

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode analisis deskriptif dan eksploratif. Analisis deskriptif digunakan untuk menggambarkan karakteristik sumber emisi udara dan material input di perusahaan Ailesh. Analisis eksploratif digunakan untuk mengidentifikasi pola pengelompokan menggunakan metode *K-Means Clustering* dan menemukan hubungan antara material input dengan emisi udara. Penelitian ini dilakukan secara daring (online) dengan memanfaatkan data digital dan platform komunikasi daring.

3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan secara daring, dengan data yang diperoleh dari perusahaan Ailesh yang berlokasi di Antasena 2 Gg.Antasena II, RT.03/RW. 18, Tegal Weru, Sariharjo, Kec.Ngaglik, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. Data yang digunakan adalah data dari sektor Oil & Gas Distribution dan data Power Plant, yang mencakup data material input serta data output. Komunikasi dan pengumpulan data dilakukan melalui platform daring seperti whatsapp, google meet, dan aplikasi zoom meeting.

3.3 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data adalah bagian yang sangat penting dalam kegiatan penelitian apapun. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan data-data yang akurat dan rinci serta dapat diandalkan dan dipertanggungjawabkan. Oleh karena itu metode pengumpulan data harus sesuai dengan data yang dikumpulkan sebagai bahan penelitian. Pengumpulan data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Tahap Wawancara

Tahap wawancara merupakan metode pengumpulan data dengan cara mengajukan pertanyaan-pertanyaan atau tanya jawab langsung dengan narasumber yang berhubungan dengan masalah-masalah yang dibahas. Dalam wawancara ini melibatkan narasumber dari pihak Ailesh yaitu Bapak Fano Alfian A selaku President Director di Perusahaan Ailesh. Wawancara dilaksanakan secara daring (Online).

2. Tahap Studi Pustaka

Kajian kepustakaan mengacu pada kajian teoritis dan referensi lain terhadap nilai, budaya, dan norma yang berkembang dalam konteks sosial kajian tersebut. Selain itu, studi kepustakaan sangat penting untuk penelitian, karena penelitian tidak dapat dipisahkan dari kepustakaan ilmiah. Antara lain melalui artikel yang berkaitan dengan emisi udara dan jurnal-jurnal yang berkaitan dengan datamining menggunakan algoritma *k-means clustering*.

3.4 Populasi dan Sampel

a. Populasi:

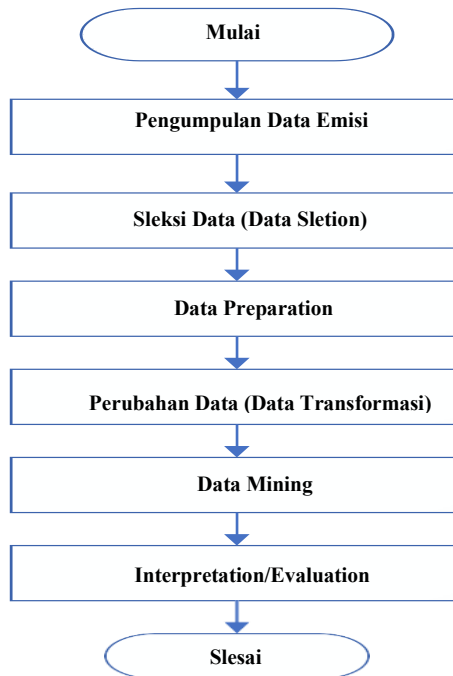
Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh unit proses di perusahaan Ailesh yang menghasilkan emisi udara dan menggunakan material input yang relevan.

b. Sampel:

Sampel akan dipilih berdasarkan unit-unit proses yang memiliki data emisi udara dan data material input yang lengkap dan relevan. Pemilihan sampel juga akan mempertimbangkan representasi dari berbagai sektor operasional perusahaan. Data akan dikumpulkan secara daring melalui platform google drive yang di berikan pihak perusahaan Ailesh.

3.5 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini dijelaskan pada alur penelitian. Alur penelitian menggambarkan tahapan-tahapan penelitian dari awal hingga akhir penelitian.



Gambar 3. 1 Tahapan Penelitian

1. Tahap Pengumpulan Data (*Data Collection*)

Dalam tahap ini peneliti mengumpulkan data dari perusahaan ailesh. Pada tahap awal pengolahan data, peneliti menerima data mentah yang berasal dari industri pembangkit listrik (*Power Plant*) dan industri minyak & gas distribusi (*Oil & Gas Distribution*) dalam bentuk beberapa file Excel terpisah berdasarkan sektor dan Lokasi, dengan struktur dan format yang belum terstandarisasi.

Data yang diberikan masih bersifat tidak terstruktur, di mana terdapat ketidakkonsistenan dalam penamaan kolom, keberadaan nilai multivalued dalam satu atribut, serta format satuan yang bervariasi antar file. Oleh karena itu, diperlukan serangkaian proses pengolahan awal agar data siap digunakan untuk

analisis. Berikut salah satu contoh data mentah yang belum di normalisasikan ke dalam bentuk 1NF.

<i>Pompa Penerimaan</i>					
Input	Nilai	Unit	Output	Nilai	Unit
Material			Material		
<i>Avtur Transported</i>	12168.0	m3	<i>Avtur to storage tank</i>	12168.0	m3
<i>Majun</i>	8	kg	<i>Limbah Majun</i>	8	kg
			Energy		
			<i>Electricity (from PLN)</i>	27418.0	kWh
<i>Storage Tank</i>					
Input	Nilai	Unit	Output	Nilai	Unit
Material			Material		
<i>Avtur to storage tank</i>	12168.0	m3	<i>Avtur to pompa penyaluran</i>	12168.0	m3
<i>Avtur Stock</i>	126,251	m3			
<i>Pompa Penyaluran</i>					
Input	Nilai	Unit	Output	Nilai	Unit
Material			Material		
<i>Avtur to pompa penyaluran</i>	12,294,251	m3	<i>Avtur to filter separator</i>	12,294,251	m3

Gambar 3. 2 Sampel Data Mentah

a. Proses Normalisasi 1NF Data Ailesh

Tahapan pertama yang dilakukan adalah proses normalisasi pada data mentah perusahaan, yaitu menyesuaikan struktur data agar memenuhi prinsip First Normal Form (1NF). Pada tahap ini, peneliti memastikan bahwa setiap atribut hanya mengandung satu nilai (atomik) dan tidak terdapat kelompok data yang berulang dalam satu kolom. Normalisasi ini juga mencakup pemisahan nilai yang tergabung (misalnya daftar dalam satu sel) menjadi baris-baris tersendiri, serta penghapusan kolom yang redundan atau tidak relevan. Pada tahap awal pengolahan, masing-masing file masih berdiri sendiri, sehingga proses normalisasi awal dilakukan secara terpisah untuk setiap file. Berikut contoh salah satu data setelah dilakukan tahap normalisasi 1NF.

Inventory_Name	Inventory_Sub_Name	Komponen_Id	Nama_Komponen	Input_kategori	Input	Nilai	Unit
Oil & Gas Distribution	DPPU Ahmad Yani	1	Pompa Penerimaan	Material	Avtur Transported	12168	m3
Oil & Gas Distribution	DPPU Ahmad Yani	1	Pompa Penerimaan	Material	Majun	8	kg
Oil & Gas Distribution	DPPU Ahmad Yani	2	Storage Tank	Material	Avtur to storage tank	12168.0	m3
Oil & Gas Distribution	DPPU Ahmad Yani	2	Storage Tank	Material	Avtur Stock	126,251	m3
Oil & Gas Distribution	DPPU Ahmad Yani	3	Pompa Penyaluran	Material	Avtur to pompa penyaluran	12,294,251	m3
Oil & Gas Distribution	DPPU Ahmad Yani	4	Filter Separator	Material	Avtur to filter separator	12,294,251	m3
Oil & Gas Distribution	DPPU Ahmad Yani	4	Filter Separator	Material	Filter to filter separator	32.0	kg
Oil & Gas Distribution	DPPU Ahmad Yani	5	Refueller	Material	Avtur from filter separator	12,294,251	m3
Oil & Gas Distribution	DPPU Ahmad Yani	5	Refueller	Material	Tap Water	0.336	kg
Oil & Gas Distribution	DPPU Ahmad Yani	5	Refueller	Material	Lube Oil	29,281	kg
Oil & Gas Distribution	DPPU Ahmad Yani	5	Refueller	Material	Diesel Fuel	3521.76	kg
Oil & Gas Distribution	DPPU Ahmad Yani	6	Use Stage	Material	Avtur from refueller	12,294,251	m3
Oil & Gas Distribution	DPPU Ahmad Yani	7	Genset	Material	Diesel Fuel	12,006	kg
Oil & Gas Distribution	DPPU Ahmad Yani	7	Genset	Material	Lube oil	17.0	kg
Oil & Gas Distribution	DPPU Ahmad Yani	8	Oil Catcher	Material	Air limpasan from refueller	0.336	m3
Oil & Gas Distribution	DPPU Ahmad Yani	9	IPAL Domestik	Material	Debit buangan perkantoran	0.121	kg
Oil & Gas Distribution	DPPU Ahmad Yani	10	Perkantoran	Material	Lampu	17.9	kg
Oil & Gas Distribution	DPPU Ahmad Yani	10	Perkantoran	Material	Tap water	1001000.0	kg
Oil & Gas Distribution	DPPU Ahmad Yani	10	Perkantoran	Material	Sampah organik	1767	kg
Oil & Gas Distribution	DPPU Ahmad Yani	10	Perkantoran	Material	Sampah anorganik	399	kg

Gambar 3. 3 Sampel Data Input

Inventory_Name	Inventory_Sub_Name	Komponen_Id	Nama_Komponen	Output_kategori	Output	Nilai	Unit
Oil & Gas Distribution	Pertamina FT Maos	13	Penerimaan	Material	BBM to Storage Tank	1,340,000,000.00	kg
Oil & Gas Distribution	Pertamina FT Maos	13	Penerimaan	Waste	Drum bekas	2,660.00	kg
Oil & Gas Distribution	Pertamina FT Maos	13	Penerimaan	Waste	Plastik bekas	3.00	kg
Oil & Gas Distribution	Pertamina FT Maos	2	Storage Tank	Material	BBM to Filter Separator	1,330,000,000.00	kg
Oil & Gas Distribution	Pertamina FT Maos	2	Storage Tank	Emisi	VOC	1,250.00	kg
Oil & Gas Distribution	Pertamina FT Maos	2	Storage Tank	Waste	Air limpasan to Oil Catcher	753.00	kg
Oil & Gas Distribution	Pertamina FT Maos	2	Storage Tank	Waste	refinery sludge	38,200.00	kg
Oil & Gas Distribution	Pertamina FT Maos	2	Storage Tank	Waste	Drum bekas	1,340.00	kg
Oil & Gas Distribution	Pertamina FT Maos	14	Pompa Elmot	Material	BBM to Filter Separator	1,330,000,000.00	kg
Oil & Gas Distribution	Pertamina FT Maos	14	Pompa Elmot	Emisi	VOC	1,620,000.00	kg
Oil & Gas Distribution	Pertamina FT Maos	14	Pompa Elmot	Waste	Waste mineral oil	100.00	kg
Oil & Gas Distribution	Pertamina FT Maos	14	Pompa Elmot	Waste	Majun bekas	300.00	kg
Oil & Gas Distribution	Pertamina FT Maos	14	Pompa Elmot	Waste	Drum bekas	14.00	kg
Oil & Gas Distribution	Pertamina FT Maos	4	Filter Separator	Material	BBM from Filter Separator	1,330,000,000.00	kg
Oil & Gas Distribution	Pertamina FT Maos	12	Mobil Tangki	Material	BBM to Use Stage	1,330,000,000.00	kg
Oil & Gas Distribution	Pertamina FT Maos	12	Mobil Tangki	Emisi	VOC	1,620,000.00	kg
Oil & Gas Distribution	Pertamina FT Maos	6	Use Stage	Material	BBM from Use Stage	1,330,000,000.00	kg
Oil & Gas Distribution	Pertamina FT Maos	7	Genset	Material	Electricity	3,810.00	kWh
Oil & Gas Distribution	Pertamina FT Maos	7	Genset	Waste	Majun bekas	300.00	kg

Gambar 3. 4 Sampel Data Output

Setelah masing-masing file berhasil dinormalisasi dan strukturnya diperbaiki, peneliti melakukan pemilihan atribut yang relevan untuk dianalisis serta dilakukan tahapan penyesuaian nama dari masing-masing kolom (Atribut). Penamaan disesuaikan dengan standar internal perusahaan agar lebih konsisten, mudah dibaca, dan tidak menimbulkan ambiguitas saat analisis, proses ini dilakukan secara daring (*Zoom Metting*) bersama perwakilan

perusahaan Ailesh, guna memastikan bahwa hanya kolom-kolom penting yang digunakan sesuai kebutuhan analisis dan konteks operasional perusahaan.

b. Proses Merge Data

Setelah data-data yang sudah terstruktur disimpan dalam satu file, dilakukan proses penggabungan lanjutan (merge) terhadap tiga entitas utama, yaitu kategori, unit proses dan material. Proses merge ini dilakukan berdasarkan relasi kunci yang sesuai antar ketiga entitas tersebut, sehingga seluruh informasi terkait unit proses, klasifikasi kategori, dan detail material dapat disatukan ke dalam satu struktur tabel yang komprehensif. Untuk mendukung analisis lebih lanjut, serta penambahan atribut atau kolom hasil merge disesuaikan dengan kebutuhan data. Berikut pedoman yang diberikan oleh perusahaan Ailesh untuk proses merge data :

Table 3. 1 *Merge Data Category*

input output	category	category revised
Input	Bahan Bakar	Fuel
	Bahan Kimia	Chemical
	Construction of utility projects for electricity	Construction of utility projects for electricity
	Electricity	Electricity
	Energi	Energy
	Fuel	Fuel
	Lainnya	Others
	Limbah Cair	Waste
	Limbah Padat	Waste
	Material	Material
	Material Inputs	Raw Material
	Material Utama	Raw Material
	Oil	Oil
	Pelumas	Lube Oil
	Pemakaian Air	Feedwater

	Waste	Waste
	Water	Water
Output	Electricity	Electricity
	Emisi	Emission
	Emisi ke air	Emission
	Emisi ke udara	Emission
	Emission to air Unspecified	Emission
	Emission to Water River	Emission
	Emission to water Unspecified	Emission
	Energi	Energy
	Limbah	Waste
	Limbah Cair	Waste
	Limbah Cair B3 (Hazardous)	Waste
	Limbah Cair Non-B3 (Non-Hazardous)	Waste
	Limbah ke Udara	Waste
	Limbah Padat	Waste
	Limbah Padat B3 (Hazardous)	Waste
	Limbah Padat Non-B3 (Non-Hazardous)	Waste
	Manufacture of Cement, Lime, and Plaster	Manufacture of Cement, Lime, and Plaster
	Material	Material
	Oil	Oil
	Pemakaian sendiri	Self Use
	Produk	Product
	Treatment and disposal of hazardous waste	Hazardous Waste
	Treatment and disposal of non-hazardous waste	Non-Hazardous Waste
	Udara	Air
	Waste	Waste
	Water	Water
	Water	Water

Table 3. 2 Merge Data Unit_Process

unit_process_subcategory	unit process categorized
Air Conditioner Condensation Water Tank	Air Conditioner Condensation Water Tank
Ash Disposal	Ash Disposal
Ash Pond	Ash Pond
Aux Transformer As Turbine Generator Unit 2	Aux Transformer
Aux Transformer Gas Turbine Generator Unit 1	Aux Transformer
Bio Threat	Bio Threat
Boiler	Boiler
Bridger	Bridger
Chlorination Plant	Chlorination Plant
Coal Handling System	Coal Handling System
Common Unit (Aux Boiler)	Common Unit
Common Unit (Desal Plant)	Common Unit
Common Unit (Ro)	Common Unit
Common Unit (Wtp)	Common Unit
Condenser	Condenser
Cooling Tower	Cooling Tower
Cpu	Cpu
Dam	Dam
Dam And Reservoir	Dam And Reservoir
Deaerator	Deaerator
Deep Well	Deep Well
Demineralized Plant	Demineralized Plant
Demister	Demister
Desalination Plant	Desalination Plant
Disposal Oil Tank	Disposal Oil Tank
Draft Tube	Draft Tube
Dwtp Tank Step 1	Dwtp Tank
Dwtp Tank Step 2	Dwtp Tank
Emergency Diesel	Emergency Diesel
Emergency Generator Set Dam Building	Emergency Generator
Emergency Generator Set Pomu	Emergency Generator
Esp	Esp

Extraction Of Water	Extraction Of Water
Feed Water Sistem (Heater)	Feed Water Sistem (Heater)
Filling Shed Pump	Filling Shed Pump
Filter Separator	Filter Separator
Fire Fighting Skid	Fire Fighting Skid
Fuel Filtering Skid Pltg #1	Fuel Filtering Skid
Fuel Filtering Skid Pltg #2	Fuel Filtering Skid
Fuel Oil Tank	Fuel Oil Tank
Gas Removal System	Gas Removal System
Gas Station	Gas Station
Gas Station (Gas Station Ip)	Gas Station
Gas Turbin	Gas Turbine
Gas Turbine	Gas Turbine
Gas Turbine Generator	Gas Turbine Generator
Generator	Generator
Generator Set Power House	Generator
Generator Set Spillway	Generator
Genset	Genset
Hazardous & Toxic Pond	Hazardous & Toxic Pond
Hazardous Waste	Hazardous Waste
Heater	Heater
Hotwell/Condensor	Hotwell/Condensor
Hrsg	Hrsg
Hsd Oil Tank	HSD Tank
Hsd Tank	HSD Tank
Hydrogen Plant	Hydrogen Plant
Infiltration Gallery	Infiltration Gallery
Intake Gate	Intake Gate
IPAL Domestik	Waste Pool
Kolam Lindi	Waste Pool
Kolam PMK	Waste Pool
Lube Oil Tank	Lube Oil Tank
Main & By Pass Valve	Main & By Pass Valve
Main Cooling Water Pump	Main Cooling Water Pump
Main Oil Tank	Lube Oil Tank
Main Transformator	Main Transformator
Maintenance	Maintenance

Mobil Tangki	Mobil Tangki
Non-Hazardous Waste	Non-Hazardous Waste
Oil Catcher	Oil Catcher
Oil Catcher + WWTP	Oil Cathcer
Oil Tank Unit	Oil Tank Unit
Pellet Handling System	Pellet Handling System
Penerimaan	Penerimaan
Penerimaan dari Tanker	Penerimaan
Penerimaan Via Pipa	Penerimaan
Penstock	Penstock
Penstoke, Headrace Tunnel, Surge Tank	Penstoke, Headrace Tunnel, Surge Tank
Perkantoran	Perkantoran
Plts Rooftop 96 Kwp	Plts Rooftop 96 Kwp
Pompa Elmot	Pompa
Pompa Filling Shed	Pompa
Pompa Penerimaan	Pompa
Pompa Penyaluran	Pompa
Pompa PMK	Pompa
Pompa Product	Pompa
Power House	Power House
Power Intake	Power Intake
Primary Cooling	Primary Cooling
Raw Water Tank	Raw Water Tank
Refueller	Refueller
Reinjection Well	Reinjection Well
Rwt	Raw Water Tank
Secondary Cooling	Secondary Cooling
Sludge Tank	Sludge Tank
Spillway	Spillway
Steam Turbin	Steam Turbin
Storage Tank	Storage Tank
Swro	Swro
Tailrace	Tailrace
Tps Limbah B3	Tps Limbah B4
Trafo	Trafo
Trafo Ps	Trafo

Transformator	Transformator
Transformator Ps 1	Transformator
Transformator Ps 2	Transformator
Transformer	Transformator
Transportation Of Diesel	Transportation
Transportation Of Oil	Transportation
Trash Rack	Trash Rack
Turbin	Turbine
Turbin & Generator	Turbine & Generator
Turbine	Turbine
Turbine & Generator	Turbine & Generator
Turbine And Generator	Turbine & Generator
Use Stage	Use Stage
Waste Separator 1	Waste Separator
Waste Storage	Water Tank
Waste Treatment	Water Treatment Plant
Water Tank 103	Water Tank
Water Treatment Plant	Water Treatment Plant
Wwtp	Water Treatment Plant

Table 3. 3 *Merge Data Material*

material	material revised
Acid cleaning (PC 77)	Acid cleaning (PC 77)
Air	Feedwater
Air (Intake Gate)	Feedwater
Air Bahang	Feedwater
Air Baku Desal Plant	Feedwater
Air efektif volume (Trash Boom)	Feedwater
Air hujan	Feedwater
Air Laut	Feedwater
Air Laut (Open Cooling)	Feedwater
Air Limbah	Waste Water
Air limbah (from perkantoran)	Waste Water
Air Limbah Perkantoran	Waste Water
Air Limpaan (to Storage Tank)	Waste Water

Air limpasan	Waste Water
Air Limpasan (from Refueller)	Waste Water
Air Limpasan (from Storage Tank)	Waste Water
Air Limpasan from Filter Separator	Waste Water
Air Limpasan from Penerimaan	Waste Water
Air Limpasan from Pompa Penyaluran	Waste Water
Air Limpasan from Refueller	Waste Water
Air Limpasan from Storage Tank	Waste Water
Air Limpasan PMK	Waste Water
Air Limpasan Pompa Elmot	Waste Water
Air limpasan to Oil Catcher	Waste Water
Air limpasan(from Perkantoran)	Waste Water
Air limpasan(from Perkantoran)	Waste Water
Air Make Up	Air Make Up
Air PDAM	Feedwater
Air Perkantoran	Air Perkantoran
Air sisa cuci refueller	Waste Water
Air Sumur	Feedwater
Air Terkontaminasi B3	Waste Water
Aki bekas,Battery bekas	Aki bekas,Battery bekas
Aki/ Batery bekas	Aki/ Batery bekas
Aki/Batery	Aki/Batery
Aliran Air Keluar (Main & Bypass Valve)	Aliran Air Keluar (Main & Bypass Valve)
Aliran Air Keluar (Penstoke, headrace tunnel, surge tank)	Aliran Air Keluar (Penstoke, headrace tunnel, surge tank)
Aliran Air Keluar (Trash Rack)	Aliran Air Keluar (Trash Rack)
Aliran Air Masuk (Dam & Reservoir)	Aliran Air Masuk (Dam & Reservoir)
Alkaline cleaning (PC 98)	Alkaline cleaning (PC 98)
Ammonia	Ammonia
AMMONIAK TEKNIK (NH ₄ OH) min 25%	AMMONIAK TEKNIK (NH ₄ OH) min 25%
Amoniak	Amoniak
ANTI FOAM	ANTI FOAM
Anti Scale	Anti Scale
Antiscalant	Antiscalant
Antiscalant N PC 191T	Antiscalant N PC 191T

Aquades (Air Accu)	Aquades (Air Accu)
Aux Electricity	Aux Electricity
Aux Make Up Water	Aux Make Up Water
Avtur (stock)	Avtur
Avtur from filter separator	Avtur
Avtur from refueller	Avtur
Avtur from use stage	Avtur
Avtur Stock	Avtur
Avtur to filter separator	Avtur
Avtur to pompa penyaluran	Avtur
Avtur to storage tank	Avtur
Avtur Transported	Avtur
Avtur, (from Filter Separator)	Avtur
Avtur, (from Refueller)	Avtur
Avtur, (to Filter Separator)	Avtur
Avtur, (to Pompa Penyaluran)	Avtur
Avtur, (to Storage Tank)	Avtur
Avtur, transported	Avtur
BBM (stock)	Fuel
BBM Filling	Fuel
BBM from Filter Separator	Fuel
BBM from FT Lomanis	Fuel
BBM from IT Cilacap	Fuel
BBM from Mobil Tangki	Fuel
BBM from Penerimaan	Fuel
BBM from Pompa Elmot	Fuel
BBM from RU	Fuel
BBM from Use Stage	Fuel
BBM in MT	Fuel
BBM Penerimaan	Fuel
BBM stock	Fuel
BBM to Filter Separator	Fuel
BBM to Pompa Elmot	Fuel
BBM to Storage Tank	Fuel
BBM to Use Stage	Fuel
BBM, (from Refueller	Fuel
BBM, (to Pompa Penyaluran)	Fuel

BBM, to Use Stage	Fuel
BBM, transported	Fuel
BBMP (Avtur) from filter separator	Fuel
BBMP (Avtur) from penerimaan via pipa	Fuel
BBMP (Avtur) from penerimaan via pipa	Fuel
BBMP (Avtur) from pompa penyaluran	Fuel
BBMP (Avtur) from refinery unit	Fuel
BBMP (Avtur) from refueller	Fuel
BBMP (Avtur) from storage tank	Fuel
Carbon dioxide	Carbon Dioxide (CO2)
carbon dioxide (CO2)	Carbon Dioxide (CO2)
Carbon dioxide, fossil	Carbon Dioxide (CO2)
CO2	Carbon Dioxide (CO2)
Condensate Desal	Condensated Desal
Condensate Desal	Condensated Desal
Condensate Gas	Condensated Gas
Condensate Water	Condensated Water
Condensated Water	Condensated Water
Condensation Water	Condensated Water
Cooling Oil from Main Oil Tank to Transformer	Cooling Oil
Cooling Oil to Trafo PS1	Cooling Oil
Cooling Oil to Trafo PS2	Cooling Oil
Demin Water	Demineralized Water
Demin Water Step 1	Demineralized Water
Demin Water Step 2	Demineralized Water
Demineralized Water	Demineralized Water
diesel	Diesel
Diesel from Pertamina to Emergency Diesel	Diesel
Diesel from Pertamina to Genertor Set Power House	Diesel
Diesel from Pertamina to Genertor Set Spillway	Diesel
Diesel Fuel	Diesel
Diesel Transported	Diesel
Diesel, Transported	Diesel
Dinitrogen monoxide	Dinitrogen monoxide (N2O)

Dinitrogen monoxide (N ₂ O)	Dinitrogen monoxide (N ₂ O)
Drum bekas	Filter
Electricity from GenSet Power House to Power House	Electricity
Electricity	Electricity
Electricity (from Genset)	Electricity
Electricity (from PLN)	Electricity
Electricity (from PLNt)	Electricity
Electricity for Auxiliary System	Electricity
Electricity from Emergency Diesel to Power House	Electricity
Electricity from Genset	Electricity
Electricity from GenSet Power House to Power House	Electricity
Electricity from GenSet Power House to Transformer	Electricity
Electricity from GenSet Spillway to Spillway	Electricity
Electricity from PLN	Electricity
Electricity from Trafo PS to Dam	Electricity
Electricity from Trafo PS to Draft Tube	Electricity
Electricity from Trafo PS to Drawdown Culvert	Electricity
Electricity from Trafo PS to Generator	Electricity
Electricity from Trafo PS to Grounting Tunnel	Electricity
Electricity from Trafo PS to Hazardous Waste Facility	Electricity
Electricity from Trafo PS to Main & By Pass Valve	Electricity
Electricity from Trafo PS to Non-Hazardous Waste Facility	Electricity
Electricity from Trafo PS to Power House	Electricity
Electricity from Trafo PS to Power Intake	Electricity
Electricity from Trafo PS to Spillway	Electricity
Electricity from Trafo PS to Transformer	Electricity
Electricity from Trafo PS to Turbine	Electricity
Electricity from Trafo PS to Waste Water Treatment Facility	Electricity

Electricity from Trafo PS to Water Tank	Electricity
Electricity from Trafo PS1 to Dam	Electricity
Electricity from Trafo PS1 to Draft Tube	Electricity
Electricity from Trafo PS1 to Generator	Electricity
Electricity from Trafo PS1 to Hazardous Waste Facility	Electricity
Electricity from Trafo PS1 to Infiltration Gallery	Electricity
Electricity from Trafo PS1 to Main & By Pass Valve	Electricity
Electricity from Trafo PS1 to Main Oil Tank	Electricity
Electricity from Trafo PS1 to Non-Hazardous Waste Facility	Electricity
Electricity from Trafo PS1 to Penstock	Electricity
Electricity from Trafo PS1 to Power House	Electricity
Electricity from Trafo PS1 to Power Intake	Electricity
Electricity from Trafo PS1 to Spillway	Electricity
Electricity from Trafo PS1 to Transformer	Electricity
Electricity from Trafo PS1 to Turbine	Electricity
Electricity from Trafo PS1 to Waste Water Treatment Facility	Electricity
Electricity from Trafo PS2 to Power House	Electricity
Electricity from Transformer to 150 kV Trans Network	Electricity
Electricity from Transformer to 20 kV Transmission Network	Electricity
Electricity from Transformer to Trafo PS	Electricity
Electricity Generation from Generator to Trafo PS1	Electricity
Electricity Generation from Generator to Transformer	Electricity
Electricity PLTS	Electricity
electricity, low voltage	Electricity
electricity, medium voltage	Electricity
Energi, primary, from geothermal	Energy
Energy, primary, from geothermal	Energy
Feed Water	Feedwater
Feedwater	Feedwater

Filter	Filter
Filter bekas	Filter
Filter Bekas (Oil)	Filter
Filter Desal	Filter
Filter GT	Filter
filter to filter separator	Filter
Fuel (HSD)	Fuel
Fuel(HSD)	Fuel
HSD	HSD
HSD (Aux Boiler)	HSD
HSD (yang ditampung)	HSD
Hydraulic Oil from Main Oil Tank to Main & By Pass Valve	Hydraulic Oil
Hydraulic Oil from Main Oil Tank to MIV	Hydraulic Oil
Hydraulic Oil from Main Oil Tank to Turbine	Hydraulic Oil
Hydraulic Oil to Drawdown Culvert	Hydraulic Oil
Hydraulic Oil to Spillway	Hydraulic Oil
Kertas	Paper
Lampu	Lamp
Limbah B3	Waste
Limbah cair lainnya	Waste
Limbah Cair Regenerasi	Waste
Limbah Cair ST	Waste
Limbah Majun	Waste
limbah organik	Waste
Limbah resin (penukar ion)	Waste
Listrik	Electricity
Listrik (Emergency Generator Set Dam Building)	Electricity
Listrik (Emergency Generator Set POMU)	Electricity
Listrik (Generator)	Electricity
Listrik (Transformator)	Electricity
Listrik from Genset	Electricity
Listrik GT	Electricity
Listrik GT (Bruto)	Electricity
Listrik PS	Electricity

Listrik ST	Electricity
Lube & Hydraulic Oil to Drawdown Culvert	Lube & Hydraulic Oil
Lube & Hydraulic Oil to Power Intake	Lube & Hydraulic Oil
Lube & Hydraulic Oil to Spillway	Lube & Hydraulic Oil
Lube Oil	Lube Oil
Lube Oil from Main Oil Tank to Generator	Lube Oil
Lube Oil from Main Oil Tank to Transformer	Lube Oil
Lube Oil from Main Oil Tank to Turbine	Lube Oil
Lube Oil to Draft Tube	Lube Oil
Lube Oil to Drawdown Culvert	Lube Oil
Lube Oil to Power Intake	Lube Oil
Lube Oil to Spillway	Lube Oil
Lube Oil Waste	Lube Oil
lubricating oil	Lube Oil
Lubricating oil transported	Lube Oil
Mechanical Energi from Turbine to Generator	Energy
Mechanical Energy	Energy
Mechanical Energy from Turbine to Generator	Energy
Minyak pelumas	Lube Oil
Minyak pelumas bekas	Lube Oil
Minyak Pelumas Dte (Oil Tank Unit)	Lube Oil
nitrogen oxide (NO)	Nitrogen Oxide (Nox)
Nitrogen Oxide (Nox)	Nitrogen Oxide (Nox)
Nitrogen oxides	Nitrogen Oxide (Nox)
Nitrogen Oxides (NOX)	Nitrogen Oxide (Nox)
NO	Nitrogen Oxide (Nox)
NO2	Nitrogen Dioxide (NO2)
NOx	Nitrogen Oxide (Nox)
Oil	Oil
Oil to Generator Set Power House	Oil
Oil to Generator Set Spillway	Oil
Oil to Main Oil Tank	Oil
Oil to Power Intake	Oil
Oil Waste	Waste

Oils	Oil
Oils, unspecified	Oil
Oli	Oil
Oli bekas	Oil
Oli Pelumas	Oil
Oli, Transported	Oil
Pasir	Sand
Pelumas	Lube
Pelumas Bekas	Lube
Plastik	Plastic
plastik bekas	Plastic
Raw Wate	Feedwater
refinery sludge	Sludge
Sea Water	Feedwater
Sediment	Sediment
Sediment from Dam to Drawdown Culvert	Sediment
SHELL OMALA 460	Lube Oil
SHELL TELLUS 46	Lube Oil
SHELL TELLUS S2 VX 32	Lube Oil
SHELL TURBO T 32	Lube Oil
SHELL TURBO T-46	Lube Oil
SHELL TURBO T-68	Lube Oil
Silica Gel Terkontaminasi	Lube Oil
Sisa Makanan	
Sludge	Sludge
Sludge (dari kolam lindi)	Sludge
Sludge IPAL (IPAL, Coal WWTP)	Sludge
Sludge IPAL (WWTP)	Sludge
Sludge Oil	Sludge
Sludge WWTP	Sludge
Solar	Solar
Solar (own use)	Solar
steam	Steam
Steam (uap jenuh)	Steam
Steam HRSG	Steam
Steam ST	Steam
sulfur oxide (SO)	Sulfur Oxide

Sulfur Oxide (Sox)	Sulfur Oxide
Sulfur oxides	Sulfur Oxide
Sulfur Oxides (SOX)	Sulfur Oxide
Tanah	Soil
Tap water	Feedwater
Tap water (konsumsi air)	Feedwater
TURBOLUBE 100	Lube Oil
TURBOLUBE XT 46	Lube Oil
Waste	Waste
Waste bulk iron	Waste
Waste Lube Oil from Power Intake to Hazardous Waste Facility	Waste
waste mineral oil	Waste
waste mineral oil from Drawdown Culvert	Waste
waste mineral oil from Spillway	Waste
Waste Oil	Waste
Waste water	Waste
Waste Water & Sludge	Waste
Waste water/m3	Waste
Waste, final, inert	Waste
Wastewater	Waste Water
Water	Feedwater
Water (Condenser to MCWP)	Feedwater
Water (Cooling Tower to Condenser)	Feedwater
Water (Cooling Tower to Primary Cooling)	Feedwater
Water (Cooling Tower to Reinjection Well)	Feedwater
Water (from Generator)	Feedwater
Water (from Reinjection Well to Environment)	Feedwater
Water (GRS to Condenser)	Feedwater
Water (MCWP to Cooling Tower)	Feedwater
Water (Primary Cooling to GRS)	Feedwater
Water (to Generator)	Feedwater
Water from Dam to Grouting Tunnel	Feedwater
Water from Dam to Infiltration Gallery	Feedwater
Water from Dam to Power Intake	Feedwater
Water from Dam to Spillway	Feedwater

Water from Draft Tube to Tail Race	Feedwater
Water from Infiltration Gallery to Power House	Feedwater
Water from Main & By Pass Valve to Turbine	Feedwater
Water from Penstock to Main & by Pass Valve	Feedwater
Water from Power House to Waste Water Treatment	Feedwater
Water from Power Intake to Trash Rack	Feedwater
Water from Trash Rack to Penstock	Feedwater
Water from Turbine to Draft Tube	Feedwater
Water from Water Tank to Power House	Feedwater
Water to Grouting Tunnel	Feedwater
Water Vapour	Feedwater
Water Vapour (Turbine to Condenser)	Feedwater
Water Waste	Feedwater
Water Waste (dari boiler)	Feedwater
Water Waste (dari WTP)	Feedwater
Water, decarbonised	Feedwater
Water, ID	Feedwater
Water, river, ID	Feedwater

2. Seleksi Data (*Data Selection*)

Pada tahap ini dilakukan seleksi data atau atribut yang relevan untuk penelitian. Data tersebut berupa data emisi industri *power plant* dan *oil & gas distribution*. Sehingga didapatkan atribut-atribut yang akan diseleksi untuk penelitian ini. Dengan demikian, hasil akhir dari proses ini adalah sebuah dataset yang terstruktur, bersih, dan siap dianalisis. Dataset akhir disimpan dalam format CSV (*Comma-Separated Values*) untuk memudahkan proses input ke dalam perangkat lunak analisis data yang digunakan dalam penelitian ini. Data yang dikumpulkan dari industri *power plant* dan *oil & gas distribution* berjumlah 1499 data dan 13 kolom (Atribut) yang nantinya akan dianalisis menggunakan teknik data mining.

Berikut penjelasan dari masing-masing atribut :

Table 3. 4 Penjelasan Atribut Data

Nama Atribute	Keterangan
Industry	Menunjukkan jenis atau klasifikasi utama dari kegiatan industri tempat data dikumpulkan. Dalam variable industry terdapat 2 industri yaitu power plant dan oil & gas distribution.
Sector	Sektor adalah variabel yang menunjukkan jenis sistem atau teknologi operasional spesifik dalam suatu industri
Location	Location menunjukkan area atau site operasional tempat proses berlangsung, berupa wilayah atau kode wilayah.
Unit_Process	Unit proses ini merepresentasikan bagian fisik atau peralatan utama yang terlibat dalam produksi atau distribusi energi, pengolahan bahan bakar, atau proses lain di dalam power plant dan oil & gas distribution, pada kolom unit proses terdapat 90 jenis unit proses.
Input_Output	Kategori untuk membedakan apakah material atau emisi tersebut adalah input (bahan masuk) atau output (hasil, emisi).
Category	Kategori utama material atau emisi, misalnya kategori bahan bakar, bahan kimia, emisi gas, limbah cair, dll. Terdapat 20 kategori. Contoh nilai: "Fuel", "Emission", "Waste Water"
Subcategory	Subcategory adalah hasil penyatuan atau pengelompokan Category berdasarkan kesamaan karakteristik atau atribut tertentu yang relevan. Pengelompokan ini penting untuk memastikan bahwa

	data yang berbeda (misalnya, dengan penamaan yang sedikit berbeda atau format yang tidak konsisten) bisa digabung menjadi satu kategori yang lebih homogen. Terdapat 28 atribut pada kolom subcategory.
Material	Nama asli material atau emisi sesuai data asli sebelum proses normalisasi atau penyesuaian nama.
Material_Rename	Nama material yang sudah dinormalisasi atau disederhanakan untuk konsistensi data agar tidak ada variasi nama yang membingungkan
Material_Subcategory	Subkategori material yang lebih spesifik lagi untuk detail yang lebih mendalam, contohnya termasuk jenis bahan bakar, material, zat kimia, dll.
Value	Jumlah atau kuantitas material atau emisi yang diukur, biasanya dalam satuan tertentu
Unit	Satuan pengukuran dari variabel Value, misalnya kilogram (kg), liter (L), ppm (parts per million), ton.
Persentase	persentase merupakan atribut yang menunjukkan proporsi relatif suatu nilai terhadap total keseluruhan dalam bentuk persen (%). Pada atribut ini tidak hanya terdapat beberapa data yang memiliki data persentase.

3. Data Preparation

1. Pembersihan Data (*Data Cleaning*)

Dilakukannya proses cleansing data untuk mendeteksi kesalahan data atau data yang corrupt dan memperbaiki atau menghapus data sesuai kebutuhan.

a. Menangani *Missing Value*

Missing value atau nilai hilang adalah kondisi di mana suatu entri dalam dataset tidak memiliki data atau informasi pada kolom tertentu. Keberadaan missing value dapat disebabkan oleh berbagai faktor, seperti kesalahan pencatatan, data yang belum tersedia, atau ketidaksesuaian format saat proses pengumpulan data. Dalam konteks analisis data, keberadaan nilai yang hilang perlu diperhatikan secara serius karena dapat memengaruhi hasil analisis, mengurangi akurasi model, atau bahkan menyebabkan bias jika tidak ditangani dengan tepat.

Oleh karena itu, sebelum dilakukan analisis lebih lanjut, sangat penting untuk mengidentifikasi dan ditangani melalui berbagai metode, seperti menghapus baris yang mengandung missing value, menghapus kolom dengan mempertimbangkan apakah atribut tersebut merupakan bagian analisis atau tidak, dan bisa menerapkan penanganan dengan cara mengisi nilai yang hilang berdasarkan nilai rata-rata, median, modus, atau melalui pendekatan prediktif tergantung pada jenis data dan konteks penggunaannya.

b. Menangani Data yang Duplikat

Data duplikat adalah baris data yang muncul lebih dari satu kali dengan nilai yang sama persis pada seluruh atau sebagian kolom. Keberadaan data duplikat dapat mengganggu integritas data dan menyebabkan hasil analisis menjadi tidak akurat, seperti menggandakan jumlah total atau memengaruhi perhitungan statistik. Oleh karena itu, penting untuk melakukan deteksi dan penanganan data duplikat sebelum analisis dilakukan.

Penanganan umumnya dilakukan dengan mengidentifikasi baris yang duplikat berdasarkan kolom tertentu, kemudian menghapus baris yang berulang jika memang tidak diperlukan, atau menggabungkan (merge) jika

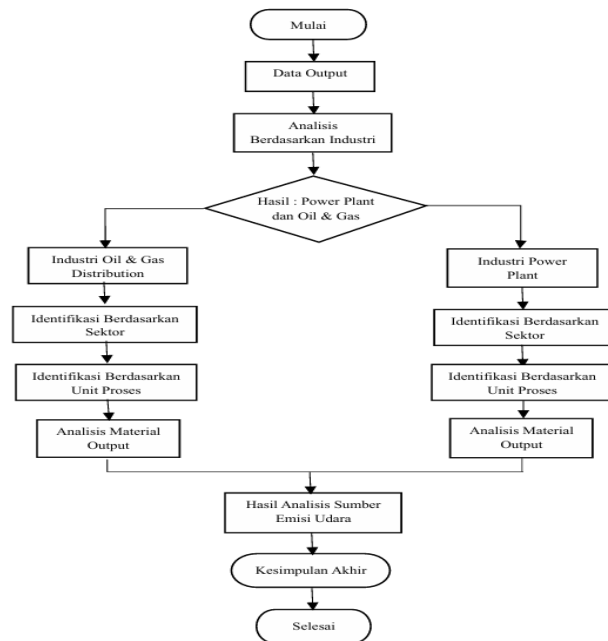
masih relevan dan mengandung informasi berbeda pada kolom lain. Proses ini memastikan bahwa data yang digunakan bersih, unik, dan representatif terhadap kondisi yang sebenarnya.

2. Data Exploration

Eksplorasi data adalah proses terperinci untuk memeriksa data guna menemukan pola awal, karakteristik, dan poin menarik. Pada tahapan data exploration penulis melakukan analisis statistik untuk menemukan insight dan Solusi bisnis.

a. Analisis Sumber Emisi Udara

Analisis sumber emisi udara yaitu mengidentifikasi sumber emisi yang dihasilkan oleh masing-masing industri, berikut alur proses analisis sumber emisi udara

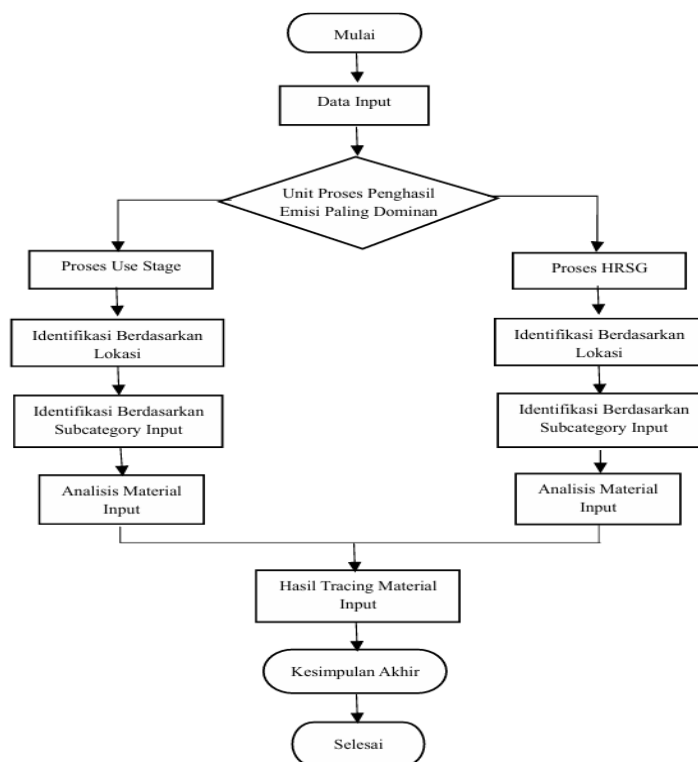


Gambar 3. 5 *FlowChart* Analisis Sumber Emisi Udara

b. Tracing Material Input

Setelah mengidentifikasi sumber-sumber penghasil emisi udara tertinggi maka tahap selanjutnya pada pelacakan material input , akan dilakukan tahapan analisis lebih mendalam untuk melacak material apa saja yang menjadi kontributor dalam proses penghasil emisi udara pada masing-masing industri.

Pelacakan material input dilihat berdasarkan unit proses yang menghasilkan emisi udara paling dominan, tahapan yang pertama yaitu berdasarkan Lokasi yang melakukan unit proses paling banyak menghasilkan emisi, selanjutnya akan dianalisis berdasarkan kategori dan material input. Maka untuk lebih jelasnya lagi peneliti sudah menyiapkan alur proses analisis tracing material input ke dalam bentuk Flowchart agar mudah di pahami, berikut alur proses analisis tracing material :



Gambar 3. 6 *Flowchart Alur Proses Analisis Tracing Material Input*

3. Perubahan Data (Transformation Data)

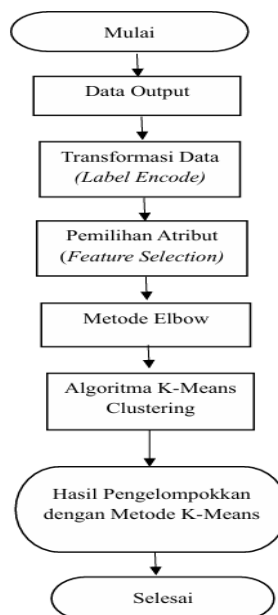
Data *transformation* adalah proses transformasi pada data yang telah dipilih, sehingga data tersebut sesuai untuk proses *data mining*. Pada langkah *transformation* dilakukan untuk data bertipe *polynominal* menjadi numerik agar data dapat diolah berdasarkan jarak. Untuk mengubah data bertipe *polynominal* menjadi numerik menggunakan operator Nominal to Numerical[7]

4. K-Means Clustering

Selanjutnya pada tahap *Data Mining* akan dilakukan proses pengolahan data dengan menggunakan metode k-means clustering yang diterapkan untuk mengelompokkan emisi udara berdasarkan karakteristiknya.

a. Proses Pengelompokkan Menggunakan Alogaritma K-Means Clustering

Pada tahapan pengelompokkan menggunakan algoritma K-Means clustering dapat dilihat pada *Flowchart* dibawah ini mengenai tahapan implementasi algoritma tersebut.



Gambar 3. 7 Alur Proses Pengelompokkan Sumber Emisi

5. Interpretasi/Evaluasi

Tahap Interpretation/evaluation atau tahap pengujian menggunakan dataset Emisi yang sudah melalui tahap analisis, data tersebut nantinya ditampilkan dalam bentuk visualisasi dashboard menggunakan tools google looker studio agar lebih mudah dipahami.