

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kualitas udara merupakan salah satu komponen lingkungan hidup yang perlu dijaga dengan baik. Kualitas udara yang baik berarti udara bersih dan sehat tanpa risiko signifikan bagi kesehatan manusia dan lingkungan. Kualitas udara dipengaruhi diantaranya oleh aktivitas manusia. Kualitas udara yang buruk ditandai dengan parameter kualitas udara yang tidak memenuhi baku mutu.

Pencemaran udara adalah masuk atau dimasukkannya zat, energi, dan/atau komponen lainnya ke dalam Udara Ambien oleh kegiatan manusia sehingga melampaui Baku Mutu Udara Ambien yang telah ditetapkan. Pencemaran udara diantaranya dapat terjadi akibat kegiatan transportasi. Meningkatnya aktivitas transportasi serta industri yang memberikan dampak negatif terhadap peningkatan polusi udara, seperti polutan gas dan partikulat. Salah satu penyebab utama adalah tingginya konsentrasi partikulat atau *particulate matter* (PM) di udara ambien. PM, yang berasal dari debu, emisi kendaraan bermotor, dan aktivitas industri, dapat menyebabkan gangguan kesehatan serius seperti penyakit pernapasan dan kardiovaskular (Seinfeld & Pandis, 2016).

Partikulat dibedakan berdasarkan ukuran partikel, salah satunya adalah debu atau Total Suspended Particulate (TSP), yaitu partikel yang berdiameter kurang dari 100 μm (Arbi *et al.*, 2023). TSP terdiri atas partikel jelaga, partikel logam, serbuk sari dan partikel halus lainnya (Murniasih *et al.*, 2020). TSP dapat memberikan dampak negatif terhadap kesehatan manusia (Oktaviani, 2018). Paparan TSP meningkatkan risiko penyakit pernafasan seperti infeksi pernafasan akut, asma, emfisema, penyakit jantung, dan penyakit paru obstruktif kronik (PPOK) (Hesti, 2020). Pencemaran udara ambien dapat menyebabkan kematian dan partikulat merupakan masalah kesehatan lingkungan yang mempengaruhi masyarakat di seluruh dunia. Laporan WHO pada tahun 2016 terdapat 4,2 juta kematian akibat pencemaran udara dan secara global pencemaran udara diperkirakan menyebabkan sekitar 29% kematian akibat kanker paru-paru, 43% kematian akibat penyakit paru

obstruktif kronik (PPOK), sekitar 25% kematian akibat penyakit jantung koroner, dan 24% kematian akibat stroke.

Industri semen adalah salah satu industri besar yang mendukung pertumbuhan ekonomi namun dalam proses industrinya timbul dampak lingkungan yang harus dikelola dengan baik. Salah satu dampak kegiatan industri semen adalah potensi terjadinya pencemaran udara, terutama melalui emisi gas dan partikel yang dihasilkan selama proses produksi dan proses pendukung lainnya seperti pengangkutan. Kualitas udara di lingkungan sekitar industri semen di Indonesia telah banyak dilaporkan, seperti kualitas udara parameter partikulat di lingkungan industri semen Padang yaitu konsentrasi PM10 dengan EPAM 5000 terukur berkisar antara 21,0 – 79,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dengan rata-rata 24 jam sebesar 41,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Wangsa et al., 2022). Novirsa (2012) juga melaporkan peningkatan konsentrasi PM2,5 di daerah industri semen Kecamatan Lubuk Kilangan Kota Padang terjadi pada radius 500-1.000 meter, 1.500-2.000 meter, dan 2.000-2.500 meter. Sedangkan kualitas udara di permukiman sekitar kawasan industri PT. Semen Tonasa Kabupaten Pangkep dengan nilai ISPU CO dari 6 (enam) titik lokasi dalam kategori baik atau berada dalam rentang 0 – 50 (Anwar et al., 2019).

Permasalahan yang ada di permukiman sekitar industri semen adalah adanya peningkatan debu, yang dapat berasal dari kegiatan penambangan, proses produksi maupun pengangkutan bahan penunjang maupun produk semen itu sendiri. Laporan Singh (2021) menyebutkan semua tahap pembuatan semen menimbulkan dampak buruk terhadap lingkungan. (Venkata Sudhakar & Reddy, 2023) dan Afrizal *et al.*, (2022) melaporkan polutan partikel debu/bahan partikulat dihasilkan industri semen berasal dari penggalan, proses produksi seperti klinker, penghancuran dan penggilingan, proses transportasi, bongkar muat, penyimpanan dan penanganan, pengemasan dan pengiriman semen.

Permasalahan kesehatan yang sering muncul disekitar industri semen karena adanya peningkatan debu. Singh (2021) Proses klinker pada industri semen menghasilkan partikel debu dan abu terbang dalam skala besar yang menyebabkan masalah pernapasan di permukiman sekitar pabrik semen yaitu berbagai penyakit paru-paru terjadi di kalangan masyarakat terutama penduduk setempat karena adanya pabrik semen. Samadi (2024) juga menyatakan bahwa emisi dari pabrik PT

Semen Padang berdampak signifikan terhadap polusi udara. Sulasmi *et al*, (2022) melaporkan bahwa kegiatan produksi semen menimbulkan dampak terhadap lingkungan dan kehidupan masyarakat di sekitar pabrik. Aktivitas industri semen yang menyebabkan peningkatan debu sudah banyak dilaporkan akan tetapi kajian dampak transportasi khusus pada kegiatan industri semen hingga saat ini belum pernah dilaporkan. Sehingga penelitian ini diperlukan untuk mengetahui dampak persebaran debu akibat adanya industri semen.

Pencemaran udara akibat tingginya konsentrasi debu TSP dijumpai di beberapa jalan raya kota di Indonesia. Huboyo (2007) dan (Oktaviani, 2018) melaporkan konsentrasi rata-rata partikulat di jalan raya Yogyakarta dan jalan raya Kota Surabaya melebihi baku mutu udara ambien. Beban emisi pencemar TSP paling tinggi di Jalan raya kota Yogyakarta adalah sepeda motor (Tiarani et al., 2016). Huboyo (2007) juga melaporkan konsentrasi rata-rata tahunan TSP paling tinggi di Jl. Godean Yogyakarta cukup tinggi yaitu $324,33 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Jalan S. Parman di Kota Gorontalo juga mengalami peningkatan partikulat debu TSP, konsentrasi TSP sebesar $377,3 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ (Ibrahim et al., 2022)

Persepsi masyarakat tentang pencemaran udara terjadi karena adanya keluhan kesehatan. Keluhan kesehatan karena peningkatan kadar debu Total Suspended Particulate (TSP) di udara ambien yang paling banyak dialami masyarakat. Khairiah et al (2012) dalam penelitiannya menganalisis konsentrasi debu dan keluhan kesehatan pada masyarakat di sekitar pabrik semen di desa Kuala Indah, kecamatan Sei Suka, kabupaten Batu Bara tahun 2012, dengan hasil jauh jarak rumah terhadap pabrik semen, kadar debunya semakin kecil, namun masih berada di bawah baku mutu untuk PM10 (partikel $< 10 \mu\text{m}$) yaitu $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$, jarak terdekat 20 meter dari pabrik menunjukkan $102 \mu\text{g}/\text{m}^3$, dan terjauh berjarak 600 m dari pabrik menunjukkan nilai $59 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Masyarakat di sekitar kawasan industri yang dilalui truk batu bara, truk muatan bungkil, truk muatan material merasakan gangguan/keluhan kesehatan akibat kadar debu TSP karena tidak memenuhi baku mutu yaitu $247 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ (Virgia & Djamil, 2023). Anwar *et al.*, (2019) melaporkan konsentrasi TSP tertinggi pada malam hari sebesar $163,89 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan terendah pada siang hari sebesar $122,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Atas dasar itulah penelitian ini akan melihat persepsi masyarakat yang menyeluruh di jalur transportasi industri semen.

Pencemaran udara dari kegiatan transportasi dapat disebabkan beberapa faktor, seperti banyaknya frekuensi lalu lintas untuk pelayanan industri, jenis kendaraan dan kondisi kendaraan, kondisi infrastruktur jalan serta kondisi lingkungan lainnya. Timbulnya pencemaran udara khususnya parameter debu di jalan raya bersifat tidak konstan dan bergantung pada beberapa parameter yaitu variasi menurut jenis jalan, kendaraan, meteorologi, dan kepadatan lalu lintas (Katiyar et al., 2024).

Debu dan partikulat yang ditimbulkan dari kegiatan transportasi tidak hanya bersumber dari emisi knalpot, namun juga bersumber dari gesekan ban kendaraan dan permukaan jalan. Szczepański et al (2022) melaporkan sumber utama emisi materi partikulat bukan gas buang dari mesin kendaraan tetapi sumber lain, terutama sistem pengereman kendaraan sistem pembuangan mesin pembakaran internal, diikuti kontak antara ban kendaraan dan permukaan jalan. Sumber-sumber lalu lintas non-knalpot (ban kendaraan) dan debu jalan sebagai sumber utama partikulat yang membentuk PM1, PM2.5 dan PM10 dilaporkan (Jandacka et al., 2017), pengaruh ban dan debu jalan 52,1%, pengereman dan permukaan jalan 17%, dan emisi bahan bakar diesel 4,2%. Aktivitas transportasi akibat emisi gas buang kendaraan seperti CO, CO₂ dan SO₂ sudah banyak dilaporkan namun penelitian mengenai emisi roda ban kendaraan dengan permukaan jalan belum banyak dilakukan. Sehingga penelitian ini diperlukan untuk mengetahui debu TSP yang berasal dari emisi roda ban kendaraan dengan permukaan jalan pada jalur transportasi industri semen.

Kegiatan pengangkutan industri Semen Grobogan di Kabupaten Grobogan, yakni mengangkut bahan baku, bahan penunjang maupun produk menggunakan kendaraan berat seperti truk besar, dengan kondisi jalan sudah aspal. Jalan utama yang dilalui adalah ruas jalan Semen Grobogan menuju lokasi pabrik. Berdasarkan pengamatan, kendaraan berat seperti truk dan tronton mendominasi rute jalan ini, hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar dilalui kendaraan yang digunakan untuk operasional pabrik semen. Penelitian ini dibatasi sampai dengan pintu jalan masuk untuk truk yang mengangkut pasir silika, pozzollan, gipsum, FABA, batu bara dan produk semen. Kadar debu pada ruas jalan yang dilintasi angkutan batubara telah dilakukan Sholihah (2014), terukur 1,5 kali lebih tinggi dibandingkan dengan kadar

debu yang terukur di ruas jalan yang tidak dilintasi angkutan batu bara Kota Banjarbaru Kalimantan Selatan, dengan kadar debu rata-rata pada jalan yang dilintasi oleh angkutan batubara adalah $305,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan $264,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ untuk periode jam 18.00-00.00 dan $198,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan $92,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ untuk periode jam 00.00-06.00.

Analisis pola persebaran debu di jalur pengangkutan industri semen grobogan ini menggunakan software *American Meteorological Environmental Protection Agency Regulatory Model* (AERMOD) karena perangkat lunak tersebut sudah banyak digunakan dalam penelitian dispersi udara di jalan raya karena memiliki keunggulan, telah divalidasi beberapa tempat. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk memprediksi dispersi TSP dari sumber emisi jalan raya menggunakan AERMOD. Penelitian yang dilakukan Iriani & Pribadi (2023) terkait dengan analisis sebaran partikulat dari sumber lalu lintas menggunakan AERMOD, menghasilkan hubungan kapasitas jalan yang berkorelasi positif dengan nilai beban emisi dan jumlah kendaraan yang melintasi jalan sepanjang Jalan Protokol Kota Bogor. Iqbah et al (2024) juga menggunakan AERMOD untuk mengetahui sebaran konsentrasi TSP dari sumber transportasi di jalan raya dan menyatakan besaran konsentrasi sebaran TSP berdasarkan jenis kendaraan dan semakin meningkat jumlah kendaraan bermotor, semakin meningkat pula konsentrasi TSP di udara ambien.

Keunggulan penggunaan AERMOD untuk mengetahui pola persebaran parameter kualitas udara telah banyak dibuktikan. Akurasi AERMOD lebih unggul dibandingkan ISCST3. AERMOD adalah pilihan ideal untuk memodelkan kontaminan partikulat dan menghasilkan prediksi yang lebih akurat pada berbagai medan dibandingkan dengan model Gaussian lainnya seperti ISCST3 dan CALPUFF (Cimorelli et al., 2005). Kemampuan AERMOD yaitu mampu menggabungkan karakteristik permukaan aerodinamis secara signifikan dengan asumsi medan datar (Perry et al., 2005). AERMOD mampu mengestimasi konsentrasi dan distribusi partikulat dengan menunjukkan performa yang baik ketika dilakukan validasi dengan pengukuran lapangan ((Wangsa et al., 2022 ; Fadavi et al, 2016). Selain itu, keunggulan lainnya adalah pertimbangan faktor kondisi meteorologi wilayah penelitian digunakakan untuk mengetahui pola persebaran partikulat di udara embien. Iqbah et al (2024) melaporkan hasil prediksi

TSP kegiatan transportasi menggunakan AERMOD di kota Kendara sesuai dengan kondisi daerah yang didominasi oleh aliran angin. Macêdo & Ramos (2020) juga menerapkan AERMOD untuk evaluasi polusi kendaraan di Brasil untuk mengevaluasi total partikel tersuspensi (TSP), karbon monoksida (CO), yang menghasilkan bahwa kondisi meteorologi dan topografi mendukung penyebaran polutan atmosfer, bahwa kendaraan secara signifikan memengaruhi kualitas udara.

1.2 Perumusan Masalah

Kegiatan transportasi industri semen dapat menimbulkan debu TSP. Transportasi kendaraan yang digunakan industri semen adalah kendaraan berat. Penambahan atau peningkatan transportasi khususnya alat berat dapat menimbulkan peningkatan debu TSP.

Berdasarkan fenomena tersebut maka permasalahan dalam penelitian ini dapat dirinci sebagai berikut :

1. Apakah peningkatan volume lalu lintas dan jenis kendaraan menyebabkan dampak peningkatan debu di ruas jalan Semen Grobogan Kecamatan Tegowanu Kabupaten Grobogan;
2. Kapan jam puncak lalu lintas kendaraan pabrik semen menyebabkan dampak peningkatan debu di ruas jalan Semen Grobogan Kecamatan Tegowanu Kabupaten Grobogan;
3. Bagaimana pola persebaran dampak debu yang dihasilkan dari lalu lintas operasional industri semen di jalur pengangkutan industri semen Kabupaten Grobogan;
4. Bagaimana persepsi masyarakat terkait adanya debu yang ditimbulkan akibat lalu lintas operasional industri semen di jalur pengangkutan industri semen Kabupaten Grobogan;
5. Bagaimana strategi peningkatan pengelolaan lingkungan hidup terkait dampak yang ditimbulkan dari kegiatan lalu lintas kendaraan pada jalur pengangkutan industri semen

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan perumusan masalah sebagaimana yang telah diuraikan di atas, maka penelitian ini bertujuan untuk :

1. Menentukan pengaruh volume lalu lintas dan jenis kendaraan terhadap persebaran debu di ruas jalan Semen Grobogan Kecamatan Tegowanu Kabupaten Grobogan;
2. Menentukan jam puncak kendaraan pabrik semen di ruas jalan Semen Grobogan Kecamatan Tegowanu Kabupaten Grobogan
3. Mengevaluasi pola persebaran debu yang diakibatkan lalu lintas kendaraan pada jalur pengangkutan industri semen.
4. Mengkaji persepsi masyarakat mengenai debu yang ditimbulkan dari kegiatan lalu lintas kendaraan pada jalur pengangkutan industri semen.
5. Merumuskan strategi peningkatan pengelolaan lingkungan hidup terkait dampak yang ditimbulkan dari kegiatan lalu lintas kendaraan pada jalur pengangkutan industri semen.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat bagi berbagai pihak yaitu :

1. Memberikan informasi kepada pemerintah daerah dan industri semen grobogan tentang dampak transportasi industri semen terhadap kualitas udara debu dan persepsi masyarakat di ruas jalan Semen Grobogan Kecamatan Tegowanu Kabupaten Grobogan;
2. Memberikan informasi kepada industri semen grobogan tentang pola persebaran partikel debu, TSP yang timbul dari aktivitas lalu lintas kendaraan yang digunakan pabrik semen;
3. Memberikan informasi kepada industri Semen Grobogan mengenai efektifitas pengelolaan dampak transportasi industri semen yang telah dilakukan terhadap kualitas udara debu dan persepsi masyarakat;
4. Memberikan strategi untuk meningkatkan pengelolaan dampak transportasi terhadap kualitas udara debu dan persepsi masyarakat kepada industri Semen Grobogan.

1.5 Kerangka Pikir Penelitian

Industri semen memiliki aktivitas transportasi untuk mendukung operasional pabrik. Pada penelitian ini transportasi industri Semen Grobogan di Jalan Semen Grobogan dibatasi pada jalur yang dilalui bahan baku non tambang seperti batu bara

atau bahan penunjang lainnya serta produk semen. Kegiatan transportasi dapat menimbulkan partikulat debu. Partikulat debu $< 100 \mu\text{m}$ (TSP) di udara ambien yang ditimbulkan dari kendaraan yang melintas di Jalan Semen Grobogan akan mengalami sebaran sesuai dengan kondisi meteorologi dan volume lalu lintas serta jenis kendaraan. Persebaran Total suspended particulate (TSP) atau yang biasanya disebut dengan partikulat debu $< 100 \mu\text{m}$ merupakan salah satu parameter pencemaran udara yang dapat berdampak pada kesehatan manusia dan lingkungan. Masyarakat yang tinggal di dekat Jalan Semen Grobogan sebagai reseptor berisiko lebih tinggi terkena paparan debu tersebut.

Pada diagram alir kerangka pikir dan alur penelitian dalam gambar 1.1 menunjukkan keterkaitan antara sumber pencemar udara yaitu kendaraan yang melintas atau adanya peningkatan transportasi industri semen, pola persebaran debu hingga ke masyarakat (reseptor) serta upaya peningkatan pengelolaan lingkungan hidup untuk meningkatkan kenyamanan dan mengurangi persepsi masyarakat dari dampak negatif persebaran debu industri semen yang timbul.

Adanya industri semen mengakibatkan banyaknya transportasi/kendaraan yang melintas untuk memenuhi kebutuhan operasionalnya. Peningkatan transportasi industri semen tersebut diikuti pula peningkatan partikulat debu $< 100 \mu\text{m}$ di area jalur pengangkutan. Partikulat debu $< 100 \mu\text{m}$ atau *Total suspended particulate* (TSP) merupakan salah satu parameter pencemar udara yang mengalami transformasi secara fisika-kimia sehingga menyebar dan memberikan dampak terhadap penerima (receptor), salah satunya adalah masyarakat.

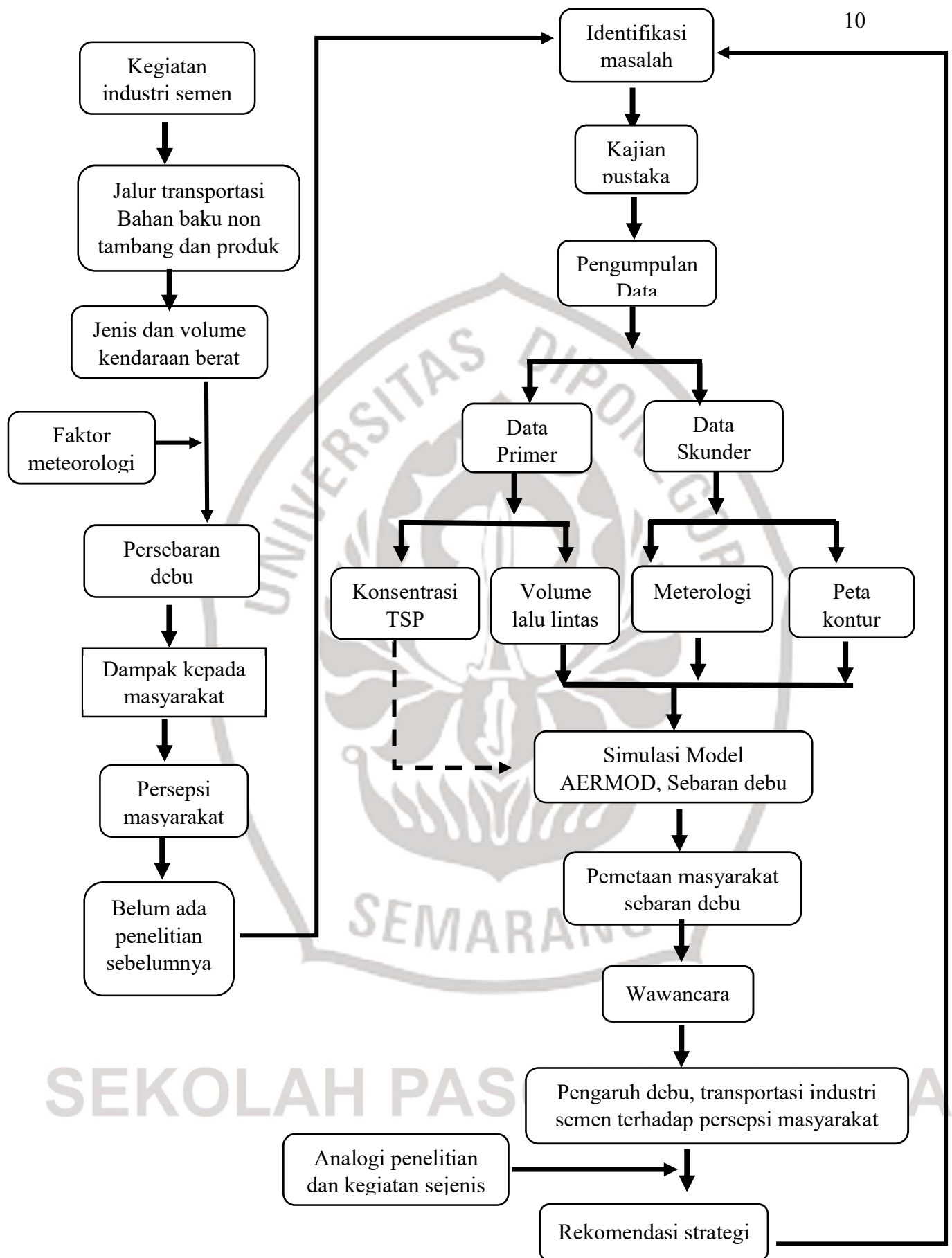
Sebaran partikulat debu $< 100 \mu\text{m}$ atau TSP dapat diperkirakan pada berbagai arah dan jarak dengan menggunakan simulasi model AERMOD. Simulasi model tersebut perlu menggunakan beberapa parameter data masukan, yaitu laju emisi partikulat dari roda kendaraan yang diperoleh dari volume lalu lintas, kondisi meteorologi, dan kondisi peta kontur atau topografi wilayah setempat. Hasil simulasi AERMOD akan memperlihatkan konsentrasi TSP yang berbeda sesuai dengan kontur wilayah. Simulasi persebaran debu menggunakan AERMOD untuk memprediksi konsentrasi pencemar udara TSP atau partikulat debu $< 100 \mu\text{m}$ dan persebarannya dari sumber garis (tipe sumber RLINE atau RLINEXT)

Hasil simulasi AERMOD dapat memperlihatkan peta sebaran polutan di jalur pengangkutan industri semen. Hasil simulasi model AERMOD divalidasi dengan hasil pengamatan lapangan kemudian digunakan sebagai dasar dalam pemetaan reseptor atau masyarakat yang terkena dampak sebagai parameter dalam penelitian. Masyarakat di sekitar jalur pengangkutan Semen Grobogan sebagai penerima dampak persebaran debu pernah akan dipetakan seberapa besar keluhan dan ketidaknyamanan karena adanya persebaran debu akibat peningkatan transportasi industri semen dan keberadaan industri semen itu sendiri.

Untuk mengetahui bagaimana pengaruh persebaran debu terhadap masyarakat yang tinggal di jalur pengangkutan Semen Grobogan, maka digunakan kuesioner yang diuji reabilitas dan validitasnya. Penentuan jumlah kuesioner yang dibagikan kepada masyarakat sesuai dengan hasil pemetaan persebaran debu keluaran AERMOD. Penggunaan kuesioner dengan menggunakan sampel masyarakat, diharapkan dapat mewakili kondisi masyarakat setempat.

Hasil kuesioner dilakukan analisis untuk mengetahui dampak persebaran debu dan digunakan sebagai salah satu indikator dalam penyusunan rekomendasi pengelolaan lingkungan hidup dalam rangka pengendalian dampak debu di jalur pengangkutan industri semen grobogan. Hasil kuesioner dan pengamatan lapangan dibandingkan dan dianalogikan dengan penelitian-penelitian terdahulu yang relevan dengan topik penelitian. Hasil analogi ini diharapkan mampu merumuskan rekomendasi peningkatan pengelolaan lingkungan hidup dalam rangka pengendalian dampak debu di jalur pengangkutan industri semen groboga yang tepat dan sesuai untuk pelaku usaha PT XXX dan untuk pemerintah daerah setempat.

SEKOLAH PASCA SARJANA



Gambar 1. 1 Kerangka Pikir dan Alur Penelitian