

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Kajian Teori

2.1.1 Sekam Padi bakar

Sekam padi merupakan salah satu bahan baku yang memiliki fungsi strategis dan krusial dalam proses produksi *billet*, khususnya dalam pengecoran logam baja. Dalam aplikasinya, sekam padi umumnya digunakan dalam bentuk abu sekam padi (*Rice Husk Ash/RHA*) yang telah melalui proses pembakaran terkontrol. Pada proses peleburan baja atau *billet*, sekam padi dibakar sebagian di atas permukaan logam cair dalam ladle atau cetakan. Lapisan sekam padi ini berfungsi sebagai penahan panas dan penghalang oksidasi. Sekam padi menciptakan lapisan karbon dan silika yang mencegah kontak langsung antara logam cair dan udara, sehingga mengurangi oksidasi Fe dan kehilangan panas konduktif (Alfernando et al. 2025).



Gambar 2 Sekam Padi Bakar
(Sumber: PT. Sentosa Harmony Steel)

Penggunaan sekam padi sebagai penutup permukaan logam cair terbukti mampu menurunkan kehilangan panas hingga 15% dan meningkatkan efisiensi energi peleburan baja (Heraningsih et al. 2025). Abu sekam padi disebar secara merata di atas permukaan logam cair dalam sendok tuang (*ladle*) atau *tundish*, yaitu wadah perantara yang digunakan dalam proses *continuous casting*. Penyebaran abu

sekam padi ini membentuk lapisan isolasi yang tebal dan berpori, yang mampu menahan panas dengan sangat baik. Lapisan ini berfungsi untuk menjaga suhu logam cair tetap stabil dan mencegah terjadinya kehilangan panas yang cepat (*heat loss*) selama proses penuangan dan solidifikasi. Stabilitas suhu ini sangat penting karena penurunan suhu yang terlalu cepat dapat menyebabkan berbagai cacat pada *billet*, seperti *cracking*, *cold shut*, atau struktur mikro yang tidak homogen. Dengan menjaga gradien suhu yang optimal, abu sekam padi memastikan bahwa proses pembekuan logam berlangsung secara terkontrol dan menghasilkan struktur kristal yang lebih baik.



Gambar 3 Proses memasukan cairan ke tundish
(Sumber: PT. Sentosa Harmony Steel)

Selain sebagai isolator termal, abu sekam padi juga berperan penting dalam mencegah reoksidasi baja cair. Lapisan abu sekam yang menutupi permukaan logam cair berfungsi sebagai barrier fisik antara baja cair dengan udara atmosfer. Hal ini sangat krusial karena baja cair yang terpapar langsung dengan oksigen di udara akan mengalami proses oksidasi yang dapat membentuk inklusi oksida, seperti FeO , MnO , atau SiO_2 , yang terperangkap dalam struktur *billet*. Inklusi ini merupakan cacat internal yang dapat menurunkan sifat mekanik *billet*, seperti kekuatan tarik, ketangguhan, dan ketahanan terhadap *fatigue*. Dengan meminimalkan kontak antara logam cair dengan atmosfer oksidatif, abu sekam padi membantu menjaga kebersihan metalurgi (*metallurgical cleanliness*) dari *billet*.

yang dihasilkan, sehingga menghasilkan produk dengan kualitas yang lebih tinggi dan lebih konsisten.

2.1.2 *Root cause analysis (RCA)*

Analisa akar penyebab/RCA adalah pendekatan sistematis yang digunakan untuk menentukan sumber utama dari suatu masalah atau kegagalan dalam proses, dan solusi yang diambil untuk mencegah kejadian serupa terjadi di masa mendatang. Menurut Fajarini and Sari, (2025) RCA merupakan pendekatan analitis untuk menemukan penyebab mendasar dari suatu masalah dengan menelusuri hubungan sebab-akibat secara berlapis menggunakan alat bantu seperti *Fishbone Diagram* dan *5 Why analysis*. Selain itu, Sari, Yuliana, dan Mulyani (2024) dalam penelitiannya menjelaskan bahwa RCA berfungsi tidak hanya untuk memperbaiki masalah tetapi juga untuk meningkatkan efektivitas sistem mutu dengan mendeteksi sumber kesalahan proses sejak awal, terutama di sektor industri manufaktur dan kesehatan.

Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa analisis penyebab utama (RCA) adalah pendekatan sistematis yang menggunakan pendekatan analisis sebab-akibat untuk menemukan penyebab utama suatu masalah. Metode ini menghasilkan solusi pencegahan berkelanjutan dan peningkatan kualitas proses. Sebagai bagian dari proses penerapan metode RCA ini, beberapa tindakan harus dilakukan, antara lain:

1. Mengidentifikasi masalah.

Sebelum mencari penyebab masalah, langkah pertama yang harus dilakukan adalah mendefinisikan masalah dan efeknya.

2. Mengumpulkan data.

Setelah menentukan masalah, langkah berikutnya adalah mengumpulkan data. Jenis data yang dapat dikumpulkan terdiri dari data primer (diperoleh secara langsung) dan data sekunder (diperoleh secara tidak langsung).

3. Identifikasi faktor yang mungkin terjadi.

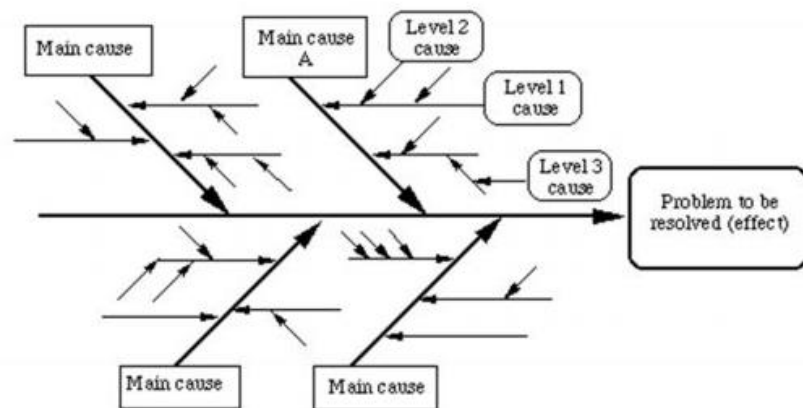
Dalam langkah ini, identifikasi penyebab bisa dilakukan dengan melakukan brainstorming, wawancara maupun diskusi bersama pihak-pihak terkait.

4. Identifikasi akar masalah.

Setelah mengidentifikasi faktor-faktor yang menyebabkan masalah, langkah selanjutnya adalah mengidentifikasi akar penyebab bersama dengan pihak-pihak yang berhubungan dengan menggunakan diagram rangka ikan. Ini adalah salah satu alat atau pendekatan yang dapat digunakan dalam metode RCA.

2.1.3 *Fishbone Diagram*

Menurut Tsabit dan Hartini (2024) Fishbone Diagram, juga disebut sebagai Cause and Effect Diagram atau Ishikawa Diagram, adalah alat analisis yang digunakan untuk mengidentifikasi dan menganalisis secara sistematis penyebab suatu masalah. Diagram ini menyerupai tulang ikan, dengan bagian kepala menunjukkan masalah utama, dan tulang-tulang menunjukkan faktor penyebab yang termasuk dalam beberapa kategori: manusia, metode, mesin, material, lingkungan, dan pengukuran.



Gambar 4 *Fishbone Diagram*

(Sumber: <https://sis.binus.ac.id/2019/07/19/fishbone-analysis/>)

Fishbone Diagram banyak digunakan dalam analisis kualitas dan pengendalian proses karena mampu membantu mengidentifikasi akar penyebab (*root cause*) dari suatu masalah, bukan hanya gejala yang terlihat. Dengan pendekatan ini, perusahaan dapat menentukan solusi yang lebih tepat dan efektif dalam mengurangi kesalahan atau deviasi yang terjadi dalam proses operasional (Nursyanti dan Sabita 2025).

2.1.4 5W + 1H

Analisis 5W+1H adalah metode sistematis untuk mengidentifikasi dan memahami suatu permasalahan secara menyeluruh dengan menjawab enam pertanyaan dasar: *What* (apa), *Why* (mengapa), *Where* (di mana), *When* (kapan), *Who* (siapa), dan *How* (bagaimana). Menurut Suteja (2025) dalam penelitiannya berjudul Analisis Faktor-Faktor Penyebab Keterlambatan pada Proyek Jaringan Perpipaan Air Bersih Kota Tangerang, metode 5W+1H digunakan untuk menguraikan akar permasalahan proyek dengan menelusuri setiap aspek penyebab berdasarkan fakta di lapangan, sehingga menghasilkan solusi yang lebih terarah dan tepat sasaran

Lebih lanjut, (Rizal dan Hidayat 2024) menjelaskan bahwa 5W+1H berfungsi sebagai *framework* dalam proses *problem solving* yang efektif karena membantu tim dalam menganalisis sebab-akibat dan menyusun langkah korektif berdasarkan data yang objektif. Sedangkan menurut (Amalia dan Nurhasanah 2023), metode ini juga berguna dalam peningkatan mutu layanan dan manajemen risiko karena menuntun organisasi untuk melihat masalah dari berbagai sudut pandang sebelum mengambil keputusan.

2.1.5 Perencanaan Pengendalian Produksi

Proses manajemen yang dikenal sebagai perencanaan dan pengendalian produksi mencakup perencanaan kapasitas, penjadwalan produksi, dan pengendalian pelaksanaan produksi agar sesuai dengan rencana. Tujuan dari proses ini adalah untuk menentukan apa yang harus diproduksi, berapa jumlah yang dibutuhkan, dan kapan produksi harus dilakukan agar dapat memenuhi permintaan secara efektif dan efisien. (Sinaga dan Suseno 2023).

Berdasarkan peramalan permintaan, perencanaan produksi menentukan kebutuhan sumber daya seperti bahan baku, tenaga kerja, dan mesin. Sementara itu, pengendalian produksi bertujuan untuk memastikan bahwa proses produksi berjalan sesuai dengan rencana dan untuk memperbaiki masalah jika terjadi hal-hal yang tidak sesuai dengan rencana. Dengan adanya pengendalian yang baik,

perusahaan dapat meminimalkan risiko keterlambatan produksi dan ketidaksesuaian output (Amellia et al. 2024).

Dalam praktik industri, perencanaan dan pengendalian produksi sering dikombinasikan dengan metode seperti *Forecasting*, *aggregate planning*, dan *Material Requirement Planning* (MRP) untuk meningkatkan akurasi perencanaan serta sinkronisasi antara permintaan dan kapasitas produksi. Dengan demikian, sistem perencanaan dan pengendalian produksi yang baik menjadi kunci dalam menjaga kelancaran proses produksi dan keberlanjutan operasional perusahaan (Naysabilla et al. 2026).

2.1.6 Forecasting

Forecasting atau peramalan adalah Proses ini menggunakan data historis dan analisis statistik untuk memperkirakan permintaan produk di masa depan, membantu dalam perencanaan produksi, pembelian, dan pengendalian persediaan. Tujuan utamanya adalah mengurangi risiko ketidaksesuaian antara permintaan dan persediaan yang sebenarnya.. Menurut Saputra and Salsabila (2025), peramalan merupakan langkah prediktif berbasis data masa lalu yang digunakan untuk menentukan jumlah permintaan di masa depan agar perusahaan dapat menyesuaikan kebijakan persediaan secara efisien.

Dari berbagai studi terbaru, *Moving average* dan *exponential smoothing* secara konsisten dikategorikan sebagai metode dasar dalam *time series Forecasting*. Keduanya bekerja dengan memanfaatkan data historis dan memberikan bobot tertentu (seragam atau lebih besar pada data terbaru) untuk menangkap pola tren dan fluktuasi dari waktu ke waktu (Wibawa et al. 2022).

1. Moving average

Moving average adalah metode peramalan yang digunakan untuk menghitung nilai rata-rata dari sejumlah data historis untuk memprediksi nilai pada periode berikutnya. Metode ini banyak digunakan pada data yang relatif stabil karena tidak memiliki pola tren atau musiman yang kuat dan mampu menampilkan pola data secara lebih jelas dengan melakukan perataan atau smoothing. (Gulo et al. 2024).

2. *Single Exponential Smoothing*

Single Exponential Smoothing adalah teknik peramalan yang menggunakan faktor penghalusan (α) untuk memberikan bobot yang lebih besar pada data terbaru dibandingkan data sebelumnya. Ini cocok untuk data yang tidak memiliki tren atau musiman, tetapi membutuhkan respons yang lebih cepat terhadap perubahan data daripada moving average. (Zardi, Rasyidah, dan Rozi 2025).

3. *Holt's Exponential Smoothing*

Holt's Exponential Smoothing merupakan pengembangan dari *Single Exponential Smoothing* dengan menambahkan komponen tren ke dalam model peramalan. Metode ini digunakan untuk data yang memiliki kecenderungan naik atau turun (tren linier) dari waktu ke waktu. *Holt's method* mempertimbangkan dua komponen utama yaitu *level* (nilai dasar) dan tren (arah perubahan data) (Budiarto et al. 2024). Metode ini sangat relevan digunakan dalam perencanaan produksi dan persediaan bahan baku yang mengalami perubahan permintaan secara bertahap.

2.1.7 Analisis Tingkat Error

Analisis tingkat *error* merupakan tahapan penting dalam evaluasi metode peramalan yang bertujuan untuk mengukur tingkat akurasi hasil prediksi terhadap data aktual. Pengukuran *error* digunakan untuk mengetahui seberapa besar penyimpangan hasil peramalan sehingga dapat ditentukan metode terbaik yang paling mendekati kondisi nyata (Gulo et al. 2024).

Beberapa ukuran kesalahan yang umum digunakan dalam analisis peramalan adalah Mean Absolute Deviation (MAD), Mean Squared Error (MSE), dan Mean Absolute Percentage Error (MAPE). Setiap ukuran memiliki fitur unik yang digunakan untuk mengukur tingkat kesalahan yang ada dalam hasil peramalan.

1. *Mean Absolute Deviation* (MAD)

Untuk mengetahui besar rata-rata deviasi dalam satuan data asli, Mean Absolute Deviation (MAD) adalah ukuran rata-rata kesalahan absolut antara nilai aktual dan nilai hasil peramalan tanpa memperhatikan arah kesalahan (positif atau negatif). (Ritonga, Nasution, dan Suhardi 2026).

Semakin rendah nilai MAD, semakin akurat metode peramalan yang digunakan. MAD sangat populer karena mudah dihitung dan ditafsirkan dalam konteks operasional, terutama dalam manajemen stok bahan baku.

2. *Mean Squared Error (MSE)*

Ukuran kesalahan rata-rata kuadrat dari selisih antara nilai aktual dan hasil peramalan dikenal sebagai *Mean Squared Error* (MSE). Karena adanya proses kuadrat, metode ini memberikan hukuman yang lebih berat terhadap kesalahan yang bernilai besar daripada MAD. (Putri, Rizqi, dan Jufriyanto 2025).

MSE menekankan betapa pentingnya menghindari error besar dalam peramalan; nilai MSE yang kecil menunjukkan bahwa model peramalan memiliki tingkat kesalahan yang lebih rendah dan prediksi data yang lebih stabil. *Mean*

3. *Absolute Percentage Error (MAPE)*

Mean Absolute Percentage Error (MAPE) adalah ukuran *error* yang menyatakan kesalahan dalam bentuk persentase, sehingga memudahkan dalam interpretasi dan perbandingan antar metode peramalan. MAPE dihitung berdasarkan rata-rata persentase kesalahan absolut antara nilai aktual dan hasil peramalan (Zardi et al. 2025).

Karena MAPE menunjukkan tingkat akurasi dalam bentuk persentase, ia sering digunakan. Nilai MAPE di bawah 10% biasanya dianggap sangat baik, sedangkan nilai MAPE di bawah 20% masih dianggap layak dalam peramalan. (Nurlaela, Pratiwi, dan Yulianti 2025).

2.1.8 *Safety Stock*

Menurut (Safitri dan Dwianindya 2025) Jumlah persediaan tambahan yang disiapkan perusahaan untuk mengimbangi variasi permintaan dan keterlambatan pasokan agar ketersediaan barang tetap terjaga disebut stok keamanan. Jadi, persediaan pengaman, juga dikenal sebagai persediaan pengaman, adalah jumlah stok tambahan yang disimpan oleh perusahaan untuk mengantisipasi ketidakpastian permintaan dan waktu pengiriman. Tujuan utama dari persediaan pengaman adalah untuk menghindari stockout, yang dapat mengganggu proses produksi atau layanan pelanggan. Rumus stok keamanan berikut ini digunakan untuk menghitung stok

keamanan pangan, sekam, dan minyak. Nilai Z-Tabel adalah 1,64, atau faktor keamanan 95%, dan waktu tunggu masing-masing bahan baku berbeda. Ini karena masing-masing bahan baku tidak dipesan dari satu pemasok..

2.1.9 Reorder Point

Titik pemesanan ulang/ROP adalah titik di mana suatu perusahaan harus melakukan pemesanan kembali agar stok tidak habis sebelum pengiriman berikutnya tiba. Konsep ini mempertimbangkan waktu tunggu (*Lead time*) dan tingkat permintaan rata-rata dalam periode tersebut. Tujuan utama dari penentuan *Reorder Point* adalah menjaga kesinambungan ketersediaan barang tanpa menimbulkan kelebihan persediaan yang dapat meningkatkan biaya penyimpanan (Purba 2025). Dalam konteks manajemen persediaan modern, ROP juga sering diintegrasikan dengan metode *Economic Order Quantity (EOQ)* untuk mencapai keseimbangan optimal antara biaya pemesanan dan biaya penyimpanan. Dengan demikian, ROP berfungsi sebagai indikator penting dalam sistem pengendalian persediaan untuk memastikan efisiensi operasional dan kepuasan pelanggan.

2.2 Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai pengendalian persediaan bahan baku tidak hanya berfokus pada penentuan jumlah persediaan yang optimal, tetapi juga pada ketepatan peramalan kebutuhan material agar proses produksi dapat berjalan secara efektif. Marlina dan Amri (2024) membandingkan metode *Weighted Moving Average* dan *Exponential Smoothing* dalam melakukan peramalan permintaan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode *Exponential Smoothing* memberikan tingkat kesalahan (MAPE) yang lebih rendah sehingga lebih akurat digunakan sebagai dasar perencanaan kebutuhan bahan baku.

Penelitian lain oleh Ritonga et al. (2026) membandingkan metode *Double Exponential Smoothing*, *Moving Average*, dan *Linear Regression* pada peramalan permintaan produk industri. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemilihan metode peramalan yang tepat sangat berpengaruh terhadap tingkat akurasi hasil peramalan dan dapat meminimalkan terjadinya kelebihan maupun kekurangan persediaan.

Penelitian yang dilakukan oleh Rizani dan Laksmana (2024) menerapkan Fishbone Diagram dan 5W+1H untuk mengevaluasi metode kerja pada proses pre-delivery di PT XYZ. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penyebab utama permasalahan berasal dari faktor manusia, metode kerja, dan lingkungan. Melalui analisis 5W+1H, peneliti berhasil menyusun usulan perbaikan berupa pelatihan ulang terhadap SOP, penambahan inspeksi menggunakan bukti foto, serta perbaikan sistem *drainase* gudang. Hal tersebut menunjukkan bahwa kombinasi Fishbone Diagram dan 5W+1H efektif dalam mengidentifikasi faktor penyebab sekaligus merumuskan tindakan perbaikan yang terstruktur.

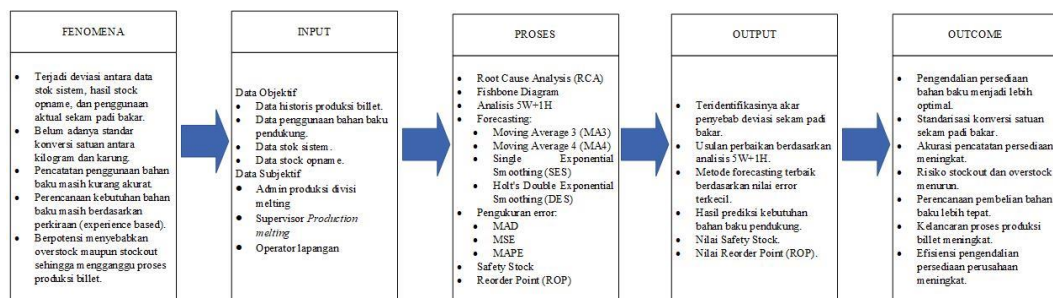
Selain peramalan dan RCA, pengendalian persediaan juga menjadi aspek penting dalam menjaga kelancaran proses produksi. Handi, Sinaga, dan Sembiring (2025) menjelaskan bahwa penerapan metode *Safety Stock* dan *Reorder Point* mampu menentukan waktu pemesanan kembali secara optimal sehingga dapat mengurangi risiko stockout sekaligus meningkatkan efisiensi biaya persediaan.

Berdasarkan kajian penelitian terdahulu tersebut, terdapat perbedaan dengan penelitian yang dilakukan penulis. Penelitian ini tidak hanya menerapkan metode forecasting sebagai dasar perencanaan kebutuhan bahan baku pendukung, tetapi juga menganalisis penyebab terjadinya deviasi data persediaan sekam padi bakar menggunakan metode *Root Cause Analysis* (RCA) melalui *Fishbone Diagram* dan analisis 5W+1H. Dengan demikian, penelitian ini memberikan kontribusi berupa identifikasi akar penyebab deviasi data persediaan sekaligus penyusunan perencanaan kebutuhan bahan baku pendukung yang lebih akurat melalui metode forecasting, sehingga diharapkan dapat meningkatkan efektivitas pengendalian persediaan di PT. Sentosa Harmony Steel (PT. SHS).

2.3 Kerangka Pemikiran

Kerangka berpikir merupakan suatu alur pemikiran yang disusun secara logis berdasarkan teori, hasil penelitian terdahulu, dan permasalahan yang diteliti untuk menjelaskan hubungan antarvariabel maupun konsep penelitian. Kerangka berpikir berfungsi sebagai pedoman bagi peneliti dalam menentukan arah penelitian, menyusun hipotesis (apabila penelitian kuantitatif), serta

menggambarkan tahapan analisis yang dilakukan agar proses penelitian berlangsung secara sistematis dan terarah. Dengan adanya kerangka berpikir, keterkaitan antara identifikasi masalah, landasan teori, metode penelitian, hingga tujuan penelitian dapat dijelaskan secara lebih jelas sehingga memudahkan pembaca memahami alur penelitian (Listiana dan Anam 2025).



Gambar 5 Kerangka Berpikir

Berdasarkan gambar 15 menggambarkan alur penelitian secara sistematis, dimulai dari identifikasi fenomena berupa deviasi antara data stok sistem, hasil *stock opname*, dan penggunaan aktual sekam padi bakar di PT. SHS. Permasalahan tersebut disebabkan oleh pencatatan yang kurang akurat, perbedaan satuan antara kilogram dan karung, serta perencanaan kebutuhan bahan baku yang masih berdasarkan perkiraan. Untuk menganalisis permasalahan tersebut, penelitian menggunakan data historis produksi, data penggunaan bahan baku, data stok, dan data stock opname yang didukung oleh informasi dari pihak terkait.

Selanjutnya, data dianalisis menggunakan metode *Root Cause Analysis* (RCA), *Fishbone Diagram*, 5W+1H, serta metode forecasting untuk menentukan metode peramalan terbaik berdasarkan nilai MAD, MSE, dan MAPE. Hasil penelitian berupa identifikasi akar penyebab deviasi, usulan perbaikan, hasil peramalan kebutuhan bahan baku, serta perhitungan *Safety Stock* dan *Reorder Point* (ROP). Output tersebut diharapkan dapat mendukung pengendalian persediaan yang lebih optimal, mengurangi risiko stockout dan overstock, serta meningkatkan efisiensi proses produksi billet di PT. SHS.