi insulin) [3]. Kelompok yang berisiko tinggi terkena DM tipe 2, antara lain kelompok usia dewasa (≥ 45 tahun), memiliki riwayat keluarga menderita DM, riwayat *prediabetes*, riwayat melahirkan bayi dengan berat badan ≥ 4 kg, riwayat DM gestasional, obesitas, hiper-tensi, dan dislipidemia [13]. Faktor risiko DM tipe 2 lain adalah gaya hidup kurang gerak serta diet tinggi lemak dan rendah serat [3]. Merokok juga menjadi faktor risiko timbulnya DM tipe 2.

H. Kadar Gula Darah Puasa (GDP)

Gula Darah Puasa (GDP) adalah gula darah seseorang yang diperiksa setelah menjalani puasa selama 10-12 jam [5]. Kadar GDP menjadi salah satu pedoman dalam melakukan diagnosis DM. Jika hasil pemeriksaan kadar GDP ≥ 126 mg/dl dan terdapat keluhan khas DM, diagnosis DM dapat ditegakkan [6]. Dengan demikian, kadar GDP yang buruk adalah kadar GDP ≥ 126 mg/dl atau dalam penelitian akan disebut sebagai GDP tidak terkontrol. Kondisi gula darah yang tidak terkontrol dapat memicu timbulnya komplikasi akibat DM tipe 2.

Beberapa faktor yang diduga memengaruhi pengendalian kadar gula darah menurut [4] adalah diet, aktivitas fisik, kepatuhan minum obat, dan pengetahuan. Pola makan tidak sehat, dapat meningkatkan terjadinya resistensi insulin sehingga kadar gula darah tidak terkontrol. Kurangnya aktivitas fisik dan ketidakpatuhan penderita DM tipe 2 dalam minum obat anti-diabetes serta tingginya konsumsi makanan berlemak je-nuh dapat meningkatkan kadar kolesterol dan lemak dalam darah. Hal ini diduga dapat menyebabkan kadar gula darah tidak

terkendali. Kadar kolesterol ada 2, yaitu *High Density Lipoprotein* (HDL) dan *Low Density Lipoprotein* (LDL). Selain itu, darah juga terdapat lemak yang berupa Trigliserida. Kadar HDL dalam tubuh yang < 35 mg/dl dan lemak Trigliserida > 250 mg/dl dapat dinyatakan sebagai kondisi dislipidemia [14]. Kadar LDL yang baik adalah < 100 mg/dl [3] dan ukuran normal adalah antara 100 – 129 mg/dl.

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Sumber Data

Data yang digunakan terdiri atas data sosiodemografi, riwayat kesehatan, dan pengukuran kesehatan pasien DM tipe 2 di Poli Diabetes RSUD Dr. Soetomo yang menjalani rawat jalan Data didapatkan dari pasien DM tipe 2 yang sedang menjalani rawat jalan di Poli Diabetes RSUD Dr. Soetomo Surabaya pada tanggal 2, 3, 4, 9, 10, 13, dan 16 Mei 2016, yaitu sebanyak 121 pasien. Akan tetapi, data yang digunakan dalam penelitian adalah data dari 50 pasien yang memiliki semua data yang dibutuhkan dalam penelitian.

B. Variabel Penelitian

Variabel dependen yang digunakan adalah kadar GDP yang dikategorikan menjadi 2, yaitu GDP terkontrol (GDP < 126 mg/dl) dan GDP tidak terkontrol (GDP ≥ 126 mg/dl). Variabel independen yang digunakan dalam membentuk model adalah usia, kadar HDL, LDL, dan Trigliserida, jenis kelamin, dan riwayat keluarga menderita DM. Variabel riwayat melahirkan bayi dengan berat badan ≥ 4 kg (khusus pasien wanita) dan kebiasaan merokok (khusus pasien pria) yang dijadikan sebagai tambahan deskripsi pasien seperti dalam Tabel 2.

TABEL 2. VARIABEL PENELITIAN

Variabel	Nama Variabel	Kategori	Skala Data
Y	Kadar GDP	GDP terkontrol (GDP < 126 mg/dl) GDP tidak terkontrol (GDP ≥ 126 mg/dl)	Nominal
X ₁	Usia	-	Rasio
X ₂	Kadar HDL	-	Rasio
X ₃	Kadar LDL	-	Rasio
X ₄	Kadar Trigliserida	-	Rasio
X ₅	Jenis Kelamin	Pria Wanita	Nominal
X ₆	Riwayat keluarga menderita DM	Tidak ada riwayat keluarga menderita DM Ada riwayat keluarga menderita DM	Nominal
X ₇	Riwayat melahirkan bayi dengan berat badan ≥ 4 kg	Tidak ada riwayat melahirkan bayi dengan berat ≥ 4 kg Ada riwayat melahirkan bayi dengan berat ≥ 4 kg	Nominal
X ₈	Kebiasaan Merokok	Tidak ada kebiasaan merokok Ada (pernah atau masih menjadi perokok)	Nominal

C. Langkah Analisis

Langkah analisis dalam penelitian ini, antara lain.

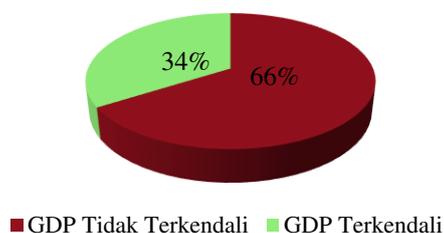
1. Mengumpulkan data pasien DM tipe 2.
2. Melakukan *pre-processing* data pasien DM tipe 2 dengan mengkategorikan kadar GDP menjadi 2 kategori, yaitu GDP < 126 mg/dl dikategorikan 0 dan

- GDP \geq 126 mg/dl dikategorikan 1.
3. Mendeskripsikan karakteristik pasien DM tipe 2 yang sedang menjalani rawat jalan di Poli Diabetes RSUD Dr. Soetomo.
 4. Melakukan analisis regresi probit biner.
 - a. Membuat model regresi probit biner dengan cara meregresikan kadar GDP (Y) dengan X_1 hingga X_6 . Selanjutnya menguji signifikansi parameter secara serentak dengan statistik uji G pada persamaan (12). Jika minimal terdapat satu variabel independen yang signifikan memengaruhi kadar GDP, menguji signifikansi parameter secara parsial dengan statistik uji Wald pada persamaan (13).
 - b. Menguji kesesuaian model regresi probit biner dengan statistik uji D yang ditunjukkan oleh persamaan (14).
 - c. Menghitung ketepatan klasifikasi model regresi probit biner dengan persamaan (15).
 - d. Membuat model regresi probit biner terbaik dan menginterpretasikan model.
 - e. Menguji kesesuaian model regresi probit biner terbaik.
 - f. Menghitung ketepatan klasifikasi model regresi probit biner terbaik.
 5. Membuat kesimpulan dan saran penelitian

IV. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

A. Karakteristik Pasien DM Tipe 2

Pasien DM tipe 2 di Poli Diabetes RSUD Dr. Soetomo yang diteliti sebanyak 50 pasien. Pasien dikategorikan menurut kadar Gula Darah Puasa (GDP), yaitu kadar GDP terkendali ($y = 0$) dan GDP tidak terkendali ($y = 1$). Dari 50 pasien tersebut, sebanyak 33 pasien (66%) memiliki GDP tidak terkendali dan 17 pasien (34%) memiliki GDP terkendali seperti ditunjukkan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Karakteristik Pasien Berdasarkan Kategori Kadar GDP

Kelompok yang memiliki risiko menderita DM tipe 2 pada umumnya berusia di atas 45 tahun. Rata-rata usia pasien yang memiliki kadar GDP tidak terkendali lebih muda daripada usia pasien yang memiliki GDP terkendali, yaitu masing-masing adalah 54,76 tahun dan 60,82 tahun yang ditunjukkan Tabel 3, sedangkan rata-rata usia dari 50 pasien adalah 56,82 tahun. Umumnya, pada usia tersebut wanita sudah mengalami masa *menopause*.

TABEL 3. KARAKTERISTIK KADAR GDP PASIEN BERDASARKAN USIA

Kadar GDP	Usia (tahun)			
	Rata-rata	Deviasi Standar	Min	Maks
GDP Terkendali	60,82	11,48	38	83
GDP Tidak Terkendali	54,76	8,65	41	70

Kondisi rendahnya kadar HDL hingga berada di luar batas normal (< 35 mg/dl) atau kondisi dislipidemia

menjadi salah satu faktor risiko terjadinya DM tipe 2. Pasien DM tipe 2 yang memiliki kadar HDL sebesar 35 mg/dl ke atas, yaitu sebanyak 41 pasien (82%), sedangkan 18% pasien lainnya memiliki kadar HDL < 35 mg/dl. Rata-rata kadar HDL pasien DM tipe 2, baik pasien yang memiliki kadar GDP tidak terkendali maupun GDP terkendali masing-masing adalah 42,64 mg/dl dan 50,12 mg/dl. Ukuran penyebaran untuk kedua kategori pasien hampir sama yang ditunjukkan Tabel 4.

TABEL 4. KARAKTERISTIK KADAR GDP PASIEN BERDASARKAN KADAR HDL

Kadar GDP	Kadar HDL (mg/dl)			
	Rata-rata	Deviasi Standar	Min	Maks
GDP Terkendali	50,12	11,75	30	71
GDP Tidak Terkendali	42,64	11,12	19	68

Dari 50 pasien, sebanyak 46% pasien memiliki kadar LDL ≥ 130 mg/dl (melebihi batas normal) dan 54% pasien memiliki kadar LDL kurang dari 130 mg/dl. Secara rata-rata, kadar LDL pasien untuk setiap kategori pasien berada dalam batas normal, yaitu 128,55 mg/dl untuk kategori kadar GDP tidak terkendali dan 112,53 mg/dl untuk kadar GDP terkendali seperti yang terdapat dalam Tabel 5.

TABEL 5. KARAKTERISTIK KADAR GDP PASIEN BERDASARKAN KADAR LDL

Kadar GDP	Kadar LDL (mg/dl)			
	Rata-rata	Deviasi Standar	Min	Maks
GDP Terkendali	112,53	32,46	60	171
GDP Tidak Terkendali	128,55	38,63	43	214

Kadar Triglisierida yang melebihi batas normal (≥ 250 mg/dl) juga dinyatakan sebagai kondisi dislipidemia. Pasien DM tipe 2 yang diteliti terdiri atas 41 pasien (82%) yang memiliki kadar Triglisierida < 250 mg/dl dan 9 pasien (18%) yang memiliki kadar Triglisierida sebesar 250 mg/dl ke atas.

TABEL 6. KARAKTERISTIK KADAR GDP PASIEN BERDASARKAN KADAR TRIGLISIERIDA

Kadar GDP	Kadar Triglisierida (mg/dl)			
	Rata-rata	Deviasi Standar	Min	Maks
GDP Terkendali	117,12	46,33	45	194
GDP Tidak Terkendali	210,48	180,28	46	802

Rata-rata kadar Triglisierida pasien yang memiliki kadar GDP tidak terkendali sebesar 210,48 mg/dl dengan deviasi standar sebesar 180,28 mg/dl. Kadar Triglisierida pasien yang memiliki GDP terkendali mulai dari 46 mg/dl hingga menca-pai 802 mg/dl. Kadar Triglisierida yang sangat tinggi dapat berdampak buruk bagi penderita DM tipe 2, khususnya dalam kontrol metabolik seperti kadar gula darah serta kemungkinan munculnya komplikasi.

Secara deskriptif, pasien wanita (26 pasien) lebih banyak daripada pasien pria (24 pasien). Pasien wanita yang memiliki kadar GDP tidak terkendali sebanyak 19 pasien dan lebih ba-nyak daripada pasien pria. Dari 26 pasien wanita, sebanyak 15,38% (4 pasien) memiliki riwayat melahirkan bayi dengan berat badan ≥ 4 kg. Selain itu, pasien pria juga diteliti menge-nai kebiasaan merokok dan diketahui bahwa 18 pasien dari 24 pasien merokok memiliki kebiasaan merokok (pernah atau masih menjadi perokok aktif).

TABEL 7. KARAKTERISTIK KADAR GDP PASIEN BERDASARKAN JENIS KELAMIN

Jenis Kelamin	Kadar GDP		Total
	GDP Terkendali	GDP Tidak Terkendali	
Pria	10	14	24
Wanita	7	19	26
Total	17	33	50

Penyakit DM tipe 2 sering dihubungkan dengan adanya riwayat keluarga menderita DM. Pasien DM tipe 2 yang memiliki riwayat keluarga menderita DM sebanyak 24 pasien, terdiri atas 17 pasien (70,83%) memiliki kadar GDP tidak terkendali dan 7 pasien (29,17%) lainnya memiliki GDP terkendali. Pasien DM tipe 2 yang tidak memiliki riwayat keluarga menderita DM sebanyak 26 pasien seperti dalam Tabel 8.

TABEL 8. KARAKTERISTIK KADAR GDP PASIEN BERDASARKAN RIWAYAT KELUARGA MENDERITA DM

Riwayat Keluarga Menderita DM	Kadar GDP		Total
	GDP Terkendali	GDP Tidak Terkendali	
Tidak Ada	10	16	26
Ada	7	17	24
Total	17	33	50

B. Pembentukan Model Regresi Probit Biner

Model regresi probit biner atau regresi probit dibentuk dengan cara meregresikan variabel dependen, yaitu kadar GDP pasien yang bersifat kualitatif dengan variabel independen. Variabel independen yang digunakan dalam membentuk model regresi probit, yaitu usia (X₁), kadar HDL (X₂), kadar LDL (X₃), dan kadar Trigliserida (X₄), jenis kelamin (X₅), dan riwayat keluarga menderita DM (X₆).

C. Pengujian Signifikansi Parameter Secara Serentak

Setelah melakukan estimasi parameter dengan metode MLE (Bab II Subbab C) dan didapatkan nilai estimator (Tabel 9 kolom ke-2), dilakukan pengujian signifikansi parameter secara serentak dengan menghitung nilai statistik G dengan persamaan (12). Nilai statistik G dari pengujian secara serentak adalah 13,258 lebih besar dari nilai $\chi^2_{0,16;6} = 10,64464$. Selain itu, P-value sebesar 0,039 > 0,10. Jadi, H₀ ditolak pada tingkat signifikansi 10%, artinya minimal terdapat satu variabel independen yang memengaruhi kadar GDP.

D. Pengujian Signifikansi Parameter Secara Parsial

Selanjutnya, dilakukan pengujian signifikansi parameter secara parsial dengan statistik uji Wald (persamaan (13)). Hasil pengujian signifikansi parameter terdapat dalam Tabel 9.

TABEL 9. HASIL PENGUJIAN SECARA PARSIAL MODEL REGRESI PROBIT BINER

Prediktor	$\hat{\beta}$	W	P
Konstanta	-1,86126	-0,93	0,351
Usia (X ₁)	0,02030	0,90	0,370
HDL (X ₂)	0,03512	1,54	0,123*
LDL (X ₃)	-0,00902	-1,33	0,185*
Trigliserida (X ₄)	-0,00298	-1,23	0,219
Jenis kelamin (X ₅ [1])	0,28145	0,61	0,540
Riwayat Keluarga (X ₆ [1])	0,12736	0,30	0,764

Keterangan: * = signifikan pada tingkat signifikansi 20%

Keputusan menolak atau gagal menolak H₀ pada tingkat signifikansi (α) 20% didapatkan dengan cara membandingkan nilai statistik W dengan nilai $\pm Z_{0,1} =$

$\pm 1,28$ atau P-value dengan $\alpha = 0,20$. Variabel yang secara signifikan memengaruhi kadar GDP pasien DM tipe 2 adalah kadar HDL (X₂) dan LDL (X₃) dengan tingkat signifikansi 20%.

E. Uji Kesesuaian Model Regresi Probit Biner

Uji kesesuaian model menggunakan statistik uji Deviance (D) yang dihitung dengan persamaan (14). Nilai statistik D sebesar 50,8454 dengan P-value sebesar 0,192. Dengan tingkat signifikansi 10%, nilai $\chi^2_{0,16;6}$ adalah 55,23019 sehingga H₀ gagal ditolak karena nilai statistik D kurang dari χ^2_{tabel} dan P-value lebih dari 10%, artinya model regresi probit biner sesuai.

F. Klasifikasi Model Regresi Probit Biner

Model regresi probit biner yang didapatkan juga dapat digunakan untuk mengklasifikasikan kadar GDP pasien DM tipe 2. Tabel 10 menunjukkan hasil klasifikasi yang didapatkan dari model regresi probit biner.

TABEL 10. KLASIFIKASI MODEL REGRESI PROBIT BINER

Kadar GDP Sebenarnya	Kadar GDP yang Diprediksi		Total
	GDP Terkendali	GDP Tidak Terkendali	
GDP Terkendali	9	8	17
GDP Tidak Terkendali	4	29	33
Ketepatan Klasifikasi			76%

Pasien dengan kadar GDP tidak terkendali yang tepat terklasifikasikan sebanyak 29 pasien, sedangkan 4 pasien lainnya tidak tepat terklasifikasikan. Pasien dengan kadar GDP terkendali yang tepat terklasifikasikan sebanyak 9 pasien dan 8 lainnya terklasifikasikan sebagai pasien dengan kadar GDP tidak terkendali. Ketepatan model regresi probit adalah sebesar 76% yang dihitung dengan persamaan (15).

G. Model Regresi Probit Biner Terbaik

Model regresi probit biner terbaik yang terbentuk adalah model regresi probit biner dengan menggunakan variabel kadar HDL (X₂), LDL (X₃), dan Trigliserida (X₄). Model regresi probit biner yang dibentuk adalah

$$y^* = 0,065468 - 0,032659X_2 + 0,011286X_3 + 0,003181X_4 + \epsilon$$

Probabilitas model probit biner untuk y = 1 adalah

$$P(y = 1 | \mathbf{x}) = 1 - \Phi(-0,065468 + 0,032659X_2 - 0,011286X_3 - 0,003181X_4)$$

Misalkan diambil data dari pasien kedua dengan kadar HDL (X₂) sebesar 56 mg/dl, LDL (X₃) sebesar 151 mg/dl, dan Trigliserida (X₄) sebesar 68 mg/dl, probabilitas pasien memiliki kadar GDP tidak terkendali dihitung dengan persamaan (3) dan didapatkan probabilitas sebesar

$$P(y = 1 | \mathbf{x}) = 1 - \Phi(-0,065468 + 0,032659(56) - 0,011286(151)$$

$$- 0,003181(68)$$

$$= 1 - \Phi(-0,15706)$$

$$= 0,5624.$$

Dengan demikian, probabilitas pasien kedua memiliki kadar GDP tidak terkendali sebesar 0,5624. Langkah-langkah tersebut dapat dilakukan untuk pasien-pasien yang lainnya dengan nilai kadar HDL, LDL, dan Trigliserida tertentu.

Pengaruh perubahan kadar HDL, LDL, dan Trigliserida terhadap kadar GDP pasien ditunjukkan dengan masing-masing *marginal effect* sebagai berikut, misalkan data yang digunakan adalah data pasien kedua. Pengaruh perubahan kadar HDL terhadap kadar GDP pasien kedua

sebesar -0,01287, artinya setiap kenaikan kadar HDL sebesar 1 mg/dl akan menurunkan probabilitas pasien memiliki kadar GDP tidak terkontrol sebesar 0,01287.

$$\begin{aligned} \frac{\partial P(y = 1 | \mathbf{x})}{\partial X_2} &= \beta_4 \phi(-\mathbf{x}'\boldsymbol{\beta}) \\ &= -0,032659 \phi(-0,15706) \\ &= -0,032659(0,394052) \\ &= -0,01287. \end{aligned}$$

Variabel independen yang juga signifikan memengaruhi kadar GDP pasien DM tipe 2 di Poli Diabetes RSUD Dr. Soetomo adalah kadar LDL. Pengaruh perubahan kadar LDL terhadap kadar GDP pasien kedua sebesar 0,004447. Jika kadar LDL naik sebesar 1 mg/dl, probabilitas pasien untuk memiliki kadar GDP tidak terkontrol naik sebesar 0,004447.

$$\begin{aligned} \frac{\partial P(y = 1 | \mathbf{x})}{\partial X_3} &= 0,011286 \phi(-0,15706) \\ &= 0,004447 \end{aligned}$$

Pengaruh perubahan kadar Triglisierida terhadap kadar GDP adalah sebesar 0,00125. Hal tersebut berarti bahwa setiap kenaikan kadar Triglisierida sebesar 1 mg/dl akan menaikkan probabilitas pasien untuk memiliki kadar GDP yang tidak terkontrol sebesar 0,00125.

$$\begin{aligned} \frac{\partial P(y = 1 | \mathbf{x})}{\partial X_4} &= 0,003181 \phi(-0,15706) \\ &= 0,00125 \end{aligned}$$

Model regresi probit biner terbaik juga perlu diuji kesesuaian model. Nilai statistik *D* sebesar 52,6886 lebih kecil daripada $\chi^2_{0,16;46} = 58,64054$ dan *P-value* sebesar 0,231 > 0,10 sehingga H_0 gagal ditolak pada tingkat signifikansi 10%, artinya model regresi probit biner terbaik sesuai. Selain itu, ketepatan model regresi probit biner terbaik dalam mengklasifikasi-kasikan pasien menurut kategori kadar GDP adalah sebesar 70% seperti dalam Tabel 11.

TABEL 11. KLASIFIKASI MODEL REGRESI PROBIT BINER TERBAIK

Kadar GDP Sebenarnya	Kadar GDP yang Diprediksi		Total
	GDP Terkendali	GDP Tidak Terkendali	
GDP Terkendali	28	5	33
GDP Tidak Terkendali	10	7	17
Ketepatan Klasifikasi			70%

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan yang didapatkan dari penelitian, antara lain. (1) Karakteristik pasien DM tipe 2 di Poli Diabetes RSUD Dr. Soetomo yang memiliki kadar GDP tidak terkontrol (GDP ≥ 126 mg/dl) sebanyak 66% dan 34% lainnya memiliki GDP terkontrol (GDP < 126 mg/dl). Sebanyak 24 pasien (48%) adalah pria dan 26 pasien (52%) adalah wanita. Rata-rata usia pasien adalah 56,82 tahun. Riwayat melahirkan bayi dengan berat badan ≥ 4 kg terdapat pada 15,38% pasien wanita yang diteliti dan kebiasaan merokok terjadi pada 75% pasien pria yang diteliti. Kadar HDL, LDL, dan Triglisierida pasien bervariasi, bahkan kadar Triglisierida ada yang mencapai 802 mg/dl. (2) Faktor atau variabel yang signifikan

memengaruhi kadar GDP adalah kadar HDL, LDL, dan Triglisierida dengan ketepatan model sebesar 70%.

Saran yang dapat diberikan setelah melakukan penelitian, antara lain. (1) Peneliti lain yang hendak menggunakan data dari instansi RSUD Dr. Soetomo sebaiknya menuliskan proposal dan permohonan izin penelitian dengan jelas, khususnya terkait sumber data yang ingin digunakan, yaitu data primer atau data sekunder. Proposal penelitian hendaknya diajukan kepada pihak rumah sakit jauh sebelum rencana waktu pengambilan data karena izin penelitian dan pengambilan data diberikan oleh pihak rumah sakit kepada peneliti sekitar 1 hingga 2 bulan dari pengajuan proposal. Dengan demikian, penca-tatan data dapat dilakukan lebih lama sehingga data yang didapatkan lebih banyak. (2) Untuk penelitian selanjutnya, peneliti diharapkan menambah banyaknya pasien yang diteliti serta variabel independen yang belum ada dalam model, seperti kepatuhan pasien dalam melakukan kontrol metabolik, jenis obat antidiabetes yang dikonsumsi, obesitas, tekanan darah, dan komplikasi yang dialami. Peneliti sebaiknya berdiskusi dengan tenaga medis terkait penentuan variabel yang digunakan.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kemenkes. (2007). Riset Kesehatan Dasar: Riskesdas 2007.
- [2] Wild, S., Roglic, G., Green, A., Sicree, R., dan King, H. (2004). Global Prevalence of Diabetes: Estimates for the year 2000 and projections for 2030. *Diabetes Care*, 27(5), 1047-1053.
- [3] Depkes. (2005). *Pharmaceutical Care untuk Penyakit Diabetes Melitus*.
- [4] Dewi, E.U. (2015). Gambaran Faktor-Faktor yang Memengaruhi Terkendalnya Kadar Gula Darah pada Pasien Diabetes Mellitus di Puskesmas Pakis Surabaya. *Jurnal STIKes William Booth*, 4(2).
- [5] Qurratuani (2009). Faktor-Faktor yang Berhubungan dengan Terkendalnya Kadar Gula Darah pada Pasien Diabetes Mellitus di Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati Jakarta. Skripsi. Universitas Islam Nasional Syarif Hidayatullah, Jakarta.
- [6] Ndraha, S. (2014). *Diabetes Melitus Tipe 2 dan Tatalaksana Terkini*. Departemen Penyakit Dalam Fakultas Kedokteran Universitas Krida Wacana Jakarta, 27(2), 9-16.
- [7] Oktaviana, D. (2011). Regresi Spline Birespon untuk Memodelkan Kadar Gula Darah Penderita Diabetes Melitus. Skripsi. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- [8] Gujarati, D.N. (2004). *Basic Econometrics* (4th ed.). The McGraw-Hill: New York.
- [9] Greene, W. H. (2008). *Econometric Analysis* (6th ed.). New Jersey: Prentice Hall Inc.
- [10] Agresti, A. (2002). *Categorical Data Analysis* (2nd ed.). New Jersey: John Wiley Sons.
- [11] Hosmer, D. dan Lemeshow. (2000). *Applied Logistic Regression*. USA: John Wiley & Sons.
- [12] Johnson, R. A. dan Wichern, D. W. (2007). *Applied Multivariate Statistical Analysis* (6th ed.). New Jersey: Prentice Hall.
- [13] Nindyasari, N. D. (2010). Perbedaan Tingkat Kecemasan pada Penderita Diabetes Mellitus (DM) Tipe I dengan Diabetes Mellitus (DM) Tipe II. Skripsi. Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- [14] Syamiah, N. (2014). Faktor Risiko Kejadian Diabetes Mellitus Tipe 2 pada Wanita di Puskesmas Kecamatan Pesanggrahan Jakarta Selatan Tahun 2014. Skripsi. Universitas Islam Nasional Syarif Hidayatullah, Jakarta