

Perbaikan Sistem Penyimpanan Sementara dan Pengangkutan Limbah Medis pada Pusat Kesehatan Masyarakat Kota Surabaya

Hilmi Cahya Rinardi, dan Maria Anityasari
Departemen Teknik Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
e-mail: maria@ie.its.ac.id

Abstrak—Limbah medis adalah salah satu penyebab masalah lingkungan di dunia, terutama di Surabaya. Hal tersebut dikarenakan oleh potensi bahaya ke lingkungan dan risiko kesehatan. Pengolahan dan pengangkutan limbah medis penting karena mempunyai regulasi yang perlu ditaati. Puskesmas dibawah oleh Dinas Kesehatan Kota Surabaya. Untuk mengolah limbahnya, Dinas Kesehatan memakai jasa pihak ketiga untuk mengangkut dan mengolah limbah medis dari 63 Puskesmas di Kota Surabaya. Saat ini proses pengangkutan oleh pihak ketiga dilakukan rata-rata sekali sebulan. Namun, terdapat peraturan masa simpan limbah medis yaitu 14 hari dari pertama kali dibuang hingga diangkut keluar tempat pembuangan akhir sementara di setiap Puskesmas. Puskesmas bisa melakukan permintaan pengangkutan lebih sering kepada jasa pengolah limbah namun, pihak ketiga mempunyai batas minimum berat limbah yang diangkut yaitu 25 kilogram. Hal ini dikarenakan prinsip *break-even* antara upah yang diberikan atas kilogram limbah medis yang diolah dan biaya yang harus dikeluarkan dari pengangkutan limbah medis. Riset ini akan mengevaluasi batas minimum 25 kilogram dari pihak pengolah limbah dan menganalisis kemungkinan implementasi durasi 14 hari penyimpanan limbah medis. Peramalan akan digunakan untuk mengetahui pergerakan besaran limbah medis di masa yang akan datang. Hasil dari proses peramalan berat limbah medis akan menjadi langkah awal Dinas Kesehatan Kota Surabaya menentukan keputusan implementasi dalam penanganan limbah medis di Puskesmas. Dari hasil riset ini didapatkan bahwa berat limbah medis akan terus mengalami kenaikan di setiap waktunya. Hal ini menjadi urgensi Dinas Kesehatan Kota Surabaya dalam melakukan perbaikan sistem operasi penyimpanan sementara dan pengangkutan limbah medis.

Kata Kunci—Manajemen Limbah Medis, *Time-Series Forecasting*.

I. PENDAHULUAN

DUNIA telah menghasilkan banyak limbah, rumah sakit dan fasilitas kesehatan pun tidak terkecuali. Limbah medis dapat menginfeksi, karena mengandung bahan kimia beracun dan mempunyai risiko kontaminasi ke manusia dan lingkungan. Limbah medis harus dibuang dengan aman untuk memberikan fasilitas lingkungan yang aman untuk pasien. Terlebih lagi, peralatan medis sangat sensitif, tidak bisa digunakan dua kali atau lebih. Memilih keputusan yang tepat untuk menangani limbah medis tidaklah mudah, terutama ketika adanya alokasi dana yang terbatas. Meskipun risiko yang berkaitan dengan limbah medis telah umum dibahas dalam manual dan literatur, metode pengolahannya memerlukan

konsiderasi yang matang. Terdapat dua aktivitas utama dalam manajemen limbah medis, yaitu penyimpanan dan pengangkutan limbah. Penyimpanan limbah medis menjadi tanggung jawab pihak yang menghasilkan limbah medis tersebut, dalam hal ini adalah masing-masing puskesmas. Limbah harus diangkut secara teratur dalam durasi waktu yang singkat dan tidak diperbolehkan untuk dibiarkan menumpuk terlalu lama dalam tempat pembuangan sementara. Maka dari itu, program pengangkutan limbah medis harian harus direncanakan.

Terdapat 63 puskesmas, satu Gudang farmasi, dan satu Laboratorium Kesehatan Daerah yang dibawah oleh Dinas Kesehatan Kota Surabaya yang tersebar di seluruh area Kota Surabaya. Untuk mengolah dan mengangkut limbahnya, Dinas Kesehatan Kota Surabaya menggunakan jasa pengolahan limbah pihak ketiga. Hal ini dikarenakan adanya persyaratan yang harus dimiliki untuk melakukan pengangkutan dan pengolahan limbah medis. Dinas Kesehatan Kota Surabaya dan pihak ketiga pengolah limbah medis membuat kontrak kerja dengan durasi satu tahun untuk menjamin tuntasnya pekerjaan selama durasi berlaku dengan biaya limbah per kilogram.

Mulai awal tahun 2020, semua puskesmas telah dilengkapi dengan *cold storage* yang dapat menyimpan limbah medis hingga 14 hari [1]. Faktanya, pengangkutan limbah medis pada puskesmas dilakukan rata-rata sekali dalam sebulan. Dapat disimpulkan bahwa kondisi sekarang, praktik pengangkutan limbah medis yang dilakukan Puskesmas Kota Surabaya belum memenuhi syarat. Puskesmas sebenarnya dapat meminta pihak ketiga untuk lebih sering mengangkut limbahnya yang semula diangkut sebulan sekali menjadi 14 hari sekali, namun masalah muncul karena pihak ketiga karena pihak ketiga mempunyai batas minimal limbah yang terakumulasi setidaknya 25 kilogram. Hal ini disebabkan oleh prinsip *break-even* dari upah yang diterima pihak ketiga setiap kilogram limbah yang diangkut dan biaya transportasi yang harus dikeluarkan pihak ketiga untuk mengangkut limbah medis di setiap puskesmas. Kondisi pengangkutan yang dilakukan sekali dalam sebulan terjadi karena rata-rata limbah yang dikeluarkan puskesmas tiap harinya relatif kecil sehingga untuk mengumpulkan batas minimal 25-kilogram perlu waktu rata-rata satu bulan.

Riset ini bertujuan untuk mengevaluasi batas 25-kilogram yang ditetapkan oleh pihak ketiga pengolah limbah medis dan memberikan rekomendasi mengenai implementasi durasi penyimpanan limbah selama 14 hari. Untuk melakukan hal

Tabel 1.

Klasifikasi limbah dalam sector pelayanan kesehatan		
No	Tipe	Deskripsi dan Potensi Risiko
1	Tajam	Limbah berisiko cedera atau luka
	Limbah terkontaminasi	Limbah mengandung darah, sekresi atau kotoran, mempunyai risiko kontaminasi
2	Limbah anatomi	Bagian tubuh dan jaringan, mempunyai risiko kontaminasi
	Limbah infeksius	Limbah mengandung material dan zat yang dapat mengeluarkan zat infeksius
	Limbah farmasi	Obat yang tidak terpakai, obat kedaluwarsa dan penggunaan wadah yang terkontaminasi
3	Limbah sitotoksin	Obat sitotoksin yang kedaluwarsa atau telah dibuang yang terkontaminasi zat sitotoksin
	Limbah mengandung logam	Betari, limbah merkuri (thermometer rusak)
4	Limbah kimia	Limbah mengandung zat kimia: sisa larutan laboratorium, disinfektan, dan larutan fikser
	Kontainer bertekanan	Tabung gas, kaleng aerosol
5	Limbah radioaktif	Limbah mengandung zat radioaktif

tersebut, *time-series forecasting* akan dilakukan untuk meramalkan besar limbah medis di masa depan dengan data historis yang tersedia. Hasil peramalan akan digunakan untuk menentukan ekspektasi rata-rata limbah yang dikeluarkan oleh masing-masing puskesmas, berapa lama mencapai 25-kilogram, dan jika belum mencapai 25-kilogram pada saat 14 hari, berapa kekurangan limbah rata-rata untuk menutupi dari nilai minimal 25-kilogram. Untuk melihat permasalahan secara lebih menyeluruh, skenario akan dikembangkan untuk mengakomodir kemungkinan-kemungkinan yang bisa terjadi dalam proses munculnya limbah medis di setiap puskesmas.

II. STUDI LITERATUR

A. Manajemen Limbah Medis

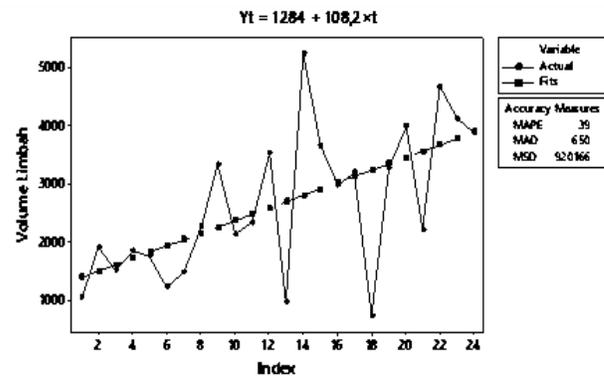
Aktivitas pelayanan Kesehatan ditujukan untuk melindungi Kesehatan, menyembuhkan penyakit, dan menyelamatkan nyawa. Limbah medis dapat dibagi menjadi lima kategori, berdasarkan risiko yang ditimbulkan, dapat dilihat pada Tabel 1.

B. Time-series Forecasting

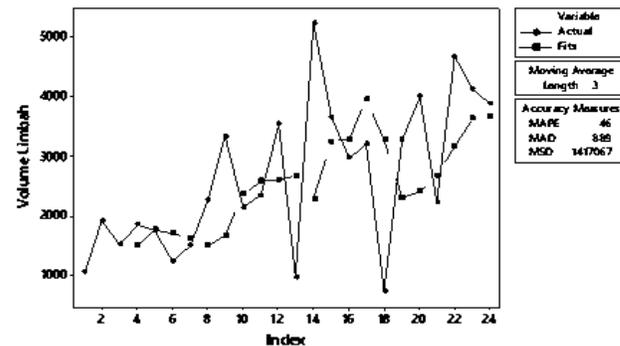
Untuk membuat estimasi nilai di masa depan dari berat limbah medis, *time-series forecasting* akan digunakan. *Time-series* adalah satu kumpulan observasi x_t , setiap nilai akan dicatat pada satu waktu t [2]. Analisis *time-series* terdiri dari rangkaian data, diukur dengan satuan waktu [3]. Analisis *time-series* terdiri dari metode untuk menganalisis data *time-series* menjadi informasi statistic yang lebih informatif dan karakteristik lain dari data. Secara umum *time-series forecasting* dibentuk dari 4 komponen utama selain data input. Komponen tersebut adalah: *trend*, *seasonal*, *cyclical*, dan komponen ireguler [4].

1) Trend

Trend adalah kecenderungan umum dari data, apakah naik,



Gambar 1. Plot Trend Analysis dari Volume Limbah Medis.



Gambar 2. Plot Moving Average dari Volume Limbah Medis.

turun, atau tetap. Trend dapat disebut sebagai pergerakan jangka Panjang dari *time-series*.

2) Seasonal Variation

Seasonal variations dalam *time-series* adalah fluktuasi dalam satu tahun selama satu musim. Faktor penting yang menyebabkan *seasonal variations* adalah: kondisi cuaca dan musim, kebiasaan masyarakat, dan lain-lain.

3) Cyclical Variation

Cyclical Variation dalam *time-series* menunjukkan perubahan jangka menengah dari data yang disebabkan oleh berbagai hal yang mana hal tersebut berulang secara siklus. Durasi dari siklus biasanya dua tahun atau lebih. Komponen ini biasanya terdapat dalam kasus ekonomi dan finansial [5].

4) Komponen Ireguler

Ireguler atau *random variations* dalam *time-series* disebabkan karena kejadian yang tidak terduga yang tidak teratur atau ireguler dan tidak berulang dalam siklus. Variasi ini disebabkan oleh bencana atau kecelakaan seperti perang, gempa bumi, banjir, dan lain-lain. Tidak ada teknis statistis untuk mengukur fluktuasi random dalam *time-series*.

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Studi Literatur

Riset dimulai dengan studi letaratur tentang teori dan konsep yang digunakan untuk membantu pengerjaan riset ini. Literatur didapatkan dari jurnal, *paper*, artikel, buku, dan *web-site* tentang *medical waste management* dan *time-series forecasting*.

Tabel 2.
Rekapitulasi proses pengumpulan data limbah medis

Tanggal	Deskripsi Kegiatan	Rencana Selanjutnya
13 Juni 2019	Penulis menemukan bahwa data yang dikirimkan oleh Dinas Kesehatan Kota Surabaya masih memiliki banyak kekurangan data terutama untuk pencatatan limbah medis pada tahun 2018	Penulis melakukan permohonan pengumpulan data etape kedua kepada Dinas Kesehatan Kota Surabaya.
24 Juni 2019	Update limbah pada tahun 2018, namun pada etape kedua ini rekapitulasi limbah yang diberikan hanya pada bulan agustus dan september 2018. Pada etape kedua ini masih banyak periode bulan yang masih belum terisi khususnya pada tahun 2018	Dilakukan penindakan kembali dengan meminta klarifikasi pada pihak Dinas Kesehatan Kota Surabaya
25 Juni 2019	Didapatkan data volume limbah bulan oktober, november, dan desember 2018. Selain itu, masih terdapat bulan yang belum terisi yaitu bulan maret dan april 2018	-
27 Juni 2019	Update mengenai volume limbah yang belum terisi, yaitu bulan april 2018. Pada bulan maret terjadi penghentian pengangkutan oleh penyedia jasa dikarenakan adanya keadaan darurat limbah medis.	File rekapan yang diberikan dibagi dua dengan mengasumsikan bahwa limbah yang dihasilkan pada bulan maret dan april 2018 sama.
03 Juli 2019	Didapatkan file data limbah terbaru tahun 2018 setelah dilakukan validasi data yang diterima oleh peneliti dengan data pembayaran limbah medis Dinas Kesehatan Kota Surabaya. Hasil validasi menunjukkan bahwa terdapat perbedaan data yang cukup signifikan antara keduanya pada tahun 2017, yaitu sebesar 1.192,74 kg. Sedangkan perbedaan data yang didapat pada tahun 2018, yaitu sebesar 18.188 kg.	Jumlah perbedaan data yang cukup signifikan ini akan dilakukan pengecekan dan perekapan data kembali oleh Dinas Kesehatan Kota Surabaya terutama data tahun 2018
20 Juli 2019	Didapatkan data limbah terbaru tahun 2017 setelah dilakukan validasi seperti etape sebelumnya. Hasil penerimaan data limbah medis terbaru masih menunjukkan perbedaan antara data pencatatan Dinas Kesehatan Kota Surabaya dan data pembayaran limbah medis Dinas Kesehatan Kota Surabaya	Pada tahun 2017, terdapat perbedaan antara keduanya sebesar 28 kg. Sedangkan pada tahun 2018, sudah terisi dan sesuai datanya. Selanjutnya, data yang masih kurang akan dikonfirmasi kembali serta meminta data volume limbah medis kota Surabaya pada tahun 2019.
06 Agustus 2019	Didapatkan data limbah yang sudah direvisi dari etape sebelumnya pada tahun 2017 dan 2018. Selain itu, didapatkan juga data limbah medis puskesmas kota Surabaya pada tahun 2019 sebagai validasi untuk hasil <i>forecasting</i> yang akan dilakukan.	Data volume limbah medis sudah lengkap dan akan diolah sebagai input dalam melakukan metode selanjutnya.

B. Observasi Lapangan dan Pengumpulan Data

Observasi lapangan dilakukan dengan mengunjungi lima puskesmas di Kota Surabaya untuk mempelajari proses bisnis, implementasi nyata, dan masalah yang terjadi dalam proses pengangkutan limbah medis. Semua data lalu dikompilasi.

C. Peramalan Limbah Medis

Peramalan berat limbah medis untuk rentang satu tahun kedepan dilakukan dalam satuan waktu per bulan. Beberapa skenario peramalan akan dikembangkan untuk melihat perubahan besaran nilai berat limbah medis terhadap perubahan variabel.

D. Kesimpulan dan Saran

Setelah semua hasil telah didapatkan dalam bagian peramalan, penemuan-penemuan tersebut akan dianalisis kemudian dirubah menjadi saran yang dapat dilakukan pihak Dinas Kesehatan Kota Surabaya terkait dengan sistem penyimpanan dan pengangkutan limbah medis.

IV. KONDISI EKSISTING PUSKESMAS

Pada bagian ini akan dijelaskan mengenai kondisi pencatatan limbah medis puskesmas, poli/fasilitas layanan puskesmas, dan SOP penanganan limbah berdasarkan hasil yang didapatkan dari survei. Jumlah sampel yang diambil adalah 5 Puskesmas yaitu: Puskesmas Kenjeran (Surabaya Utara), Puskesmas Tambakrejo (Surabaya Pusat), Puskesmas Jagir (Surabaya

Selatan), Puskesmas Sememi (Surabaya Barat), dan Puskesmas Medokan (Surabaya Timur). Pemilihan sampel didasarkan pada kriteria khusus yang dimiliki masing-masing puskesmas yang dapat memberikan gambaran kondisi layanan Kesehatan di Surabaya secara keseluruhan.

A. Puskesmas Kenjeran

Puskesmas Kenjeran merupakan salah satu target survei karena memiliki berat limbah medis terbesar di kawasan Surabaya Utara. Padahal, Puskesmas Kenjeran tidak memiliki layanan rawat inap yang dianggap sebagai salah satu layanan penghasil limbah medis terbesar. Tempat Pembuangan Sementara (TPS) limbah medis berukuran $2,5 \times 2$ meter, dilengkapi dengan 2 buah tempat sampah ukuran sedang. Selain itu, terdapat timbangan gantung digital yang digunakan untuk melakukan pengukuran berat limbah medis. Kondisi pencatatan limbah medis masih berupa pencatatan tradisional dan belum ada SOP pencatatan secara khusus. Pencatatan yang dilakukan masih berupa penulisan manual dan hanya jumlah limbah medis secara keseluruhan, tidak terbagi dalam setiap bagian layanan. Pencatatan dilakukan setiap limbah akan diangkat, bukan dalam format per hari.

B. Puskesmas Tambakrejo

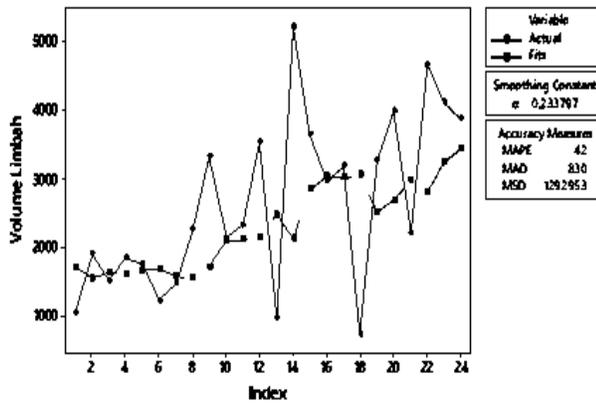
Puskesmas Tambakrejo menjadi target survei karena merupakan salah satu dari tiga puskesmas di Kota Surabaya yang memiliki *cold storage* pada saat survei dilakukan pada tahun 2019 sekaligus menjadi sampel puskesmas bagian Pusat Surabaya. Tempat Pembuangan Sementara (TPS) limbah medis

Tabel 3.
Rekapitulasi peramalan berat limbah medis untuk Januari 2020

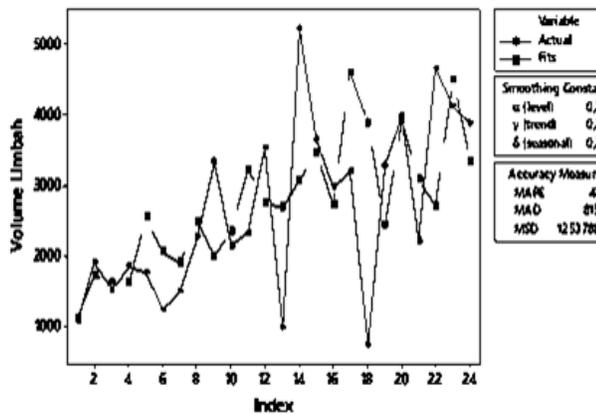
Puskesmas	Forecast 2017-2019	Forecast 2017-2018	Min	Max
Tanjungsari	13,19	20,01	9,96	31,50
Simomulyo	49,45	66,56	41,28	113,50
Manukan Kulon	26,37	41,68	19,14	77,00
Balongsari	49,52	59,83	37,48	88,30
Asemrowo	20,26	30,96	15,20	36,50
Sememi	32,99	50,31	23,45	60,50
Benowo	26,34	38,74	19,20	62,50
Jeruk	13,36	20,27	10,92	26,50
Lidah Kulon	16,85	24,73	14,33	37,55
Bangkingan	10,82	15,13	9,70	30,81
Lontar	24,75	36,47	19,19	173,50
Made	20,57	26,98	17,50	53,00
Peneleh	19,21	28,07	15,00	63,50
Ketabang	20,51	32,73	14,73	52,50
Kedungoro	29,23	39,62	27,05	79,00
Dr. Soetomo	21,91	32,86	16,73	82,19
Tembok Dukuh	19,89	27,29	18,19	60,00
Gundih	11,32	16,81	8,72	24,00
Tambak Rejo	34,55	49,79	25,52	77,50
Simolawang	15,01	20,68	11,41	54,50
Perak Timur	27,74	34,69	22,24	78,50
Pegirian	24,99	37,16	19,22	69,50
Sawah Pulo	22,73	32,54	19,88	64,33
Sidotopo	35,05	46,61	29,52	69,50
Wonokusumo	20,99	28,91	15,94	63,50
Kremlangan Selatan	33,71	48,83	26,53	64,50
Dupak	57,54	72,03	50,56	174,50
Morokremlangan	24,97	38,15	20,24	72,50
Tanah Kali Kedinding	51,41	72,34	38,56	78,00
Kenjeran	28,63	38,98	21,90	83,00
Sidotopo wetan	38,75	55,57	30,76	78,50
Bulak Banteng	15,35	22,02	12,19	45,50
Tambak Wedi	14,86	20,47	12,19	33,50
Rangkah	28,73	38,91	23,87	68,50
Pacar Keling	28,54	42,53	21,91	91,50
Gading	30,32	42,70	24,43	110,00
Pucang sewu	44,73	64,20	31,44	80,00
Mojo	32,24	45,84	25,77	73,50
Kalirungkut	42,94	61,81	33,97	104,75
Medokan Ayu	54,08	75,16	40,87	116,06
Tenggiling	36,11	45,86	28,73	117,00
Gunung Anyar	42,05	58,16	38,14	140,50
Menur	26,21	35,33	21,86	61,00
Klampis Ngasem	18,98	25,84	15,71	47,00
Keputih	28,29	39,23	23,08	70,00
Mulyorejo	25,19	37,26	21,24	68,00
Kalijudan	19,21	27,59	16,73	59,50
Sawahana	23,59	33,49	18,89	60,50
Putat Jaya	19,60	29,13	15,08	72,50
Pakis	26,43	38,60	19,35	56,08
Banyu Urip	43,60	56,07	32,20	81,00
Jagir	126,79	171,07	97,52	251,00
Wonokromo	21,14	32,88	14,81	71,50
Ngagel Rejo	28,07	38,23	21,47	57,35
Kedurus	51,05	72,91	37,92	90,95
Dukuh Kupang	26,61	40,94	21,38	82,50
Wiyung	42,58	61,42	33,64	93,08
Balas Klumprik	12,77	17,85	10,35	35,00
Gayungan	32,43	50,67	23,81	69,50
Jemursari	19,29	27,34	15,46	39,50
Sidosermo	22,65	30,64	17,40	55,00
Siwalankerto	34,22	45,27	26,62	73,50
Kebonsari	19,99	28,97	15,73	50,50

berukuran $2,5 \times 2$ -meter yang dilengkapi dengan satu buah tempat sampah berukuran besar dan satu buah *cold storage* ukuran 200 liter. Terdapat timbangan manual yang digunakan

untuk mengukur berat limbah yang akan diangkut. Penggunaan timbangan manual berpotensi menimbulkan masalah dalam ketidakakuratan pengukuran berat.



Gambar 3. Plot *Exponential Smoothing* dari Volume Limbah Medis.



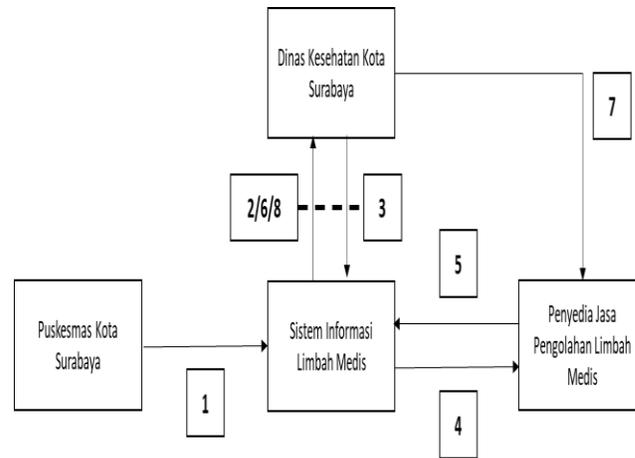
Gambar 4. Plot *Winter's* dari Volume Limbah Medis.

C. Puskesmas Jagir

Puskesmas Jagir merupakan salah satu dari puskesmas yang menjadi target survei karena merupakan puskesmas terbesar di Surabaya dalah hal luas dan juga berat limbah medis. Puskesmas Jagir adalah sampel dari area Selatan Surabaya. Puskesmas Jagir memiliki Tempat Pembuangan Sementara (TPS) limbah medis berukuran 3×3 meter yang dilengkapi dengan 3 buah tempat sampah berukuran sedang dan 2 buah tempat sampah berukuran besar. Terdapat timbangan gantung digital yang digunakan untuk melakukan pengukuran berat limbah medis. Kondisi pencatatan limbah pada Puskesmas jagir masih berupa catatan manual namun sudah memiliki SOP dari pencatatan limbah medis.

D. Puskesmas Sememi

Puskesmas Sememi merupakan salah satu dari puskesmas yang menjadi target survei karena merupakan salah satu dari tiga puskesmas di Kota Surabaya yang memiliki *cold storage* untuk menyimpan limbah medis pada saat survei ini dilaksanakan di 2019. Tempat Pembuangan Sementara (TPS) limbah medis berukuran $1,65 \times 2$ -meter yang dilengkapi satu buah tempat sampah berukuran besar dan satu buah *cold storage* ukuran 200 liter. Terdapat timbangan gantung digital yang digunakan untuk melakukan pengukuran berat limbah medis.



Gambar 6. Diagram dari hubungan antar sistem informasi.

Legenda:

- 1 – Proses pencatatan di Puskesmas per periode:
 - a. Data layanan per puskesmas
 - b. Pengunjung per layanan
 - c. limbah medis per layanan
- 2 – Proses rekapitulasi data Puskesmas Kota Surabaya
- 3 – Proses penetapan penyedia jasa pengolahan limbah medis
- 4 – Proses transportasi dan pengolahan limbah medis berdasarkan data Puskesmas Kota Surabaya
- 5 – Proses konsolidasi berat limbah medis terangkut dengan data Puskesmas Kota Surabaya
- 6 – Proses konfirmasi konsolidasi berat limbah medis
- 7 – Pembayaran biaya pengolahan limbah medis
- 8 – Proses evaluasi periodik kinerja pengolah limbah medis

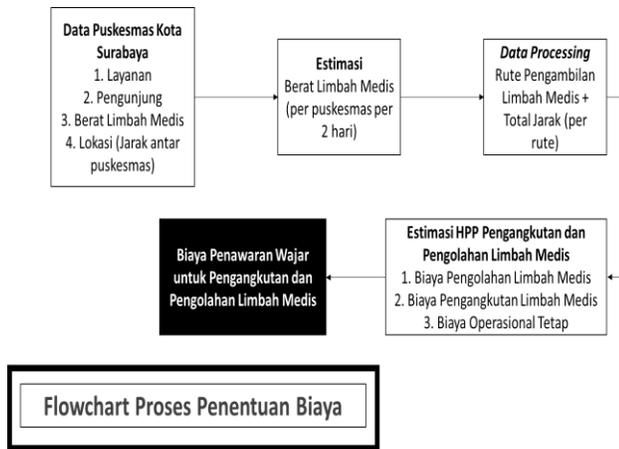
E. Puskesmas Medokan Ayu

Puskesmas Medokan merupakan salah satu puskesmas yang menjadi target survei karena memiliki berat limbah medis terbesar di kawasan Surabaya Timur. Tempat Pembuangan Sementara (TPS) limbah medis berukuran $1,5 \times 1$ -meter. Pencatatan limbah di Puskesmas Medokan Ayu dilakukan secara manual. Puskesmas ini hanya mencatat volume limbah medis pada akhir bulan berdasarkan *manifest vendor* pengolah limbah, sehingga tidak terdeteksi berapa limbah per poli dan per hari.

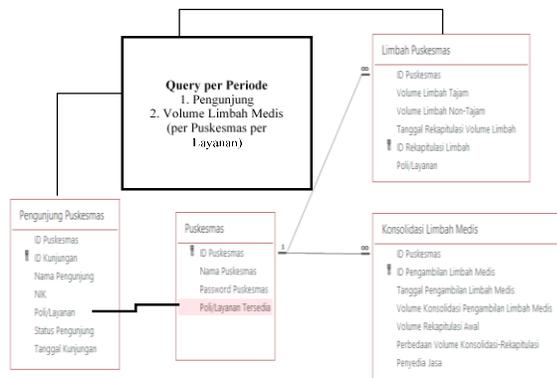
V. PERAMALAN BERAT LIMBAH MEDIS

Pada bagian ini akan dijelaskan mengenai data limbah medis dari entitas pelayanan Kesehatan di Kota Surabaya. Etape pengolahan data berat dan pola kemunculan limbah medis dapat dilihat melalui tabel 2.

Setelah dilakukan perekapan seluruh volume limbah medis pada rentang tahun 2017 – 2019, peramalan berat limbah medis untuk rentang satu tahun kedepan dilakukan dalam satuan waktu per bulan. Peramalan dilakukan untuk mempersiapkan perubahan volume (naik atau turun) berdasarkan volume limbah historis pada tahun 2017 – 2019. Yang perlu diperhatikan pertama kali saat melakukan peramalan berat limbah medis adalah analisis *trend*. Analisis *trend* dilakukan dengan mem-plot semua limbah historis puskesmas ke dalam satu grafik gabungan, dari grafik tersebut dapat ditarik garis yang menunjukkan apakah trend limbah dari limbah medis



Gambar 5. Flowchart proses penentuan biaya penawaran wajar proses pengangkutan dan pengolahan limbah medis Puskesmas Kota Surabaya.



Gambar 7. Flowchart proses penentuan biaya penawaran wajar proses pengangkutan dan pengolahan limbah medis Puskesmas Kota Surabaya.

naik, turun, atau tetap sepanjang rentang. Setelah semua puskesmas diplot dalam grafik, trend pertumbuhan limbah dapat diperkirakan atau diramalkan untuk beberapa periode kedepan. Dalam melakukan peramalan banyak metode yang bisa digunakan, seperti *Trend Analysis*, *Moving Average*, *Exponential Smoothing*, dan *Winter's*, dapat dilihat pada Gambar 1 samapi Gambar 4. Dalam menentukan metode yang akan digunakan penulis menguji semua metode dalam hasil penambahan limbah semua puskesmas, lalu melihat MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) yang paling kecil dari semua metode yang ada. MAPE adalah ukuran keakuratan prediksi data dari hasil peramalan dan data sesungguhnya. Nilai MAPE yang paling kecil menunjukkan metode yang paling akurat. Untuk melakukan peramalan dari setiap metode, penulis menggunakan bantuan *software Minitab*.

Dari hasil peramalan dari masing-masing metode di atas didapatkan bahwa metode *trend analysis* memiliki *error* yang paling kecil diantara ketiga metode lain yang diindikasikan dengan nilai MAPE yang paling kecil yaitu 39%. Maka metode *Trend Analysis* akan dipilih untuk melakukan peramalan limbah untuk periode kedepan. Setelah didapatkan peramalan dengan metode *trend analysis* dari keseluruhan Puskesmas Kota Surabaya, maka akan dibagikan dengan *weighted value* masing-masing puskesmas.

Dalam melakukan peramalan berat limbah medis dibuat 4 macam skenario munculnya limbah medis:

1) *Skenario limbah maksimum*

Pada skenario ini akan dilihat limbah maksimum pada rentang 2017 – 2019 masing-masing puskesmas yang menjadi acuan peramalan pada bulan januari 2020.

2) *Skenario limbah rataaan*

Pada skenario ini akan dilihat rataan limbah masing-masing puskesmas pada masing-masing tahun 2017-2019, lalu kembali dilakukan perhitungan rataaan dari rataaan pertahun sehingga menjadi satu nilai limbah yang digunakan menjadi acuan peramalan pada bulan Januari 2020.

3) *Skenario peramalan analisis trend 2017-2018*

Pada skenario ini dilakukan peramalan menggunakan metode *trend analysis* dengan data historis tahun 2017-2018 untuk meramal limbah pada bulan Januari 2020.

4) *Skenario peramalan analisis trend 2017-2019*

Pada skenario ini dilakukan peramalan menggunakan metode *trend analysis* dengan data historis tahun 2017-2019 untuk meramal limbah pada bulan Januari 2020.

Berdasarkan empat skenario tersebut didapatkan hasil peramalan masing-masing skenario dapat dilihat pada Tabel 3. Dari hasil peramalan berdasarkan 4 skenario yang telah ditentukan sebelumnya, skenario menggunakan nilai maksimum mempunyai nilai yang paling tinggi, peramalan menggunakan nilai minimum mempunyai nilai yang paling rendah. Dari hasil peramalan juga dapat diindikasikan bahwa data tahun 2019 relatif rebih rendah sehingga menyebabkan nilai peramalan menggunakan data limbah tahun 2017 – 2019 lebih kecil dibandingkan nilai peramalan menggunakan data limbah tahun 2017 – 2018. Namun pada sudut pandang umum, berat limbah medis cenderung naik dari waktu ke waktu, dibuktikan dengan persamaan *trend analysis* yang dihasilkan oleh *Software Minitab* ($Y = 1284 + 108,2 \times t$). Setiap bulannya total keseluruhan limbah di Kota Surabaya akan meningkat sebanyak 108,2 kilogram.

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

A. *Kesimpulan*

Pada bagian ini akan disampaikan mengenai kesimpulan terkait hasil penelitian pada kasus penyimpanan dan pengangkutan limbah medis di Puskesmas Kota Surabaya. Berdasarkan hasil survei ke lima puskesmas, didapatkan bahwa banyak praktik yang dapat diperbaiki kedepannya, seperti: teknis pencatatan limbah yang masih dilakukan sebulan sekali; cara penimbangan yang masih dilakukan dengan timbangan manual; praktik penyimpanan limbah sementara di TPS yang kurang higienis karena jika limbah terlalu banyak dan melampaui kapasitas tempat sampah, limbah hanya akan ditaruh di lantai dalam TPS hal ini sangat berisiko karena limbah medis mempunyai virus dan bakteri yang mungkin mengkontaminasi orang sekitar.

Dari proses peramalan menggunakan 4 macam skenario: nilai limbah maksimum, nilai limbah minimum, peramalan menggunakan data 2017-2018, dan peramalan menggunakan data 2017-2019. Skenario dengan menggunakan nilai limbah

maksimum mempunyai nilai estimasi berat limbah yang paling tinggi, sedangkan skenario dengan menggunakan nilai limbah minimum mempunyai nilai estimasi berat limbah yang paling kecil. Namun secara umum limbah medis cenderung naik dari waktu ke waktu. Setiap bulannya total keseluruhan limbah medis di Kota Surabaya akan meningkat sebanyak 108,2 kilogram.

Dari kedua penemuan ini maka perbaikan segera sistem penyimpanan dan pengangkutan limbah medis di Puskesmas Kota Surabaya perlu dilakukan segera untuk mempersiapkan jumlah limbah medis yang semakin banyak. Untuk itu, beberapa hal perbaikan akan dibahas di bagian saran.

B. Saran

1) Saran Pengembangan Sistem Informasi Manajemen Pencatatan Limbah Medis

Pada bagian ini akan dijelaskan mengenai saran pengembangan sistem informasi manajemen pencatatan berat limbah medis untuk keperluan penentuan biaya penawaran wajar dari HPS pengangkutan dan pengolahan limbah medis yang ditawarkan oleh vendor atau penyedia jasa. Untuk mendapatkan HPS tersebut diperlukan data periodik mendetil yang mencakup data layanan, pengunjung, berat limbah medis, dan lokasi puskesmas. Data tersebut akan menunjang proses peramalan untuk melakukan estimasi berat limbah medis dalam cakupan harian, rute pengambilan limbah medis beserta total jaraknya dengan memperhitungkan berat limbah medis terambil dan jarak antar puskesmas, serta HPP pengangkutan dan pengolahan limbah medis yang mencakup biaya pengolahan, pengangkutan, dan operasional tetap dari proses tersebut. Hal tersebut digambarkan melalui *flowchart* pada Gambar 5.

Hubungan antar entitas dalam sistem informasi tersebut tergambar sesuai dengan *flowchart* dapat dilihat pada Gambar 6. Design hubungan antar *form* dan *query* dalam sistem informasi tersebut tergambar melalui *Entity Relationship Diagram* (ERD) dapat dilihat pada Gambar 7. Output yang ditawarkan melalui pengembangan sistem informasi tersebut

ialah pertimbangan dalam penentuan HPS yang sesuai untuk proses pengangkutan dan pengolahan limbah medis yang dapat berubah secara dinamis.

2) Saran Penyusunan SOP Penanganan Limbah Medis

Pada bagian ini akan dijelaskan mengenai saran penyusunan SOP penanganan limbah medis standar untuk seluruh puskesmas di Kota Surabaya. Hal tersebut diperlukan untuk menjamin standardisasi proses penanganan limbah medis di puskesmas yang mencakup pengambilan limbah medis dari setiap layanan, pengukuran berat limbah medis, pencatatan berat limbah medis dan penyimpanan limbah medis di TPS ataupun *cold storage* yang dilakukan secara rutin. Standardisasi proses tersebut akan menjamin integritas dan ketepatan waktu dari data berat dan sumber limbah medis untuk setiap puskesmas di Kota Surabaya. Hal tersebut akan sangat membantu untuk keperluan riset lebih lanjut, terutama dalam penentuan korelasi signifikansi setiap layanan yang diberikan oleh puskesmas, pengunjung, dan periode kunjungan mempengaruhi berat limbah medis yang dihasilkan. Oleh karena itu, saran yang diberikan oleh penulis ialah dibuatnya SOP untuk penanganan limbah medis di dalam internal puskesmas mulai dari pengambilan limbah medis dan penyimpanan limbah medis di *cold storage*, dan petunjuk penggunaan serta pemeliharaan *cold storage*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pemerintah Republik Indonesia, *Peraturan Pemerintah Nomor 101 Tahun 2014 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun*. Indonesia, 2014.
- [2] L. Seymour, P. J. Brockwell, and R. A. Davis, *Introduction to Time Series and Forecasting*, vol. 92, no. 440. Colorado: Springer, 1997.
- [3] G. P. Zhang, "A neural network ensemble method with jittered training data for time series forecasting," *Inf. Sci. (Ny)*, vol. 177, no. 23, pp. 5329–5346, 2007, doi: 10.1016/j.ins.2007.06.015.
- [4] R. Adhikari and R. K. Agrawal, *An Introductory Study on Time Series Modeling and Forecasting*. Germany: Lap Lambert Academic Publishing.
- [5] L. P. Hansen, "Time-series econometrics in macroeconomics and finance," *J. Polit. Econ.*, vol. 125, no. 6, pp. 1774–1782, 1997, doi: 10.1086/694625.