

**PEMODELAN KINETIKA DAN PEMANTAUAN KUALITAS
UDARA PARAMETER OZON (O₃) DI UNIVERSITAS ISLAM
INDONESIA (UII), SLEMAN, D.I YOGYAKARTA**
**Kinetics Modeling And Air Quality Monitoring of Ozone (O₃) Parameter in
Islamic University Of Indonesia (UII), Sleman, D.I Yogyakarta**
Rani Soraya¹, Supriyanto²

Program Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia,
Yogyakarta, Indonesia.

Email: Rnisoraya@gmail.com¹ , supri.yanto@uii.ac.id²

ABSTRAK

Ozon (O₃) merupakan polutan sekunder yang dihasilkan berdasarkan reaksi kimia kompleks yang terjadi di atmosfer dari berbagai prekursornya. NO_x, CO, CH₄ dan HMHC (Non Metan Hidrokarbon) merupakan senyawa yang menjadi prekursor O₃. Konsentrasi O₃ yang selalu meningkat perlu diantisipasi karena keberadaannya dalam konsentrasi tertentu dapat menimbulkan berbagai dampak negatif baik bagi kesehatan manusia maupun bagi lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan nilai konsentrasi ozon (O₃) yang terjadi pada wilayah Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia (UII), menentukan nilai konstanta laju dan konstanta laju penguraian dengan metode pemodelan kinetika menggunakan laju reaksi dan neraca massa dari penyebaran gas emisi ozon (O₃) pada daerah kawasan UII. Lokasi penelitian bertempat di kawasan Universitas Islam Indonesia dengan 5 titik sampling yaitu parkir motor Fakultas Kedokteran atau Rusunawa Putri, Fakultas D3 Ekonomi atau Perpustakaan Pusat UII, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Fakultas Psikologi dan Ilmu Sosial Budaya, Fakultas Teknologi Industri. Metode sampling konsentrasi O₃ dilakukan dengan metode neutral buffer kalium iodide (NBKI) menggunakan spektrofotometer dan menggunakan pemodelan fixed-box dengan persamaan laju reaksi dan neraca massa model dalam keadaan unsteady state dan complete mixing yang berada pada orde 1. Hasil pengukuran rata-rata konsentrasi ozon di wilayah Kampus Terpadu UII yaitu 0,739 µg/Nm³, apabila dibandingkan dengan baku mutu udara sebesar 235 µg/Nm³ untuk parameter ozon (O₃) maka konsentrasi ozon pada wilayah UII tidak melebihi baku mutu yang telah ditentukan. Didapat rata-rata konstanta laju pembentukan (kf) yaitu 183,8 jam⁻¹ dan rata-rata konstanta laju penguraian (kd) 105,26 jam⁻¹.

Kata kunci: Ozon, Kampus UII, pemodelan fixed-box, laju reaksi, neraca massa.

ABSTRACT

Ozone (O₃) is a secondary pollutant produced based on complex chemical reactions occurring in the atmosphere from its various precursors. NO_x, CO, CH₄ and HMHC (Non Methane Hydrocarbon) are compounds that become O₃ precursors. An increased concentration of O₃ needs to be anticipated because its presence in certain concentrations can cause negative impacts for both human health and the environment. This study aims to determine the value of ozone concentration (O₃), the value of rate constants and the rate of decomposition constant by kinetic modeling method using reaction rate and mass balance of ozone emission gas deployment (O₃) on UII area. The research location is located in the area of UII with 5 sampling points which is motorcycle parking of Faculty of Medicine or Female Dorm, Faculty of Economics D3 or UII Central Library, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Faculty of Psychology and Social Culture Science, Faculty of Industrial Technology. The method used in this research is using Neutral Buffer Potassium Iodide (NBKI) with spectrophotometer and using fixed-box modeling with equation of reaction rate and mass balance model in unsteady state and complete mixing which is in orde 1. The result showed that the average ozone concentration in UII area is 0,739 µg/Nm³ if it is compared with air quality standard as to 235 µg/Nm³ for ozone parameter (O₃). The conclusion is ozone concentration in UII region does not exceed the quality standard. The average rate of formation constant (kf) is 183.8 hours⁻¹ and the average rate of decomposition constant (kd) is 105.26 hours⁻¹.

Keyword: Ozone, UII campus, fixed-box modeling, reaction rate, mass balance.

I. PENDAHULUAN

Ozon permukaan merupakan salah satu polutan udara yang telah lama diketahui berdampak negatif terhadap fungsi paru-paru manusia, keseimbangan hutan, pertanian, dan lingkungan baik alami maupun buatan manusia. Kesulitan mengendalikan ozon permukaan disebabkan karena pembentukannya bukan disebabkan emisi secara langsung ke atmosfer, melainkan akibat serangkaian reaksi kompleks yang melibatkan senyawa organik yang mudah menguap dan nitrogen oksida. Konsentrasi ozon permukaan meningkat pada kondisi meteorologi tertentu (Schreiber, 1996).

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan nilai konsentrasi ozon (O_3), nilai konstanta laju pembentukan dan konstanta laju penguraian dengan metode pemodelan kinetika menggunakan *fixed-box* dengan persamaan laju reaksi dan neraca massa dari penyebaran gas emisi ozon (O_3) pada daerah kawasan UII. Manfaat dari penelitian ini diharapkan sebagai informasi mengenai kualitas udara ambien parameter ozon (O_3) pada wilayah UII, Sleman, D.I Yogyakarta dan menambah kajian tentang metode pemodelan *fixed-box* dengan persamaan laju reaksi dan neraca massa yang diharapkan dapat menjadi pengetahuan dan edukasi bagi akademisi maupun masyarakat.

II. METODE PENELITIAN

2.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di kawasan kampus terpadu Universitas Islam Indonesia. Titik lokasi sampling yaitu 5 parkir kendaraan bermotor. Parkiran yang dilakukan penelitian yaitu parkir Fakultas Kedokteran (FK) atau Rusunawa Putri, parkir Fakultas D3 Ekonomi atau perpustakaan Pusat UII, parkir Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA), parkir Fakultas Teknologi Industri (FTI) atau Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan (FTSP), parkir Fakultas Psikologi dan Ilmu Sosial Budaya (FPSB). Lokasi sampling dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Peta lokasi sampling di Universitas Islam Indonesia

Titik koordinat lokasi sampling dapat dilihat pada Tabel 1

Tabel 1 Titik Koordinat di Parkiran Motor UII

Lokasi	Titik Koordinat
Fakultas Kedokteran atau Rusunama Putri	LS 7°41'12.0192" BT 110°24'53.7408"
Fakultas D3 Ekonomi atau Perpustakaan Pusat UII	LS 7°41'19.212" BT 110°24'53.3268"
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam	LS 7°41'16.75" BT 110°24'43.63"
Fakultas Teknologi Industri	LS 7°41'13.794" BT 110°24'43.7688"
Fakultas Psikologi dan Ilmu Sosial Budaya	LS 7°41'14.15" BT 110°24'48.33"

2.2 Metode Penelitian

Metode yang digunakan untuk sampling konsentrasi O_3 berdasarkan pada SNI (Standar Nasional Indonesia) 19-7119.8-2005. Prinsip kerja yang digunakan yaitu uji kadar oksidan dengan metode *neutral buffer kalium iodide* (NBKI) menggunakan spektrofotometer. Oksidan dari udara ambien yang telah dijerap oleh larutan NBKI akan bereaksi dengan ion Iodide membebaskan iod (I_2) yang berwarna kuning muda. Konsentrasi larutan ditentukan secara spektrofotometri pada panjang gelombang 352 nm.

Rumus yang digunakan untuk perhitungan

- Volum contoh uji udara yang diambil
Volum contoh uji udara yang diambil dikoreksi pada kondisi normal (25°C, 760 mmHg) dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$V = \frac{F_1 + F_2}{2} \times t \times \frac{Pa}{Ta} \times \frac{298}{760} \dots\dots\dots (2.1)$$

- Konsentrasi oksidan di udara ambien (O_3)
Konsentrasi oksidan dalam contoh uji dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$C = \frac{a}{V} \times 1000 \dots\dots\dots (2.2)$$

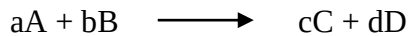
2.3 Metode Neraca Massa

Persamaan umum neraca massa lengkap suatu sistem ditunjukkan Persamaan dibawah ini
[massa masuk sistem] – [massa keluar sistem] + [massa timbul dalam sistem] – [massa dikonsumsi dalam sistem] = [massa terakumulasi dalam sistem] (2.3)

2.4 Metode Laju Reaksi

Bila reaksi dinyatakan dengan basis kinetika, perbedaan orde reaksi akan terjadi untuk berbagai variasi reaktan dan kondisi reaksi. Pada temperature konstan, hubungan antara laju reaksi, konsentrasi reaktan dan orde reaksi, (n), dinyatakan sebagai berikut :

$$\text{Laju} = \text{rate} = [\text{konsentrasi}]^n$$



$$r = k [A]^\alpha [B]^\beta$$

Konstanta α dan β digunakan untuk mendefinisikan orde (pangkat) reaksi dengan mengacu pada reaktan A dan B secara individu. Orde reaksi secara keseluruhan adalah $(\alpha + \beta)$. Nilai orde reaksi yang terjadi pada proses-proses di bidang teknik lingkungan umumnya 0,1, dan 2.

Satuan konstanta laju reaksi (k) adalah fungsi dari orde reaksi. Jika reaksi bersifat homogen, koefisien untuk reaksi orde nol adalah unit mol per unit volume per unit waktu (mol/l.t), sedangkan untuk reaksi orde satu dan dua, konstanta laju reaksi memiliki satuan per waktu (l/t) dan unit volume per mol per waktu (l/mol.t) (Slamet dan Maduqi, 2000).

2.5 Pemodelan Konsentrasi Ozon

Konsentrasi O_3 diasumsikan dalam keadaan *unsteady state* yang merupakan proses yang terjadi berkaitan dengan neraca massa pada suatu sistem dapat dipengaruhi oleh perubahan waktu. Konsentrasi ozon diasumsikan pada keadaan *complete mixing* atau pencampuran sempurna dan berada pada orde 1. Sehingga reaksi pembentukan persamaan yang terjadi sebagai berikut:

Laju akumulasi = input + output $\pm$ reaksi

(Schnoor,1996)

$$V \frac{dc}{dt} = (Q \times C_{in}) - (Q \times C_{out}) + (r_f \times V) - (r_d \times V)$$

$$V \frac{dc}{dt} = 0 - (Q \times C_{out}) + V (r_f - r_d)$$

$$\frac{dc}{dt} = - \frac{Q}{V} \times C_{out} + \frac{V}{V} (r_f - r_d)$$

$$\frac{dc}{dt} = - \frac{Q}{V} \times C_{out} + (r_f - r_d)$$

$$\frac{dc}{dt} = r_f - r_d - \frac{Q}{V} \times C_{out}$$

$$\frac{dc}{dt} = k_f \times C - k_d \times C - \frac{Q}{V} \times C_{out}$$

$$\frac{dc}{dt} = C (k_f - k_d - \frac{Q}{V})$$

$$\begin{aligned}
\int_c^c \frac{dc}{dt} &= [k_f - k_d - \frac{Q}{V}] \int_0^{t=kp} dt \\
\ln C \Big|_{C_0}^{C_p} &= [k_f - k_d - \frac{Q}{V}] \times t \\
\ln C_p - C_0 &= [k_f - k_d - \frac{Q}{V}] \times t \\
\ln \left(\frac{C_p}{C_0} \right) &= (k_f - k_d - \frac{Q}{V}) \times t \\
\left(\frac{C_p}{C_0} \right) &= \exp \left(k_f - k_d - \frac{Q}{V} \right) \times t \\
C_p &= C_0 \exp \left(k_f - k_d - \frac{Q}{V} \right) \times t \dots\dots\dots (2.4)
\end{aligned}$$

Nilai Q merupakan debit perkalian luas wilayah dengan kecepatan angin. Pada pemodelan dapat ditentukan menggunakan persamaan :

$$Q = L \times H \times u \dots\dots\dots (2.5)$$

Nilai *volume box* pada pemodelan yang merupakan volume area sampling dapat ditentukan menggunakan persamaan :

$$V = L \times W \times H \dots\dots\dots (2.6)$$

Tabel 2. Daftar Notasi

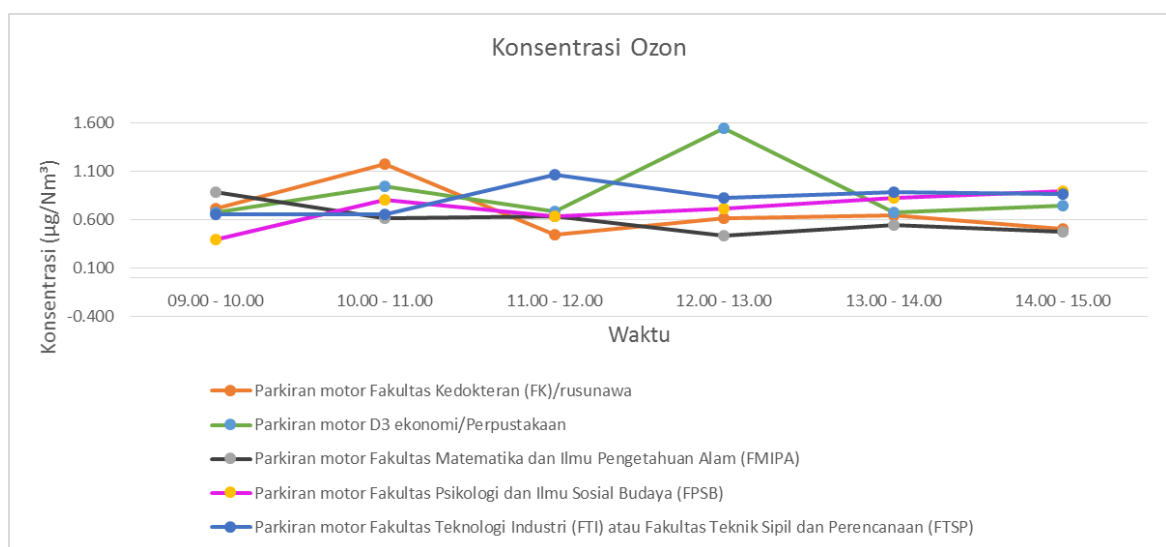
V	= Volume udara yang dihisap (L)
F1	= Laju alir akhir (L/menit)
F2	= Laju alir akhir (L/menit)
t	= Durasi pengambilan contoh uji (menit)
Pa	= Tekanan barometer rata-rata selama pengambilan contoh uji (mmHg)
Ta	= Temperatur rata-rata selama pengambilan contoh uji (K)
298	= Konversi temperatuur pada kondisi normal (25°C) kedalam Kelvin
760	= Tekanan udara standar ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)
C	= Konsentrasi sampling O ₃ di udara ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)
a	= Jumlah O ₃ dari contoh uji yang diperoleh kurva kalibrasi (μg)
1000	= Konversi liter ke m ³
Q	= debit polutan (m ³ /jam);
C _{in}	= Konsentrasi udara yang masuk ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)
C _{out}	= Konsentrasi udara yang keluar ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)

C_p	= Konsentrasi ozon pemodelan ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)
C_0	= Konsentrasi ozon sampling pada jam ke 0 ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)
V	= volume box (m^3)
r_f	= Laju reaksi formasi/pembentukan ($\text{mol}/\text{l.t}$)
r_d	= Laju reaksi disosiasi/penguraian ($\text{mol}/\text{l.t}$)
k_f	= Konstanta pembentukan (jam^{-1})
k_d	= Konstanta disosiasi (jam^{-1})

III. HASIL PENGAMATAN DAN ANALISIS DATA

3.1 Konsentrasi di Parkiran Motor UII

Setelah melakukan pengambilan data di masing-masing parkiran motor UII, didapatkan nilai konsentrasi ozon seperti pada Gambar 3 Konsentrasi Ozon di 5 Titik Sampling Parkiran Motor UII.



Gambar 3 Konsentrasi Ozon di 5 Titik Sampling Parkiran Motor UII

Pada Gambar 3 menunjukkan di titik sampling parkiran motor Fakultas D3 Ekonomi memiliki nilai konsentrasi ozon tertinggi yaitu sebesar $1,546 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Hal ini terjadi dikarenakan pada saat jam tersebut, banyak aktivitas kendaraan motor yang keluar dari parkiran motor yang dapat meningkatkan kadar polutan pada titik sampling tersebut. Data yang diperoleh untuk nilai konsentrasi tertinggi ini pada saat pengambilan jam 12.00-13.00 juga memiliki nilai absorbansi tertinggi dibandingkan sampel uji lainnya. Dari hasil pengukuran didapat nilai absorbansi yaitu 0,1185 yang diperoleh dari pengukuran menggunakan spektrofotometer. Nilai absorbansi bergantung pada zat yang terkandung didalamnya, semakin banyak kadar zat yang terkandung dalam suatu sampel maka semakin banyak molekul yang akan menyerap cahaya pada panjang gelombang. Nilai absorbansi berbanding lurus

dengan nilai konsentrasi sehingga semakin besar nilai absorbansi yang diperoleh maka semakin besar nilai konsentrasi (Neldawati, 2013).

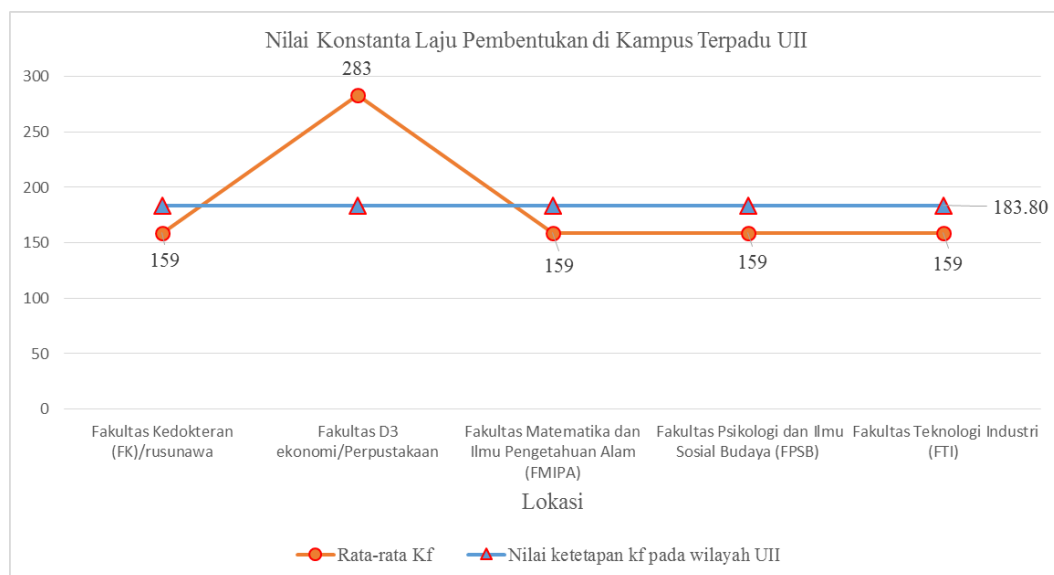
Konsentrasi ozon terendah yaitu sebesar $0,397 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ pada jam 09.00-10.00 di Parkiran Motor Fakultas Psikologi dan Ilmu Sosial Budaya (FPSB). Hal ini disebabkan karena tidak terdapat banyak aktivitas berkendara pada jam tersebut. Faktor lain yang mempengaruhi yaitu terdapat gedung dan pepohonan rapat yang dapat menyerap kadar polutan.

Dapat dilihat dari Gambar 3 bahwa konsentrasi ozon pada parkir motor UII mengalami fluktuasi. Tidak terdapat jam optimal terjadinya kenaikan konsentrasi ozon dalam rentang waktu jam 11.00 - 15.00. Penyebab dari kondisi fluktuasi ini adalah aktivitas kendaraan motor yang berbeda pada tiap jam bergantung padat atau tidaknya jam perkuliahan yang menyebabkan banyaknya kendaraan motor dan perubahan cuaca pada saat dilakukan pengambilan data tiap titik sampling.

Nilai konsentrasi ozon rata-rata (O_3) yang diperoleh pada wilayah UII yakni sebesar $0,739 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ apabila dibandingkan dengan Peraturan Pemerintah Nomor 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara pada lampiran Baku Mutu Udara Ambien Nasional untuk parameter ozon (O_3) dengan waktu pengukuran selama 1 jam, maka konsentrasi ozon pada parkir motor UII tidak melebihi baku mutu yang telah ditentukan yakni sebesar $235 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$.

3.2 Konstanta Laju Pembentukan

Konstanta laju pembentukan atau nilai kf pada wilayah Kampus Terpadu UII dapat dilihat pada Gambar 4 Perbandingan Rata-rata Nilai Kf di wilayah Kampus Terpadu UII.

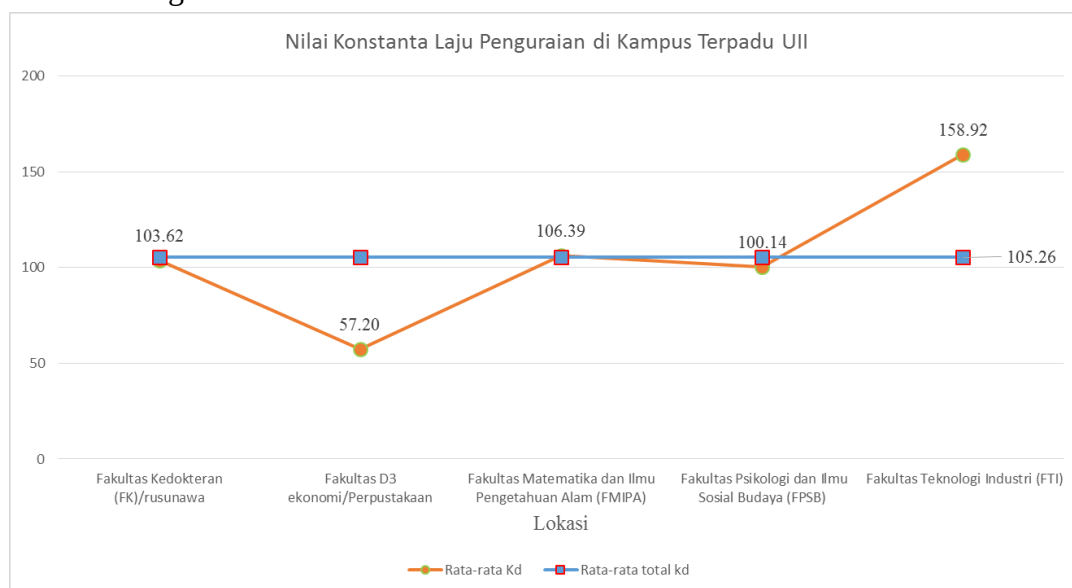


Gambar 4 Perbandingan Rata-rata Nilai Kf di wilayah Kampus Terpadu UII

Nilai k_f merupakan nilai konstanta formasi atau konstanta laju pembentukan. Nilai ketetapan k_f yang digunakan yaitu 159 jam^{-1} kecuali pada titik sampling 2 atau di Parkiran Motor Fakultas D3 ekonomi nilai k_f yang digunakan adalah 283 jam^{-1} . Hal ini dikarenakan pada titik 2, nilai kecepatan angin tinggi yang berpengaruh terhadap hitungan nilai Q yang berbanding lurus dengan nilai k_f sehingga nilai k_f pada jam tersebut tinggi dibandingkan nilai k_f lainnya. Nilai k_f pada titik sampling 2 melebihi nilai k_f rata-rata pada wilayah tersebut yakni $183,8 \text{ jam}^{-1}$.

3.3 Konstanta Laju Penguraian

Konstanta laju penguraian atau nilai k_d pada wilayah Kampus Terpadu UII dapat dilihat pada Gambar 5 Perbandingan Rata-rata Nilai k_d di Parkiran Motor UII.



Gambar 5 Perbandingan Rata-rata Nilai k_d di wilayah Kampus Terpadu UII

Nilai k_d merupakan nilai konstanta disosiasi atau konstanta laju penguraian. Nilai k_d diperoleh dengan melakukan *trial-error* melalui pendekatan konsentrasi sampling harus bernilai sama dengan nilai konsentrasi pemodelan sesuai rumus berikut:

$$C_p = C_0 \exp \left(k_f - k_d - \frac{Q}{V} \right) \times t$$

Tabel 1 Perbandingan Nilai Q dan k_d

Lokasi	Rata-rata nilai Q	Nilai k_d
Fakultas Kedokteran (FK)	1060826.11	103.62
Fakultas D3 ekonomi	4256116.79	57.20
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA)	1016027.71	106.39

Lokasi	Rata-rata nilai Q	Nilai Kd
Fakultas Psikologi dan Ilmu Sosial Budaya (FPSB)	1120855.97	100.14
Fakultas Teknologi Industri (FTI)	15231.456	158.92

Nilai kd pada parkir motor Fakultas D3 ekonomi atau Perpustakaan Pusat UII memiliki nilai kd terendah yaitu dengan nilai $57,2 \text{ jam}^{-1}$ dan untuk nilai kd tertinggi sebesar $158,92 \text{ jam}^{-1}$ pada parkir motor Fakultas Teknologi Industri (FTI) atau Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan (FTSP). Dapat dilihat pada Tabel 1 Perbandingan Nilai Q dan Kd, untuk nilai Q terendah berada pada titik sampling Fakultas Teknologi Industri (FTI) atau Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan (FTSP), sedangkan nilai Q tertinggi berada pada titik sampling Fakultas D3 ekonomi atau Perpustakaan Pusat UII. Dari hasil yang didapat, nilai kd berbanding terbalik dengan nilai Q.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Konsentrasi ozon (O_3) pada wilayah Kampus Terpadu UII diperoleh nilai sebesar $0,739 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Apabila nilai konsentrasi ozon (O_3) yang diperoleh dibandingkan dengan Peraturan Pemerintah Nomor 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara pada lampiran Baku Mutu Udara Ambien Nasional untuk parameter ozon (O_3) dengan waktu pengukuran selama satu jam, maka konsentrasi ozon pada parkir motor UII tidak melebihi baku mutu yang telah ditentukan yakni sebesar $235 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$.
2. Nilai ketetapan kf rata-rata pada wilayah Kampus Terpadu UII diperoleh nilai sebesar sebesar 159 jam^{-1} pada Fakultas Kedokteran (FK) atau Rusunawa Putri, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA), Fakultas Psikologi dan Ilmu Sosial Budaya (FPSB), Fakultas Teknologi Industri (FTI) atau Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan (FTSP) kecuali pada Fakultas D3 Ekonomi atau Perpustakaan Pusat UII diperoleh nilai kf sebesar 283 jam^{-1} . Hal ini dikarenakan pada Fakultas D3 Ekonomi atau Perpustakaan Pusat UII, nilai kecepatan angin tinggi yang berpengaruh terhadap hitungan nilai Q sehingga nilai kf pada titik tersebut tinggi dibandingkan nilai kf lainnya. Rata-rata nilai kf total yaitu sebesar $183,80 \text{ jam}^{-1}$.
3. Nilai kd rata-rata pada wilayah Kampus Terpadu UII diperoleh nilai sebesar $105,26 \text{ jam}^{-1}$.

V. SARAN

Saran dari penelitian ini adalah:

1. Untuk penelitian sejenis, perlu dilakukan pemodelan kinetika dan pemantauan kualitas udara parameter ozon (O_3) dengan parameter lain seperti hidrokarbon atau nitrogen oksida yang merupakan polutan primer dari ozon.
2. Perlu dilakukan penelitian lanjutan pemodelan kinetika dan pemantauan kualitas udara parameter ozon (O_3) dengan sumber pencemar lain seperti CFC (Kloro Floro Karbon).
3. Sebaiknya perlu dilakukan penelitian konsentrasi ozon (O_3) pada wilayah Universitas Islam Indonesia dengan menggunakan metode lainnya.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- Budiyono, A., Hamdi, S., Komala, N., & Sumaryati (2009). **Analisis Variasi Diurnal Ozon dan Precursornya pada Musim Kemarau dan Musim Hujan Di Bandung**. *Jurnal Sains Dirgantara*. **Volume.7.1**.165-175.
- Neldawati, Ratnawulan, Gusnedi (2013) **Analisis Nilai Absorbansi dalam Penentuan Kadar Flavonoid untuk Berbagai Jenis Daun Tanaman Obat**. *Pillar of physics*. **Volume.2**.76-83.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 41 Tahun 1999 tentang **Pengendalian Pencemaran Udara**.
- Saleh, F (2015). **Neraca Massa dan Neraca Panas**. Yogyakarta: Aswaja Pressindo.
- Schnoor, J. L (1996) **Environmental Modelling: Fate and Transport of Pollutants in Water, Air and Soil**. John Wiley and Sons Inc
- Schreiber, V (1996). **A Synoptic Climatological Evaluation Of Surface Ozone Concentrations in Lancaster Country Pennsylvania**. Millersville University of Pennsylvania.
- Slamet, A., Masduqi, A (2000). **Modul Ajar Satuan Proses**. Surabaya: ITS press.
- Standar Nasional Indonesia (SNI) 19-7119.8-2005 tentang **Penentuan Lokasi Pengambilan Contoh Uji Pemantauan Kualitas Udara Ambien**. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional Indonesia.