

BAB 2 - KAJIAN PUSTAKA

2.1 *Supply Chain*

Kemajuan pesat dalam teknologi informasi dan proses manufaktur telah mengurangi waktu tunggu. siklus hidup produk. Setiap perusahaan akan melakukan segala upaya untuk meningkatkan produktivitas, efisiensi, perawatan yang cepat dan mudah, serta akan terus menciptakan berbagai inovasi untuk tetap terdepan dan bertahan di pasar. Selain meningkatkan kinerja dan efisiensi, pelaku bisnis perlu memahami dan mengetahui apa yang diinginkan konsumen.

(Pujawan dan Mahendrawati, 2017), menggambarkan pentingnya peran semua pihak dalam peran pemasok, produsen, distributor, pengecer dan pelanggan dalam menciptakan produk yang terjangkau, berkualitas tinggi dan cepat. Di sinilah konsep baru manajemen rantai pasokan lahir.

Manajemen Rantai Pasokan (*Supply Chain Management*) adalah integrasi kegiatan untuk pengadaan bahan dan jasa, konversi ke produk setengah jadi dan jadi, dan pengiriman ke pelanggan (Heizer dan Render, 2018).

Menurut teori di atas, rantai pasok merupakan bagian penting dari proses PT United Tractors Site Adaro Tanjung sebagai distributor suku cadang meliputi proses pemesanan, saluran distribusi, dan rantai produk dari manajemen persediaan hingga produk. pergi ke pelanggan.

2.1.1 Strategi *Supply Chain*

Strategi *supply chain* adalah pengembangan strategi yang memperhitungkan strategi rantai pasok perusahaan serta mitra bisnisnya. Strategi rantai pasokan harus bertujuan untuk keunggulan kompetitif yang berkelanjutan secara holistik (Schroeder, 2018).

(Heizer dan Render, 2018), menjelaskan bahwa ada enam strategi dalam rantai pasokan. Yaitu, strategi negosiasi multi-vendor, strategi kemitraan jangka panjang

untuk kepuasan pelanggan multi-vendor, integrasi vertikal, usaha patungan, jaringan keiretsu, dan perusahaan virtual.

2.1.2 Komponen *Supply Chain*

Komponen *supply chain* menurut (Turban, 2018), terdiri dari tiga komponen utama :

1. Rantai Pasokan Hulu

Bagian hulu dari rantai pasok meliputi kegiatan perusahaan dengan pemasok (produksi, perakitan, penyediaan jasa) dan kegiatan yang berhubungan dengan pemasok. Pembelian adalah aktivitas utama dalam rantai pasokan hulu.

2. Rantai Pasokan Internal

Bagian internal dari rantai pasok mencakup semua proses internal yang digunakan untuk mengubah masukan yang diterima dari pemasok menjadi keluaran organisasi. Bagian internal dari rantai pasokan yang berfokus pada manajemen produksi, produksi, dan manajemen inventaris.

3. Rantai Pasokan Hilir

Bagian hilir dari rantai pasok mencakup semua aktivitas yang terkait dengan pengiriman produk ke konsumen akhir. Sebagai bagian dari rantai pasok, kegiatan utamanya adalah distribusi, pergudangan, transportasi, dan layanan purna jual.

2.1.3 Arus dalam *Supply Chain*

(Rainer, B., Prince and Cegielski, 2014), mengasumsikan bahwa ada tiga aliran dalam rantai pasokan.

1. Bahan

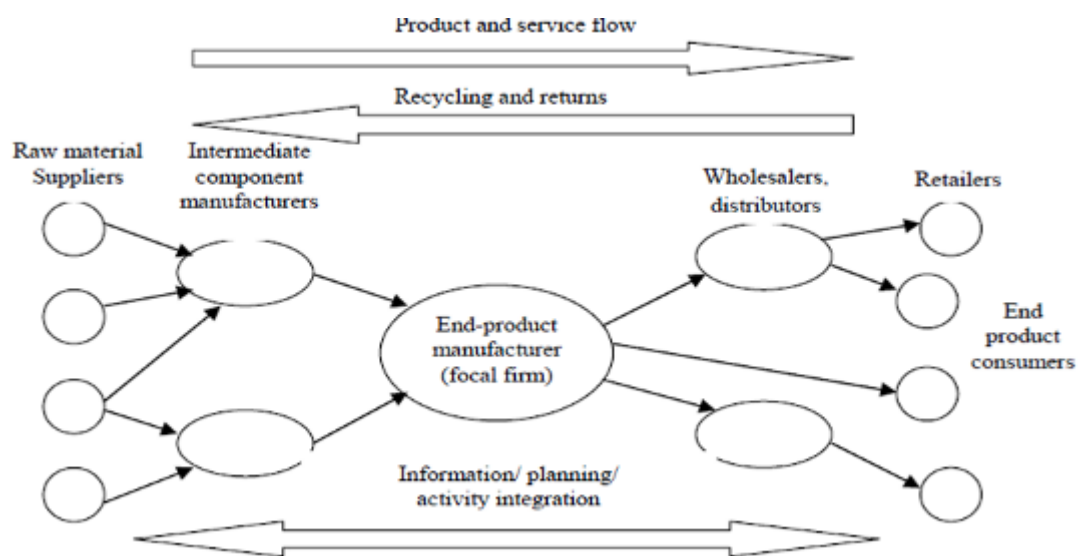
Aliran material mencakup produk fisik dari bahan mentah yang dipasok di sepanjang rantai pasokan. Aliran material juga termasuk aliran balik (reverse flow).

2. Informasi

Arus informasi terdiri dari data yang berkaitan dengan permintaan, pengiriman, pesanan, pengembalian dan jadwal serta perubahan data tersebut.

3. Keuangan

Aliran keuangan mencakup transfer kawat, pembayaran, informasi dan otorisasi kartu kredit, jadwal pembayaran, pembayaran elektronik, dan data kredit terkait sesuai gambar 2.1.



Gambar 2.1 *Generic Supply Chain*

Sumber : (Felea & Albastroiu, 2018)

2.1.4 Jenis *Supply Chain*

(Turban, et al., 2018), menjelaskan empat jenis utama rantai pasokan:

1. *Make to Stock* Terintegrasi

Jenis pertama, integrasi dan informasi permintaan konsumen (real-time), dampak dari integrasi ini adalah proses produksi dapat lebih efektif menjamin stok barang. Integrasi ini merupakan sistem informasi yang tepat bagi perusahaan.

2. Pengisian terus menerus

Jenis ini memungkinkan perusahaan untuk bekerja dengan pemasok atau perantara untuk mengisi kembali persediaan umum mereka. Biaya rantai pasok meningkat ketika ada kondisi tidak normal seperti cuaca buruk atau gangguan dalam proses

distribusi. Informasi real-time tentang perubahan permintaan diperlukan untuk proses produksi tepat waktu dan pengiriman ulang barang.

3. *Build to Order*

Kami membuat sesuai pesanan Tidak menutup kemungkinan jika perusahaan dapat memproduksi secara langsung pada saat konsumen meminta atau memesan.

4. Perakitan saluran

Pembuatan saluran adalah modifikasi singkat dari model *build-to-order*. Dalam model ini, , Komponen , Produk Gabungan dan Perakitan Produk mengalir melalui Saluran Distribusi dalam perjalanan.

2.2 **Manajemen Supply Chain**

2.2.1 **Definisi Manajemen Supply Chain**

Merencanakan, merancang, dan mengontrol aliran informasi dan data melalui rantai pasokan untuk memenuhi kebutuhan konsumen saat ini secara efektif. dan di masa depan (Schroeder, 2018).

Manajemen rantai pasok adalah proses kompleks yang memerlukan koordinasi banyak kegiatan untuk memastikan bahwa pengiriman barang dan jasa dari pemasok ke pelanggan efisien dan efektif untuk semua pihak yang terlibat (Turban, et al., 2018).

Manajemen rantai pasokan adalah pengelolaan berbagai aktivitas pembelian bahan dan jasa, mengubahnya menjadi produk setengah jadi dan jadi, dan mengirimkan produk melalui sistem distribusi (Heizer & Render, 2018).

Dari pengertian di atas dapat disimpulkan bahwa supply chain management adalah suatu sistem integrasi dan koordinasi dalam proses perencanaan, perancangan dan pengendalian arus informasi dan data agar barang dapat sampai ke tangan konsumen dengan cepat dan tepat.

Teori ini berkaitan dengan identifikasi masalah 2 dan 3 karena manajemen rantai pasokan memainkan peran penting di PT. Salah satu hal yang dilakukan United Tractors Tbk adalah mengurangi persediaan dengan mengontrol stok mana yang terbaik untuk setiap suku cadang. Jika SCM diimplementasikan dengan baik di masa depan, diharapkan proses distribusi akan didukung dengan baik.

Tabel 2.1 Supply Chain Management Stages

<i>SCM Stage</i>	<i>Management Focus</i>	<i>Organizational Design</i>
Stage 1 to 1960s <i>Warehousing and Transportation</i>	<i>Operations performance</i> <i>Support for sales/marketing</i> <i>Warehousing</i> <i>Inventory control</i> <i>Transportation efficiencies</i>	<i>Decentralized logistics functions</i> <i>Weak internal linkages between logistics functions</i> <i>Little logistics management Authority</i>
Stage 2 to 1980 <i>Total Cost Management</i>	<i>Logistics centralization</i> <i>Total cost management</i> <i>Optimizing operations</i> <i>Customer service</i> <i>Logistics as a competitive Advantage</i>	<i>Centralized logistics functions</i> <i>Growing power of logistics management authority</i> <i>Application of computer</i>
Stage 3 to 1990 <i>Integrated Logistics Management</i>	<i>Logistics planning</i> <i>Supply chain strategies</i> <i>Integration with enterprise functions</i> <i>Integration with channel operations functions</i>	<i>Expansion of logistics functions</i> <i>Supply chain planning</i> <i>Support for TQM</i> <i>Expansion of logistics management functions</i>
Stage 4 to 2000 <i>Supply Chain Management</i>	<i>Strategic view of supply chain</i> <i>Use of extranet technologies</i> <i>Growth of co evolutionary channel alliances</i> <i>Collaboration to leverage channel competencies</i>	<i>Trading partner networking</i> <i>Virtual organization</i> <i>Market co evolution</i> <i>Benchmarking and reengineering</i> <i>Supply chain TQM metrics</i>
Stage 5 2000+ <i>e-Supply Chain Management</i>	<i>Application of the Internet to the SCM concept</i> <i>Low-cost instantaneous sharing of all databases e-Information</i> <i>SCM synchronization</i>	<i>Networked, multi-enterprise supply chain .coms, e-tailers, and market exchanges</i> <i>Organizational agility and scale ability</i>

Sumber : (Felea & Albastroiu, 2012)

2.2.1 Manfaat Manajemen Supply Chain

Menurut (Stevenson, William J. & Chee, C. S. 2014), tujuan dari manajemen rantai pasokan adalah untuk secara efektif dan efisien mencocokkan penawaran dan permintaan. Beberapa tantangan utama dalam rantai pasokan terkait dengan:

- Menentukan tingkat outsourcing yang tepat
- Manajemen pembelian
- Manajemen Penyedia

-
- Pengelolaan hubungan pelanggan
 - Identifikasi dan tanggapan masalah
 - Manajemen Risiko

Menurut (Pujawan, I. N. and Mahendrawati, E. R., 2017), tujuan strategis dari rantai pasokan adalah untuk memenangkan atau setidaknya bertahan dalam persaingan pasar. Jadi, untuk memenangkan persaingan pasar, rantai pasokan harus dapat memasok produk-produk berikut :

- Terjangkau
- Kualitas
- di waktu yang tepat
- bermacam-macam

2.3 Persediaan

2.3.1 Pengertian Persediaan

Persediaan tidak hanya barang (produk) dan bahan mentah yang masih dalam produksi, tetapi juga barang jadi (produk) yang tersedia setiap saat untuk memenuhi permintaan melalui suku cadang atau langganan (Assauri, 2004).

Di sisi lain, definisi persediaan adalah persediaan barang yang dimiliki oleh perusahaan untuk memenuhi permintaan konsumen.

Teori ini berkaitan dengan identifikasi masalah #2 dan 3. Tujuan perusahaan adalah untuk mengendalikan persediaan agar dapat mengoptimalkan biaya dari memiliki persediaan yang terlalu banyak. Atau sebaliknya, perusahaan harus memiliki ketersediaan produk yang memadai untuk terus memenuhi permintaan.

2.3.2 Biaya Persediaan

Ada tiga biaya utama yang berhubungan dengan persediaan. Biaya ini terdiri dari :

1. Biaya Penyimpanan (Storage Cost/Storage Cost)

Biaya Penyimpanan adalah biaya penyimpanan barang dalam persediaan. Biaya ini tergantung pada tingkat persediaan dan biasanya tergantung pada berapa lama barang disimpan. Ini berarti bahwa dari waktu ke waktu, semakin tinggi tingkat persediaan, semakin tinggi biaya penyimpanan. biaya penyimpanan

Biasanya dinyatakan dalam dua cara. Bentuk yang paling umum adalah distribusi total biaya penyimpanan, yang ditentukan dengan menjumlahkan masing-masing unit biaya tersebut di atas selama periode seperti satu bulan atau satu tahun.

2. Biaya Pemesanan

Biaya pemesanan adalah biaya yang terkait dengan pembelian kembali untuk mengisi kembali persediaan yang ada. Biaya ini biasanya dinyatakan dalam dolar per pesanan dan tidak bergantung pada jumlah pesanan. Oleh karena itu, jumlah pesanan dapat berubah tergantung pada jumlah pesanan.

Biaya pemesanan biasanya merupakan kebalikan dari biaya pemeliharaan. Ketika volume pesanan meningkat, frekuensi pesanan menurun, mengurangi biaya per pesanan per tahun. Namun, pesanan massal menghasilkan tingkat persediaan yang tinggi dan biaya pemeliharaan yang tinggi. Secara umum, semakin besar pesanan, semakin rendah jumlah pesanan tahunan dan semakin tinggi biaya penyimpanan tahunan.

3. Biaya Kekurangan

Biaya kekurangan, juga dikenal sebagai biaya kehabisan stok, terjadi ketika permintaan pelanggan tidak dapat dipenuhi karena kekurangan stok. Jika kekurangan ini mengakibatkan hilangnya penjualan secara permanen, biaya ini juga berarti berkurangnya laba. Cacat juga menyebabkan ketidakpuasan pelanggan dan hilangnya reputasi, yang dapat menyebabkan hilangnya pelanggan dan penjualan di masa depan.

2.3.3 Tujuan Persediaan

(Simchi-Levi, D., et al. 2015), mengatakan bahwa persediaan ada karena beberapa alasan.

1. Perubahan permintaan konsumen yang tidak dapat diprediksi. Permintaan konsumen sulit diprediksi, ketidakpastian permintaan terus tumbuh, dan produk-produk kompetitif bermunculan di pasar.
2. Ada banyak ketidakpastian tentang kuantitas dan kualitas persediaan, biaya persediaan dan waktu pengiriman.
3. Masa tenggang adalah pengiriman panjang , ketika ada ketidakpastian penawaran atau permintaan.
4. Skala ekonomi yang disediakan oleh perusahaan logistik mendorong bisnis untuk mengangkut barang dalam jumlah besar, membutuhkan stok yang besar.
5. Kapasitas produksi yang terbatas dan diskon total dengan total , dimana disediakan oleh pemasok (supplier).

2.4 Logistik

2.4.1 Pengertian Logistik

Secara umum, konsep logistik adalah ilmu atau seni melakukan proses penyimpanan, distribusi dan pelayanan, serta pemindahan barang atau alat tertentu. Disebutkan pula bahwa konsep logistik adalah seperangkat proses yang melibatkan perencanaan, pelaksanaan dan pengendalian proses pergerakan dari titik asal ke titik penggunaan, baik barang/jasa, energi atau sumber daya lainnya. .

Dari penjelasan pengertian logistik dapat disimpulkan bahwa logistik adalah bagian dari ilmu manajemen yang di dalamnya beberapa kegiatan saling terkait dan dilakukan secara bertahap dan ditujukan untuk pengelolaan dan pemeliharaan barang atau peralatan tertentu.

2.4.2 Tujuan Logistik

Semua kegiatan logistik bertujuan untuk mencapai tujuannya. Akibatnya, bisnis harus melakukan berbagai kegiatan logistik, seperti :

-
- Proses pengadaan
 - Kegiatan produksi (pendukung produksi)
 - Distribusi (Distribusi Fisik)

Dalam pelaksanaan , kegiatan logistik memiliki kriteria kinerja yang harus dicapai. Tingkat efisiensi yang harus dicapai suatu kegiatan logistik adalah keseimbangan antara kualitas pelayanan yang diharapkan pelanggan dengan seluruh biaya yang dikeluarkan untuk mencapai tujuan perusahaan.

Menurut (Bowersox, D., Closs D. and Cooper, M.B., 2013), ada dua faktor utama yang menentukan tingkat efisiensi logistik:

- Faktor pelayanan, yaitu tingkat pelayanan pelanggan perusahaan.
- Komponen biaya (cost), yaitu berapa biaya yang dikeluarkan perusahaan untuk layanan pelanggan.

2.5 Manajemen Persediaan

Metode penghitungan persediaan dibagi menjadi beberapa bagian, antara lain analisis ABC, economic order quantity, safety inventory, reorder point dan just-in-time (Heizer & Render, 2018). Teori ini berlaku untuk setiap identifikasi masalah baru.

2.5.1 Analisis ABC

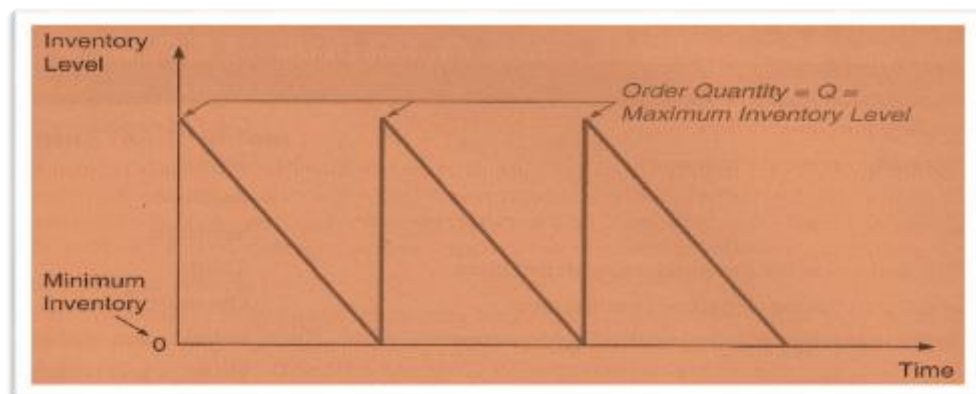
Analisis ABC adalah metode untuk mengklasifikasikan *on-hand inventory* yang ada menjadi tiga jenis berdasarkan nilai besarnya uang. Untuk menentukan volume dolar tahunan untuk analisis ABC, permintaan tahunan diukur sebagai persediaan dikalikan dengan harga satuan (Heizer & Render, 2018). Analisis ABC untuk PT. United Tractors Site Adaro Tanjung bertanggung jawab untuk memprioritaskan barang-barang inventaris yang memberikan kontribusi signifikan bagi perusahaan.

2.5.2 Economic Order Quantity (EOQ)

(Heizer & Render, 2018), menjelaskan bahwa economic order quantity (EOQ) adalah metode atau teknik manajemen persediaan yang meminimalkan total atau total

biaya barang yang dipesan dan disimpan. Beberapa asumsi yang harus dipenuhi ketika menggunakan model ini dan sesuai gambar 2.2. adalah :

1. Jumlah permintaan diketahui, konstan dan independen.
2. Runtime, yaitu waktu antara pesanan dan penerimaan pesanan, diketahui dan konstan.
3. Penerimaan inventaris yang segera dan lengkap.
4. Tidak ada diskon berdasarkan kuantitas.
5. Biaya variabel adalah biaya mempersiapkan atau menempatkan pesanan dan memelihara persediaan selama periode waktu tertentu.
6. Jika Anda memesan tepat waktu, Anda dapat menghindari kehabisan stok.



Gambar 2.2 Inventory Usage Over Time

Variabel – variabel dalam penghitungan *EOQ* yaitu:

EOQ / Q^* = Jumlah optimum sebuah unit dalam 1 pemesanan.

Q = Jumlah unit dalam 1 pemesanan.

D = Permintaan tahunan dalam unit untuk barang persediaan.

S = Biaya pemesanan untuk setiap pesanan.

H = Biaya penyimpanan atau penyimpanan per unit/tahun.

Rumus *EOQ*:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2DS}{H}} \quad (Eq. 1)$$

Rumus biaya pemesanan:

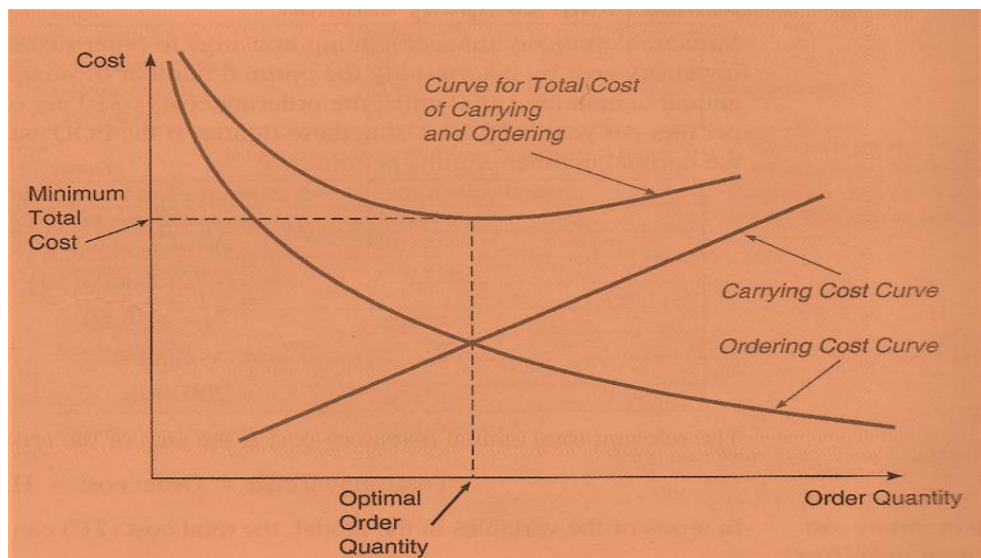
$$\text{Biaya pemesanan} = \frac{D}{Q} S \quad (\text{Eq. 2})$$

Rumus biaya penyimpanan:

$$\text{Biaya penyimpanan} = \frac{Q}{2} H \quad (\text{Eq. 3})$$

Rumus biaya total:

$$\text{Biaya total} = \frac{D}{Q} S + \frac{Q}{2} H \quad (\text{Eq. 4})$$



Gambar 2.3 Total Cost as a Function of Order Quantity

Dari gambar 2.3. Penentuan jumlah pemesanan dalam 1 tahun dan waktu antara pesanan yang diperkirakan dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Jumlah pesanan yang diperkirakan} = N = \frac{\text{Permintaan}}{\text{Kuantitas pesanan}} = \frac{D}{Q^*} \quad (\text{Eq. 4})$$

$$\text{Waktu antara pesanan yang diperkirakan} = T = \frac{\text{Jumlah hari kerja per tahun}}{N} \quad (\text{Eq.5})$$

Pada jurnal yang disusun oleh (W Zinn dan J.M Charnes, 2005) yang berjudul “A Comparison of the Economic Order Quantity and Quick Response Inventory Replenishment Methods”, model EOQ dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Q_{EOQ} = \sqrt{\frac{720 P d}{H V}} \quad (\text{Eq. 6})$$

Dimana:

Q_{EOQ} = Quantity delivered for the EOQ method

d = Average daily demand in units

P = Cost of an order

H = Average annual cost of holding inventory

V = Unit product value

Rumus biaya total dari biaya pemesanan, penyimpanan dan asumsi resiko pada metode EOQ:

$$ELV = (Q_{EOQ} - Q_{QR}) VR \quad (Eq. 7)$$

$$C_{EOQ} = \frac{360dP}{Q_{EOQ}} + \frac{Q_{EOQ}}{2} VH + (Q_{EOQ} - Q_{QR}) VR \quad (Eq. 8)$$

Dimana:

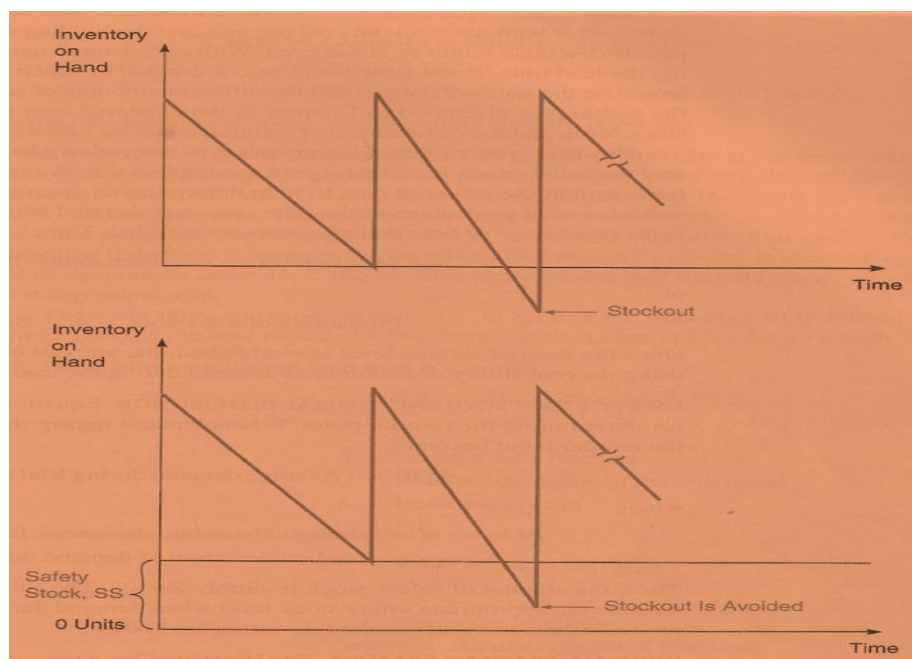
ELV = Expected Loss of Value

C_{EOQ} = Total cost if the firm buy EOQ quantity.

2.5.3 Safety Stock

Sofyan Assauri menjelaskan bahwa *safety stock* merupakan stok tambahan yang dirancang untuk melindungi atau mendukung kemungkinan kehabisan stok (*out of stock*).

(Heizer & Render, 2018), menjelaskan bahwa salah satu dari dua stok pengaman tersebut merupakan stok tambahan untuk mengantisipasi fluktuasi permintaan di ilustrasikan gambar 2.4.



Gambar 2.4 Use of Safety Stock

Variabel-variabel penghitungan *Safety Stock* yaitu :

SS = *Safety Stock*

Z = Jumlah standar deviasi

δ_{dLT} = Standar deviasi dari permintaan selama waktu tunggu $[(\delta d) \times \sqrt{\text{Leadtime}}]$

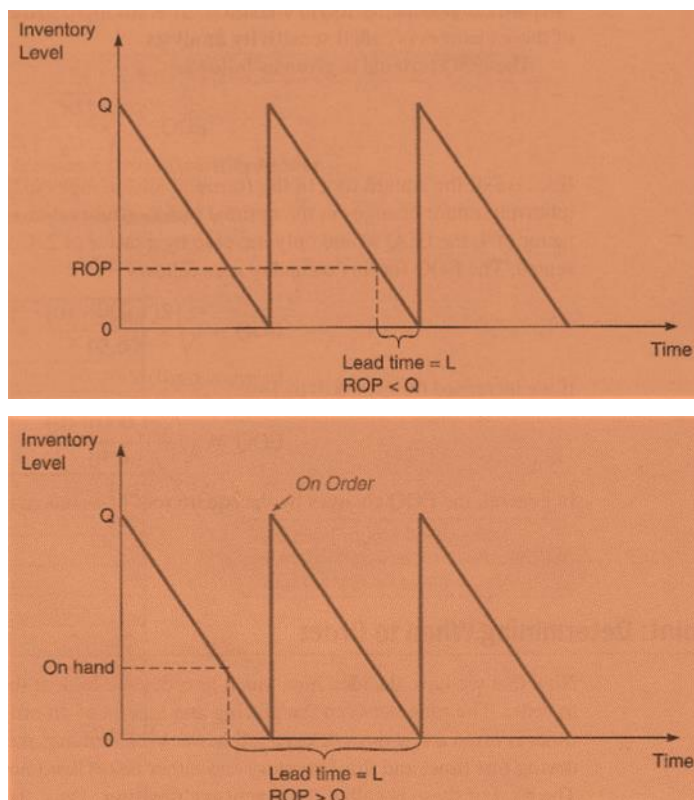
δd = Standar deviasi permintaan

Rumus *Safety Stock*:

$$SS = Z \times \delta_d \sqrt{\text{Leadtime}} \quad (\text{Eq. 9})$$

2.5.4 Reorder Point (ROP)

(Heizer, J. & Render, B., 2018), menjelaskan bahwa titik pemesanan ulang (ROP) adalah tingkat persediaan di mana pemesanan ulang harus dilakukan setelah persediaan mencapai titik tersebut sesuai gambar 2.5.



Gambar 2.5 Reorder Point Graphs

Variabel-variabel penghitungan *Reorder Point (ROP)* yaitu:

ROP = *Reorder Point* atau titik pemesanan ulang.

d = Permintaan harian.

L = Waktu tunggu pemesanan/ jumlah hari kerja yang dibutuhkan untuk mengirimkan sebuah pesanan

Rumus ROP (Permintaan variabel dan waktu tunggu konstan):

$$ROP = dxL + SS \quad (Eq. 10)$$

2.5.5 Quick Response Inventory

Sebagai cara menghitung *Quick Response Inventory* menurut jurnal yang diedit oleh (W Zinn dan J.M Charnes, 2005), maka *Quick Response Inventory* dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$Q_{QR} = td \quad (Eq. 11)$$

Dimana:

Q_{QR} = Quantity delivered for the QR method

t = Time between deliveries, in days

d = Average daily demand in units

Penghitungan diatas didasari oleh beberapa asumsi yang membandingkan EOQ dan QR yaitu:

1. Kedua metode diaplikasikan di dalam peninjauan kembali sistem persediaan secara berulang dengan deterministic order quantity dan deterministic time between deliveries dimana produk dibuat untuk disimpan.

2. Lingkup dari perbandingan terbatas pada base or cycle stock.

3. Asumsikan bahwa biaya (P) setiap pesanan sama untuk kedua metode.

Rumus Total Inventory dan Order Cost untuk Quick Response Inventory.

$$C_{QR} = \frac{360dP}{Q_{qr}} + \frac{Q_{qr}}{2} VH \quad (Eq.12)$$

Dimana:

C_{QR} = Total cost if the firm buys the QR quantity

Rumus perbandingan total biaya:

$$\Delta C = \frac{360dP}{Q_{qr}} + \frac{Q_{qr}}{2} VH - \frac{360dP}{Q_{eoq}} - \frac{Q_{eoq}}{2} VH - (Q_{EOQ} - Q_{QR}) VR \quad (Eq. 13)$$

2.6 Peramalan

(Heizer, J. & Render, B., 2018), mengatakan bahwa prediksi adalah seni dan ilmu memprediksi peristiwa yang akan terjadi di masa depan tahun yang akan datang. Ini dapat dilakukan dengan membawa data historis ke masa depan menggunakan model matematika.

Pujawan menjelaskan bahwa peramalan permintaan adalah kegiatan memperkirakan jumlah permintaan untuk barang atau jasa tertentu dalam periode waktu tertentu dan di wilayah penjualan tertentu. Teori ini mengacu pada identifikasi masalah nomor 1 yang berkaitan dengan masalah 2 dan 3.

2.6.1 Jenis Peramalan

(Heizer, J. & Render, B., 2018), menyatakan bahwa berbagai organisasi menggunakan tiga jenis peramalan utama ketika merencanakan pekerjaan mereka di masa depan.

1. Ramalan Ekonomi

Peramalan ekonomi menggambarkan siklus bisnis dengan memprediksi tingkat inflasi, ketersediaan dana, dana yang dibutuhkan untuk membangun rumah, dan indikator perencanaan lainnya.

2. Teknologi prediktif

Peramalan teknologi adalah tentang kecepatan kemajuan teknologi yang mengarah pada peluncuran produk baru dan menarik yang membutuhkan pabrik dan peralatan baru.

3. Prakiraan Permintaan

Prakiraan permintaan adalah prakiraan permintaan untuk produk atau layanan perusahaan. Prakiraan ini, yang disebut prakiraan penjualan, mendorong produksi,

kapasitas, dan sistem perencanaan dan menjadi masukan bagi perencanaan keuangan, pemasaran, dan tenaga kerja.

2.6.2 Teknik Peramalan

Metode peramalan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi pendekatan massal, rata-rata bergerak, rata-rata bergerak tertimbang, pemulusan eksponensial, pemulusan eksponensial dengan tren, dan regresi linier.

1. *Naive Approach* : Ini adalah metode peramalan paling sederhana yang mengasumsikan bahwa permintaan di masa depan akan sama dengan permintaan di masa lalu. Beberapa jenis produk yang menggunakan pendekatan ini terbukti ekonomis dan efisien (Heizer, J. & Render, B., 2018). Perhitungan ini dapat dirumuskan sebagai :

$$F_{t+1} = F_t \quad (Eq. 14)$$

Dimana:

F_t = permintaan aktual periode sebelumnya,

F_{t+1} = peramalan permintaan periode berikutnya.

2. *Moving Average* : Metode peramalan yang menggunakan rata-rata dari n periode data terakhir untuk memprediksi periode berikutnya. Rata-rata pergerakan berguna ketika permintaan pasar diharapkan stabil selama periode waktu yang kami perkirakan (Heizer, J. & Render, B., 2018). Perhitungan ini dapat dirumuskan sebagai

$$F_{t+1} = \frac{\sum \text{permintaan dalam periode sebelumnya}}{n} \quad (Eq. 15)$$

Dimana:

F_{t+1} = peramalan permintaan periode berikutnya,

n = jumlah periode dalam rata-rata bergerak.

1. *Weighted moving average*: Perkiraan rata-rata pergerakan sederhana dengan bobot yang ditetapkan untuk setiap pengamatan yang diperoleh, yang dapat

digunakan untuk mengembangkan peramalan. Metode ini lebih sensitif terhadap perubahan karena semakin dekat periode waktu, semakin tinggi bobotnya. (Render, B. Dkk., 2011). Perhitungan ini dapat dirumuskan sebagai :

$$2. F_{t+1} = \frac{\sum(\text{bobot di periode } i)(\text{permintaan di periode } i)}{\sum(\text{bobot})} \quad (\text{Eq.16})$$

4. *Exponential smoothing*: adalah metode canggih untuk memprediksi rata-rata bergerak tertimbang, tetapi masih mudah digunakan. Metode ini menggunakan data historis yang sangat sedikit (Heizer, J. & Render, B., 2018). Perhitungan ini dapat dirumuskan sebagai:

$$\text{Peramalan baru} = \text{Peramalan periode terakhir} + \alpha (\text{Permintaan sebenarnya periode akhir} - \text{Peramalan periode terakhir}) \quad (\text{Eq. 17})$$

Dimana:

α = konstanta penghalusan yang dipilih antara nilai 0 dan 1.

Persamaan tersebut juga dapat ditulis secara matematis sebagai berikut:

$$F_t = F_{t-1} + \alpha(A_{t-1} - F_{t-1}) \quad (\text{Eq. 18})$$

Dimana:

F_t = Peramalan baru

F_{t-1} = Peramalan sebelumnya

α = Konstanta penghalusan (pembobotan) ($0 \leq \alpha \leq 1$)

A_{t-1} = Permintaan actual periode lalu

5. *Exponential smoothing with trend*: merupakan jenis lain dari *exponential smoothing* yang digunakan ketika sebuah deret waktu menunjukkan sebuah tren linier . Penghitungan ini dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$FIT_t = F_t + T_t \quad (\text{Eq. 19})$$

$$F_t = \alpha (A_{t-1}) + (1 - \alpha)(F_{t-1} + T_{t-1}) \quad (Eq. 20)$$

$$T_t = \beta (F_t - F_{t-1}) + (1 - \beta) T_{t-1} \quad (Eq. 21)$$

Dimana:

F_t = peramalan dengan eksponensial yang dihaluskan dari data berseri pada periode t

T_t = tren dengan eksponensial yang dihaluskan pada periode t

A_t = permintaan aktual pada periode t

α = konstanta penghalusan untuk rata-rata ($0 \leq \alpha \leq 1$)

β = konstanta penghalusan untuk tren ($0 \leq \beta \leq 1$)

1. *Linear regression*: merupakan model matematika garis lurus untuk menggambarkan hubungan fungsional antara variabel-variabel yang bebas maupun variabel terikat . Penghitungan ini dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

$$\bar{y} = \frac{\sum y}{n}$$

$$b = \frac{\sum xy - n\bar{x}\bar{y}}{\sum x^2 - n\bar{x}^2}$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x}$$

$$\hat{y} = a + bx \quad (Eq. 22)$$

Dimana:

$\hat{y}$ = nilai terhitung dari variabel yang akan diprediksi

a = persilangan sumbu y

b = kemiringan garis regresi (atau tingkat perubahan pada untuk perubahan yang terjadi di x)

x = variabel bebas (dalam kasus ini adalah waktu)

y = permintaan dalam suatu periode

n = jumlah data atau pengamatan

$\bar{x}$ = rata-rata nilai x ,

$\bar{y}$ = rata-rata nilai y

2.7 Weighted Mean Absolute Percentage Error

Dalam pengujian penelitian , penentuan akurasi dari forecasting ditentukan oleh metode yang disebut *Weighted Mean Absolute Percentage Error* (WMAPE). WMAPE adalah salah satu pengukur tingkat error dalam kasus forecasting. WMAPE disebut dengan perhitungan kesalahan peramalan WMA yang berbobot, dimana nilai bobot nya berarti tingkat kepentingan dengan nilai lain. Berikut rumus yang digunakan untuk WMAPE :

$$WMAPE(\%) = \frac{\sum \left| \frac{D_i - F_i}{D_i} \right| D_i}{\sum D_i} \quad (Eq. 23)$$

Dimana :

Di : Data actual ke-1

Fi : Data Prediksi ke 1

Di-Fi : Nilai kesalahan pada periode ke-i

Selanjutnya nilai kesalahan WMAPE, akan digunakan untuk menghitung performa dengan rumus berikut :

$$\text{Performa} = (1 - WMAPE) \times 100\% \quad (Eq. 24)$$

2.8 Metode DMAIC

Menurut (Widhy, W. Abdul, C. & Denny, D., 2010). Komponen dasar metodologi dari *Six Sigma* adalah DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*) berguna meningkatkan kinerja proses dengan mengeliminasi kecacatan. DMAIC dapat dimulai dari tahap *Define* (Identifikasi masalah), tahap *Measure* (Pengukuran), tahap *Analyze* (Penganalisaan), tahap *Improve* (Peningkatan) dan yang terakhir tahap *Control* (Pengendalian).

Define

Define adalah langkah awal dalam peningkatan kualitas ketika masalah mulai diidentifikasi. Langkah-langkah dalam menyelesaikan tahap *define*:

1) Mendefinisikan masalah.

2) Mengidentifikasi pelanggan.

a. *Measure*

Measure adalah fase mengukur tingkat kecacatan serta tingkat kinerja dalam pengukuran proses sebelumnya (pengukuran dasar), yang bertujuan untuk mengevaluasi berdasarkan data yang telah ada. Dalam langkah ini informasi atau data dikumpulkan.

b. *Analyze*

Pada tahap *analyze* tahap dimana dijalankan identifikasi akar penyebab masalah dengan berdasarkan pada analisis data. Hasil dari analisis tersebut dapat digunakan untuk membuat solusi dalam melakukan pengembangan dan *improvement* terhadap proses yang diamati.

c. *Improve*

Tahap keempat ini yaitu tahap dimana pengujian dan implementasi dari solusi dilakukan untuk mengeliminasi penyebab masalah yang ada dan *improve* proses yang ada.

d. *Control*

Control adalah tahap terakhir yang dilakukan dalam peningkatan kualitas dalam sebuah produksi. Langkah terakhir ini bertujuan untuk melakukan kontrol dalam setiap kegiatan, sehingga memperoleh hasil yang baik dan dapat mengurangi waktu, masalah, dan biaya yang tidak dibutuhkan.

2.9 XGBoost

Menurut (Likeati, H. , 2020). *Forecasting Demand Spare Parts* PT UT saat ini menggunakan *Moving Average* dengan menghitung rata-rata demand selama 1 tahun, dan pengukuran *accuracy* hanya dari segi itemnya saja tanpa mempertimbangkan *quantity*-nya.

Spare parts demand PT UT sangat *complex* dan *challenging*, terdiri dari 104 ribu *Parts Number*, melayani 4000 lebih *customer*, *distribusi parts* 17 *principals*, memiliki 31 site dan 21 cabang supports, dan lain-lain. Oleh karena itu diperlukan *improve forecast accuracy* dengan memanfaatkan lebih banyak data, menghasilkan fitur terkait bisnis dan menerapkan teknik yang optimal. Sehingga diperlukan perubahan penggunaan *Moving Average* menjadi menggunakan *machine learning Extreme Gradient Boosting (XGBoost)* : pemodelan dengan kecerdasan buatan.

Menurut (Jason, B. , 2018). *XGBoost* adalah singkatan dari *eXtreme Gradient Boosting*. Namun, nama *XGBoost* sebenarnya mengacu pada tujuan rekayasa untuk mendorong batas sumber daya komputasi untuk algoritma pohon yang ditingkatkan. Itu alasannya kenapa banyak orang menggunakan *xgboost* (Tianqi Chen, on Quora.com).

Masih Menurut (Jason, B. ,2018). Terdapat dua alasan utama mengapa menggunakan *XGBoost*, yaitu :

1. Kecepatan Eksekusi

Secara umum, *XGBoost* cepat. Sangat cepat jika dibandingkan dengan implementasi gradien lainnya meningkatkan. Szilard Pafka melakukan beberapa tolok ukur objektif yang membandingkan kinerja dari *XGBoost* ke implementasi lain dari peningkatan gradien dan pohon keputusan yang dikantongi.

Dia menulis hasilnya pada Mei 2015 di blog tutorial berjudul *Benchmarking Random Forest Implementasi*. Hasilnya menunjukkan bahwa *XGBoost* hampir selalu lebih cepat daripada *benchmark* lainnya *implementasi* dari R, Python Spark dan H2O. Dari eksperimennya, dia berkomentar: Saya juga mencoba *XGBoost*, perpustakaan populer untuk meningkatkan yang mampu membangun secara acak hutan juga. Ini

cepat, hemat memori, dan akurasi tinggi (*Benchmarking Random Forest Implementations, Szilard Pafka*).

2. Kinerja Model

XGBoost mendominasi kumpulan data terstruktur atau tabular pada prediksi klasifikasi dan regresi masalah pemodelan. Buktinya adalah bahwa ini adalah algoritma masuk untuk pemenang kompetisi pada platform ilmu data kompetitif Kaggle. Misalnya, ada daftar yang tidak lengkap dari juara pertama, kedua dan ketiga kompetisi yang menggunakan judul : *XGBoost: Machine Learning* Solusi Kemenangan Tantangan. Untuk membuat poin ini lebih nyata, di bawah ini adalah beberapa wawasan kutipan dari pemenang kompetisi Kaggle: Sebagai pemenang kompetisi Kaggle yang semakin banyak, *XGBoost* menunjukkan kepada kita lagi menjadi algoritme serba hebat yang berharga di kotak peralatan Anda.

Menurut (Feras, A. ,2021), dalam tesisnya *Forecasting Retail Sales Using Google Trends and Machine Learning* ini menyelidiki kekuatan prediksi Google Trends dalam penjualan ritel peramalan. Eksperimen komparatif diterapkan pada dua set data dunia nyata, (1) *Brasil e-commerce* dan (2) Sarapan di Frat. Metode deret waktu SARIMA dan FBProphet serta model pembelajaran mesin *XGBoost* dan LSTM digunakan untuk membuat prediksi, dan hasilnya prediksi yang terbaik adalah menggunakan *XGBoost*

(Gopal, B.& Neeta, N. ,2019). Menyatakan di era dunia yang terhubung secara digital saat ini, setiap pusat perbelanjaan ingin tahu permintaan pelanggan sebelumnya untuk menghindari kekurangan barang penjualan di semua putra laut. Hari ke hari perusahaan atau mal memprediksi permintaan penjualan produk atau permintaan pengguna.

Penelitian ekstensif di bidang ini di tingkat perusahaan terjadi untuk prediksi penjualan yang akurat. Seperti keuntungan yang didapat oleh perusahaan berbanding lurus dengan prediksi penjualan yang akurat, Big mart menginginkan algoritma prediksi yang lebih akurat sehingga perusahaan tidak akan mengalami kerugian apapun.

Dalam pekerjaan penelitian ini, kami telah merancang prediksi model dengan memodifikasi mesin penambah Gradien sebagai teknik *XGBoost* dan

mengujinya pada dataset Big Mart 2013 untuk memprediksi penjualan produk dari outlet tertentu. Eksperimen mendukung bahwa teknik kami menghasilkan lebih banyak prediksi yang akurat dibandingkan dengan teknik lain yang tersedia seperti *auto regressive integrated moving average* (ARIMA) dan *generalized auto regressive conditionally heteroskedastic* (GARCH)

(Jackson, H. Dkk. ,2021). Kontribusi makalah ini adalah untuk memilih model deret waktu yang berbeda seperti Arima, XGBoost, Fbprophet, dan menerapkannya di tiga situs web cashback populer yang berbasis di Eropa.

Hasilnya mengkonfirmasi bahwa kinerja XGBoost secara komparatif lebih baik daripada model terpilih lainnya karena menghasilkan tingkat kesalahan yang cukup rendah (misal tingkat kesalahan persentase absolut rata-rata (MAPE) di XGBoost tetap antara 7 hingga 14).

(Florian, H. Dkk. , 2022). Dalam makalah nya, mereka menyajikan studi banding pertama kali untuk prediksi penjualan hortikultura dengan XGBoost dan tiga metode lainnya SARIMAX, LSTM, GPR . Studi kami didasarkan pada ritel hortikultura khas data dengan karakteristik yang berbeda, misal mengenai ukuran dan musim.

Mereka menggunakan pengaturan peramalan dengan reparasi model secara teratur parameter untuk mensimulasikan operasi peramalan yang produktif sistem dengan pembaruan data berkelanjutan dan data yang berpotensi berubah distribusi. Temuan kami menunjukkan keunggulan pendekatan ML, khususnya XGBoost . Keuntungan ini meningkat untuk yang lebih besar kumpulan data yang berisi beberapa musim. Di luar itu, kami mengalami peningkatan kinerja dengan menyertakan fitur tambahan, seperti cuaca atau data liburan.

Akhirnya menunjukkan bahwa XGB dengan performa terbaik adalah efisien secara komputasi. Berdasarkan hasil pertama ini, sejumlah besar pertanyaan penelitian baru muncul dengan banyak potensi untuk penelitian masa depan. Terutama transfer dan verifikasi hasil ini dalam waktu yang sama sektor adalah kepentingan umum dan mungkin memungkinkan generalisasi kami simpulkan.

2.10 Penelitian Pendahuluan

Berdasarkan table 2.2. dapat disimpulkan bahwa XGBoost adalah metode terbaik dibandingkan metode forecasting yang tersebut di penelitian pendahuluan.

Tabel 2.2. Penelitian Pendahuluan

No	Penulis	Judul	Metode	Diskusi Hasil
1	Likeati, H. (2020).	<i>Improve forecast accuracy by leverage more data, generate business related features, and apply the optimal techniques</i>	<i>Moving Average</i> dan <i>XGBoost</i>	UT memutuskan mengganti <i>Moving Average</i> ke XGBoost karena <i>Spare Parts demand</i> PT UT sangat <i>complex</i> dan <i>challenging</i>
2	Jason, B. (2018).	<i>XGBoost With Phython, Gradient Boosted Trees With XGBoost and scikit-learn</i>	XGBoost	XGBoost memiliki dua kelebihan, Kecepatan Eksekusi dan Kinerja Model
3	Feras, A. (2021).	<i>Forecasting Retail Sales Using Google Trends and Machine Learning</i>	SARIMA, FBProphet, XGBoost, LSTM	XGBoost menghasilkan prediksi terbaik
4	Gopal, B.& Neeta, N. (2019).	<i>A Comparative Study of Big Mart Sales Prediction.</i>	ARIMA, GARCH, XGBoost	XGBoost menghasilkan lebih banyak prediksi yang akurat dibandingkan dengan teknik lainnya
5	Jackson, H. Dkk. (2021).	<i>Time-Series Techniques for Prediction Sales in Cashback Websites</i>	ARIMA, XGBoost, FBProphet	Hasilnya mengkonfirmasi bahwa kinerja XGBoost secara komparatif lebih baik dibanding model lainnya dan menghasilkan tingkat kesalahan yang cukup rendah

6	Florian, H. Dkk. (2022).	<i>Machine Learning Outperforms Classical Forecasting on Horticultural Sales Predictions</i>	XGBoost, SARIMA X,LSTM, GPR	Studi banding pertama kali untuk prediksi penjualan hortikultura dengan XGBoost dan tiga metode lainnya SARIMAX, LSTM, GPR. Akhirnya menunjukkan bahwa XGB dengan performa terbaik adalah efisien secara komputasi
---	--------------------------------	--	--------------------------------------	--