IPB University
Bogor Indonesia
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
@Hak cipta milik IPB University
IPB University
Perpustakaan IPB University

I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kesehatan merupakan faktor penting bagi manusia untuk keberlangsungan hidup. Jika manusia mengalami gangguan kesehatan, maka akan berdampak buruk bagi metabolisme tubuh. Hal terburuk lainnya adalah dapat menyebabkan kematian. Salah satu penyakit yang dapat menggangu metabolisme tubuh adalah Diabetes Melitus (DM). Penyakit ini merupakan gangguan metabolisme menahun akibat pankreas tidak memproduksi cukup insulin (hormon yang mengatur gula darah) atau tubuh tidak dapat menggunakan insulin yang diproduksi secara efektif. Hal tersebut mengakibatkan terjadi peningkatan konsentrasi glukosa di dalam darah (hiperglikemia). Jika tidak segera dicegah atau diatasi, penyakit DM ini akan mengakibatkan komplikasi yang berujung pada kematian.

Indonesia merupakan negara peringkat ketujuh penyandang DM terbanyak di dunia setelah China, India, Amerika Serikat, Pakistan, Brazil dan Meksiko (Saeedi *et al*. 2019). WHO (2006) menyatakan bahwa jumlah orang dewasa dari populasi dunia yang menderita diabetes diperkirakan meningkat dari 150 juta pada tahun 2000 menjadi 300 juta pada tahun 2025. Penderita diabetes akan terus mengalami peningkatan. Diperkirakan sekitar 578 juta orang dari populasi dunia menderita diabetes pada tahun 2030, dan 700 juta pada tahun 2045. Hal ini menjadikan diabetes merupakan salah satu masalah kesehatan global dengan keadaan darurat yang paling cepat berkembang pada abad ke-21 (IDF 2019). Masalah ini mengharuskan adanya tindakan pencegahan, antara lain dengan pengecekan kadar gula darah secara rutin (WHO 2006).

Pengecekan kadar gula darah biasanya dilakukan secara invasif dengan menggunakan dua jenis alat ukur. Pertama, alat ukur Glukometer (*silver standard*), yaitu alat ukur dengan mengambil contoh darah dari ujung jari menggunakan jarum tusuk yang selanjutnya darah tersebut diteteskan ke strip tes untuk diukur kadar gula darahnya. Alat tersebut akan menampilkan kadar gula darah pasien. Alat ukur ini hanya memiliki keakuratan sekitar 74%-82% (Kermani *et al*. 2017). Alat ukur yang kedua adalah jarum suntik (*gold standard*). Pengecekan dengan alat ini dilakukan dengan mengambil contoh darah pada pembuluh vena menggunakan jarum suntik. Pengecekan darah menggunakan alat ini akan membutuhkan waktu yang cukup lama dan biaya yang cukup mahal. Hal ini karena pengecekan dilakukan di laboratorium. Kedua alat ukur ini bersifat melukai tubuh sehingga akan memberikan rasa tidak nyaman terhadap pasien yang ingin melakukan pengecekan kadar gula darah secara rutin.

Permasalahan ini membuat tim biomarking IPB mencoba mengembangkan alat pemantau gula darah secara non-invasif yang bersifat tanpa melukai tubuh. Pengembangangan alat pemantau ini memerlukan analisis model kalibrasi. Menurut Naes *et al*. (2002), model kalibrasi peubah ganda merupakan suatu fungsi untuk menemukan hubungan antara satuan pengukuran yang dapat diperoleh melalui proses yang relatif mudah atau murah dengan satuan pengukuran yang memerlukan waktu yang lama dan biaya yang mahal. Tujuan model kalibrasi adalah menemukan hubungan yang baik sehingga pengukuran yang mahal dapat diprediksi dengan cepat, murah dengan akurasi yang tinggi, sehingga dapat menghemat uang dan

waktu bagi penggunanya. Model kalibrasi dalam pengembangan alat non-invasif ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antara pengukuran invasif dengan non-invasif dalam menduga kadar gula darah. Rosni (2019) melakukan model kalibrasi dengan membandingkan metode regresi komponen utama, regresi kuadrat terkecil parsial, dan *support vector regression* dalam menduga kadar gula darah non-invasif. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa terdapat data pencilan pada hasil pengukuran kadar gula darah invasif. Pada penelitian tersebut data pencilan dihilangkan. Data pencilan memberikan pengaruh yang berbeda-beda. Menurut Suri *et al*. (2019), pencilan dapat memberikan peran positif ataupun negatif dalam proses pengambilan keputusan, bergantung pada jenis kasusnya. Berdasarkan hal tersebut, maka data pencilan pada kasus ini tidak dapat dihilangkan begitu saja. Perlu diterapkan metode untuk menangani masalah tersebut.

Beberapa metode dapat diterapkan pada kasus ini, salah satunya adalah metode regresi kuantil. Keuntungan utama dari regresi kuantil adalah fleksibilitas dalam pemodelan data dengan sebaran bersyarat yang heterogen. Metode regresi kuantil pernah dilakukan oleh Eo *et al*. (2012). Penelitian tersebut menggunakan regresi kuantil untuk mendeteksi pencilan pada data spektrometri massa dengan replikasi rendah. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa beragam pendekatan regresi kuantil yang dikombinasikan dengan prediksinya dapat digunakan untuk mendeteksi pencilan. Wigena dan Djuraidah (2014) juga menggunakan regresi kuantil dalam pemodelan *statistical downscaling* (SD) untuk menduga curah hujan yang ekstrem. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa pada kuantil 0,95 pola prediksi curah hujan pada bulan Januari hingga Desember 2008 sama dengan curah hujan aktual dengan korelasi sebesar 0,98 dan prediksi curah hujan pada bulan Februari 2008 dianggap sebagai curah hujan ekstrem yang sesuai dengan curah hujan aktual tertinggi dengan probabilitas 0,99. Matdoan (2017) melakukan perbandingan estimasi parameter regresi kuantil, regresi *robust Least Trimmed Square* (LTS), dan metode *Ordinary Least Square* (OLS). Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa metode regresi kuantil lebih baik dibandingkan dengan metode regresi *robust Least Trimmed Square* (LTS) dan *metode Ordinary Least Square* (OLS) pada kasus faktor-faktor yang mempengaruhi penyebaran penyakit malaria di Indonesia. Penelitian Huang *et al*. (2017) menyebutkan bahwa model regresi kuantil tidak hanya dapat digunakan untuk mendeteksi efek heterogen kovariat pada hasil di beberapa kuantil, tetapi juga memberikan pendugaan yang lebih kekar (*robust*) dan lengkap dibandingkan dengan regresi klasik ketika ada pencilan. Penelitian lain yang dilakukan oleh Waldmann (2018) menyebutkan bahwa regresi kuantil mampu mengatasi pencilan secara lebih baik karena sifat kekekarannya.

Pertimbangan dari penelitian sebelumnya dan keuntungan dari regresi kuantil memberikan ide untuk mengusulkan penggunaan Regresi Kuantil dalam pemodelan kalibrasi antara pengukuran kadar gula darah non-invasif dan invasif. Pemodelan kalibrasi memerlukan pereduksian peubah terlebih dahulu. Hal ini disebabkan secara umum data kalibrasi memiliki multikolinearitas yang tinggi antar peubah penjelas dan dimensinya jauh lebih besar daripada banyaknya contoh yang dimiliki (Tonah 2006). Metode yang dapat digunakan untuk mengatasi masalah tersebut yaitu Analisis Komponen Utama. Hal ini sejalan dengan penelitian yang pernah dilakukan oleh Howley *et al*. (2006). Dalam hasil penelitiannya menyebutkan bahwa metode analisis komponen utama dapat meningkatkan kinerja *machine*

IPB University — Bogor Indonesia —
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
Perpustakaan IPB University
©Hak cipta milik IPB University
IPB University

learning dalam klasifikasi data yang berdimensi tinggi. Penelitian Khikmah (2017) membandingkan metode regresi bertahap dengan analisis komponen utama untuk mengatasi multikolinearitas dalam data. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa model dengan analisis komponen utama memiliki nilai sensitivitas paling tinggi (99,79%) sehingga dapat meningkatkan akurasi model.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah membuat model kalibrasi antara pengukuran gula darah invasif dan non-invasif untuk prediksi kadar gula darah non-invasif menggunakan regresi kuantil komponen utama.

IPB University
Bogor Indonesia
@Hak cipta milik IPB University
IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
Perpustakaan IPB University

II TINJAUAN PUSTAKA

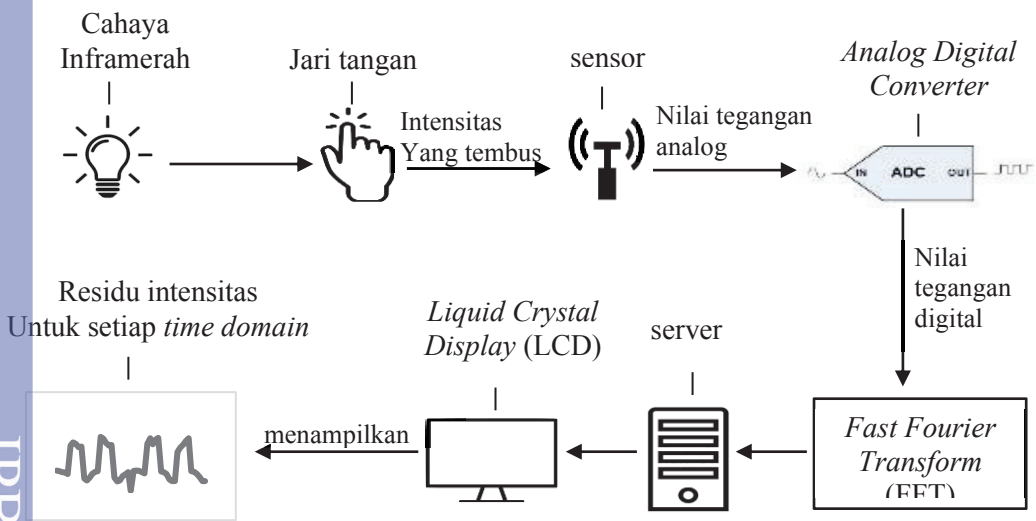
2.1 Diabetes Melitus (DM)

DM adalah penyakit yang terjadi ketika ada peningkatan kadar glukosa dalam darah seseorang (hiperglikemia) karena tubuh tidak dapat menghasilkan cukup hormon insulin atau tidak bisa efektif menggunakan insulin yang dihasilkan. Insulin merupakan hormon penting yang diproduksi di pankreas yang memungkinkan glukosa dari aliran darah memasuki sel tubuh untuk selanjutnya dikonversi menjadi energi. Insulin juga penting untuk metabolisme protein dan lemak. Menurut ADA (2018), tingkatan kadar glukosa darah dibagi menjadi tiga, yaitu normal (<100 mg/dL), pra-diabetes (≥ 100 mg/dL - < 126 mg/dL) dan diabetes (≥ 126 mg/dL).

Jika penyakit DM dibiarkan dalam jangka panjang maka dapat menyebabkan kerusakan pada beberapa organ tubuh yang mengarah pada kelumpuhan dan komplikasi kesehatan yang mengancam jiwa seperti penyakit jantung (kardiovaskuler), kerusakan saraf (neuropati), kerusakan ginjal (nefropati), dan penyakit mata (mengarah ke retinopati, kehilangan penglihatan, dan bahkan kebutaan). Jika manajemen diabetes yang tepat tercapai maka komplikasi serius ini dapat tertunda atau bahkan dapat dicegah sama sekali (IDF 2019).

2.2 Alat Pemantau Kadar Gula Darah Non-invasif

Pengukuran gula darah dengan cara melukai tubuh disebut pengukuran invasif. Pengukuran gula darah dengan cara tanpa melukai tubuh disebut pengukuran non-invasif. Pengukuran gula darah invasif diukur dengan mengambil contoh darah dari pasien, sedangkan pengukuran non-invasif didasarkan pada konsep spektroskopi. Instrumen alat pengukur gula darah non-invasif didesain dengan memanfaatkan cahaya inframerah sebagai jenis radiasi elektromagnetik. Cara kerja alat ini dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1 Ilustrasi kerja alat pemantau gula darah non-invasif

IPB University
Bogor Indonesia
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
@Hak cipta milik IPB University
IPB University
Perpustakaan IPB University

Cara kerja alat (Gambar 1) yaitu menyinari jari tangan dengan inframerah. Hasil penyinaran ini terdapat intensitas cahaya yang tembus melewati jari. Intensitas cahaya yang tembus tersebut ada yang diserap, dipantulkan, maupun dilewatkan oleh darah. Intensitas cahaya yang tembus oleh darah akan ditangkap sensor dalam bentuk nilai tegangan analog yang bersifat kontinu. Nilai ini ditransformasi menjadi nilai tegangan digital yang bersifat diskret melalui *Analog Digital Converter* (ADC). Nilai tersebut selanjutnya diolah dengan algoritma *Fast Fourier Transform* (FFT). Olahan algoritma tersebut menghasilkan tampilan spektrum intensitas cahaya untuk setiap *time domain* melalui *Liquid Crystal Display* (LCD). Hasil keluaran dari alat ini selanjutnya dikenal dengan residu intensitas cahaya untuk setiap *time domain*.

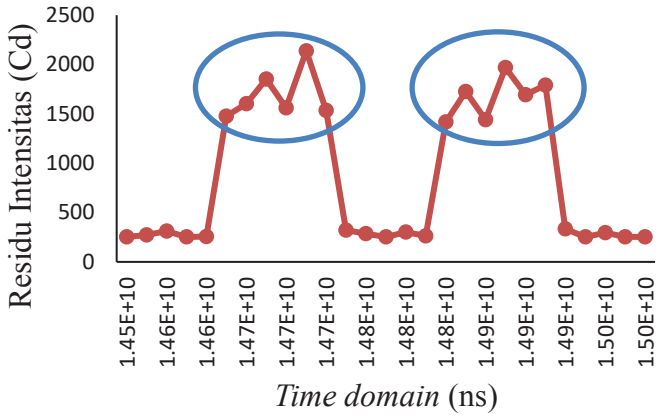
Alat ini menggunakan lampu inframerah dengan panjang gelombang 1550 nm dan 1600 nm yang diukur dengan 40 periode waktu. Periode 1-10 pengukuran tanpa menyalakan lampu 1550 nm maupun lampu 1600 nm, periode 11-20 pengukuran dengan menyalakan lampu 1550 nm, periode 21-30 pengukuran dengan menyalakan lampu 1600 nm, dan periode 31-40 pengukuran dengan menyalakan lampu 1550 nm dan 1600 nm secara bersamaan. Setiap lampu diatur tingkat pencahayaannya yang disebut dengan istilah modulasi. Periode 21-30 pengukuran saat lampu 1600 nm dan modulasi berturut-turut 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, dan 10. Hal ini juga berlaku pada setiap 10 periode lainnya. Modulasi 10 adalah penamaan untuk tingkat pencahayaan 10,85% yang diperoleh dari pembagian banyaknya gelombang cahaya yaitu 111 dibagi dengan gelombang cahaya maksimum yang terbaca oleh alat yaitu 1023. Modulasi 20 adalah penamaan untuk tingkat pencahayaan 21,70% yang diperoleh dari pembagian banyaknya gelombang cahaya yaitu 222 dibagi dengan gelombang cahaya maksimum yang terbaca oleh alat yaitu 1023. Perhitungan ini juga berlaku pada penamaan modulasi lainnya. Penjelasan tentang modulasi akan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Pengaturan modulasi pada periode alat pengukuran non-invasif

Modulasi	Tingkat pencahayaan	Periode			
		Tidak ada lampu	Lampu 1550 nm	Lampu 1600 nm	Lampu 1550nm & lampu 1600nm
0	0/1023=0%	1	11	21	31
10	111/1023=10.85%	2	12	22	32
20	222/1023=21.70%	3	13	23	33
30	333/1023=32.55%	4	14	24	34
40	444/1023=43.44%	5	15	25	35
50	555/1023=54.25%	6	16	26	36
60	666/1023=65.10%	7	17	27	37
70	777/1023=75.95%	8	18	28	38
80	888/1023=86.80%	9	19	29	39
90	999/1023=97.65%	10	20	30	40

Saat melakukan pengukuran, lampu inframerah setiap periode diatur dengan kondisi berturut-turut lampu mati, nyala, mati, nyala, dan mati lagi selama 500 ms. Hal ini dilakukan untuk menghindari nilai bias hasil dari pengaturan pengukuran sebelumnya. Desain tersebut mengakibatkan setiap periode menghasilkan dua puncak residu intensitas cahaya untuk setiap *time domain*. Puncak yang diperoleh merupakan kondisi saat lampu inframerah menyala (Gambar 2).

IPB University — Bogor Indonesia —
@Hak cipta milik IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
IPB University
Perpustakaan IPB University



Gambar 2 Ilustrasi grafik residu intensitas untuk setiap *time domain*

Pengukuran pada setiap 10 periode didesain dengan lima kali pengulangan. Artinya, masing-masing 10 periode diulang sebanyak lima kali. Misal, ulangan pertama pengukuran pada lampu 1600 nm diukur dengan modulasi 0 sampai modulasi 90, selanjutnya ulangan kedua sampai ulangan kelima juga diukur dengan modulasi 0 sampai modulasi 90.

Penelitian ini menggunakan data hasil pengukuran non-invasif dengam lampu 1600 nm. Hal ini mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh Puteri (2018) menyebutkan bahwa inframerah dengan panjang gelombang 1550 nm dikhususkan untuk lebih terserap pada air, sedangkan inframerah panjang gelombang 1600 nm dikuhususkan untuk lebih terserap pada gula.

2.3 Multikolinearitas

Multikolinearitas merupakan kondisi adanya hubungan linear atau korelasi antara dua atau lebih peubah penjelas. Dampak multikolinearitas yaitu nilai standar galat dari koefisien regresi meningkat sehingga mengurangi terhadap presisi model. Hal ini merupakan masalah yang serius dalam analisis regresi yang harus diselesaikan sebelum memulai proses memodelkan data (Daoud 2017). Pendeteksian adanya multikolinearitas dapat dilakukan dengan melihat nilai *Variance Inflation Factor* (VIF) menggunakan rumus (Montgomery *et al*. 2006):

$$VIF = \frac{1}{1 - R_i^2} \tag{1}$$

Notasi R_i^2 merupakan koefisien determinasi antara x_i dengan peubah penjelas lainnya. Jika nilai VIF bernilai besar dari satu dan kecil sama dengan lima ($1 < \text{VIF} \leq 5$) maka antar peubah penjelas memiliki korelasi sedang. Jika nilai VIF bernilai besar dari lima ($\text{VIF} > 5$) maka antar peubah memiliki korelasi yang kuat. Dua atau lebih peubah dikatakan tidak berkorelasi jika nilai VIF yang dihasilkan sama dengan satu (Daoud 2017).

IPB University — Bogor Indonesia —
@Hak cipta milik IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
Perpustakaan IPB University
IPB University

2.4 Analisis Komponen Utama

Peubah-peubah yang dihasilkan dari pengukuran gula darah non-invasif pada umumnya memiliki dimensi yang besar dan terdapat multikolinearitas (Rosni 2019). Perlu adanya metode untuk menangani masalah tersebut. Daoud (2017) menyebutkan bahwa masalah multikolinearitas dapat diatasi melalui Analisis Komponen Utama (AKU). Ide pokok dari AKU adalah mereduksi dimensi dari peubah asal yang saling berkorelasi sehingga diperoleh peubah baru yaitu komponen utama. Peubah baru yang dihasilkan tidak saling berkorelasi dengan tetap mempertahankan sebagian besar informasi yang terkandung pada peubah asalnya (Jolliffe 2002).

Diketahui $\boldsymbol{X}_1$, $\boldsymbol{X}_2$, $\boldsymbol{X}_3$,..., $\boldsymbol{X}_p$ merupakan peubah acak yang menyebar berdasarkan sebaran tertentu dengan matriks ragam peragam $\sum$ dan vektor nilai tengah $\boldsymbol{\mu}$. Komponen utama ke-i dari p peubah didefinisikan sebagai berikut:

$$KU_i = e_i'\boldsymbol{x} = e_{1i}x_1 + e_{2i}x_2 + \cdots + e_{pi}x_p \;\; ; i = 1,2,\ldots,p \tag{2}$$

dengan KU_i adalah kombinasi linier terboboti dari peubah asal yang mampu menjelaskan data secara maksimum dengan keragaman komponen utama ke-i adalah Var $(KU_i) = \lambda_i$; $i = 1, 2, \ldots, p$. Nilai $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3,\ldots, \lambda_p$ merupakan akar ciri yang diperoleh dari persamaan $|\sum - \lambda\boldsymbol{I}| = 0$ dengan $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \lambda_3 \geq \cdots \lambda_p \geq 0$. $\sum$ merupakan matriks ragam peragam $\boldsymbol{X}'\boldsymbol{X}$, λ adalah akar ciri dari $\sum$, $\boldsymbol{I}$ adalah matriks identitas yang berukuran $p \times p$ dengan p banyaknya peubah penjelas dalam data. Total keragaman yang mampu dijelaskan oleh komponen utama ke-i adalah

$$\frac{\lambda_i}{tr(\sum)} = \frac{\lambda_i}{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \cdots + \lambda_p} \times 100\% \tag{3}$$

Banyaknya komponen utama yang akan digunakan dalam membentuk model dapat dilakukan dengan dua cara yaitu:

1. Pengambilan banyaknya komponen utama berdasarkan *scree plot* dengan cara mengamati jumlah titik ketika kurva tidak lagi menurun tajam atau mulai melandai.
2. Pengambilan banyaknya komponen utama berdasarkan kriteria proporsi keragaman kumulatif yang lebih dari 0,80 atau $\sum_{i=1}^{p} \lambda_i > 0{,}80$.

2.5 Regresi Kuantil

Regresi kuantil adalah metode pendekatan analisis statistika yang digunakan untuk menduga hubungan antara peubah respon dengan peubah penjelas pada kuantil bersyarat tertentu. Metode ini pertama kali dikenalkan oleh Koenker dan Basset pada tahun 1978. Kondisi kuantil dapat diduga dengan meminimumkan galat mutlak terboboti yang tidak simetris (Davino *et al*. 2014). Keuntungan utama dari regresi ini adalah tidak membutuhkan asumsi ditribusi normal dan kekar terhadap pencilan (Wigena dan Djuraidah 2014). Metode ini dapat digunakan untuk mengukur pengaruh peubah penjelas tidak hanya di pusat sebaran data, tetapi juga pada bagian atas dan bawah ekor sebaran data (Wigena dan Djuraidah 2014).

Misalkan $\{X_{1i}, X_{2i}, \ldots, X_{pi}, Y_i\}$, $i = 1, 2, \ldots, n$ merupakan himpunan data berpasangan dari peubah acak yang berdistribusi secara independen dan identik

IPB University — Bogor Indonesia —
@Hak cipta milik IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
IPB University
Perpustakaan IPB University

dengan kuantil $\theta \in (0,1)$. Fungsi sebaran peluang bersyarat yang dimiliki pada data ini yaitu $F\big((y|X_i)\big) = P(Y \leq y|X_i)$ dan kuantil ke-θ dari peubah acak Y merupakan fungsi kebalikan dari $F\big((y|X_i)\big)$ yang dinotasikan dengan $Q(\theta) = \inf\{y: F(y) \geq \theta\}$.

Persamaan umum regresi kuantil linier khusus untuk kuantil bersyarat $Q_{Y_i}\big(\theta\big|X_{1i}, X_{2i}, \dots, X_{pi}\big)$ dari peubah Y adalah:

$$Y_i = \beta_o(\theta) + \beta_1(\theta)X_{1i} + \beta_2(\theta)X_{2i} + \cdots + \beta_p(\theta)X_{pi} + \varepsilon_i(\theta) \tag{4}$$

Jika model regresi kuantil disajikan dalam bentuk matriks maka Persamaan (4) dapat ditulis sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ Y_3 \\ \vdots \\ Y_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & X_{11} & X_{21} & \dots & X_{p1} \\ 1 & X_{12} & X_{22} & \dots & X_{p2} \\ 1 & X_{13} & X_{23} & \dots & X_{p3} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & X_{1n} & X_{2n} & \dots & X_{pn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta_o(\theta) \\ \beta_1(\theta) \\ \beta_2(\theta) \\ \vdots \\ \beta_n(\theta) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_1(\theta) \\ \varepsilon_2(\theta) \\ \varepsilon_3(\theta) \\ \vdots \\ \varepsilon_n(\theta) \end{bmatrix} \tag{5}$$

Persamaan (5) dapat ditulis juga dalam bentuk model linier sebagai berikut:

$$\boldsymbol{y} = \boldsymbol{X\beta}(\theta) + \boldsymbol{\varepsilon}(\theta) \tag{6}$$

Jika fungsi bersyarat dari kuantil ke-θ dengan peubah X tertentu maka fungsi bersyarat tersebut didefinisikan sebagai berikut (Balami 2017) :

$$Q_{Y_i}\big(\theta\big|X_{1i}, X_{2i}, \dots, X_{pi}\big) = Q_{Y_i}(\theta|X) = \boldsymbol{X_i'\beta}(\theta) \tag{7}$$

Notasi $\boldsymbol{\beta}$ merupakan parameter dari kuantil ke-θ dari $\boldsymbol{Y}$ dan $\boldsymbol{X}$. Pendugaan parameter $\boldsymbol{\beta}$ pada regresi linier dilakukan dengan meminimumkan jumlah kuadrat galat. Pada regresi kuantil, pendugaan parameter $\boldsymbol{\beta}$ dilakukan dengan meminimumkan jumlah galat mutlak terboboti. Nilai galat yang lebih besar atau sama dengan nol diberi pembobot θ. Nilai galat yang kurang dari nol diberi pembobot $1 - \theta$ (Davino, Furno, dan Vistocco 2014). Nilai $\boldsymbol{\beta}$ dalam regresi kuantil diduga berdasarkan persamaan (8) berikut.

$$\widehat{\boldsymbol{\beta}}_i = \min_{\beta \in \mathbb{R}} \left[\sum_{i \epsilon \{i|Y_i \geq \boldsymbol{x_i'\beta}\}}^{n} \left[(\theta|y_i - \boldsymbol{X_i'\beta}(\theta)|) + \big((1-\theta)|y_i - \boldsymbol{X_i'\beta}(\theta)|\big)\right]\right] \tag{8}$$

Persamaan (8) dapat ditulis kembali menjadi:

$$\widehat{\boldsymbol{\beta}}_i = \underset{\beta \in \mathbb{R}}{\operatorname{argmin}} \sum_{i=1}^{n} \rho_\theta\left(y_i - \boldsymbol{X_i'\beta}(\theta)\right) \tag{9}$$

$\rho_\theta(u),\ u = y_i - \boldsymbol{x_i'\beta}$ merupakan fungsi kerugian yang tidak simetrik yaitu:

$$\rho_\theta(u) = \begin{cases} \theta u, & u \geq 0 \\ (1-\theta)u, & u < 0 \end{cases} \tag{10}$$

Pendugaan paramater dalam regresi kuantil diperoleh melalui metode numerik dengan menyelesaikan pemrograman linier, salah satunya dengan metode simpleks. Metode ini memberikan solusi permasalahan program linier yang melibatkan banyak peubah-peubah keputusan dengan bantuan komputasi (Davino *et al*. 2014).

IPB University — Bogor Indonesia —
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
@Hak cipta milik IPB University
IPB University
Perpustakaan IPB University

2.6 Uji Kebaikan Model

Uji kebaikan model dilakukan untuk mengukur kebaikan model yang diperoleh. Model dianggap sesuai untuk menggambarkan keragaman data apabila telah memenuhi beberapa ukuran kesesuaian model. Ukuran kesesuaian yang digunakan adalah *Root Mean Square Error of Prediction* (RMSEP). Semakin kecil nilai yang diperoleh menunjukkan bahwa model yang dibentuk semakin sesuai (Naes *et al*. 2002). Persamaan RMSEP adalah sebagai berikut:

$$\text{RMSEP} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \hat{y}_i)^2}{n}} \tag{11}$$

Keterangan :
$i \quad = 1, 2, \ldots, n$
y_i = nilai aktual hasil pengukuran respon ke-i
$\hat{y}_i$ = nilai dugaan respon berdasarkan model pada pengamatan ke-i
n = banyaknya data yang digunakan untuk melakukan prediksi

Ukuran kebaikan model juga dapat dilihat berdasarkan nilai korelasi antara y aktual dengan y prediksi. Nilai korelasi berkisar antara -1 sampai 1 yang dapat dihitung melalui rumus sebagai berikut (Graybill *et.al* 1994):

$$ry\hat{y} = \frac{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y})(\hat{y}_i - \bar{\hat{y}})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y})^2 \sum_{i=1}^{n}(\hat{y}_i - \bar{\hat{y}})^2}} \tag{12}$$

keterangan :
y_i = nilai y aktual
$\hat{y}_i$ = nilai y prediksi

IPB University
Bogor Indonesia
@Hak cipta milik IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
IPB University
Perpustakaan IPB University

III METODE

3.1 Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data primer bagian dari penelitian "Model Kalibrasi Melalui Model Statistik Transformasi Wavelet Kontinu, Regresi Kuadrat Terkecil Parsial Robust, Regresi Proses Gaussian untuk Pengembangan Sistem Alat Pemantau Pasien Penderita Kadar Gula Darah Tinggi secara Non–invasif" oleh tim Non-invasif Biomarking Institut Pertanian Bogor (IPB). Pengambilan data pada penelitian ini menggunakan dua jenis desain alat pengukuran gula darah non-invasif. Desain pertama yaitu alat ukur dengan cahaya yang ditangkap oleh sensor adalah cahaya yang diteruskan/dilewatkan oleh darah. Desain alat ini diterapkan pada pengambilan data periode April 2016-Januari 2017 dengan total 118 responden yang berasal dari mahasiswa IPB berbagai departemen. Selanjutnya data ini disebut sebagai data tahun 2017. Desain kedua yaitu alat ukur dengan cahaya yang ditangkap oleh sensor adalah cahaya yang dipantulkan oleh darah. Desain kedua ini diterapkan pada pengambilan data periode 13-20 Juli 2019 dengan total 74 responden yang berasal dari warga Kelurahan Kebon Pedes Kecamatan Tanah Sereal Kota Bogor. Selanjutnya data ini disebut sebagai data tahun 2019. Terdapat dua jenis data yang akan digunakan dalam penelitian ini, yaitu data hasil pengukuran gula darah invasif sebagai peubah respon (Y)dan data hasil pengukuran darah non-invasif sebagai peubah penjelas (X).

3.2 Metode Pengukuran Kadar Gula Darah

Prosedur pengukuran kadar gula darah pada penelitian ini dilakukan sebagai berikut:

1. Melakukan pengukuran gula darah non-invasif pada tiap responden dengan cara pada penjelasan poin 2.2 tentang alat pemantau kadar gula darah non-invasif.
2. Melakukan pengukuran gula darah invasif dengan langkah-langkah:
   a. Mengambil darah responden melalui pembuluh vena (± 4 ml) menggunakan jarum suntik (*gold standard*).
   b. Darah tersebut akan diproses di laboratorium klinik Prodia yang beralamat di Jl. Jend. Sudirman No. 38 B, Bogor 16143.
   c. Hasil pengukuran invasif berupa kadar gula darah (mg/dL).

3.3 Prosedur Analisis Data

Prosedur analisis data masing-masing tahun 2017 dan tahun 2019 pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Melakukan eksplorasi data hasil pengukuran gula darah invasif.
   a. Melakukan analisis statistika deskriptif.
   b. Mengidentifikasi adanya kadar gula darah ekstrem (pencilan) pada data hasil pengukuran kadar gula darah invasif menggunakan diagram kotak garis. Menurut Kwak dan Kim (2017), diagram kotak garis dapat digunakan

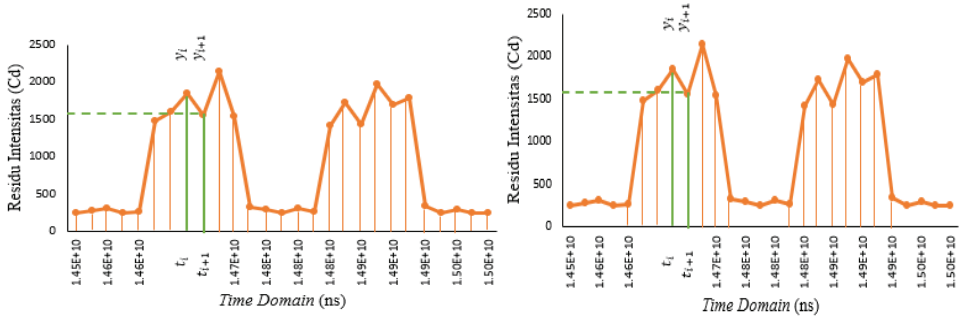
IPB University — Bogor Indonesia —
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
@Hak cipta milik IPB University
IPB University
Perpustakaan IPB University

untuk mengidentifikasi pencilan. Setiap data yang berada diluar batas bawah atau batas atas dianggap sebagai pencilan.

2. Melakukan pra pemrosesan data yang diperoleh dari pengukuran gula darah non-invasif. Hal ini dilakukan dengan peringkasan luas daerah dibawah kurva spektrum (Gambar 3). Peringkasan dilakukan pada setiap periode (saat lampu mati-nyala-mati-nyala-mati) dan setiap puncak yang terbentuk (saat lampu nyala). Luas yang digunakan merupakan luas daerah trapesium berikut:

$$X_p = \sum_{i=0}^{n_t-1} \frac{(t_{i+1} - t_i)(y_i + y_{i+1})}{2}$$

Keterangan:
p = 1, 2, 3,…, 25 (berdasarkan periode)
p = 1, 2, 3,…, 50 (berdasarkan puncak)
X_p = nilai luas kurva periode atau puncak pada setiap ulangan (Cdns)
t_i = *time domain* ke- i (ns)
y_i = nilai residu intensitas cahaya ke- i (Cd)
n_t = banyak rentang *time domain*



(a) (b)

Gambar 3 Ilustrasi peringkasan luas trapesium di bawah spektrum pada setiap luas daerah periode (a) dan luas daerah puncak (b)

3. Melakukan analisis komponen utama menggunakan keseluruhan data peubah X sehingga diperoleh beberapa komponen utama yang mewakili keragaman data.
4. Membagi data hasil pengukuran kadar gula darah invasif (y) dan data yang diperoleh pada prosedur keempat menjadi dua bagian yaitu 80% data latih dan 20% data uji yang dipilih secara acak sebanyak 10 kali ulangan.
5. Membangun model regresi kuantil pada kuantil 0,60, 0,65, 0,70, 0,75, 0,80, 0,85, 0,90, dan 0,95 antara y dengan komponen utama terpilih menggunakan data latih.
6. Melakukan prediksi sesuai model yang diperoleh pada langkah keenam menggunakan data uji.
7. Melakukan uji kebaikan model yang terbentuk menggunakan *Root Mean Square Error of Prediction* (RMSEP) dan nilai korelasi.
8. Memilih model regresi kuantil komponen utama terbaik berdasarkan langkah ketujuh.

IPB University — Bogor Indonesia —
@Hak cipta milik IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
IPB University
Perpustakaan IPB University

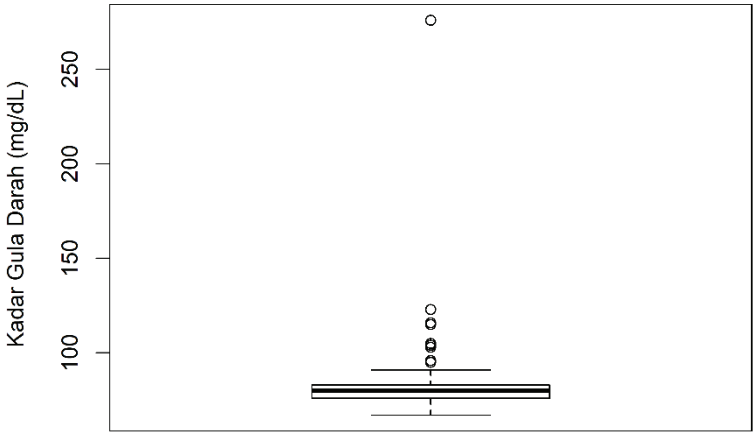
IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Eksplorasi Data

Subbab ini menyajikan eksplorasi dan deskripsi data kadar gula darah pengataman tahun 2017 dan tahun 2019. Eksplorasi dan deskripsi yang ditampilkan diperoleh berdasarkan pengukuran secara invasif dan non-invasif. Hasil pengukuran invasif berupa nilai-nilai kadar gula darah responden. Hasil pengukuran non-invasif berupa keluaran (*output*) dari alat tersebut.

4.1.1 Kadar Gula Darah Invasif

Pengukuran kadar gula darah invasif dilakukan di Laboratorium Prodia. Data hasil pengukuran gula darah invasif tahun 2017 sebanyak 118 responden sedangkan tahun 2019 sebanyak 74 responden. Deskripsi data hasil pengukuran kadar gula darah invasif tahun 2017 disajikan pada Gambar 4.



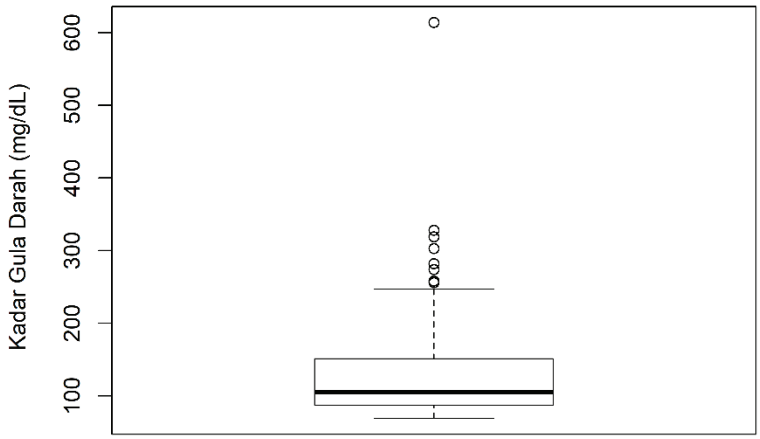
Gambar 4 Diagram kotak garis kadar gula darah invasif tahun 2017

Gambar 4 menunjukkan bahwa sebagian besar responden tahun 2017 memiliki kadar gula darah kurang dari 90 mg/ dL dengan ragam yang kecil dan terdapat beberapa pencilan atas pada data. Pencilan atas tersebut diperoleh dari responden yang memiliki kadar gula darah yang jauh lebih tinggi dibandingkan responden lainnya. Data pencilan dapat memberikan pengaruh buruk pada hasil analisis sehingga menyebabkan kesalahan dalam interpretasi. Disisi lain data pencilan memberikan pengaruh baik dalam analisis. Solusi atas masalah ini dapat dilakukan dengan membuang data pencilan atau tetap memasukkan data pencilan dengan menerapkan metode yang dapat mengatasi masalah tersebut. Kadar gula darah responden yang menjadi pencilan atas antara lain 95 mg/dL, 96 mg/ dL (tiga responden), 103 mg/dL (dua responden), 104 mg/dL, 105 mg/dL, 115 mg/dL, 116 mg/dL, 123 mg/dL dan 276 mg/dL.

Pada Gambar 4, disajikan deskripsi data hasil pengukuran kadar gula darah invasif tahun 2019. Diagram kotak garis (Gambar 5) menunjukkan bahwa sebagian besar responden tahun 2019 memiliki kadar gula darah kurang dari 240 mg/dL dan terdapat beberapa pencilan atas. Sama halnya dengan data

IPB University
Bogor Indonesia
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
@Hak cipta milik IPB University
IPB University
Perpustakaan IPB University

tahun 2017, pencilan atas ini juga diperoleh dari responden yang memiliki kadar gula yang jauh lebih tinggi dari responden lainnya.



Gambar 5 Diagram kotak garis kadar gula darah invasif tahun 2019

Diagram kotak garis pada gambar tersebut menunjukkan bahwa kadar gula darah responden tahun 2019 memiliki keragaman yang cukup besar dibandingkan tahun 2017. Ada delapan kadar gula darah responden yang menjadi pencilan atas antara lain 256 mg/dL, 258 mg/dL, 274 mg/dL, 282 mg/dL, 303 mg/dL, 319 mg/dL, 328 mg/dL dan 614 mg/dL. Nilai ini jauh lebih besar dibandingkan pencilan atas pada data tahun 2017, sehingga dapat diartikan bahwa responden tahun 2019 memiliki kadar gula darah yang cukup tinggi. Penelitian ini menganalisis data tahun 2017 dan 2019 tanpa membuang pencilan dengan harapan dapat memberikan informasi yang baik pada hasil analisis. Berikut merupakan tabel statistika deskriptif dari hasil pengukuran gula darah invasif tahun 2017 dan 2019.

Tabel 2 Statistika deskriptif data invasif

Tahun	Jumlah responden	minimum	Median	Rata-rata	Maksimum
2017	118	67,00	80,00	82,64	276,00
2019	74	69,00	105,50	140,70	614,00

Tabel 2 menunjukkan bahwa jumlah responden tahun 2017 adalah 118 orang. Pada responden tahun 2017, kadar gula darah terendah adalah 67,00 mg/dL dan tertinggi adalah 276,00 mg/dL. Rata-rata kadar gula darah yang dimiliki responden 2017 adalah 82,64 mg/dL.

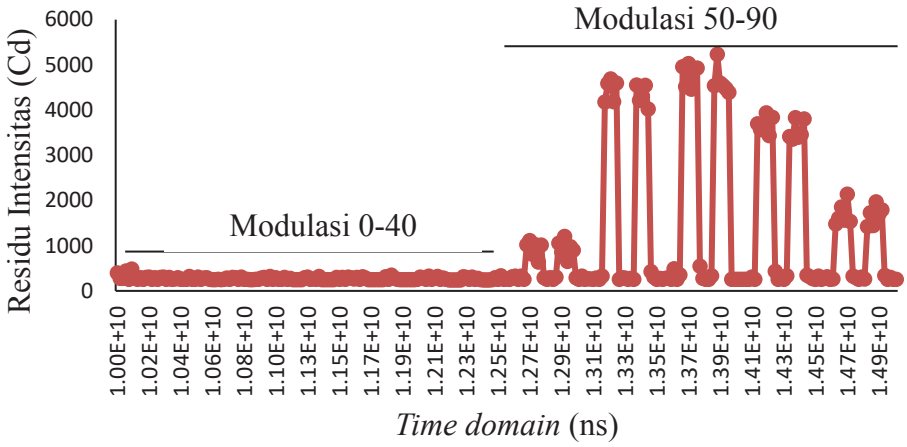
Tabel 2 juga menunjukkan bahwa jumlah responden tahun 2019 adalah 74 orang. Pada responden tahun 2019, kadar gula darah terendah dan tertinggi responden berturut-turut adalah 69,00 mg/dL dan 614,00 mg/dL. Rata-rata kadar gula darah yang dimiliki responden 2019 adalah 140,70 mg/dL.

Responden tahun 2017 memiliki rentang kadar gula darah yang lebih sempit dibandingkan dengan responden tahun 2019. Selisih rata-rata kadar gula darah antara responden tahun 2017 dan 2019 yaitu sekitar 58 mg/dL. Rentang kadar gula darah yang dimiliki dari responde 2017 dan 2019 memenuhi rentang kadar gula darah normal hingga diabetes seperti yang dijelaskan pada subbab 2.1 sebelumnya.

IPB University
Bogor Indonesia
@Hak cipta milik IPB University
IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
Perpustakaan IPB University

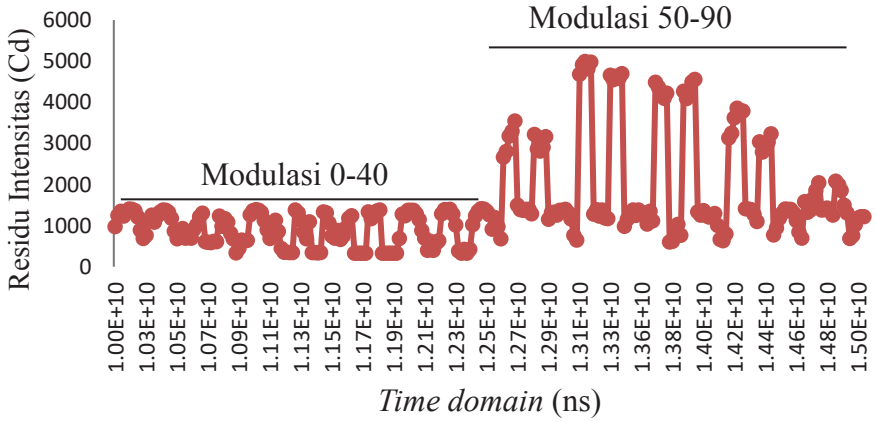
4.1.2 Deskripsi Data Hasil Pengukuran Non-Invasif

Keluaran hasil dari alat pengukuran non-invasif berupa residu intensitas untuk setiap *time domain* yang didesain dengan tingkat pencahayaan (modulasi) 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, dan 90. Deskripsi data hasil pengukuran non-invasif untuk tahun 2017 diambil dari ulangan ketiga dari salah satu responden. Pada tahun 2019, deskripsi data hasil pengukuran non-invasif diambil dari ulangan pertama dari salah satu responden



Gambar 6 Grafik pengukuran non-invasif salah satu ulangan pada responden tahun 2017

Gambar 6 merupakan pola data hasil pengukuran non- invasif tahun 2017 pada saat ulangan ketiga responden ke-79. Grafik pada Gambar 6 menunjukkan bahwa residu intensitas yang dihasilkan saat modulasi 0 sampai modulasi 40 cenderung konstan dibandingkan modulasi 50 sampai modulasi 90. Tingkat intensitas cahaya yang terbaca untuk modulasi 0 sampai modulasi 40 berada dibawah 1000 Cd. Pada saat modulasi 50 hingga modulasi 90, tingkat intensitas yang terbaca untuk setiap *time domain* nya adalah 1000 Cd-5000 Cd.

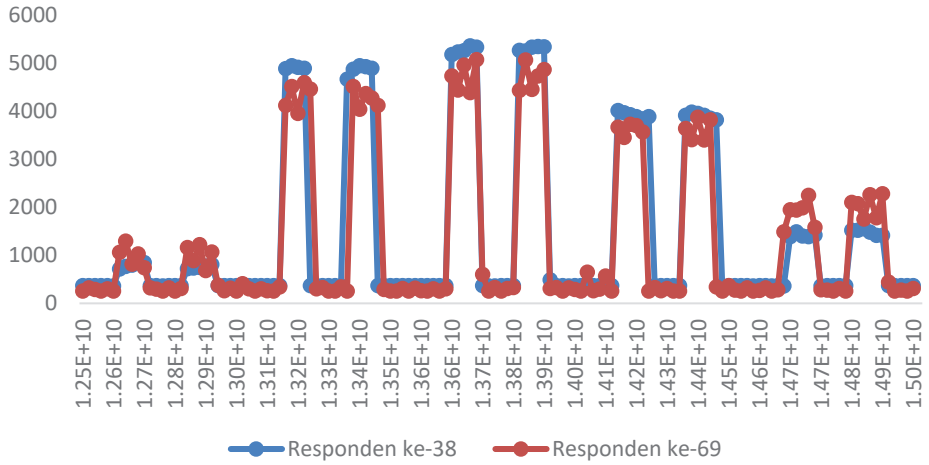


Gambar 7 Grafik pengukuran non-invasif salah satu ulangan pada responden tahun 2019

IPB University
Bogor Indonesia
@Hak cipta milik IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
IPB University
Perpustakaan IPB University

Gambar 7 merupakan pola data hasil pengukuran non-invasif tahun 2019 pada ulangan pertama responden ke-19. Gambar 7 menunjukkan bahwa residu intensitas yang diperoleh lebih fluktuatif walaupun modulasi 0 sampai modulasi 40 juga cenderung konstan dibandingkan modulasi 50 sampai modulasi 90. Hal ini dikarenakan terdapat perbedaan disain antara kedua alat ukur tersebut. Tingkat intensitas cahaya yang terbaca untuk modulasi 0 sampai modulasi 40 berada dibawah 1500 Cd. Pada saat modulasi 50 hingga modulasi 90, tingkat intensitas yang terbaca untuk setiap *time domain* nya adalah 2000 Cd-5000 Cd.

Kedua grafik (Gambar 6 dan Gambar 7) memberikan informasi bahwa grafik modulasi 0 sampai modulasi 40 cenderung konstan sehingga penelitian ini hanya menggunakan modulasi 50 sampai modulasi 90. Hal ini juga merujuk pada penelitian yang dilakukan oleh Aurelia (2020), menyebutkan bahwa modulasi 50 sampai modulasi 90 pada data tahun 2017 dan tahun 2019 menunjukkan nilai residu yang signifikan. Pada hasil keluaran alat tersebut, saat modulasi 50 hingga modulasi 90 terdapat jumlah titik residu intensitas dan *time domain* yang terbaca berbeda. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 8 sampai Gambar 11 berikut.



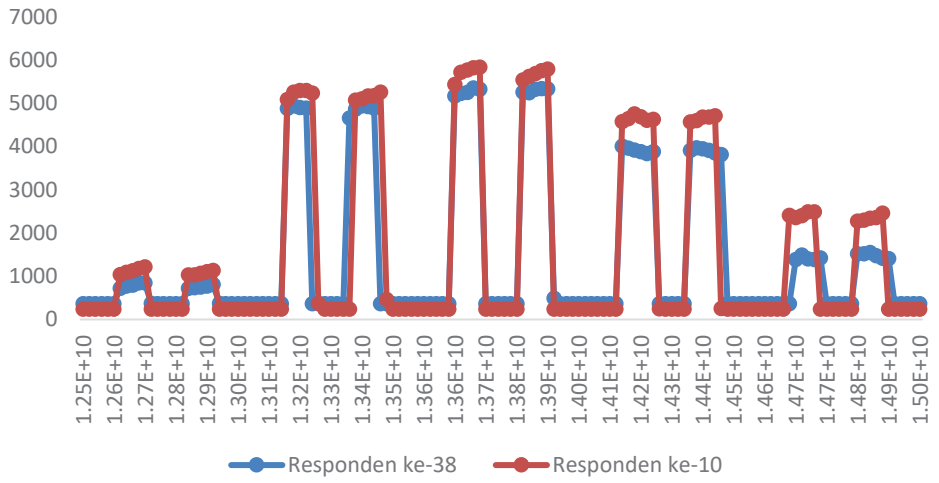
Gambar 8 Perbandingan grafik non-invasif dari dua responden 2017 dengan kadar gula darah sama

Grafik pada Gambar 8 merupakan visualisasi ulangan ketiga dari hasil pengukuran non-invasif 2017. Visualisasi disajikan berdasarkan responden yang memiliki kadar gula darah yang sama yaitu 87 mg/dL. Grafik tersebut menunjukkan bahwa hasil penyinaran modulasi 50 sampai modulasi 90 antara responden ke-38 dan responden ke-69 menghasilkan grafik yang tidak sama persis walaupun pola yang dihasilkan cukup mirip. Hal ini disebabkan jumlah titik dan waktu terbaca pada alat beragam. Peristiwa ini juga terjadi pada responden yang memiliki kadar gula yang berbeda (Gambar 9).

Gambar 9 berikut merupakan visualisasi ulangan ketiga dari hasil pengukuran non-invasif 2017. Visualisasi disajikan dari responden yang memiliki kadar gula darah yang berbeda yaitu 87 mg/dL (responden ke-38) dan 72 mg/dL (responden ke-10). Pola hasil pengukuran antara kedua responden

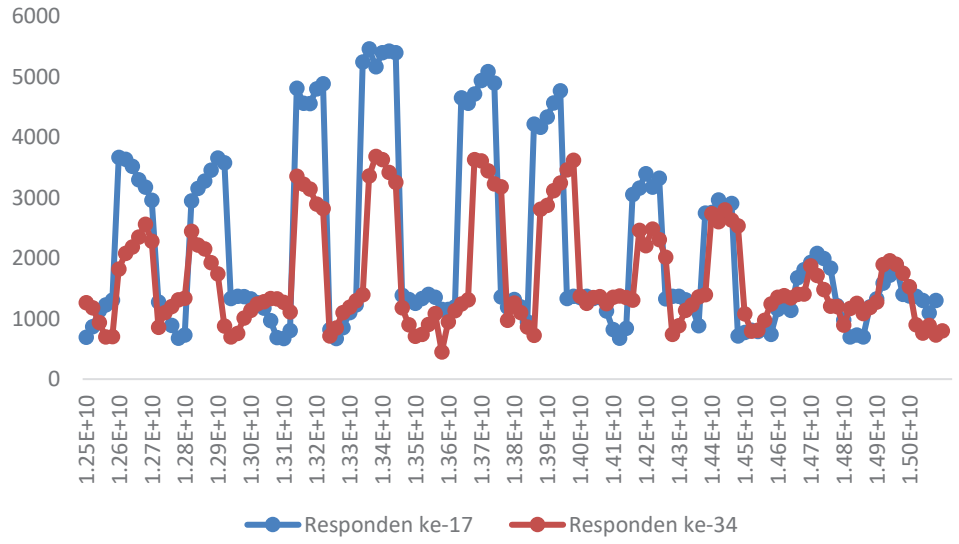
IPB University
Bogor Indonesia
@Hak cipta milik IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
IPB University
Perpustakaan IPB University

tersebut terlihat sama. Pada hasil pengukuran tersebut juga tedapat jumlah titik dan waktu yang terbaca berbeda antar responden.



Gambar 9 Perbandingan grafik non-invasif dari dua responden 2017 dengan kadar gula darah beda

Gambar 10 merupakan visualisasi ulangan ketiga pengukuran non-invasif 2019 berdasarkan responden yang memiliki kadar gula darah sama yaitu 87 mg/dL. Gambar 10 tersebut menunjukkan bahwa pola yang dihasilkan pengukuran non-invasif antara responden ke-17 dan responden ke-34 lebih fluktuatif dan beragam. Pada grafik tersebut terlihat jelas bahwa posisi antar pola grafik kedua responden sangat jauh. Hal ini juga menandakan bahwa jumlah titik dan waktu yang terbaca berbeda satu sama lain. Hasil tersebut juga ditunjukkan apabila dibandingkan pengukuran non-invasif dengan responden yang memiliki kadar gula darah beda (Gambar 11).

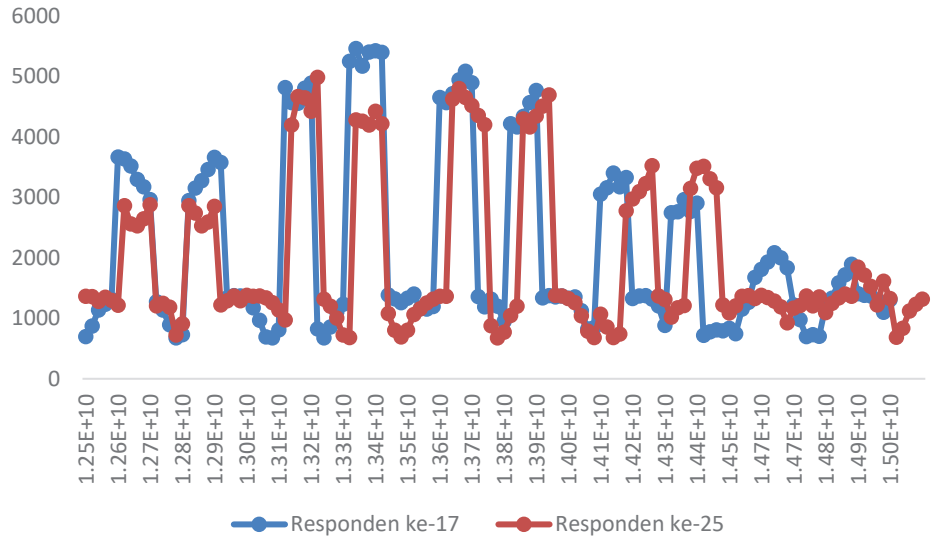


Gambar 10 Perbandingan grafik non-invasif dari dua responden 2019 dengan Kadar gula darah sama

IPB University
Bogor Indonesia
@Hak cipta milik IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
Perpustakaan IPB University

Gambar 11 juga merupakan visualisasi ulangan ketiga pengukuran non-invasif 2019. Visualisasi disajikan berdasarkan responden yang dipilih berdasarkan kadar gula darah yang berbeda. Kadar gula darah 87 mg/dL dari responden ke-17 dan 274 mg/dL dari responden ke-25. Grafik tersebut menunjukkan bahwa antara responden yang memiliki kadar gula darah berbeda menghasilkan pola yang sangat berbeda pula.

Pola grafik (Gambar 8-Gambar 11) menunjukkan bahwa setiap responden menghasilkan pola pengukuran yang berbeda dengan nilai residu dan *time domain* yang berbeda. Hal ini ditunjukkan oleh pola jumlah dan titik residu intensitas yang terbaca yang berbeda. Nilai-nilai residu intensitas yang diperoleh selanjutnya digunakan sebagai peubah penjelas. Pada grafik (Gambar 8 sampai Gambar 11), nilai-nilai yang diperoleh tidak dapat dijadikan langsung sebagai peubah penjelas. Hal ini akan mengakibatkan jumlah peubah yang berbeda antar amatan. Suatu pendekatan peringkasan data perlu dilakukan pada kasus ini. Salah satunya dengan menghitung luas daerah di bawah kurva dari masing-masing modulasi.



Gambar 11 Perbandingan grafik non-invasif dari dua responden dengan kadar gula darah beda

Peringkasan luas dilakukan dengan menggunakan luas trapesium. Hal ini dikarenakan garis atau titik-titik antara residu intensitas untuk setiap *time domain* yang diperoleh pada kedua tahun pengamatan membentuk trapesium. Peringkasan luas trapesium yang dijadikan sebagai peubah penjelas dikategorikan menjadi dua. Pertama, peubah penjelas yang diperoleh dari total jumlah luas trapesium untuk setiap periode masing-masing modulasi (Gambar 3a). Peubah ini diperoleh saat pengukuran non-invasif ketika lampu mati-nyala-mati-nyala-mati (sepanjang periode waktu pengukuran). Kedua, peubah penjelas yang diperoleh dari total jumlah luas trapesium untuk setiap puncak-puncak yang terbentuk dari masing-masing modulasi (Gambar 3b). Peubah penjelas ini diperoleh saat pengukuran non-invasif ketika lampu menyala saja.

IPB University
Bogor Indonesia
@Hak cipta milik IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
IPB University
Perpustakaan IPB University

4.2 Reduksi Dimensi Peubah

Reduksi dimensi peubah dilakukan dengan analisis komponen utama (AKU). Reduksi dilakukan karena secara umum data kalibrasi memiliki multikolinearitas yang tinggi antar peubah penjelas (Tonah 2006). Hasil pengecekan nilai VIF (Lampiran 1) pada data peubah penjelas juga menunjukkan bahwa masing-masing peubah memiliki nilai VIF yang besar dari lima. Hal ini mengindikasikan bahwa terdapat korelasi yang kuat antar peubah penjelas (Daoud 2017). Korelasi yang kuat menandakan peubah penjelas memiliki multikolinearitas antar peubah sehingga dilakukan AKU.

AKU diterapkan pada data pengamatan tahun 2017 dan tahun 2019 yang diperoleh dari dua pendekatan. Pertama, pendekatan dengan peringkasan luas periode (total 25 peubah). Kedua, pendekatan dengan peringkasan luas puncak (total 50 peubah). Banyaknya komponen utama (KU) yang digunakan dalam pemodelan dipilih sesuai dengan nilai keragaman kumulatif 85%, 90%, dan 95%. Hasil nilai akar ciri, proporsi keragaman, dan keragaman kumulatif masing-masing data tahun 2017 dan 2019 dengan peringkasan luas periode dan luas puncak dapat dilihat pada Lampiran 2a sampai Lampiran 3b. Tabel 3 berikut menyajikan rincian jumlah KU yang digunakan untuk pemodelan regresi kuantil.

Tabel 3 Jumlah KU untuk pemodelan regresi kuantil

Tahun	Peringkasan Data	Proporsi Keragaman Kumulatif		
		85%	90%	95%
2017	Peringkasan luas periode	2 KU	5 KU	11 KU
	Peringkasan luas puncak	8 KU	13 KU	22 KU
2019	Peringkasan luas periode	2 KU	3 KU	9 KU
	Peringkasan luas puncak	15 KU	20 KU	28 KU

Hasil AKU (Tabel 3) untuk data peringkasan luas periode tahun 2017 menunjukkan bahwa nilai proporsi keragaman kumulatif 85% terdapat pada KU2, proporsi keragaman kumulatif 90% terdapat pada KU5, dan proporsi keragaman kumulatif 95% terdapat pada KU11. Hal ini berarti masing-masing 2 KU, 5 KU, dan 11 KU pertama digunakan untuk pemodelan. Pada AKU untuk data peringkasan luas puncak tahun 2017 menunjukkan bahwa bahwa nilai proporsi keragaman kumulatif 85% terdapat pada KU8, proporsi keragaman kumulatif 90% terdapat pada KU13, dan proporsi keragaman kumulatif 95% terdapat pada KU22. Hal ini berarti masing-masing 8 KU, 13 KU, dan 22 KU pertama juga digunakan untuk melakukan pemodelan.

Tabel 3 juga menunjukkan hasil AKU untuk data peringkasan luas periode tahun 2019. Hasil tersebut menunjukkan bahwa nilai proporsi keragaman kumulatif 85% terdapat pada KU2, proporsi keragaman kumulatif 90% terdapat pada KU3, dan proporsi keragaman kumulatif 95% terdapat pada KU9. Hal ini berarti masing-masing 2 KU, 3 KU, dan 9 KU pertama digunakan untuk melakukan pemodelan. Pada AKU untuk data peringkasan luas puncak tahun 2019 menunjukkan bahwa bahwa nilai proporsi keragaman kumulatif 85% terdapat pada KU15, proporsi keragaman kumulatif 90% terdapat pada KU20, dan proporsi keragaman kumulatif 95% terdapat pada KU28. Hal ini berarti masing-masing 15 KU, 20 KU, dan 28 KU pertama juga digunakan untuk melakukan pemodelan.

IPB University Bogor Indonesia
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
Perpustakaan IPB University
©Hak cipta milik IPB University
IPB University

4.3 Ukuran Kebaikan Model

Regresi kuantil dilakukan dengan memodelkan peubah *Y* pada berbagai kuantil dengan KU terpilih (Tabel 3). Pemodelan dilakukan sebanyak 10 kali berdasarkan banyaknya ulangan dalam pembagian data latih dan data uji. Model-model yang diperoleh diukur kebaikannya melalui nilai RMSEP. Tabel 4 merupakan nilai RMSEP model berdasarkan data tahun 2017, sedangkan Tabel 5 merupakan nilai RMSEP model berdasarkan data tahun 2019. Tabel-tabel tersebut hanya menyajikan nilai RMSEP terkecil dari 10 kali pemodelan data. Nilai RMSEP lengkap dapat dilihat pada Lampiran 4a-5b.

Tabel 4 menunjukkan bahwa nilai RMSEP terkecil untuk peringkasan data luas periode adalah 0,0184. Nilai tersebut diperoleh berdasarkan pemodelan dengan jumlah KU pada proporsi keragaman kumulatif 90% dan regresi kuantil ke-0,60. Nilai RMSEP terkecil untuk peringkasan data luas puncak adalah 0,0198. Nilai tersebut diperoleh berdasarkan pemodelan dengan jumlah KU pada proporsi keragaman kumulatif 85% dan regresi kuantil ke-0,60.

Tabel 4 Nilai RMSEP pada berbagai kuantil data tahun 2017

Proporsi keragaman kumulatif	Peringkasan data	
	Luas periode	Luas puncak
85%		
Kuantil ke-0,60	0,3246	0,0198
Kuantil ke-0,65	1,1189	1,2576
Kuantil ke-0,70	1,8032	1,6014
Kuantil ke-0,75	3,1079	3,2743
Kuantil ke-0,80	5,0285	5,7064
Kuantil ke-0,85	9,7208	7,5141
Kuantil ke-0,90	17,4464	14,1228
Kuantil ke-0,95	24,9836	17,9199
90%		
Kuantil ke-0,60	0,0184	0,1642
Kuantil ke-0,65	1,1810	0,6773
Kuantil ke-0,70	1,6667	1,5260
Kuantil ke-0,75	3,1970	2,3621
Kuantil ke-0,80	4,1692	4,1811
Kuantil ke-0,85	7,3405	6,7880
Kuantil ke-0,90	12,7403	11,8890
Kuantil ke-0,95	16,6053	19,3239
95%		
Kuantil ke-0,60	0,1316	0,0319
Kuantil ke-0,65	1,1322	1,0801
Kuantil ke-0,70	1,5808	1,5282
Kuantil ke-0,75	2,5610	4,3490
Kuantil ke-0,80	3,2090	5,2061
Kuantil ke-0,85	6,2207	8,3509
Kuantil ke-0,90	9,8865	9,1610
Kuantil ke-0,95	22,7792	41,7123

Tabel 5 berikut menyajikan nilai RMSEP pada berbagai kuantil yang diperoleh dari data tahun 2019. Tabel tersebut menunjukkan bahwa nilai RMSEP terkecil untuk peringkasan data luas periode adalah 0,5863, sedangkan nilai

IPB University Bogor Indonesia
@Hak cipta milik IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
IPB University
Perpustakaan IPB University

RMSEP terkecil untuk peringkasan data luas puncak adalah 0,1573. Kedua nilai tersebut diperoleh dari model dengan jumlah KU berdasarkan proporsi keragaman kumulatif 90% dan regresi kuantil ke-0,60.

Tabel 5 Nilai RMSEP pada Berbagai Kuantil Data Tahun 2019

Proporsi keragaman kumulatif	Peringkasan data	
	Luas periode	Luas puncak
85%		
Kuantil ke-0,60	0,9598	0,8100
Kuantil ke-0,65	16,9352	3,9981
Kuantil ke-0,70	23,9893	13,1103
Kuantil ke-0,75	29,8573	22,2604
Kuantil ke-0,80	49,6998	40,0555
Kuantil ke-0,85	104,1726	124,5788
Kuantil ke-0,90	134,1937	131,1381
Kuantil ke-0,95	184,0514	254,1105
90%		
Kuantil ke-0,60	0,5863	0,1573
Kuantil ke-0,65	16,8958	16,8091
Kuantil ke-0,70	29,7058	112,7956
Kuantil ke-0,75	35,0467	141,6677
Kuantil ke-0,80	49,4841	146,3096
Kuantil ke-0,85	104,9682	153,0977
Kuantil ke-0,90	146,6578	272,0590
Kuantil ke-0,95	179,8718	272,0590
95%		
Kuantil ke-0,60	1,9078	1,5307
Kuantil ke-0,65	1,4845	16,7893
Kuantil ke-0,70	24,7457	40,7314
Kuantil ke-0,75	24,6076	66,8688
Kuantil ke-0,80	41,0827	92,2289
Kuantil ke-0,85	122,3930	121,6735
Kuantil ke-0,90	99,7908	128,5226
Kuantil ke-0,95	132,3177	128,5226

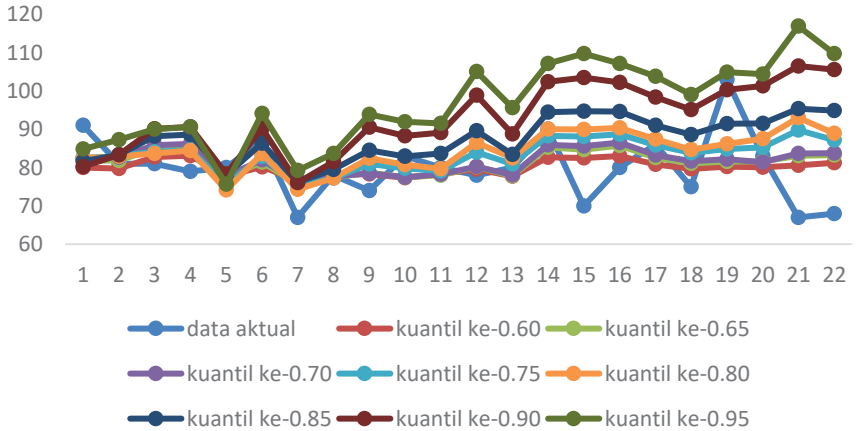
Perbandingan nilai RMSEP dari kedua tabel (Tabel 4 dan Tabel 5) tersebut menunjukkan bahwa RMSEP dari model data tahun 2017 memiliki nilai-nilai yang lebih kecil (berkisar 0,0184 sampai 41,7123) dibandingkan nilai RMSEP dari model data tahun 2019 (berkisar 0,1573 sampai 272,0590). Hasil dari kedua tabel tersebut menunjukkan bahwa nilai RMSEP terkecil diperoleh berdasarkan model regresi kuantil ke-0,60. Nilai RMSEP saat dimodelkan dengan kuantil ke-0,60 selalu memiliki nilai terendah dari 10 kali pemodelan data (Lampiran 4a-5b). Jika dibandingkan antara nilai RMSEP terkecil dari kedua tahun, maka nilai RMSEP terkecil diperoleh dari pengamatan data tahun 2017. Data tersebut diperoleh berdasarkan peringkasan luas periode. Peringkasan data menggunakan luas periode dinilai lebih efektif, meskipun peringkasan luas puncak memberikan nilai RMSEP terkecil untuk data tahun 2017. Hal ini disebabkan oleh peringkasan data luas periode memberikan nilai RMSEP yang lebih stabil dibandingkan peringkasan data luas puncak (Lampiran 4a-5b). Sebagian besar jumlah KU yang dipilih berdasarkan proporsi keragaman kumulatif 90% juga memberikan nilai RMSEP terkecil.

IPB University — Bogor Indonesia —
@Hak cipta milik IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
Perpustakaan IPB University
IPB University

Jika dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Rosni (2019), maka penelitian ini memberikan model yang lebih baik. Penelitian ini memberikan nilai RMSEP sebesar 0,0184 meskipun tetap melibatkan data pencilan. Nilai ini jauh lebih kecil dibandingkan nilai RMSEP pada penelitian Rosni (2019) tanpa melibatkan data pencilan yaitu 0,13, 0,72, dan 6,54. Hal ini dapat disimpulkan bahwa data peringkasan luas periode yang dimodelkan dengan regresi kuantil 0,6 berdasarkan proporsi keragaman kumulatif 90% baik dalam memprediksi kadar gula darah non-invasif.

Kuantil-kuantil terbaik juga dipengaruhi oleh sebaran data. Gambar 4 dan Gambar 5 menunjukkan bahwa sebaran data yang diperoleh dari pengamatan tahun 2017 dan tahun 2019 sebagian besar berada disekitaran atas median. Rata-rata kadar gula darah responden (Tabel 2) yaitu 82,64 mg/dL (tahun 2017) dan 140,70 mg/dL (tahun 2019). Kedua nilai ini lebih tinggi dari median data.

Pemeriksaan kebaikan model tidak hanya sebatas melihat nilai RMSEP. Kebaikan model juga ditinjau dari pola dan korelasi antara nilai prediksi dan data aktual. Berikut disajikan grafik (Gambar 12) antara nilai prediksi dan berbagai kuantil berdasarkan proporsi keragaman kumulatif 90%. Gambar 12 menunjukkan bahwa pola nilai prediksi regresi yang diperoleh dari berbagai kuantil tidak mengikuti pola data aktual. Hal ini bahkan juga berlaku pada kuantil ke-0,60 yang memiliki nilai RMSEP terkecil.

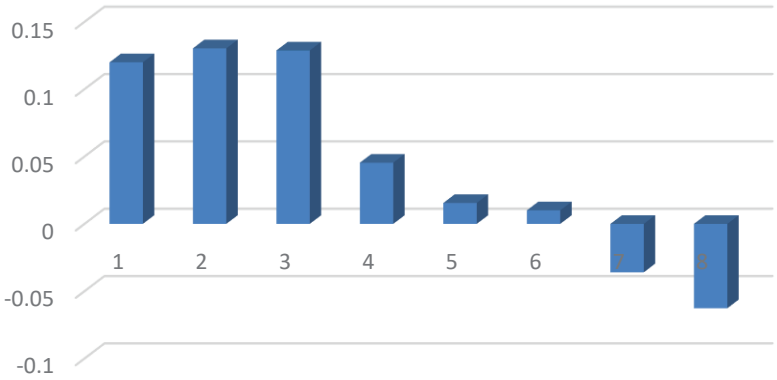


Gambar 12 Grafik antara data aktual dengan perolehan nilai prediksi

Gambar 13 berikut merupakan visualisasi nilai korelasi antara data aktual dengan perolehan prediksi dari berbagai kuantil. Grafik pada gambar tersebut menunjukkan bahwa nilai korelasi yang diperoleh sangat kecil, yaitu berkisar antara -0,06 hingga 0,13. Hal ini berarti hubungan antara data aktual dan nilai prediksi kadar gula darah masih belum kuat. Batang 1 hingga batang 8 pada Gambar 13 merupakan nilai korelasi antara data aktual dengan prediksi regresi kuantil ke-0,60 hingga kuantil ke-0,95 secara berurutan.

Pada Gambar 13 dapat diketahui bahwa kuantil ke-0,65 memiliki batang yang paling tinggi. Hal ini berarti, kuantil ke-0,65 memiliki nilai korelasi yang lebih tinggi dibandingkan kuantil-kuantil lainnya. Nilai korelasi dari masing-masing kuantil ke-0,65 hingga kuantil ke-0,95 berturut-turut adalah 0,1200, 0,1303, 0,1288, 0,0454, 0,0155, -0,0359 dan -0,0626.

IPB University
Bogor Indonesia
@Hak cipta milik IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
Perpustakaan IPB University
IPB University



Gambar 13 Korelasi antara data aktual dan nilai prediksi

@Hak cipta milik IPB University
IPB University
IPB University
Bogor Indonesia
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
Perpustakaan IPB University

V SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Secara keseluruhan peringkasan data luas periode yang dimodelkan dengan regresi kuantil 0,6 berdasarkan proporsi keragaman kumulatif 90% baik dalam memprediksi kadar gula darah non-invasif. Jika dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Rosni (2019), maka penelitian ini memberikan model yang lebih baik. Penelitian ini memberikan nilai RMSEP sebesar 0,0184 meskipun tetap melibatkan data pencilan. Nilai ini jauh lebih kecil dibandingkan nilai RMSEP pada penelitian Rosni (2019) tanpa melibatkan data pencilan yaitu 0,13, 0,72, dan 6,54.

5.2 Saran

Penelitian ini mengkaji pemodelan kalibrasi regresi kuantil dengan tetap mempertahankan data pencilan dan penanganan multikolinearitas menggunakan metode Analisis Komponen Utama. Penelitian ini memiliki kelemahan, yaitu nilai prediksi yang diperoleh tidak mengikuti pola data aktual. Kelemahan lain dari penelitian ini yaitu korelasi antara data aktual dan prediksi masih belum kuat. Penelitian selanjutnya disarankan untuk dapat mengembangkan model kalibrasi dengan metode yang dapat meningkatkan korelasi antara nilai prediksi dan data aktual yang lebih baik.

IPB University
Bogor Indonesia
@Hak cipta milik IPB University
IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
Perpustakaan IPB University

DAFTAR PUSTAKA

[ADA] American Diabetes Association. 2018. Classification and diagnosis of diabetes: standards of medical care in diabetes-2018. *Diabetes Care 2018*. 41 (Suppl. 1): S13–S27. DOI:10.2337/dc18-S002.

Aurelia K. 2020. Pendugaan kadar glukosa darah non-invasif menggunakan regresi kuadrat terkecil parsial dengan beberapa pendekatan peringkasan [skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.

Balami AM. 2017. Estimasi parameter regresi kuantil pada kasus demam berdarah *dengue* di Kota Surabaya [tesis]. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Daoud JI. 2017. Multicollinearity and regression analysis. *Journal of Physics*. 949(012009):1-6. DOI:10.1088/1742-6596/949/1/012009.

Davino C, Furno M, Vistocco D. 2014. *Quantile Regression*. United Kingdom: John Wiley & Sons.

Eo SH, Pak D, Choi J, Cho HJ. 2012. Outlier detection using projection quantile regression for mass spectrometry data with low replication. *BMC Research Notes*. 5(236):1:9. DOI:10.1186/1756-0500-5-236.

Graybill FA, Iyer HK. 1994. *Regression Analysis: Concepts and Applications*. Florida: Duxbury Pr.

Howley T, Madden MG, O'Connell ML, Ryder AG. 2006. The effect of principal component analysis on machine learning accuracy with high-dimensional spectral data. *Knowledge-Based Systems*. 19: 363–370. DOI:10.1016/j.knosys.2005.11.014.

Huang Q, Zhang H, Chen J, He M. 2017. Quantile regression models and their applications. *J Biom Biostat*. 8(3):1-6. DOI: 10.4172/2155-6180.1000354.

[IDF] International Diabetes Federation. 2019. IDF Diabetes Atlas Ninth Edition. Bruselas: IDF.

Jolliffe IT. 2002. *Principal Component Analysis Second Edition*. NewYork: Springer-Verlag.

Kermani SK, Khatony A, Jalali R, Rezaei M, Abdi A. 2017. Accuracy and precision of measured blood sugar values by three glucometers compared to the standard technique. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*. 11(4) : OC05-OC08. DOI:10.7860/JCDR/2017/23926.9613.

Khikmah L, Wijayanto H, Syafitri UD. 2017. Modeling governance KB with CATPCA to overcome multicollinearity in the logistic regression. *Journal of Physics*. 824: 1-6. DOI: 10.1088/1742-6596/824/1/012027.

Kwak SK, Kim JH. 2017. Statistical data preparation: management of missing values and outliers. *Korean Journal of Anesthesiology*. 70(4):407-411. DOI: 10.4097/kjae.2017.70.4.407.

Matdoan MY. 2017. Perbandingan estimasi parameter regresi quantil dengan regresi *robust least trimmed square* (LTS) [tesis]. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Montgomery DC, Peck EA, Vining GG. 2006. *Introduction to Linear Regression Analysis*. 4th Ed. Toronto: Wiley-Interscience.

IPB University — Bogor Indonesia —
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
@Hak cipta milik IPB University
IPB University
Perpustakaan IPB University

Naes T, Issakson T, Fearn T, Davies T. 2002. *A User-friendly Guide to Multivariate Calibration and Classification*. United Kingdom: NIR Publications Chichester.

Puteri NA. 2018. Penentuan panjang gelombang lampu terbaik pada alat pemantau kadar glukosa darah non-invasif [skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.

Rosni. 2019. Perbandingan metode regresi komponen utama regresi kuadrat terkecil parsial dan support vector regression dalam menduga kadar glukosa darah non-nvasif [tesis]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.

Saeedi P, Petershon I, Salpea P, Malanda B, Karuranga S, Unwin N, Colagiuri S, Guariguata L, Motala AA, Ogurtsova K, *et al*. 2019. Global and regional diabetes prevalence estimates for 2019 and projections for 2030 and 2045: results from the international diabetes federation diabetes atlas 9th edition. *Diabetes research and clinical practice*. 157:1-10. DOI:10.1016/j.diabres.2019.107843.

Suri NNRR, Murty M N, Athitan G. *Outlier Detection: Techniques and Applications*. Switzerland: Springer.

Tonah. 2006. Pemodelan kalibrasi peubah ganda dengan pendekatan regresi sinyal p-spline [tesis]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.

Waldmann E. 2018. Quantile Regression : A short story on how and why. *Statistical Modelling*. 18(3-4):1-16. DOI:10.1177/1471082X18759142.

[WHO] World Health Organization. 2006. *Guidelines For The Prevention Management and Care of Diabetes Melitus*. Kairo: EMRO Technical Publications Series 32.

Wigena AH, Djuraidah A. 2014. Quantile regression in statistical downscalling to estimate extreme monthly rainfall. *Science Journal of Applied Mathematics and Statistics*. 2(3):66-70. DOI:10.11648/j.sjams.20140203.12.

IPB University
Bogor Indonesia
@Hak cipta milik IPB University
IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
Perpustakaan IPB University

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di desa Lubuk Landai, pada tanggal 16 November 1996 sebagai anak keempat dari pasangan Bapak Abu Bakar dan Ibu Ramlah, Pendidikan sarjana ditempuh di Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN) pada tahun 2013 dan lulus pada tahun 2017. Pada tahun 2018 penulis melanjutkan studi program magister (S-2) pada program studi Statistika Terapan Institut Pertanian Bogor (IPB),

IPB University
Bogor Indonesia
@Hak cipta milik IPB University
IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
Perpustakaan IPB University