

BAB I

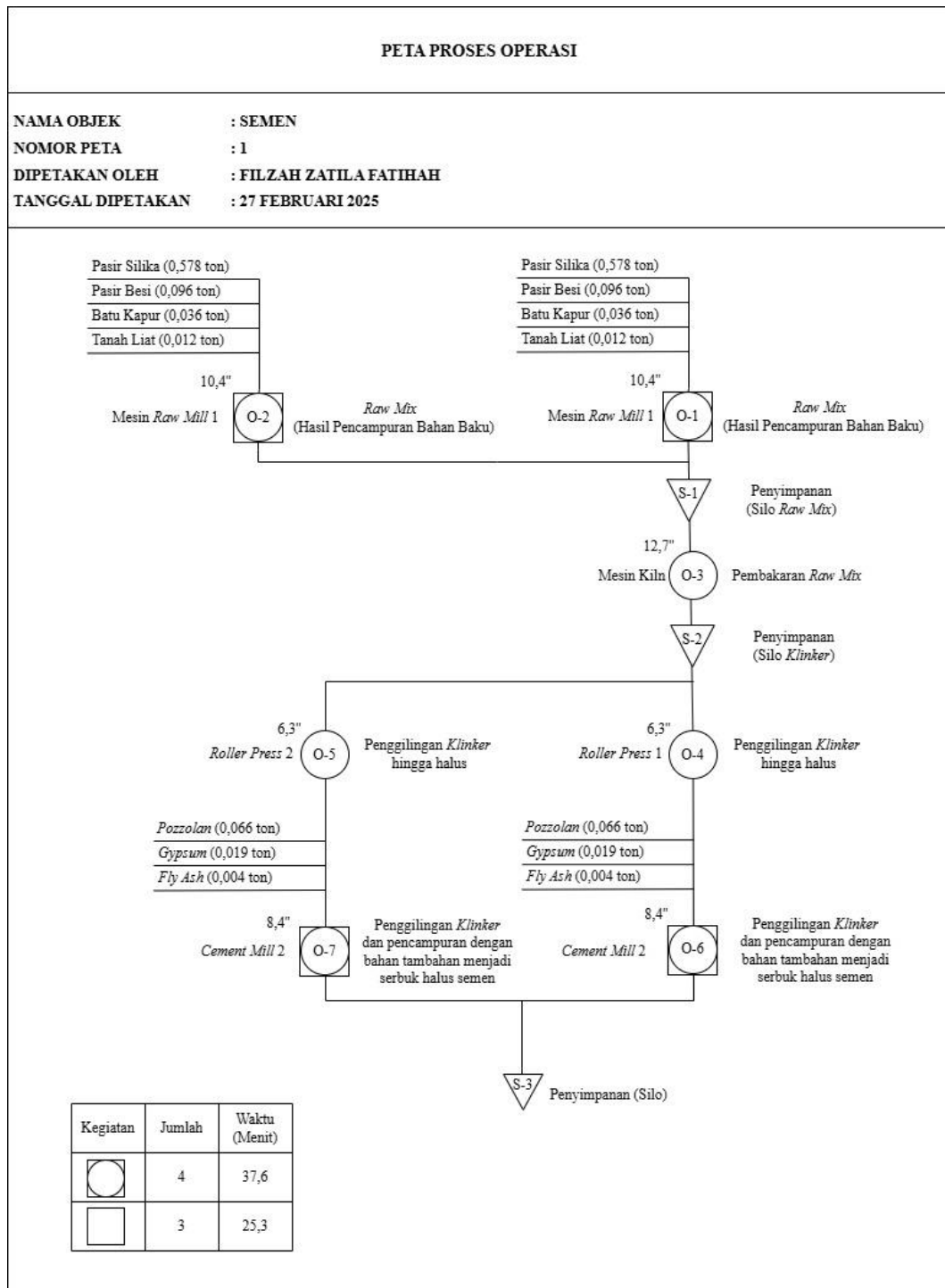
PENDAHULUAN

Bab pendahuluan membahas latar belakang masalah yang menjadi dasar penelitian, tujuan penelitian yang ingin dicapai, serta batasan penelitian untuk memperjelas ruang lingkup studi. Selain itu, bab ini juga menjelaskan sistematika penulisan yang memaparkan alur dan struktur laporan penelitian.

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi industri saat ini berlangsung dengan sangat pesat. Kemunculan banyak industri baru menjadi bukti nyata pesatnya perkembangan sektor industri di Indonesia. Industri semen merupakan salah satu sektor manufaktur terpenting di Indonesia, karena semen berperan sebagai bahan dasar utama dalam kegiatan konstruksi. Meskipun semen hanya menyumbang porsi biaya konstruksi yang relatif kecil, yaitu sekitar 4% - 10%, hingga saat ini belum ada bahan lain yang mampu menggantikan perannya. (Delima & Farahdiba, 2022). Perkembangan industri semen menekankan pentingnya produksi yang responsif serta pencegahan kerusakan pada mesin-mesin produksi. Mesin produksi yang beroperasi secara efisien dan efektif diperlukan untuk memastikan kelancaran proses produksi. (Fitriyanti & Fatimura, 2019).

PT X adalah salah satu produsen semen terbesar di Indonesia dan merupakan perusahaan semen pertama di negara ini. Perusahaan ini memiliki area seluas sekitar 630 hektar dengan 6 pabrik yang mampu memproduksi hingga 8.900.000 ton semen per tahun. PT X mengoperasikan 2 dari 6 pabrik, yang masing-masing memiliki peran penting dalam memenuhi kebutuhan produksi semen perusahaan. Setiap pabrik menggunakan tiga jenis mesin utama, yaitu mesin *Raw Mill* (*tube mill* dan *vertical mill*), mesin kiln, serta mesin *cement mill*. Alur proses produksi semen dapat dilihat pada **Gambar 1.1**.



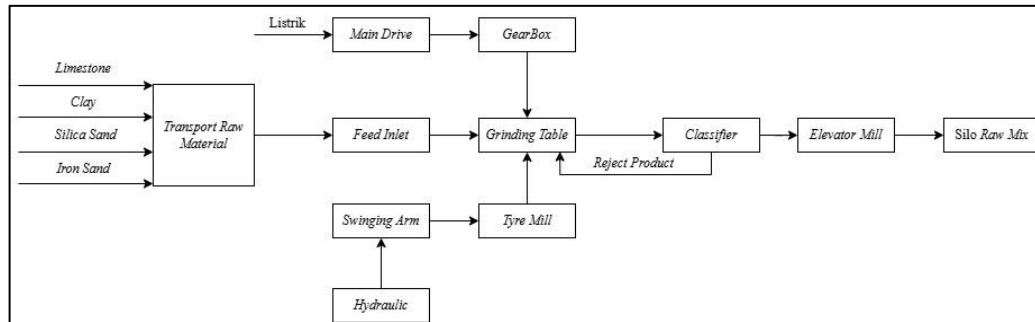
Gambar 1.1 Peta Proses Operasi Semen

Berdasarkan **Gambar 1.1**, proses produksi semen dimulai dari tahap pengolahan bahan baku menggunakan mesin *Raw Mill* 1 dan *Raw Mill* 2. Mesin ini berfungsi untuk menggiling serta mencampurkan bahan utama berupa batu kapur, tanah liat, silika, dan pasir besi hingga membentuk campuran homogen yang

disebut *raw mix*. Kualitas *raw mix* yang dihasilkan dari tahap ini akan sangat menentukan mutu semen pada proses akhir produksi. Bahan baku yang dibutuhkan untuk menghasilkan satu ton *raw mix* adalah sebesar 0,722 ton, sedangkan mesin *Raw Mill* mampu memproduksi hingga 250 ton per jam. Kapasitas tersebut menunjukkan bahwa waktu produksi untuk menghasilkan satu ton *raw mix* adalah sekitar 10,4 detik, yang mencerminkan efisiensi kerja mesin dalam proses pencampuran bahan baku.

Proses penggilingan dan pencampuran di mesin *Raw Mill* menjadi salah satu tahapan paling krusial dalam sistem produksi semen. Setiap bahan baku harus memiliki proporsi yang tepat agar komposisi kimia *raw mix* sesuai dengan standar pembentukan klinker pada tahap berikutnya. Ketidakseimbangan pada proses pencampuran dapat menyebabkan kualitas klinker menurun dan berdampak langsung pada kekuatan semen yang dihasilkan. Setelah bahan baku diproses di *Raw Mill*, hasil campuran disalurkan menuju silo penyimpanan *raw mix* sebagai penyangga sebelum dialirkan ke mesin kiln untuk tahap pembakaran.

Tahapan produksi semen merupakan proses yang terintegrasi secara berurutan antara satu mesin dengan mesin lainnya. Gangguan pada salah satu tahapan akan berdampak langsung terhadap kelancaran keseluruhan proses produksi. Kegagalan yang terjadi pada mesin *Raw Mill* dapat menghambat tahapan berikutnya, terutama pada proses pembakaran di mesin kiln. Kondisi tersebut dapat menyebabkan pasokan *raw mix* ke kiln terhenti sehingga proses pembentukan klinker tidak dapat dilakukan secara optimal. Ketika mesin *Raw Mill* tidak beroperasi, kiln akan mengalami kekurangan bahan baku, yang berpotensi menurunkan kapasitas produksi klinker dan mengganggu stabilitas sistem produksi semen secara menyeluruh. Alur produksi *raw mix* di mesin klin dapat dilihat pada **Gambar 1.2**.



Gambar 1.2 Alur Produksi Raw Mix

Manajemen pemeliharaan yang efektif merupakan elemen penting dalam menjamin keandalan, efisiensi, dan masa pakai sistem industri, terutama di sektor manufaktur seperti industri semen. Penjadwalan *preventive maintenance* (PM) menjadi salah satu strategi yang dirancang untuk mengurangi risiko kerusakan tak terduga, meminimalkan *downtime* operasional, dan mengoptimalkan penggunaan sumber daya. Beberapa penelitian menunjukkan pentingnya optimalisasi jadwal PM untuk meminimalkan biaya dan *downtime*. PM yang optimal memerlukan penyesuaian berdasarkan tingkat intervensi dan faktor perbaikan yang tidak sempurna (Igniatus, 2019). Perlunya integrasi strategi pemeliharaan dengan perencanaan produksi untuk mencapai keseimbangan antara kebutuhan operasional dan efektivitas pemeliharaan (Igniatus, 2019).

Saat ini, perusahaan menerapkan sistem perawatan *Breakdown Maintenance*, di mana perbaikan dilakukan tanpa rencana dan hanya setelah kerusakan terjadi secara mendadak, artinya pemeliharaan dilakukan di luar jadwal yang telah ditentukan (*unplanned*) dengan durasi yang lama, atau masih mengandalkan pemeliharaan korektif (*corrective maintenance*). Pendekatan ini menyebabkan tingginya tingkat kerusakan pada mesin *Raw Mill*, menurunkan kapasitas produksi, menghambat kemampuan perusahaan untuk memenuhi permintaan pasar, dan menghasilkan produk yang tidak sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan. Hal ini salah satunya dapat terjadi karena *downtime* mesin yang tinggi atau melebihi rencana *downtime*.

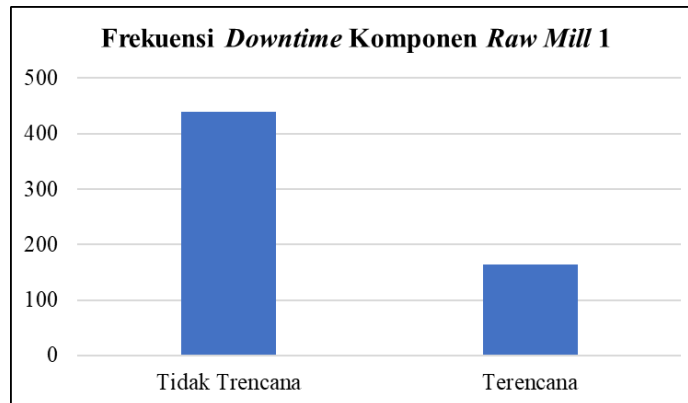
Downtime pada mesin terbagi atas dua macam yaitu terencana dan tidak terencana. *Downtime* terencana adalah waktu yang telah dijadwalkan oleh Unit Pemeliharaan untuk melakukan pemeliharaan mesin, sehingga mesin harus dihentikan sementara. Rencana *downtime* mencakup kegiatan pemeliharaan dan *overhaul* untuk Mesin *Raw Mill* dan *Cement Mill*, serta proses *bricking* dan *patching* pada mesin Kiln. *Downtime* yang tidak terencana terjadi karena adanya kerusakan pada mesin yang menyebabkan mesin tidak dapat beroperasi dengan optimal. Rincian *downtime* mesin *Raw Mill* PT X pada tahun 2023 hingga 2024 dapat dilihat pada **Tabel 1.1** dan **Tabel 1.2**.

Tabel 1.1 *Downtime* Mesin *Raw Mill* 1

Komponen	Frekuensi Downtime	<i>Downtime</i> Tidak Terencana (Jam)	<i>Downtime</i> Terencana (Jam)
<i>Bucket excavator</i> R1	64	161,77	-
<i>Bridge scrapper</i> R1	90	290,08	-
<i>Feeder clay</i> R1	27	139,57	-
<i>Feeder limestone</i> R1	16	41,85	-
<i>Transport feeding</i> R1	85	191,85	-
<i>Mill auxiliaries</i> R1	58	110,80	-
<i>Main drive</i> R1	22	21,00	-
<i>Tyre mill</i> R1	34	166,02	-
<i>Inner part</i> R1	24	86,10	-
<i>Classifier</i> R1	3	29,95	-
<i>Elevator mill</i> R1	16	52,25	-
Kiln Stop - Silo Penuh	148	-	2198,72
PMC	16	-	265,6166667
Total Downtime		1291,23	2464,34
		3755,57	
Rencana Maksimum Downtime		3504,00	
Selisih (Total Downtime - Rencana Maksimum)		251,57	

Berdasarkan **Tabel 1.1**, total *downtime* yang terjadi pada mesin *Raw Mill* 1 tercatat sebesar 3.755,57 jam pada tahun 2023-2024. Jumlah ini sudah melebihi batas maksimum *downtime* yang diperbolehkan, yaitu 20% dari jam operasi

tahunan. Dengan total jam operasi sebesar 17.520 jam, maka batas *downtime* maksimum yang diperbolehkan hanya 3.504 jam. Kelebihan *downtime* tersebut menunjukkan adanya masalah serius dalam pengelolaan pemeliharaan mesin *Raw Mill* 1. Frekuensi *downtime* mesin *Raw Mill* 1 PT X pada tahun 2023 hingga 2024 dapat dilihat pada **Gambar 1.3**.



Gambar 1.3 Frekuensi *Downtime* Mesin *Raw Mill* 1

Berdasarkan **Gambar 1.3**., frekuensi *downtime* tidak terencana jauh lebih besar dibanding *downtime* terencana, yaitu 439 kali dan 164 kali. Kondisi ini menggambarkan bahwa mesin *Raw Mill* 1 sering mengalami kerusakan mendadak yang mengakibatkan terhentinya proses produksi. Tingginya frekuensi *downtime* tidak terencana ini menunjukkan perlunya penerapan strategi pemeliharaan yang lebih terstruktur, khususnya *preventive maintenance*. *Preventive maintenance* merupakan pemeliharaan yang dilakukan sebelum komponen mencapai titik kegagalan, dengan tujuan mengurangi risiko *downtime* mendadak dan menekan biaya *corrective maintenance* yang biasanya lebih besar (Jardine & Tsang, 2013; Gackowiec, 2019). Praktiknya meliputi pelumasan rutin, inspeksi berkala, hingga penggantian komponen.

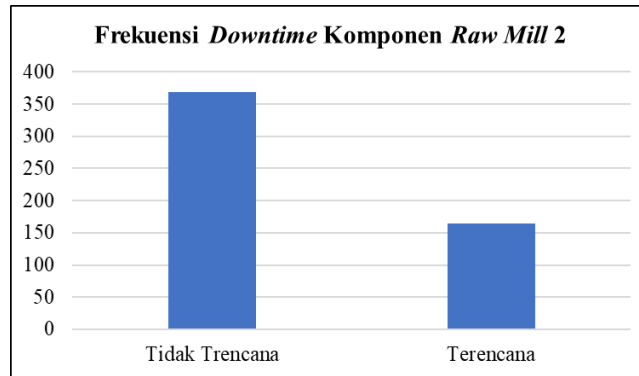
Namun, kondisi aktual di menunjukkan bahwa pemeliharaan mesin *Raw Mill* 1 masih cenderung bersifat reaktif. Perawatan lebih banyak dilakukan secara *corrective*, yaitu penggantian atau perbaikan komponen ketika kerusakan sudah terjadi. Hal ini menyebabkan *downtime* menjadi tinggi, baik terencana maupun tidak terencana. Berdasarkan rencana, *downtime* maksimum yang diperbolehkan

adalah 3.504 jam, tetapi kenyataannya *downtime* aktual mencapai 3.755,57 jam.

Tabel 1.2 *Downtime* Mesin Raw Mill 2

Komponen	Frekuensi Downtime	Downtime Tidak Terencana (Jam)	Downtime Terencana (Jam)
Bucket excavator R2	72	156,97	-
Bridge scrapper R2	88	264,28	-
Feeder clay R2	23	123,40	-
Feeder limestone R2	10	22,72	-
Transport feeding R2	77	306,90	-
Mill auxiliaries R2	26	72,55	-
Main drive R2	21	21,07	-
Tyre mill R2	15	179,18	-
Inner part R2	20	78,38	-
Classifier R2	3	0,75	-
Elevator mill R2	14	26,62	-
Kiln Stop - Silo Penuh	148	-	2198,72
PMC	16	-	237,89
Total Downtime		1252,82	2436,61
		3689,43	
Rencana Maksimum Downtime		3504,00	
Selisih (Total Downtime - Rencana Maksimum)		185,43	

Berdasarkan **Tabel 1.2**, total *downtime* yang terjadi pada mesin Raw Mill 2 tercatat sebesar 3.689,43 jam pada tahun 2023-2024. Jumlah ini sudah melebihi batas maksimum *downtime* yang diperbolehkan, yaitu 20% dari jam operasi tahunan. Dengan total jam operasi sebesar 17.520 jam, maka batas *downtime* maksimum yang diperbolehkan hanya 3.504 jam. Kelebihan *downtime* tersebut menunjukkan adanya masalah serius dalam pengelolaan pemeliharaan mesin Raw Mill 2. Frekuensi *downtime* mesin Raw Mill 2 PT X pada tahun 2023 hingga 2024 dapat dilihat pada **Gambar 1.4**.



Gambar 1.4 Frekuensi Downtime Mesin Raw Mill 2

Berdasarkan **Gambar 1.4.**, frekuensi *downtime* tidak terencana jauh lebih besar dibanding *downtime* terencana, yaitu 369 kali dan 164 kali. Kondisi ini menggambarkan bahwa mesin *Raw Mill 2* sering mengalami kerusakan mendadak yang mengakibatkan terhentinya proses produksi. Tingginya frekuensi *downtime* tidak terencana ini menunjukkan perlunya penerapan strategi pemeliharaan yang lebih terstruktur, khususnya *preventive maintenance*. *Preventive maintenance* merupakan pemeliharaan yang dilakukan sebelum komponen mencapai titik kegagalan, dengan tujuan mengurangi risiko *downtime* mendadak dan menekan biaya *corrective maintenance* yang biasanya lebih besar (Jardine & Tsang, 2013; Gackowiec, 2019). Praktiknya meliputi pelumasan rutin, inspeksi berkala, hingga penggantian komponen.

Namun, kondisi aktual di menunjukkan bahwa pemeliharaan mesin *Raw Mill 2* masih cenderung bersifat reaktif. Perawatan lebih banyak dilakukan secara *corrective*, yaitu penggantian atau perbaikan komponen ketika kerusakan sudah terjadi. Hal ini menyebabkan *downtime* menjadi tinggi, baik terencana maupun tidak terencana. Berdasarkan rencana, *downtime* maksimum yang diperbolehkan adalah 3.504 jam, tetapi kenyataannya *downtime* aktual mencapai 3.689,43 jam.

Mesin *Raw Mill* membutuhkan metode pemeliharaan yang lebih terstruktur untuk mengurangi *downtime* tidak terencana. Salah satu pendekatan yang sesuai adalah penyusunan jadwal *preventive maintenance* berbasis simulasi. Metode simulasi menjadi pilihan karena sistem mesin *Raw Mill* kompleks dan dipengaruhi

banyak faktor acak, seperti waktu kegagalan dan waktu perbaikan. Beberapa penelitian sebelumnya juga menunjukkan efektivitas penggunaan simulasi dalam menyusun jadwal *preventive maintenance*. Penelitian oleh Afdal, Z.A. & L.U (2023) menunjukkan bahwa simulasi Monte Carlo meningkatkan nilai reliability mesin dari 30,83% menjadi 75,46% dengan *preventive maintenance* pada interval 438,60 jam, sehingga melewati standar SII dan mengurangi risiko shutdown. Penelitian Firmansyah, M.F. & W.W (2023) menunjukkan bahwa simulasi Monte Carlo dapat menentukan interval *preventive maintenance* optimal pada delapan komponen kritis, sehingga nilai keandalan meningkat dari 35,33% menjadi 65,33% dan frekuensi breakdown dapat ditekan. Dengan demikian, penelitian ini akan difokuskan pada penyusunan jadwal *preventive maintenance* mesin Raw Mill di PT X menggunakan pendekatan simulasi.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan diatas, maka rumusan masalah yang akan dibahas pada penelitian adalah bagaimana menyusun jadwal *preventive maintenance* yang optimal untuk meminimalkan total *downtime* dengan mengurangi *downtime* tidak terencana dan meningkatkan *avaliability* mesin Raw Mill di PT X.

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, didapatkan tujuan pada penelitian ini yaitu memberikan usulan jadwal *preventive maintenance* yang optimal untuk meminimalkan total *downtime* dan meningkatkan *avaliability* mesin Raw Mill di PT X.

1.4 Batasan Masalah

Batasan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Data historis yang digunakan yaitu interval Januari—Desember tahun 2023-2024
2. Penelitian fokus pada sistem Mesin *Raw Mill* di PT X.

1.5 Sistematika Penulisan

Penulisan Tugas Akhir memiliki sistematika yang dapat dibagi atas 3 bagian, diantaranya:

BAB I

PENDAHULUAN

Bab 1 berisikan beberapa bagian penting yang membahas topik utama dari penelitian. Latar belakang menjelaskan secara rinci permasalahan yang terjadi di PT X, yang menjadi dasar dari penelitian ini. Perumusan masalah dibuat berdasarkan analisis terhadap latar belakang, kemudian membentuk tujuan penelitian yang jelas. Bagian selanjutnya adalah batasan masalah, yang bertujuan untuk memperjelas ruang lingkup penelitian agar fokus tetap terjaga. Terakhir, sistematika penulisan disusun untuk memberikan panduan yang jelas mengenai alur penelitian, sehingga memudahkan pembaca dalam memahami isi tugas akhir ini.

BAB II

LANDASAN TEORI

Bab 2 merupakan penjelasan tentang teori dan rumus yang relevan dengan pembahasan penelitian. Teori-teori ini dikumpulkan dari berbagai sumber, seperti buku, jurnal ilmiah, dan internet, untuk memberikan dasar pengetahuan dan informasi yang mendukung penulis dalam melakukan penelitian. Semua teori yang disajikan berhubungan langsung dengan permasalahan yang diangkat dalam

penelitian, sehingga dapat digunakan untuk menjelaskan dan menganalisis hasil penelitian secara sistematis.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab 3 menjelaskan mengenai gambaran lengkap mengenai tahapan-tahapan penelitian yang dilakukan. Bab ini menjelaskan lokasi penelitian, waktu pelaksanaan, serta tahapan-tahapan penelitian secara rinci. Selain itu, metode yang digunakan dalam penelitian juga dijelaskan untuk mendukung kejelasan proses penelitian. Tahapan penelitian disajikan tidak hanya dalam bentuk deskripsi tetapi juga divisualisasikan dalam bentuk *flowchart*, sehingga mempermudah pemahaman terhadap alur penelitian secara keseluruhan.

BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Bab 4 memuat data yang dibutuhkan untuk mencapai tujuan penelitian. Data yang diperoleh kemudian diolah menggunakan metode yang sesuai. Hasil dari pengolahan data ini menjadi dasar dalam melakukan analisis dengan menggunakan teori yang relevan.

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab 5 berisikan hasil dari pengolahan data. Selanjutnya, hasil dibahas untuk menyelesaikan permasalahan yang telah dirumuskan. Pembahasan akan menjadi dasar kesimpulan dalam tugas akhir ini.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Bab 6 berisikan kesimpulan yang menjawab persoalan pada tugas akhir ini. Selain itu, penulis juga memberikan saran untuk objek penelitian terkait permasalahan yang terjadi. Saran yang diberikan berupa implikasi dari hasil penelitian