

**ANALISIS TINGKAT PERMUKIMAN KUMUH MENGGUNAKAN
GEOGRAPHICALLY WEIGHTED REGRESSION SEMIPARAMETRIC
(GWRs) (Studi Kasus: Kota Bogor, Jawa Barat)**

Andyan Putra Prajamandana^{*}, Abdi Sukmono, Hana Sugiastu Firdaus

Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudarto, SH, Tembalang, Semarang Telp.(024)76480785, 76480788
Email: andyanputra@students.undip.ac.id

ABSTRAK

Kota Bogor merupakan salah satu kota perifer di kawasan metropolitan Jabodetabek (Jakarta, Bogor, Depok, Tangerang, Bekasi) yang dijadikan tujuan migrasi oleh pendatang. Salah satu akibat dari adanya migrasi adalah meningkatnya kepadatan penduduk dan permukiman padat di Kota Bogor. Wawancara dengan Tim KOTAKU (Kota Tanpa Kumuh) menyatakan bahwa munculnya permukiman tidak layak huni dan padatnya permukiman di pinggir sungai menjadi penyebab munculnya permukiman kumuh di Kota Bogor. Terbitnya Peraturan Daerah (Perda) Kota Bogor No. 4 Tahun 2017 Tentang Pencegahan dan Peningkatan Kualitas Terhadap Perumahan Kumuh dan Permukiman Kumuh menunjukkan bahwa permukiman kumuh telah menjadi masalah yang serius untuk diatasi oleh pemerintah Kota Bogor. Penelitian yang dilakukan menggunakan 20 parameter permukiman kumuh sesuai Perda sebagai variabel bebas terhadap variabel terikatnya, yaitu skor permukiman kumuh. Klasifikasi permukiman kumuh menggunakan metode skoring terhadap 19 parameter permukiman kumuh sesuai Perda dan satu parameter lainnya digunakan hanya untuk metode GWR (*Geographically Weighted Regression*) dan GWRs (*Geographically Weighted Regression Semiparametric*). Metode GWR dan GWRs keduanya digunakan untuk menganalisis heterogenitas spasial menggunakan seluruh parameter permukiman kumuh. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model GWRs memiliki dua klasifikasi tingkat permukiman kumuh, yaitu Tidak Kumuh dan Kumuh Ringan. Model GWRs menunjukkan bahwa terdapat tiga kelurahan yang masuk klasifikasi Tidak Kumuh, yaitu Kelurahan Kedunghalang, Kelurahan Tanah Sareal, dan Kelurahan Kebonpedes. Kelurahan dengan skor permukiman kumuh tertinggi adalah Kelurahan Bubulak dengan skor 42,21449 dan termasuk dalam klasifikasi Kumuh Ringan. Model GWRs memiliki enam parameter yang berpengaruh Signifikan, yaitu Cakupan pelayanan jalan lingkungan (X4), Prasarana dan sarana persampahan tidak sesuai dengan persyaratan teknis (X15), Sistem pengelolaan persampahan yang tidak sesuai standar teknis (X16), Tidak terpeliharanya sarana dan prasarana pengelolaan persampahan (X17), Ketidakterediaan sarana proteksi kebakaran (X19), dan Kependudukan (X20). Parameter Prasarana dan sarana persampahan tidak sesuai dengan persyaratan teknis (X15) dan Ketidakterediaan sarana proteksi kebakaran (X19) bahkan berpengaruh Signifikan di seluruh kelurahan Kota Bogor. Hasil validasi pada model menunjukkan persentase kebenaran klasifikasi permukiman kumuh adalah 92,857%.

Kata Kunci : GWRs, Kota Bogor, Perda Kota Bogor No. 4 Tahun 2017, Permukiman Kumuh

ABSTRACT

Bogor City is one of the peripheral cities in the Jabodetabek (Jakarta, Bogor, Depok, Tangerang, Bekasi) metropolitan area which is a destination for migration by migrants. One of the consequences of migration is the increase in population density and dense settlement in Bogor City. Interview with KOTAKU (Kota Tanpa Kumuh) Team stated that the emergence of uninhabitable settlements and dense settlements on the riverbanks were the cause of the emergence of slums in Bogor City. The issuance of the Perda (Peraturan Daerah) Kota Bogor No. 4 Tahun 2017 Tentang Pencegahan dan Peningkatan Kualitas Terhadap Perumahan Kumuh dan Permukiman Kumuh shows that slum settlements have become a serious problem to be overcome by the Bogor City Government. The research was conducted using 20 slum settlement parameters according to the Perda as the independent variable on the dependent variable, namely slum settlement score. The classification of slum settlements uses the scoring method against 19 slum settlement parameters according to the Perda and one other parameter is only used for the GWR (Geographically Weighted Regression) and GWRs (Geographically Weighted Regression Semiparametric) methods. Both GWR and GWRs methods were used to analyze spatial heterogeneity using all slum settlement parameters. The results showed that the GWRs model has two classifications of slum level, namely Tidak Kumuh and Kumuh Ringan. The GWRs model shows that there are three sub-districts that are classified as Tidak Kumuh, namely Kedunghalang Village, Tanah Sareal Village, and Kebonpedes Village. The sub-district with the highest slum settlement score was Bubulak Village with a score of 42,21449 and included in the classification of Kumuh Ringan. The GWRs model has six parameters that have a Significant effect, namely Coverage of environmental road services (X4), Waste infrastructure and facilities do not comply with technical requirements (X15), Waste management system which does

not comply with technical standards (X16), Unmaintained waste management facilities and infrastructure (X17), Unavailability of fire protection facilities (X19) and Population (X20). The parameters Waste infrastructure and facilities do not comply with technical requirements (X15) and Unavailability of fire protection facilities (X19) even have a Significant effect in all villages in Bogor City. The results of the validation on the model show that the percentage of truth in the classification of slum settlements is 92,857%.

Keywords : Bogor City, GWRS, Perda Kota Bogor No. 4 Tahun 2017, Slums

**) Penulis Penanggung Jawab*

I. Pendahuluan

I.1 Latar Belakang

Kota Bogor merupakan salah satu kota besar yang termasuk dalam kawasan metropolitan Jabodetabek (Jakarta, Bogor, Depok, Tangerang, dan Bekasi). Daerah Khusus Ibukota (DKI) Jakarta memiliki bermacam perusahaan yang beberapa pegawainya tinggal di kota perifer dalam kawasan Jabodetabek, termasuk Kota Bogor. Dampak yang terjadi adalah meningkatnya kepadatan penduduk dan permukiman padat di Kota Bogor. Wawancara yang dilakukan dengan Tim KOTAKU (Kota Tanpa Kumuh) menyatakan bahwa permukiman tidak layak huni di Kota Bogor kebanyakan berada di pinggir sungai. Munculnya permukiman tidak layak huni dan padatnya permukiman di pinggir sungai tersebut menjadi alasan munculnya permukiman kumuh di Kota Bogor.

Peraturan Daerah (Perda) Kota Bogor Nomor 4 Tahun 2017 Tentang Pencegahan dan Peningkatan Kualitas Terhadap Perumahan Kumuh dan Permukiman Kumuh diterbitkan sebagai tindak lanjut untuk mengatasi masalah permukiman kumuh di Kota Bogor. Kota Bogor sendiri memiliki luas wilayah sekitar 11.850 Ha (Kotabogor, 2016). Surat Keputusan Wali Kota Bogor No. 653.45-282 Tahun 2019 Tentang Penetapan Lokasi Penanganan Permukiman Kumuh menyebutkan bahwa terdapat 61 kelurahan di Kota Bogor yang termasuk kategori kumuh dengan luas permukiman kumuh sebesar 511,84 Ha. Hasil klasifikasi pada SK Wali Kota Bogor No. 653.45-282 Tahun 2019 memiliki kelemahan. Kelemahan yang dimiliki dalam SK Wali Kota Bogor adalah dalam penelitian yang dilakukan hanya menggunakan 16 parameter dalam menentukan kekumuhan di tiap kelurahan. Terdapat tiga parameter yang tidak digunakan, yaitu ketidakterhubungan dengan sistem drainase perkotaan, tidak terpeliharanya drainase, dan tidak terpeliharanya sarana dan prasarana pengelolaan persampahan. Hal ini dikarenakan kondisi yang harus menyegerakan untuk mendapat klasifikasi tingkat permukiman kumuh di Kota Bogor sementara data yang dimiliki belum lengkap sepenuhnya. Wawancara yang dilakukan dengan Dinas Perumahan dan Permukiman Kota Bogor menyatakan bahwa metode dalam mengkategorikan permukiman kumuh perlu

dikembangkan seiring dengan perkembangan teknologi.

Penelitian yang dilakukan menitikberatkan pada analisis heterogenitas spasial. Keperluan akan pengujian heterogenitas spasial menjadi penting karena penunjukkan besar pengaruh tiap variabel bebas di tiap kelurahan dapat membantu pengambilan keputusan untuk menyelesaikan permasalahan permukiman kumuh di Kota Bogor. Analisis regresi yang dilakukan dalam penelitian adalah dengan menggunakan metode GWR (*Geographically Weighted Regression*) dan GWRS (*Geographically Weighted Regression Semiparametric*). Metode GWR dan GWRS yang dilakukan mampu menunjukkan besar pengaruh tiap variabel bebas terhadap permukiman kumuh dan menunjukkan pengaruh variabel bebas (parameter) apa yang paling berpengaruh di tiap kelurahan Kota Bogor. Harapan dari hasil penelitian adalah agar dapat membantu Pemerintah Kota Bogor untuk mengatasi masalah permukiman kumuh di Kota Bogor sesuai dengan parameter yang paling mempengaruhi munculnya permukiman kumuh tersebut pada tiap kelurahan yang diteliti.

I.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang dapat dimunculkan berdasarkan latar belakang adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana hasil klasifikasi tingkat permukiman kumuh di Kota Bogor berdasarkan 19 parameter Perda Kota Bogor No. 4 Tahun 2017?
2. Bagaimana hasil model permukiman kumuh beserta signifikansinya di Kota Bogor dengan menggunakan metode GWR dan metode GWRS?

I.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

1. Tujuan
Tujuan dari penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:
 - a. Mengetahui hasil klasifikasi tingkat permukiman kumuh di Kota Bogor berdasarkan 19 parameter Perda Kota Bogor No. 4 Tahun 2017.
 - b. Mengetahui hasil model permukiman kumuh beserta signifikansinya di Kota Bogor dengan menggunakan metode GWR/GWRS.

2. Manfaat
Manfaat dari penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:
 - a. Menunjukkan hasil klasifikasi tingkat permukiman kumuh di Kota Bogor berdasarkan 19 parameter Perda Kota Bogor No. 4 Tahun 2017.
 - b. Menunjukkan hasil model permukiman kumuh di Kota Bogor dengan menggunakan metode GWR/GWRS.
 - c. Membantu Pemkot Bogor dalam mengatasi masalah permukiman kumuh di Kota Bogor sesuai dengan variabel bebas yang paling berpengaruh di tiap kelurahan.

I.4 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian yang dilakukan dibatasi dengan hal-hal sebagai berikut:

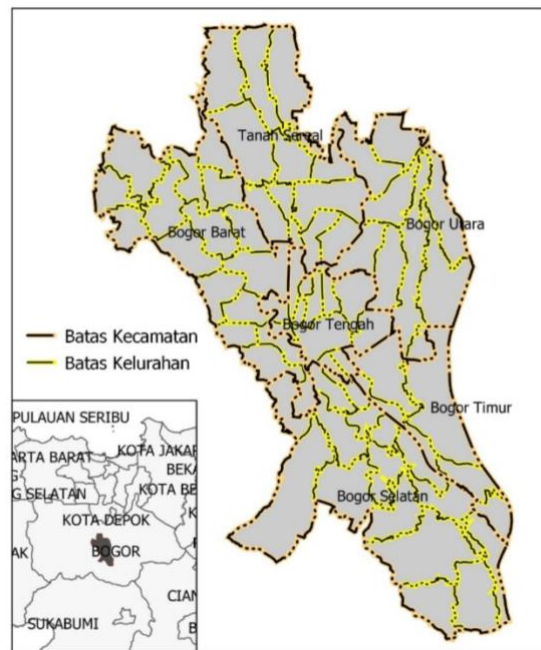
1. Wilayah penelitian adalah Kota Bogor, mencakup enam kecamatan dan 68 Kelurahan.
2. Penelitian yang dilakukan adalah klasifikasi tingkat permukiman kumuh Kota Bogor sesuai 19 parameter Perda Kota Bogor No. 4 Tahun 2017 menggunakan metode skoring dan mencari besar signifikansi hubungan tiap variabel bebas terhadap variabel terikat serta menunjukkan seluruh (20) variabel bebas yang paling berpengaruh menggunakan metode GWR dan GWRS yang merupakan metode pengembangan dari regresi global.
3. Acuan untuk penelitian yang dilakukan adalah Perda Kota Bogor No. 4 Tahun 2017 Tentang Pencegahan dan Peningkatan Kualitas Terhadap Perumahan Kumuh dan Permukiman Kumuh, Surat Keputusan Wali Kota Bogor No. 653.45-282 Tahun 2019 Tentang Penetapan Lokasi Penanganan Permukiman Kumuh, dan ISO 19157:2013 *Geographic Information – Data Quality*.
4. Variabel terikat (Y) yang dimaksud adalah Skor permukiman kumuh.
5. Variabel bebas (X) adalah kriteria permukiman kumuh, yaitu Ketidakteraturan bangunan (X1), Tingkat kepadatan bangunan (X2), Ketidaksesuaian dengan persyaratan teknis bangunan (X3), Cakupan pelayanan jalan lingkungan (X4), Kualitas permukaan jalan lingkungan (X5), Ketidakterediaan akses aman air minum (X6), Tidak terpenuhinya kebutuhan air minum (X7), Ketidakmampuan mengalirkan limpasan air (X8), Ketidakterediaan drainase (X9), Ketidakterhubungan dengan sistem drainase perkotaan (X10), Tidak terpeliharanya drainase (X11), Kualitas konstruksi drainase (X12), Sistem pengelolaan air limbah tidak sesuai standar teknis (X13), Prasarana dan sarana pengelolaan air limbah tidak sesuai dengan persyaratan teknis (X14), Prasarana dan sarana persampahan tidak sesuai dengan persyaratan teknis (X15), Sistem pengelolaan persampahan yang tidak sesuai standar teknis (X16), Tidak terpeliharanya sarana

dan prasarana pengelolaan persampahan (X17), Ketidakterediaan prasarana proteksi kebakaran (X18), Ketidakterediaan sarana proteksi kebakaran (X19), dan Kependudukan (X20).

II. Tinjauan Pustaka

II.1 Gambaran Umum Wilayah Penelitian

Letak geografis Kota Bogor berada di antara 106°43'30" Bujur Timur - 106°51'00" Bujur Timur dan 6°30'30" Lintang Selatan - 6°41'00" Lintang Selatan. Lokasi wilayah ini memiliki potensi strategis karena berada di tengah Kabupaten Bogor dan sangat dekat dengan Daerah Khusus Ibukota (DKI) Jakarta. Kota Bogor memiliki luas 11.850 Ha sehingga menjadi salah satu kota besar di Indonesia (Kotabogor, 2016).



Gambar 1 Wilayah penelitian

II.2 Permukiman Kumuh

Undang-Undang No. 1 Tahun 2011 Tentang Perumahan dan Kawasan Permukiman menyebutkan bahwa permukiman kumuh adalah permukiman tidak layak huni karena bangunan yang tidak teratur, kepadatan bangunan tinggi, dan kualitas bangunan serta prasarana dan sarana tidak memenuhi syarat. Budiharjo (1997) menjelaskan bahwa kawasan permukiman kumuh adalah kualitas lingkungan hunian yang tidak layak huni dengan bermacam ciri yang buruk dan membahayakan keberlangsungan hidup penghuninya, seperti dikutip oleh Silvia (2017). Pendapat Khomarudin (1997) juga dijelaskan dalam jurnal tersebut bahwa penyebab tumbuhnya lingkungan yang kumuh adalah karena adanya migrasi dan urbanisasi yang tinggi.

Tingkat permukiman kumuh dibagi menjadi empat kategori, yaitu Tidak Kumuh, Kumuh Ringan, Kumuh Sedang, dan Kumuh Berat. Hal ini dijelaskan dalam lampiran Perda No.4 Tahun 2017. Suatu permukiman dikatakan kumuh atau tidak ditentukan berdasarkan bermacam aspek permukiman kumuh. Aspek permukiman kumuh yang dimaksud adalah

bangunan gedung, jalan lingkungan, penyediaan air minum, drainase lingkungan, pengelolaan air limbah, pengelolaan persampahan, proteksi kebakaran, pertimbangan lain, dan legalitas lahan.

II.3 Regresi Linier

Regresi global memiliki persamaan yang didefinisikan menggunakan metode *Ordinary Least Square* (OLS). Metode OLS dapat menjelaskan hubungan antara satu variabel terikat terhadap satu atau lebih variabel bebas. Metode ini menciptakan suatu kondisi yang disebut homogenitas spasial. Homogenitas spasial terjadi apabila respon tiap variabel bebas terhadap variabel terikat adalah sama di lokasi penelitian yang berbeda (Sugiarto, 2015). Persamaan yang dimiliki oleh regresi global dituliskan pada rumus (1) (Fotheringham dkk, 2002).

$$\hat{y}_i = \beta_0 + \sum_{k=1}^p \beta_k x_{ik} + \varepsilon_i, i = 1, 2, \dots, n \dots (1)$$

- \hat{y}_i : nilai observasi variabel terikat ke-i
- x_{ik} : nilai observasi variabel bebas ke-k pada lokasi pengamatan ke-i
- β_0 : konstanta/*intercept*
- β_k : nilai fungsi variabel bebas x_k pada pengamatan ke-i
- ε_i : *random error* yang diasumsikan berdistribusi $N(0, \sigma^2)$
- p : jumlah variabel bebas

II.4 Geographically Weighted Regression (GWR)

Geographically Weighted Regression (GWR) merupakan pengembangan regresi global dimana pada lokasi penelitian yang berbeda nilai parameter regresinya berbeda pula. Perbedaan nilai parameter regresi di tiap lokasi penelitian memungkinkan untuk menganalisis heterogenitas spasial. Heterogenitas spasial terjadi apabila tiap variabel bebas memberikan respon yang berbeda terhadap variabel terikat di lokasi penelitian yang berbeda (Caraka dan Yasin, 2017).

II.4.1 Pemodelan GWR

Model GWR menghasilkan penaksir parameter model yang bersifat lokal di tiap lokasi pengamatan. Model GWR dapat ditulis sesuai rumus (2) (Caraka dan Yasin, 2017).

$$\hat{y}_i = \beta_0(u_i, v_i) + \sum_{k=1}^p \beta_k(u_i, v_i)x_{ik} + \varepsilon_i, i = 1, 2, \dots, n \dots (2)$$

- \hat{y}_i : nilai observasi variabel terikat ke-i
- x_{ik} : nilai observasi variabel bebas ke-k pada lokasi pengamatan ke-i
- $\beta_0(u_i, v_i)$: konstanta/*intercept* pada pengamatan ke-i
- (u_i, v_i) : menyatakan koordinat letak geografis (*longitude, latitude*) dari lokasi pengamatan ke-i
- $\beta_k(u_i, v_i)$: koefisien regresi variabel bebas ke-k pada lokasi pengamatan ke-i
- ε_i : error pengamatan ke-i yang diasumsikan identik, independen, dan berdistribusi normal dengan mean nol dan varian konstan σ^2
- p : jumlah variabel bebas

II.4.2 Pemodelan GWRS

Fotheringham, dkk (2002) mengatakan bahwa model GWRS merupakan model yang terbentuk pada

model GWR jika terdapat beberapa koefisien pada model GWR yang bersifat konstan. Hal ini mengartikan model matematis GWRS seperti rumus (2) namun terdapat variabel yang konstan selain variabel *intercept*. Model GWRS dinyatakan juga sebagai model *Mixed Geographically Weighted Regression* (MGWR). Perbedaan yang menonjol dari model GWR dengan GWRS adalah bahwa model GWRS menganalisis variabel bebas lokal yang pengaruhnya berbeda di tiap lokasi beserta variabel bebas global yang pengaruhnya konstan di tiap lokasi penelitian.

II.4.3 Pembobotan Model GWR/GWRS

Pembobot memiliki peran yang sangat penting dalam model GWR/GWRS karena nilainya mewakili lokasi pengamatan. Pembobotan nilai model GWR/GWRS dapat menggunakan banyak metode, salah satunya fungsi kernel. Pengestimasi parameter yang dapat digunakan melalui fungsi kernel yang dimaksud adalah fungsi jarak *Gaussian* (*Gaussian Distance Function*), fungsi *Exponential*, fungsi *Bisquare*, dan fungsi kernel *Tricube*. Tiap Fungsi pembobot dapat ditulis sesuai rumus (3) sampai rumus (6) (Yasin, 2011).

- 1. *Gaussian*:

$$w_{ij}(u_i, v_i) = \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{d_{ij}}{h}\right)^2\right) \dots (3)$$

- 2. *Exponential*:

$$w_j(u_i, v_i) = \sqrt{\exp\left(-\left(\frac{d_{ij}}{h}\right)^2\right)} \dots (4)$$

- 3. *Bisquare*:

$$w_j(u_i, v_i) = \begin{cases} \left(1 - \left(\frac{d_{ij}}{h}\right)^2\right)^2, & \text{untuk } d_{ij} \leq h \\ 0, & \text{untuk } d_{ij} > h \end{cases} \dots (5)$$

- 4. *Tricube*:

$$w_j(u_i, v_i) = \begin{cases} \left(1 - \left(\frac{d_{ij}}{h}\right)^3\right)^3, & \text{untuk } d_{ij} \leq h \\ 0, & \text{untuk } d_{ij} > h \end{cases} \dots (6)$$

$$d_{ij} = \sqrt{(u_i - u_j)^2 + (v_i - v_j)^2} \quad \text{yang}$$

merupakan jarak eucliden antara lokasi $(u_i - v_i)$ ke lokasi $(u_j - v_j)$ dan h adalah parameter non negatif yang diketahui dan disebut parameter penghalus (*bandwidth*). Pemilihan *bandwidth* menjadi sangat penting karena pada fungsi kernel *bandwidth* merupakan pengontrol keseimbangan antara kesesuaian kurva terhadap data. Metode *Akaike Information Criterion Corrected* (AICc) merupakan salah satu metode yang digunakan untuk memilih *bandwidth* yang optimum.

Fathurahman (2009) menyebutkan bahwa AIC adalah metode yang digunakan untuk memilih model regresi terbaik. AIC memiliki kelebihan dibandingkan dengan R^2 dalam tujuan peramalan (*forecasting*). Kelebihan ini membuat AIC mampu menjelaskan kecocokan model dengan data yang digunakan sebagai sampel dengan data di masa depan. AICc adalah AIC yang telah terkoreksi. Rumus dari AIC dan AICc sendiri dapat dilihat pada rumus (7) dan (8).

$$AIC = 2k - 2 \ln(\hat{L}) \dots (7)$$

$$AICc = AIC + \frac{2k(k+1)}{n-k-1} \dots (8)$$

k : jumlah parameter dalam model
 \hat{L} : nilai maksimum dari fungsi *likelihood* model
 n : jumlah sampel

II.4.4 Uji Hipotesis Model GWR/GWRS

Uji hipotesis model GWR/GWRS dilakukan untuk menilai apakah terdapat perbedaan signifikan antara model regresi global dengan model GWR/GWRS. Uji ini juga dapat menilai kualitas model mana yang lebih baik antara penggunaan model regresi global dengan model GWR/GWRS. Pengujian ini dilakukan dengan hipotesis sebagai berikut (Caraka dan Yasin, 2017):

$H_0: \beta_k(u_i, v_i) = 1, 2, \dots, p$ (tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara model regresi global dengan model GWR/GWRS).

H_1 : paling sedikit terdapat satu $\beta_k(u_i, v_i)$ yang berhubungan dengan lokasi (u_i, v_i) (terdapat perbedaan yang signifikan antara model regresi global dengan model GWR/GWRS)

$$F^* = \frac{SSE(H_0)/df_1}{SSE(H_1)/df_2} \dots\dots\dots (9)$$

Statistik uji yang digunakan adalah sesuai pada rumus (9) di atas. Caraka dan Yasin (2017) menyebutkan untuk mengambil keputusan tolak H_0 jika F^* lebih besar dibandingkan dengan F_{tabel} atau dapat dikatakan bahwa model GWR/GWRS memiliki *goodness of fit* yang lebih baik daripada model regresi global. F^* akan mengikuti distribusi F dengan derajat bebas df_1 dan df_2 . Pemberian tingkat signifikansi sebesar α akan mengambil keputusan dengan menolak H_0 jika nilai $F^* > F_{\alpha;df_1;df_2}$. Pembandingan nilai F dilakukan dengan melalui tabel *Analysis of Variance* (ANOVA). Tabel ANOVA merupakan salah satu teknik analisis yang berfungsi untuk membedakan rerata lebih dari dua kelompok data dengan membandingkan variansinya.

Pengujian parameter dilakukan dengan menguji parameter secara parsial. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui parameter apa sajakah yang mempengaruhi variabel terikat secara signifikan. Bentuk hipotesisnya adalah sebagai berikut.

$H_0: \beta_k(u_i, v_i) = 0$ (pengaruh variabel bebas tidak signifikan)

$H_1: \beta_k(u_i, v_i) \neq 0 ; k = 1, 2, \dots, p$ (pengaruh variabel bebas signifikan)

$$t = \frac{\hat{\beta}_k(u_i, v_i)}{\hat{\sigma}_{\sqrt{g_{kk}}}} \dots\dots\dots (10)$$

Statistik uji yang digunakan adalah sesuai pada rumus (10) di atas. t akan mengikuti distribusi t dengan derajat bebas df_2 . Pemberian tingkat signifikansi sebesar α akan mengambil keputusan dengan menolak H_0 atau dapat dikatakan bahwa parameter $\beta_k(u_i, v_i)$ signifikan terhadap model jika nilai dari $|t_{hit}| > t_{\alpha/2;df_2}$. Variabel bebas memiliki respon atau pengaruh signifikan jika nilai $|t_{hitung}| > t_{tabel}$.

III. Metodologi Penelitian

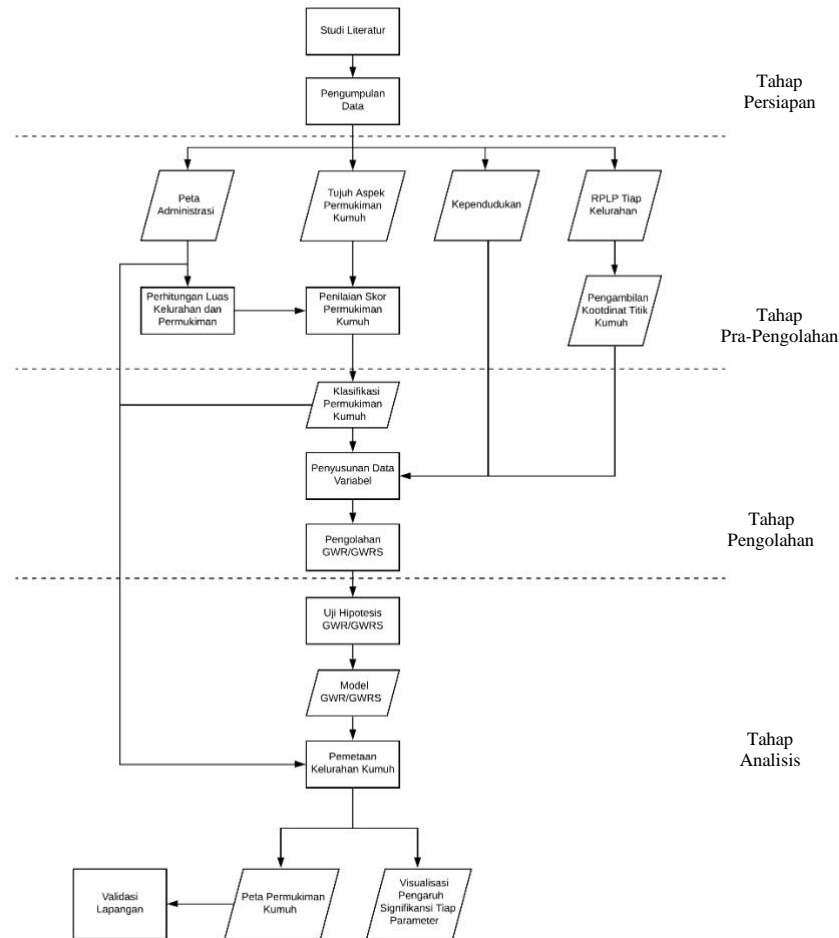
III.1 Peralatan dan Data Penelitian

Peralatan dan data yang digunakan dalam penelitian sebagai berikut:

1. Peralatan Penelitian
 - a. Perangkat keras
 - 1) Laptop Acer Aspire E5-476G (Intel® Core™ i5-8250U), Ram 8 GB, Sistem Operasi Windows 10 64 bit).
 - 2) Kalkulator.
 - 3) Alat tulis dan peralatan lainnya.
 - b. Perangkat Lunak
 - 1) Microsoft Office 2016 yang digunakan sebagai media penyusunan draft serta untuk penyusunan data variabel sebelum diolah oleh GWR4.
 - 2) Google Earth Pro sebagai *software* untuk mengambil koordinat titik RW yang diduga kumuh berdasarkan dokumen Rencana Penataan Lingkungan Permukiman (RPLP) Tim KOTAKU.
 - 3) Quantum GIS 3.4.14 yang berfungsi sebagai alat pemetaan dan visualisasi model GWR dan model GWRS.
 - 4) GWR4 yang digunakan sebagai alat untuk memodelkan GWR dan GWRS dengan menggunakan data variabel yang sudah disusun sebelumnya pada Microsoft Office, tepatnya Microsoft Excel dalam bentuk .csv.
2. Data Penelitian
 - a. Peta batas administrasi dan peta tutupan lahan (permukiman) dengan skala 1:5000 dari Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kota Bogor (BAPPEDA).
 - b. *Logbook* yang berisi data kondisi bangunan gedung, kondisi jalan lingkungan, kondisi penyediaan air minum, kondisi drainase lingkungan, kondisi pengelolaan air limbah, kondisi pengelolaan persampahan, kondisi proteksi kebakaran, dan kependudukan dari Tim KOTAKU.
 - c. RPLP tiap kelurahan di Kota Bogor yang didapatkan dari Tim KOTAKU.
 - d. Surat Keputusan Wali Kota Bogor No. 653.45-282 Tahun 2019 Tentang Penetapan Lokasi Penanganan Permukiman Kumuh.

III.2 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir dalam penelitian ini dapat dilihat pada **Gambar 2**. Tujuh aspek yang dimaksud adalah bangunan, jalan lingkungan, penyediaan air minum, drainase lingkungan, pengelolaan air limbah, pengelolaan persampahan, dan proteksi kebakaran.



Gambar 2 Diagram alir penelitian

III.3 Tahap Persiapan

Tahap persiapan terdiri dari studi literatur dan pengumpulan data yang merupakan tahapan yang krusial karena tahap ini menunjukkan data yang digunakan untuk penelitian. Peningkatan wawasan terkait permukiman kumuh dan metode penelitian data dibutuhkan untuk kelancaran penelitian yang akan dilakukan. BAPPEDA memberikan *shapefile* batas administrasi dan *shapefile* tutupan lahan yang mana hanya digunakan adalah pada objek permukiman. Tim KOTAKU kemudian memberikan *logbook*, SK Wali Kota Bogor No. 653.45-282 Tahun 2019 Tentang Penetapan Lokasi Penanganan Permukiman Kumuh, form *baseline*, dan RPLP tiap kelurahan di Kota Bogor.

III.4 Tahap Pra-pengolahan Data

III.4.1 Inventarisasi Data

Data utama yang diperoleh oleh Tim KOTAKU dan digunakan pada penelitian didapatkan dari hasil survei langsung dan wawancara. Satuan atau unit terkecil yang digunakan pada penelitian adalah tingkat kelurahan dengan koordinat pada tingkat RW. Hasil dari survey langsung dan wawancara tersebut dirangkum pada suatu *logbook* data permukiman kumuh. *Logbook* yang dimiliki oleh Tim KOTAKU digunakan sebagai data utama karena memiliki informasi lengkap terkait permukiman kumuh.

III.4.2 Verifikasi Data

Verifikasi data dilakukan hanya pada parameter X15 dan X17 serta hanya pada lima kelurahan, yaitu Bojongsari, Sindangsari, Tajur, Tanahbaru, dan Tegallega. Hal ini dikarenakan bermacam keterbatasan yang dihadapi, seperti keterbatasan waktu serta situasi dan kondisi pandemik yang terjadi. Perbedaan data dikarenakan beda waktu survei dan faktor keterbatasan.

III.4.3 Perhitungan Persentase Parameter Permukiman Kumuh

Perhitungan persentase parameter dilakukan pada 19 parameter tingkat permukiman kumuh atau variabel X1 sampai variabel X19 dengan menggunakan rumus-rumus tertentu. Variabel tersebut dilakukan perhitungan persentase merujuk pada Perda Kota Bogor No. 4 Tahun 2017. Persentasi yang sudah dihitung selanjutnya digunakan untuk menentukan skor tiap variabel bebas sesuai ketentuan pada Perda Kota Bogor No. 4 Tahun 2017.

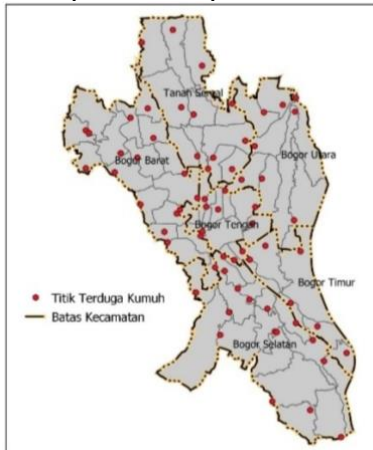
III.4.4 Perhitungan Nilai Numerik Parameter Permukiman Kumuh

Nilai numerik tiap variabel bebas diperlukan untuk melakukan analisis GWR dan GWRS. Nilai numerik dibutuhkan sebagai data masukan dalam melakukan analisis di *software* GWR4. Inventarisasi data yang dilakukan sebelumnya telah memberikan beberapa nilai numerik variabel bebas. Nilai numerik variabel bebas yang belum didapatkan adalah variabel

X2, X4, X9, dan X20 sehingga perlu dilakukan perhitungan lebih lanjut untuk mendapatkan nilai numerik yang dibutuhkan pada variabel bebas tersebut.

III.4.5 Penentuan Koordinat

Penentuan titik koordinat yang dilakukan merupakan koordinat UTM dari titik RW yang diduga kumuh. Dasar penentuan titik terduga kumuh adalah berdasarkan RPLP tiap kelurahan di Kota Bogor. RPLP menunjukkan titik yang diduga kumuh dalam bentuk laporan. Pemilihan titik dilakukan menggunakan Google Earth Pro sesuai petunjuk RW yang ada di RPLP dan hasil pemilihan dapat dilihat di **Gambar 3**.



Gambar 3 Sebaran titik terduga kumuh tiap kelurahan

III.5 Tahap Pengolahan Data

III.5.1 Pengolahan Skoring Klasifikasi Tingkat Permukiman Kumuh

Data persentase parameter digunakan untuk penilaian skor permukiman kumuh tiap kelurahan di Kota Bogor sesuai dengan Perda No.4 Tahun 2017. Cara penentuan skor disesuaikan dengan nilai persentase dari parameter di tiap kriteria indikator permukiman kumuh yang ada atau pada 19 variabel bebas yang diteliti. Satu variabel bebas lain yang tidak termasuk adalah variabel X20, yaitu kependudukan. Skor yang didapat menjadikan suatu klasifikasi tingkat permukiman kumuh sesuai dengan Perda No. 4 Tahun 2017 yang dapat dilihat melalui **Tabel 1**.

Tabel 1 Klasifikasi tingkat permukiman kumuh

No.	Rentang Total Skor	Kondisi Kekumuhan
1.	71 – 95	Kumuh Berat
2.	45 – 70	Kumuh Sedang
3.	19 – 44	Kumuh Ringan
4.	< 19	Tidak Kumuh

III.5.2 Penyusunan Data Variabel

Keseluruhan data yang sudah didapatkan sebelumnya disusun secara rapi dan teratur agar dapat dilanjutkan untuk pengolahan data pada *software* GWR4. Penyusunan data variabel memiliki dua jenis. Salah satu jenis susunan berisi penyusunan data untuk digunakan pada metode penentuan skor klasifikasi kumuh sesuai Perda Kota Bogor No. 4 Tahun 2017 dan jenis lainnya berisi susunan data numerik untuk digunakan dalam pengolahan GWR dan GWRS.

III.5.3 Pengolahan GWR

Pengolahan GWR dilakukan untuk setiap kelurahan di Kota Bogor dengan memasukkan skor kelurahan sebagai variabel terikat yang digabungkan dengan tiap nilai numerik dari variabel bebas di tiap kelurahan masing-masing dan letak koordinat tiap kelurahan. Pengolahan GWR dilakukan dengan menggunakan *software* GWR4. Pemanggilan data masukan dilakukan dalam *step* pertama terhadap data yang telah disusun dengan *comma delimited* dalam format .csv. Pendefinisian model, variabel terikat, variabel bebas, lokasi serta pendefinisian koordinat dan pemilihan opsi lain dilakukan pada *step* kedua secara manual. Pemilihan tipe fungsi kernel menggunakan *Adaptive bi-square* dengan pemilihan *bandwidth* optimum menggunakan teknik *Golden Section Search* dengan nilai minimal 1 dan maksimal 68 yang menandakan terdapat 68 kelurahan yang diteliti. Kriteria yang digunakan untuk pemilihan model yang terbaik adalah melalui nilai AICc terkecil. Pemilihan fungsi kernel sampai kepada kriteria nilai yang digunakan (AICc) dapat dilakukan di *step* ketiga. Pemilihan lokasi hasil keluaran pengolahan dilakukan di *step* keempat. Proses pengolahan dilakukan dengan memilih *Execute this session* yang berada pada *step* terakhir.

III.5.4 Pengolahan GWRS

Pengolahan data dilakukan juga dengan menggunakan metode GWRS. Metode ini mencampurkan pengaruh variabel bebas yang bersifat lokal dengan variabel bebas yang bersifat global (konstan) untuk setiap lokasi. Pendefinisian variabel bebas yang bersifat global dilakukan secara otomatis oleh *software* GWR4 dengan mengaktifkan fitur *L->G variable selection*. Fitur ini mengartikan untuk menguji variabel lokal dengan menjadikan sebagai variabel global, jika hasil keluaran menunjukkan nilai yang lebih baik maka variabel lokal tersebut dijadikan variabel global (*fixed*). Pengolahan metode GWRS dengan menggunakan GWR4 dilakukan seperti saat mengolah metode GWR, tetapi terdapat satu perbedaan dimana saat berada di *step 2: Model* melakukan pengaktifan pada fitur *L->G variable selection*. Variabel bebas lokal yang lebih baik jika dijadikan variabel global akan otomatis diubah oleh GWR4.

III.6 Tahap Analisis Data

Analisis yang dilakukan adalah dengan membandingkan nilai F_{hitung} dengan F_{tabel} untuk menilai *goodness of fit* dari model yang digunakan. Hasil dari pengujian tersebut akan menunjukkan kualitas model mana yang lebih baik antara model regresi global dengan model yang diteliti. Pengujian signifikansi dilakukan untuk mengecek signifikansi dari pengaruh tiap variabel bebas pada model. Pengujian dilakukan dengan membandingkan nilai t_{hitung} dengan nilai t_{tabel} .

Hasil pemetaan permukiman kumuh juga dilakukan terhadap model GWR dan model GWRS. Nilai skor permukiman kumuh dapat diperoleh dengan menggunakan model matematis yang didapat dari hasil pemodelan menggunakan GWR4. Hasil seluruh

pemetaan permukiman kumuh di Kota Bogor dilakukan validasi sesuai dengan keadaan sebenarnya di lapangan. Pedoman validasi yang digunakan adalah ISO 19157:2013 *Geographic Information – Data Quality* dimana untuk populasi sebesar 68 membutuhkan minimal 13 titik sampel untuk validasi di lapangan. Titik sampel yang diambil adalah 14 titik sampel dan berada di seluruh kecamatan di Kota Bogor yang berjumlah enam kecamatan.

Validasi yang dilakukan memiliki keterbatasan dengan adanya situasi pandemik yang terjadi sehingga menghindari dari adanya kontak langsung dengan warga sekitar. Kondisi ini menyebabkan keterbatasan berupa berkurangnya informasi secara langsung oleh warga sekitar. Hasil validasi dilakukan persentase untuk melihat berapa persen ketepatan pemetaan permukiman kumuh terhadap seluruh metode yang digunakan untuk memetakan permukiman kumuh di Kota Bogor.

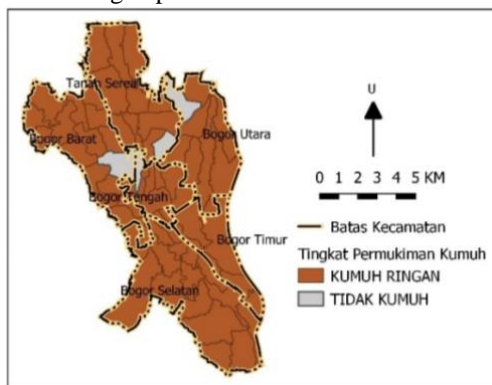
IV. Hasil dan Analisis

IV.1 Skoring Klasifikasi Tingkat Permukiman Kumuh

Tabel 2 Beberapa klasifikasi tingkat permukiman kumuh

Kelurahan	Total Skor	Kriteria Kumuh
Babakan	35	KUMUH RINGAN
Babakanpasar	37	KUMUH RINGAN
Tanah Sareal	8	TIDAK KUMUH
Tegalgundil	38	KUMUH RINGAN
Tegallega	32	KUMUH RINGAN

Hasil seluruh pengolahan skoring yang dilakukan seperti contoh pada **Tabel 2** menunjukkan terdapat empat kelurahan yang masuk dalam kriteria Tidak Kumuh dan 64 kelurahan masuk dalam kriteria Kumuh Ringan. Visualisasi permukiman kumuh menggunakan metode skoring dapat dilihat di **Gambar 4**.



Gambar 4 Permukiman kumuh metode skoring

Empat kelurahan yang masuk dalam kriteria Tidak Kumuh adalah Ciwaringin, Kedunghalang, Menteng, dan Tanah Sareal. Kelurahan dalam kriteria Kumuh Ringan yang berjumlah 64 adalah Babakan, Babakanpasar, Balumbang Jaya, Bantarjati, Baranangsiang, Batutulis, Bojongkerta, Bondongan, Bubulak, Cibadak, Cibogor, Cibuluh, Cikaret, Cilendek Barat, Cilendek Timur, Ciluar, Cimahpar, Cipaku, Ciparigi, Curug, Curugmekar, Empang, Genteng, Gudang, Gunungbatu, Harjasari, Katulampa, Kayumanis, Kebonkelapa, Kebonpedes, Kedungbadak, Kedungjaya, Kedungwaringin, Kencana, Kertamaya,

Lawanggintang, Loji, Margajaya, Mekarwangi, Muarasari, Mulyaharja, Pabaton, Pakuan, Paledang, Pamoyanan, Panaragan, Pasirjaya, Pasirkuda, Pasirmulya, Rancamaya, Ranggamekar, Semplak, Sempur, Sindangbarang, Sindangrasa, Sindangsari, Situgede, Sukadamai, Sukaresmi, Sukasari, Tajur, Tanahbaru, Tegalgundil, dan Tegallega.

Surat Keputusan Wali Kota Bogor No. 653.45-282 Tahun 2019 Tentang Penetapan Lokasi Penanganan Permukiman Kumuh menyatakan 61 kelurahan di Kota Bogor yang termasuk dalam kategori kumuh. Tujuh kelurahan yang tidak masuk dalam SK Wali Kota Bogor atau berarti bahwa kelurahan tersebut Tidak Kumuh adalah Bojongkerta, Curug, Rancamaya, Sindangsari, Tajur, Tanahbaru, dan Tegallega. Hal ini menunjukkan perbedaan dengan hasil penelitian yang dilakukan dimana terdapat empat kelurahan yang masuk dalam kategori Tidak Kumuh. Keempat kelurahan yang dimaksud juga dinyatakan sebagai kelurahan kumuh di SK Wali Kota Bogor.

IV.2 Pengolahan Regresi Global

IV.2.1 Analisis Model Regresi Global

Model matematis yang dihasilkan pada regresi global hanya satu karena tiap pengaruh parameter adalah sama di tiap lokasi atau kelurahan yang diteliti. Hasil model matematis regresi global adalah $\hat{y} = 29,513584 + 0,001402X_1 + 0,000000X_2 + 0,003394X_3 + 0,000645X_4 + 0,000005X_5 + 0,000334X_6 + 0,002779X_7 + 0,000001X_8 + 0,000282X_9 + 0,000832X_{10} + 0,000086X_{11} - 0,000205X_{12} - 0,002847X_{13} - 0,002528X_{14} + 0,005214X_{15} + 0,002787X_{16} - 0,003285X_{17} - 0,000317X_{18} - 0,003064X_{19} - 0,000001X_{20}$.

IV.2.2 Analisis Signifikansi Variabel Bebas Model Regresi Global

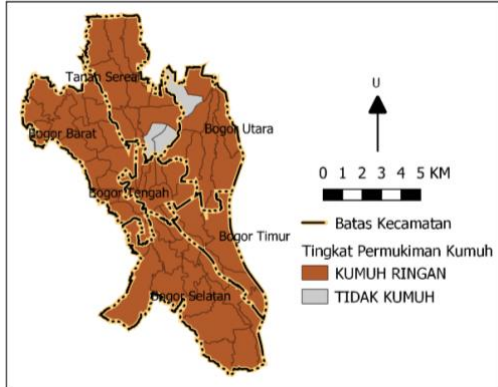
Parameter penilaian dilakukan dengan membandingkan nilai t_{hitung} dengan t_{tabel} . Pengaruh Signifikansi ditunjukkan dengan $|t_{hitung}| > t_{(0,025;10)} = 2,228139$. Hasil uji signifikansi pada model regresi global menunjukkan bahwa secara umum di Kota Bogor variabel yang berpengaruh secara Signifikan adalah variabel Cakupan pelayanan jalan lingkungan (X_4), Prasarana dan sarana persampahan tidak sesuai dengan persyaratan teknis (X_{15}), Ketidakterersediaan sarana proteksi kebakaran (X_{19}), dan Kependudukan (X_{20}).

IV.3 Pengolahan GWR

IV.3.1 Analisis Model GWR

Model matematis GWR yang dihasilkan terdapat 68 model karena masing-masing kelurahan memiliki model matematis GWR yang berbeda. Visualisasi permukiman kumuh model GWR dapat dilihat pada **Gambar 5**. Model matematis GWR secara umum atau dari rerata 68 model yang dihasilkan dari pengolahan menggunakan GWR4 adalah $\hat{y} = 30,15405696 + 0,001534971X_1 + 0,000000X_2 + 0,002055794X_3 + 0,000569912X_4 + 0,00000257353X_5 + 0,000486X_6 + 0,003372426X_7 - 0,000000852941X_8 +$

$$0,000284382X_9 + 0,000854618X_{10} + 0,0000909706X_{11} - 0,000212515X_{12} - 0,004070074X_{13} - 0,001910971X_{14} + 0,004669485X_{15} + 0,002844687X_{16} - 0,002577338X_{17} - 0,000503103X_{18} - 0,003495162X_{19} - 0,000000970588X_{20}.$$



Gambar 5 Permukiman kumuh model GWR

Keputusan menolak H_0 dilakukan dengan tabel ANOVA menggunakan kriteria $F_{hitung} > F_{(0,05;10;38)} = 2,090856$. Tabel ANOVA yang dihasilkan dapat dilihat pada **Tabel 3**. Tabel ANOVA tersebut menunjukkan bahwa $F_{hitung} < F_{tabel}$. Hasil F ini menunjukkan untuk menerima H_0 yang berarti tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara model regresi global dengan model GWR.

Tabel 3 Tabel ANOVA GWR

Sumber Keragaman	SSE	df	SSE/df	F_{hitung}	F_{tabel}
Global Residuals	1598,704	47,000			
GWR Improvement	510,604	9,162	55,730		
GWR Residuals	1088,101	37,838	28,757	1,937952	2,090856

IV.3.2 Analisis Signifikansi Variabel Bebas Model GWR

Analisis signifikansi hubungan variabel dilakukan untuk setiap kelurahan yang berbeda karena tiap kelurahan memiliki nilai t yang berbeda untuk tiap variabel bebas yang diteliti. Kriteria uji signifikansi hubungan untuk menolak H_0 adalah $|t_{hitung}| > t_{(0,025;38)} = 2,024394$. Hasil uji signifikansi pada model GWR menunjukkan bahwa variabel yang berpengaruh secara Signifikan di Kota Bogor adalah variabel Cakupan pelayanan jalan lingkungan (X4), Prasarana dan sarana persampahan tidak sesuai dengan persyaratan teknis (X15), Sistem pengelolaan persampahan yang tidak sesuai standar teknis (X16), Tidak terpeliharanya sarana dan prasarana pengelolaan persampahan (X17), Ketidakterediaan sarana proteksi kebakaran (X19), dan Kependudukan (X20). Variabel Prasarana dan sarana persampahan tidak sesuai dengan persyaratan teknis (X15) berpengaruh Signifikan di seluruh kelurahan Kota Bogor.

IV.4 Pengolahan GWRS

IV.4.1 Analisis Model GWRS

Model matematis GWRS yang dihasilkan berjumlah 68. Nilai skor permukiman kumuh model GWRS berbeda dengan GWR, tetapi untuk

visualisasinya sama seperti model GWR sehingga dapat dilihat melalui **Gambar 5**. Model matematis GWRS secara umum yang dihitung melalui rerata tiap kelurahan adalah $\hat{y} = 30,09097479 + 0,001632X_1 + 0,000000X_2 + 0,002071176X_3 + 0,000571809X_4 + 0,00000226471X_5 + 0,000506721X_6 + 0,003274456X_7 - -0,00000117647X_8 + 0,000279426X_9 + 0,000866868X_{10} + 0,0000899706X_{11} - 0,000210088X_{12} - 0,004065338X_{13} - 0,001911588X_{14} + 0,004682809X_{15} + 0,002819368X_{16} - 0,002607706X_{17} - 0,000498279X_{18} - 0,003503838X_{19} - 0,000000970588X_{20}$.

Tabel ANOVA GWRS digunakan untuk menguji hipotesis model. Tabel tersebut dapat dilihat pada **Tabel 4**. Kriteria nilai $F_{hitung} > F_{(0,05;9;39)} = 2,130597$ menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara model regresi global dengan model GWRS. Kriteria ini menyatakan untuk menolak H_0 .

Tabel 4 Tabel ANOVA GWRS

Sumber Keragaman	SSE	df	SSE/df	F_{hitung}	F_{tabel}
Global Residuals	1598,704	47,000			
GWR Improvement	504,506	8,346	60,451		
GWR Residuals	1094,198	38,654	28,307	2,135512	2,130597

IV.4.2 Analisis Signifikansi Variabel Bebas Model GWRS

Kriteria uji signifikansi hubungan yang digunakan adalah $|t_{hitung}| > t_{(0,025;39)} = 2,022691$ untuk menolak H_0 yang berarti variabel bebas berpengaruh Signifikan. Tiap variabel bebas memiliki pengaruh yang berbeda di tiap kelurahan yang berbeda. Hasil uji signifikansi pada model GWRS menunjukkan bahwa variabel yang berpengaruh secara Signifikan di Kota Bogor adalah variabel Cakupan pelayanan jalan lingkungan (X4), Prasarana dan sarana persampahan tidak sesuai dengan persyaratan teknis (X15), Sistem pengelolaan persampahan yang tidak sesuai standar teknis (X16), Tidak terpeliharanya sarana dan prasarana pengelolaan persampahan (X17), Ketidakterediaan sarana proteksi kebakaran (X19), dan Kependudukan (X20). Variabel Prasarana dan sarana persampahan tidak sesuai dengan persyaratan teknis (X15) dan Ketidakterediaan sarana proteksi kebakaran (X19) berpengaruh Signifikan di seluruh kelurahan Kota Bogor.

IV.5 Perbandingan Model

IV.5.1 Perbandingan Signifikansi Parameter GWR/GWRS

Perbandingan dilakukan untuk menjelaskan perbedaan signifikansi antara model GWR dengan GWRS. Perbandingan akan menunjukkan kelurahan apa yang memiliki pengaruh beda antara kedua model yang diolah. Keseluruhan perbedaan pengaruh ini adalah pengaruh Signifikan pada model GWRS namun Tidak Signifikan pada model GWR. Penjelasan secara rinci adalah sebagai berikut:

1. Parameter X16 memiliki perbedaan signifikansi pengaruh parameter pada Kelurahan Loji di Kecamatan Bogor Barat serta Kelurahan Kebon Kelapa dan Kelurahan Cibogor di Kecamatan Bogor Tengah.
2. Parameter X17 memiliki perbedaan pengaruh di Kelurahan Sempur, Kecamatan Bogor Tengah.
3. Parameter X19 memiliki pengaruh berbeda di Kelurahan Kayumanis, Kelurahan Mekarwangi, dan Kelurahan Kencana pada Kecamatan Tanah Sereal serta Kelurahan Ciparigi, Kelurahan Tanahbaru, dan Kelurahan Ciluar pada Kecamatan Bogor Timur.
4. Parameter lain memiliki besar signifikansi beda namun pengaruh dan pola persebarannya sama.
5. Model GWRS lebih sensitif untuk memberikan hasil pengaruh Signifikan dibandingkan model GWR dalam penelitian yang dilakukan.

IV.5.2 Perbandingan Kriteria Model

Perbandingan dilakukan untuk menunjukkan model mana yang dapat memodelkan permukiman kumuh di Kota Bogor dengan lebih baik. Nilai yang diambil untuk membandingkan model adalah nilai F_{hitung} , AIC, SSE atau RSS, dan R^2 . Tabel perbandingan model dapat dilihat pada **Tabel 5**.

Tabel 5 Perbandingan ketiga model

Model	F_{hitung}	AIC	SSE	R^2
Regresi Global	-	451,681641	1598,704490	0,514679
GWR	$F_{hitung} < F_{tabel}$	436,859197	1088,100599	0,669684
GWRS	$F_{hitung} > F_{tabel}$	436,300307	1094,198052	0,667833

Hasil analisis uji F dari suatu model dapat menunjukkan *goodness of fit* dari model regresi global lebih baik dari model yang dihitung atau tidak. Nilai uji F dibandingkan untuk melihat *goodness of fit* model terbaik. Nilai F_{hitung} dari model GWRS lebih tinggi jika dibandingkan dengan model GWR, yaitu $2,135512 > 1,937952$. Nilai AIC menunjukkan model mana yang lebih baik untuk memodelkan permukiman kumuh di Kota Bogor. Model terbaik adalah model yang memiliki nilai AIC minimum, yaitu GWRS dengan nilai 436,300307 sehingga menunjukkan bahwa model GWRS adalah model yang terbaik untuk memodelkan permukiman kumuh di Kota Bogor.

Nilai SSE atau RSS menunjukkan nilai galat kesalahan dalam mengestimasi nilai \hat{y} . Hal ini mengartikan bahwa model GWR memiliki nilai galat kesalahan terkecil dalam mengestimasi nilai \hat{y} , yaitu sebesar 1088,100599. Nilai R^2 menunjukkan besar kemampuan variabel bebas dalam mendeskripsikan variabel terikatnya. Model GWR memiliki besar kemampuan variabel bebas terbaik untuk mendeskripsikan variabel terikatnya, yaitu sebesar 66,9684%. Model terbaik yang dipilih untuk memodelkan permukiman kumuh di Kota Bogor adalah GWRS. Hal ini dikarenakan model GWRS memiliki nilai AIC terkecil, walaupun nilai SSE dan R^2 model tidak sebaik model GWR. Nilai AIC dijadikan patokan karena merupakan nilai pemilihan model terbaik, terutama dalam tujuan peramalan (*forecasting*).

IV.6 Validasi Lapangan

Persentase dari hasil validasi lapangan terhadap ketiga metode diuraikan sesuai dengan nomor. Ketiga metode yang dimaksud adalah metode skoring, metode GWR dan metode GWRS. Persentase dihitung berdasarkan kategori tingkat kekumuhan. Uraian yang dimaksud adalah sebagai berikut:

1. Metode Skoring

Hasil validasi tingkat permukiman kumuh berdasarkan klasifikasi permukiman kumuh dengan menggunakan metode skoring menunjukkan bahwa terdapat empat kelurahan yang klasifikasinya salah. Adapun persentase kebenaran klasifikasi berdasarkan hasil validasi yang dilakukan adalah sebesar 71,429% yang didapatkan dari $\frac{10}{14} \times 100\% = 71,429\%$.

2. Metode GWR

Metode GWR memiliki satu kesalahan klasifikasi berdasarkan hasil validasi yang dilakukan. Persentase kebenaran klasifikasi tingkat permukiman kumuh pun menunjukkan nilai 92,857%. Nilai persentase tersebut didapatkan dari $\frac{13}{14} \times 100\% = 92,857\%$.

3. Metode GWRS

Metode GWRS memiliki kesalahan klasifikasi yang sama dengan metode GWR berdasarkan hasil validasi. Persentase kebenaran klasifikasi permukiman kumuh adalah 92,857% dengan nilai persentase yang didapatkan dari $\frac{13}{14} \times 100\% = 92,857\%$.

V. Kesimpulan dan Saran

V.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah:

1. Hasil penelitian menunjukkan terdapat dua kelas permukiman kumuh yang ada di Kota Bogor, yaitu Tidak Kumuh dan Kumuh Ringan. Kelurahan yang masuk dalam kelas Tidak Kumuh berjumlah empat, yaitu Ciwaringin, Kedunghalang, Menteng, dan Tanah Sareal. Kelurahan yang masuk dalam kelas Kumuh Ringan adalah 64 kelurahan lain di Kota Bogor. Skor klasifikasi kumuh terendah adalah Kedunghalang dengan skor 7, sedangkan skor klasifikasi kumuh terbesar adalah Balumbang Jaya dengan skor 41. Pola permukiman kumuh di Kota Bogor menunjukkan pola yang mengelompok dan tidak teratur.
2. Penjelasan dibagi sesuai bahasan agar lebih mudah dibaca dan dipahami.
 - a. Model GWR

Hasil model permukiman kumuh model GWR menunjukkan terdapat tiga permukiman yang termasuk klasifikasi Tidak Kumuh dan 65 permukiman lain Kumuh Ringan. Tiga kelurahan yang dimaksud adalah Kelurahan Kedunghalang, Kelurahan Tanah Sareal, dan Kelurahan Kebonpedes. Skor permukiman kumuh tertinggi dimiliki oleh Kelurahan Bubulak dengan skor 42,25261. Hasil uji F menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan

yang signifikan antara model regresi global dengan model GWR. Nilai AIC menunjukkan bahwa GWR lebih baik dalam memodelkan permukiman kumuh dibandingkan model regresi global. Nilai SSE menunjukkan GWR merupakan model terbaik yang memiliki galat kesalahan terkecil. Nilai R^2 menunjukkan pula bahwa GWR merupakan model terbaik dalam kemampuan variabel bebas untuk mendeskripsikan variabel terikatnya. Pengaruh Signifikan yang diberikan oleh variabel bebas terhadap variabel terikat dalam model GWR terdapat enam variabel bebas. Keenam variabel bebas yang dimaksud adalah X4, X15, X16, X17, X19, dan X20. Variabel X15 berpengaruh Signifikan di setiap kelurahan Kota Bogor.

b. Model GWRS

Hasil klasifikasi model permukiman kumuh GWRS sama seperti model GWR. Skor permukiman kumuh tertinggi dimiliki oleh Kelurahan Bubulak dengan skor 42,21449. Uji F menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara model GWRS dengan model regresi global. Nilai AIC menunjukkan GWRS merupakan model terbaik dalam memodelkan permukiman kumuh di Kota Bogor. Nilai SSE menunjukkan model GWRS memiliki galat kesalahan lebih kecil daripada model regresi global. Kemampuan variabel bebas untuk mendeskripsikan variabel terikat pada model GWRS lebih baik dibanding model regresi global. Banyak dan jenis variabel bebas yang berpengaruh Signifikan pada model GWRS sama seperti model GWR, tetapi pengaruh yang dihasilkan berbeda. Enam variabel bebas sama seperti model GWR, yaitu X4, X15, X16, X17, X19, dan X20. Variabel X15 dan X19 berpengaruh Signifikan di seluruh kelurahan Kota Bogor.

V.2 Saran

Saran dalam penelitian ini adalah :

1. Hasil penelitian menunjukkan agar Pemerintah Kota Bogor berfokus kepada penanganan permukiman kumuh sesuai dengan kriteria yang disebut dalam penelitian ini sebagai variabel bebas X4, X15, X16, X17, X19, dan X20. Fokus penanganan kriteria lebih diutamakan lagi bagi variabel X15 dan X19.
2. Melakukan analisis penelitian yang lebih detail, misalnya dalam tingkat kelurahan berbasis data RW jika memiliki skala data seperti penelitian ini yang skalanya besar.
3. Melakukan verifikasi data untuk tiap parameter.
4. Validasi lapangan sebaiknya dilakukan pada validasi ketepatan signifikansi parameter karena untuk validasi tingkat kekumuhan memerlukan kompetensi khusus terkait bidang tersebut.
5. Lakukan survei lapangan terlebih dahulu kepada Dinas Perumahan dan Permukiman, terutama Tim KOTAKU.

6. Menambahkan pengaruh variabel bebas dari faktor pertimbangan lain selain kependudukan.
7. Menggunakan model lain yang menguji heterogenitas spasial untuk memodelkan permukiman kumuh.
8. Memodelkan permukiman kumuh di kota-kota yang lebih besar lagi dibandingkan dengan Kota Bogor.

DAFTAR PUSTAKA

Budiharjo. 1997. *Lingkungan Binaan dan Tata Ruang Kota*. Yogyakarta: Andi Offset, ISBN: 979-533-458-1.

Caraka, R. E., dan Yasin, H. 2017. *Geographically Weighted Regression (GWR) Sebuah Pendekatan Regresi Geografis*. Yogyakarta: MOBIUS Graha Ilmu, ISBN: 978-602-19479-8-2.
<https://zenodo.org/record/1168741>

Fathurahman, M. 2009. Pemilihan Model Regresi Terbaik Menggunakan Metode *Akaike's Information Criterion* dan *Schwarz Information Criterion*. *Jurnal Informatika Mulawarman*, 4(3), 37-41.

Fotheringham, A. S., Brunson, C., dan Charlton, M. 2002. *Geographically Weighted Regression*. Chichester: John Wiley & Sons LTD, ISBN: 0-471-49616-2.

ISO. 2013. *ISO 19157 Geographic Information – Data Quality*.

Khomarudin. 1997. *Menelusuri Pembangunan Perumahan dan Pemukiman*. Jakarta: Yayasan REI – PT. Rakasindo.

Kotabogor. 2016. *Letak Geografis Kota Bogor*.
<https://kotabogor.go.id/index.php/page/detail/19/letak-geografis>. Diakses pada 8 April 2020.

Peraturan Daerah Kota Bogor Nomor 4 Tahun 2017 Tentang Pencegahan dan Peningkatan Kualitas Terhadap Perumahan Kumuh dan Permukiman Kumuh.

Silvia, C. S., 2017. Identifikasi Karakteristik dan Pemetaan Tingkat Kekumuhan Kawasan Permukiman Kumuh Gampong Panggong Kecamatan Johan Pahlawan. *Jurnal Universitas Teuku Umar*, 3(4), 1-12.

Sugiarto dan Arsyadana, H. H. 2015. Perbandingan Regresi Global dan *Geographical Weighted Regression (GWR)* pada Model Kasus Prevalensi Penyakit Hepatitis. *Statistika*, 3(2), 31-40.

Surat Keputusan Wali Kota Bogor No. 653.45-282 Tahun 2019 Tentang Penetapan Lokasi Penanganan Permukiman Kumuh.

Undang-Undang No. 1 Tahun 2011 Tentang Perumahan dan Kawasan Permukiman.

Yasin H. 2011. Pemilihan Variabel pada Model *Geographically Weighted Regression*. *Media Statistika*, 4(2), 63-72.
<https://doi.org/10.14710/medstat.4.2.63-72>