

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai penerapan analisis teknikal dan pengembangan sistem perdagangan berbasis algoritma telah banyak dilakukan baik pada pasar saham maupun aset digital. Namun, sebagian besar penelitian terdahulu masih terbatas pada penggunaan satu atau dua indikator teknikal saja, sehingga akurasi sinyal yang dihasilkan belum maksimal. Selain itu, sebagian besar penelitian belum mengimplementasikan sistem pemantauan (*monitoring system*) yang berjalan secara real-time dengan integrasi langsung terhadap sumber data aset digital seperti Coinbase. Oleh karena itu, bagian ini mengulas beberapa penelitian penting yang menjadi dasar dan pembeda utama penelitian ini

Penelitian oleh Sukma dan Namahoot (2025) dalam jurnal *Computational Economics* (Scopus Q1) berfokus pada pengembangan strategi perdagangan berbasis kombinasi multi-indikator untuk meningkatkan kinerja sistem algoritmik trading. Dalam penelitiannya, mereka mengombinasikan enam indikator teknikal, yaitu Moving Average (MA), Relative Strength Index (RSI), Moving Average Convergence Divergence (MACD), On-Balance Volume (OBV), Bollinger Bands, dan Ichimoku Cloud. Penelitian dilakukan dengan menggunakan data historis pasar saham selama sepuluh tahun, dan hasilnya menunjukkan peningkatan *total return* hingga 837,23%, jauh lebih tinggi dibandingkan strategi indikator tunggal yang hanya menghasilkan rata-rata 330%. Selain itu, kombinasi indikator tersebut mampu mengurangi tingkat sinyal palsu (*false signal*) hingga 22%. Meskipun demikian, penelitian ini masih terbatas pada pasar saham konvensional dengan volatilitas yang lebih rendah dibandingkan pasar kripto, serta belum memiliki integrasi data real-time. Oleh karena itu, penelitian ini menjadi landasan penting bagi pengembangan penelitian saat ini yang berfokus pada aset kripto dan sistem pemantauan otomatis berbasis API Coinbase.

Selanjutnya, penelitian oleh Bebart et al. (2021) yang diterbitkan dalam *Expert Systems with Applications* (Scopus Q1) mengusulkan pendekatan perdagangan berbasis optimasi algoritma Firefly untuk menyesuaikan bobot antarindikator teknikal seperti RSI, MACD, dan SMA. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengoptimalkan strategi perdagangan melalui penyesuaian dinamis terhadap volatilitas pasar yang berubah-ubah. Dengan menggunakan dataset dari pasar NASDAQ dan FTSE 100, penelitian ini berhasil meningkatkan *Sharpe Ratio* sebesar 18% dan menurunkan *maximum drawdown* hingga 11% dibandingkan strategi konvensional. Namun, model yang dikembangkan oleh Bebart et al. memiliki kelemahan dalam efisiensi komputasi karena proses

optimasi dilakukan secara berulang di setiap periode. Selain itu, penelitian ini tidak dirancang sebagai sistem monitoring real-time, melainkan sebagai simulasi *offline*. Dalam konteks penelitian ini, metode optimasi yang digunakan oleh Bebart et al. memberikan inspirasi penting dalam hal *signal aggregation*, meskipun penelitian ini memilih pendekatan *rule-based system* yang lebih ringan dan interpretatif.

Penelitian yang dilakukan oleh Fernandes et al. (2023) dalam jurnal *Applied Soft Computing* (Scopus Q2) berfokus pada penerapan kombinasi indikator MACD dan Bollinger Bands dalam analisis volatilitas aset digital Ethereum. Pendekatan yang digunakan adalah *time-series predictive modeling* berbasis *sliding window* untuk mendeteksi pembalikan tren dan titik masuk (*entry points*) terbaik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi MACD dan Bollinger Bands mampu mencapai akurasi sinyal beli sebesar 72% dan sinyal jual sebesar 69%, serta mengurangi tingkat kesalahan sinyal sebesar 14% dibandingkan penggunaan indikator tunggal. Meski hasilnya menunjukkan efektivitas yang tinggi, penelitian ini hanya dilakukan pada satu jenis aset digital (ETH) dan tidak mencakup implementasi sistem pemantauan otomatis. Penelitian Fernandes et al. menjadi salah satu referensi penting dalam penelitian ini, terutama dalam penggunaan kombinasi indikator berbasis tren dan volatilitas, yang selanjutnya dikembangkan menjadi sistem multi-indikator dengan cakupan yang lebih luas.

Sementara itu, penelitian yang dilakukan oleh Ariwibowo (2022) dari *Jurnal Ekonomi Manajemen Sistem Informasi* (SINTA 3) mengimplementasikan kombinasi antara indikator Exponential Moving Average (EMA) dan Relative Strength Index (RSI) dalam menghasilkan sinyal beli dan jual pada pasar spot Bitcoin. Penelitian ini dilakukan menggunakan data historis dua tahun terakhir dari Binance Exchange dan menggunakan strategi EMA 200 dan RSI 30/70 untuk menentukan momentum pembelian dan penjualan. Hasil penelitian menunjukkan tingkat profitabilitas sebesar 63% dengan *win rate* mencapai 55%. Hal ini membuktikan bahwa kombinasi indikator tren dan momentum dapat memberikan hasil yang lebih stabil dibandingkan indikator tunggal. Namun, penelitian ini dilakukan secara manual tanpa penerapan sistem otomatis untuk pengumpulan data dan perhitungan sinyal. Oleh karena itu, penelitian ini memberikan kontribusi empiris terhadap efektivitas indikator EMA dan RSI, tetapi masih menyisakan peluang pengembangan sistem berbasis algoritma yang dapat melakukan perhitungan dan monitoring secara real-time, sebagaimana dilakukan dalam penelitian ini.

Penelitian selanjutnya oleh Omran et al. (2023) yang diterbitkan dalam *Applied Soft Computing* (Scopus Q1) mengombinasikan indikator teknikal dan variabel makroekonomi dalam membangun model prediksi harga berbasis *Deep Neural Network (DNN)*. Model ini menggunakan sepuluh fitur input yang meliputi indikator RSI, MACD, dan SMA, serta variabel eksternal seperti inflasi, indeks pasar global, dan suku bunga. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model DNN tersebut mampu mencapai akurasi prediksi sebesar 78%, mengungguli model statistik konvensional seperti ARIMA dan Random Forest. Meskipun demikian, sistem yang dikembangkan bersifat *black-box* dan tidak memberikan interpretasi yang jelas terhadap pengambilan keputusan, sehingga sulit digunakan oleh pengguna non-teknis. Dalam konteks ini, penelitian Omran et al. memperlihatkan potensi besar pemanfaatan data multi-dimensi, namun penelitian ini memilih jalur berbeda dengan mengedepankan transparansi dan interpretabilitas melalui sistem *rule-based* berbasis kombinasi delapan indikator teknikal yang mudah dijelaskan kepada pengguna.

Berdasarkan hasil dari kelima penelitian terdahulu tersebut, dapat disimpulkan bahwa penerapan kombinasi beberapa indikator teknikal telah terbukti mampu meningkatkan akurasi dan stabilitas sinyal perdagangan dibandingkan penggunaan indikator tunggal. Namun, sebagian besar penelitian masih memiliki keterbatasan baik dalam aspek skala data, jumlah indikator, maupun integrasi sistem real-time. Tidak ada satu pun penelitian yang secara komprehensif menggabungkan delapan indikator teknikal utama (SMA, EMA, RSI, MACD, Bollinger Bands, Stochastic Oscillator, Stochastic RSI, dan Parabolic SAR) ke dalam satu sistem monitoring otomatis berbasis API yang berjalan pada 100 aset teratas di Coinbase. Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk mengisi kekosongan tersebut melalui perancangan sistem monitoring sinyal perdagangan cryptocurrency yang komprehensif, real-time, serta memiliki tingkat interpretabilitas tinggi bagi pengguna.

2.2 Analisis Teknikal

Analisis teknikal merupakan pendekatan kuantitatif yang digunakan untuk menganalisis dan memprediksi pergerakan harga berdasarkan data historis seperti harga pembukaan, harga penutupan, volume transaksi, dan volatilitas pasar. Konsep ini berangkat dari tiga asumsi utama, yakni (1) seluruh faktor ekonomi, psikologis, maupun politik yang memengaruhi pasar telah tercermin dalam harga, (2) harga bergerak mengikuti pola atau tren tertentu yang dapat diidentifikasi, dan (3) sejarah cenderung berulang karena perilaku pelaku pasar memiliki

kecenderungan psikologis yang serupa (Sukma & Namahoot, 2025, hlm. 3811–3813). Dengan menggunakan analisis teknikal, seorang trader dapat mengidentifikasi peluang beli atau jual berdasarkan pola dan sinyal statistik yang muncul. Dalam konteks aset digital seperti cryptocurrency, analisis teknikal menjadi metode yang sangat relevan karena volatilitasnya yang tinggi serta ketiadaan nilai fundamental yang pasti sebagaimana saham atau obligasi.

Penelitian ini menggunakan delapan indikator teknikal yang paling umum digunakan dalam dunia perdagangan aset digital, yaitu Simple Moving Average (SMA), Exponential Moving Average (EMA), Relative Strength Index (RSI), Moving Average Convergence Divergence (MACD), Bollinger Bands (BB), Stochastic Oscillator, Stochastic RSI, dan Parabolic SAR. Setiap indikator memiliki karakteristik tersendiri: SMA dan EMA digunakan untuk mengidentifikasi arah tren harga; RSI dan Stochastic Oscillator mengukur kekuatan momentum pergerakan harga; MACD mengonfirmasi perubahan tren; Bollinger Bands mengukur volatilitas pasar; Stochastic RSI mendeteksi pembalikan arah dengan sensitivitas tinggi; sementara Parabolic SAR menentukan titik pembalikan tren secara visual. Kombinasi dari kedelapan indikator tersebut memungkinkan sistem menghasilkan sinyal perdagangan yang lebih akurat, stabil, dan terukur dibandingkan dengan penggunaan indikator tunggal.

2.2.1 Simple Moving Average (SMA)

Simple Moving Average (SMA) merupakan indikator tren paling dasar yang berfungsi untuk menghaluskan fluktuasi harga dalam periode tertentu agar arah pergerakan harga lebih mudah diamati. Menurut Srivastava et al. (2021), SMA dihitung dengan menjumlahkan seluruh harga penutupan dalam periode n kemudian dibagi dengan jumlah periode tersebut. Dengan kata lain, SMA memberikan rata-rata aritmetika dari harga penutupan selama rentang waktu tertentu. Secara matematis, SMA dapat ditulis sebagai:

$$SMA_t = \frac{P_t + P_{t-1} + \dots + P_{t-n+1}}{n}$$

Sebagai ilustrasi, misalkan harga penutupan lima hari berturut-turut adalah 100, 102, 104, 106, dan 108 dolar. Maka nilai SMA-5 adalah:

$$SMA = \frac{100 + 102 + 104 + 106 + 108}{5} = 104$$

Apabila harga penutupan hari ke-6 meningkat menjadi 110, sementara garis SMA masih berada di 104, maka harga dianggap telah menembus garis SMA dari bawah ke atas, yang secara umum diinterpretasikan sebagai sinyal beli (buy signal) karena menunjukkan potensi tren naik. Sebaliknya, jika harga jatuh di bawah garis SMA, maka dapat dianggap sebagai sinyal jual (sell signal). Kelebihan SMA adalah stabilitasnya terhadap fluktuasi jangka pendek, namun kekurangannya terletak pada respon yang lambat terhadap perubahan harga mendadak. Oleh karena itu, SMA sering digunakan untuk mengonfirmasi arah tren jangka menengah hingga panjang dalam sistem perdagangan.

2.2.2 Exponential Moving Average (EMA)

Exponential Moving Average (EMA) merupakan pengembangan dari SMA yang memberikan bobot lebih besar pada harga terbaru sehingga lebih sensitif terhadap perubahan pasar. Menurut Sulistiawan et al. (2020), EMA sangat efektif dalam mendeteksi perubahan tren jangka pendek karena memperbarui nilainya secara eksponensial. Rumus perhitungannya adalah:

$$EMA_t = P_t \times \frac{2}{n+1} + EMA_{t-1} \times \left(1 - \frac{2}{n+1}\right)$$

Sebagai contoh, jika periode EMA adalah 5 hari maka faktor penghalus $\alpha = 2 / (5 + 1) = 0,333$. Apabila nilai EMA sebelumnya (EMA_{t-1}) adalah 104 dan harga penutupan hari ini (P_t) = 110, maka:

$$EMA_t = (110 \times 0,333) + (104 \times 0,667) = 36,63 + 69,36 = 105,99$$

Nilai EMA yang baru sebesar 105,99 menunjukkan bahwa harga terkini memberikan pengaruh yang lebih besar pada garis rata-rata. Dalam praktik perdagangan, sinyal beli muncul ketika EMA jangka pendek (misalnya 12 hari) memotong EMA jangka panjang (26 hari) dari bawah ke atas yang dikenal sebagai golden cross, sedangkan sinyal jual muncul ketika perpotongan terjadi dari atas ke bawah atau death cross. Dalam sistem penelitian ini, EMA digunakan untuk memberikan respon cepat terhadap perubahan tren harga kripto yang sangat fluktuatif.

2.2.3 Relative Strength Index (RSI)

Relative Strength Index (RSI) adalah indikator momentum yang digunakan untuk mengukur kecepatan dan besarnya perubahan harga, sehingga dapat mengidentifikasi kondisi

jenuh beli (*overbought*) maupun jenuh jual (*oversold*). Menurut Bhargavi et al. (2017), RSI menjadi salah satu indikator paling populer karena kemampuannya menggambarkan keseimbangan antara kekuatan kenaikan dan penurunan harga. Rumus RSI ditulis sebagai:

$$RSI = 100 - \frac{100}{1 + RS}, RS = \frac{\text{rata - rata kenaikan}}{\text{rata - rata penurunan}}$$

Sebagai contoh, jika dalam 14 hari terakhir rata-rata kenaikan harga adalah 1,5 % dan rata-rata penurunan 0,5 %, maka:

$$RS = 1,5/0,5 = 3 \Rightarrow RSI = 100 - \frac{100}{1 + 3} = 75$$

Nilai RSI = 75 mengindikasikan kondisi *overbought* sehingga pasar berpotensi mengalami koreksi harga atau sinyal jual. Sebaliknya, nilai RSI < 30 menunjukkan *oversold* yang berarti peluang beli terbuka. RSI digunakan dalam penelitian ini untuk menilai kekuatan momentum pergerakan harga dan sebagai konfirmasi tambahan terhadap indikator tren seperti EMA.

2.2.4 Moving Average Convergence Divergence (MACD)

Moving Average Convergence Divergence (MACD) merupakan indikator gabungan yang mengukur hubungan antara dua EMA berbeda—biasanya EMA 12 dan EMA 26—dan digunakan untuk mendeteksi arah serta kekuatan tren (Hoang Hung, 2016). Secara matematis:

$$MACD = EMA_{12} - EMA_{26}, \text{Sinyal} = EMA_9(MACD), \text{Histogram} = MACD - \text{Sinyal}$$

Sebagai ilustrasi, apabila $EMA_{12} = 105$ dan $EMA_{26} = 100$, maka $MACD = 5$. Jika EMA_9 dari MACD adalah 4, maka $\text{histogram} = 1$. Karena $MACD > \text{Sinyal}$, kondisi ini menunjukkan sinyal beli, sedangkan $MACD < \text{Sinyal}$ menandakan sinyal jual. Histogram positif menandakan momentum naik yang kuat, sedangkan histogram negatif menandakan pelemahan tren. MACD sangat berguna untuk mendeteksi pembalikan arah (reversal) dan digunakan dalam sistem ini sebagai indikator konfirmasi terhadap hasil EMA dan SMA.

2.2.5 Bollinger Bands (BB)

Bollinger Bands adalah indikator volatilitas yang dikembangkan oleh John Bollinger, digunakan untuk mengukur sejauh mana harga menyimpang dari rata-rata pergerakan. Indikator

ini terdiri atas tiga garis: garis tengah (SMA), garis atas (upper band), dan garis bawah (lower band) (Gil, 2022). Rumusnya:

$$UpperBand = SMA + (k \times \sigma), LowerBand = SMA - (k \times \sigma)$$

dengan k biasanya = 2 dan σ = deviasi standar harga. Sebagai contoh, jika harga rata-rata (SMA) = 100 dan σ = 5, maka UpperBand = 110 dan LowerBand = 90. Apabila harga bergerak mendekati UpperBand, pasar dianggap *overbought* dan berpotensi mengalami koreksi (*sell signal*), sedangkan harga yang menyentuh LowerBand menandakan *oversold* (*buy signal*). Bollinger Bands sangat berguna dalam mengidentifikasi *breakout* harga dan perubahan volatilitas mendadak, menjadikannya indikator penting dalam sistem ini untuk mendeteksi potensi lonjakan harga cryptocurrency.

2.2.6 Stochastic Oscillator

Stochastic Oscillator merupakan indikator momentum yang membandingkan harga penutupan saat ini dengan rentang harga tertinggi dan terendah dalam periode tertentu (Ni et al., 2015). Tujuannya adalah untuk mengukur seberapa dekat harga penutupan dengan batas atas atau bawah rentang harga, sehingga dapat mengidentifikasi momentum pembalikan tren. Rumusnya:

$$\%K = \frac{(C - L_n)}{(H_n - L_n)} \times 100, \%D = SMA(\%K, 3)$$

Misalnya, dalam 14 hari terakhir, harga tertinggi (H_n) = 120, harga terendah (L_n) = 100, dan harga penutupan (C) = 115, maka $\%K = 75$. Jika rata-rata $\%K$ selama 3 hari terakhir ($\%D$) = 70, maka $\%K > \%D \rightarrow$ sinyal beli. Sebaliknya, jika $\%K < \%D$ dan nilainya > 80 , maka muncul sinyal jual. Stochastic Oscillator digunakan dalam penelitian ini untuk mendeteksi momentum jangka pendek dan konfirmasi sinyal yang dihasilkan oleh RSI.

2.2.7 Stochastic RSI (SRSI)

Stochastic RSI (SRSI) adalah indikator turunan yang mengombinasikan konsep RSI dan Stochastic Oscillator untuk menghasilkan ukuran momentum yang lebih sensitif terhadap perubahan harga kecil (Xue et al., 2022). Rumusnya:

$$SRSI = \frac{RSI - \min(RSI)}{\max(RSI) - \min(RSI)}$$

Nilai SRSI berada antara 0 dan 1. Sebagai contoh, jika RSI saat ini = 60, RSI maksimum = 80, dan RSI minimum = 40, maka $SRSI = 0,5$. Nilai di atas 0,8 menunjukkan kondisi *overbought* (peluang jual), sementara nilai di bawah 0,2 menunjukkan *oversold* (peluang beli). Karena perhitungannya didasarkan pada RSI, indikator ini mampu mendeteksi perubahan momentum dengan lebih cepat, menjadikannya relevan untuk aset kripto yang memiliki pergerakan sangat dinamis.

2.2.8 Parabolic Stop and Reverse (SAR)

Parabolic SAR (PSAR) dikembangkan oleh J. Welles Wilder Jr. untuk menentukan arah tren dan titik pembalikan potensial (*trend reversal*). Indikator ini menampilkan titik-titik di atas atau di bawah grafik harga. Titik berada di bawah harga menandakan tren naik (*bullish*), sedangkan titik di atas harga menandakan tren turun (*bearish*) (Nor & Zawawi, 2022). Rumusnya:

$$SAR_{t+1} = SAR_t + AF \times (EP - SAR_t)$$

dengan AF (*acceleration factor*) biasanya antara 0,02–0,2, dan EP (*extreme point*) adalah harga tertinggi pada tren naik atau terendah pada tren turun. Sebagai contoh, jika SAR sebelumnya = 100, EP = 110, dan AF = 0,02, maka SAR baru = $100 + 0,02 \times (110 - 100) = 100,2$. Jika harga penutupan turun di bawah 100,2, hal ini menandakan adanya pembalikan tren dan muncul sinyal jual. PSAR sangat efektif dalam menentukan titik keluar (*exit point*) dari perdagangan karena secara otomatis mengikuti arah tren. Dalam sistem penelitian ini, PSAR digunakan untuk mengonfirmasi sinyal akhir dari indikator lain, memastikan keputusan yang diambil lebih akurat dan terverifikasi dari berbagai sudut pandang teknikal.

Dengan demikian, kedelapan indikator teknikal yang dijelaskan di atas memiliki peran yang saling melengkapi. SMA dan EMA menentukan arah tren, RSI dan Stochastic mengukur momentum pasar, MACD dan PSAR menentukan titik pembalikan tren, sementara Bollinger Bands dan SRSI mendeteksi tingkat volatilitas serta peluang breakout. Kombinasi delapan indikator tersebut digunakan dalam penelitian ini untuk menghasilkan sinyal perdagangan yang komprehensif, adaptif terhadap volatilitas tinggi aset kripto, dan dapat diandalkan dalam sistem monitoring berbasis otomatisasi.