

**PENENTUAN ALOKASI LIMBAH MEDIS PADAT  
PUSKESMAS MENUJU INSTALASI PENANGANAN LIMBAH  
MEDIS PADAT WILAYAH SURAKARTA MENGGUNAKAN  
MODEL *INTEGER LINEAR PROGRAMMING***

**Skripsi**



**ELOK FATCHIYATI**

**I 0305028**

**JURUSAN TEKNIK INDUSTRI FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SEBELAS MARET  
SURAKARTA  
2010**

*commit to user*



*commit to user*



*commit to user*

## SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS KARYA ILMIAH

Saya mahasiswa Jurusan Teknik Industri UNS yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Elok Fatchiyati

Nim : I 0305028

Judul tugas akhir : Penentuan Alokasi Limbah Medis Padat Puskesmas Menuju Instalasi Penanganan Limbah Medis Padat Wilayah Surakarta Menggunakan Model *Integer Linear Programming*

Menyatakan bahwa Tugas Akhir (TA) atau Skripsi yang saya susun tidak mencontoh atau melakukan plagiat dari karya tulis orang lain. Jika terbukti bahwa Tugas Akhir yang saya susun mencontoh atau melakukan plagiat dapat dinyatakan batal atau gelar Sarjana yang saya peroleh dengan sendirinya dibatalkan atau dicabut.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya dan apabila dikemudian hari terbukti melakukan kebohongan maka saya sanggup menanggung segala konsekuensinya.

Surakarta, 5 Mei 2010

Hormat saya,



*Fatchiyati*

Elok Fatchiyati  
NIM. I0305028

**SURAT PERNYATAAN  
PUBLIKASI KARYA ILMIAH**

Saya mahasiswa Jurusan Teknik Industri UNS yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Elok Fatchiyati

Nim : I 0305028

Judul tugas akhir : Penentuan Alokasi Limbah Medis Padat Puskesmas Menuju Instalasi Penanganan Limbah Medis Padat Wilayah Surakarta Menggunakan Model *Integer Linear Programming*

Menyatakan bahwa Tugas Akhir (TA) atau Skripsi yang saya susun sebagai syarat lulus Sarjana S1 disusun secara bersama-sama dengan Pembimbing 1 dan Pembimbing 2. Bersamaan dengan syarat pernyataan ini bahwa hasil penelitian dari Tugas Akhir (TA) atau Skripsi yang saya susun bersedia digunakan untuk publikasi dari proceeding, jurnal, atau media penerbit lainnya baik di tingkat nasional maupun internasional sebagaimana mestinya yang merupakan bagian dari publikasi karya ilmiah

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surakarta, 5 Mei 2010



Elok Fatchiyati  
I 0305028

## ABSTRAK

**Elok Fatchiyati, NIM : I 0305028. PENENTUAN ALOKASI LIMBAH MEDIS PADAT PUSKESMAS MENUJU INSTALASI PENANGANAN LIMBAH MEDIS PADAT WILAYAH SURAKARTA MENGGUNAKAN MODEL *INTEGER LINEAR PROGRAMMING*. Skripsi. Surakarta: Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, April 2010.**

Limbah medis padat merupakan salah satu jenis limbah medis yang perlu ditangani sesuai ketentuan yang berlaku, yakni pembakaran menggunakan insinerator. Saat ini dari 40 puskesmas yang terdiri dari 17 puskesmas induk dan 23 puskesmas pembantu, hanya tiga puskesmas yang diberi fasilitas insinerator oleh Dinas Kesehatan Kota (DKK). Sisanya diminta untuk mengalokasikan limbah medis padat ke ketiga insinerator tersebut. Namun demikian, belum adanya ketentuan pengalokasian dari masing-masing puskesmas menyebabkan DKK sulit melakukan pengontrolan terhadap ketaatan puskesmas dalam pengalokasian limbah untuk dibakar di lokasi insinerator.

Penelitian ini bertujuan untuk memberikan pertimbangan pada DKK Surakarta dalam menentukan alokasi penanganan limbah medis padat puskesmas Surakarta. Keputusan alokasi diperoleh dengan mempertimbangkan estimasi rata-rata kuantitas limbah medis harian masing-masing puskesmas Surakarta, kapasitas insinerator, biaya pengangkutan, biaya pembakaran, dan keseimbangan utilitas insinerator.

Penyelesaian masalah alokasi diperoleh menggunakan model optimisasi *Integer Linear Programming* (ILP) dengan meminimasi biaya pengangkutan, biaya pembakaran, serta pencapaian keseimbangan utilitas insinerator. Tahap pengolahan data dilakukan dengan bantuan program ArcGIS dan *Risk Solver Platform 9.0*. Program ArcGIS digunakan dalam penentuan lintasan pengangkutan terpendek sedangkan *Risk Solver Platform* digunakan pada pencarian solusi model matematis yang telah dibuat.

Keputusan alokasi menghasilkan dua alternatif keputusan dan alternatif *adjustment*. Estimasi biaya untuk alternatif I dengan mempertimbangkan minimasi biaya dan keseimbangan utilitas insinerator adalah Rp 272.778,60, sedangkan estimasi untuk alternatif II dengan mempertimbangkan minimasi biaya adalah Rp 262.502,80. Sedangkan estimasi biaya alternatif *adjustment* sebesar Rp 266.958,96 dengan pencapaian keseimbangan utilitas insinerator dan jalur pengangkutan yang lebih realistis.

**Kata kunci:** model alokasi, limbah medis padat, *integer linear programming*  
xix + 95 hal; 28 gambar; 22 tabel; 6 lampiran  
Daftar pustaka : 20 (1990 – 2008)



## ABSTRACT

**Elok Fatchiyati, NIM: I 0305028. DETERMINATION OF SOLID MEDICAL WASTE ALLOCATION PRODUCED BY PUSKESMAS TOWARDS THE INSTALLATION OF SOLID MEDICAL WASTE HANDLING IN SURAKARTA USING INTEGER LINEAR PROGRAMMING MODE.** Thesis. Surakarta: Industrial Engineering Department Faculty of Engineering, Sebelas Maret University, in Apryl 2010.

*Solid medical waste is one of medical waste that need to be handled in accordance with prevailing regulations, namely combustion using incinerator. Currently, from 40 health center in Surakarta which consist of 17 health centers and 23 health centers helpers, there are only 3 health center which is facilitated incinerator by City Health Office (DKK). The others health center were asked to allocate their solid medical waste to the three of incinerators. However, the absence of the allocation rule makes DKK is difficult to control the health center in compliance with the allocation of waste to be burned at the incinerators.*

*The aims of this study is giving consideration to DKK Surakarta in determining the allocation of solid medical waste handling. Allocation decision is obtained by considering the estimated average daily quantity of solid medical waste produced by each health center. Another factor to consider are the capacity of incinerators, transportation costs, the cost of solid medical waste burning, and utility balance of incinerators.*

*The problem solving of the allocation is obtained using Integer Linear Programming optimization model (ILP) by minimizing transportation costs, the cost of burning, and incinerators burning achievements load balancing. Data processing step is done with the help of ArcGIS program and Risk Solver Platform 9.0. ArcGIS program was used in determining of the shortest path while transporting, and Risk Solver Platform was used in finding the solution of mathematical models that have been made.*

*Allocation produce two decision alternatives and one adjustment alternative. The estimated costs for Alternatives I by considering minimum cost and utility balance incinerator is Rp 272.778,60, while the estimated cost for the second alternative by considering the cost minimization is Rp 262.502,80. The estimated cost of adjustment alternative is Rp 266.958,96 with the achievement of balance incinerators and utility transport path which is more realistic.*

**Keywords:** Allocation Models, Solid Medical Waste, Integer Linear Programming.

*xix + 95 p.; 28 pictures; 22 tables; 6 attachments*

*Reference: 20 (1990- 2008)*

## KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberi limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis berhasil menyelesaikan Laporan Skripsi Penentuan Alokasi Limbah Medis Padat Puskesmas Menuju Instalasi Penanganan Limbah Medis Padat Wilayah Surakarta Menggunakan Model *Integer Linear Programming* ini dengan baik.

Pada kesempatan yang sangat baik ini, dengan segenap kerendahan hati dan rasa yang setulus-tulusnya, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ayah, Ibu, Mas Fannur, Farid, dan ponakanku Chiefa yang telah memberikan doa, kasih sayang dan dukungan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
2. Bapak Ir. Lobes Herdiman, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Industri Universitas Sebelas Maret Surakarta.
3. Bapak Yusuf Priyandari, ST, MT dan Bapak Eko Liquidanu ST, MT selaku dosen pembimbing yang telah sabar dalam memberikan pengarahan dan bimbingan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan lancar.
4. Bapak Taufiq Rochman, STP, MT dan Ibu Ir. Munifah, MSIE, MT selaku dosen penguji skripsi yang berkenan memberikan saran dan perbaikan terhadap skripsi ini.
5. Bapak Taufiq Rochman, STP, MT selaku dosen Pembimbing Akademik, terimakasih atas segala bimbingan dan nasehat yang telah Bapak sampaikan kepada penulis.
6. Seluruh dosen Teknik Industri yang telah mewariskan ilmu, membagi pengalaman hidup serta memberikan motivasi dan nasehat kepada penulis.
7. Mbak Yayuk, Mbak Tutik, Mbak Rina & Mas Agus atas segala bantuan administrasinya.
8. Teman-teman angkatan 2005 jurusan Teknik Industri UNS atas kerjasama dan kebersamaan yang sangat berarti bagi penulis Deny, Tri, Dika, Nancy, Antik, Dewi, Indri, Iffa, Anis, Putri, Dian, Putu, Imung, Anna, Heni, Diesel, Galih,

*commit to user*



Antok, Edwin, Rizal, Udin, Muha, Puput, Endri, Aji, Agus Susan, Agus Bison, Denta, Bryan, Eryko, Syahrul.

9. Sahabat-sahabat : Iffa, Antik dan Puput (terimakasih atas kesabaran mengajari *software-sotware* yang diperlukan), Diesel, Aryanto, Galih dan Dewi semoga kesuksesan selalu menyertai kita. Amiin.
10. Keluarga besar Laboratorium Optimasi dan Perancangan Sistem Informasi (OPSI), terimakasih atas kebersamaan selama ini. Semoga OPSI ke depan jauh lebih baik.
11. Mbak Nur Annis Hadiyati'03, Mas Sigit (Mas Yipi) ind'04, serta Mas Heru Mustari ind'03 yang telah memberi inspirasi kepada penulis.
12. Semua pihak yang belum tertulis di atas, terima kasih atas segala bantuan dan dukungannya.

Sebagai akhir dari kata pengantar ini, penulis menyampaikan bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna dikarenakan keterbatasan kemampuan yang penulis miliki. Saran dan kritik diharapkan untuk perbaikan. Semoga laporan ini bermanfaat dan dapat memberikan inspirasi bagi semua, Amiin.

**Mohon maaf & terima kasih.**

Surakarta, April 2010

Penulis

## DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	vii
KATA PENGANTAR .....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN .....	xviii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	I-1
1.2 Perumusan Masalah.....	I-3
1.3 Tujuan Penelitian .....	I-4
1.4 Manfaat Penelitian.....	I-4
1.5 Batasan Masalah .....	I-4
1.6 Asumsi .....	I-5
1.7 Sistematika Penulisan.....	I-5
<b>BAB II LANDASAN TEORI</b>	
2.1 Data Umum Instansi .....	II-1
2.1.1 Profil Dinas Kesehatan Surakarta .....	II-1
2.1.2 Visi dan Misi .....	II-2
2.1.3 Struktur Organisasi .....	II-3
2.1.4 Puskesmas Surakarta .....	II-4
2.2 Limbah Medis Padat.....	II-6
2.2.1 Jenis Limbah Medis Padat.....	II-6
2.2.2 Persyaratan Pengelolaan Limbah Medis Padat .....	II-8
2.2.3 Spesifikasi Insinerator Puskesmas Surakarta.....	II-9
2.3 Permodelan Sistem .....	II-12
2.3.1 Konsep Model .....	II-12
2.3.2 Karakterisasi Sistem .....	II-13
2.3.3 Verifikasi dan Validasi Model.....	II-15

*commit to user*

2.4	Teknik Optimasi ( <i>Integer Linear Programming</i> ).....	II-17
2.4.1	Komponen Model <i>Integer Linear Programming</i> .....	II-17
2.4.2	Bentuk Baku Model Pemrograman Linier .....	II-17
2.4.3	Asumsi – Asumsi Pemrograman Linier .....	II-18
2.4.4	Solusi Model <i>Integer Linear Programming</i> .....	II-19
2.5	GIS ( <i>Geographical Information System</i> ).....	II-19
i.	Proyeksi dan Sistem Koordinat.....	II-20
ii.	<i>Network Analyst</i> .....	II-21
2.6	Regresi Linear.....	II-21
2.7	Koefisien Korelasi .....	II-24
2.8	Konsep Keseimbangan .....	II-26
2.9	Kajian Penelitian Sebelumnya.....	II-28
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b>		
3.1	Kerangka Konseptual .....	III-2
3.2	Pengumpulan Data .....	III-4
3.3	Estimasi Kuantitas Limbah Medis Padat Berdasarkan Jenis Penanganan Pasien.....	III-4
3.4	Estimasi Kuantitas Limbah Medis Padat Harian Puskesmas Surakarta.....	III-5
3.5	Penentuan Jarak Pengangkutan Limbah Medis Padat Puskesmas ke Lokasi insinerator.....	III-6
3.6	Penentuan Biaya Pengangkutan Limbah Medis Padat Puskesmas ke Lokasi Insinerator.....	III-6
3.7	Penentuan Model Hubungan Kuantitas Limbah Medis dan Volume Bahan Bakar yang Diperlukan untuk Pembakaran.....	III-7
3.8	Pengembangan Model Matematis ( <i>Integer Linier Programming</i> ).....	III-7
3.9	Validasi Model.....	III-10
3.10	Pencarian Solusi Optimisasi Alokasi Limbah Medis Padat Puskesmas Surakarta.....	III-11
3.11	Analisis dan Interpretasi Hasil <i>it to user</i> .....	III-11

## BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1	Pengumpulan Data .....	IV-1
4.2.1	Data Sekunder .....	IV-1
a.	Peta Surakarta.....	IV-1
b.	Alamat Puskesmas Surakarta.....	IV-2
c.	Data Spesifikasi Insinerator Puskesmas Surakarta.....	IV-2
d.	Data Kunjungan Pasien Harian Puskesmas Surakarta 2009.....	IV-2
e.	Data Kunjungan Pasien RSUD Dr. Moewardi Surakarta 2009.....	IV-3
4.2.2	Data Primer.....	IV-4
a.	Titik Lokasi Puskesmas Surakarta.....	IV-4
b.	Kuantitas Limbah Medis Padat RSUD Dr. Moewardi Surakarta 2009.....	IV-6
4.2	Pengolahan Data.....	IV-7
4.2.1	Estimasi Kuantitas Limbah Medis Padat Berdasarkan Jenis Penanganan Pasien di RSUD Dr. Moewardi Surakarta.....	IV-7
4.2.2	Estimasi Kuantitas Limbah Medis Padat Harian Puskesmas Surakarta.....	IV-10
4.2.3	Penentuan Jarak Pengangkutan Limbah Medis Padat Puskesmas ke Lokasi Pengolah Limbah.....	IV-14
4.2.4	Perhitungan Biaya Pengangkutan Limbah Medis Padat.....	IV-17
4.2.5	Penentuan Model Hubungan Kuantitas Limbah Medis dan Volume Bahan Bakar yang Diperlukan untuk Pembakaran.....	IV-19
4.2.6	Pengembangan Model Matematis ( <i>integer linier programming</i> ).....	IV-22
a.	Fungsi Tujuan.....	IV-22
b.	Batasan-batasan <i>commit to user</i> .....	IV-23

c. Notasi.....	IV-24
4.2.7 Validasi Model.....	IV-25
a. Perhitungan Manual.....	IV-25
b. Perhitungan dengan <i>software Risk Solver Platform 9.0</i> .....	IV-27
c. Perbandingan Perhitungan Manual Dengan Penggunaan <i>Risk Solver Platform 9.0</i> .....	IV-28
4.2.8 Pencarian Solusi Pengalokasian Pembakaran Limbah Klinis Padat Puskesmas Surakarta .....	IV-29
a. Pencarian Solusi alternatif I.....	IV-29
b. Pencarian Solusi alternatif II.....	IV-32
<b>BAB V ANALISIS DAN INTERPRETASI HASIL</b>	
5.1 Estimasi Kuantitas Limbah Medis Padat Berdasarkan Jenis Penanganan Pasien.....	V-1
5.2 Estimasi Kuantitas Limbah Medis Padat Harian Puskesmas Surakarta.....	V-2
5.3 Penentuan Jarak Pengangkutan Limbah Medis Padat Puskesmas ke Lokasi Insinerator.....	V-4
5.4 Penentuan Biaya Pengangkutan Limbah Medis Padat Puskesmas ke Lokasi Insinerator.....	V-4
5.5 Penentuan Model Hubungan Kuantitas Limbah Medis dan Volume Bahan Bakar yang Diperlukan untuk Pembakaran.....	V-5
5.6 Pencarian Solusi Alokasi Limbah Medis Padat Puskesmas Surakarta.....	V-6
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
6.1 Kesimpulan.....	VI-1
6.2 Saran.....	VI-2
<b>DAFTAR PUSTAKA`</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Alamat Puskesmas Surakarta .....	II-5
Tabel 4.1	Kebutuhan Bahan Bakar.....	IV-2
Tabel 4.2	Kunjungan Pasien RSUD Dr. Moewardi Surakarta .....	IV-3
Tabel 4.3	Koordinat Puskesmas dan Insinerator Surakarta.....	IV-5
Tabel 4.4	Kuantitas Limbah Medis Padat RSUD Dr. Moewardi Surakarta.....	IV-6
Tabel 4.5	Penentuan Potensi Kuantitas Limbah Medis Padat Pasien Rawat Jalan.....	IV-8
Tabel 4.6	Penentuan Potensi Kuantitas Limbah Medis Padat Pasien Rawat Inap.....	IV-8
Tabel 4.7	Penentuan Potensi Kuantitas Limbah Medis Padat Pasien Persalinan.....	IV-9
Tabel 4.8	Penentuan Potensi Kuantitas Limbah Medis Padat Pasien UGD Minor .....	IV-9
Tabel 4.9	Estimasi Kuantitas Limbah Medis Padat Harian Puskesmas Surakarta Pasien Rawat Jalan.....	IV-11
Tabel 4.10	Estimasi Kuantitas Limbah Medis Padat Harian Puskesmas Surakarta Pasien Persalinan.....	IV-12
Tabel 4.11	Estimasi Kuantitas Limbah Medis Padat Harian Puskesmas Surakarta Pasien Rawat Inap.....	IV-12
Tabel 4.12	Estimasi Kuantitas Limbah Medis Padat Harian Puskesmas Surakarta Pasien UGD.....	IV-13
Tabel 4.13	Rekapitulasi Estimasi Kuantitas Limbah Medis Padat Harian Puskesmas Surakarta.....	IV-13
Tabel 4.14	Matrik Jarak Pengangkutan Limbah Medis Padat dari Puskesmas ke Insinerator.....	IV-16
Tabel 4.15	Matrik Biaya Pengangkutan Limbah Medis Padat Hasil	IV-18
Tabel 4.16	Perhitungan dengan <i>Software SPSS 16 For Windows</i> .....	IV-21



Tabel 4.17	Perhitungan Manual Verifikasi Model.....	IV-26
Tabel 4.18	Output Variabel Keputusan Verifikasi Alternatif I.....	IV-28
Tabel 4.19	Output Variabel Keputusan Verifikasi Alternatif II.....	IV-28
Tabel 4.20	Solusi Optimal Alokasi Limbah Medis Padat Puskesmas ke Lokasi Insinerator I.....	IV-30
Tabel 4.21	Solusi Optimal Alokasi Limbah Medis Padat Puskesmas ke Lokasi Insinerator Alternatif II.....	IV-33



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Struktur Organisasi Dinas Kesehatan Kota Surakarta .....	II-4
Gambar 2.2	Bagan Insinerator .....	II-10
Gambar 2.3	Gambar Ruang Pembakaran Insinerator.....	II-11
Gambar 2.4	Penyelesaian masalah menggunakan matematika.....	II-13
Gambar 2.5	Kaidah Diagram dalam <i>Influence Diagram</i> .....	II-14
Gambar 2.6	Contoh <i>Influence Diagram</i> .....	II-15
Gambar 2.7	Relasi Verifikasi, Validasi dan Pembentukan Model .....	II-16
Gambar 2.8	Proyeksi <i>Universal Transverse Mercator</i> (UTM).....	II-20
Gambar 2.9	Garis regresi dengan Metode <i>Least Squares</i> .....	II-23
Gambar 2.10	Kriterium kuadrat-terkecil Data Raster .....	II-24
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian.....	III-2
Gambar 3.2	Diagram Sistem Alokasi Limbah Medis Padat.....	III-3
Gambar 3.3	Aliran Proses Optimasi Alokasi Limbah Medis Padat Puskesmas Surakarta.....	III-8
Gambar 4.1	Peta Surakarta.....	IV-1
Gambar 4.2	Lokasi Puskesmas dan Insinerator Surakarta.....	IV-4
Gambar 4.3	Lintasan Terdekat dari Puskesmas Menuju Lokasi Insinerator 1.....	IV-15
Gambar 4.4	Lintasan Terdekat dari Puskesmas Menuju Lokasi Insinerator 2.....	IV-15
Gambar 4.5	Lintasan Terdekat dari Puskesmas Menuju Lokasi Insinerator 3 .....	IV-16
Gambar 4.6	Kebutuhan Solar terhadap kuantitas Limbah Medis Padat Puskesmas Surakarta.....	IV-21
Gambar 4.7	Jalur Pengangkutan Solusi Optimal Alternatif I .....	IV-32
Gambar 4.8	Jalur Pengangkutan Solusi Optimal Alternatif II.....	IV-35
Gambar 5.1	Grafik Estimasi Kuantitas Limbah Medis Padat Berdasarkan Jenis Penanganan Pasien.....	V-1
Gambar 5.2	Grafik Estimasi Kuantitas Limbah Medis Padat Harian	

	Puskesmas Surakarta.....	V-2
Gambar 5.3	Grafik Lanjutan Gambar 5.2.....	V-3
Gambar 5.4	Diagram Total Biaya Penanganan Limbah Medis Padat.....	V-6
Gambar 5.5	Diagram Utilitas Insinerator per Hari.....	V-7
Gambar 5.5	Grafik Utilitas Insinerator per Kenaikan Kuantitas Limbah Medis Padat Pada Alternatif II.....	V-8
Gambar 5.5	Jalur Pengangkutan Solusi Optimal Alternatif <i>Adjustment</i> .	V-9



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Jumlah Pasien Rawat Jalan Puskesmas Surakarta Januari – Nopember 2009.....	L-1
Lampiran 2	Penempatan Titik Lokasi Puskesmas dan Insinerator Pada Peta Surakarta.....	L-3
Lampiran 3	Penentuan Jalur dan Pengukuran Lintasan Terpendek Dengan <i>Netwok Analyst. Arc View 3.3</i> .....	L-6
	Pengukuran Jarak Menggunakan <i>Tool Measure</i> .....	L-7
Lampiran 4	Langkah-langkah Menggunakan <i>Solver 9.0 Microsoft Excel</i> .....	L-9
Lampiran 5	Hasil Running <i>Solver 9.0 Microsoft Excel</i> untuk Verifikasi Model Alterantif I .....	L-11
	Hasil Running <i>Solver 9.0 Microsoft Excel</i> untuk Verifikasi Model Alterantif II.....	L-12
Lampiran 6	Hasil Running <i>Solver 9.0 Microsoft Excel</i> untuk Model Alokasi Penanganan Limbah Medis Padat Puskesmas Surakarta Alternatif I.....	L-14
	Hasil Running <i>Solver 9.0 Microsoft Excel</i> untuk Model Alokasi Penanganan Limbah Medis Padat Puskesmas Surakarta Alternatif I.....	L-17

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 LATAR BELAKANG**

Limbah medis merupakan berbagai jenis buangan yang dihasilkan rumah sakit dan unit-unit pelayanan kesehatan yang dapat membahayakan dan menimbulkan gangguan kesehatan bagi pengunjung, masyarakat terutama petugas yang menanganinya. Berdasarkan jenisnya, limbah medis dibedakan menjadi tiga yaitu limbah medis padat, cair dan gas. Limbah medis padat adalah limbah padat yang terdiri dari limbah infeksius, limbah patologi, limbah benda tajam, limbah farmasi, limbah sitotoksik, limbah kimiawi, limbah radioaktif, limbah kontainer bertekanan, dan limbah dengan kandungan logam berat yang tinggi (Departemen Kesehatan RI, 2004)

Penanganan limbah medis, salah satunya yaitu limbah medis padat perlu diperhatikan secara serius sesuai dengan teknik penanganan limbah medis padat yang ditetapkan oleh departemen kesehatan. Hal ini dikarenakan adanya potensi bahaya yang dapat ditimbulkan dari pembuangan limbah medis padat secara sembarangan yang mengandung bahan berbahaya dan beracun (B3). Teknik penanganan tersebut diatur dalam Permenkes No: 1204/Menkes/SK/X/2004, tentang Persyaratan Kesehatan Lingkungan Rumah Sakit, poin Pengolahan Dan Pemusnahan Limbah Medis Padat, sebagai berikut :

1. Limbah medis padat tidak diperbolehkan dibuang langsung ke tempat pembuangan akhir limbah domestik sebelum aman bagi kesehatan.
2. Cara dan teknologi pengolahan atau pemusnahan limbah medis padat disesuaikan dengan kemampuan rumah sakit dan jenis limbah medis padat yang ada, dengan pemanasan menggunakan otoklaf atau dengan pembakaran menggunakan insinerator.

Instansi kesehatan seperti rumah sakit, puskesmas dan klinik merupakan penghasil limbah medis kontinyu sehingga diharapkan mempunyai instalasi pengolahan limbah sesuai dengan ketentuan pemerintah dalam Permenkes No: 1204/Menkes/SK/X/2004. Rumah sakit / klinik umumnya telah mempunyai alat

*commit to user*

pengolah/pemusnah limbah mandiri, sedangkan tidak semua puskesmas mempunyai instalasi penanganan limbah medis. Saat ini di Surakarta terdapat 40 puskesmas yang terdiri dari 17 puskesmas induk dan 23 puskesmas pembantu.. Dari seluruh puskesmas yang ada hanya 3 puskesmas yang mempunyai instalasi pengolah limbah berupa insinerator untuk pembakaran limbah medis padat. Sedangkan puskesmas yang tidak memiliki insinerator diharapkan mengalokasikan limbah medis pada ketiga puskesmas tersebut. Akan tetapi pada kenyataannya beberapa puskesmas melakukan penanganan limbah tidak sesuai dengan standar yang diberlakukan yakni membuang limbah medis padat ke tempat pembuangan sampah umum atau melakukan pembakaran tanpa peralatan yang memadai. Hal ini dikhawatirkan akan mengganggu kesehatan lingkungan sekitar akibat pencemaran oleh bahan berbahaya dan beracun yang dihasilkan oleh limbah medis tersebut. Fakta ini terjadi karena pihak Dinas Kesehatan Kota (DKK) Surakarta sebagai badan penanggung jawab pengendalian penyakit dan penyehatan lingkungan, salah satunya tentang penanganan limbah puskesmas, belum mengatur secara administratif mengenai penanganan limbah untuk masing-masing puskesmas. DKK Surakarta belum membuat peraturan secara administratif mengenai pengalokasian limbah medis dari puskesmas yang belum mempunyai instalasi pembakaran limbah ke puskesmas yang sudah mempunyai instalasi tersebut.

Pengalokasian limbah medis perlu memperhatikan batasan sistem yaitu kapasitas insinerator, waktu pembakaran limbah medis yang diperbolehkan oleh *Standar Operating Procedure* (SOP), dan keseimbangan beban pembakaran antar insinerator. Kuantitas limbah medis padat yang melebihi daya tampung insinerator mengakibatkan pembakaran dilakukan lebih dari satu kali. Kondisi tersebut menyebabkan pembakaran dilakukan diluar batas waktu yang ditentukan. Sedangkan keseimbangan beban pembakaran di setiap insinerator perlu diperhatikan untuk menjaga kemungkinan lonjakan suplai limbah medis padat dari puskesmas secara tidak terduga. Apabila keseimbangan tidak dijaga, terdapat kemungkinan kapasitas insinerator berada pada kondisi penuh sehingga tidak dapat menampung lonjakan kuantitas limbah tersebut. Faktor keseimbangan

*commit to user*



beban pembakaran juga mencerminkan biaya pembakaran yang merata di setiap insinerator, hal ini sesuai dengan sistem yang berjalan pada saat ini bahwa subsidi biaya untuk pembakaran ketiga insinerator adalah sama. Dalam sistem pengalokasian perlu diperhatikan pula optimisasi biaya. Optimisasi biaya dipengaruhi oleh biaya pengangkutan limbah dan biaya pembakaran.

Dari latar belakang diatas diperlukan sistem alokasi pengolahan limbah medis dari puskesmas ke lokasi insinerator yang memperhatikan batasan sistem dan optimisasi biaya. Hasil alokasi tersebut dapat digunakan oleh DKK Surakarta untuk menetapkan peraturan secara administratif mengenai alokasi penanganan limbah medis padat puskesmas Surakarta. Sistem tersebut juga diharapkan dapat memberikan kemudahan pihak DKK untuk melakukan pengontrolan apakah masing-masing puskesmas telah melakukan penanganan limbah medis padat secara benar. Selain itu, sistem alokasi tersebut dapat digunakan oleh DKK Surakarta dalam mengestimasi biaya pengangkutan maupun biaya pembakaran yang dapat digunakan sebagai acuan pemberian subsidi.

Penelitian ini termasuk dalam permasalahan alokasi dasar yang dapat diselesaikan menggunakan model *integer linear programming* (ILP). Karakteristik sistem yang dikaji dianggap memenuhi asumsi model ILP yaitu yaitu proporsionalitas, *additivitas*, deterministik, dan *accountability linearity of objectives* sesuai pernyataan syarat-syarat ILP yang dinyatakan oleh Lieberman (1997). Penelitian sebelumnya mengenai optimisasi alokasi penanganan limbah pernah dilakukan oleh Pamungkas, Sigit (2008). Penelitian tersebut menggunakan pendekatan analitis dengan model ILP dan menitikberatkan pada alokasi penanganan limbah umum di wilayah Surakarta. Adanya kemiripan karakteristik sistem dari penelitian tersebut dengan kajian ini juga menjadi dasar penggunaan model ILP.

## 1.2 PERUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka rumusan masalah yang dikaji dalam penelitian ini adalah bagaimana menentukan alokasi limbah medis padat

*commit to user*

puskesmas-puskesmas wilayah Surakarta menuju instalasi penanganan (insinerator) untuk memperoleh optimisasi biaya penanganan limbah medis padat.

### 1.3 TUJUAN

Tujuan penelitian ini, yaitu :

1. Memperoleh estimasi kuantitas limbah medis padat masing-masing puskesmas di Surakarta.
2. Memperoleh model hubungan kuantitas limbah medis padat dan volume bahan bakar yang digunakan untuk pembakaran.
3. Memperoleh model alokasi dan estimasi biaya penanganan limbah medis padat puskesmas menuju instalasi penanganan limbah medis padat (insinerator) wilayah Surakarta.
4. Memperoleh solusi pengalokasian limbah medis padat puskesmas Surakarta.

### 1.4 MANFAAT

Manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini, yaitu :

1. Dapat memberikan pertimbangan kepada Dinas Kesehatan Kota (DKK) Surakarta dalam menentukan alokasi penanganan limbah medis padat puskesmas Surakarta.
2. Menjadi dasar dalam perbaikan utilisasi instalasi penanganan limbah medis padat (insinerator) puskesmas Surakarta.

### 1.5 BATASAN

Agar penelitian lebih fokus, maka batasan penelitian ini sebagai berikut:

1. Limbah medis yang dialokasikan adalah limbah medis jenis padat.
2. Wilayah kajian adalah wilayah Kota Surakarta.
3. Penentuan kuantitas limbah medis padat yang dihasilkan oleh setiap pasien mengacu pada pengukuran di RSUD Dr. Moewardi Surakarta.
4. Data yang digunakan adalah data bulan Januari - November 2009.

*commit to user*

## 1.6 ASUMSI

Untuk mempermudah perhitungan diterapkan asumsi-asumsi sebagai berikut:

- 1 Panjang lintasan pengangkutan limbah medis padat didasarkan pada peta *digital* yang dihitung berdasarkan proyeksi horizontal. Adanya kemiringan jalan tidak diperhitungkan.
- 2 Karakteristik pelayanan pasien rawat jalan, rawat inap, persalinan dan UGD minor oleh dokter di puskesmas sama dengan di RSUD Dr. Moewardi Surakarta, sehingga kuantitas limbah medis yang dihasilkan untuk jenis penanganan pasien yang sama adalah sama.
- 3 Kuantitas limbah medis padat hanya dipengaruhi oleh jenis pelayanan pasien dan jumlah pasien yang ditangani.

## 1.7 SISTEMATIKA PENULISAN

Laporan tugas akhir ini merupakan dokumentasi pelaksanaan dan hasil penelitian, adapun sistematika laporan tugas akhir sebagai berikut:

### BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan tentang latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, asumsi dan sistematika penulisan. Bab ini memaparkan konsep penelitian yang dilakukan.

### BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tentang teori, landasan konseptual dan informasi yang diambil dari berbagai literatur. Berdasarkan teori tersebut, keilmiahan penelitian dapat dibuktikan.

### BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi uraian tahapan yang dilakukan dalam melakukan penelitian mulai dari pengumpulan sampai dengan pengolahan data yang digambarkan dalam diagram alir.

### BAB IV MODEL DAN PENDEKATAN PEMECAHAN MASALAH

Bab ini menjelaskan proses pengumpulan yang berkaitan dengan penelitian dan proses pengolahan data untuk menyusun sistem alokasi yang optimal. Data

*commit to user*

yang diperoleh merupakan data primer hasil observasi langsung maupun data sekunder dari instansi terkait.

## BAB V ANALISIS DAN INTERPRETASI HASIL

Bab ini berisi tentang analisis pendekatan masalah yang diterapkan, dan analisis model. Analisis tersebut meliputi kemampuan model yang dihasilkan dalam menyelesaikan masalah, dan tingkat validitas keputusan yang dihasilkan.

## BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan yang menggambarkan tujuan penelitian serta saran bagi instansi terkait maupun untuk penelitian selanjutnya.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 DATA UMUM INSTANSI**

##### **2.1.1 Profil Dinas Kesehatan Surakarta**

Dinas Kesehatan Kota (DKK) Surakarta adalah sebuah unit kerja di lingkungan Pemerintah Kota Surakarta yang mempunyai tugas menyelenggarakan urusan pemerintahan di bidang kesehatan. Dinas Kesehatan Surakarta terletak di Jalan Jenderal Sudirman No. 2 Surakarta. Berdasarkan UU No. 22 tahun 1999 tentang Pemerintah Daerah, UU No. 25 tahun 1999 tentang Perimbangan Keuangan Antara Pemerintah Pusat dan Daerah, dan PP No. 84 tahun 2000 tentang Pedoman Organisasi Perangkat Daerah, maka dalam menjalankan tugas pokok dan fungsinya, Dinas Kesehatan Surakarta mengacu pada Pemerintah Kota Surakarta, sedangkan kepala Dinas Kesehatan Surakarta beserta jajarannya bertanggung jawab kepada walikota Surakarta.

Dinas Kesehatan Surakarta mempunyai fungsi sebagai berikut :

1. Penyelenggaraan Tata Usaha Dinas.
2. Penyusunan rencana program pengendalian, evaluasi, dan pelaporan.
3. Pembinaan teknis Rumah Sakit dan Kesehatan Khusus.
4. Pengawasan dan pengendalian kefarmasian, makanan, minuman, dan obat tradisional.
5. Penyelenggaraan registrasi dan akreditasi.
6. Pencegahan dan pemberantasan penyakit.
7. Peningkatan kesehatan lingkungan.
8. Peningkatan kesehatan masyarakat dan peran serta masyarakat.
9. Peningkatan kesehatan ibu, anak, dan gizi keluarga.
10. Pembinaan kesehatan reproduksi dan usia lanjut.

*commit to user*

11. Penyelenggaraan penyuluhan.
12. Pembinaan tenaga profesional.
13. Pengelolaan Unit Pelaksana Teknis Daerah (UPTD).

Sedangkan tugas pokok Dinas Kesehatan Surakarta adalah sebagai berikut :

1. Melaksanakan kewenangan desentralisasi di bidang kesehatan yang diserahkan kepada pemerintah.
2. Melaksanakan kewenangan kota di bidang kesehatan yang dikerjasamakan dengan/diserahkan kepada propinsi sesuai dengan perundang - undangan yang berlaku.
3. Melaksanakan kewenangan di bidang kesehatan yang bersifat lintas kabupaten/kota.
4. Melaksanakan kewenangan dan desentralisasi yang dilimpahkan kepada gubernur dan tugas pembantuan di bidang kesehatan sesuai dengan perundang - undangan yang berlaku.

#### **2.1.2 Visi dan Misi**

Visi Dinas Kesehatan Surakarta adalah “Terwujudnya Budaya Perilaku Hidup Bersih dan Sehat serta Mutu Pelayanan Menuju Solo Sehat 2010”, sedangkan misi Dinas Kesehatan Surakarta adalah :

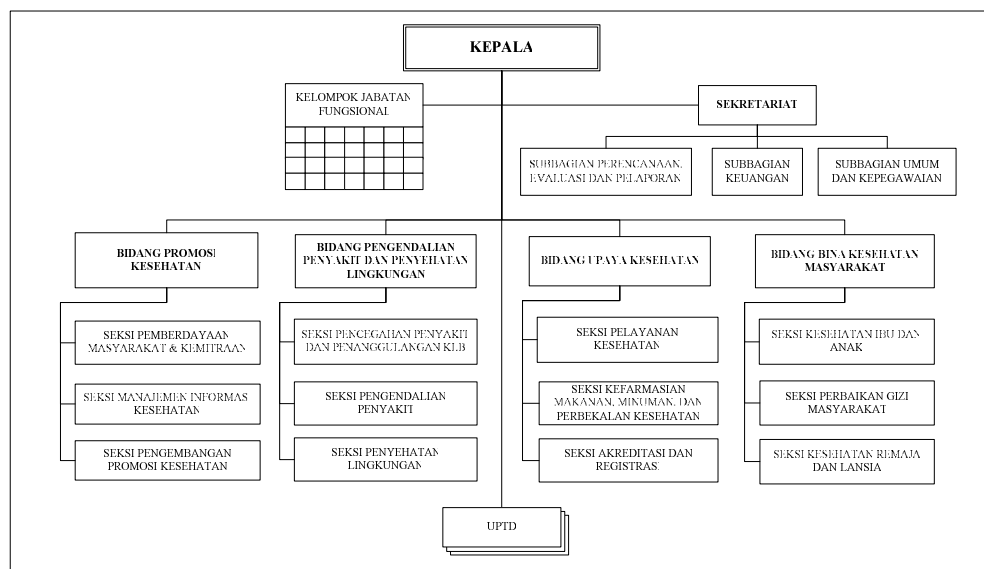
1. Mendorong kemandirian masyarakat untuk hidup bersih dan sehat.
2. Memberikan kontribusi nyata dalam pemberdayaan masyarakat di bidang kesehatan.
3. Memelihara dan meningkatkan pelayanan kesehatan yang bermutu, merata, dan terjangkau.
4. Memelihara dan meningkatkan kesehatan individu, keluarga, dan masyarakat beserta lingkungannya.



### 2.1.3 Struktur Organisasi

Struktur organisasi Dinas Kesehatan Surakarta mengacu pada Peraturan Daerah Kota Surakarta Nomor 6 Tahun 2008 Tentang Organisasi dan Tata Kerja Perangkat Daerah Kota Surakarta. Gambar struktur organisasi dapat dilihat pada gambar 2.1. Struktur organisasi Dinas Kesehatan Surakarta adalah sebagai berikut

1. Kepala Dinas Kesehatan.
2. Sekretariat, terdiri dari Sub Bagian Perencanaan, Evaluasi, dan Pelaporan, Sub Bagian Keuangan, dan Sub Bagian Umum dan Kepegawaian.
3. Bidang Promosi Kesehatan (Promkes), terdiri dari Seksi Pemberdayaan Masyarakat dan Kemitraan, Seksi Manajemen Informasi Kesehatan, dan Seksi Pengembangan Promosi Kesehatan.
4. Bidang Pengendalian Penyakit dan Penyehatan Lingkungan (P2PL), terdiri dari Seksi Pencegahan Penyakit dan Penanggulangan KLB, Seksi Pengendalian Penyakit, dan Seksi Penyehatan Lingkungan.
5. Bidang Upaya Kesehatan (Upkes), terdiri dari Seksi Pelayanan Kesehatan, Seksi Kefarmasian Makanan, Minuman, dan Perbekalan Kesehatan, dan Seksi Akreditasi dan Registrasi.
6. Bidang Bina Kesehatan Masyarakat (Binkesmas), terdiri dari Seksi Kesehatan Ibu dan Anak, Seksi Perbaikan Gizi Masyarakat, dan Seksi Kesehatan Remaja dan Lansia.
7. Unit Pelaksana Teknis Dinas (UPTD), terdiri dari UPTD Puskesmas, UPTD Rumah Sakit Daerah, UPTD Instalasi Farmasi, dan UPTD Laborat Kesehatan



**Gambar 2.1** Struktur Organisasi Dinas Kesehatan Kota Surakarta

Sumber : Dinas Kesehatan Kota Surakarta, 2009

#### 2.1.4 Puskesmas Surakarta

Salah satu fungsi dari Dinas Kesehatan Kota (DKK) Surakarta adalah sebagai Pengelolaan Unit Pelaksana Teknis Daerah (UPTD). Salah satu jenis UPTD yang dikelola adalah puskesmas Surakarta. Saat ini di Surakarta terdapat 40 puskesmas yang terdiri dari 17 puskesmas induk dan 23 puskesmas pembantu. Jenis penanganan pasien dibagi menjadi empat yaitu penanganan pasien rawat jalan, rawat inap non persalinan, rawat inap persalinan, dan UGD. Penanganan pasien rawat inap persalinan/nonpersaliann dan UGD hanya terdapat di tiga puskesmas yaitu Banyuwang, Sibela dan Pajang, sedangkan penanganan pasien rawat jalan terdapat di seluruh puskesmas. Dari seluruh puskesmas yang ada terdapat tiga puskesmas yang mempunyai instalasi pengolah limbah padat berupa insinerator. Puskesmas tersebut adalah puskesmas induk Pajang, Banyuwang dan Sibela. Daftar puskesmas Surakarta dapat dilihat pada tabel 2.1

**Tabel 2.1** Alamat Puskesmas Surakarta

<b>No</b>	<b>Puskesmas</b>	<b>Alamat</b>
1	Banyuanyar	Jl. Bone Utama No.38
2	PP Sumber	Jl. Kahuripan Utara No.8
3	Pucangsawit	Jl. Waringin No.1 RT3 / XIII
4	PP Sorogenen	Sorogenen
5	PP Kampung sewu	Jl. Beton Kampung Sewu
6	Pajang	Jl. Songgalan RT 03/IV
7	PP Laweyan	Jl. Karang Turi Rt 06/VI
8	PP Karangasem	Jl. Karang Asem RT 02/III
9	Manahan	Jl. Sri Gunting 7 No.11
10	Gilingan	Bibis Wetan RT03/XIX
11	PP Tirtonadi	Jl. Jend. Ahmad Yani No.262
12	Ngoresan	Jl. Kartika IV RT 03 RW XVIII
13	Nusukan	Jl. Sri Wijaya Utara III No.5
14	PP Cengklik	Cengklik RT 03/XX
15	PP Minapadi	Jl. Minapadi RT 04/VI
16	Purwodiningratan	Jl. Surya No.49
17	PP Gandekan	Jl. Sungai Batanghari
18	Kratonan	Jl. Joyodiningratan RT 05/XI
19	PP Danusuman	Jl. Sri Kuncoro No.1
20	PP Joyontakan1	Joyontakan RT 03/V
21	PP Joyontakan2	Jl. Rebab No.33 RT 01/III
22	Purwosari	Jl. Flamboyan dalam No.2 RT02/XI
23	PP Jajar	Gang Delima VI No.2 RT 01/IV
24	Jayengan	Jl. Kartopuran RT02/V
25	PP Makam cilik	Jl. Jam Saren No.39
26	PP Pringgolayan	Jl. Jam Saren Tipes
27	Gajahan	Jl. Veteran No.16 Pasar Kliwon
28	PP Semanggi	Semanggi RT02/XI
29	Sangkrah	Jl. S. Indragiri RT04/I
30	PP Joyosuran	Jl. Joyosuran RT02/III
31	Gambirsari	Jl. Kelud Barat RT06/XIII
32	PP Krembyongan	Kadipiro RT02/06, Banjarsari
33	PP Clolo	Jl. Bromo 1 Clolo RT03/19
34	Sibela	Jl. Sibela timur No.1
35	PP Sibela	Jl. Tangkuban Perahu 28
36	PP Lampo Batang	Jl. Lampo Batang Dalam I, RT3 /XXI
37	Setabelan	Jl. DI. Pandjaitan No.5

*commit to user*

38	PP Timuran	Jl. Bawean No.14
39	Penumping	Jl. Ki Ageng Mangir Gang 2
40	PP Sriwedari	Teposanan, RT02/II

Sumber : DKK Surakarta, 2009

## 2.2 LIMBAH MEDIS PADAT

Limbah medis merupakan berbagai jenis buangan yang dihasilkan rumah sakit dan unit-unit pelayanan kesehatan yang dapat membahayakan dan menimbulkan gangguan kesehatan bagi pengunjung, masyarakat terutama petugas yang menanganinya. Berdasarkan jenisnya, limbah medis dibedakan menjadi tiga yaitu limbah medis padat, cair dan gas. Limbah medis padat adalah limbah padat yang terdiri dari limbah infeksius, limbah patologi, limbah benda tajam, limbah farmasi, limbah sitotoksis, limbah kimiawi, limbah radioaktif, limbah kontainer bertekanan, dan limbah dengan kandungan logam berat yang tinggi. Departemen Kesehatan RI (2004)

### 2.2.1 Jenis Limbah Medis Padat

Berdasarkan potensi bahaya yang ditimbulkan limbah medis dapat digolongkan dalam 9 jenis limbah, yang meliputi :

#### 1. Limbah benda tajam

Limbah benda tajam adalah obyek atau alat yang memiliki sudut tajam, sisi, ujung atau bagian menonjol yang dapat memotong atau menusuk kulit. Misalnya jarum hipodermik, perlengkapan intervena, pipet pasteur, pecahan gelas, pisau bedah. Selain itu meliputi benda-benda tajam yang terbuang yang terkontaminasi oleh darah, cairan tubuh, bahan mikrobiologi, bahan beracun atau radio aktif.

#### 2. Limbah infeksius

Limbah infeksius meliputi limbah yang berkaitan dengan pasien yang memerlukan isolasi penyakit menular serta limbah laboratorium yang berkaitan dengan pemeriksaan mikrobiologi dari poliklinik, ruang perawatan dan ruang isolasi penyakit menular. Yang termasuk limbah jenis ini antara lain limbah mikrobiologis, produk darah manusia, benda tajam, bangkai binatang

*commit to user*

terkontaminasi, bagian tubuh, sprei, limbah ruang isolasi, limbah pembedahan, limbah unit dialisis dan peralatan terkontaminasi ( *medical waste* ).

3. Limbah jaringan tubuh

Limbah jaringan tubuh meliputi jaringan tubuh, organ, anggota badan, placenta, darah dan cairan tubuh lain yang dibuang saat pembedahan dan autopsi. Limbah jaringan tubuh tidak memerlukan pengesahan penguburan dan hendaknya dikemas khusus, diberi label dan dibuang ke insinerator.

4. Limbah citotoksik

Limbah citotoksik adalah bahan yang terkontaminasi atau mungkin terkontaminasi dengan obat citotoksik selama peracikan, pengangkutan atau tindakan terapi citotoksik. Limbah yang terdapat limbah citotoksik harus dibakar dalam insinerator dengan suhu diatas 1000°C.

5. Limbah farmasi

Limbah farmasi berasal dari obat-obatan kadaluwarsa, obat-obatan yang terbuang karena *batch* tidak memenuhi spesifikasi atau telah terkontaminasi, obat-obatan yang terbuang atau dikembalikan oleh pasien, obat-obatan yang sudah tidak dipakai lagi karena tidak diperlukan dan limbah hasil produksi obat-obatan.

6. Limbah kimia

Limbah kimia dihasilkan dari penggunaan kimia dalam tindakan medis, *vetenary*, laboratorium, proses sterilisasi dan riset. Limbah kimia juga meliputi limbah farmasi dan limbah citotoksik.

7. Limbah radio aktif

Limbah radioaktif adalah bahan yang terkontaminasi dengan radio isotop yang berasal dari penggunaan medis atau riset radionucleida. Asal limbah ini antara lain dari tindakan kedokteran nuklir, *radioimmunoassay* dan bakteriologis yang dapat berupa padat, cair dan gas.

8. Limbah plastik

Limbah plastik adalah bahan plastik yang dibuang oleh klinik, rumah sakit dan sarana pelayanan kesehatan lain seperti barang-barang *dissposable* yang terbuat dari plastik dan juga pelapis peralatan dan perlengkapan medis

*commit to user*

### 2.2.2 Persyaratan Pengelolaan Limbah Medis Padat

Persyaratan pengelolaan limbah medis padat menurut Permenkes No: 1204/Menkes/SK/X/2004 adalah sebagai berikut :

#### 1. Minimasi Limbah

- a. Setiap rumah sakit harus melakukan reduksi limbah dimulai dari sumber.
- b. Setiap rumah sakit harus mengelola dan mengawasi penggunaan bahan kimia yang berbahaya dan beracun.
- c. Setiap rumah sakit harus melakukan pengelolaan stok bahan kimia dan farmasi.
- d. Setiap peralatan yang digunakan dalam pengelolaan limbah medis mulai dari pengumpulan, pengangkutan, dan pemusnahan harus melalui sertifikasi dari pihak yang berwenang.

#### 2. Pemilahan, Pewadahan, Pemanfaatan Kembali dan Daur Ulang

- a. Pemilahan limbah harus dilakukan mulai dari sumber yang menghasilkan limbah
- b. Limbah yang akan dimanfaatkan kembali harus dipisahkan dari limbah yang tidak dimanfaatkan kembali.
- c. Limbah benda tajam harus dikumpulkan dalam satu wadah tanpa memperhatikan terkontaminasi atau tidaknya. Wadah tersebut harus anti bocor, anti tusuk dan tidak mudah untuk dibuka sehingga orang yang tidak berkepentingan tidak dapat membukanya.
- d. Jarum dan *syringes* harus dipisahkan sehingga tidak dapat digunakan kembali.
- e. Limbah medis padat yang akan dimanfaatkan kembali harus melalui proses sterilisasi. Efektifitas sterilisasi panas harus dilakukan tes *Bacillus stearothermophilus* dan untuk sterilisasi kimia harus dilakukan tes *Bacillus subtilis*.
- f. Limbah jarum hipodermik tidak dianjurkan untuk dimanfaatkan kembali. Apabila rumah sakit tidak mempunyai jarum yang sekali pakai (*disposable*), limbah jarum hipodermik dapat dimanfaatkan kembali setelah melalui proses salah satu metode sterilisasi

*commit to user*



- g. Pewadahan limbah medis padat harus memenuhi persyaratan dengan penggunaan wadah dan label
  - h. Daur ulang tidak bisa dilakukan oleh rumah sakit kecuali untuk pemulihan perak yang dihasilkan dari proses film sinar x.
  - i. Limbah sitotoksis dikumpulkan dalam wadah yang kuat, anti bocor, dan diberi label bertuliskan "Limbah Sitotoksis".
3. Pengumpulan, Pengangkutan, dan Penyimpanan Limbah Media Padat di Lingkungan Rumah Sakit
- a. Pengumpulan limbah medis padat dari setiap ruangan penghasil limbah menggunakan troli khusus yang tertutup.
  - b. Penyimpanan limbah medis padat harus sesuai iklim tropis yaitu pada musim hujan paling lama 48 jam dan musim kemarau paling lama 24 jam.
4. Pengumpulan, Pengemasan dan Pengangkutan ke Luar Rumah Sakit
- a. Pengelola harus mengumpulkan dan mengemas pada tempat yang kuat.
  - b. Pengangkutan limbah ke luar rumah sakit menggunakan kendaraan khusus.
5. Pengolahan dan Pemusnahan
- a. Limbah medis padat tidak diperbolehkan dibuang langsung ke tempat pembuangan akhir limbah domestik sebelum aman bagi kesehatan.
  - b. Cara dan teknologi pengolahan atau pemusnahan limbah medis padat disesuaikan dengan kemampuan rumah sakit dan jenis limbah medis padat yang ada, dengan pemanasan menggunakan otoklaf atau dengan pembakaran menggunakan insinerator.

### 2.2.3 Spesifikasi Insinerator Puskesmas Surakarta

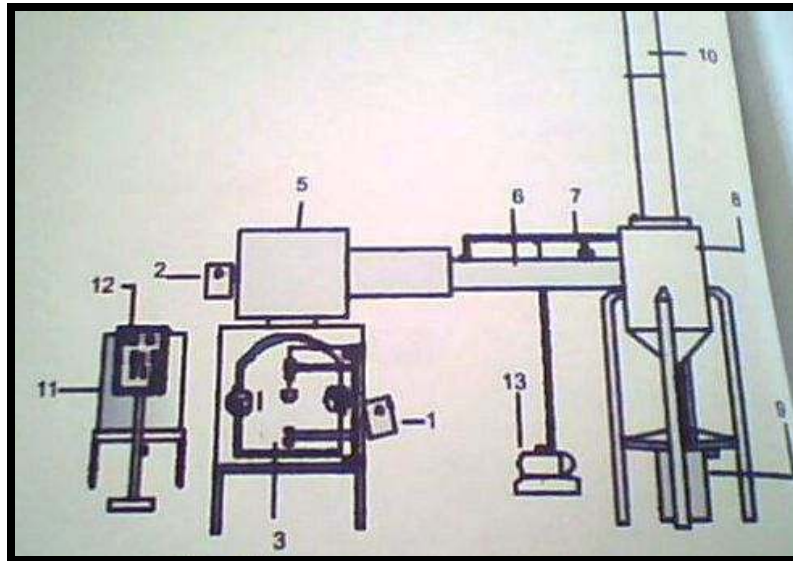
Insinerator merupakan alat pengolah limbah medis padat berupa tungku pembakaran yang dilengkapi tabung pipa *spray* agar uap hasil pembakaran tidak mencemari lingkungan. Saat ini spesifikasi insinerator yang digunakan oleh puskesmas Surakarta adalah sebagai berikut :

- 1. Tipe : ET 1
- 2. Kapasitas bak penampungan : (100 x 80 x 122,5) cm.
- 3. Suhu maksimum : 1000<sup>0</sup>C

*commit to user*

4. Bahan bakar : solar
5. Kapasitas tangki bahan bakar : 30 liter
6. Kapasitas maksimal : 50 kg

Gambar bagan insinerator secara lengkap dapat dilihat pada gambar 2.2, sedangkan gambar insinerator dapat dilihat pada gambar 2.3.



**Gambar 2.2** Bagan Insinerator

Sumber : Puskesmas Banyuanyar, Pajang dan Sibela

Keterangan :

1. *Burner* 1 untuk pembakaran limbah medis
2. *Burner* 2 untuk pembakaran asap
3. Pintu ruang bakar
4. Ruang pembakaran asap
5. Cerobong asap *spray*
6. Pipa *spray*
7. Tabung proses *spray* / penampungan
8. Tabung filter limbah *spray*
9. Tangki Solar
10. Cerobong asap
11. Panel Kontrol

*commit to user*

12. *Water pump simidzu*



**Gambar 2.3** Gambar Ruang Pembakaran Insinerator

Sumber : Puskesmas Banyuanyar, Pajang dan Sibela

*Standar Operating Procedure* (SOP) penggunaan insinerator ET 1 adalah sebagai berikut :

1. Set *timer* yang dikehendaki
2. Set suhu yang dikehendaki
3. Kontrol solar pada tangki solar
4. Buka kran air
5. Hidupkan *power blower barner*
6. Hidupkan *barner 2*
7. Hidupkan *barner 1*
8. Apabila pembakaran yang dikehendaki tercapai semua operasional akan mati dan *blower barner* tetap hidup untuk menghilangkan udara panas pada ruang baker

*commit to user*

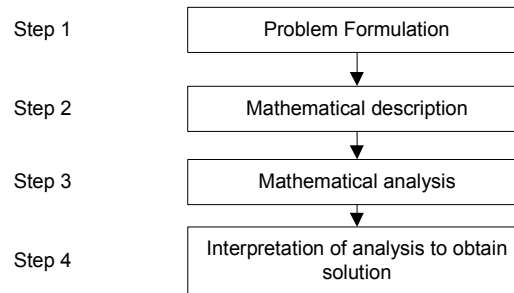
9. Biarkan *blower* hidup kurang lebih 10-15 menit matikan *power* dan buka segera pintu ruang bakar, bila ruang bakar telah dingin dan abu diambil, siap untuk pembakaran selanjutnya.
10. Hendaklah pembakaran dilakukan pukul 0.00—12.00 WIB

## 2.3 PERMODELAN SISTEM

### 2.3.1 Konsep Model

Model adalah representasi atau formalisasi dalam bahasa tertentu (yang disepakati) dari suatu sistem nyata. Sistem nyata adalah sistem yang sedang berlangsung dalam kehidupan dan dijadikan titik perhatian masalah. Dengan demikian, pemodelan adalah proses membangun atau membentuk sebuah model dari suatu sistem nyata dalam bahasa formal tertentu. Murthy (1990) menyatakan bahwa model adalah suatu representasi yang memadai dari suatu sistem. Model disebut memadai jika telah sesuai dengan tujuan dalam pikiran analis (pemodel). Istilah kuncinya adalah (i) sistem, (ii) representasi, (iii) tujuan, dan (iv) memadai.

Pemodelan matematik adalah proses memodelkan sebuah permasalahan yang tampak dalam dunia nyata yang diinterpretasikan dan direpresentasikan dalam simbol yang abstrak. Beberapa waktu terakhir matematika banyak digunakan sebagai pemecahan masalah dalam dunia nyata. Hal ini karena kegunaan matematika dalam pendekatan pemecahan masalah, peningkatan kekuatan komputer (*computational power*), dan metodologi komputer (*computing methodology*). Langkah-langkah penggunaan matematika untuk menyelesaikan masalah dalam dunia nyata, sebagaimana gambar 2.4. Langkah yang paling krusial adalah menerjemahkan permasalahan dalam sistem fisik ke dalam bahasa matematika.



**Gambar. 2.4** Penyelesaian Masalah Menggunakan Matematika

Sumber. Murthy, 1990

Karakteristik suatu model yang baik sebagai ukuran pencapaian tujuan pemodelan, yaitu:

1. Tingkat generalisasi yang tinggi.
2. Mekanisme transparansi.
3. Potensial untuk dikembangkan.
4. Peka terhadap perubahan asumsi.

### 2.3.2 Karakterisasi Sistem

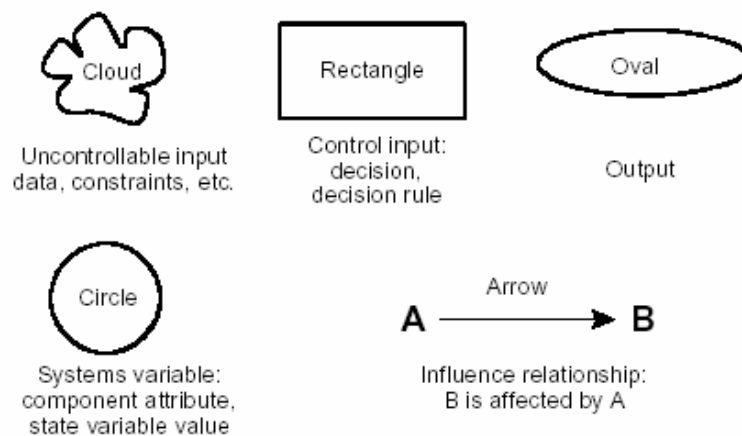
Pendekatan kondisi dunia nyata yang berhubungan dengan suatu permasalahan digambarkan dalam sebuah sistem. Solusi dari permasalahan didefinisikan sebagai tujuan (*goal*). Proses mendeskripsikan suatu sistem membutuhkan pemahaman inti dan konsep yang digunakan dalam pendekatan sistem (*system approach*). Permasalahan dalam dunia nyata, biasanya sangat kompleks. Jika sistem dilihat dan dideskripsikan secara keseluruhan, maka permasalahan menjadi tercampur (*involved*) dan tidak teratur (*unmanageable*). Tidak semua fitur dunia nyata relevan sebagai solusi, sehingga penjelasan secara parsial biasa digunakan. Penjelasan secara parsial biasanya disebut sebagai karakterisasi sistem. Karakterisasi sistem hanya melibatkan fitur-fitur yang relevan membuat sebuah solusi. Karakterisasi sistem merupakan proses penyederhanaan (*simplification*) dan idealisasi (*idealization*). ( Murthy et al, 1990).

Sebuah sistem didefinisikan sebagai sekumpulan objek yang saling berhubungan. Objek memiliki atribut-atribut yang dideskripsikan sebagai

*commit to user*

parameter dan variabel. parameter adalah atribut intrinsik sebuah objek. Sedangkan variabel adalah sesuatu yang dibutuhkan untuk mendeskripsikan interaksi atau hubungan antar objek-objek dalam suatu sistem.

Karakterisasi sistem dapat digambarkan dalam *influence diagram*. *Influence diagram* sering digunakan untuk menggambarkan suatu pendekatan proses. Gambar 2.5 menunjukkan kaidah diagram yang digunakan. (Daellenbach, 2005).



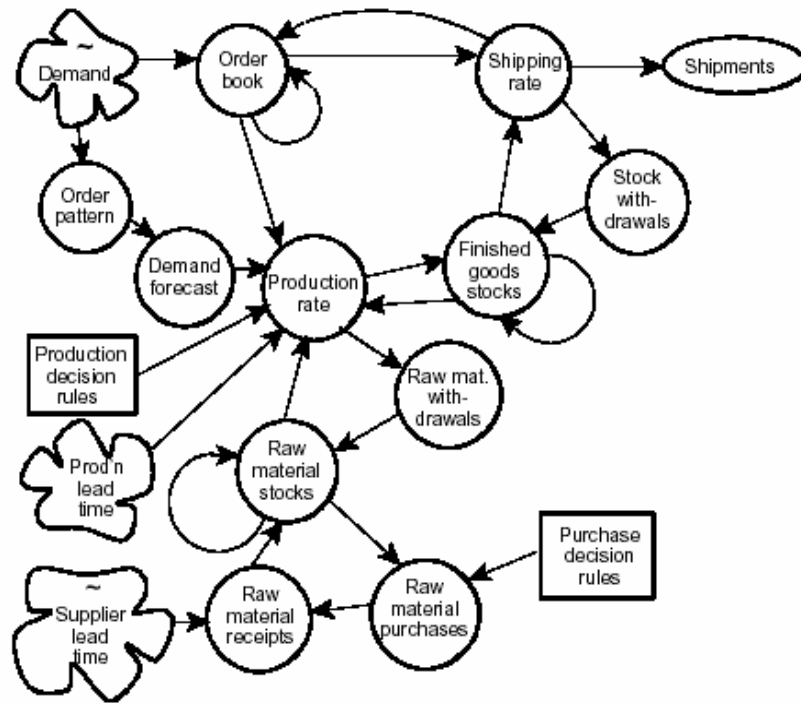
**Gambar 2.5** Kaidah Diagram dalam *Influence Diagram*

Sumber : Daellenbach, 2005

Notasi secara jelas mengidentifikasi beberapa elemen yang terlibat seperti input yang terkendali ( *control inputs*), input yang tidak terkendali (*uncontrollable inputs*), output, dan komponen sistem. Komponen-komponen sistem direpresentasikan dengan atribut-atributnya, karena hal ini berpengaruh atau berubah dengan adanya *influence relationships*. Masing-masing atribut ditunjukkan secara terpisah dan dapat dilihat pada variabel-variabel sistem. Untuk atribut yang dapat dihitung, variabel sistem adalah nilai dari *corresponding state variable*. Sebagai contoh, pada *production/inventory system*, 'raw material' yang dipakai menjadi variabel dan jumlah atau nilai rata-ratanya adalah nilainya. Ini akan mengurangi besarnya *stock raw material*. Gambar 2.6 merupakan contoh *influence diagram* pada *production/inventory system*

*commit to user*





**Gambar 2.6** Contoh *Influence Diagram*

Sumber : Daellenbach, 2005

### 2.3.3 Verifikasi Dan Validasi Model

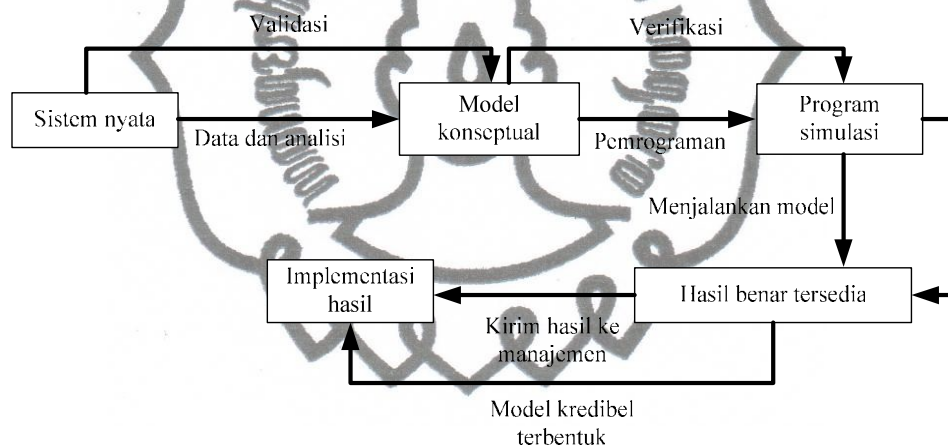
Model matematis yang dibangun harus kredibel. Representasi kredibel sistem nyata oleh model matematis ditunjukkan oleh verifikasi dan validasi model. Pengujian validitas suatu model dilakukan untuk mengetahui kebenaran suatu model secara matematik, konsistensi secara logis dan kedekatan model dengan keadaan nyata. Pengujian validitas dari sebuah model terdiri atas dua bagian, yaitu pengujian validitas internal dan pengujian validitas eksternal. Pengujian validitas internal pada umumnya dikenal sebagai verifikasi, sedangkan pengujian validasi eksternal dikenal sebagai validasi. (Daellenbach, 2005).

Verifikasi adalah proses pemeriksaan kesesuaian antara logika operasional model (program komputer) dengan logika diagram alur. Verifikasi dari suatu model ini memeriksa penerjemahan model matematis konseptual (diagram alur dan asumsi) ke dalam bahasa pemrograman secara benar. Verifikasi dari suatu model bertujuan untuk menjamin kebenaran suatu model secara matematis dan konsisten secara logika. Verifikasi model juga meliputi pemeriksaan model untuk

*commit to user*

meyakinkan bahwa semua ekspresi matematis dalam model memiliki dimensi yang konsisten. Dengan demikian, verifikasi model adalah pemeriksaan dari seluruh ekspresi matematis dalam model untuk meyakinkan bahwa ekspresi-ekspresi tersebut merepresentasikan hubungan yang ada dengan benar.

Validasi adalah proses merepresentasikan keberartian dan keakuratan model sebagai konseptualisasi atau abstraksi dari sistem nyata. Validasi adalah penentuan representasi keakuratan model konseptual matematis (sebagai tandingan program komputer) dari sistem nyata yang sedang dimodelkan. Validasi dari suatu model bertujuan untuk menjamin kemampuan suatu model untuk merepresentasikan sistem nyata. Dengan demikian, validasi model adalah suatu usaha untuk menjamin kredibilitas dari suatu model yang dibangun.



**Gambar 2.7** Relasi Verifikasi, Validasi dan Pembentukan Model Kredibel

Sumber : Daellenbach, 2005

Ketika membangun model matematis sistem nyata, kita harus melewati beberapa tahapan atau level pemodelan. Seperti yang dapat dilihat pada gambar 2.7 pertama kita harus membangun model konseptual yang memuat elemen sistem nyata. Dari model konseptual ini kita membangun model logika yang memuat relasi logis antara elemen sistem juga variabel eksogenus yang mempengaruhi sistem. Model kedua ini sering disebut sebagai model diagram alir. Dengan menggunakan model diagram alir ini, lalu dikembangkan program komputer, yang disebut juga sebagai model matematis, yang akan mengeksekusi model diagram alir.

*commit to user*

## 2.4 TEKNIK OPTIMISASI (*INTEGER LINEAR PROGRAMMING*)

*Linear Programming* (LP) merupakan teknik riset operasional (*operation research technique*) yang telah dipergunakan secara luas dalam berbagai jenis masalah manajemen (Gaspersz, 2004). Pemrograman linier memakai suatu model matematis untuk menggambarkan masalah yang dihadapi. Kata sifat ‘linier’ berarti bahwa semua fungsi matematis dalam model ini harus merupakan fungsi – fungsi linier. Kata ‘pemrograman’ di sini merupakan sinonim untuk kata ‘perencanaan’. Maka, membuat pemrograman linier adalah membuat rencana kegiatan – kegiatan untuk memperoleh hasil yang optimal, ialah suatu hasil yang mencapai tujuan yang ditentukan dengan cara yang paling baik (sesuai model matematis) di antara semua alternatif yang mungkin. (Lieberman dan Hillier, 1994).

### 2.4.1 Komponen Model *Integer Linear Programming*

Lieberman dan Hillier (1994) menyatakan bahwa model *integer linear programming* memiliki tiga komponen utama, yaitu :

a. Fungsi Tujuan (*Objective Function*)

Fungsi tujuan adalah fungsi yang menggambarkan tujuan/sasaran dari dalam permasalahan *integer linear programming* yang berkaitan dengan pengaturan secara optimal sumber daya-sumber daya untuk mencapai hasil yang optimal.

b. Fungsi Pembatas (*Constraint Function*)

c. Fungsi pembatas merupakan bentuk penyajian secara matematis batasan-batasan kapasitas yang tersedia yang akan dialokasikan secara optimal ke berbagai kegiatan.

d. Variabel Keputusan (*Decision Variables*)

Variabel keputusan merupakan aspek dalam model yang dapat dikendalikan. Nilai variabel keputusan merupakan alternatif yang mungkin dari fungsi linier.

### 2.4.2 Bentuk Baku Model Pemrograman Linier

Secara matematis, model umum dari *integer linear programming* yang terdiri dari sekumpulan variabel keputusan  $X_1, X_2, \dots, X_n$ , dirumuskan sebagai berikut (Lieberman dan Hillier, 1994) :

*commit to user*

Fungsi tujuan : Maksimasi (atau Minimasi)

$$Z = C_1x_1 + C_2x_2 + C_3x_3 + \dots + C_nx_n \dots\dots\dots \text{Persamaan 2.1}$$

Kendala :

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 + a_{14}x_4 + \dots + a_{1n}x_n \quad (\leq, =, \geq) \quad b_1$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + a_{23}x_3 + a_{24}x_4 + \dots + a_{2n}x_n \quad (\leq, =, \geq) \quad b_2$$

$\vdots$

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + a_{m3}x_3 + a_{m4}x_4 + \dots + a_{mn}x_n \quad (\leq, =, \geq) \quad b_m$$

$$\text{dan } x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, \dots, x_n \geq 0$$

dimana :

$Z$  = nilai fungsi tujuan yang dimaksimumkan atau diminimumkan

$n$  = macam batasan sumber daya atau fasilitas yang ada

$m$  = macam aktivitas yang menggunakan sumber daya atau fasilitas

$x_i$  = variabel keputusan

$b_i$  = nilai maksimal sumber daya untuk dialokasikan ke aktivitas

$C_i$  = besarnya kenaikan nilai  $Z$  setiap ada kenaikan satu satuan nilai

#### 2.4.3 Asumsi – Asumsi Pemrograman Linier

Asumsi dasar yang digunakan dalam model analitis *Integer Linear Programming* adalah (Lieberman dan Hillier, 1994) :

##### a. Proporsionalitas

Naik turunnya nilai fungsi tujuan ( $Z$ ) dan penggunaan sumber daya berubah sebanding (proporsional) dengan perubahan tingkat aktivitas.

##### b. Additivitas

Aktivitas (variabel keputusan) tidak saling mempengaruhi dalam menentukan nilai fungsi tujuan sehingga nilai fungsi tujuan merupakan penjumlahan kontribusi setiap variabel keputusan atau dengan kata lain kenaikan fungsi tujuan yang diakibatkan oleh suatu aktivitas dapat ditambahkan tanpa mempengaruhi bagian nilai fungsi tujuan yang diperoleh dari aktivitas lain.

c. Deterministik

Semua parameter yang terdapat dalam model matematis ( $A_{ij}$ ,  $C_j$ ,  $b_i$ ) dapat ditentukan dengan pasti, meskipun jarang dapat ditentukan dengan tepat.

d. *Accountability*

Sumber-sumber yang tersedia harus dapat dihitung sehingga dapat dipastikan berapa bagian yang terpakai dan berapa bagian yang masih tersisa.

e. *Linearity of Objectives*

Fungsi tujuan dan kendala-kendala harus dapat dinyatakan sebagai suatu fungsi linear.

#### 2.4.4 Solusi Model *Integer Linear Programming*

Solusi model *integer linear programming* adalah jawaban akhir dari suatu pemecahan masalah. Pada suatu model matematis, solusi dikatakan layak (*feasible solution*) jika penyelesaiannya tidak melanggar batasan-batasan yang ada. Namun jika penyelesaiannya tidak memungkinkan pada alternatif-alternatif yang layak (*feasible*), maka solusi itu dikatakan tidak layak (*no feasible solution*).

*Integer Linear Programming (ILP)* dapat diselesaikan dengan banyak cara, antara lain menggunakan grafik, metode eliminasi dan substitusi maupun menggunakan perangkat lunak. Perangkat lunak yang digunakan untuk memperoleh solusi model *integer linear programming*, antara lain *Excel Solver*, *TORA*, *LINDO*, *AMPL* dan *LINGO*. Pada penelitian ini, digunakan perangkat lunak *Risk Solver Premium 9.V* untuk simulasi model yang dibangun.

#### 2.5 *GIS (Geographical Information System)*

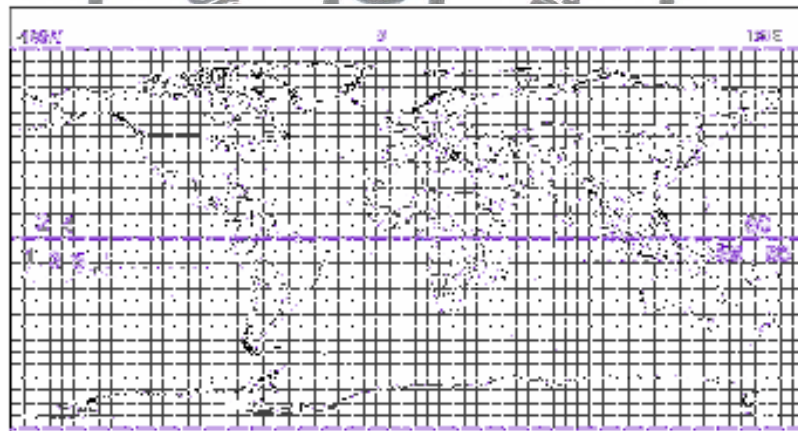
*GIS (Geographical Information System)* atau dikenal pula dengan *SIG (Sistem Informasi Geografis)* merupakan sistem informasi berbasis komputer yang menggabungkan antara unsur peta (geografis) dan informasi tentang peta tersebut (data atribut) yang dirancang untuk mendapatkan, mengolah, memanipulasi, menganalisa, memperagakan dan menampilkan data spasial untuk menyelesaikan perencanaan, mengolah dan meneliti permasalahan. (Mufidah, 2006).



### 2.5.1 Proyeksi dan Sistem Koordinat

Untuk menggambarkan obyek atau *features* permukaan bumi di atas layar komputer, kita memerlukan suatu sistem penggambaran yang merepresentasikan keadaan bumi sebenarnya yang kita sebut sebagai proyeksi. Proyeksi kita gambarkan dalam sistem koordinat *cartesian*, yang umumnya kita kenal dalam unit X dan Y. Berikut akan kita bahas 2 sistem proyeksi yang sering digunakan *Transverse Mercator* atau *UTM* (Utama, 2004).

Untuk menyatakan proyeksi yang lebih detail dan bersifat lokal kita gunakan, salah satunya yaitu proyeksi *Universal Transverse Mercator*. Satuan units yang digunakan adalah meter, proyeksi ini didasarkan pada asumsi bahwa jarak datar di permukaan bumi akan homogen setiap lebar 60 antar garis meridian dan 80 antar garis paralel. Dengan demikian apabila perhitungan dimulai dari titik  $-180^{\circ}\text{W}$  hingga  $180^{\circ}\text{E}$  terdapat 60 zone, tiap zone dinamakan zone 1, zone 2, dan seterusnya hingga zone 60.



**Gambar 2.8** Proyeksi *Universal Transverse Mercator* (UTM)

Sumber: Utama, 2004

Untuk Indonesia, kita akan menggunakan UTM WGS 1984. Zone pada tiap daerah berbeda sehingga satu unit zone sistem yang berlaku di daerah tidak bisa digunakan pada daerah lain. Untuk menyatakan satuan meter atau *feet* pada peta yang berlaku global kita dapat menggunakan proyeksi lain seperti mercator, robinson, dan lain sebagainya tergantung karakteristik posisi meridian dan paralel tiap daerah/negara.

*commit to user*



### 2.5.2 *Network Analyst*

*Network Analyst* merupakan salah satu ekstensi dari ArcView Gis dalam analisa pemecahan masalah yang menggunakan ide jaringan geografis seperti jalan, sungai, saluran, pipa, kabel dan sebagainya. *Network Analyst* dapat digunakan dalam mencari rute perjalanan yang paling efisien sekaligus memperoleh ukuran rute terpendek, membuat arah untuk suatu perjalanan, atau mencari area pelayanan berdasarkan waktu perjalanan (Rizqi El Syahid, 2009).

Dalam pencarian rute terpendak dapat digunakan fasilitas *Find Closest Facility*. Dengan *fasilitas* ini dapat ditentukan berapa banyak titik fasilitas yang ingin ditemukan dengan arah perjalanan menuju atau menjauh dari suatu lokasi. Selanjutnya dapat ditampilkan rute terbaik, jarak tempuh maupun biaya perjalanan untuk setiap rute. Fasilitas ini juga dapat digunakan untuk memperoleh titik lokasi dari suatu titik acuan dengan waktu perjalanan yang telah ditentukan. Walaupun demikian titik lain yang dicapai dalam waktu yang lebih lama dalam waktu yang ditentukan tetap disertakan dalam analisis ([www.webhelp.esri.com](http://www.webhelp.esri.com), 2007)

## 2.6 REGRESI LINEAR

Persamaan regresi adalah persamaan matematik yang memungkinkan kita meramalkan nilai-nilai suatu peubah tak bebas dari nilai-nilai satu atau lebih peubah bebas (Richard, 2003). Dalam bab ini akan dibicarakan masalah pendugaan atau peramalan nilai peubah tak bebas Y berdasarkan peubah bebas X yang telah diketahui nilainya. Pertama kali data diplot dalam sebuah grafik sehingga menghasilkan apa yang disebut diagram pencar. Dengan mengamati diagram pencar ini, terlihat bahwa titik-titiknya mengikuti suatu garis lurus, menunjukkan bahwa kedua peubah tersebut saling berhubungan secara linier. Bila hubungan linier demikian itu ada, maka kita berusaha menyatakan secara matematik dengan sebuah persamaa garis lurus yang disebut garis regresi linier. Sebuah garis lurus dapat dinyatakan dengan persamaan 2.2

$$\hat{y} = a + bx \dots\dots\dots \text{persamaan 2.2}$$

dimana :

a = menyatakan intersep atau perpotongan dengan sumbu tegak y dan garis fungsi linear atau besarnya nilai y kalau  $x = 0$ . Disebut juga sebagai “*intercept coefficient*.”

b = kemiringan atau gradiennya.

Lambang  $\hat{y}$  digunakan di sini untuk membedakan antara nilai ramalan yang dihasilkan garis regresi dan nilai pengamatan y yang sesungguhnya untuk nilai x tertentu. Bila nilai dugaan titik bagi a dan b telah diperoleh dari data contoh, maka garis regresinya dapat digunakan untuk meramalkan nilai  $\hat{y}$  padanan suatu nilai x tertentu. Nilai ramalan  $\hat{y}$  ini merupakan nilai titik bagi  $\hat{y}$ , sehingga kecil sekali kemungkinannya persis sama. Tetapi tentu saja kita berharap keduanya berdekatan.

Untuk membuat garis regresi dapat digunakan dua cara, yaitu metode *free hand* dan metode *least square*.

a. Metode *Free Hand*

Pada cara ini regresi yang berupa garis lurus dibuat dengan dikira-kira berdasarkan perasaan saja. Tentunya garis regresi yang dihasilkan terpengaruh oleh unsur subyektif dari pembuatnya, oleh karena itu hasilnya kurang cermat.

b. Metode *Least Square*

Metode ini berusaha untuk membuat garis yang mempunyai jumlah selisih (jarak vertikal) kuadrat antara data dengan garis regresi yang kecil. Langkah-langkah penyusunan garis regresi linear dengan metode ini :

1. Menyusun nilai-nilai dependent variable (Y) dan independent variable (X) , kemudian menjumlahkan nilai X dan juga nilai Y
2. Mengitung nilai-nilai  $X^2$  dan menjumlahkannya untuk semua data, begitupula XY
3. Mencari garis regresi  $Y' = a + bX$ , dimana :

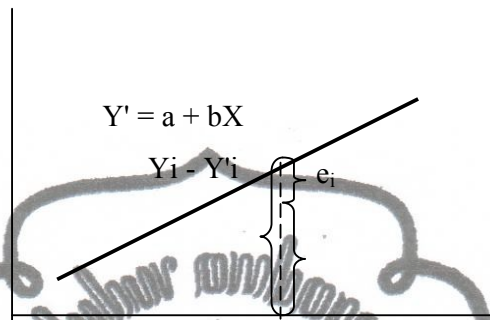
Y = nilai dependent variabel yang sesungguhnya

Y' = nilai dependent variabel yang diramalkan

X = nilai independent variabel

*commit to user*

- a = bilangan konstan, yang merupakan titik potong dengan sumbu vertikal pada gambar jika nilai  $X = 0$
- b = slope, yaitu koefisien kecondongan garis itu



**Gambar 2.9** Garis regresi dengan Metode *Least Squares*,  $Y_i - Y'_i =$  deviasi vertikal (jarak)

Sumber : Richard, 2003

Jika kita memutuskan untuk menggunakan persamaan regresi linear, maka kita menghadapi masalah bagaimana memperoleh rumus untuk menentukan nilai dugaan titik bagi a dan b berdasarkan data contoh.

Untuk menentukan nilai dugaan titik bagi a dan b berdasarkan data contoh, maka digunakan metode kuadrat terkecil atau metode *least square* karena metode ini lebih baik daripada metode *freehand*. Metode ini memilih suatu garis regresi yang membuat jumlah kuadrat jarak vertikal dari titik-titik pengamatan ke garis regresi tersebut sekecil mungkin. Jadi, bila  $e_i$  menyatakan simpangan vertikal dari titik ke  $-I$  ke garis regresi, maka metode kuadrat terkecil menghasilkan rumus untuk menghitung a dan b sehingga jumlah kuadrat semua simpangan itu minimum. Jumlah kuadrat semua simpangan ini disebut jumlah kuadrat galat sekitar garis regresi dan dilambangkan dengan JKG. Diperoleh dari persamaan 2.3

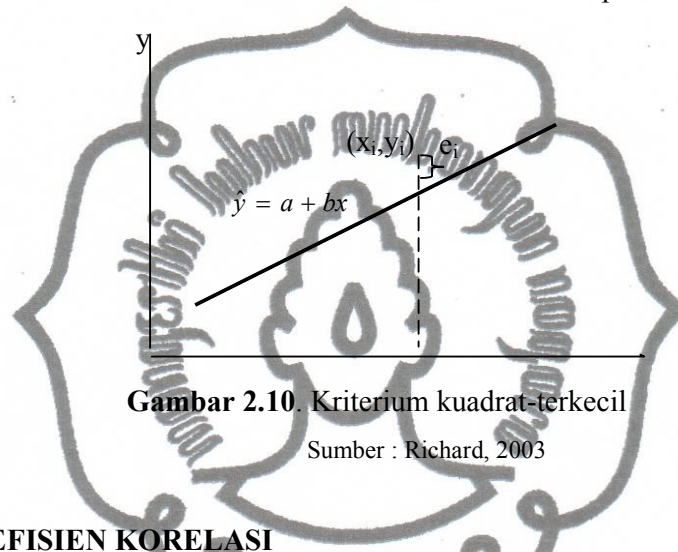
$$JKG = \sum_{i=1}^n e_i^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - a - bx_i)^2 \quad \dots\dots\dots \text{persamaan 2.3}$$

Bila diberikan data contoh  $\{(x_i, y_i); i = 1, 2, \dots, n\}$ , maka nilai dugaan kuadrat terkecil bagi parameter dalam garis regresi  $\hat{y} = a + bx$  dapat diperoleh dari persamaan 2.3 dan 2.4

*commit to user*

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \left( \sum_{i=1}^n x_i \right) \left( \sum_{i=1}^n y_i \right)}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left( \sum_{i=1}^n x_i \right)^2} \dots\dots\dots \text{persamaan 2.4}$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x} \dots\dots\dots \text{persamaan 2.5}$$



**Gambar 2.10.** Kriteria kuadrat-terkecil

Sumber : Richard, 2003

## 2.7 KOEFISIEN KORELASI

Korelasi adalah ukuran kekuatan hubungan antara dua peubah melalui sebuah hubungan yang disebut koefisien korelasi. Koefisien korelasi, yang dinyatakan dengan bilangan, bergerak antara 0 sampai +1 atau 0 sampai -1. (Walpole, 1995)

Definisi koefisien korelasi linear merupakan ukuran hubungan linear antara dua peubah acak  $x$  dan  $y$ , dan dilambangkan dengan  $r$ . Jadi,  $r$  mengukur sejauh mana titik-titik menggerombol mengikuti sebuah garis lurus dengan kemiringan positif, maka ada korelasi positif yang tinggi antara dua peubah. Bila titik-titik menggerombol mengikuti sebuah garis lurus dengan kemiringan positif, maka ada korelasi positif yang tinggi antara dua peubah. Akan tetapi, bila titik-titik menggerombol mengikuti sebuah garis lurus dengan kemiringan negatif, maka antara kedua peubah itu terdapat korelasi negatif yang tinggi. Korelasi antara kedua peubah semakin menurun secara numerik dengan semakin memencarnya atau menjauhnya titik-titik dari suatu garis lurus. Bila titik-titiknya

*commit to user*

mengikuti suatu pola yang acak, atau dengan kata lain tidak ada pola, maka kita mempunyai korelasi nol, dan disimpulkan tidak ada hubungan antar linier antar X dan Y.

Koefisien korelasi antara dua peubah adalah suatu ukuran hubungan linier antara kedua peubah tersebut, sehingga nilai  $r = 0$  berimplikasi tidak adanya hubungan linier, bukan bahwa antara kedua peubah itu pasti tidak terdapt hubungan. Jadi, bila X dan Y terdapat suatu hubungan kuadratik yang kuat, kita masih akan memperoleh korelasi nol meskipun jelas ada hubungan tak linier yang kuat antara kedua peubah tersebut. Ukuran korelasi linear antara dua peubah yang paling banyak digunakan adalah yang disebut koefisien korelasi momen hasil kali Pearson ringkasnya koefisien korelasi contoh. Koefisien korelasi contoh adalah ukuran hubungan linier antara dua peubah X dan Y dinyatakan dalam r, dapat diperoleh dari persamaan 2.6

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \left( \sum_{i=1}^n x_i \right) \left( \sum_{i=1}^n y_i \right)}{\sqrt{\left[ n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left( \sum_{i=1}^n x_i \right)^2 \right] \left[ n \sum_{i=1}^n y_i^2 - \left( \sum_{i=1}^n y_i \right)^2 \right]}} = b \frac{S_x}{S_y} \dots\dots \text{persamaan 2.6}$$

$$\text{dimana } JKG = (n-1) (S^2_y - b^2 S^2_x)$$

Dengan membagi kedua sisi persamaan ini dengan  $(n-1)S^2_y$  maka didapatkan hubungan persamaan 2.6

$$r^2 = 1 - \frac{JKG}{(n-1)S^2_y} \dots\dots \text{persamaan 2.6}$$

dan karena JKG dan  $S^2_y$  keduanya tidak pernah negatif, maka kita simpulkan bahwa  $r^2$  nilainya pasti antara nol dan 1. Akibatnya, r mungkin mengambil nilai dari -1 sampai +1. Nilai  $r = -1$  akan terjadi jika  $JKG = 0$  dan semua titik contoh terletak tepat pada suatu garis lurus yang mempunyai kemiringan negatif. Bila semua titik contoh terletak pada satu garis lurus dengan kemiringan positif, maka  $JKG = 0$  dan kita memperoleh  $r = +1$ . Jadi, hubungan linier sempurna terdapat antara nilai-nilai X dan Y dalam contoh, bila  $r = +1$  atau -1. Bila r mendekati +1 atau -1, hubungan antara kedua peubah itu kuat dan kita

*commit to user*

katakan bahwa terdapat korelasi yang tinggi antara keduanya. Akan tetapi, bila  $r$  mendekati 0, hubungan linier antara  $X$  dan  $Y$  sangat lemah atau mungkin tidak ada sama sekali.

Di pihak lain, bila kita perhatikan  $r^2$ , yang umumnya disebut koefisien determinasi contoh, maka kita mempunyai bilangan yang menyatakan proporsi keragaman total nilai-nilai peubah  $Y$  yang dapat dijelaskan oleh nilai-nilai peubah  $X$  melalui hubungan linier tersebut.

## 2.8 KONSEP KESEIMBANGAN

Keseimbangan dapat diperoleh melalui beberapa konsep statistik, diantaranya minimasi rentang nilai maksimal-minimal data, dan minimasi standar deviasi nilai data.

Pencapaian keseimbangan melalui minimasi rentang nilai maksimal dan minimal terdapat dalam penelitian Hadiyati, Nur anis (2008) dan Priyandari, Yusuf. Salah satu dari fungsi tujuan yang ingin dicapai pada kedua penelitian tersebut adalah keseimbangan biaya transportasi dengan keseimbangan jalur jalur transportasi.

Konsep penyeimbangan dengan minimasi standar deviasi nilai data terdapat dalam penelitian Cabrera, Mauric (2007), [www.interscience.wiley.com](http://www.interscience.wiley.com). Penelitian tersebut bertujuan menganalisa faktor-faktor yang mempengaruhi *durability*, *reliability*, dan *affordability* suatu material yang akan digunakan untuk memproduksi *sheet molding compound* (SMC). Selanjutnya dilakukan eksperimen untuk memperoleh material dengan ketiga kriteria performansi yang seimbang keseimbangan ketiga kriteria tersebut dipilih dari nilai standar deviasi yang paling minimal. Penelitian lain yang menggunakan konsep keseimbangan dengan minimasi standar deviasi dilakukan oleh Holoer (1987) yaitu pengalokasian *subject /material* yang digunakan untuk beberapa grup *biomedical research*. Pengalokasian tersebut diatur sedemikian rupa sehingga standar deviasi antar grup minimal sehingga dicapai keseimbangan alokasi.

Pada penelitian ini digunakan konsep minimasi standar deviasi untuk mencapai keseimbangan utilitas tiga insinerator puskesmas Surakarta. Konsep

*commit to user*



tersebut dipilih karena dianggap lebih baik daripada minimasi rentang nilai maksimal dan minimal. Pada konsep minimasi standar deviasi akan diperoleh keseimbangan merata untuk seluruh nilai data, sedangkan pada minimasi rentang maksimal dan minimal hanya dapat diperoleh keseimbangan antara nilai maksimal dan minimal, walaupun keseimbangan juga dapat tercapai dengan konsep tersebut.

Standar deviasi merupakan salah satu ukuran penyimpangan dalam statistik. Standar deviasi merupakan penyimpangan dimana penyimpangan diukur dari nilai tengah. (Tarro Yamane, 1997). Sebelum mengenal standar deviasi perlu diketahui terlebih dahulu mengenai variansi. Perbedaan nilai data  $x_i$  dari nilai tengah  $\mu$  disebut deviasi, dituliskan dengan persamaan 2.7

$$\ell = \text{deviation} = x_i - \mu \dots\dots\dots \text{persamaan 2.7}$$

Umumnya deviasi diukur dengan pengurangan mean terhadap nilai data yaitu  $x_i - \mu$  bukan  $\mu - x_i$  walaupun terdapat kemungkinan hasil bernilai negatif. Rata-rata kuadrat deviasi  $(\mu - x_i)^2$  disebut variansi, yang diformulasikan pada persamaan 2.8

$$\text{Variansi dari } X = \frac{\sum_{i=1}^N (\mu - x_i)^2}{N} \dots\dots\dots \text{persamaan 2.8}$$

Istilah berikut digunakan secara bergantian yaitu variansi distribusi data X, variansi distribusi, variansi dari X dan pada umumnya disebut variansi. Penyederhanaan symbol pada persamaan 2.9

$$V(X) = \frac{\sum (\mu - x_i)^2}{N} \dots\dots\dots \text{persamaan 2.9}$$

Kuadrat  $\sigma$  atau  $\sigma^2$  juga digunakan untuk meringkas variansi pada  $V(X) = \sigma^2$  dengan nilai kuantitas  $\sum_{i=1}^N (\mu - x_i)^2$  dan selanjutnya disebut *sum of square deviations*.

Variansi merupakan pengukuran dispersi. Yang perlu diperhatikan disini bahwa nilai deviasi dikuadratkan. Apabila nilai suatu data diketahui maka unit variansi adalah (points)<sup>2</sup>. Untuk memperbaiki keganjalan ini dan untuk memperoleh pengukuran dispersi suatu data yang dinyatakan dalam titik,

*commit to user*

dilakukan pengakaran kaudrat dari variansi. Akar kuadrat dari variansi ini disebut standar deviasi dari variable X. Standar deviasi disederhanakan dalam simbol  $\sigma$ , dengan persamaan 2.10

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \mu)^2}{N}} \dots\dots\dots \text{persamaan 2.10}$$

Dalam teori statistik variansi adalah sebuah parameter yang sering digunakan, akan tetapi pada aplikasi statistik parameter yang sering digunakan adalah standar deviasi.

## 2.9 KAJIAN PENELITIAN SEBELUMNYA

Penelitian sebelumnya mengenai alokasi limbah pernah dilakukan oleh Pamungkas, Sigit (2008) yang berjudul "Optimasi Pengalokasian Wilayah Tiap Tempat Pembuangan Sementara (TPS) di Kota Surakarta Dengan Model *Integer Linear Programming*". Penelitian ini bertujuan menyusun alokasi sampah wilayah (RW) ke TPS di kota Surakarta untuk memperpendek jarak pengumpulan sampah sehingga diperoleh biaya pengangkutan sampah yang minimal dengan mempertimbangkan volume sampah tiap wilayah (RW) dan kapasitas maksimal tiap TPS.

Model yang digunakan pada penelitian ini yaitu *Integer Linier Programming* (ILP). Fungsi tujuan model yang dikembangkan adalah untuk memperpendek jarak pengumpulan sampah sehingga diperoleh biaya pengangkutan sampah yang minimal dengan mempertimbangkan volume sampah tiap wilayah (RW) dan kapasitas maksimal tiap TPS. Fungsi tujuan ini didefinisikan dengan model matematis sebagai berikut :

*Minimize:*

$$TC = \underbrace{\left( \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^3 c_{ij} \times f_i \times x_{ij} \right)}_1 + \underbrace{\left( \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{j1} \times f_{j1} \times x_{ij} \right)}_2$$

Variabel keputusan yang dicari dalam formulasi matematis diatas, adalah sebagai berikut :

*commit to user*

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{jika sampah dari wilayah(RW) ke-} i \text{ dialokasikan ke lokasi TPS ke-} j, \\ 0 & \text{jika tidak} \end{cases}$$

Kriteria-kriteria yang menjadi kendala pada formulasi matematik diatas, adalah sebagai berikut :

1. Setiap lokasi TPS ke- $j$  tidak dapat menerima sampah dari wilayah (RW) melebihi kapasitas yang dapat ditampung

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq K_j$$

2. Satu wilayah (RW) hanya dapat membuang sampah pada satu lokasi TPS

$$\sum_{j=1}^3 x_{1j} = 1$$

3. Variabel keputusan,  $x_{ij}$  merupakan bilangan biner

Variabel biner ini berfungsi untuk mengetahui apakah RW ke- $i$  membuang sampah ke TPS ke- $j$  atau tidak. Jika RW ke- $i$  membuang sampah maka nilai dari variabel biner adalah 1. Namun apabila RW ke- $i$  tidak membuang sampah ke TPS ke- $j$  maka variabel biner bernilai 0. Model batasan variabel biner adalah sebagai berikut :

$$x_{ij} = 0 \text{ atau } 1$$

4. Frekuensi pengangkutan sampah dari TPS menuju TPA merupakan bilangan integer dengan pembulatan ke atas

$$f_{j1} \in \text{int.}$$

$$\sum_{i=1}^m v_i \times x_{ij} \leq f_{j1} \times k_{truk}$$

#### Notasi

$TC$  = total biaya pengangkutan sampah (Rp/hari)

$c_{ij}$  = biaya pengangkutan untuk sekali angkut gerobak dari RW ke- $i$  ke lokasi TPS ke- $j$  (Rp/gerobak)

$x_{ij}$  = keputusan mengalokasikan sampah dari RW ke- $i$  ke lokasi TPS ke- $j$

$v_i$  = volume sampah dari RW ke- $i$  ke lokasi TPS per hari (liter/hari)

*commit to user*

- $K_j$  = kapasitas TPS ke- $j$   
 $i$  = nomor lokasi wilayah (RW)  
 $j$  = nomor lokasi TPS  
 $m$  = jumlah wilayah (RW)  
 $n$  = jumlah lokasi TPS

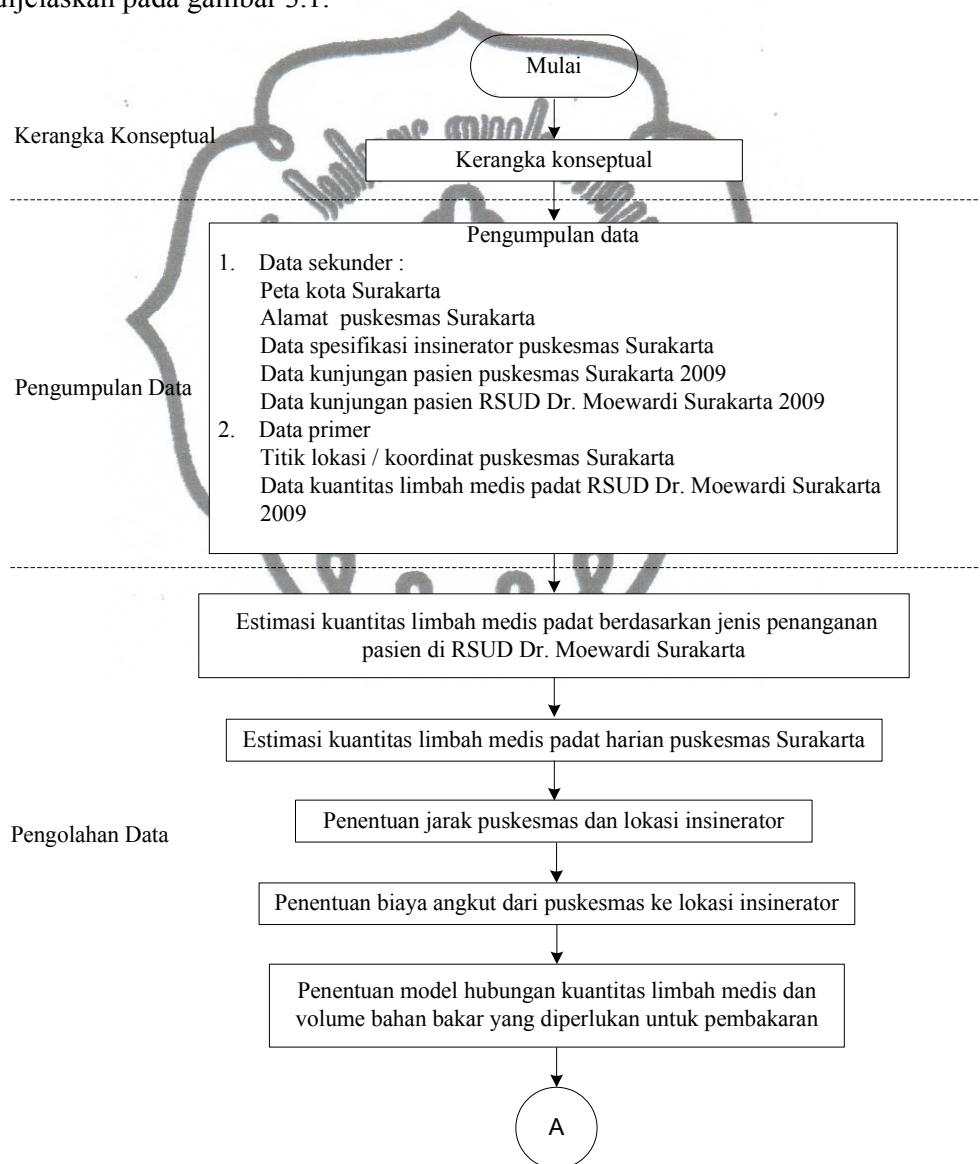
Penelitian ini menghasilkan total biaya pengangkutan sampah sebesar Rp. 21.813.970,00 per hari.

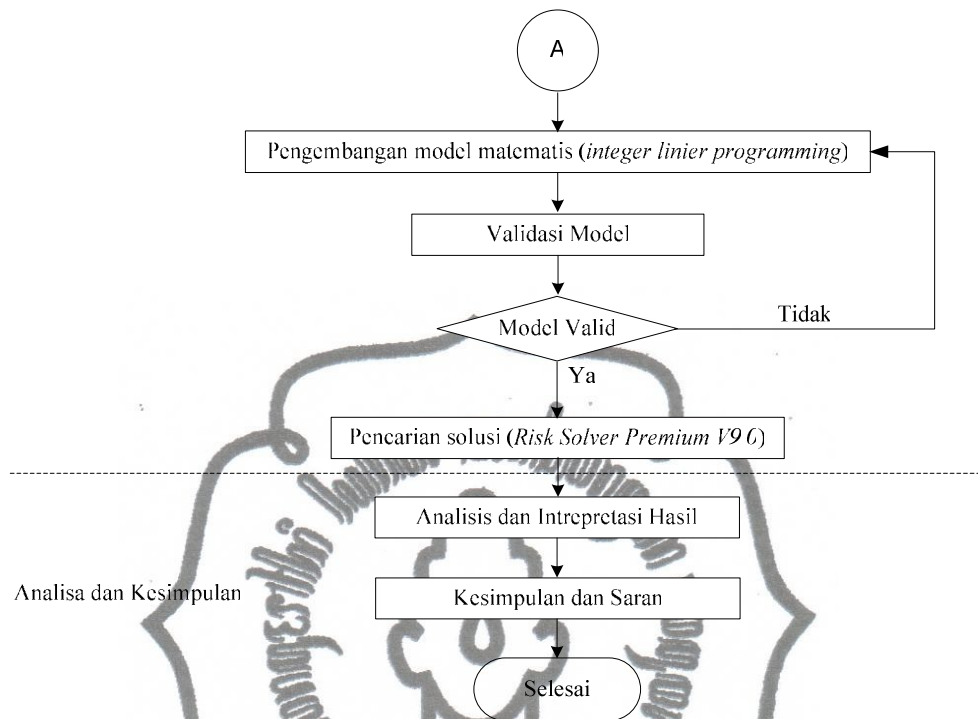


### BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian digunakan sebagai pedoman peneliti dalam pelaksanaan penelitian. Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini dijelaskan pada gambar 3.1.





**Gambar 3.1** Diagram Alir Penelitian

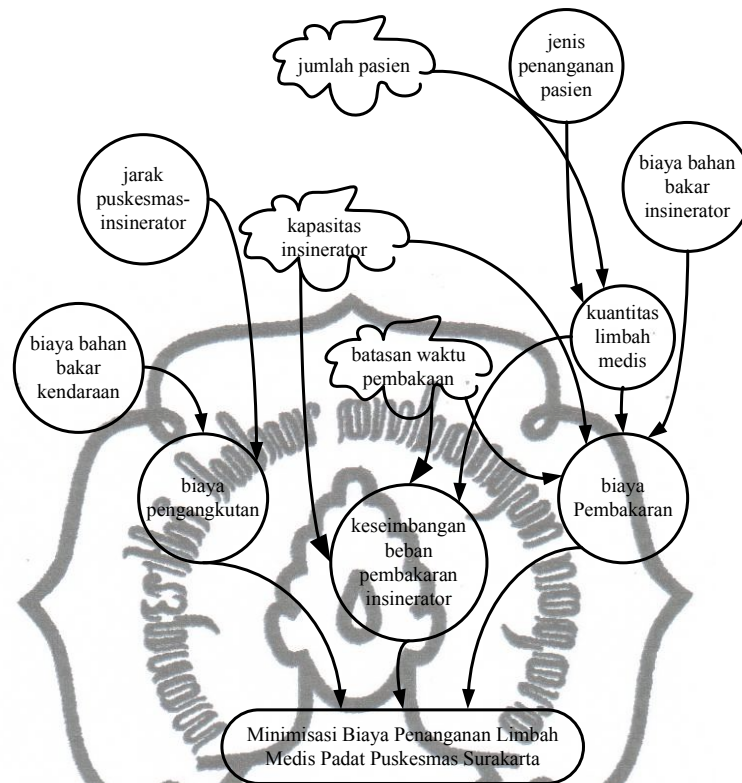
Langkah penelitian dapat dijelaskan sebagai berikut :

### 3.1 Kerangka Konseptual

Kerangka konseptual merupakan kerangka berfikir mengenai hubungan antar variabel yang terlibat dalam penelitian atau hubungan antar konsep dengan konsep lainnya dari masalah yang diteliti sesuai dengan apa yang telah diuraikan pada studi literatur. Konsep dalam hal ini adalah suatu abstraksi atau gambaran yang dibangun dengan menjeneralisasikan suatu pengertian. Oleh karena itu, konsep tidak dapat diamati dan diukur secara langsung. Agar konsep dapat diamati dan diukur, maka konsep tersebut harus dijabarkan terlebih dahulu menjadi variabel-variabel.

Kerangka konseptual digambarkan dalam *influence diagram* pada gambar 3.2





**Gambar 3.2** *Influence Diagram* Sistem Alokasi Limbah Medis Padat Puskesmas Surakarta

Dalam penelitian ini konsep tujuan yang ingin diperoleh adalah keputusan alokasi limbah medis padat puskesmas Surakarta ke lokasi penanganan limbah. Konsep yang dipertimbangkan dalam konsep tujuan tersebut adalah biaya dan keseimbangan beban pembakaran insinerator. Variabel yang membangun konsep biaya adalah biaya angkut dan biaya pembakaran, dimana biaya angkut dipengaruhi oleh jarak tempuh pengangkutan limbah medis padat serta biaya angkut per satuan jarak. Sedangkan biaya pembakaran dipengaruhi oleh kuantitas limbah medis padat yang dibakar dan biaya pembakaran per satuan kuantitas. Keseimbangan beban pembakaran di setiap insinerator perlu diperhatikan untuk menjaga kemungkinan lonjakan suplai limbah medis padat dari puskesmas secara tidak terduga. Apabila keseimbangan tidak dijaga, terdapat kemungkinan kapasitas insinerator berada pada kondisi penuh sehingga tidak dapat menampung lonjakan kuantitas limbah tersebut. Faktor keseimbangan beban pembakaran juga

*commit to user*

mencerminkan biaya pembakaran yang merata di setiap insinerator, hal ini sesuai dengan sistem yang berjalan pada saat ini bahwa subsidi biaya untuk pembakaran ketiga insinerator adalah sama.

### 3.2 Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data sekunder dan data primer. Data sekunder diperoleh dari instansi terkait, yaitu Dinas Kesehatan Kota (DKK) Surakarta dan RSUD Dr. Moewardi Surakarta. Sedangkan data primer diperoleh melalui observasi lapangan yang dilakukan oleh peneliti.

Data sekunder ini meliputi :

1. Peta kota Surakarta
2. Alamat puskesmas Surakarta
3. Data spesifikasi insinerator puskesmas Surakarta
4. Data kunjungan pasien puskesmas Surakarta 2009
5. Data kunjungan pasien RSUD Dr. Moewardi Surakarta 2009

Data Primer meliputi :

1. Titik lokasi / koordinat puskesmas Surakarta
2. Data kuantitas limbah medis padat RSUD Dr. Moewardi Surakarta 2009

### 3.3 Estimasi Kuantitas Limbah Medis Padat Berdasarkan Jenis Penanganan Pasien.

Estimasi kuantitas limbah medis padat ini digunakan untuk mengetahui seberapa banyak kuantitas limbah medis padat yang dihasilkan dari penanganan seorang pasien. Pengukuran ini dibedakan untuk jenis penanganan pasien rawat jalan, rawat inap, UGD minor, dan bersalin. Jenis penanganan ini dipilih berdasarkan pelayanan yang disediakan oleh puskesmas Surakarta.

Pengukuran dilakukan di RSUD Dr. Moewardi Surakarta dengan asumsi bahwa cara penanganan pasien jenis rawat inap, rawat jalan, bersalin dan UGD minor di RSUD Dr. Moewardi Surakarta sama dengan cara penanganan pasien di puskesmas Surakarta, sehingga hasil pengukuran ini dapat diterapkan dalam penentuan perkiraan kuantitas limbah medis padat harian di puskesmas Surakarta. RSUD Dr. Moewardi Surakarta dipilih sebagai lokasi pengukuran karena rumah sakit ini telah memiliki sistem pengukuran kuantitas limbah medis padat.

*commit to user*

Pengukuran estimasi kuantitas limbah medis padat dapat dihitung dengan persamaan 3.1. Pengukuran dilakukan selama 14 hari kemudian dilakukan perhitungan rata-rata kuantitas limbah medis padat harian dari 14 hari tersebut

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^h \frac{L}{n}}{h} \dots\dots\dots \text{persamaan 3.1}$$

Keterangan :

$L$  = Total kuantitas limbah medis padat yang dihasilkan per hari (kg/hari)

$n$  = Jumlah pasien per hari (pasien)

$\bar{p}$  = Potensi kuantitas limbah medis padat yang dihasilkan setiap pasien (kg/pasien)

$h$  = Jumlah hari observasi (hari)

### 3.4 Estimasi Kuantitas Limbah Medis Harian Puskesmas Surakarta

Dari tahap 3.3 diperoleh potensi kuantitas limbah medis yang dihasilkan dari penanganan seorang pasien. Dari data tersebut dapat diketahui kuantitas limbah medis harian puskesmas Surakarta dengan persamaan 3.2

$$d = \bar{p} \times \frac{\sum_{i=1}^h n}{h} \dots\dots\dots \text{persamaan 3.2}$$

Keterangan :

$d$  = Estimasi kuantitas limbah medis harian puskesmas Surakarta (kg/hari)

$\bar{p}$  = Potensi kuantitas limbah medis padat yang dihasilkan setiap pasien (kg/pasien)

$n$  = Jumlah pasien per hari puskesmas Surakarta (pasien/hari)

Perhitungan ini dilakukan untuk masing-masing jenis penanganan pasien rawat jalan, rawat inap, UGD dan persalinan. Rata-rata jumlah pasien harian diperoleh dari jumlah pasien harian Januari-November 2009 kemudian dibagi dengan jumlah hari kerja bulan tersebut sebanyak 270 hari.

### 3.5 Penentuan Jarak Pengangkutan Limbah Medis Padat Puskesmas Ke Lokasi Insinerator

Jarak antara masing-masing puskesmas dengan lokasi insinerator diukur dari titik masing-masing lokasi puskesmas menuju titik lokasi insinerator dengan satuan kilometer. Nilai jarak tempuh ini merupakan jarak dua titik berdasarkan panjang jalan yang ditempuh kendaraan pengangkut. Nilai jarak mempertimbangkan arah bolak-balik yang bersifat asimetris, yaitu jarak dari lokasi A ke lokasi B tidak sama dengan jarak dari lokasi B ke lokasi A. Perhitungan bersifat asimetris karena beberapa jalur angkut terdekat melewati jalur jalan searah. Pengukuran jarak berdasarkan panjang jalan dengan menggunakan bantuan Sistem Informasi Geografis (SIG), yaitu dengan menggunakan ekstensi *Network Analyst* pada *software ARC View 3.3*. dengan fasilitas *Find Closest Facility*. Apabila jalur pengangkutan melewati jalan searah, dilakukan pengukuran ulang dengan menggunakan fasilitas *Tool Measure* dengan menentukan jalur angkut terlebih dahulu

### 3.6 Penentuan Biaya Pengangkutan Limbah Medis Padat Puskesmas ke Lokasi Insinerator

Biaya pengangkutan merupakan fungsi dari biaya pengangkutan limbah yang berhubungan dengan jarak untuk sekali pengangkutan dari puskesmas menuju lokasi insinerator. Perhitungan dilakukan dengan persamaan 3.3

$$c_{ij} = b_a \times d_{ij} \dots\dots\dots \text{persamaan 3.3}$$

Keterangan :

$c_{ij}$  = Biaya pengangkutan untuk sekali angkut dari puskesmas ke-*i*  
ke lokasi insinerator ke-*j* (Rp/kendaraan)

$b_a$  = Biaya angkut per meter dengan kendaraan (Rp/km/kendaraan)

$d_{ij}$  = Jarak dari puskesmas ke-*i* ke lokasi insinerator ke-*j* (km)

*i* = Nomor lokasi puskesmas

*j* = Nomor lokasi insinerator

*commit to user*

### 3.7 Penentuan Model Hubungan Kuantitas Limbah Medis dan Volume Bahan Bakar yang Diperlukan untuk Pembakaran

Penentuan model hubungan kuantitas limbah medis dan volume bahan bakar yang diperlukan untuk pembakaran digunakan untuk perhitungan biaya pembakaran. Model tersebut perlu diketahui untuk menentukan biaya bahan bakar setiap kuantitas limbah medis padat yang dibakar di insinerator. Model tersebut diperoleh dengan melakukan pengamatan kemudian melakukan *plotting* grafik kuantitas limbah medis padat yang dibakar dan volume solar yang dibutuhkan, selanjutnya memprediksi jenis grafik yang dihasilkan dan mencari persamaan fungsinya. Data sekunder diperoleh dari puskesmas Banyuanyar sebagai salah satu puskesmas yang memiliki insinerator.

### 3.8 Pengembangan Model Matematis (*Integer Linear Programming*)

Karakterisasi model dari permasalahan minimasi biaya pengangkutan Limbah di kota Surakarta :

- a. Pengangkutan limbah medis padat dari puskesmas ke lokasi insinerator
  1. Kapasitas maksimal pengangkutan limbah medis padat tiap puskesmas adalah 6 kg, dengan menggunakan kendaraan sepeda motor.
  2. Pengangkutan dilakukan setiap hari.
  3. Setiap puskesmas hanya bisa membuang limbah medis padat di satu lokasi insinerator.
- b. Pembakaran Limbah di insinerator
  1. Setiap lokasi insinerator tidak dapat menerima limbah medis padat dari puskesmas melebihi kapasitas yang dapat ditampung.
  2. Waktu pembakaran yang diperbolehkan sesuai SOP yaitu pada pukul 00.00 -12.00 WIB. Kapasitas maksimal insinerator yaitu 50 kg. Jam kerja pegawai pada pukul 07.30-14.00 WIB. Waktu pembakaran yang memenuhi jam kerja dan SOP secara efektif adalah pukul 08.00 – 12.00 WIB. Dalam waktu empat jam tersebut kapasitas pembakaran maksimal sebesar 30 kg.
  3. Biaya pembakaran diperoleh dari hasil perkalian volume bahan bakar yang dibutuhkan dengan biaya bahan bakar per liter, volume bahan bakar

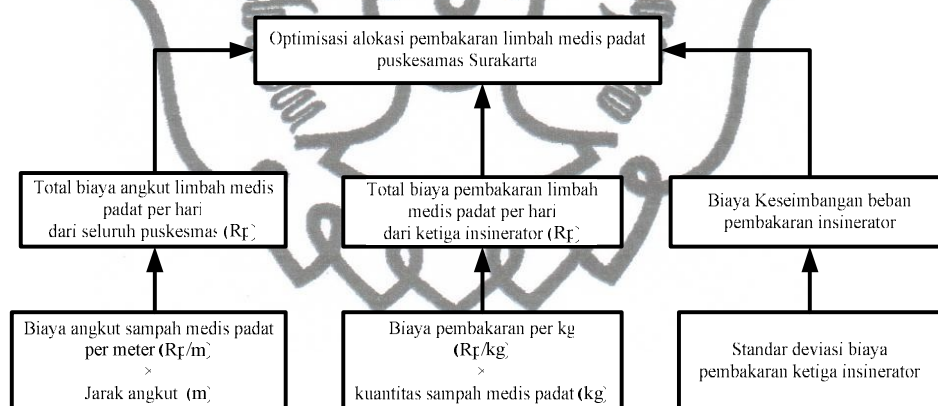
*commit to user*



diperoleh melalui model kebutuhan bahan bakar terhadap kuantitas limbah medis yang dibakar.

4. Keseimbangan beban pembakaran insinerator perlu diperhatikan untuk menjaga kemungkinan lonjakan suplai limbah medis padat dari puskesmas secara tidak terduga, serta untuk menyesuaikan sistem nyata pada saat ini yaitu pemberian subsidi biaya yang merata pada ketiga insinerator.

Tujuan dari model optimasi alokasi limbah medis padat puskesmas ini adalah untuk memperoleh total biaya pengolahan maksimum yang disertai dengan keseimbangan beban pembakaran ketiga insinerator. Tujuan tersebut diperoleh dengan mempertimbangkan kuantitas limbah medis tiap puskesmas dan kapasitas maksimal insinerator. Aliran proses yang terjadi dalam sistem optimisasi tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.3.



**Gambar 3.3** Aliran Proses Optimasi Alokasi Limbah Medis Padat Puskesmas Surakarta

#### a. Fungsi Tujuan

Fungsi tujuan model yang dikembangkan adalah meminimasi biaya pengolahan limbah yang terdiri dari biaya angkut dari puskesmas menuju ke lokasi insinerator dan biaya pembakaran di lokasi insinerator serta keseimbangan beban pembakaran insinerator. Fungsi tujuan ini didefinisikan dengan model matematis sebagai berikut :

*Minimize:* Total biaya pengolahan limbah medis padat puskesmas Surakarta

*commit to user*



= Total biaya pengangkutan + Total biaya pembakaran + Biaya keseimbangan beban pembakaran insinerator

= (Biaya angkut per meter  $\times$  Jarak angkut ) + (Biaya pembakaran per kg  $\times$  Kuantitas sampah medis padat yang dibakar) + (Standar deviasi biaya pembakaran insinerator)

$$Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} + b \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n d_i x_{ij} + b \left[ \text{Stdev} \left( \sum_{i=1}^m d_i x_{i1}, \sum_{i=1}^m d_i x_{i2}, \sum_{i=1}^m d_i x_{i3} \right) \right]$$

Variabel Keputusan

Variabel keputusan yang dicari dalam formulasi matematis diatas, adalah sebagai berikut :

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{jika limbah medis padat dari puskesmas ke-} i \text{ dialokasikan ke lokasi insinerator ke-} j \\ 0 & \text{jika tidak} \end{cases}$$

#### b. Batasan-batasan

Kriteria-kriteria yang menjadi kendala pada formulasi matematis diatas, adalah sebagai berikut :

1. Setiap lokasi insinerator ke- $j$  tidak dapat menerima Limbah medis dari puskesmas melebihi kapasitas yang dapat ditampung

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n d_i x_{ij} \leq K_j \quad \text{untuk } j = 1, 2, 3 \text{ dan } i = 1 \dots 40$$

2. Satu puskesmas hanya dapat membuang Limbah pada satu lokasi insinerator

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1 \quad \text{untuk } j = 1, 2, 3 \text{ dan } i = 1 \dots 40$$

3. Variabel keputusan,  $x_{ij}$  merupakan bilangan biner

$$x_{ij} \in \{0,1\}$$

#### c. Notasi

1. TC = Total biaya pengolahan limbah medis padat puskesmas (Rp/hari)
2.  $c_{ij}$  = Biaya angkut limbah medis padat dari puskesmas ke- $i$  ke lokasi insinerator ke- $j$  untuk sekali pengangkutan (Rp/pengangkutan)

3.  $d_i$  = Kuantitas (berat) limbah medis padat dari puskesmas ke- $i$  per hari (kg/hari)
4.  $x_{ij}$  = Keputusan mengalokasikan limbah medis padat dari puskesmas ke- $i$  ke lokasi insinerator ke- $j$
5.  $b$  = Biaya pembakaran untuk per kriteria kuantitas
6.  $K_j$  = Kapasitas maksimal insinerator ke- $j$
7.  $i$  = Nomor lokasi puskesmas
8.  $j$  = Nomor lokasi insinerator
9.  $m$  = Jumlah lokasi puskesmas
10.  $n$  = Jumlah lokasi insinerator

### 3.9 Validasi Model

Pengujian validitas suatu model dilakukan untuk mengetahui kebenaran suatu model secara matematik, konsistensi secara logis dan kedekatan model dengan keadaan nyata. Pengujian validitas dari sebuah model terdiri atas dua bagian, yaitu pengujian validitas internal dan pengujian validitas eksternal. Pengujian validitas internal pada umumnya dikenal sebagai verifikasi, sedangkan pengujian validasi eksternal dikenal sebagai validasi.

Verifikasi dari suatu model bertujuan untuk menjamin kebenaran suatu model secara matematis dan konsistensi secara logika. Validasi dari suatu model bertujuan untuk menjamin kemampuan suatu model untuk merepresentasikan sistem nyata.

Verifikasi dilakukan untuk meneliti apakah model matematis telah ditranslasikan dalam *software Risk Solver Premium V9.0* dengan benar. Proses tersebut dilakukan dengan membandingkan *output* antara hasil *running software Solver Premium V9.0* dan hasil perhitungan manual. Verifikasi model menggunakan sebagian data sebagai parameter model.

### **3.10 Pencarian Solusi Optimisasi Alokasi Limbah Medis Padat Puskesmas Surakarta**

Pencarian solusi dilakukan dengan *software Risk Solver Premium V9.0* setelah model dinyatakan valid. *Running* model untuk menemukan solusi dilakukan dengan dua alternatif yaitu alokasi dengan mempertimbangkan ketiga fungsi tujuan dan alokasi dengan mengabaikan fungsi tujuan keseimbangan beban kerja pembakaran. Alternatif kedua dibangun sebagai alternatif solusi bagi pengambil keputusan apabila keseimbangan beban pembakaran insinerator diabaikan. Hal ini berdampak pada total biaya yang lebih kecil akibat optimisasi hanya dititik beratkan pada biaya pengangkutan dan biaya pembakaran.

### **3.11 Analisis dan Interpretasi Hasil**

Analisis dilakukan terhadap tiap langkah dalam pengolahan data beserta hasil perhitungannya meliputi analisis estimasi kuantitas limbah berdasarkan jenis penanganan pasien, estimasi kuantitas limbah harian puskesmas surakarta, penentuan jarak pengangkutan ke lokasi insinerator, penentuan biaya pengangkutan, penentuan model hubungan kuantitas limbah medis dan volume bahan bakar untuk pembakaran, pengembangan model matematis *integer linear programming*, pencarian solusi dan validasi model. Pada tahap ini hasil pengolahan data diinterpretasikan hasilnya dengan jelas agar dapat membantu penarikan kesimpulan pada tahap berikutnya.

### **3.12 Kesimpulan Dan Saran**

Dalam bab kesimpulan dan saran ini, ditarik kesimpulan dari hasil analisis yang telah dilakukan. Dapat dilihat apakah kesimpulan yang diambil tersebut sudah menjawab tujuan yang ditetapkan sebelumnya atau belum. Dari kesimpulan tersebut selanjutnya disampaikan saran-saran yang dapat memberikan masukan untuk perbaikan.

## BAB IV

### PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

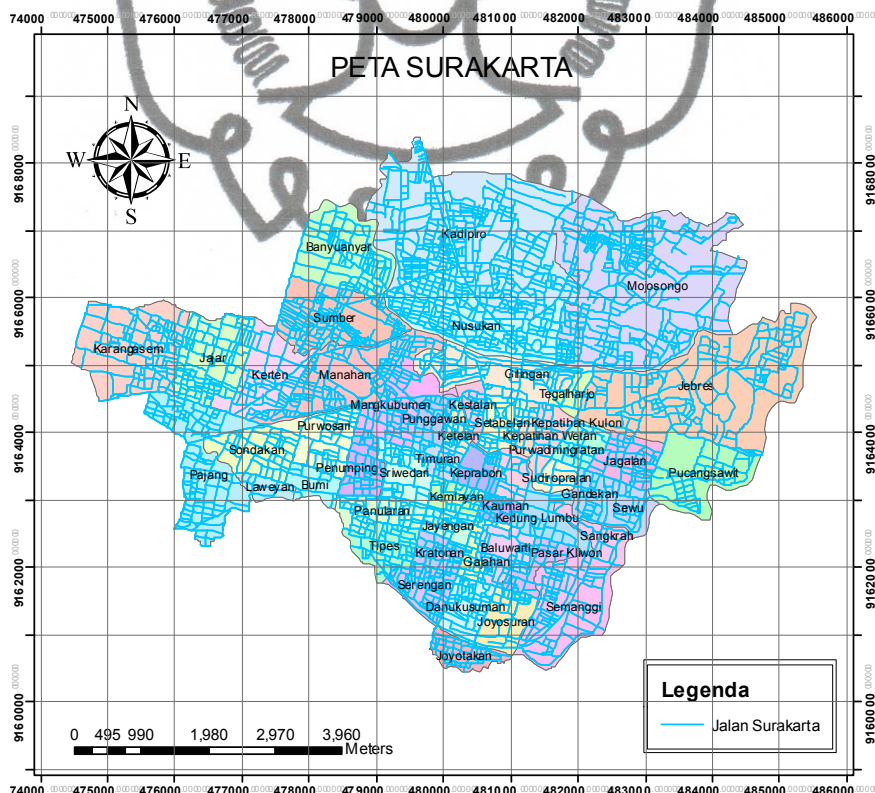
#### 4.1 PENGUMPULAN DATA

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data sekunder dan data primer. Data sekunder diperoleh dari instansi instansi terkait, yaitu Dinas Kesehatan Kota (DKK) Kota Surakarta dan RSUD Dr. Moewardi Surakarta. Sedangkan data primer diperoleh melalui observasi lapangan yang dilakukan oleh peneliti.

##### 4.1.1 Data sekunder

##### a. Peta Surakarta

Data yang dikumpulkan adalah peta jalur transportasi kota Surakarta. Yang meliputi jalan nasional, jalan provinsi, jalan kota dan beberapa jalan lingkungan. Gambar peta Kota Surakarta dapat dilihat pada gambar 4.1.



**Gambar 4.1** Peta Surakarta

Sumber : Teknik Sipil UNS, 2009

*commit to user*

### b. Alamat Puskesmas Surakarta

Data yang dikumpulkan adalah alamat puskesmas dan lokasi insinerator. Data alamat diperoleh dari Dinas Kesehatan Kota (DKK) Kota Surakarta

Pukesmas Surakarta terdiri dari 17 puskesmas induk dan 23 puskesmas pembantu dimana lokasi insinerator terletak di tiga puskesmas induk yaitu puskesmas Pajang, Sibela dan Banyuanyar. Penempatan insinerator didasarkan pada adanya pelayanan rawat inap pada ketiga puskesmas tersebut. Daftar alamat puskesmas dapat dilihat pada tabel 2.1

### c. Data Spesifikasi Insinerator Puskesmas Surakarta

Data yang dikumpulkan meliputi tipe, kapasitas, *Standar Operating Procedure* (SOP), serta skema insinerator puskesmas Surakarta. Data diperoleh dari puskesmas yang memiliki fasilitas pengolah limbah berupa insinerator yaitu puskesmas Sibela, Pajang dan Banyuanyar.

Data tipe, kapasitas, dan *Standar Operating Procedure* (SOP) insinerator terdapat pada penjelasan 2.2.3. Skema insinerator puskesmas Surakarta dapat dilihat pada gambar 2.2. Data penggunaan bahan bakar dapat dilihat pada tabel 4.1. Data kebutuhan bahan bakar diperoleh dari data puskesmas Banyuanyar.

**Tabel 4.1** Kebutuhan Bahan Bakar

Limbah medis padat (kg)	Solar (liter)
1	1
5	2
12.5	10
16.5	15
25	20

Sumber : Puskesmas Banyuanyar, 2010

### d. Data Kunjungan Pasien Harian Puskesmas Surakarta 2009

Data yang dikumpulkan berupa data kunjungan pasien total per bulan tahun 2009 untuk masing-masing jenis pelayanan rawat inap, rawat jalan, UGD dan persalinan. Data diperoleh dari masing-masing puskesmas Surakarta. Data kunjungan pasien dapat dilihat pada lampiran 1.



**e. Data Kunjungan Pasien RSUD Dr. Moewardi Surakarta 2009**

Data yang dikumpulkan berupa data jumlah pasien harian pada tanggal 20 Nopember - 10 Desember 2009 untuk jenis pelayanan persalinan, rawat inap segala penyakit, pasien unit gawat darurat minor, dan pasien rawat jalan. Data tersebut diperoleh dari rekam medik RSUD Dr. Moewardi Surakarta 2009. Data yang diambil disesuaikan dengan tanggal pengukuran kuantitas limbah medis. Data kunjungan pasien dapat dilihat pada tabel 4.2

**Tabel 4.2** Kunjungan Pasien RSUD Dr. Moewardi Surakarta

No	Tanggal	Jumlah Pasien			
		Rawat Jalan	Rawat Inap	Bersalin	UGD
1	20-Nov-09	237	17	13	15
2	21-Nov-09	245	7	12	17
3	23-Nov-09	212	12	20	13
4	24-Nov-09	225	10	11	14
5	25-Nov-09	218	11	16	11
6	26-Nov-09	211	17	9	7
7	30-Nov-09	239	14	16	15
8	1-Des-09	257	16	13	9
9	3-Des-09	238	20	19	8
10	5-Des-09	188	12	7	8
11	7-Des-09	279	25	25	21
12	8-Des-09	220	13	10	14
13	9-Des-09	236	14	15	16
14	10-Des-09	209	14	17	18

Sumber : Rekam Medik RSUD Dr. Moewardi Surakarta, 2009

Kriteria jenis pelayanan yang dipilih merupakan jenis penanganan yang disediakan oleh puskesmas Surakarta. Data jumlah pasien rawat jalan merupakan agregasi jumlah pasien poliklinik. Data jumlah pasien rawat inap diambil dari ruang Cendana 1, 2, dan 3 yang merupakan bangsal rawat inap segala penyakit dengan karakteristik sama seperti rawat inap puskesmas. Data jumlah pasien bersalin diambil dari ruang Mawar 1 yang khusus menangani pasien persalinan. Data jumlah pasien gawat darurat diambil dari ruang UGD minor yang mempunyai karakteristik penanganan minor seperti UGD puskesmas.

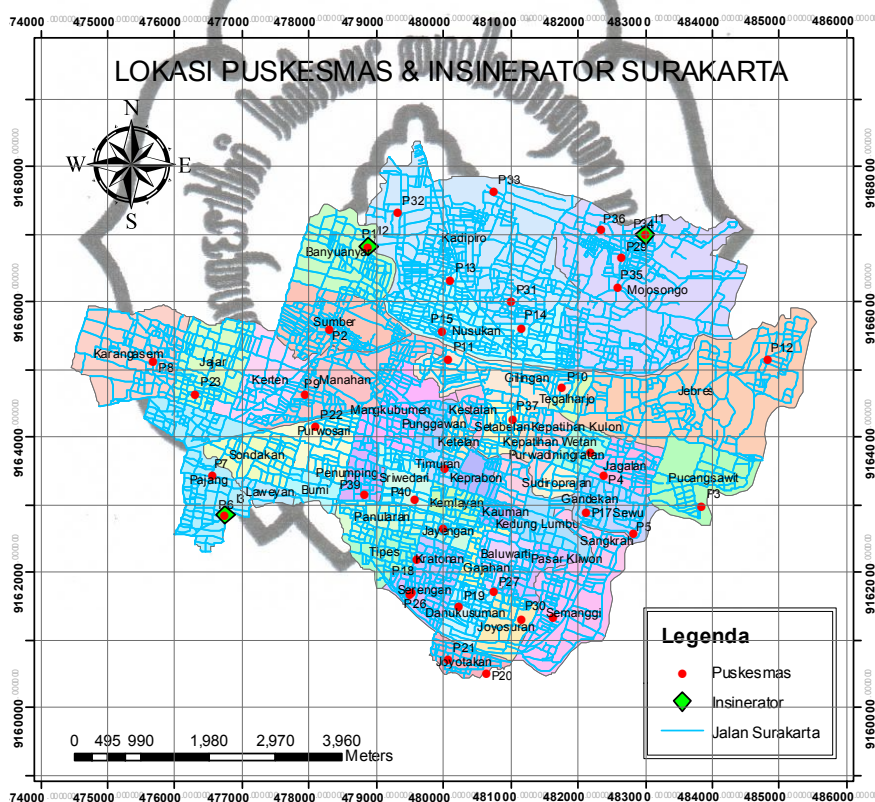
*commit to user*



#### 4.1.2 Data Primer

##### a. Titik Lokasi Puskesmas Surakarta

Titik lokasi Puskesmas Surakarta diperoleh melalui observasi lapangan. Data koordinat lokasi puskesmas diperoleh dengan menggunakan alat *Global Positioning System* (GPS). Penempatan titik lokasi puskesmas dan insinerator pada peta Surakarta dapat dilihat pada lampiran 2. Lokasi puskesmas dan insinerator berdasarkan titik koordinat dapat dilihat pada gambar 4.2



**Gambar 4.2** Lokasi Puskesmas dan Insinerator Surakarta

Sumber : Hasil Survey Lapangan

Simbol, keterangan, dan titik koordinat dari gambar 4.2 dapat dilihat pada tabel 4.3

**Tabel 4.3** Koordinat Puskesmas dan Insinerator Surakarta

	Simbol	Keterangan	Koordinat	
			Selatan	Timur
<b>Insinerator</b>	I1	Insinerator Sibela Pusat	478887	9166844
	I2	Insinerator Banyuanyar	478297	9165623
	I3	Insinerator Pajang	483845	9163005
<b>Puskesmas</b>	P1	Banyuanyar	482395	9163466
	P2	PP Sumber	482819	9162616
	P3	Pucangsawit	476752	9162866
	P4	PP Sorogenen	476571	9163458
	P5	PP Kampung sewu	475684	9165155
	P6	Pajang	477932	9164656
	P7	PP Laweyan	481759	9164751
	P8	PP Karangasem	480080	9165191
	P9	Manahan	484824	9165167
	P10	Gilingan	480108	9166355
	P11	PP Tirtanadi	481161	9165654
	P12	Ngoresan	479957	9165604
	P13	Nusukan	482166	9163802
	P14	PP Cengklik	482131	9162910
	P15	PP Minapadi	479608	9162212
	P16	Purwodiningratan	480225	9161508
	P17	PP Gandekan	480646	9160523
	P18	Kratonan	480084	9160730
	P19	PP Danusuman	478107	9164187
	P20	PP Joyontakan1	476308	9164667
	P21	PP Joyontakan2	480003	9162683
	P22	Purwosari	479503	9161707
	P23	PP Jajar	479531	9161714
	P24	Jayengan	480754	9161743
	P25	PP Makam cilik	481632	9161373
	P26	PP Pringgolayan	482651	9166685
	P27	Gajahan	481156	9161345
	P28	PP Semanggi	481009	9166035
	P29	Sangkrah	479330	9167352
	P30	PP Joyosuran	480759	9167670
	P31	Gambirsari	483005	9167016
	P32	PP Krembyongan	482589	9166255

*commit to user*

P33	PP Clolo	482323	9167097
P34	Sibela	481046	9164300
P35	PP Sibela	480032	9163559
P36	PP Lampo Batang	478834	9163190
P37	Setabelan	479585	9163098
P38	PP Timuran	478887	9166844
P39	Penumping	478297	9165623
P40	PP Sriwedari	483845	9163005

Sumber : Hasil *Survey* Lapangan

#### b. Kuantitas Limbah Medis Padat RSUD Dr. Moewardi Surakarta 2009

Data yang dikumpulkan berupa data kuantitas limbah medis padat RSUD Dr. Moewardi harian pada tanggal 20 November - 10 Desember 2009, yang dispesifikan berdasarkan jenis pelayanan pasien persalinan, rawat inap segala penyakit, pasien unit gawat darurat minor (UGD minor), dan pasien rawat jalan. Data diperoleh dengan penimbangan limbah medis padat yang dilakukan oleh peneliti di RSUD Dr. Moewardi Surakarta 2009. Data kuantitas limbah medis padat RSUD Dr. Moewardi Surakarta dapat dilihat pada tabel 4.4

**Tabel 4.4** Kuantitas Limbah Medis Padat RSUD Dr. Moewardi Surakarta

No	Tanggal	Rawat Jalan	Rawat Inap	Bersalin	UGD Minor
1	20-Nov-09	5	12	14	1
2	21-Nov-09	5	5.5	13.5	1
3	23-Nov-09	4.5	7	23	0.75
4	24-Nov-09	5	8.25	12.75	0.75
5	25-Nov-09	4.5	6.5	18.5	0.75
6	26-Nov-09	4.5	12	10	0.5
7	30-Nov-09	5	9	17.75	1
8	1-Des-09	6.5	12	16	0.55
9	3-Des-09	5	16	23	0.5
10	5-Des-09	4.25	11.25	7.5	0.75
11	7-Des-09	5.75	17.75	28	1.5
12	8-Des-09	4.5	7.5	11	1
13	9-Des-09	4	12	12.5	1
14	10-Des-09	4	9.5	18.5	1

Sumber : Hasil *Survey* Lapangan

## 4.2 PENGOLAHAN DATA

### 4.2.1 Estimasi Kuantitas Limbah Medis Padat Berdasarkan Jenis Penanganan Pasien di RSUD Dr. Moewardi Surakarta

Pengukuran estimasi kuantitas limbah medis padat ini digunakan untuk mengetahui seberapa banyak kuantitas limbah medis padat yang dihasilkan dari penanganan seorang pasien. Pengukuran ini dibedakan untuk jenis penanganan pasien rawat jalan, rawat inap, UGD minor, dan bersalin. Jenis penanganan ini dipilih berdasarkan pelayanan yang disediakan oleh puskesmas Surakarta.

Pengukuran dilakukan di RSUD Dr. Moewardi Surakarta dengan asumsi bahwa cara penanganan pasien jenis rawat inap, rawat jalan, bersalin dan UGD minor di RSUD Dr. Moewardi Surakarta sama dengan cara penanganan pasien di puskesmas Surakarta, sehingga hasil pengukuran ini dapat diterapkan dalam penentuan perkiraan kuantitas limbah medis padat harian di puskesmas Surakarta. RSUD Dr. Moewardi Surakarta dipilih sebagai lokasi pengukuran karena rumah sakit ini telah memiliki sistem pengukuran kuantitas limbah medis padat.

Pengukuran potensi kuantitas limbah medis padat dapat dihitung dengan persamaan 3.1. Pengukuran tersebut dilakukan selama 14 hari kemudian dilakukan perhitungan rata-rata kuantitas limbah medis padat harian dari 14 hari tersebut

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^h \frac{L}{n}}{h}$$

Keterangan :

$L$  = Total kuantitas limbah medis padat yang dihasilkan per hari (kg/hari)

$n$  = Jumlah pasien per hari (pasien)

$\bar{p}$  = Potensi kuantitas limbah medis padat yang dihasilkan setiap pasien (kg/pasien)

$h$  = Jumlah hari observasi (hari)

Hasil perhitungan untuk jenis penanganan pasien rawat jalan dapat dilihat pada tabel 4.5, rawat inap pada tabel 4.6, persalinan pada tabel 4.7, dan UGD minor pada tabel 4.8.

*commit to user*

**Tabel 4.5** Penentuan Potensi Kuantitas Limbah Medis Padat Pasien Rawat Jalan

Rawat Jalan					
No	Tanggal	Jumlah Pasien ( $n$ )	Kuantitas Limbah ( $L$ )	Kuantitas Limbah/pasien ( $p$ )	Potensi Limbah /pasien ( $\bar{p}$ )
1	20-Nov-09	237	5	0.021	0.021
2	21-Nov-09	245	5	0.020	
3	23-Nov-09	212	4.5	0.021	
4	24-Nov-09	225	5	0.022	
5	25-Nov-09	218	4.5	0.021	
6	26-Nov-09	211	4.5	0.021	
7	30-Nov-09	239	5	0.021	
8	1-Des-09	257	6.5	0.025	
9	3-Des-09	238	5	0.021	
10	5-Des-09	188	4.25	0.023	
11	7-Des-09	279	5.75	0.021	
12	8-Des-09	220	4.5	0.020	
13	9-Des-09	236	4	0.017	
14	10-Des-09	209	4	0.019	

Sumber : Data Diolah, 2010

**Tabel 4.6** Penentuan Potensi Kuantitas Limbah Medis Padat Pasien Rawat Inap

Rawat Inap					
No	Tanggal	Jumlah Pasien ( $n$ )	Kuantitas Limbah ( $L$ )	Kuantitas Limbah/pasien ( $p$ )	Potensi Limbah /pasien ( $\bar{p}$ )
1	20-Nov-09	17	12	0.706	0.725
2	21-Nov-09	7	5.5	0.786	
3	23-Nov-09	12	7	0.583	
4	24-Nov-09	10	8.25	0.825	
5	25-Nov-09	11	6.5	0.591	
6	26-Nov-09	17	12	0.706	
7	30-Nov-09	14	9	0.643	
8	1-Des-09	16	12	0.750	
9	3-Des-09	20	16	0.800	
10	5-Des-09	12	11.25	0.938	
11	7-Des-09	25	17.75	0.710	
12	8-Des-09	13	7.5	0.577	

*commit to user*



## BAB V

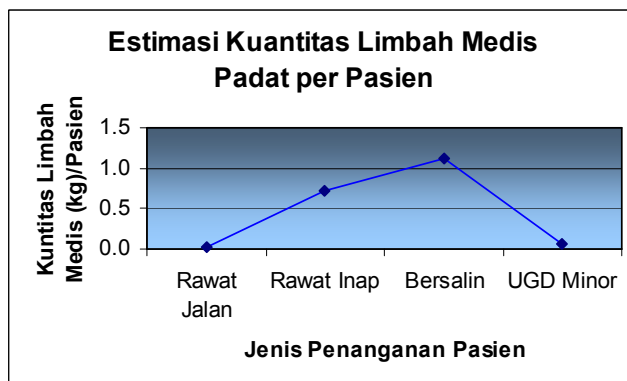
### ANALISIS DAN INTERPRETASI HASIL

#### 5.1 Estimasi Kuantitas Limbah Medis Padat Berdasarkan Jenis Penanganan Pasien.

Estimasi kuantitas limbah medis padat ini digunakan untuk mengetahui seberapa banyak kuantitas limbah medis padat yang dihasilkan dari penanganan seorang pasien. Pengukuran ini dibedakan untuk jenis penanganan pasien rawat jalan, rawat inap, UGD minor, dan bersalin. Jenis penanganan ini dipilih berdasarkan pelayanan yang disediakan oleh puskesmas Surakarta.

Pengukuran dilakukan di RS Dr. Moewardi Surakarta dengan asumsi bahwa cara penanganan pasien jenis rawat inap, rawat jalan, bersalin dan UGD minor di RS Dr. Moewardi Surakarta sama dengan cara penanganan pasien di puskesmas. RS Dr. Moewardi Surakarta dipilih sebagai lokasi pengukuran karena rumah sakit ini telah memiliki sistem pengukuran kuantitas limbah medis padat.

Dari hasil observasi dan perhitungan diperoleh estimasi kuantitas limbah medis padat untuk masing-masing jenis penanganan. Pada jenis penanganan rawat jalan diestimasi setiap pasien menghasilkan limbah medis padat sebesar 0,021 kg, rawat inap sebesar 0,725 kg, bersalin sebesar 1,110 kg, dan UGD Minor sebesar 0,066 kg.



**Gambar 5.1.** Grafik Estimasi Kuantitas Limbah Medis Padat Berdasarkan Jenis Penanganan Pasien.

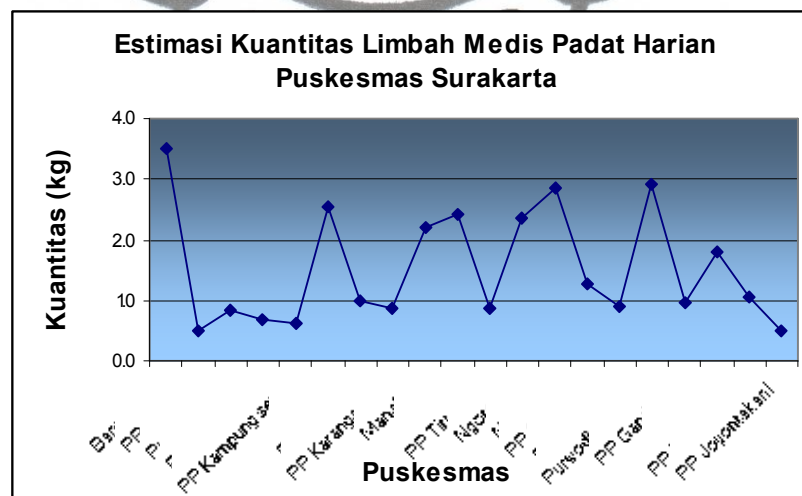
Sumber: Data Diolah, 2010  
*commit to user*



Dari grafik 5.1 dapat diketahui estimasi kuantitas limbah medis padat yang dihasilkan untuk masing-masing jenis penanganan pasien. Jenis penanganan pasien persalinan menghasilkan limbah medis terbanyak, limbah medis yang dihasilkan umumnya berupa kasa dan pembalut. Jenis penanganan rawat inap menghasilkan limbah medis padat berupa kasa, botol infus, suntikan, dan botol obat. Jenis penanganan UGD minor menghasilkan limbah medis padat berupa kasa dan suntikan, pelayanan ini umumnya menangani pasien kecelakaan dengan kondisi tidak parah. Jenis pelayanan rawat jalan menghasilkan limbah medis dengan kuantitas terkecil disebabkan tidak semua pasien yang ditangani menghasilkan limbah medis, umumnya limbah yang dihasilkan berupa suntikan dan botol obat.

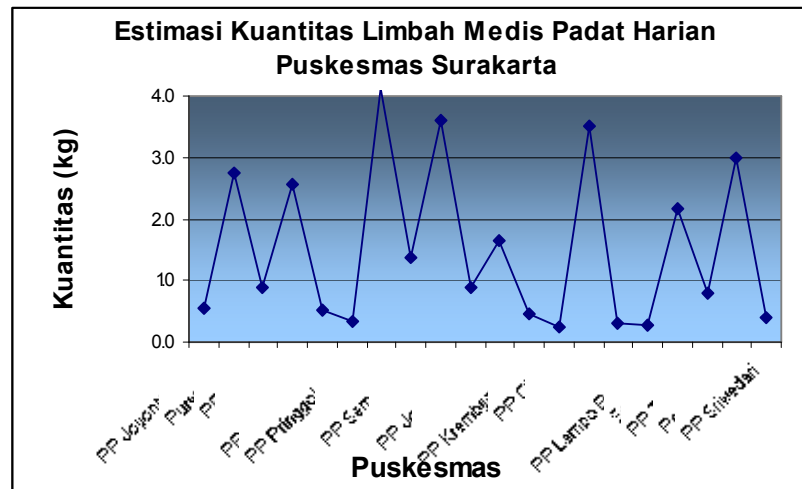
## 5.2 Estimasi Kuantitas Limbah Medis Padat Harian Puskesmas Surakarta

Estimasi kuantitas limbah medis harian puskesmas Surakarta diperoleh dengan mengalikan rata-rata jumlah pasien harian puskesmas Surakarta dengan potensi kuantitas limbah klinis padat per pasien yang diperoleh dari hasil obsevasi di RS. Dr Moewardi Surakarta. Estimasi kuantitas limbah medis harian puskesmas Surakarta dapat dilihat pada gambar 5.2 dan 5.3



**Gambar 5.2.** Grafik Estimasi Kuantitas Limbah Medis Padat harian puskesmas Surakarta

Sumber: Data Diolah, 2010



**Gambar 5.3.** Grafik Lanjutan Gambar 5.2

Sumber: Data Diolah, 2010

Dari gambar 5.2 dan 5.3 dapat dilihat bahwa limbah medis padat yang dihasilkan puskesmas Surakarta berkisar antara 0,2 sampai 4,2 kg per hari. Puskesmas Sibela, Pajang dan Banyuwangi menghasilkan limbah medis di atas rata-rata karena puskesmas ini memiliki fasilitas UGD minor, persalinan dan rawat inap. Namun dapat dilihat pula bahwa puskesmas yang hanya memiliki fasilitas rawat jalan menghasilkan limbah yang cukup banyak yaitu puskesmas Gajahan, Sangkrah, Penumpang, Purwodiningratan dan Nusukan, sebesar kurang lebih 3 kg per hari. Hal ini dikarenakan pasien yang cukup banyak pada puskesmas tersebut. Pada gambar tersebut dapat dilihat pula bahwa sebagian besar puskesmas pembantu (PP) menghasilkan limbah medis yang lebih sedikit dibanding puskesmas induk. Hal ini disebabkan keterbatasan tenaga medis maupun peralatan sehingga jumlah pasien lebih sedikit.

Perhitungan estimasi kuantitas limbah medis puskesmas ini belum cukup ideal dikarenakan potensi kuantitas limbah medis per pasien diambil dari RS Dr. Moewardi Surakarta. Terdapat kemungkinan bahwa cara penanganan pasien di RS Dr. Moewardi Surakarta dan di puskesmas Surakarta tidak sama walaupun pada jenis pelayanan pasien yang sama. Hal ini dilakukan karena adanya keterbatasan alat ukur di puskesmas sehingga tidak memungkinkan untuk melakukan pengukuran di puskesmas. Selain itu, terdapat kemungkinan adanya faktor lain

*commit to user*

yang mempengaruhi kuantitas limbah medis selain jumlah pasien dan jenis penanganan, misalnya yaitu jenis penyakit. Akan tetapi estimasi kuantitas berdasarkan jenis penyakit tidak mungkin dilakukan mengingat banyaknya jenis penyakit yang ada dan keterbatasan waktu penelitian. Oleh karena itu, kedua hal tersebut menjadi asumsi pada penelitian ini.

### **5.3 Penentuan Jarak Pengangkutan Limbah Medis Padat Puskesmas Ke Lokasi Insinerator**

Nilai matrik jarak dari masing-masing puskesmas menuju lokasi insinerator dihitung dengan dasar peta digital menggunakan ekstensi *Network Analyst* pada *software ARC View 3.3*. Dengan fasilitas *Find Closest Facility* dapat dipastikan jarak yang ditempuh dihitung melalui lintasan terpendek yang dapat dilalui kendaraan pengangkut. Dengan cara ini jarak dapat diukur dengan skala 1:1 dengan satuan kilometer.

Matrik jarak yang dihasilkan dengan peta digital ini lebih akurat dibandingkan dengan cara analitik. Cara perhitungan jarak dengan analitik seperti menggunakan rumus jarak “*euclidian*” hanya membentuk garis lurus yang menghubungkan antara 2 titik fasilitas, sementara pada kenyataannya diantara dua fasilitas tersebut terdapat sarana jalan yang pada umumnya tidak berupa garis lurus sehingga cara analitik kurang akurat. Dengan peta digital, selain perhitungan dilakukan menurut jalan yang dilalui sesuai kondisi nyata, jalur yang ditempuh merupakan jalur terpendek sehingga diperoleh jarak yang optimal. Penentuan jarak lintasan juga sudah memperhitungkan jalur satu arah.

Pada penggunaan peta digital pengukuran lintasan hanya didasarkan pada proyeksi horisontal sehingga kemiringan jalan tidak diperhitungkan. Kekurangan ini hanya dapat diperbaiki melalui pengukuran langsung pada lintasan nyata. Hal ini tidak mungkin dilakukan karena keterbatasan peralatan dan waktu penelitian.

### **5.4 Penentuan Biaya Pengangkutan Limbah Medis Padat Puskesmas ke Lokasi Insinerator**

Penentuan biaya transportasi berhubungan dengan tahapan formulasi model *integer linear programming* dalam alokasi penanganan limbah medis. Biaya tersebut digunakan sebagai *input* dalam model *integer linear programming* yaitu *commit to user*

sebagai parameter dalam fungsi tujuan (*objective function*) yang akan diminimasi. Perhitungan biaya pengangkutan ini hanya didasarkan pada biaya volume bahan bakar kendaraan yang dibutuhkan untuk pengangkutan dan jarak yang ditempuh pada pengangkutan. Biaya pengangkutan per kilometer ditentukan sebesar Rp 113,00 dengan asumsi bahwa 1 liter bensin dapat menempuh jarak 40 km. Pada kondisi nyata, terdapat kemungkinan terjadi perbedaan biaya pengangkutan dengan hasil perhitungan. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor antara lain adanya kekurangan pengukuran jarak lintasan yang dijelaskan pada analisa 5.3, kendaraan tidak melewati lintasan yang ditentukan, adanya hambatan lalu lintas, dan adanya perbedaan spesifikasi kendaraan pada kondisi nyata dengan pada saat perhitungan yaitu 1 liter bensin dapat menempuh lebih atau kurang dari 40 km.

### **5.5 Penentuan Model Hubungan Kuantitas Limbah Medis dan Volume Bahan Bakar yang Diperlukan untuk Pembakaran**

Penentuan model hubungan kuantitas limbah medis dan volume bahan bakar yang diperlukan untuk pembakaran digunakan untuk perhitungan biaya pembakaran. Model tersebut perlu diketahui untuk menentukan biaya bahan bakar setiap kuantitas limbah medis padat yang dibakar di insinerator. Biaya tersebut akan menjadi dalam model *integer linear programming* yaitu sebagai parameter dalam fungsi tujuan (*objective function*) yaitu pada minimasi biaya pembakaran dan minimasi selisih beban pembakaran insinerator.

Dari hasil perhitungan diperoleh hubungan  $\hat{y} = 0.855 x - 0.664$ , dimana  $\hat{y}$  adalah variabel terikat dalam hal ini volume solar sedangkan  $x$  adalah variabel bebas yaitu kuantitas limbah medis padat. Persamaan ini merupakan persamaan linier yang dapat dilihat pada plotting grafik dan nilai koefisien korelasi yang mendekati 1, yaitu sebesar  $R^2 = 0.977$ . Nilai tersebut menunjukkan adanya korelasi linieritas yang tinggi antara variabel bebas dan terikat.

Persamaan tersebut diperoleh dari pengolahan data yang diperoleh dari puskesmas Banyuwangi sebanyak 5 data. Jumlah data tersebut dirasa kurang cukup dalam mempresentasikan kondisi nyata. Hal ini terjadi karena keterbatasan pengambilan data primer. Keterbatasan tersebut dikarenakan tidak tersedianya

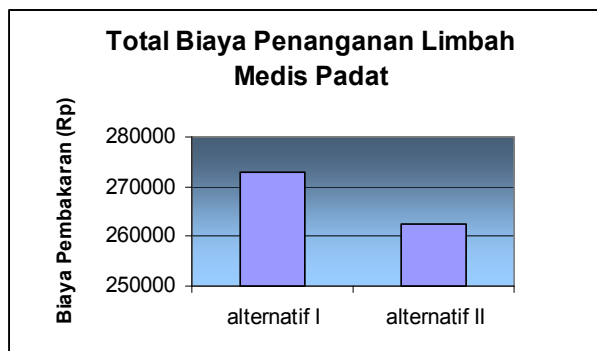
fasilitas pengukuran di lokasi insinerator sehingga perhitungan hanya didasarkan pada data sekunder dari instansi terkait.

### 5.6 Pencarian Solusi Alokasi Limbah Medis Padat Puskesmas Surakarta

Pencarian solusi dilakukan untuk alternatif I dan II. Alternatif I yaitu alokasi dengan mempertimbangkan ketiga fungsi tujuan dengan bobot yang sama. Ketiga fungsi tujuan yaitu biaya pengangkutan, biaya pembakaran dan keseimbangan beban pembakaran insinerator. Fungsi tujuan biaya mengacu pada pengeluaran biaya yang minimal sedangkan keseimbangan beban pembakaran perlu diperhatikan untuk menjaga kemungkinan lonjakan suplai limbah medis padat dari puskesmas secara tidak terduga. Apabila keseimbangan tidak dijaga, terdapat kemungkinan kapasitas insinerator berada pada kondisi penuh sehingga tidak dapat menampung lonjakan kuantitas limbah tersebut. Alternatif II yaitu alokasi dengan mempertimbangkan fungsi tujuan biaya dan mengabaikan keseimbangan beban pembakaran insinerator sehingga biaya total lebih dapat diminimasi.

Model yang digunakan dalam pencarian solusi dinyatakan valid setelah dilakukan verifikasi. Verifikasi dilakukan dengan membandingkan hasil perhitungan manual dan *Risk Solver Platform V9.0* pada sampel kecil. Hasil perhitungan adalah sama sehingga diperoleh kesimpulan bahwa model tersebut valid dan relevan digunakan pada perhitungan sistem nyata.

Total Biaya untuk alternatif I dan II dapat dilihat pada gambar 5.4 dan utilitas insinerator pada alternatif I dan II dapat dilihat pada gambar 5.5

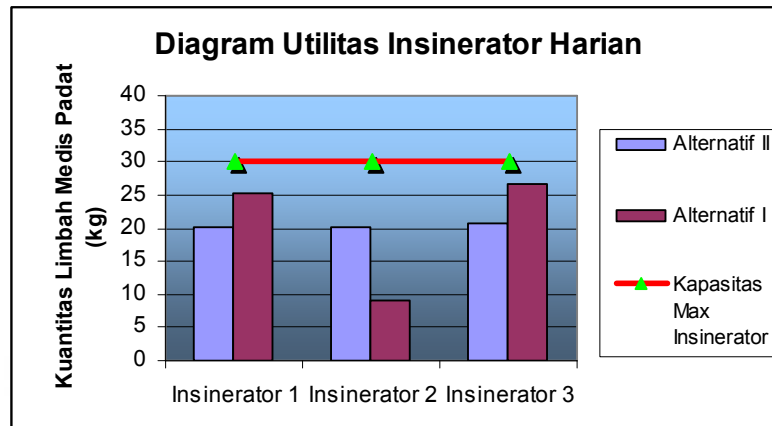


**Gambar 5.4** Diagram Total Biaya Penanganan Limbah Medis Padat

Sumber : Data Diolah, 2010

*commit to user*





**Gambar 5.5** Diagram Utilitas Insinerator per Hari

Sumber : Data Diolah, 2010

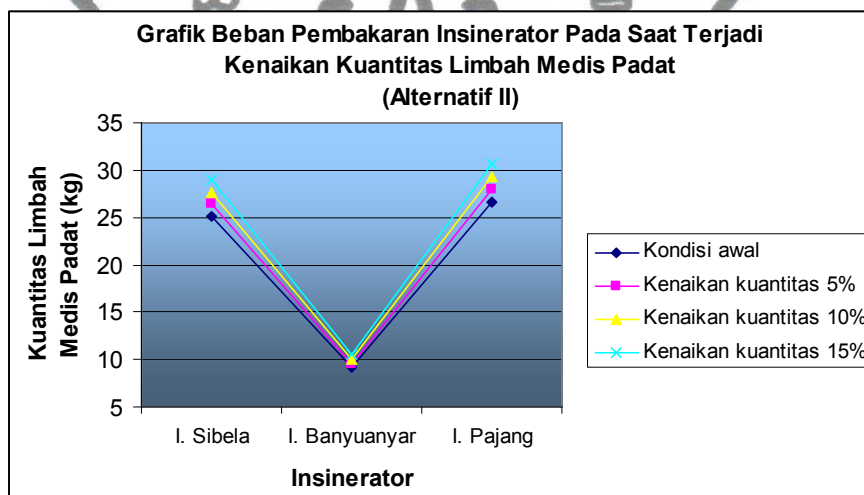
Dari hasil pengolahan data diperoleh biaya optimal Alternatif I sebesar Rp 272.778,60 dengan kapasitas pembakaran di insinerator 1 sebesar 20,235 kg, kapasitas pembakaran di insinerator 2 sebesar 20,090 kg dan kapasitas pembakaran di insinerator 3 sebesar 20,616 kg. Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa telah tercapai keseimbangan beban pembakaran di ketiga insinerator yang ditunjukkan oleh nilai kuantitas limbah medis padat di tiap insinerator yang hampir sama. Pada Alternatif II diperoleh biaya optimal sebesar Rp 262.502,80 dengan kapasitas pembakaran di insinerator 1 sebesar 25.133 kg, kapasitas pembakaran di insinerator 2 sebesar 9.118 kg dan kapasitas pembakaran di insinerator 3 sebesar 26.690 kg. Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa total biaya optimal yang dicapai lebih kecil dibanding dengan biaya optimal pada alternatif I sebesar 3,91%, namun keseimbangan beban pembakaran tidak tercapai.

Dari hasil pengolahan data alternatif I dan II dapat dilihat kelebihan masing-masing alternatif. Alternatif I dapat digunakan untuk keputusan alokasi limbah medis padat jika suatu saat terjadi peningkatan kuantitas limbah medis padat oleh puskesmas sehingga total kuantitas limbah yang dihasilkan mendekati kapasitas yang tersedia yaitu 30 kg perhari untuk satu insinerator. Alternatif ini digunakan untuk menghindari kemungkinan adanya beban pembakaran yang berlebihan di satu titik lokasi. Sedangkan untuk kondisi saat ini, alternatif II lebih sesuai untuk



diterapkan karena masing-masing insinerator masih memiliki sisa kapasitas pembakaran yang cukup walaupun keseimbangan beban pembakaran tidak tercapai.

Pada alternatif II limbah medis padat tidak dapat ditampung oleh insinerator pajang pada saat terjadi kenaikan kuantitas limbah medis padat sebesar minimal 15%. Hal tersebut menunjukkan kekurangoptimalan alternatif II apabila terjadi lonjakan kuantitas limbah medis padat yang dapat dilihat pada gambar 5.6. Lonjakan kuantitas limbah medis padat tetap dapat dtampung oleh ketiga insinerator dengan mengaplikasikan alternatif I. Akan tetapi pada alterantif I terdapat lintasan yang kurang realistis untuk puskesmas Ngoresan, Banyuanyar, dan Pucangsawit sehingga perlu dilakukan pencarian solusi alternatif penyesuaian untuk memperbaiki lintasan yang kurang realistis namun tetap menjaga keseimbangan utilitas insinerator.



**Gambar 5.6** Grafik Utilitas Insinerator per Kenaikan Kuantitas Limbah Medis Padat Pada Alternatif II

Sumber : Data Diolah, 2010

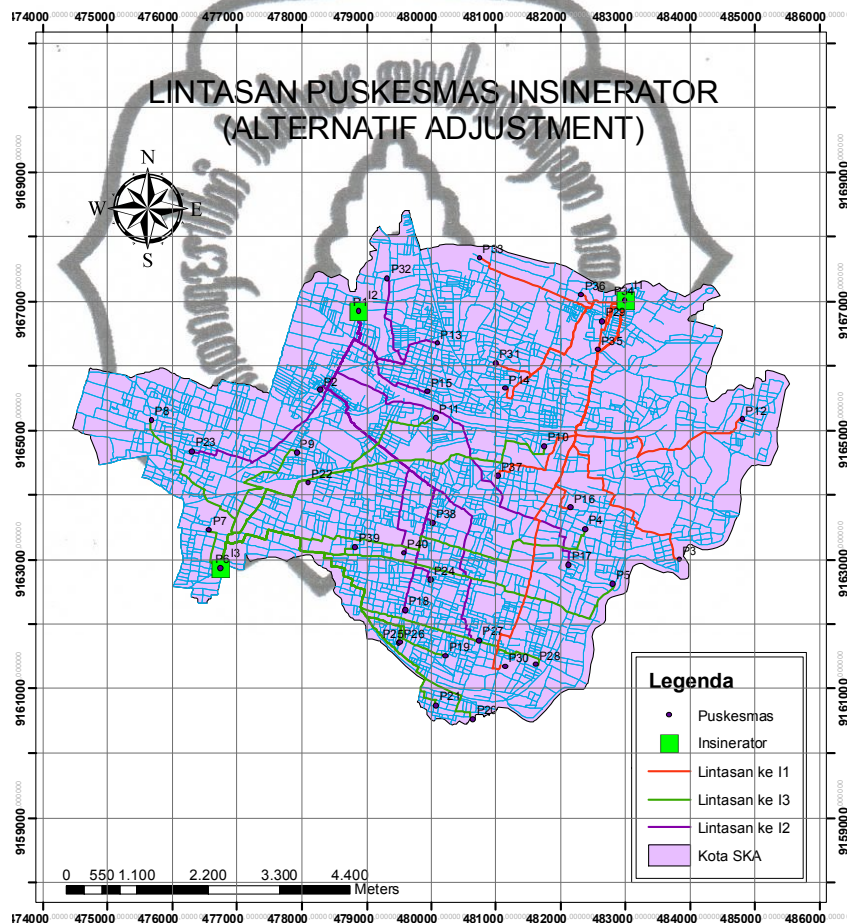
Alternatif penyesuaian (*adjustment*) dilakukan dengan pembobotan ketiga fungsi tujuan. Koefisien pembobotan diperoleh melalui pencarian beberapa alternatif solusi sehingga diperoleh utilitas insinerator yang cukup seimbang dengan lintasan yang cukup baik. Fungsi tujuan alternatif *adjustment* yang dipilih adalah sebagai berikut:

*commit to user*

Minimasi : Total biaya pengolahan limbah medis padat puskesmas Surakarta  

$$= 0,005 * (\text{Total biaya pengangkutan}) + \text{Total biaya pembakaran} + \text{Biaya keseimbangan beban pembakaran insinerator}$$

Hasil pencarian solusi alternatif *adjustment* dapat dilihat pada gambar 5.7. Alternatif *Adjustment* menghasilkan total biaya penanganan sebesar Rp 266.958,96 dengan beban pembakaran di insinerator Sibela sebesar 19,968 kg, incinerator Banyuwang sebesar 19,731 kg dan insinerator Pajang sebesar 21,968 kg



**Gambar 5.7** Jalur Pengangkutan Solusi Optimal Alternatif *Adjustment*

Sumber : Data Diolah, 2010

Adanya keputusan alokasi ini diharapkan mempermudah Dinas Kesehatan Kota (DKK) Surakarta untuk mengontrol ketaatan puskesmas dalam pengalokasian limbah medis padat untuk dibakar di lokasi insinerator. Salah satu cara pengontrolan dapat dilakukan dengan menyediakan *cecklist* pengalokasian limbah

*commit to user*

medis di masing-masing lokasi insinerator. Melalui *cecklist* tersebut dapat diketahui puskesmas yang telah atau belum melakukan pengalokasian limbah medis pada insinerator yang ditunjuk. Hal ini akan mempermudah DKK untuk melakukan penindaklanjutan terhadap puskesmas yang menangani limbah medis tanpa prosedur yang benar.



## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan yang mengacu pada tujuan, yaitu:

- 1 Estimasi kuantitas limbah medis padat puskesmas Surakarta rata-rata sebesar 1,436 kg perhari. Puskesmas yang menghasilkan limbah medis padat terbanyak adalah puskesmas Gajahan sebesar 4.112 kg per hari, sedangkan puskesmas yang menghasilkan limbah medis padat paling sedikit yaitu puskesmas Clolo sebesar 0.236 kg per hari.
- 2 Model hubungan kuantitas limbah medis padat dan volume bahan bakar yang digunakan untuk pembakaran diformulasikan dengan  $\hat{y} = 0.855 x - 0.664$ , dimana  $\hat{y}$  adalah volume solar sedangkan x adalah variable kuantitas limbah medis padat. Dari formulasi tersebut diketahui bahwa biaya tiap kg limbah medis padat adalah sebesar Rp 859,00.
- 3 Model yang digunakan pada perhitungan optimisasi alokasi penanganan limbah medis puskesmas Surakarta terdiri dari dua alternatif tujuan. Alternatif I yaitu tercapainya minimasi biaya penanganan limbah medis padat dan keseimbangan beban pembakaran insinerator dengan total biaya penanganan sebesar Rp 272.778,60, sedangkan alternatif II yaitu tercapainya minimasi biaya penanganan limbah medis padat tanpa mempertimbangkan keseimbangan beban pembakaran insinerator dengan total biaya penanganan sebesar Rp 262.502,80. Model yang digunakan dinyatakan valid setelah dilakukan verifikasi model sehingga diperoleh kesimpulan bahwa model tersebut relevan pada perhitungan sistem nyata.
- 4 Alokasi limbah medis padat puskesmas untuk alternatif I adalah sebagai berikut berikut :
  - a. Insinerator Sibela menangani limbah medis dari puskesmas :

*commit to user*

PP Kampung sewu, PP Cengklik, Purwodiningratan, PP Gandekan, PP Joyontakan1, PP Semanggi, Sangkrah, PP Joyosuran, Gambirsari, PP Clolo, Sibela, PP Sibela, PP Lampo Batang, Setabelan.

b. Insinerator Banyuanyar menangani limbah medis dari puskesmas :

PP Minapadi, Kratonan, PP Danusuman, PP Joyontakan2, Purwosari, PP Jajar, Jayengan, PP Makam cilik, PP Pringgolayan, Gajahan, PP Krembyongan, PP Timuran, Penumping, PP Sriwedari.

c. Insinerator Pajang menangani limbah medis dari puskesmas :

PP Sumber, Pucangsawit, PP Sorogenen, Pajang, PP Laweyan, Banyuanyar, PP Karangasem, Manahan, Gilingan, PP Tirtonadi, Ngoresan, Nusukan.

5 Alokasi limbah medis padat puskesmas untuk alternatif II adalah sebagai berikut berikut :

a. Insinerator Sibela menangani limbah medis dari puskesmas :

Pucangsawit, PP Sorogenen, PP Kampung sewu, Gilingan, Ngoresan, PP Cengklik, Purwodiningratan, PP Gandekan, PP Semanggi, Sangkrah, Gambirsari, PP Clolo, Sibela, PP Sibela, PP Lampo Batang, Setabelan.

b. Insinerator Banyuanyar menangani limbah medis dari puskesmas :

Banyuanyar, PP Sumber, PP Tirtonadi, Nusukan, PP Minapadi, PP Krembyongan.

c. Insinerator Pajang menangani limbah medis dari puskesmas :

Pajang, PP Laweyan, PP Karangasem, Manahan, Kratonan, PP Danusuman, PP Joyontakan1, PP Joyontakan2, Purwosari, PP Jajar, Jayengan, PP Makam cilik, PP Pringgolayan, Gajahan, PP Joyosuran, PP Timuran, Penumping, PP Sriwedari.

## 6.2 SARAN

Saran yang dapat disampaikan dari hasil penelitian ini untuk pengembangan penelitian lebih lanjut adalah sebagai berikut :

1. Dinas Kesehatan Surakarta sebaiknya membuat peraturan secara administratif mengenai pengalokasian limbah medis padat puskesmas

*commit to user*

Surakarta menuju instalasi penanganan (insinerator) yang didasarkan pada hasil penelitian ini. Hal tersebut bertujuan untuk mempermudah pengontrolan tercapainya pengolahan limbah medis sesuai dengan prosedur yang benar.

2. Puskesmas sebaiknya lebih memperhatikan penanganan limbah medis padat dengan melakukan penanganan sesuai dengan prosedur yang benar. Dan apabila peraturan alokasi penanganan limbah medis telah dibuat sebaiknya puskesmas menaati peraturan tersebut sehingga mengurangi kemungkinan terjadinya pencemaran lingkungan oleh bahan berbahaya dan beracun (B3) yang terkandung dalam limbah medis akibat penanganan yang tidak benar.
3. Penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan estimasi kuantitas limbah medis padat dengan memperhatikan faktor yang berpengaruh selain jenis pelayanan dan jumlah pasien, misalnya jenis penyakit.

