

BAB I

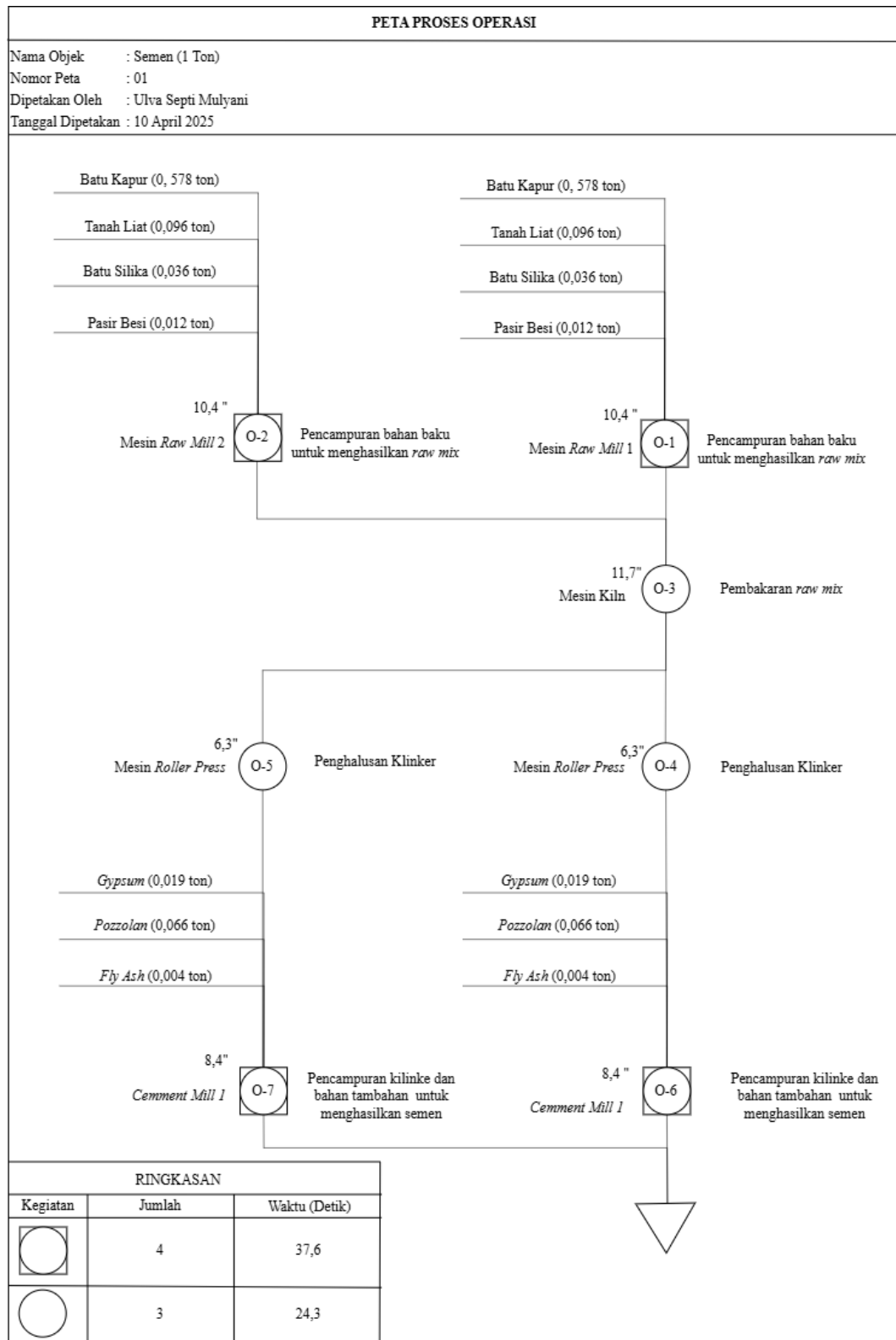
PENDAHULUAN

Bab pendahuluan berisikan latar belakang, perumusan masalah, tujuan, batasan dari penelitian, dan sistematika penulisan tugas akhir. Penjelasan dapat dilihat sebagai berikut.

1.1 Latar Belakang

Pemeliharaan mesin merupakan salah satu faktor penting dalam industri manufaktur. Hal ini penting dilakukan dalam industri manufaktur karena untuk meningkatkan produktivitas perusahaan. Tanpa pemeliharaan yang baik, mesin dapat mengalami kegagalan yang menyebabkan terjadinya *downtime* produksi, biaya operasional akan meningkat, dan resiko keselamatan bagi pekerja. Strategi pemeliharaan yang efektif dapat mengurangi kegagalan mendadak pada mesin dan memperpanjang umur mesin (Ramadhan & Fitriani, 2024).

Salah satu sektor industri manufaktur yang membutuhkan pemeliharaan mesin sebagai hal sangat penting adalah industri semen. Proses produksi semen sangat bergantung pada keberlangsungan operasional mesin utama, seperti mesin *raw mill*, mesin *kiln*, dan *cement mill*. Mesin-mesin tersebut harus beroperasi terus menerus dengan suhu yang tinggi dan kapasitas yang besar sehingga rentan terhadap kerusakan. Kegagalan mesin dapat menyebabkan proses produksi semen terhenti. PT Semen Padang merupakan salah satu perusahaan yang bergerak dalam bidang produksi semen di Indonesia dengan kapasitas produksi 8,9 juta ton pertahun. Saat ini, pabrik yang masih beroperasi aktif meliputi Indarung IV, V, dan VI, yang masing-masing memiliki peran penting dalam memenuhi kebutuhan produksi semen perusahaan. Selain memproduksi semen, PT Semen Padang juga menjual *klinker*, yaitu bahan setengah jadi sebelum diolah menjadi semen. Alur proses produksi semen dapat dilihat pada **Gambar 1.1**.



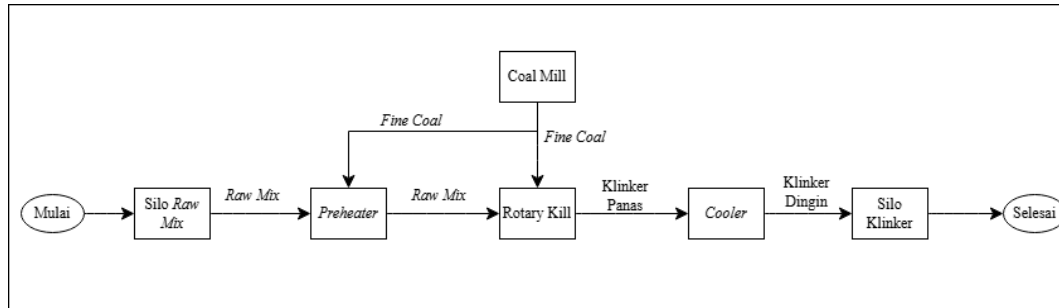
Gambar 1.1 Peta Proses Operasi Produksi Semen

Berdasarkan **Gambar 1.1** proses produksi semen dimulai dengan pencampuran bahan baku menggunakan mesin *raw mill* 1 dan *raw mill* 2. Bahan

baku yang digunakan, yaitu batu kapur, tanah liat, silika, dan pasir besi yang menghasilkan *raw mix*. Bahan baku yang dibutuhkan untuk menghasilkan satu ton *raw mix* adalah 0,722 ton. Mesin *raw mill* mampu memproduksi *raw mix* sebanyak 250 ton per jam sehingga dibutuhkan waktu produksi untuk satu ton *raw mix* sebesar 10,4 detik. *Klinker* yang dibutuhkan untuk menghasilkan satu ton semen sebanyak 0,92 ton. Mesin *kiln* menghasilkan *klinker* sebanyak 283 ton per jam sehingga waktu produksi yang dibutuhkan untuk menghasilkan satu ton semen sebesar 11,7 detik. Waktu produksi yang dibutuhkan oleh mesin *roller press* untuk menghaluskan *klinker* sebesar 6,3 detik per ton per satu ton semen. *Klinker* yang telah dihaluskan dicampur dengan bahan pendukung semen yaitu *gypsum*, *pozzolan*, dan *fly ash* di mesin *cement mill*. Waktu yang dibutuhkan mesin *cement mill* untuk menghasilkan satu ton semen sebesar 8,4 detik setiap mesin hingga sampai ke silo semen.

Tahapan proses produksi semen saling berkaitan antar prosesnya, sehingga proses produksi harus dilakukan secara berurutan dan tidak dapat melewati suatu proses. Proses produksi semen melibatkan tiga jenis mesin utama, yaitu *raw mill*, *kiln*, dan *cement mill*, sementara proses produksi *klinker* hanya berlangsung hingga tahap pengolahan di mesin *kiln*. Mesin *kiln* merupakan salah satu mesin yang penggunaannya sangat penting dalam proses produksi semen. Kegagalan pada mesin *kiln* tidak hanya menyebabkan penghentian proses pembakaran *klinker*, tetapi juga berdampak langsung terhadap proses sebelumnya seperti *raw mill*. Jika silo *klinker* penuh maka *kiln* akan berhenti. Hal ini menyebabkan silo *raw mix* juga akan penuh dan *raw mill* akan ikut berhenti. Material yang berada di silo akan dipanaskan di *preheater* dengan suhu yang mencapai 400° c, selanjutnya material akan masuk kedalam mesin *kiln* yang bersuhu 1400° c. Material pada mesin *kiln* akan berubah menjadi lava yang akan didinginkan dan digiling kembali sehingga menghasilkan produk berupa *klinker*. Proses yang terjadi pada mesin *kiln* berlangsung dengan keadaan suhu yang tinggi, sehingga beresiko tinggi untuk mengalami kegagalan. Mesin *kiln* beroperasi selama 24 jam sehari yang menyebabkan biaya yang dibutuhkan untuk menghentikan mesin sangat besar. Mesin *kiln* harus memiliki keandalan yang tinggi untuk dapat beroperasi dengan

optimal. Untuk mencapai apa yang diharapkan perusahaan maka dibutuhkan aktivitas yang dapat menjamin kinerja optimal pada mesin *kiln*. Oleh karena itu penelitian ini hanya akan membahas mesin *kiln*. Alur produksi *klinker* di mesin klin dapat dilihat pada **Gambar 1.2**.



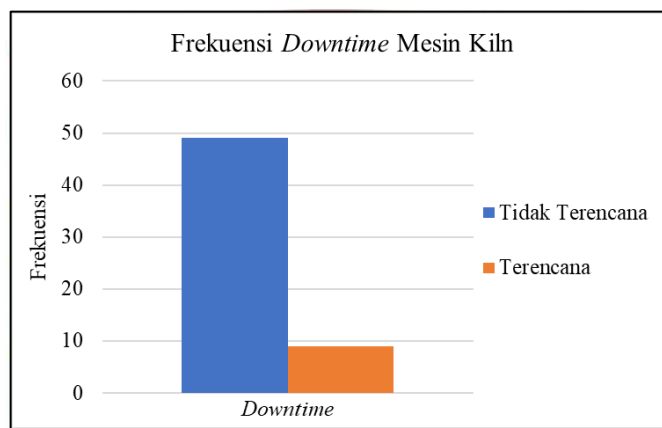
Gambar 1.2 Alur Produksi Klinker di Mesin Kiln

Downtime pada mesin terbagi atas dua macam yaitu terencana dan tidak terencana. *Downtime* terencana terjadi karena ada kegiatan pemeliharaan rutin yang telah direncanakan. Hal ini biasanya dilakukan setiap tahun dengan waktu yang telah ditentukan dan dikehendaki oleh perusahaan. *Downtime* terencana mesin *kiln* terdiri atas proses pemeliharaan dan kondisi *stand by* ketika silo *klinker* penuh. *Downtime* yang tidak terencana terjadi karena adanya kerusakan pada mesin yang menyebabkan mesin tidak dapat beroperasi dengan optimal (Kholilullah & Kurniawan, 2022). Rincian *downtime* mesin *kiln* PT Semen Padang pada tahun 2023 hingga 2024 dapat dilihat pada **Tabel 1.1**.

Tabel 1.1 *Downtime* Mesin Kiln

Komponen	Frekuensi Downtime	Downtime Tidak Terencana (Jam)	Downtime Terencana (Jam)
<i>Air Slide</i>	4	47,10	-
<i>Elevator</i>	6	85,47	-
<i>Preheater</i>	4	74,37	-
<i>Kiln Drive</i>	7	82,58	-
<i>Grate Cooler</i>	11	140,35	-
<i>Feeder Fine Coal</i>	17	73,03	-
<i>Rotary Kiln</i>	5	-	2028,58
<i>Silo Klinker</i>	4	-	1249,97
Total Downtime		502,90	3278,55
		3781,45	
Rencana Maksimum Downtime		3504	
Selisih (Total Downtime - Rencana Maksimum)		277,45	

Berdasarkan **Tabel 1.1**, total *downtime* yang terjadi pada mesin *kiln* sebesar 3.781,45 jam pada tahun 2023-2024. Jumlah ini melebihi batas rencana 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. Kondisi ini menunjukkan bahwa mesin *kiln* sering mengalami gangguan, yang terlihat dari tingginya frekuensi *downtime* selama periode tersebut. Frekuensi terjadinya *downtime* pada mesin kiln PT Semen Padang selama tahun 2023–2024 dapat dilihat pada **Gambar 1.3**.



Gambar 1.3 Frekuensi *Downtime* Mesin Kiln

Berdasarkan **Gambar 1.3**, frekuensi *downtime* tidak terencana jauh lebih besar dibanding *downtime* terencana, yaitu 49 kali dan 9 kali. Kondisi ini menggambarkan bahwa mesin *kiln* sering mengalami kerusakan mendadak yang mengakibatkan terhentinya proses produksi. Tingginya frekuensi *downtime* tidak terencana ini menunjukkan perlunya penerapan strategi pemeliharaan yang dapat mengurangi *downtime* tidak terencana. *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).

Namun, kondisi aktual pemeliharaan mesin *kiln* masih cenderung bersifat reaktif. Perawatan lebih banyak dilakukan secara *corrective*, yaitu penggantian atau perbaikan komponen ketika kerusakan sudah terjadi. Hal ini menyebabkan *downtime* tidak terencana menjadi tinggi. Mesin *kiln* membutuhkan metode

pemeliharaan yang lebih terstruktur untuk mengurangi *downtime* tidak terencana. Beberapa penelitian terdahulu telah membahas penerapan *preventive maintenance* dengan berbagai pendekatan. Metode analitik menjadi salah satu yang paling sering digunakan, misalnya melalui pendekatan distribusi Weibull atau model keandalan. Metode ini menilai waktu kegagalan dan waktu perbaikan berdasarkan fungsi distribusi tertentu yang diasumsikan tetap (Haryadi *et al.*, 2021). Namun, pendekatan ini memiliki keterbatasan karena tidak sepenuhnya menggambarkan kondisi nyata sistem. Operasi mesin *kiln* berlangsung pada kondisi ekstrem dengan suhu tinggi, kecepatan rotasi besar, dan paparan material panas secara terus-menerus. Kondisi tersebut dapat mengganggu sistem salah satunya tingkat keausan antar komponen menjadi tidak seragam, sehingga waktu kegagalan cenderung bervariasi dan sulit dijelaskan hanya dengan pendekatan analitik berbasis distribusi tetap.

Metode lainnya adalah simulasi, dimana metode simulasi dapat menggambarkan kondisi sistem yang kompleks dan berubah-ubah seperti pada mesin *kiln*. Pendekatan ini memungkinkan proses analisis dilakukan dengan mempertimbangkan variasi nyata di lapangan, seperti perbedaan waktu kegagalan dan waktu perbaikan antar komponen. Melalui metode Monte Carlo, berbagai kemungkinan kejadian dapat disimulasikan berdasarkan data historis sehingga hasilnya lebih mendekati kondisi operasional sebenarnya (Andriawan *et al.*, 2022). Penelitian yang dilakukan oleh Suryadi *et al.* (2020) juga menunjukkan bahwa penggunaan simulasi sistem diskrit dapat membantu menganalisis pengaruh interval *preventive maintenance* terhadap *availability* mesin dan menghasilkan peningkatan kinerja sistem secara signifikan.

Berdasarkan permasalahan yang telah dijelaskan, penyusunan jadwal pemeliharaan pada mesin *kiln* perlu dilakukan secara tepat agar proses produksi semen berjalan stabil dan efisien. Simulasi digunakan untuk mempertimbangkan variasi nilai waktu antar kerusakan dan waktu perbaikan yang bersifat acak. Waktu antar kerusakan atau *Time to Failure* (TTF) merupakan selang waktu sejak mesin mulai beroperasi hingga terjadinya kerusakan berikutnya (Bastuti *et al.*, 2021).

Waktu perbaikan atau *Time to Repair* (TTR) adalah waktu yang diperlukan untuk memperbaiki suatu kerusakan, terhitung sejak kerusakan terdeteksi hingga sistem kembali beroperasi normal, yang dihitung dengan mengurangi waktu mulai mesin dengan waktu berhenti mesin (Afris & Katili, 2023). Melalui model simulasi ini, dapat diperoleh jadwal *preventive maintenance* yang paling efektif dalam mengurangi *downtime* tidak terencana dan meningkatkan *availability* mesin kiln di PT Semen Padang.

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 kiln di PT Semen Padang.

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* dengan mengurangi *downtime* tidak terencana dan meningkatkan *avaliability* mesin kiln di PT Semen Padang.

1.4 Batasan Penelitian

Batasan dalam penelitian ini, yaitu sebagai berikut:

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

1.5 Sistematika Penulisan

Penulisan penelitian ini memiliki sistematika yang terdiri atas enam bab, yaitu sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi penjelasan mengenai latar belakang masalah yang melandasi dilakukannya penelitian, yaitu total *downtime* yang terjadi melebihi rencana maksimum *downtime* pada mesin kiln di PT Semen Padang. Di dalamnya juga dijelaskan rumusan masalah, tujuan penelitian, serta batasan penelitian agar pembahasan tetap fokus pada sistem mesin kiln. Pada bagian akhir bab ini, disampaikan sistematika penulisan agar pembaca dapat memahami alur penelitian secara keseluruhan.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini berisi teori-teori yang digunakan sebagai dasar dalam penelitian. Teori yang dibahas mencakup konsep dasar pemeliharaan mesin, jenis-jenis pemeliharaan, konsep keandalan *reliability* dan *availability*, serta teori distribusi waktu kegagalan. Selain itu, dibahas juga mengenai metode simulasi dan simulasi Monte Carlo yang digunakan dalam menentukan jadwal *preventive maintenance*, serta beberapa penelitian terdahulu yang menjadi acuan dalam penyusunan penelitian ini.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan langkah-langkah penelitian yang dilakukan untuk mencapai tujuan. Tahapan penelitian meliputi studi lapangan di Unit Pemeliharaan 1 Pabrik Indarung V PT Semen Padang, studi literatur, perumusan masalah, pemilihan metode simulasi sebagai pendekatan utama, serta proses analisis data. Pada bab ini juga dijelaskan tahapan pemodelan sistem menggunakan perangkat lunak *Arena Simulation*, proses verifikasi dan validasi model dengan *paired t-test*, serta penggunaan simulasi Monte Carlo untuk menentukan interval *preventive maintenance* yang optimal. Selain

itu, tahapan penelitian juga ditampilkan dalam bentuk bagan alur (*flowchart*) untuk memudahkan pemahaman.

BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Bab ini berisi uraian mengenai jenis dan sumber data yang digunakan dalam penelitian, termasuk data historis *Time to Failure (TTF)* dan *Time to Repair (TTR)* komponen mesin kiln. Selanjutnya dijelaskan proses pengolahan data seperti perhitungan TTF dan TTR, penentuan distribusi TTF, perancangan model simulasi sistem, hingga perhitungan nilai interval *preventive maintenance* untuk menentukan jadwal *preventive maintenance* yang optimal.

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas hasil simulasi yang diperoleh dari model *Arena* dan hasil perhitungan dengan simulasi Monte Carlo. Analisis dilakukan untuk menentukan interval optimal *preventive maintenance* serta mengevaluasi dampaknya terhadap pengurangan *downtime* tidak terencana dan peningkatan *availability* sistem.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan kesimpulan yang menjawab persoalan pada tugas akhir ini. Selain itu, disampaikan juga saran untuk penelitian selanjutnya agar hasil yang diperoleh bisa dikembangkan lebih lanjut.

