

BAB II

KAJIAN LITERATUR

2.1 Tinjauan Pustaka

2.1.1 Pasar Modal

Pasar modal merupakan salah satu elemen fundamental dalam struktur perekonomian nasional karena berperan sebagai mekanisme penghimpunan dana jangka panjang yang berfungsi mendukung pembiayaan pembangunan di berbagai sektor [14]. Berdasarkan Undang-Undang Nomor 8 Tahun 1995 tentang Pasar Modal yang telah diperbarui dengan Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2023 tentang Pengembangan dan Penguatan Sektor Keuangan (PPSK), aktivitas pasar modal mencakup kegiatan yang berhubungan dengan penawaran umum dan perdagangan efek, perusahaan publik sebagai penerbit efek, serta lembaga dan profesi yang memiliki keterkaitan dengan transaksi tersebut. Regulasi terbaru ini mempertegas peran Otoritas Jasa Keuangan (OJK) dalam pengawasan sektor keuangan, termasuk pasar modal, guna menjamin kepastian hukum dan perlindungan investor [15]. Dengan demikian, pasar modal dapat dipandang sebagai sarana vital dalam menciptakan efisiensi alokasi sumber daya keuangan suatu negara.

Secara umum, capital market dapat diartikan sebagai tempat berlangsungnya transaksi berbagai instrumen keuangan jangka panjang yang dapat diperjualbelikan, seperti surat utang (*obligation*), ekuitas (*stock*), *mutual fund*, instrumen derivatif, dan bentuk instrumen keuangan lainnya [16]. Melalui pasar modal, perusahaan atau issuer dapat memperoleh sumber pendanaan alternatif selain perbankan untuk ekspansi usaha, sementara investor memperoleh kesempatan untuk menanamkan modal serta mendapatkan imbal hasil dari aktivitas investasi. Di Indonesia, pasar modal memiliki peranan strategis dalam memperkuat pertumbuhan ekonomi nasional dengan menyediakan beragam alternatif investasi yang mendorong produktivitas sektor riil [17]. Oleh karena itu, keberadaan pasar modal tidak hanya menjadi pendorong aktivitas ekonomi, tetapi juga menjadi indikator stabilitas dan kepercayaan terhadap sistem keuangan nasional.

Secara rinci, struktur dan pelaku pasar modal Indonesia di bawah pengawasan Otoritas Jasa Keuangan (OJK) terdiri atas entitas berikut [18], [19]:



Gambar 2.1 Struktur Pasar Modal Indonesia [20]

1. Otoritas Jasa Keuangan (OJK)

Lembaga negara yang independen yang memiliki fungsi, tugas, dan wewenang pengaturan, pengawasan, pemeriksaan, dan penyidikan di sektor jasa keuangan. OJK secara resmi menggantikan tanggung jawab pengawasan pasar modal dari Badan Pengawas Pasar Modal (Bapepam) untuk memastikan seluruh kegiatan di dalam sektor jasa keuangan terselenggara secara teratur, wajar, dan akuntabel sesuai amanat undang-undang. Lembaga ini memiliki tanggung jawab utama dalam melakukan pembinaan, pengaturan, serta pengawasan terhadap kegiatan pasar modal. Tujuan lembaga ini adalah untuk memastikan penyelenggaraan aktivitas pasar modal yang tertib, wajar, dan efisien sekaligus memberikan perlindungan kepada pemodal dan masyarakat. Fungsi pengawasan OJK meliputi penyusunan dan penegakan peraturan pasar modal, pembinaan dan pengawasan terhadap pihak berizin, penetapan prinsip keterbukaan, penyelesaian keberatan dari pihak yang dikenai sanksi oleh Bursa Efek, Lembaga Kliring dan Penjaminan (LKP), serta Lembaga Penyimpanan dan Penyelesaian (LPP), hingga penetapan ketentuan akuntansi di bidang pasar modal. Dengan peran tersebut, OJK berfungsi sebagai pengendali utama dalam menjaga integritas dan kepercayaan publik terhadap sistem pasar modal Indonesia.

2. Perusahaan

Perusahaan dalam konteks pasar modal memiliki tujuan utama untuk memperoleh dana melalui *Initial Public Offering (IPO)* dengan menawarkan saham kepada publik. Dalam hal ini, perusahaan bertindak sebagai *issuer* atau emiten yang menjadi pihak penerbit efek. Peran emiten menunjukkan keterlibatan sektor riil dalam pengembangan pasar keuangan nasional, yang secara tidak langsung mendukung pertumbuhan ekonomi melalui peningkatan akses pendanaan.

3. *Self Regulatory Organizations* (SRO)

Organisasi yang memiliki kewenangan untuk mengatur kegiatan internal sesuai dengan ketentuan pasar modal. Di Indonesia, SRO terdiri dari:

- a. Bursa Efek Indonesia, yang menyediakan sistem dan sarana perdagangan efek.
- b. Lembaga Kliring dan Penjaminan, yang menyelenggarakan jasa kliring serta penjaminan penyelesaian transaksi melalui KPEI.
- c. Lembaga Penyimpanan dan Penyelesaian, yang berfungsi sebagai kustodian sentral bagi bank kustodian, perusahaan efek, serta pihak terkait lainnya melalui KSEI.

Struktur SRO ini mencerminkan pentingnya tata kelola yang transparan dan akuntabel dalam mendukung stabilitas perdagangan efek.

4. Perusahaan Efek

Perusahaan efek menjalankan tiga aktivitas utama, yaitu:

- a. *Underwriter* yang membantu emiten dalam penawaran umum.
- b. *Broker dealer* yang melakukan transaksi efek untuk kepentingan sendiri atau nasabah.
- c. *Investment manager* yang mengelola portofolio efek milik nasabah.

Keberadaan perusahaan efek menjadi kunci dalam menciptakan efisiensi pasar serta memperluas akses investor terhadap berbagai instrumen keuangan..

5. Lembaga Penunjang Pasar Modal

Lembaga penunjang mencakup Biro Administrasi Efek, Kustodian, dan Wali Amanat yang memiliki fungsi administratif dan pendukung terhadap kegiatan transaksi pasar modal. Peran lembaga-lembaga ini memperkuat ekosistem pasar dengan memastikan keamanan, transparansi, dan keandalan dalam proses administrasi dan penyimpanan efek.

6. Profesi Penunjang Pasar Modal

Profesi penunjang terdiri atas akuntan, konsultan hukum, penilai, notaris, serta profesi lain yang diatur dalam peraturan pemerintah. Setiap profesi wajib terdaftar di OJK agar dapat beroperasi di pasar modal sesuai ketentuan yang berlaku. Keberadaan profesi penunjang ini memberikan dimensi profesionalisme dan kredibilitas terhadap aktivitas pasar modal nasional.

7. Emiten

Emiten merupakan perusahaan yang menerbitkan dan menjual *efek* atau surat berharga di pasar modal. Dalam konteks Indonesia, emiten dapat berasal dari sektor

publik maupun swasta. Melalui penerbitan *efek*, emiten berperan dalam memperluas basis investasi dan memperkuat sumber pembiayaan jangka panjang.

8. Investor

Investor adalah pihak yang menanamkan modal pada perusahaan penerbit *efek* dengan harapan memperoleh keuntungan di masa mendatang. Investor di Indonesia terbagi menjadi dua kategori utama, yaitu investor domestik dan investor asing. Keberadaan investor mencerminkan tingkat kepercayaan terhadap stabilitas ekonomi dan potensi pertumbuhan pasar modal suatu negara. Dengan demikian, interaksi yang sehat antara investor dan lembaga pasar modal merupakan elemen kunci dalam menciptakan pasar yang dinamis, inklusif, dan berkelanjutan.

2.1.2 Energi Baru Terbarukan

Energi Baru Terbarukan (EBT) didefinisikan sebagai sumber energi yang dihasilkan dari proses alam yang berkelanjutan dan memegang peran vital dalam strategi ekonomi hijau (*green economy*). Transisi energi dari fosil menuju EBT di Indonesia bukan hanya isu lingkungan, tetapi juga strategi ekonomi untuk menciptakan lapangan kerja hijau (*green jobs*) dan memberikan kontribusi signifikan terhadap Produk Domestik Bruto (PDB) nasional [21], [22].

Pemerintah mendukung sektor ini melalui berbagai regulasi dan insentif fiskal, mengingat potensi EBT sebagai stimulus pertumbuhan ekonomi jangka panjang [23]. Sejalan dengan prospek tersebut, serta berdasarkan fokus bisnis emiten yang menjadi objek penelitian (seperti pengembangan energi dari limbah dan proyek pembangkit listrik hijau), maka terdapat empat sub-sektor EBT utama yang menjadi pembahasan dalam penelitian ini:

1. Energi Surya (*Solar PV*)

Energi surya memanfaatkan radiasi matahari menggunakan teknologi fotovoltaik. Pemanfaatan energi ini dianggap sebagai masa depan energi terbarukan karena ketersediaannya yang melimpah. Bagi perusahaan energi (seperti TOBA), proyek Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) menjadi aset strategis karena teknologi penyimpanannya yang terus berkembang dan biaya yang semakin efisien [24].

2. Energi Angin (*Wind Power*)

Energi angin mengonversi energi kinetik udara untuk memutar turbin guna menghasilkan listrik. Meskipun penerapannya memerlukan analisis potensi wilayah yang spesifik seperti di kawasan pesisir, energi angin menawarkan potensi besar

sebagai sumber energi alternatif yang bersih untuk mendukung kebutuhan listrik nasional [25].

3. Energi Hidro (*Hydropower*)

Energi hidro memanfaatkan aliran air untuk menggerakkan turbin. Dalam tinjauan Rahayu dan Windarta, potensi pengembangan tenaga air dari skala besar (PLTA) hingga mikro (PLTMH) di Indonesia sangat melimpah dan didukung oleh kebijakan prioritas pemerintah. Di mata investor, sektor hidro dinilai memiliki stabilitas produksi daya yang baik (*baseload*) dan risiko yang lebih terukur dibandingkan sumber EBT lainnya [26].

4. Energi Biomassa (*Waste-to-Energy*)

Energi biomassa memanfaatkan bahan organik atau limbah untuk dikonversi menjadi energi listrik. Sub-sektor ini sangat relevan dengan emiten yang berfokus pada solusi lingkungan (seperti OASA). Dalam buku monografinya, Simanjuntak menegaskan bahwa teknologi pembangkit listrik biomassa mampu menjadi solusi konkret untuk mengubah sampah menjadi energi termal yang bernilai ekonomis tinggi, sekaligus mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil [27].

Saham Sektor Energi Baru Terbarukan merupakan instrumen pasar modal yang merepresentasikan kepemilikan investor pada perusahaan yang bergerak di sektor pengembangan, produksi, dan distribusi energi terbarukan. Emiten EBT adalah perusahaan yang telah mencatatkan sahamnya di Bursa Efek Indonesia dan memiliki fokus utama pada pemanfaatan sumber energi berkelanjutan [28].

Dalam perspektif teori pasar modal, harga saham emiten EBT dipengaruhi oleh kinerja keuangan perusahaan serta sentimen eksternal seperti kebijakan energi nasional. Prospek saham di sektor ini juga didukung oleh konsep pembiayaan ramah lingkungan (*green financing*), di mana pemerintah memberikan insentif pajak bagi investasi hijau. Hal ini menjadikan saham emiten EBT memiliki daya tarik valuasi jangka panjang, meskipun investor tetap perlu memperhatikan risiko pasar dan kebijakan suku bunga [29].

2.1.3 Analisis Saham

Saham merupakan instrumen keuangan yang menjadi bukti kepemilikan atas suatu perusahaan dan memberikan hak kepada pemegangnya untuk memperoleh bagian dari keuntungan perusahaan. Pemegang saham dikenal dengan istilah *shareholder* atau *stockholder* [30]. Saham merepresentasikan proporsi modal yang dimiliki seseorang dalam suatu perusahaan, di mana pada lembar saham tercantum nilai nominal, nama perusahaan,

serta hak dan kewajiban pemiliknya. Dengan demikian, saham dapat dikategorikan sebagai bentuk penyertaan modal yang bersifat likuid dan dapat diperjualbelikan di pasar [31]. Oleh karena itu, saham berfungsi tidak hanya sebagai instrumen investasi, tetapi juga sebagai sarana distribusi kepemilikan terhadap kinerja ekonomi suatu perusahaan.

Sebagai salah satu instrumen keuangan untuk memperoleh dana jangka panjang, saham menandakan kepemilikan dalam suatu entitas usaha yang tidak memiliki batas waktu tertentu. Nilai saham dipengaruhi oleh kondisi pasar yang tercermin dari pergerakan harga saham di pasar modal, sehingga return saham dapat mengalami perubahan dari waktu ke waktu [32]. Investor yang berinvestasi dalam saham berpotensi memperoleh dua jenis keuntungan, yaitu *dividend* dan *capital gain*. *Dividend* merupakan bagian dari laba perusahaan yang dibagikan secara periodik kepada pemegang saham, sedangkan *capital gain* adalah selisih positif antara harga jual saham dengan harga belinya [33]. Hal ini menunjukkan bahwa saham menawarkan peluang keuntungan sekaligus risiko yang memerlukan analisis pasar yang cermat untuk pengambilan keputusan investasi yang optimal.

Dalam praktiknya, saham dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis utama, yaitu [34]:

1. Saham Biasa

Saham biasa merupakan surat berharga yang diterbitkan oleh perusahaan dengan mencantumkan nilai nominal dalam satuan mata uang tertentu, seperti rupiah atau dolar. Pemegang saham biasa memiliki hak untuk menghadiri Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS) serta berhak memperoleh *dividend* apabila perusahaan mencatatkan laba. Namun, apabila perusahaan mengalami kerugian, pembagian *dividend* tidak dilakukan hingga kerugian tersebut tertutup sepenuhnya sesuai dengan ketentuan hukum yang berlaku [35]. Saham biasa mencerminkan kepemilikan penuh atas perusahaan sekaligus menanggung risiko tertinggi apabila perusahaan mengalami penurunan kinerja.

2. Saham Istimewa

Saham istimewa adalah surat berharga yang memberikan hak istimewa kepada pemegangnya, terutama dalam hal pembagian *dividend* dengan jumlah tetap yang dibayarkan secara periodik, misalnya setiap tiga bulan [36]. Pembayaran *dividend* pada saham istimewa dilakukan terlebih dahulu sebelum pemegang saham biasa, meskipun pemegang saham jenis ini umumnya tidak memiliki hak suara dalam RUPS. Karakteristik saham istimewa membuatnya lebih stabil dibandingkan saham

biasa, sehingga sering dianggap sebagai kombinasi antara instrumen ekuitas dan instrumen utang.

Harga saham terbentuk melalui mekanisme interaksi antara permintaan (*demand*) dan penawaran (*supply*) di pasar modal pada waktu tertentu [37]. Secara teoritis, harga saham mencerminkan *present value* atau nilai sekarang dari ekspektasi pendapatan yang akan diterima oleh investor di masa mendatang [38]. Dengan demikian, harga saham tidak hanya berperan sebagai indikator kinerja suatu perusahaan, tetapi juga sebagai barometer sentimen pasar terhadap kondisi ekonomi secara keseluruhan.

2.1.4 Analisis Teknikal

Analisis teknikal merupakan pendekatan analitis yang menggunakan data statistik serta pola pergerakan pasar untuk memperkirakan arah harga saham di masa mendatang [39]. Metode ini memanfaatkan tabel, grafik, dan perhitungan koefisien statistik guna menilai kecenderungan (*trend*) harga dalam jangka pendek maupun jangka panjang. Fokus utama analisis teknikal terletak pada penggunaan data historis seperti harga penutupan, volume perdagangan, serta indikator pasar lainnya untuk mengidentifikasi pola berulang yang diyakini dapat mencerminkan perilaku pasar di masa depan [40]. Dengan demikian, pendekatan ini lebih menitikberatkan pada aspek psikologis dan reaksi pasar dibandingkan pada kondisi fundamental perusahaan.

Konsep analisis teknikal pertama kali diperkenalkan oleh Charles Dow melalui *Dow Theory*, yang menjadi dasar utama dari pendekatan ini. Menurut teori tersebut, terdapat dua asumsi dasar yang membentuk fondasi analisis teknikal. Asumsi pertama menyatakan bahwa seluruh faktor yang memengaruhi harga sekuritas telah tercermin dalam harga pasar. Sementara itu, asumsi kedua menyatakan bahwa meskipun pergerakan harga tampak acak, sebenarnya terdapat pola dan tren yang berulang seiring waktu [41]. Berdasarkan perkembangan teori Dow, saat ini terdapat tiga prinsip utama yang menjadi dasar penerapan analisis teknikal, yaitu [42]:

1. Harga Mencerminkan Segala Informasi (*Market Action Discounts Everything*)

Seluruh informasi yang berpengaruh terhadap harga saham, baik yang bersifat fundamental, makroekonomi, maupun psikologis, dianggap telah terefleksi secara langsung dalam harga pasar saat ini.

2. Harga Bergerak dalam Tren (*Prices Move in Trends*)

Harga saham, meskipun tampak fluktuatif dalam jangka pendek, menunjukkan kecenderungan untuk mengikuti pola tren tertentu (*uptrend*, *downtrend*, atau *sideways*) dalam jangka waktu yang dapat diamati.

3. Sejarah Cenderung Berulang (*History Repeats Itself*)

Pola pergerakan harga cenderung berulang karena adanya kesamaan perilaku investor yang dipengaruhi oleh faktor psikologis pasar (ketamakan dan ketakutan) yang relatif tetap dari masa ke masa. Prinsip inilah yang menjadi dasar penggunaan algoritma pembelajaran mesin (*machine learning*) untuk mempelajari data historis guna memprediksi harga di masa depan.

Dalam praktiknya, analisis teknikal menggunakan berbagai indikator untuk membantu investor dalam pengambilan keputusan investasi. Beberapa indikator utama yang sering digunakan adalah sebagai berikut:

1. *Moving Average* (MA)

Moving Average merupakan metode perataan data harga dalam periode tertentu untuk mengidentifikasi arah tren pasar. Nilai rata-rata dihitung dari sejumlah data harga sebelumnya dan digeser satu periode ke belakang secara berurutan. Salah satu bentuk paling umum dari metode ini adalah *Simple Moving Average* (SMA), yang diperoleh dengan menjumlahkan harga saham selama periode tertentu, kemudian membaginya dengan jumlah periode tersebut. Secara matematis, rumus SMA adalah sebagai berikut:

$$SMA = \frac{C_1 + C_2 + \dots + C_n}{n} \dots\dots\dots (2.1)$$

Selain SMA, terdapat pula *Exponential Moving Average* (EMA) yang memberikan bobot lebih besar pada data harga terbaru. Rumus EMA didefinisikan sebagai berikut:

$$EMA_t = \left(C_t \times \frac{2}{n+1} \right) + \left(EMA_{t-1} \times \left(1 - \frac{2}{n+1} \right) \right) \dots\dots\dots (2.2)$$

Tren kenaikan SMA/EMA mengindikasikan potensi tren naik (*bullish trend*), sedangkan penurunan menunjukkan tren turun (*bearish trend*) [43]. Indikator ini membantu menyaring fluktuasi harga jangka pendek sehingga tren pasar yang sesungguhnya dapat diamati secara lebih jelas.

2. *Relative Strength Index* (RSI)

Relative Strength Index merupakan indikator momentum yang mengukur kecepatan dan besarnya perubahan harga dalam periode tertentu. RSI digunakan untuk

mengidentifikasi kondisi *overbought* (harga terlalu tinggi) dan *oversold* (harga terlalu rendah). Rumus perhitungan RSI adalah sebagai berikut:

$$RS = \frac{\text{Average Gain}}{\text{Average Loss}} \dots\dots\dots(2.3)$$

$$RSI = 100 - \left(\frac{100}{1+RS} \right) \dots\dots\dots(2.4)$$

Nilai RSI berkisar antara 0 hingga 100, di mana nilai di atas 70 menunjukkan kondisi *overbought* dan nilai di bawah 30 mengindikasikan kondisi *oversold* [44]. Dengan demikian, RSI berfungsi sebagai alat bantu untuk mendeteksi potensi pembalikan arah tren (*reversal*).

3. *Moving Average Convergence Divergence* (MACD)

Moving Average Convergence Divergence merupakan indikator momentum yang menampilkan hubungan antara dua *Exponential Moving Average* (EMA) dari harga saham. EMA memberikan bobot yang lebih besar pada data harga terbaru sehingga lebih responsif terhadap perubahan pasar. Nilai MACD dihitung dengan mencari selisih antara dua EMA yang dirumuskan pada persamaan 2.5, yang selanjutnya dipadukan dengan Garis Sinyal (*Signal Line*), yaitu rata rata eksponensial 9 periode dari garis MACD yang dirumuskan pada persamaan 2.6, serta visualisasi *MACD Histogram* untuk melihat selisih jarak antar keduanya yang dirumuskan pada persamaan 2.7.

$$MACD = EMA_{12} - EMA_{26} \dots\dots\dots(2.5)$$

$$Signal_{line} = EMA_9(MACD_{line}) \dots\dots\dots(2.6)$$

$$MACD_{Hist} = MACD_{Line} - Signal_{Line} \dots\dots\dots(2.7)$$

Ketika garis MACD berada di atas garis sinyal, hal tersebut mengindikasikan potensi tren naik, sedangkan posisi di bawah garis sinyal menandakan tren penurunan [45]. Indikator MACD banyak digunakan karena mampu menggabungkan aspek tren dan momentum secara bersamaan.

4. Volume Perdagangan

Volume perdagangan menggambarkan jumlah saham yang berpindah tangan dalam periode waktu tertentu di pasar modal. Indikator ini berfungsi untuk mengonfirmasi kekuatan suatu tren harga. Peningkatan volume perdagangan biasanya mengindikasikan dukungan kuat terhadap pergerakan harga, sedangkan volume rendah menunjukkan lemahnya keyakinan investor terhadap arah tren [46]. Oleh karena itu, volume perdagangan menjadi elemen penting dalam analisis teknikal karena membantu memperkuat sinyal yang dihasilkan oleh indikator lainnya.

Secara keseluruhan, *analisis teknikal* bertujuan untuk menafsirkan perilaku pasar melalui data historis dalam rangka memperkirakan arah harga di masa depan. Dengan memahami pola, tren, dan indikator yang relevan, investor dapat menentukan waktu yang tepat untuk melakukan pembelian (*buy*) atau penjualan (*sell*) saham guna memaksimalkan potensi keuntungan serta meminimalkan risiko kerugian [47]. Oleh karena itu, *analisis teknikal* menjadi alat penting dalam strategi investasi modern yang menggabungkan aspek statistik, psikologis, dan perilaku pasar secara terpadu.

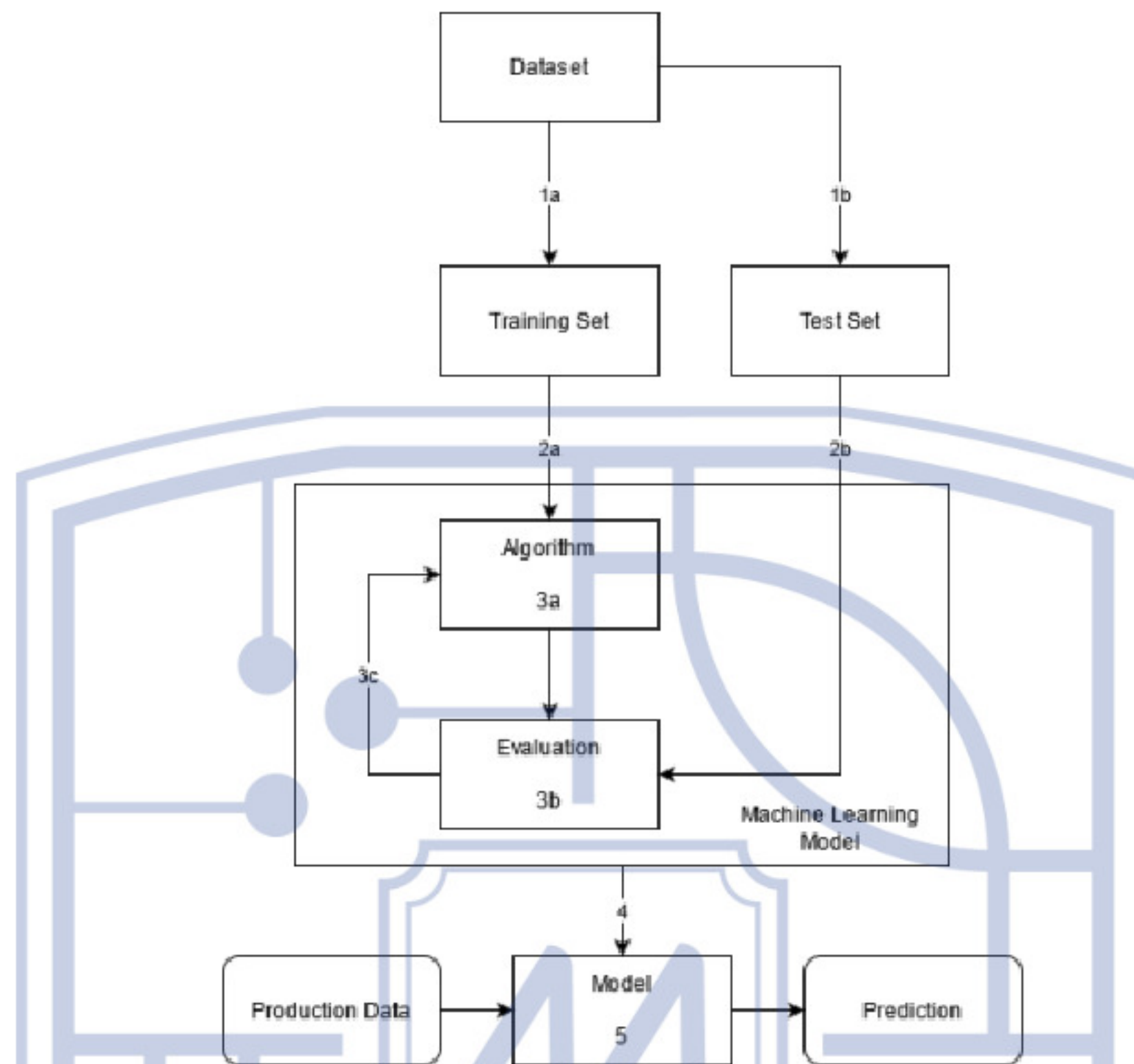
2.1.5 Machine Learning

Machine learning (Pembelajaran Mesin) merupakan salah satu cabang dari kecerdasan buatan (*artificial intelligence*) yang dirancang agar sistem komputer mampu belajar secara mandiri dari data atau contoh yang tersedia serta beradaptasi terhadap kondisi baru tanpa intervensi manusia secara langsung [48]. Tujuan utama dari *machine learning* adalah menghasilkan pola, model, atau klasifikasi tertentu berdasarkan data yang diolah, sehingga sistem dapat melakukan pengambilan keputusan yang akurat dan efisien. Selain itu, *machine learning* juga bertujuan untuk menirukan pola berpikir manusia, sehingga sistem tidak hanya mampu memberikan hasil prediksi, tetapi juga dapat menjelaskan proses di balik pengambilan keputusan tersebut (*explainability*) [49]. Pendekatan ini menjadikan *machine learning* sebagai teknologi yang adaptif dan terus berkembang seiring dengan meningkatnya kompleksitas data dan kebutuhan analisis digital.

Dalam prosesnya, *machine learning* membangun sebuah model pembelajaran yang diperoleh melalui tahap pelatihan menggunakan *training data*. Model yang dihasilkan kemudian digunakan untuk melakukan prediksi atau klasifikasi terhadap data baru yang memiliki karakteristik serupa dengan data latih. Apabila hasil prediksi belum memuaskan, proses pelatihan dapat diulang dengan menyesuaikan parameter agar model yang terbentuk menjadi lebih akurat dan reliabel [50]. Pendekatan ini memperlihatkan sifat iteratif *machine learning*, di mana sistem secara bertahap memperbaiki performanya seiring meningkatnya jumlah data dan pengalaman pembelajaran.

Secara konseptual, *machine learning* berangkat dari gagasan bahwa komputer dapat mempelajari pola dan hubungan dalam data tanpa harus diprogram secara eksplisit untuk setiap kemungkinan yang ada. Kumpulan data yang digunakan dalam proses pembelajaran disebut *dataset*, sedangkan setiap contoh data yang digunakan untuk melatih sistem dikenal sebagai *training set* atau sampel. Semakin banyak data yang tersedia, maka semakin baik pula kemampuan model dalam mengenali pola dan menghasilkan prediksi yang akurat. Oleh

karena itu, kualitas dan kuantitas data menjadi faktor krusial dalam keberhasilan implementasi *machine learning* di berbagai bidang [51].



Gambar 2.2 Proses *Machine Learning* [52]

Secara umum, proses kerja *machine learning* meliputi beberapa tahapan utama, yaitu [53]:

1. Pembagian *dataset* menjadi dua bagian, yakni *training dataset* untuk proses pelatihan dan *testing dataset* untuk pengujian model.
2. Melakukan *data preprocessing* untuk membersihkan informasi yang tidak relevan dan mempersiapkan data agar siap digunakan dalam proses pelatihan.
3. Menerapkan algoritma *machine learning* tertentu terhadap data yang telah diproses, kemudian mengevaluasi hasil yang diperoleh. Jika hasil belum optimal, dilakukan penyesuaian model hingga performa yang diharapkan tercapai.
4. Model yang telah dilatih secara optimal digunakan untuk memprediksi atau mengklasifikasikan data baru yang belum pernah dikenali sebelumnya.

Berdasarkan pendekatan pembelajarannya, *machine learning* secara umum diklasifikasikan ke dalam tiga kategori utama, yaitu [54]:

1. *Supervised Learning*

Supervised Learning adalah metode pembelajaran yang menggunakan data berlabel, di mana setiap contoh data memiliki nilai target atau kategori tertentu. Tujuan

pendekatan ini adalah agar model mampu melakukan klasifikasi maupun regresi secara tepat berdasarkan pola hubungan antara variabel input dan output. Dalam konteks penelitian ini, algoritma *Random Forest* dan LSTM termasuk dalam kategori *Supervised Learning* karena dilatih menggunakan data historis saham untuk memprediksi harga di masa depan.

2. *Unsupervised Learning*

Unsupervised Learning merupakan metode pembelajaran yang menggunakan data tanpa label untuk menemukan pola tersembunyi, struktur, atau kelompok dalam *dataset*. Teknik ini sering diterapkan dalam analisis kluster (*clustering*) dan segmentasi data.

3. *Reinforcement Learning*

Reinforcement Learning adalah metode pembelajaran berbasis interaksi antara sistem dengan lingkungan, di mana model belajar dari umpan balik berupa penghargaan (*reward*) atau hukuman (*penalty*). Pendekatan ini umum digunakan dalam pengembangan sistem permainan logika (*logic games*), robotika, dan kendaraan otonom.

Secara keseluruhan, *machine learning* berperan penting dalam mengotomatisasi proses analisis data dan pengambilan keputusan. Dengan kemampuan adaptif dan fleksibilitasnya terhadap berbagai jenis data, teknologi ini telah menjadi fondasi utama dalam pengembangan sistem cerdas modern, termasuk dalam bidang keuangan, kesehatan, transportasi, dan energi. Oleh karena itu, penerapan *machine learning* dinilai mampu memberikan efisiensi tinggi sekaligus mendukung inovasi berbasis data di berbagai sektor industri.

2.1.6 Model *Random Forest*

Random Forest merupakan salah satu algoritma populer dalam bidang *machine learning* yang digunakan untuk menyelesaikan berbagai permasalahan klasifikasi maupun regresi. Algoritma ini termasuk ke dalam kategori *Supervised Learning* sekaligus *Ensemble Method*. Disebut *supervised* karena pembentukan model memerlukan variabel target sebagai acuan pembelajaran, sedangkan disebut *ensemble* karena *Random Forest* terdiri atas sejumlah *Decision Tree* (disebut *estimators*) yang masing-masing menghasilkan prediksi tersendiri. Hasil prediksi dari seluruh *Decision Tree* tersebut kemudian digabungkan untuk memperoleh keputusan akhir yang lebih stabil dan akurat, sehingga meningkatkan

kemampuan generalisasi model dalam kondisi data yang kompleks dan mengandung *noise*, seperti data historis harga saham [55].

Tujuan utama penggunaan *Random Forest* adalah untuk mengatasi kelemahan yang terdapat pada *Decision Tree* tunggal, terutama permasalahan *overfitting* yang sering muncul saat proses pelatihan. Dengan membangun banyak *Decision Tree* yang dilatih pada subset data yang berbeda, *Random Forest* menghasilkan model yang lebih seimbang dengan variansi yang lebih rendah [56]. Efektivitas algoritma ini telah dibuktikan dalam berbagai penelitian pasar modal. Sebagai contoh, Sadorsky menerapkan *Random Forest* untuk memprediksi arah harga saham energi bersih (*clean energy*) dan menemukan bahwa metode ini mengungguli model logit tradisional [57]. Dalam konteks pasar modal Indonesia, penelitian terbaru menunjukkan bahwa *Random Forest* mampu memprediksi indeks saham syariah dengan tingkat kesalahan yang rendah [58], serta memiliki kinerja yang kompetitif dibandingkan model regresi linier dan *XGBoost* dalam memprediksi saham telekomunikasi (TLKM) [59].

Terdapat beberapa tahapan utama dalam proses pembangunan model *Random Forest*, yaitu [60]:

- 1 *Bootstrap Aggregating (Bagging)*

Tahap ini dimulai dengan membagi dataset menjadi data pelatihan (*training*) dan data pengujian (*testing*). Dari data pelatihan, dilakukan pengambilan sampel acak dengan pengembalian (*random sampling with replacement*) untuk membentuk sejumlah subset data baru. Proses ini bertujuan untuk menciptakan variasi dalam *input* yang akan dipelajari oleh setiap *Decision Tree*.

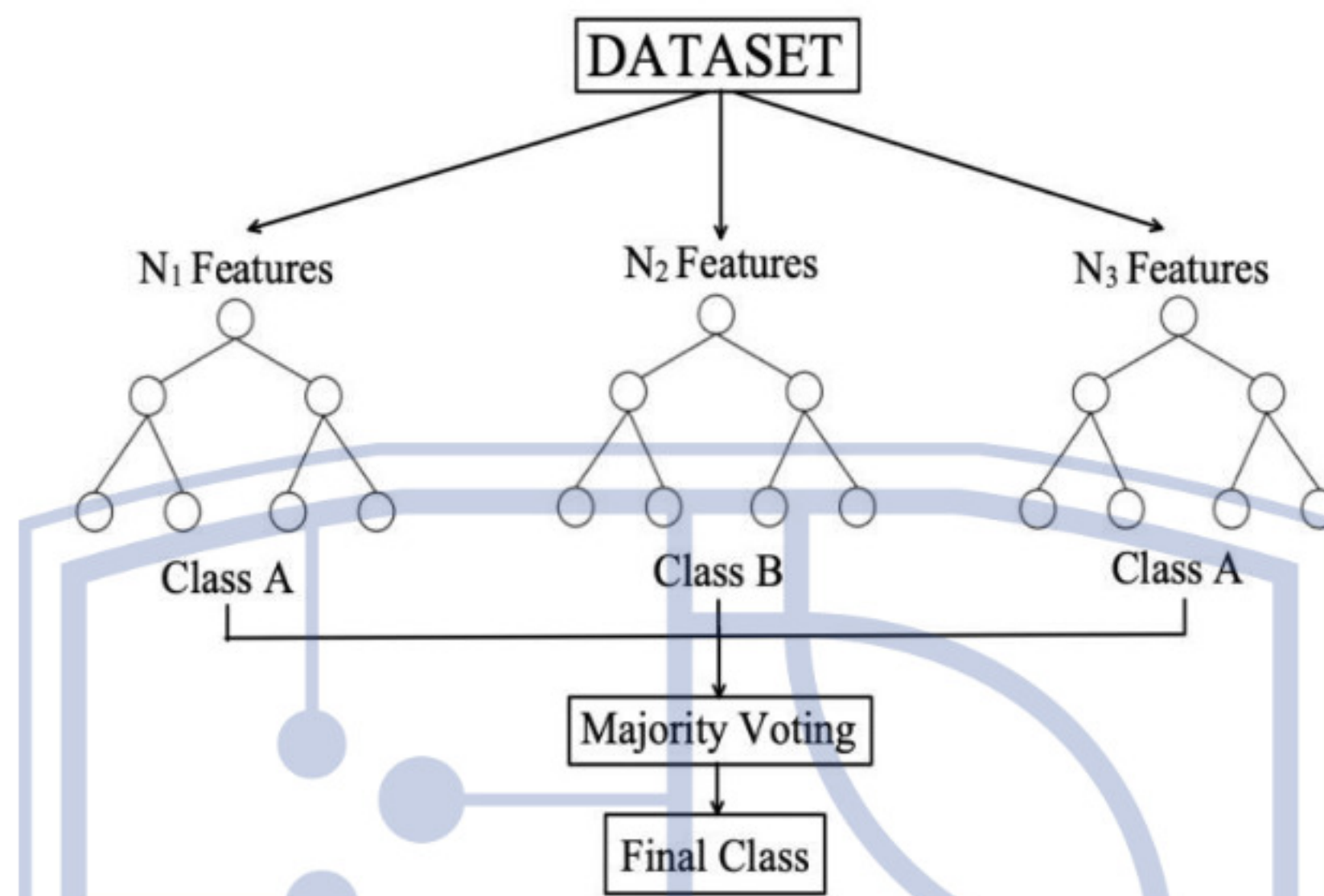
- 2 *Training Estimator*

Setiap subset data hasil *bootstrapping* digunakan untuk melatih satu *Decision Tree*. Pada tahap ini, algoritma juga melakukan pemilihan fitur secara acak (*random feature selection*) di setiap percabangan (*split node*). Hal ini berbeda dengan pohon keputusan biasa yang mencari fitur terbaik dari seluruh opsi yang ada. Tujuannya adalah untuk mengurangi korelasi antar-pohon sehingga model menjadi lebih beragam dan tidak bias terhadap fitur dominan tertentu.

- 3 *Inference (Aggregating)*

Setelah seluruh pohon selesai dilatih, tahap terakhir adalah penggabungan hasil (*aggregating*). Untuk kasus regresi (prediksi harga), *Random Forest* menghitung rata-rata (*mean*) dari prediksi seluruh pohon. Sedangkan untuk klasifikasi (prediksi arah tren), keputusan diambil berdasarkan suara terbanyak (*majority voting*). Metode

agregasi ini terbukti efektif mengurangi variansi model tanpa meningkatkan bias secara signifikan.



Gambar 2.3 Model *Random Forest* [61]

Adapun kelebihan dari model *random forest* adalah sebagai berikut [62]:

- 1 Mampu memodelkan hubungan dan interaksi antarvariabel yang kompleks.
- 2 Lebih tahan terhadap masalah *overfitting* dibandingkan metode pohon tunggal.
- 3 Menghasilkan tingkat kesalahan prediksi yang relatif rendah.
- 4 Menunjukkan performa yang baik dan stabil dalam tugas klasifikasi.
- 5 Efisien dalam memproses data pelatihan berukuran besar.
- 6 Efektif digunakan untuk memperkirakan atau menangani data yang hilang.

Meskipun demikian, model ini juga memiliki beberapa keterbatasan, antara lain kebutuhan komputasi yang relatif tinggi, potensi terjadinya *overfitting*, proses pembelajaran yang cenderung lebih lambat, serta kompleksitas dan ukuran model yang dihasilkan yang cukup besar [62].

Secara keseluruhan, *Random Forest* menawarkan keseimbangan antara akurasi dan efisiensi dalam pemrosesan data berukuran besar. Dengan prinsip *ensemble learning* yang memanfaatkan kekuatan kolektif dari banyak *Decision Tree*, model ini mampu menghasilkan performa prediktif yang andal dan minim kesalahan generalisasi [63]. Oleh karena itu, *Random Forest* dianggap sebagai salah satu algoritma paling kuat dan serbaguna dalam penerapan analisis data modern, baik untuk penelitian akademik maupun implementasi industri.

2.1.7 Model Long Short Term Memory (LSTM)

Long Short-Term Memory (LSTM) merupakan salah satu jenis arsitektur *Recurrent Neural Network* (RNN) yang dirancang untuk memproses serta memprediksi data berurutan (*sequential data*), khususnya yang memiliki keterkaitan dan pola jangka panjang. Keunggulan utama LSTM dibandingkan dengan RNN konvensional terletak pada kemampuannya dalam mempertahankan informasi penting dari waktu ke waktu melalui mekanisme memori jangka panjang (*long-term memory*), sehingga mampu mengatasi permasalahan *vanishing gradient* yang sering terjadi pada model RNN tradisional [64]. Dengan kemampuan tersebut, LSTM menjadi salah satu model yang paling andal dalam menangani data yang bersifat temporal dan kompleks, seperti data keuangan, sensor, atau deret waktu lainnya.

Secara konseptual, LSTM dikembangkan untuk mengatasi keterbatasan RNN dalam menangani ketergantungan jangka panjang (*long-term dependency*). Pada RNN biasa, informasi dari langkah sebelumnya cenderung berkurang atau bahkan hilang seiring bertambahnya panjang urutan data yang diproses. LSTM mengatasi masalah ini dengan menambahkan struktur sel memori yang berfungsi menyimpan, memperbarui, dan menghapus informasi sesuai kebutuhan jaringan, sehingga hubungan antar data tetap terpelihara meskipun jarak waktunya panjang [65]. Inovasi ini menjadikan LSTM tidak hanya efektif dalam menjaga kontinuitas informasi, tetapi juga efisien dalam proses pelatihan untuk dataset berskala besar.

Sebagai salah satu arsitektur jaringan saraf yang paling banyak digunakan dalam analisis deret waktu (*time series forecasting*), LSTM memperkenalkan mekanisme *gating system* untuk mengatur aliran informasi di dalam jaringan. Sistem ini memungkinkan model menilai secara adaptif informasi mana yang relevan untuk dipertahankan dan mana yang perlu diabaikan. Pendekatan ini tidak hanya mengatasi fenomena *vanishing gradient*, tetapi juga mencegah *exploding gradient*, dua masalah utama dalam pelatihan jaringan berurutan yang panjang. Dengan demikian, LSTM mampu menghasilkan prediksi yang lebih stabil, akurat, dan konsisten pada data yang memiliki pola kompleks [66].

Arsitektur LSTM terdiri atas tiga gerbang utama (*gates*), yaitu *forget gate*, *input gate*, dan *output gate*. Ketiga gerbang ini bekerja secara terintegrasi untuk mengontrol penyimpanan dan propagasi informasi di dalam jaringan [67].

1. *Forget Gate* berfungsi menentukan informasi yang perlu dihapus atau dipertahankan dari memori jangka panjang berdasarkan keadaan tersembunyi sebelumnya (*previous*

hidden state) dan masukan saat ini (*current input*). Nilai keluaran dari gerbang ini mengatur proporsi informasi lama yang disimpan dalam *cell state*.

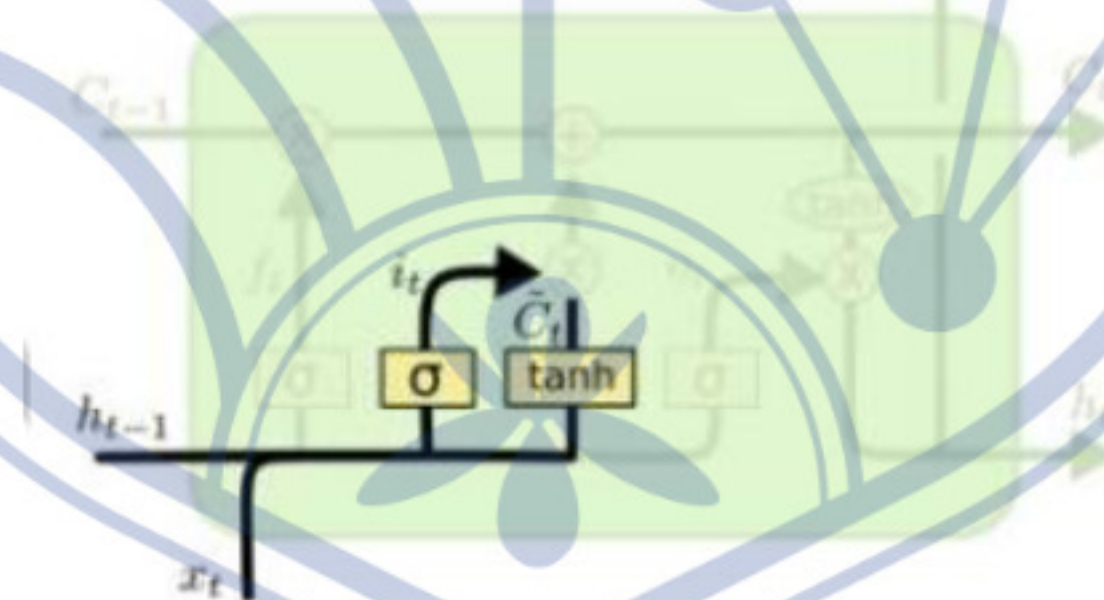
2. *Input Gate* bertanggung jawab memperbarui *cell state* dengan menyeleksi data baru yang relevan untuk ditambahkan. Proses ini menggunakan kombinasi keadaan tersembunyi sebelumnya dan data input baru guna menghasilkan *candidate cell state* yang akan disimpan dalam memori utama.
3. *Output Gate* menentukan nilai keluaran (*hidden state*) baru berdasarkan hasil pemrosesan dari *forget gate* dan *input gate*. Nilai ini menjadi masukan bagi langkah berikutnya atau dijadikan hasil akhir prediksi dari jaringan.

Proses kerja LSTM umumnya melibatkan empat langkah utama, yaitu sebagai berikut [68]:

1. Langkah pertama, menentukan informasi yang akan disimpan di *cell state*. Terdapat dua bagian penting, yaitu *input gate layer* (berbasis fungsi sigmoid) untuk menentukan nilai yang diperbarui, dan *tanh layer* untuk membuat kandidat nilai baru $\tilde{C}_t$. Output dari keduanya digabungkan untuk memperbarui *cell state* sesuai persamaan 2.8 dan 2.9.

$$\tilde{C}_t = \tanh(W_c x_t + U_c h_{t-1} + b_c) \dots\dots\dots (2.8)$$

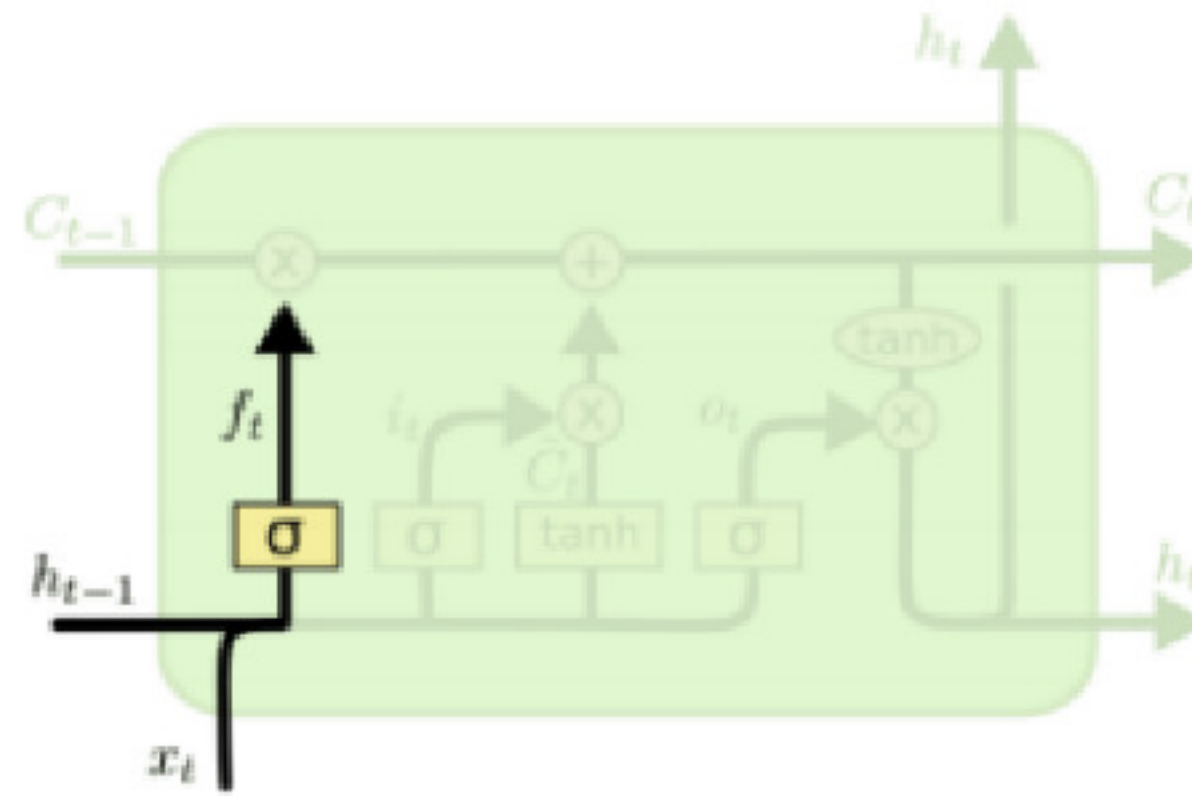
$$i_t = \sigma(W_i x_t + U_i h_{t-1} + b_i) \dots\dots\dots (2.9)$$



Gambar 2.4 *Input gate layer* dan *tanh layer* [69]

2. Langkah kedua, menentukan informasi yang akan dihapus dari *cell state* melalui *forget gate layer* yang memproses h_{t-1} dan x_t , sebagaimana dijelaskan pada persamaan 2.10.

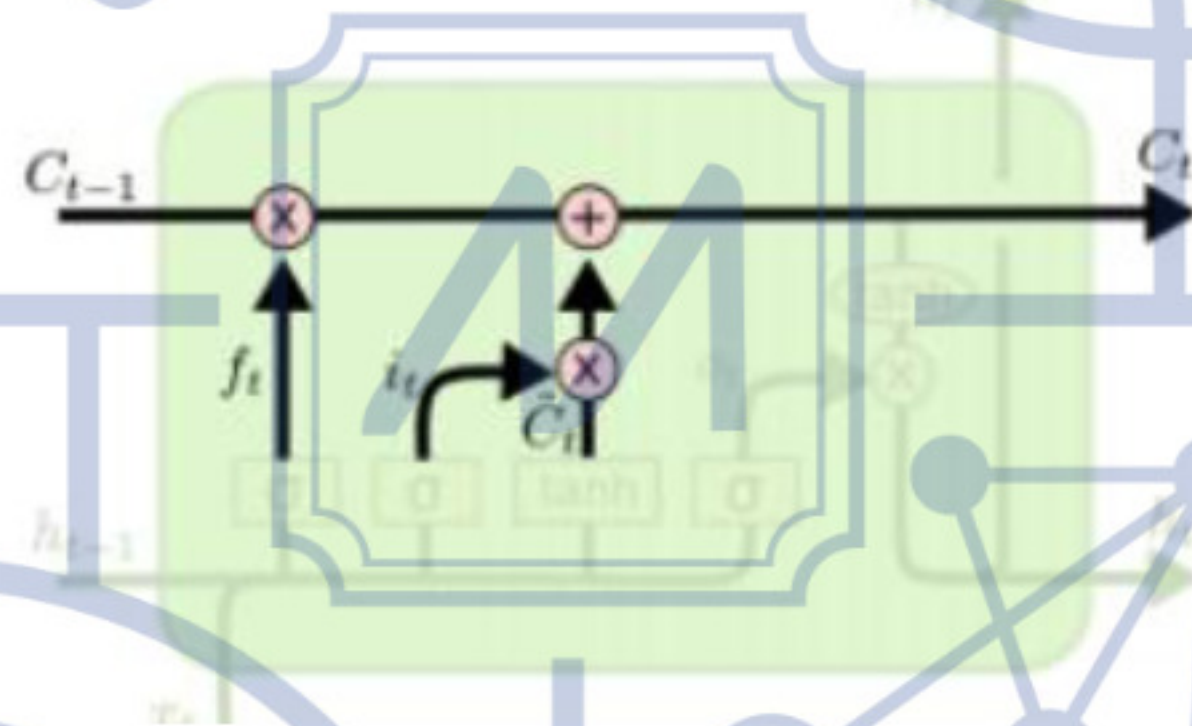
$$f_t = \sigma(W_f x_t + U_f h_{t-1} + b_f) \dots\dots\dots (2.10)$$



Gambar 2.5 Forget Gate Layer [69]

3. Langkah ketiga, memperbarui *cell state* lama C_{t-1} menjadi C_t dengan menghapus informasi yang tidak relevan dan menambahkan nilai baru dari langkah sebelumnya, seperti pada persamaan 2.11.

$$C_t = i_t \times \tilde{C}_t + f_t \times C_{t-1} \dots \dots \dots (2.11)$$

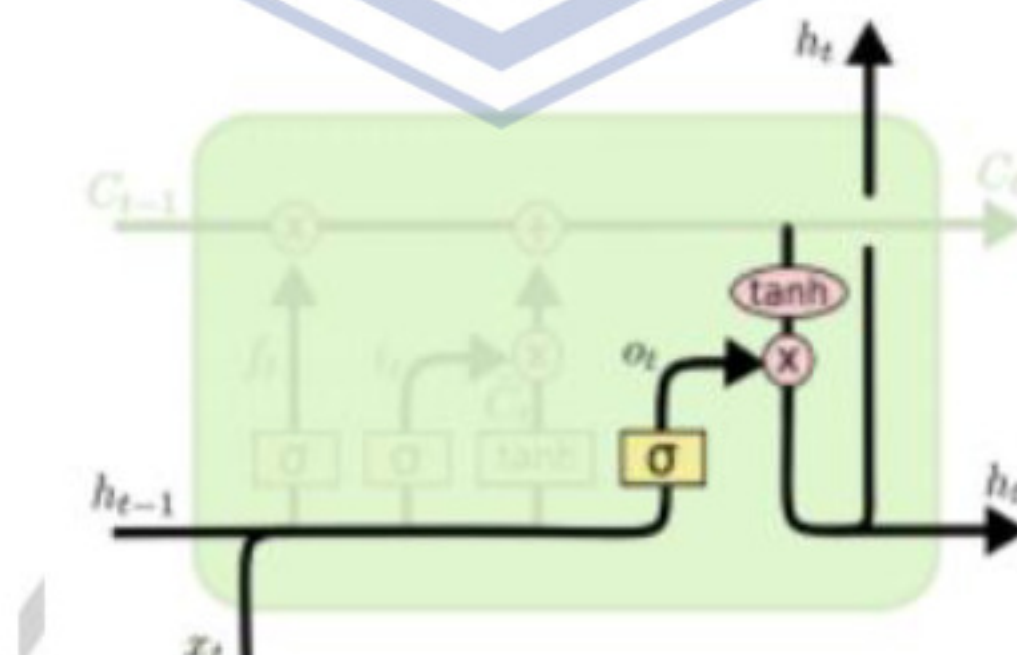


Gambar 2.6 Pembuatan *cell state* baru [69]

4. Langkah keempat, menghasilkan output akhir (*hidden state*) yang sesuai dengan *cell state* melalui kombinasi *sigmoid layer* dan *tanh layer*, sebagaimana ditunjukkan pada persamaan 2.12 dan 2.13.

$$o_t = \sigma(W_o x_t + U_o h_{t-1} + b_o) \dots \dots \dots (2.12)$$

$$h_t = o_t \times \tanh(C_t) \dots \dots \dots (2.13)$$



Gambar 2.7 Penentuan *output* [69]

Secara keseluruhan, LSTM merupakan model yang unggul dalam memproses data sekuensial dengan dinamika jangka panjang. Dengan kemampuan mengingat konteks historis yang kuat dan mekanisme adaptif dalam penyaringan informasi, LSTM menjadi fondasi penting bagi berbagai aplikasi modern, termasuk analisis pasar saham, prediksi cuaca, dan pemrosesan bahasa alami (*natural language processing*). Hal ini membuktikan bahwa LSTM tidak hanya berperan sebagai pengembangan dari RNN, tetapi juga sebagai inovasi krusial dalam evolusi model pembelajaran berbasis waktu [70].

2.1.8 Normalisasi Data

Normalisasi data merupakan tahapan pra-pemrosesan (*pre-processing*) yang sangat krusial dalam pembangunan model *Deep Learning* untuk peramalan keuangan (*financial forecasting*). Data *time-series* pasar saham memiliki karakteristik volatilitas yang tinggi, *non-stationarity*, dan rentang nilai yang sangat bervariasi antarfitur (misalnya, harga penutupan vs volume transaksi). Tanpa normalisasi, model jaringan saraf (*neural networks*) cenderung mengalami ketidakstabilan numerik saat proses pelatihan karena algoritma optimasi berbasis gradien (*gradient descent*) sangat sensitif terhadap skala input yang tidak seragam [71].

Untuk mengatasi masalah tersebut, penelitian ini menerapkan teknik normalisasi *Min-Max Scaling*. Metode ini mentransformasikan seluruh fitur data ke dalam rentang skala yang seragam, yaitu antara 0 dan 1, tanpa mengubah distribusi atau pola asli dari data tersebut. Transformasi ini bertujuan untuk menghilangkan dominasi fitur dengan nilai numerik besar terhadap fitur dengan nilai kecil, sehingga setiap fitur memiliki kontribusi yang seimbang dalam proses pembelajaran model. Rumus matematis dari *Min-Max Scaler* didefinisikan sebagai berikut [72]:

$$x_{\text{scaled}} = \frac{x - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \dots\dots\dots(2.14)$$

Keterangan:

x_{scaled} : Nilai data setelah dinormalisasi (berada di rentang 0-1).

x : Nilai data asli sebelum normalisasi.

$x_{\min}$: Nilai minimum dari fitur terkait dalam dataset.

$x_{\max}$: Nilai maksimum dari fitur terkait dalam dataset.

Penggunaan teknik ini terbukti efektif dalam meningkatkan stabilitas dan akurasi prediksi pada model LSTM karena fungsi aktivasi (seperti *sigmoid* atau *tanh*) bekerja paling optimal pada rentang input yang ternormalisasi [71].

2.1.9 Evaluasi Kinerja Model

Evaluasi kinerja merupakan tahapan krusial untuk mengukur sejauh mana model *machine learning* mampu melakukan generalisasi terhadap data yang belum pernah dilihat sebelumnya. Dalam penelitian klasifikasi pergerakan harga saham, kinerja model dievaluasi menggunakan *Confusion Matrix*. Matriks ini merepresentasikan perbandingan antara hasil prediksi model dengan label aktual data uji, yang terdiri dari empat komponen utama, yaitu [73]:

1. *True Positive* (TP)

Kondisi ini terjadi ketika model memprediksi harga akan naik (*positive*), dan secara aktual harga benar-benar naik.

2. *True Negative* (TN)

Kondisi ini terjadi ketika model memprediksi harga akan turun (*negative*), dan secara aktual harga benar-benar turun.

3. *False Positive* (FP)

Kondisi ini terjadi ketika model memprediksi harga akan naik, namun kenyataannya harga turun (kesalahan Tipe I). Dalam konteks investasi, ini berisiko menyebabkan kerugian modal.

4. *False Negative* (FN)

Kondisi ini terjadi ketika model memprediksi harga akan turun, namun kenyataannya harga naik (kesalahan Tipe II). Ini merepresentasikan hilangnya potensi keuntungan (*opportunity loss*).

Berdasarkan keempat komponen tersebut, kinerja prediksi model diukur menggunakan empat metrik evaluasi utama sebagai berikut [74]:

1. Akurasi (*Accuracy*)

Akurasi mengukur rasio total prediksi yang benar (baik positif maupun negatif) terhadap keseluruhan jumlah sampel data. Metrik ini memberikan gambaran umum mengenai efektivitas model secara global. Namun, dalam kasus data pasar keuangan yang sering kali memiliki ketidakseimbangan kelas (*imbalanced datasets*), akurasi semata bisa menjadi bias dan kurang representatif.

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \dots \dots \dots (2.15)$$

2. Presisi (*Precision*)

Presisi mengukur tingkat ketepatan model dalam memprediksi kelas positif (harga naik). Nilai presisi yang tinggi mengindikasikan bahwa model memiliki tingkat

kepercayaan yang tinggi saat memberikan sinyal “Beli”, sehingga meminimalkan risiko terjebak dalam posisi *False Positive*.

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP} \dots\dots\dots(2.16)$$

3. *Recall* (Sensitivitas)

Recall menggambarkan kemampuan model dalam mendeteksi seluruh kejadian positif yang ada dalam dataset. Nilai *recall* yang tinggi berarti model mampu menangkap sebagian besar peluang kenaikan harga yang muncul di pasar, sehingga meminimalkan *False Negative* atau peluang yang terlewatkan.

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN} \dots\dots\dots(2.17)$$

4. *F1-Score*

F1-Score merupakan rata-rata harmonik (*harmonic mean*) dari presisi dan *recall*. Metrik ini menjadi indikator yang lebih objektif dibandingkan akurasi ketika dataset memiliki distribusi kelas yang tidak seimbang atau ketika biaya kesalahan FP dan FN dianggap sama pentingnya.

$$F1-Score = 2 \times \frac{Precision \times Recall}{Precision + Recall} \dots\dots\dots(2.18)$$

2.1.10 Optimasi *Hyperparameter* (*Tuning*)

Optimasi *hyperparameter* merupakan proses krusial dalam pembangunan model pembelajaran mesin untuk mencari kombinasi parameter eksternal yang menghasilkan performa prediksi paling optimal. Berbeda dengan parameter internal yang dipelajari model secara otomatis selama proses pelatihan (seperti bobot pada jaringan saraf), *hyperparameter* harus ditentukan sebelum proses pelatihan dimulai dan sangat memengaruhi kemampuan generalisasi model terhadap data baru [75].

Pentingnya optimasi ini didasari oleh karakteristik data pasar modal yang memiliki tingkat *noise* tinggi, bersifat non-linier, dan sangat dinamis. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan algoritma *Machine Learning* dan *Deep Learning* memerlukan penyesuaian parameter yang presisi untuk dapat menangkap pola tren pasar baik dari data kontinu maupun biner secara efektif [76]. Terdapat beberapa teknik optimasi yang umum digunakan, antara lain:

1. *Grid Search*

Grid Search melakukan pencarian secara komprehensif pada ruang parameter yang telah ditentukan secara manual untuk menemukan kombinasi terbaik [77].

2. *Random Search*

Random Search memilih kombinasi parameter secara acak dari distribusi tertentu, yang seringkali terbukti lebih efisien secara komputasi dibandingkan *Grid Search* [77].

3. *Bayesian Optimization*

Bayesian Optimization menggunakan model probabilistik untuk memprediksi performa parameter dan secara cerdas memilih parameter berikutnya guna meminimalkan fungsi kerugian (*loss function*) [78].

Dalam arsitektur *Random Forest*, optimasi difokuskan pada parameter seperti jumlah pohon (*n_estimators*) dan kedalaman maksimal pohon (*max_depth*) untuk mengontrol variansi serta mencegah terjadinya *overfitting* [77]. Sementara itu, pada model *Long Short-Term Memory* (LSTM), parameter kritis yang perlu dioptimasi meliputi laju pembelajaran (*learning rate*), jumlah unit tersembunyi (*hidden units*), dan jumlah iterasi (*epochs*) [79]. Pengaturan *learning rate* yang tepat sangat vital untuk memastikan algoritma optimasi dapat mencapai konvergensi pada titik minimum global tanpa terjebak dalam osilasi [79].

2.2 Tinjauan Objek Penelitian

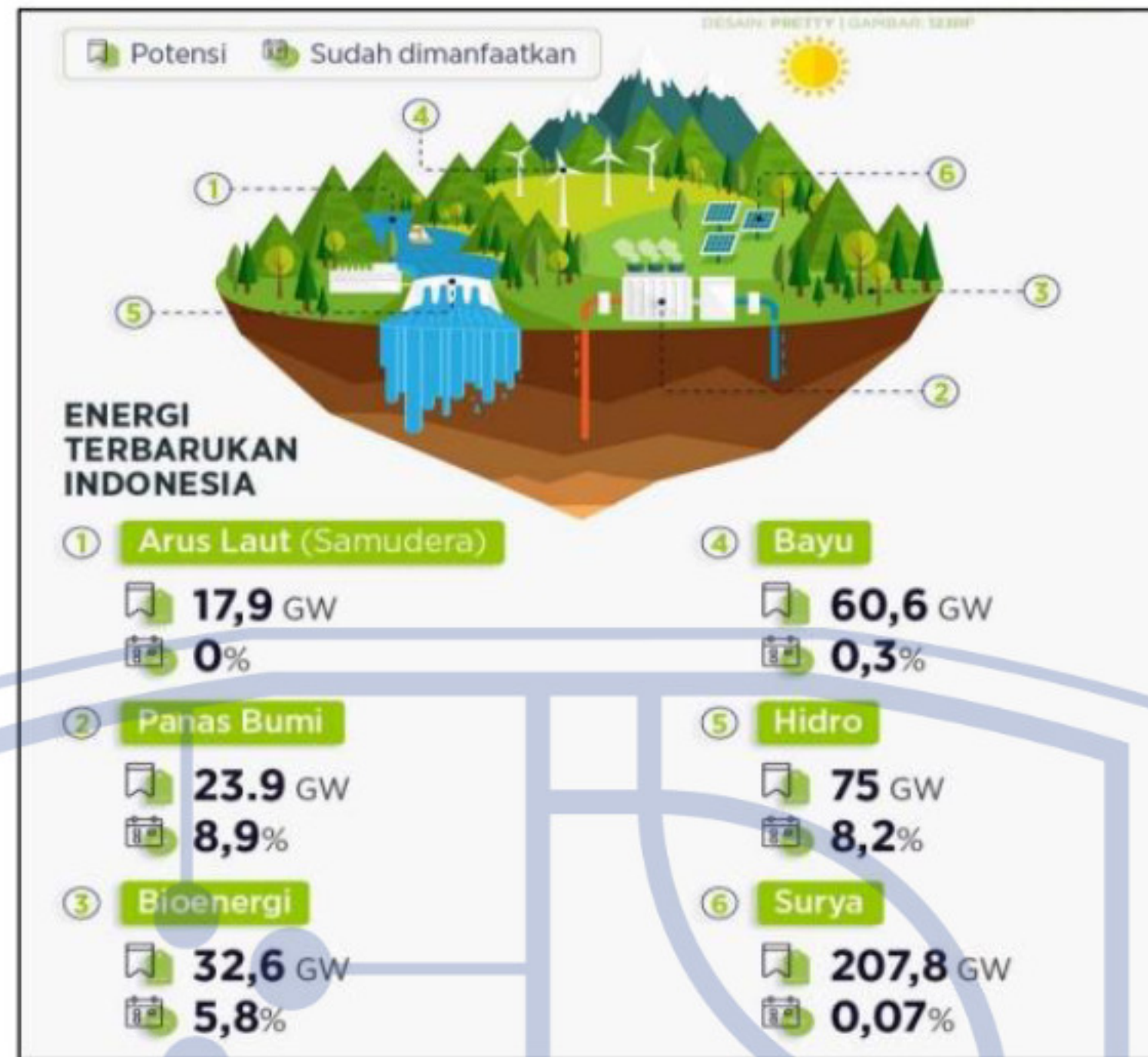
Berdasarkan Undang-Undang Nomor 30 Tahun 2007 tentang Energi, sumber energi baru didefinisikan sebagai energi yang dihasilkan melalui penerapan teknologi inovatif, baik yang berasal dari sumber energi terbarukan maupun dari sumber energi tak terbarukan. Adapun sumber energi terbarukan merupakan energi yang berasal dari sumber daya alam yang dapat diperbaharui secara berkelanjutan apabila dikelola dengan tepat dan efisien [80].

Permasalahan utama dalam sektor energi di Indonesia saat ini mencakup menurunnya cadangan bahan bakar fosil serta keterbatasan akses masyarakat terhadap energi, khususnya di wilayah tertinggal, terpencil, dan perbatasan. Dari sisi ketersediaan, produksi minyak bumi mengalami penurunan yang cukup signifikan, sementara kebutuhan bahan bakar minyak (BBM) terus meningkat seiring pertumbuhan populasi dan industri [81]. Kondisi ini menyebabkan ketergantungan terhadap impor minyak mentah dan produk turunannya semakin tinggi. Di sisi lain, pemerataan distribusi energi masih menjadi tantangan besar karena sebagian daerah belum mendapatkan pasokan energi yang memadai. Situasi tersebut menegaskan urgensi pengembangan sumber energi alternatif yang berkelanjutan sebagai langkah strategis dalam menjamin ketahanan energi nasional dan mengurangi emisi karbon [82].

Sesuai dengan Peraturan Pemerintah Nomor 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional (KEN), pemerintah Indonesia menargetkan porsi bauran energi baru dan terbarukan (EBT) minimal sebesar 23% dari total kebutuhan energi nasional pada tahun 2025. Sumber energi yang diharapkan berkontribusi dalam pencapaian target tersebut meliputi energi panas bumi (*geothermal energy*), energi angin (*wind energy*), bioenergi (*bioenergy*), energi surya (*solar energy*), serta energi air yang bersumber dari aliran maupun terjunan (*hydropower*). Selain itu, energi kelautan yang berasal dari perbedaan suhu lapisan laut dan gerakan gelombang juga menjadi potensi penting dalam diversifikasi sumber EBT nasional. Di samping itu, teknologi baru berbasis sumber tak terbarukan seperti energi nuklir, hidrogen, gas metana batubara (*coal bed methane*), batubara tercairkan (*liquified coal*), dan batubara tergaskan (*gasified coal*) turut termasuk dalam kategori energi baru sesuai kebijakan nasional [83].

Secara potensial, Indonesia memiliki cadangan energi terbarukan yang sangat besar, yaitu sekitar 417,8 gigawatt (GW). Namun, hingga tahun 2020, tingkat pemanfaatan energi terbarukan masih tergolong rendah, yakni baru mencapai sekitar 2,5% atau setara dengan 10,4 GW dari total potensi yang ada. Kesenjangan antara potensi dan realisasi pemanfaatan tersebut menunjukkan bahwa pengembangan sektor EBT di Indonesia masih menghadapi berbagai tantangan, baik dari sisi investasi, penguasaan teknologi, maupun ketersediaan infrastruktur pendukung [83].

Perbandingan antara potensi dan pemanfaatan energi terbarukan di Indonesia hingga tahun 2020, yang digambarkan dalam Gambar 2.8, menunjukkan besarnya peluang pengembangan energi baru dan terbarukan untuk mencapai target bauran energi nasional di masa mendatang [84]. Dengan memaksimalkan potensi sumber daya alam serta memperkuat dukungan kebijakan dan teknologi, Indonesia memiliki peluang besar untuk menjadi salah satu negara dengan sistem energi berkelanjutan yang tangguh dan berdaya saing di tingkat global [85].



Gambar 2.8 Potensi dan Pemanfaatan Energi Terbarukan di Indonesia [84]