

ANALISIS PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN KAWASAN AKIBAT PENGGUNAAN LAHAN UNTUK TEMPAT PENGOLAHAN SAMPAH TERPADU

(ANALYSIS OF LAND USE/LAND COVER CHANGE DUE TO INTEGRATED WASTE TREATMENT PLANT)

Prima Jiwa Osly¹, Shifa Nurhardiyanti¹, Wita Meutia¹

¹Program Studi Teknik Sipil, Universitas Pancasila, Jakarta, Indonesia

E-mail: primajiwa.osly@univpancasila.ac.id

Diterima 6 Maret 2023, Disetujui 14 April 2023

ABSTRAK

Banyaknya sampah yang berdatangan ke tempat pembuangan akhir akan terus menghasilkan penumpukan sampah dari waktu ke waktu sehingga menimbulkan masalah di TPST Bantar Gebang yang mana hal ini mendorong tumpukan TPST Bantar Gebang semakin tinggi, salah satunya adalah keterbatasan lahan. Penelitian ini bertujuan untuk mengobservasi sebuah kondisi peningkatan persebaran fisik lahan TPST Bantar Gebang dari tahun 1990-2019 dengan SIG berupa analisis perubahan tutupan lahan yang mana sebagai suatu proses perubahan yang terjadi pada tutupan lahan sendiri didefinisikan bahwa terjadinya suatu proses adanya perubahan dari penggunaan lahan yang baik bersifat sementara dan permanen yang difaktorkan dari pertumbuhan lingkungan maupun sosial. Penelitian ini menggunakan metode *time series* dalam analisa pola hubungan antara variabel yang akan dipekirakan dengan variabel waktu. Dalam metode *time series* ini akan menggunakan model ARIMA (*autoregressive integrated moving average*) dengan bantuan *software* Minitab untuk memprediksi kawasan TPST Bantar Gebang di masa depan. Tahapan dalam penelitian ini mencari data primer berupa observasi langsung turun ke lapangan dan sekunder berupa peta dasar kemudian tahap selanjutnya menganalisa data melalui citra *landsat* hingga menghasilkan persentase luas tutupan lahan beserta klasifikasinya serta data sampah masuk. Prediksi pada tahun 2021 ketinggian sampah mencapai 49,91 meter, maka luasan luasan yang dibutuhkan untuk menampung tumpukan sampah di TPST Bantar Gebang sebesar 10,42 Ha dan luas total Kawasan TPST menjadi sebesar 115,09 Ha dan pada tahun 2026 menyatakan bahwa sampah masuk sebesar 3.970.158 Ton, maka lahan baru yang dibutuhkan adalah 7,68 Ha. Perlu penambahan beberapa pengelolaan untuk pengolahan sampah seperti ITF (*Intermediate Treatment Facility*) guna mempercepat proses pengurangan volume sampah lama maupun harian dengan kapasitas maksimal agar TPST tetap berumur panjang dan dapat teratasi dengan baik dapat dijadikan kebijakan mitigasi.

Kata Kunci: tutupan lahan, time series, model ARIMA

ABSTRACT

The amount of waste that arrives at the final disposal site will continue to produce a build-up of waste from time to time, causing problems at the Bantar Gebang TPST which have pushed the Bantar Gebang TPST pile up, one of which is limited land. This study aims to observe a condition of increasing the physical distribution of the Bantar Gebang TPST land from 1990-2019 with GIS in the form of an analysis of land cover changes which as a process of changes that occur in land cover itself is defined that the occurrence of a process of changes from good land use temporary and permanent factored from environmental and social growth. This study uses the time series method in analyzing the pattern of the relationship between the variables to be estimated with the time variable. In this time series method, we will use the ARIMA (autoregressive integrated moving average) model with the help of Minitab software to predict the Bantar Gebang TPST area in the future. The stages in this research are looking for primary data in the form of direct observation at the field and secondary in the form of a base map, then the next stage is analyzing data through Landsat images to produce the percentage of land cover area along with their classification and incoming waste data. It is predicted that in 2021 the height of the waste will reach 49,91 meters, so the area needed to accommodate piles of garbage in the Bantar Gebang TPST is 10,42 Ha and the total area of the TPST area is 115,09 Ha and in 2026 it is stated that the incoming waste is equal to 3.970.158 Tons, then the new land required is 7,68 Ha. the addition of several managements for waste processing such as the ITF (Intermediate Treatment Facility) to accelerate the process of reducing the volume of old and daily waste with a maximum capacity so that the TPST remains long-lived and can be handled properly. This can be used as a mitigation policy.

Keywords: land cover, time series, ARIMA model

PENDAHULUAN

Perkembangan pesat perkotaan yang terjadinya di Indonesia yang seiring berjalannya dengan pertumbuhan jumlah penduduk perkotaan yang semakin lama semakin tinggi[1]. Salah satu permasalahan di perkotaan adalah sampah yang juga menjadi suatu permasalahan nasional, mulai dari cara pengelolaannya yang perlu dikelola dengan terpadu dan menyeluruh dari hulu ke hilir supaya dapat memberikan hal positif secara ekonomi, kesehatan masyarakat, lingkungan akan pentingnya rasa peduli terhadap lingkungan. Dampak dari pembuangan sampah yang menumpuk dapat menyebabkan pencemaran pada semua komponen lingkungan, maka dari itu penyediaan lahan TPST yang sesuai dapat meminimalisir dampaknya. Makin banyaknya sampah yang berdatangan, demi mencukupi kepentingan ruang untuk memperluas lokasi TPST sering ditemukan persoalan besar nan harus diselesaikan dengan seksama, salah satunya adalah ketersediaan untuk lahan[2].

Banyaknya sampah yang berdatangan ke tempat pembuangan akhir akan terus menghasilkan penumpukan sampah dari waktu ke waktu hingga menimbulkan masalah di TPST Bantar Gebang yang mana hal ini mendorong tumpukan TPST Bantar Gebang semakin tinggi, salah satunya adalah keterbatasan lahan. Masalah ini ditimbulkan karna adanya faktor manusia yang mempengaruhi jumlah tumpukan sampah terus meningkat setiap tahunnya hingga berakibat pada keterbatasan pengelolaan.

Maka besar perlakuan daerah TPST pada suatu wilayah harus diperkirakan dalam merencanakan suatu perluasan[3]. Perubahan tutupan lahan menjadi suatu fenomena global yang mendapat perhatian di berbagai negara di dunia dan pada kajian perubahan terhadap tutupan lahan berkembang secara signifikan[4].

Oleh sebab itu kebutuhan informasi mengenai lokasi TPST diperlukan untuk mencegah terjadinya kesalahan dalam memilih lokasi untuk tempat tinggal. Metode ini diproses dengan menggunakan manfaat dari teknologi Landsat untuk menggali informasi lokasi TPST melalui bantuan sistem informasi geografis (SIG). Peramalan dalam hal ini menggambarkan suatu kegiatan dalam memprediksi kejadian yang akan terjadi di masa mendatang dan merupakan salah satu alat untuk perencanaan yang efisien dan efektif[5]. Satu dari beberapa metode yang digunakan adalah metode prediksi yang menggunakan analisis dari pola hubungan antar variabel yang diestimasi menggunakan variabel waktu. Peramalan pada data time series tentunya butuh ada yang diperhatikan untuk tipe ataupun pola data. Dalam pola data time series terdiri empat macam pola pada data, yaitu trend, horizontal, siklis, dan musiman. Model yang digunakan dalam metode time series ini adalah model ARIMA (autoregressive integrated moving average) dengan bantuan Minitab Statistical Software untuk memprediksi kawasan TPST Bantar gebang di masa depan[6]. Sebab itu pada penelitian ini hendak dilakukan pengolahan data yang dapat memberi bantuan warga setempat dalam mendapatkan informasi perihal TPST. Untuk membantu efisiensi dalam melakukan pemilihan

lokasi hunian baik warga setempat maupun imigran sehingga bebas dari polusi yang berdampak pada kesehatan yang bisa terjadi.

SIG yang terkait dengan penggunaannya sebagai ruang pengembangan adalah sistem komputerisasi yang mana menjadi tempat penyimpanan serta memanipulasi informasi geografis. Dalam implementasi sistem ini digunakan perangkat keras (hardware) serta perangkat lunak komputer (software) yang bertujuan untuk memperoleh dan verifikasi data, penyimpanan data, kompilasi data, melakukan up-dating data, manipulasi data, manajemen, pemanggilan dan presentasi data, serta analisa data. Sistem Informasi Geografis dapat menampilkan, menganalisis, memanipulasi, up-dating, menyimpulkan, dan mengumpulkan semua bentuk data yang berferensi geografis secara efisien dengan memperolehnya dari gabungan yang terdiri dari hardware, software, informasi geografis, serta sumber daya manusia yang terorganisir.

Dengan menggunakan data dari hasil yang telah diolah dalam pengelolaan peta, maka kriteria lahan dari hasil pengelolaan peta dapat diekstraksi supaya kegiatan pengevaluasian lahan menjadikan lokasi TPST lebih efisien untuk dikerjakan dengan hasil yang maksimal dari aspek waktu, biaya, dan tenaga. Dalam menciptakan informasi baru dengan lebih cepat dan efisien merupakan salah satu kemampuan SIG untuk pemrosesan data spasial.

Maksud yang terdapat pada penelitian ini untuk menganalisis perubahan tutupan lahan pada kawasan TPST Bantar Gebang dan tujuan yang terdapat pada penelitian ini berdasarkan latar belakang yang terdapat diatas adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi luas daerah tutupan lahan pada kawasan TPST Bantar Gebang.
2. Mengetahui ramalan sampah masuk dan luas kawasan TPST Bantar Gebang yang akan datang menggunakan metode time series.
3. Untuk menghasilkan kebijakan mitigasi di TPST Bantar Gebang.

METODE

Time series (deret waktu) merupakan serangkaian dari pengamatan kuantitatif yang disusun dalam urutan kronologis dari setiap data pada titik waktu tertentu dan data terurut yang disusun berdasarkan waktu. Umumnya diasumsikan bahwa waktu adalah variabel diskrit. Deret waktu diskrit adalah deret waktu di mana pengamatan dilakukan pada interval waktu yang tetap. Deret waktu kontinu diperoleh ketika pengamatan berkelanjutan dicatat dalam beberapa interval waktu. Memvisualisasikan bentuk data untuk mendapatkan gagasan bentuk dan mengidentifikasi hampir secara instan kesamaan antara pola pada berbagai skala waktu[7].

Model ARIMA dalam penggunaan metode time series dikembangkan pada tahun 1960 oleh G.E.P. Box dan G.M. Jenkins[8], [9], [10], [11], [12]. Dengan model ini peramalan yang digunakan memiliki dasar pada model regresi deret waktu stasioner yang mana berarti jika berhadapan dengan ARIMA maka syarat yang wajib dipenuhi adalah datanya harus stasioner.

Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) merupakan metode runtun waktu Box-Jenkins untuk dipergunakan dalam data pada deret waktu. Model ARIMA terbagi dalam 3 grup yaitu model autoregressive (AR), moving average (MA), dan model gabungan ARIMA (autoregressive moving average) memiliki ciri tersendiri dari kedua model AR dan MA. Pada model autoregressive (AR) ialah model mendasar dalam asumsi data pada periode sebelumnya yang berpengaruh terhadap data periode sekarang. Model matematika autoregressive dengan AR ordo p pada model ARIMA (p,0,0)

Adapun persamaan matematika yang digunakan untuk model AR (autoregressive):

$$X_t = \phi_1 X_{t-1} + \phi_2 X_{t-2} + \dots + \phi_p X_{t-p} + \epsilon_t \dots\dots (1)$$

Keterangan:

- X_t = data pada periode ke-t
- ϕ_p = parameter autoregressive ke-p
- ϵ_t = nilai kesalahan pada saat t

Pada model moving average (MA) adalah ordo q atau model ARIMA (0,0,q) memiliki bentuk umum yang dinyatakan dengan persamaan matematika:

$$X_t = \epsilon_t + \theta_1 \epsilon_{t-1} + \theta_2 \epsilon_{t-2} + \dots + \theta_q \epsilon_{t-q} + \epsilon_t \dots\dots (2)$$

Keterangan:

- X_t = data pada periode ke-t
- θ_p = parameter moving average
- ϵ_t = nilai kesalahan pada saat t

Pada model autoregressive moving average (gabungan) yang terdiri dari kedua proses yang berbeda yaitu terjadi adanya proses ARMA dan ARIMA yang merupakan gabungan dari ordo p (AR) dan ordo q (MA) memiliki bentuk umum sebagai berikut:

$$X_t = \phi_1 X_{t-1} + \phi_2 X_{t-2} + \dots + \phi_p X_{t-p} - \epsilon_t - \theta_1 \epsilon_{t-1} - \theta_2 \epsilon_{t-2} - \dots - \theta_q \epsilon_{t-q} - \epsilon_t \dots\dots (3)$$

Keterangan:

- X_t = data pada periode ke-t
- ϕ_p = parameter autoregressive ke-p
- θ_p = parameter moving average
- ϵ_t = nilai kesalahan pada saat t

Sedangkan untuk model gabungan proses ARIMA tidak jauh berbeda seperti ARMA, yang membedakan adalah ARIMA didasarkan pada asumsi data pada periode sebelumnya yang berpengaruh terhadap data periode sekarang serta nilai pada residual sebelumnya. Jika keadaan suatu data yang tidak stasioner ditambahkan pada gabungan proses ARMA, maka model ARIMA (p, d, q) telah terpenuhi. Dengan dinyatakan dalam persamaan matematika sebagai berikut:

$$(1 - B)^d (1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p) X_t = \epsilon_t + \theta_1 \epsilon_{t-1} - \theta_2 \epsilon_{t-2} - \dots - \theta_q \epsilon_{t-q} \dots\dots (4)$$

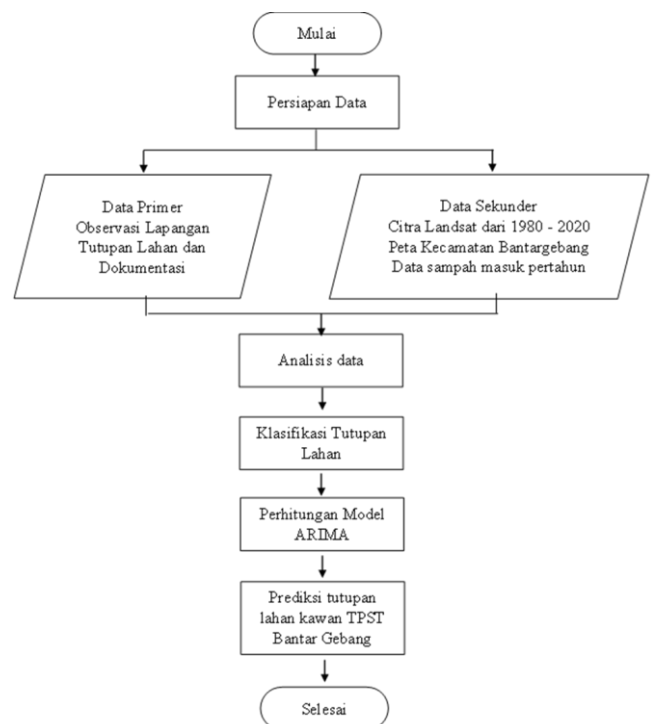
Keterangan:

- X_t = data pada periode ke-t
- B = operator back shift
- $(1 - B)^d X_t$ = time series yang stasioner dalam pembedaan ke-d
- ϕ_p = parameter autoregressive ke-p
- θ_p = parameter moving average
- ϵ_t = nilai kesalahan pada saat t

Tabel 1. Karakteristik teoritik ACF dan PACF.

No.	Model	ACF	PACF
1	MA(q) = moving average of order q	Cuts off After lag q	Dies down
2	AR(p) = autoregressive of order p	Dies down	Cuts off After lag p
3	ARMA (p, q) = mixed autoregressive-moving average of order (p, q)	Dies down	Dies down
4	AR(p) or MA(q) After lag q	Cuts off After lag p	Cuts off
5	No order AR or MA (White Noise or Random process)	No spike	No spike

Untuk lebih jelas mengenai tahapan serta metodologi yang dipakai dalam penelitian ini dapat dilihat pada diagram alir berikut ini:



Gambar 1. Diagram alir metodologi penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

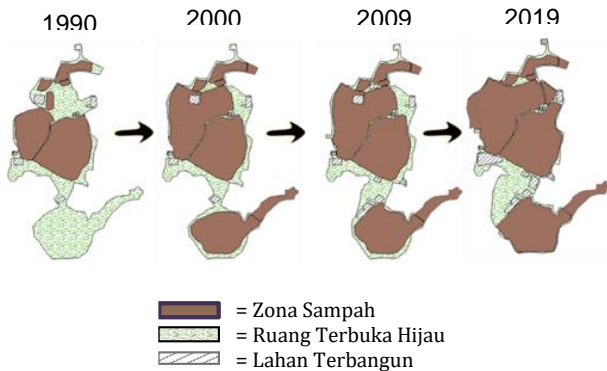
Lokasi penelitian

Wilayah penelitian ini secara geografis terletak pada 6°21' LU dan 107°00' BT. Wilayah Bantargebang masuk ke zona UTM 48S. TPST Bantar Gebang berada pada 3 kelurahan, yaitu Kelurahan Cikiwul, Kelurahan Ciketing

Udik, dan Kelurahan Sumur Batu. Di kawasan sekitar TPST masih banyak terdapat lahan persawahan.

Perubahan Tutupan Lahan TPST Bantar Gebang Periode 1990-2019

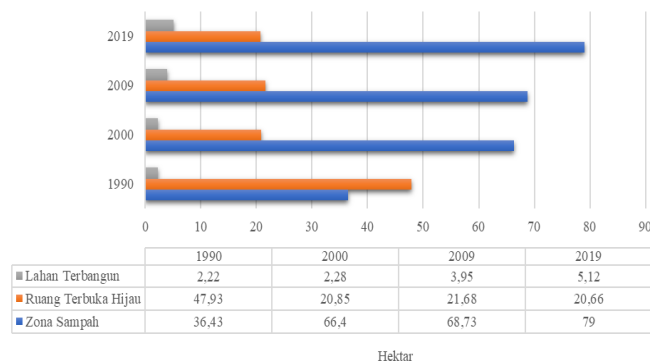
Jenis tutupan lahan yang di hasilkan dari interpretasi visual menggunakan citra landsat didapatkan beberapa kelas tutupan lahan yaitu zona tumpukan sampah, lahan terbangun (kantor, tempat pengolahan sampah, penunjang sarana dan prasarana), dan ruang terbuka hijau.



Gambar 2. Overlay tutupan lahan kawasan TPST Bantar Gebang.

■ = Zona Sampah
 ■ = Ruang Terbuka Hijau
 ■ = Lahan Terbangun

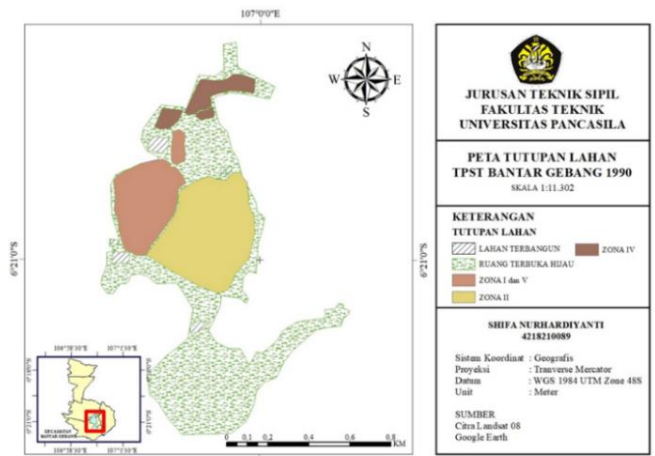
Grafik Perubahan Tutupan Lahan



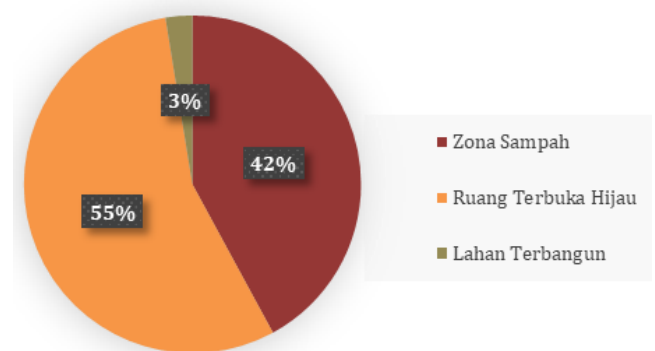
Gambar 3. Grafik perubahan tutupan lahan TPST Bantar Gebang periode 1990-2019.

Berdasarkan dari hasil analisis yang telah dilakukan tertera pada Gambar 2 dan Gambar 3 dari tahun 1990 hingga 2019 dapat dilihat pada kurun waktu kurang lebih 10 tahun yaitu pada tahun 1990, 2000, 2009, dan 2019 mengalami peningkatan luasan terus menerus terutama terhadap luas zona sampah mengingat banyaknya sampah masuk yang terus meningkat setiap periode.

Ruang terbuka hijau mengalami penurunan dikarenakan luasan zona sampah yang semakin melebar dan lahan terbangun mengalami peningkatan di beberapa lokasi untuk menunjang fasilitas TPST Bantar Gebang seperti kantor, IPAS, ruang komposting, power house, masjid, timbangan truk sampah, hangar landfill, dan PLTSa. Seiring berjalannya waktu zona sampah menjadi melebar ataupun bisa membuka zona baru dengan diiringi tingkat sampah yang masuk. Peta perubahan dapat dihasilkan dengan membandingkan empat citra hasil klasifikasi berdasarkan luas perubahannya, hasil tersebut dapat dilihat pada Gambar 4-Gambar 11.

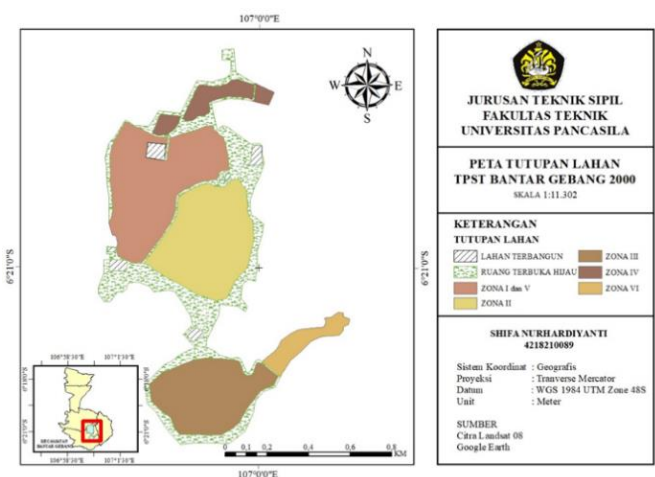


Gambar 4. Peta tutupan lahan TPST Bantar Gebang Tahun 1990.

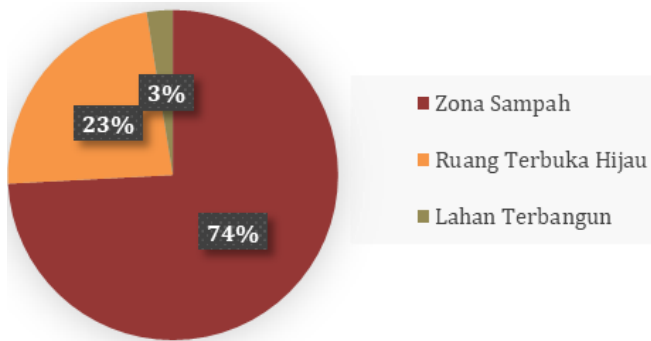


Gambar 5. Grafik persentase jenis tutupan lahan tahun 1990.

Dilihat dari hasil persentase jenis tutupan lahan tahun 1990, lahan Kawasan TPST di dominasi oleh ruang terbuka hijau dengan persentase sebesar 55% (47,93 Ha). Pada zona tumpukkan sampah memiliki persentase sebesar 42% (36,43 Ha). Lahan terbangun pada Kawasan ini memiliki persenan terkecil yaitu sebesar 3% (2,22 Ha) dikarenakan Kawasan ini juga baru berdiri satu tahun dari luas total Kawasan TPST sebesar 86,58 Ha.



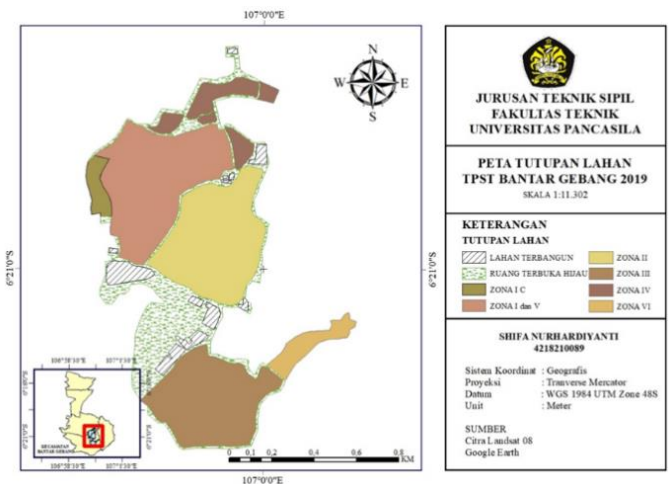
Gambar 6. Peta tutupan lahan TPST Bantar Gebang 2000



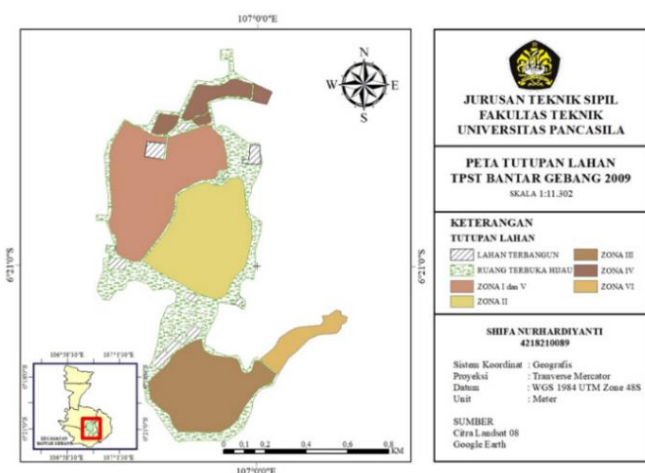
Gambar 7. Grafik persentase jenis tutupan lahan tahun 2000

Dilihat dari hasil persentase jenis tutupan lahan tahun 2000, lahan Kawasan TPST di dominasi oleh zona sampah dengan persentase sebesar 74% (66,40 Ha). Pada ruang terbuka hijau memiliki persentase sebesar 23% (20,85 Ha). Lahan terbangun pada Kawasan ini masih memiliki persenan terkecil yaitu sebesar 3% (2,28 Ha) tetapi terdapat penambahan luas yang dipergunakan untuk ruang IPAS, dan luas total Kawasan TPST sebesar 89,53 Ha.

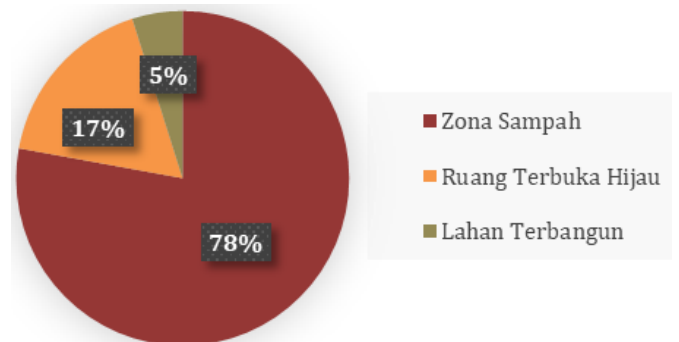
tetapi terdapat penambahan luas yang dipergunakan untuk ruang bangunan composting, power house, dan masjid. Luas total Kawasan TPST Bantar Gebang pada tahun 2009 mengalami perluasan sebesar 4,83 Ha maka luas Kawasan TPST menjadi 94,36 Ha.



Gambar 10. Peta tutupan lahan TPST Bantar Gebang 2019



Gambar 8. Peta tutupan lahan TPST Bantar Gebang 2009

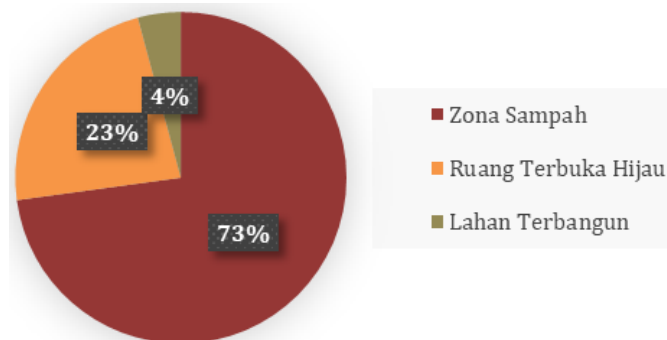


Gambar 11. Grafik persentase jenis tutupan lahan tahun 2019

Dilihat dari hasil persentase jenis tutupan lahan tahun 2019, lahan Kawasan TPST tetap di dominasi oleh zona sampah dengan persentase sebesar 78% (81,50 Ha). Pada ruang terbuka hijau memiliki persentase sebesar 17% (17,05 Ha). Lahan terbangun pada Kawasan ini mengalami peningkatan menjadi sebesar 5% (5,12 Ha) dikarenakan terdapat penambahan luasan yang dipergunakan untuk perluasan kawasan gedung perkantoran, hangar landfill mining, dan pembangunan PLTSA. Luas total Kawasan TPST Bantar Gebang pada tahun 2019 mengalami perluasan sebesar 10,31 Ha maka luas Kawasan TPST menjadi 104,67 Ha.

Dari hasil persentase di atas memperlihatkan bahwa tutupan lahan yang terdapat di zona sampah memiliki luasan tertinggi pada tahun 2019 yaitu seluas 81,50 Ha (78%) dengan total luas 104,67 Ha dan luasan terendah terdapat di lahan terbangun pada tahun 1990 yaitu seluas 2,22 Ha (3%) dengan total luasan 86,58 Ha.

Dari tahap terakhir dalam penelitian ini setelah mendapatkan hasil akhir untuk mengetahui jenis tutupan lahan TPST Bantar Gebang, mengidentifikasi luasan tutupan lahan dengan interval kurun waktu kurang lebih 10 tahun pada tahun 1990, 2000, 2009, dan 2019 menggunakan software ArcGIS 10.8, selanjutnya adalah



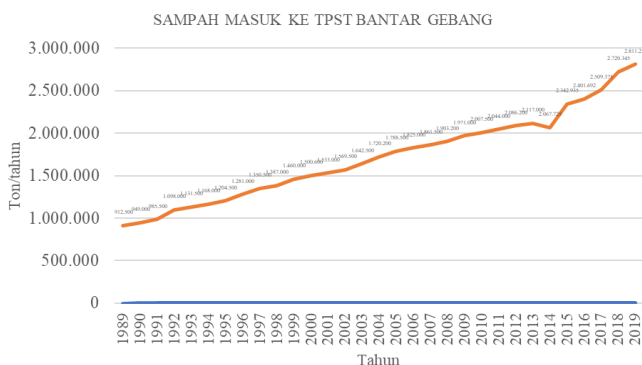
Gambar 9. Grafik persentase jenis tutupan lahan tahun 2009

Dilihat dari hasil persentase jenis tutupan lahan tahun 2009, lahan Kawasan TPST tetap di dominasi oleh zona sampah dengan persentase sebesar 73% (68,73 Ha). Pada ruang terbuka hijau memiliki persentase sebesar 23% (21,68 Ha). Lahan terbangun pada Kawasan ini masih memiliki persenan terkecil yaitu sebesar 4% (3,95 Ha)

memprediksi luasan dan asumsi ketinggian pada tahun yang akan datang menggunakan bantuan software minitab untuk mengolah data metode time series.

Tabel 2. Data sampah masuk (ton/tahun) dan ketinggian (m)

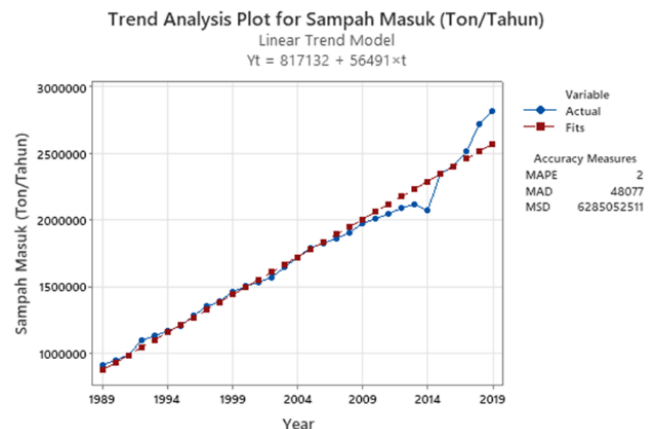
Tahun	Sampah Masuk (Ton/Tahun)	Ketinggian (m)	
		Zona Aktif	Zona Tidak Aktif
1989	912.500	14,73	5,78
1990	949.000	15,32	6,01
1991	985.500	15,91	6,24
1992	1.098.000	17,73	6,95
1993	1.131.500	18,27	7,16
1994	1.168.000	18,86	7,39
1995	1.204.500	19,45	7,62
1996	1.281.000	20,68	8,11
1997	1.350.500	21,80	8,55
1998	1.387.000	22,39	8,78
1999	1.460.000	23,57	9,24
2000	1.500.600	24,23	9,50
2001	1.533.000	24,75	9,70
2002	1.569.500	25,34	9,94
2003	1.642.500	26,52	10,40
2004	1.720.200	27,77	10,89
2005	1.788.500	28,87	11,32
2006	1.825.000	29,46	11,55
2007	1.861.500	30,05	11,78
2008	1.903.200	30,73	12,05
2009	1.971.000	31,82	12,48
2010	2.007.500	32,41	12,71
2011	2.044.000	33,00	12,94
2012	2.086.200	33,68	13,21
2013	2.117.000	34,18	13,40
2014	2.067.725	33,38	13,09
2015	2.342.935	37,82	14,83
2016	2.401.692	38,77	15,20
2017	2.509.375	40,51	15,89
2018	2.720.345	43,92	17,22
2019	2.811.230	45,39	17,80
TOTAL	53.350.502		



Gambar 12. Grafik sampah masuk setiap tahun

Dari data masuk sampah ton/hari dari tahun 1989 hingga 2019 memperlihatkan bahwa data sampah yang masuk terendah berada pada tahun 1989 sebesar 912.500 ton/hari dan data sampah masuk tertinggi pada tahun 2019 sebesar 2.811.230 ton/hari.

Analisis perubahan luas tutupan lahan TPST Bantar Gebang menggunakan metode time series

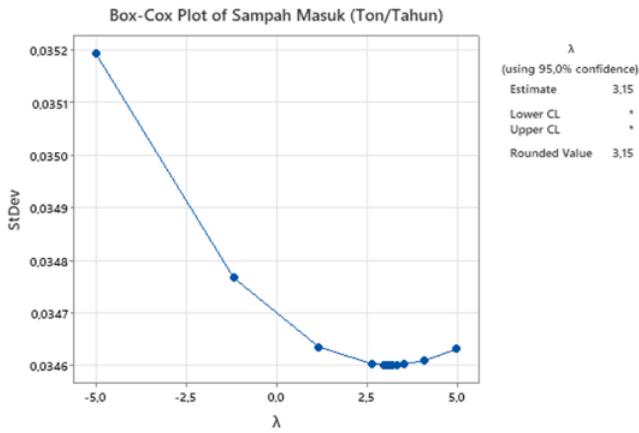


Gambar 13. Grafik trend analisis data asli sampah masuk (ton/tahun)

Indeks data sampah masuk memiliki pergerakan trend yang mana cenderung meningkat dari tahun 1989-2019 ini digambarkan dalam bentuk time series plot seperti Gambar 13 berdasarkan data sampah masuk pada Tabel 2.

Berdasarkan grafik plot time series bahwa data yang ada termasuk data non-stasioner, data yang tidak stasioner dalam mean maupun varians. Ini dibuktikan dari plot time series yang menunjukkan data terus meningkat dari tahun ke tahun membentuk trend, maka analisis dapat dilanjutkan harus melalui analisis stasioner dengan Box-Cox untuk transformasi data dan melakukan diferensi pada plot ACF dan PACF.

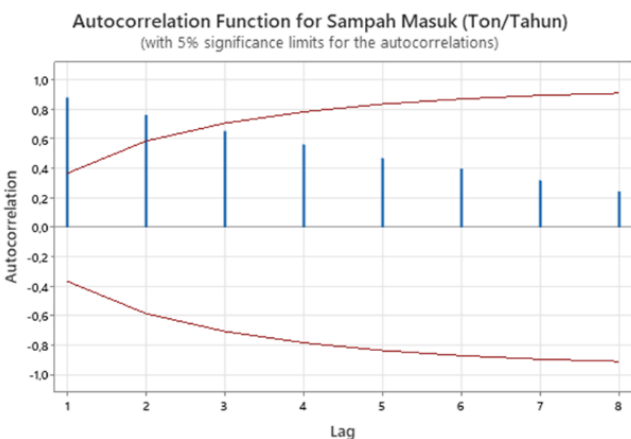
Mengidentifikasi model merupakan hal pertama yang dilakukan untuk pemodelan ARIMA (autoregressive integrated moving average) terhadap penggunaan pada data variabel. Dengan tahap ini maka akan mengetahui bahwa asumsi stasioner dalam varians maupun mean pada data yang digunakan telah terpenuhi. Proses identifikasi stasioner dalam varians dilakukan tahap transformasi melalui *box-cox* seperti yang tertera pada Gambar 14 yang memperlihatkan time series data *in-sample* deret input yaitu sampah masuk di TPST Bantar Gebang tahun 1989-2019 dengan *Box-Cox plot* deret input menyatakan nilai lambda (λ) = 3,15 dan estimate 3,15. Nilai λ = 3,15 menandakan bahwa data tersebut telah stasioner terhadap varians. Apabila diperiksa dari *time series plot* deret input, angka ketinggian ada di sekitar mean.



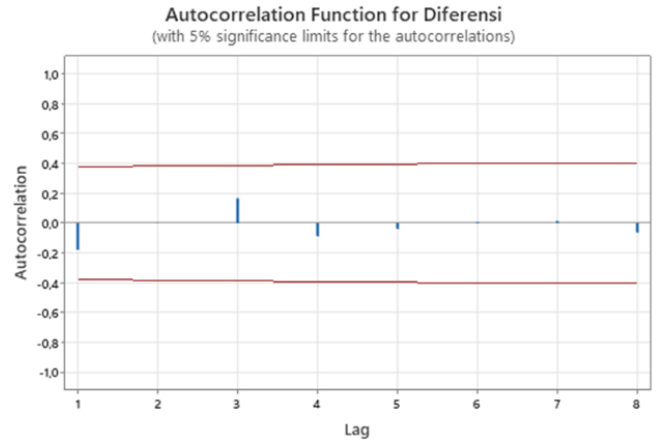
Gambar 14. Box-cox plot deret input sampah masuk

Identifikasi terhadap model ACF (Autocorrelation Function) dan PACF (Partial Autocorrelation) yang ditunjukkan bahwasannya pada ACF plot dapat dilihat data telah dibuat menjadi stasioner terhadap rata-rata karena ACF berpola turun cepat (dies down) dan lambda menunjukkan di atas 1,00. Maka dapat diperkirakan model yang sesuai adalah model ARIMA (0,3,2).

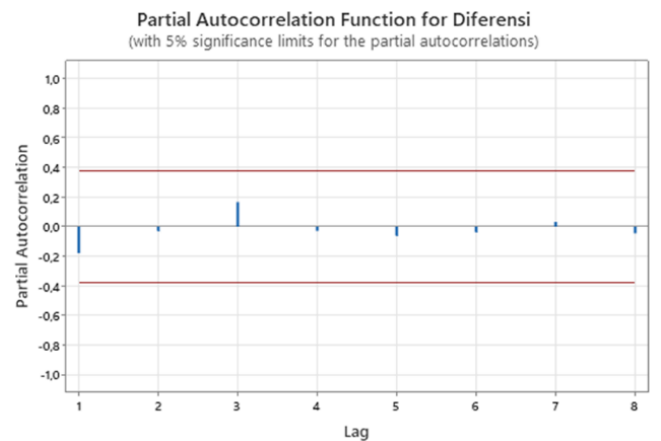
Setelah asumsi stasioner varians telah diketahui, langkah selanjutnya ialah melakukan pemeriksaan terhadap asumsi pada mean dengan melalui plot ACF (autocorrelation function). Pada plot ACF (autocorrelation function) pada Gambar 15 memperlihatkan bahwa plot ACF (autocorrelation function) pada variabel menggambarkan dies down (bergerak turun). Data plot ini menunjukkan terhadap mean bahwa data pada variabel belum stasioner. Hal ini dapat diatasi untuk data yang belum stasioner dengan cara proses differencing. Guna memenuhi asumsi stasioner dalam mean maka proses ini harus dilakukan dan hasil berdasarkan proses untuk differencing terdapat pada Gambar 16.



Gambar 15. Plot ACF data sampah masuk (ton/tahun)



Gambar 16. ACF plot differencing sampah masuk (ton/tahun)



Gambar 17. PACF plot sampah masuk (ton/tahun).

Untuk uji signifikansi parameter metode conditional least square dengan perkiraan parameter dalam model yang sesuai. Parameter estimasi tersebut selanjutnya harus diuji untuk menentukan signifikansi terhadap modelnya. Pengujian dalam hipotesis untuk menguji signifikansi cakupan. Setelah model estimasi, langkah selanjutnya adalah menguji signifikansi parameter, yaitu lihat parameter hasil prediksi signifikan yang terhadap model atau tidak. Hasil estimasi dari parameter data sampah masuk dapat diperiksa pada tabel yang tertera di bawah ini.

Tabel 3. Statistik uji parameter model.

Type	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value
MA 1	1,7283	0,0826	20,93	0,000
MA 2	-0,758	0,130	-5,85	0,000
Constant	305	557	0,55	0,589

Sebagai estimasi parameter model maka hipotesis yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$H_0 : \phi = 0$$

$$H_1 : \phi \neq 0$$

Taraf signifikan: $\alpha = 0,05$

Dari model ARIMA (0,3,2) menunjukkan nilai P-Value 0,000 yang mana kurang dari taraf signifikan sebesar 0,05, maka ditemukan bahwa model signifikan dan H0 ditolak.

Akan tetapi, apabila dilakukan check diagnose untuk mengevaluasi adanya asumsi white noise pada model ARIMA (0,3,2) terpenuhi atau tidak. White noise diartikan suatu proses mandiri dan adanya distribusi tertentu berkaitan dengan mean konstan, biasanya white noise diasumsikan 0 dan varians konstan. Sehingga digunakanlah hipotesis:

$H_0 : \rho = 0$

$H_1 : \rho \neq 0$

Taraf signifikan: $\alpha = 0,05$

Tabel 4. Statistik uji model untuk asumsi *white noise Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square Statistic*

Lag	12	24	36	48	Kesimpulan
Chi-Square	8,37	15,71	*	*	White Noise
DF	9	21	*	*	White Noise
P-Value	0,498	0,786	*	*	White Noise

Dapat dilihat pada tabel bahwa nilai P-value yang berada pada lag lebih dari taraf signifikan 0,05, maka ini menunjukkan gagal tolak H_0 . Hal tersebut terlihat bahwa model telah memenuhi asumsi white noise. Berikut hasil ramalan sampah mauk (ton/tahun) untuk 10 periode kedepan.

Berdasarkan pada model time series yang didapatkan adalah model ARIMA (0,3,2), maka perolehan hasil ramalan dapat dilakukan serta di proses menggunakan bantuan Minitab sebagaimana hasilnya seperti berikut.

Tabel 5. Time series plot data hasil ramalan dengan model ARIMA (0,3,2)

Period	Forecast	95% Limits		Actual
		Lower	Upper	
32	2946635	2820981	3072290	
33	3091585	2888299	3294872	
34	3246384	2962819	3529949	
35	3411336	3040264	3782407	
36	3586746	3119017	4054474	
37	3772918	3198246	4347591	
38	3970158	3277448	4662868	
39	4178769	3356289	5001249	
40	4399056	3434530	5363581	
41	4631323	3511995	5750652	

Dikarenakan TPST bantar Gebang memiliki ketinggian maksimal pada zona tumpukan sampah setinggi 50 meter, maka asumsi dari interpolasi ketinggian diketahui pada tahun 2021 TPST Bantar Gebang hampir mencapai tinggi maksimal yaitu setinggi 49,91 meter seperti tabel berikut ini:

Tabel 6. Ramalan sampah masuk (ton/tahun) dan ketinggian untuk 10 periode kedepan

Tahun	Sampah Masuk (Ton)	Ketinggian Zona Aktif (m)
2020	2946635	47,57

Tahun	Sampah Masuk (Ton)	Ketinggian Zona Aktif (m)
2021	3091585	49,91
2022	3246384	52,41
2023	3411336	55,07
2024	3586746	57,91
2025	3772918	60,91
2026	3970158	64,09
2027	4178769	67,46
2028	4399056	71,02
2029	4631323	74,77

Berdasarkan dari Tabel 6 terlihat bahwa hasil peramalan dapat diketahui sampah masuk (ton/tahun) di TPST Bantar Gebang pada 10 periode kedepan mengalami kenaikan seiring dengan bertambahnya waktu. Lantaran hal ini berkaitan dengan nilai trend data asli yang terus naik sehingga nilai peramalan juga mengalami kenaikan. Jumlah peramalan sampah masuk mengalami kenaikan dapat diduga karena adanya faktor yang dialami seperti kenaikan jumlah penduduk, produksi sampah dari masyarakat, dan bertambahnya sektor perusahaan. Pada tahun 2021 ramalan sampah masuk sebesar 3.091.585 ton/tahun dengan ketinggian 49,91 meter yang mana ketinggian pada 2021 sudah mendekati mencapai batas maksimal sebesar 50 meter.

Luasan Kawasan TPST Bantar Gebang pada 2019 sebesar 104,67 Ha dengan ketinggian rata-rata 45,39 meter. Jika pada tahun 2021 ketinggian sampah mencapai 49,91 meter, maka luasan luasan yang dibutuhkan untuk menampung tumpukan sampah di TPST Bantar Gebang sebesar 10,42 Ha dan luas total Kawasan TPST menjadi sebesar 115,09 Ha. Setelah 2021 TPST Bantar Gebang harus menambah lahan kosong yang digunakan untuk tumpukan sampah. Ramalan pada tahun 2026 menyatakan bahwa sampah masuk sebesar 3.970.158 Ton, maka lahan baru yang dibutuhkan adalah 7,68 Ha dengan ketinggian 3 meter.

Identifikasi Kebijakan Mitigasi TPST Bantar Gebang

Dalam mitigasi tumpukan sampah terhadap lingkungan TPST Bantar Gebang terdapat beberapa cara yang dapat dilakukan. Jika dalam pengelolaan sampah dapat meminimalisir tumpukan sampah. Dalam kegiatan pengelolaan di TPST Bantar Gebang terdapat kegiatan coversoil dimana hal ini dimaksudkan untuk menekan perkembangan vektor penyakit yang bisa berdampak terhadap lingkungan, mengurangi potensi terjadinya longsor pada tumpukan sampah, mengurangi emisi rumah kaca dan bau, mengurangi infiltrasi air hujan, serta untuk estetika agar tumpukan menjadi lebih rapih dan tertata dengan baik.

Kegiatan lain yaitu *covering landfill* (geomembrane) yang berfungsi untuk proses dekomposisi sampah sampah agar lebih optimal, optimalisasi ekstraksi landfill gas, mengurangi emisi gas rumah kaca, dan mencegah infiltrasi air hujan. Kemudian terdapat kegiatan landfill mining yang dilakukan dengan cara menggali menggunakan *excavator* pada sampah yang berada di zona tidak aktif serta berusia

10 tahun lebih untuk dijadikan bahan yang dapat didaur ulang serta menghasilkan materi yang bernilai guna seperti tanah/kompos. Dan yang paling berpengaruh dalam pengelolaan sampah adalah PLTSA untuk memproses sampah dengan kapasitas 100 ton/hari yang mana kegiatan ini menjadi pengolahan sampah alternatif untuk mengurangi tumpukan sampah.

Dalam pengoptimalisasi TPST Bantar Gebang terdapat dua strategi dalam mengatasinya, yang pertama mengolah sampah lama pada landfill dalam kegiatan landfill mining untuk mengurangi sampah lama yang berada di zona tidak aktif guna memperoleh lahan yang dapat digunakan kembali sebagai *landfill* serta mengolah sampah menjadi bahan bakar alternatif. Strategi kedua yaitu mengolah sampah baru yang bertujuan untuk mengurangi jumlah tonase sampah baru hendak ditumpuk pada landfill untuk dijadikan alternatif dalam pengolahan sampah yang dapat didaur ulang. Hal ini bertujuan untuk mempercepat pengurangan sampah lama untuk memperoleh lahan yang baru, maka kapasitas landfill mining perlu ditingkatkan sebagai kebijakan mitigasi.

KESIMPULAN

Berdasarkan pengkajian data dari hasil penelitian dan pengolahan yang diperoleh analisis yang dapat ditarik beberapa kesimpulan dari klasifikasi yang di analisis oleh citra Landsat yang diolah menggunakan bantuan software ArcGIS 10.8 untuk tahun 1990, 2000, 2009, dan 2019 diketahui bahwasannya tutupan lahan terbesar pada tahun 1990 yaitu ruang terbuka hijau dengan luas 47,93 Ha (55%), sedangkan luas tutupan lahan terkecil yaitu lahan terbangun dengan luas 2,22 Ha (3%) dari total luas lahan 86,58 Ha. Tutupan lahan terbesar pada tahun 2000 yaitu zona sampah dengan luas 66,40 Ha (74%), sedangkan luas tutupan lahan terkecil yaitu lahan terbangun dengan luas 2,28 Ha (3%) dari total luas lahan 89,53 Ha.

Tutupan lahan terbesar pada tahun 2009 yaitu zona sampah dengan luas 68,73 Ha (73%), sedangkan luas tutupan lahan terkecil yaitu lahan terbangun dengan luas 3,95 Ha (4%) dari total luas lahan 94,36 Ha. Dan tutupan lahan terbesar pada tahun 2019 yaitu zona sampah dengan luas 81,50 Ha (78%), sedangkan luas tutupan lahan terkecil yaitu lahan terbangun dengan luas 5,12 Ha (5%) dari total luas lahan 104,67 Ha.

Luasan Kawasan TPST Bantar Gebang pada 2019 sebesar 104,67 Ha dengan ketinggian rata-rata 45,39 meter. Prediksi pada tahun 2021 ketinggian sampah mencapai 49,91 meter, maka luasan luasan yang dibutuhkan untuk menampung tumpukan sampah di TPST Bantar Gebang sebesar 10,42 Ha dan luas total Kawasan TPST menjadi sebesar 115,09 Ha. Setelah 2021 TPST Bantar Gebang harus menambah lahan kosong yang digunakan untuk tumpukan sampah. Ramalan pada tahun 2026 menyatakan bahwa sampah masuk sebesar 3.970.158 Ton, maka lahan baru yang dibutuhkan adalah 7,68 Ha.

Dua strategi dalam mengatasinya, yaitu mengolah sampah lama pada landfill dalam kegiatan landfill mining untuk mengurangi sampah lama yang berada di zona tidak

aktif guna memperoleh lahan yang dapat digunakan kembali sebagai landfill serta mengolah sampah menjadi bahan bakar alternatif. Strategi kedua yaitu mengolah sampah baru yang bertujuan untuk mengurangi jumlah tonase sampah baru hendak ditumpuk pada *landfill* untuk dijadikan alternatif dalam pengolahan sampah yang dapat didaur ulang. Hal ini bertujuan untuk mempercepat pengurangan sampah lama untuk memperoleh lahan yang baru, maka kapasitas landfill mining perlu ditingkatkan karena dengan pengurangan sampah akan meminimalkan dampak negatif seperti longsor terjadi dapat dijadikan kebijakan mitigasi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. M. D. Vaverkova, D. Adamcova, J. Zloch, M. Radziemska, A. B. Berg, S. Voberkova dan A. Maxianova. Impact of Municipal Solid Waste Landfill on Environment - A Case Study. *Journal of Ecological Engineering*. 2018.
- [2]. R. M. Sampurno dan A. Thoriq. Klasifikasi Tutupan Lahan Menggunakan Citra Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) di Kabupaten Sumedang. *Jurnal Teknotan*. Bandung. 2016.
- [3]. M. F. Buraerah, E. S. Rasyidi dan R. Sandi. Pemetaan Perubahan Penggunaan Lahan di Wilayah Kabupaten Takalar Tahun 1999-2019 Menggunakan Sistem Informasi Geografis. *Jurnal Ilmiah Ecosystem*. Makassar. 2020.
- [4]. Z. Hidayah dan O. S. Suharyo. Analisa Perubahan Penggunaan Lahan Wilayah Pesisir Selat Madura. *Jurnal Ilmiah Rekayasa*. Madura. 2018.
- [5]. K. Setiawan dan S. Rahayu. Kajian Perubahan Penggunaan Lahan Dan Kesesuaiannya dengan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kabupaten Rejang Lebong Berbasis Sistem Informasi Geografis dan Pengindraan Jauh. *Teknik PWK (Perencanaan Wilayah Kota)*. Semarang. 2018.
- [6]. R. M. Derajat, Y. Sopariah, S. Aprilianti, A. C. Taruna, H. A. R. Tisna, R. Ridwana dan D. Sugandi. Klasifikasi Tutupan Lahan Menggunakan Citra Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) di Kecamatan Pangandaran. *Jurnal Kajian Ilmu dan Pendidikan Geografi*. Bandung. 2020.
- [7]. P. Esling dan C. Agon. *Time-Series Data Mining*. Institut de Recherche et Coordination Acoustique/Musique (IRCAM). Paris. 2012.
- [8]. W. Hariadi dan Sulantari. Application of ARIMA Model for Forecasting Additional Positive Cases of Covid-19 in Jember Regency. *Enthusiastic International Journal of Statistics and Data Science*. Jember. 2021.
- [9]. R. Assakhiy, S. Anwar dan F. AR. Peramalan Realisasi Penerimaan Zakat pada Baitulmal Aceh dengan Mempertimbangkan Efek dari Variasi Kalender. *Jurnal Ekonomi dan Pembangunan*. Aceh. 2019.
- [10]. V. D. Sari dan B. M. Sukojo. Analisa Estimasi Produksi Padi Berdasarkan Fase Tumbuh dan Model Peramalan Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) Menggunakan Citra Satelit Landsat 8 (Studi Kasus: Kabupaten Bojonegoro). *GEOID*. Surabaya. 2015.

- [11].P. Widodo dan A. J. Sidik. Perubahan Tutupan Lahan Hutan Gunung Guntur Tahun 2014 sampai dengan Tahun 2017. Wanamukti Jurnal Penelitian Kehutanan. Sumedang. 2018.
- [12].Z. Zulkarnain. Analisis Spasial Perubahan Tutupan Lahan Pada Wilayah Pertambangan. Jurnal Ecogreen. Kendari. 2015.