

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA, KERANGKA PEMIKIRAN, DAN HIPOTESIS

2.1 Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka dalam penelitian ini disusun untuk merangkum konsep dan temuan ilmiah yang berkaitan dengan sistem operasi pada produk pangan *perishable*, khususnya pada konteks UMKM dengan pola produksi–distribusi harian. Fokus utama tinjauan ini adalah pada tiga indikator/aspek penjelas, yaitu *Supply*, *Demand*, dan *Perishability*, serta indikator/aspek terikat berupa kinerja operasional yang dipersempit dan diukur melalui satu indikator utama, yaitu *sis/carryover* harian.

Berdasarkan kerangka tersebut, bagian ini menjelaskan bagaimana kapasitas dan kelancaran aliran proses (*Supply*), pola dan ketidakpastian permintaan per hari (*Demand*), serta keterbatasan umur simpan produk (*Perishability*) saling berinteraksi dalam membentuk *mismatch* produksi–kebutuhan yang bermuara pada *sis/carryover*. Tinjauan pustaka ini juga memuat ringkasan penelitian terdahulu yang relevan sebagai dasar penyusunan kerangka pemikiran serta perancangan model penjadwalan harian terintegrasi untuk menurunkan *sis/carryover*.

2.1.1 Supply

Subbab ini membahas indikator/aspek *Supply* sebagai salah satu faktor utama dalam pengelolaan operasi harian UMKM. Pembahasan diawali dengan pengertian *Supply* dalam konteks penelitian, kemudian dilanjutkan dengan

indikator yang digunakan, serta kegunaan indikator/aspek *Supply* dalam mendukung penjadwalan produksi dan pencapaian kinerja operasional.

2.1.1.1 Definisi *Supply*

Supply dalam penelitian ini dimaknai sebagai kemampuan sistem operasi produksi–distribusi untuk menyediakan *Output* yang siap memenuhi kebutuhan pelanggan (tepat jumlah, tepat waktu, dan siap kirim) melalui pengelolaan sumber daya, kapasitas, serta pengaturan aliran proses dari *input* hingga menjadi *Output*. Dalam perspektif manajemen operasi, aktivitas inti organisasi adalah mengubah *input* menjadi *Output* yang bernilai, sehingga aliran kerja stabil dan layanan andal (Abbas & Goosheh, 2024, p. 4; Heizer et al., 2020, p. 4)

Dalam konteks *Supply chain*, *Supply* juga berkaitan dengan kemampuan mengelola arus fisik dan informasi pada jaringan titik persediaan (*stock points*), termasuk bahan baku, WIP, dan barang jadi, di mana sistem persediaan pada dasarnya ditopang oleh tiga komponen: struktur *Supply chain*, proses permintaan, dan kebijakan *replenishment* (Rossi, 2021, pp. 23–24).

Sejalan dengan itu, definisi logistik menekankan bahwa kemampuan *Supply* tidak berhenti pada “produksi selesai”, tetapi juga meliputi pengelolaan pergerakan dan penyimpanan barang secara *inbound–outbound* agar produk benar-benar siap terdistribusi (Heizer et al., 2020, pp. 456–459).

Pada horizon harian, *Supply* menjadi sangat ditentukan oleh keputusan penjadwalan yang menerjemahkan kapasitas riil menjadi urutan kerja dan *timing* di tiap proses/stasiun (misalnya *lot size*, urutan, dan sinkronisasi antar proses) sebagaimana banyak dibahas dalam penelitian terdahulu (Jabeur et al., 2024;

Popović et al., 2023). Di sini, tambahan dari *Handbook of Production Scheduling* mempertegas bahwa dalam penjadwalan produksi terdapat dua persoalan kunci, yakni prioritas (pekerjaan mana dikerjakan dulu) dan kapasitas (berapa banyak yang sanggup dikerjakan), sedangkan *scheduling* sendiri terkait penetapan waktu/*timing* pekerjaan dan *detailed scheduling* memuat penetapan waktu mulai–selesai operasi agar pekerjaan selesai tepat waktu (Jeffrey W. Herrmann, 2006, pp. 1–2). Penjelasan ini konsisten dengan uraian *scheduling* dalam *Handbook/approaches* yang menjelaskan *scheduling* sebagai penetapan *timing* dan *detailed scheduling* sebagai penetapan tanggal mulai–selesai operasi (Fera et al., 2013, pp. 114–115).

Dalam implementasi praktis, aturan prioritas seperti *Earliest Due Date* (EDD) digunakan untuk menentukan urutan kerja; EDD menjadwalkan pekerjaan dengan due date paling awal lebih dulu dan dikenal sebagai aturan yang meminimalkan maximum tardiness (Heizer et al., 2020).

Selanjutnya, penelitian terdahulu menunjukkan bahwa *Supply* makin relevan dipandang sebagai sistem terintegrasi produksi–distribusi, karena *Output* yang “selesai dibuat” belum tentu “selesai dilayani” bila tidak sinkron dengan jadwal/hari keberangkatan (Berghman et al., 2023; Chen et al., 2023; Ma et al., 2025; Wang, 2024; Wang et al., 2024). Pada produk pangan *perishable*, kemampuan *Supply* juga harus tunduk pada batas umur simpan sehingga *Supply* bukan hanya memenuhi *volume*, tetapi juga menjaga kesegaran melalui keputusan produksi–distribusi dan kebijakan pelepasan seperti FEFO (Aazami & Saidi-Mehrabad, 2021; Komijani & Sheikh Sajadieh, 2024; Suárez et al., 2024). Terakhir, karena *Supply*

harian umumnya berpacu pada peramalan, maka kualitas *forecast* dan pengendalian galat (misalnya MAPE/bias) penting untuk mencegah *mismatch Supply–Demand* yang biasanya tampak sebagai *overproduction* dan *carryover* (Birkmaier et al., 2024; Huber & Stuckenschmidt, 2020; Seyam et al., 2025; Tadayonrad & Ndiaye, 2023; Turker, 2025)

2.1.1.2 Indikator *Supply*

Dalam penelitian ini, indikator *Supply* disusun untuk menggambarkan kemampuan sistem produksi dalam menyediakan *output* harian yang selaras dengan kebutuhan permintaan. Indikator *Supply* difokuskan pada aspek yang paling mendasar dan relevan untuk operasi harian UMKM, yaitu kapasitas produksi harian dan jam operasi (Heizer et al., 2020, p. 4).

1. Kapasitas Produksi Harian

Kapasitas produksi harian menggambarkan jumlah maksimum *output* yang dapat dihasilkan oleh sistem produksi dalam satu hari operasi berdasarkan kondisi aktual sumber daya yang dimiliki. Kapasitas digunakan sebagai dasar utama dalam perencanaan produksi untuk menentukan volume produksi yang realistis dan dapat dicapai (Heizer et al., 2020, pp. 118–121).

Pemahaman terhadap kapasitas produksi penting untuk mencegah terjadinya *overproduction* maupun *underproduction*. Produksi yang melebihi kebutuhan permintaan berpotensi menghasilkan sisa atau *carryover*, sedangkan produksi yang terlalu rendah dapat menyebabkan ketidakmampuan memenuhi kebutuhan pasar (Abbas & Goosheh, 2024, pp. 4–5).

Dalam penelitian ini, kapasitas produksi harian digunakan sebagai dasar untuk menilai kesiapan *Supply* dalam mendukung penerapan penjadwalan produksi harian berbasis peramalan permintaan, sehingga jumlah produksi yang ditetapkan berada dalam batas kemampuan aktual sistem produksi.

2. Jam Operasi

Jam operasi menggambarkan lama waktu operasional produksi dalam satu hari yang tersedia untuk menjalankan aktivitas produksi. Waktu operasional merupakan salah satu kendala utama yang memengaruhi jumlah *output* yang dapat dihasilkan dalam satu periode produksi (Heizer et al., 2020, pp. 118–121).

Pengelolaan jam operasi yang tidak selaras dengan kebutuhan permintaan dapat menyebabkan ketidakteraturan aliran produksi dan meningkatkan risiko terbentuknya sisa atau *carryover*. Sebaliknya, jam operasi yang dikelola dengan baik membantu menjaga stabilitas operasi harian (Abbas & Goosheh, 2024, pp. 105–106).

2.1.1.3 Kegunaan *Supply*

Dalam konteks manajemen operasi, *Supply* dipahami sebagai kemampuan sistem produksi untuk menyediakan *output* dalam jumlah dan waktu yang sesuai dengan kebutuhan permintaan. *Supply* tidak hanya berkaitan dengan ketersediaan kapasitas, tetapi juga dengan bagaimana kapasitas tersebut diarahkan untuk memenuhi kebutuhan pasar secara efektif dan efisien (Heizer et al., 2020, pp. 118–121).

Supply memiliki peran penting dalam mencegah terjadinya ketidaksesuaian antara jumlah produksi dan kebutuhan aktual. Ketika *Supply* dikelola tanpa

mempertimbangkan permintaan harian, sistem produksi cenderung menghasilkan *output* berlebih yang berpotensi menjadi sisa atau *carryover*. Sebaliknya, pengelolaan *Supply* yang selaras dengan permintaan memungkinkan sistem produksi menetapkan target produksi yang lebih realistis dan tepat sasaran (Abbas & Goosheh, 2024, pp. 4–5).

Pada sistem produksi dengan karakteristik produk mudah rusak (*perishable*), peran *Supply* menjadi semakin krusial karena *output* yang tidak terserap pada hari berjalan akan mengalami penurunan umur simpan dan meningkatkan risiko penurunan mutu. Oleh karena itu, *Supply* perlu diarahkan untuk mendukung produksi berbasis kebutuhan aktual agar produk dapat segera didistribusikan dan dikonsumsi pada hari yang sama (Aazami & Saidi-Mehrabad, 2021).

Dalam penelitian ini, *Supply* digunakan sebagai dasar untuk menetapkan batas kemampuan produksi harian yang realistis dan sebagai acuan dalam penentuan target produksi berbasis hasil peramalan permintaan. Dengan demikian, *Supply* berfungsi sebagai salah satu pilar utama dalam penerapan penjadwalan produksi harian terintegrasi yang bertujuan menekan sisa atau *carryover* produksi (Abbas & Goosheh, 2024, pp. 4–5; Heizer et al., 2020, pp. 118–121).

2.1.2 Demand

Demand dalam penelitian ini diposisikan sebagai pemicu utama beban layanan harian yang harus diterjemahkan ke dalam keputusan produksi dan distribusi. *Demand* tidak hanya menentukan jumlah *Output* yang dibutuhkan, tetapi juga mengatur kapan *Output* harus tersedia dan ke mana *Output* dialokasikan,

karena itu, *Demand* menjadi dasar kebutuhan penjadwalan harian untuk mengatur prioritas kerja, waktu pelepasan produksi, dan target kesiapan kirim.

Secara operasional, jika *Demand* hanya dipandang sebagai total harian, keputusan produksi cenderung “jaga-jaga” sehingga meningkatkan risiko *mismatch* produksi–kebutuhan yang muncul sebagai *overproduction* dan sisa/*carryover* . Sebaliknya, pemetaan *Demand* per hari membuat kebutuhan *Output* lebih presisi sehingga keputusan *Supply* (kapasitas, urutan, lot, dan *setup*) dapat disusun tepat waktu tanpa menumpuk *Output* di akhir hari; dengan demikian, *Demand* mengarahkan mekanisme penjadwalan terintegrasi agar penurunan *carryover* terjadi secara konsisten.

2.1.2.1 Definisi *Demand*

Demand dalam konteks manajemen operasi harian merujuk pada besarnya kebutuhan pelanggan terhadap produk dalam satu periode tertentu beserta pola variasinya menurut waktu, lokasi, serta kanal/segmen pelayanan. Pada sistem distribusi berbasis harian, Profil ini menjadi dasar untuk menentukan kapan produksi harus mulai dilepas (*release*), bagaimana urutan pekerjaan ditetapkan, serta berapa *Output* yang harus siap kirim pada slot waktu tertentu agar kebutuhan layanan terpenuhi tanpa menimbulkan penumpukan di akhir hari. Dalam kerangka manajemen operasi, *Demand-driven forecasts* menegaskan bahwa proyeksi permintaan mendorong keputusan produksi, kapasitas, dan penjadwalan, sehingga pemetaan *Demand* yang tepat menjadi prasyarat penting bagi keputusan operasional harian (Heizer et al., 2020). Ketidakpastian *Demand* yang tinggi tanpa pengikatan

ke keputusan operasional cenderung memicu keputusan produksi “jaga-jaga” yang menghasilkan *overproduction* dan akhirnya menjadi sisa/*carryover* (Huber & Stuckenschmidt, 2020; Seyam et al., 2025; Tadayonrad & Ndiaye, 2023).

Dalam pengelolaan harian, *Demand* umumnya diproyeksikan melalui peramalan (*forecasting*) jangka pendek sebagai dasar keputusan *volume* produksi dan pengaturan prioritas. Secara sistematis, perancangan sistem *forecasting* dapat dilakukan melalui tahapan yang mencakup penetapan tujuan, pemilihan item, penentuan horizon, pemilihan model, pengumpulan data, pembuatan *forecast*, serta validasi dan implementasi hasil (Heizer et al., 2020, pp. 110–111) Karena *forecast* akan dipakai untuk keputusan yang sensitif terhadap waktu (misalnya prioritas hari dan kesiapan kirim), akurasi perlu dipantau dengan ukuran error seperti MAPE agar model tetap terkendali dan tidak mendorong fluktuasi produksi berlebihan (Heizer et al., 2020, pp. 118–121). Sejalan dengan itu, dalam konteks *inventory control*, *Demand forecasting* diposisikan sebagai bagian dari *predictive analytics* berbasis deret waktu yang digunakan untuk menghasilkan *forecast* beserta ukuran ketidakpastiannya (Rossi, 2021, hal. 74). Penelitian terdahulu juga menekankan bahwa metode *forecasting* harian perlu responsif terhadap perubahan pola namun tetap stabil (Huber & Stuckenschmidt, 2020; Turker, 2025), dan pendekatan *data-driven* seperti *machine learning* serta *ensemble forecasting* semakin relevan untuk meningkatkan kualitas keputusan operasional yang bergantung pada *Demand*, termasuk keputusan kapasitas harian dan penjadwalan (Birkmaier et al., 2024; Shadid et al., 2025).

2.1.2.2 Indikator *Demand*

Indikator *Demand* pada penelitian ini disusun untuk menangkap besaran kebutuhan pelanggan dan pola variasinya yang harus diterjemahkan menjadi keputusan produksi–distribusi harian,. Karena *Demand* menjadi *input* utama bagi keputusan kapasitas, *volume* produksi, serta prioritas pemenuhan, indikator *Demand* perlu merepresentasikan level permintaan, pola sebaran menurut hari/waktu, dan derajat ketidakpastian yang memengaruhi risiko *mismatch* serta *carryover* . Secara umum, *forecasting Demand* mendorong keputusan operasional sehingga pengukuran *Demand* perlu disertai pemantauan akurasi proyeksi(Heizer et al., 2020, pp. 109, 118–121), dan dalam konteks pengendalian persediaan *Demand forecasting* diposisikan sebagai bagian dari *predictive analytics* untuk menghasilkan proyeksi beserta ketidakpastiannya(Rossi, 2021, p. 74). Berdasarkan landasan tersebut, indikator *Demand* (X2) dalam penelitian ini meliputi:

1) Total permintaan harian (D_t)

Menggambarkan besaran kebutuhan pelanggan pada hari ke- t (satuan: butir).

2) Variabilitas permintaan harian

Menggambarkan fluktuasi *Demand* antarhari; dapat diukur dengan simpangan baku (σ_D) atau koefisien variasi ($CV = \sigma_D/\mu_D$) dalam periode pengamatan.

3) Puncak permintaan (*peak Demand*) dan *timing* puncak

Menggambarkan besaran permintaan tertinggi (*peak*) serta kapan puncak terjadi (misalnya jam/hari tertentu) yang menentukan kebutuhan kesiapan kirim.

6) Akurasi *forecast Demand*

Menggambarkan deviasi *forecast* terhadap aktual sebagai dasar kontrol keputusan produksi; dapat diukur dengan MAPE sesuai praktik pengukuran error peramalan (Heizer et al., 2020, pp. 118–121).

7) Bias *forecast* (arah kesalahan)

Menggambarkan kecenderungan *forecast* yang konsisten *over-forecast* atau *under-forecast*; indikator ini penting karena bias yang mengarah ke *over-forecast* berpotensi memicu *overproduction* dan *carryover*, sedangkan *under-forecast* berisiko *shortage*.

Indikator-indikator tersebut dapat diukur melalui rekap permintaan harian UMKM, pemetaan permintaan per hari, serta perhitungan sederhana atas error *forecast* (misalnya MAPE dan bias). Dalam penelitian ini, indikator *Demand* digunakan sebagai dasar penentuan kebutuhan produksi harian dan prioritas pemenuhan per hari agar *mismatch Supply–Demand* yang memunculkan sisa/*carryover* dapat ditekan secara konsisten.

2.1.2.3 Kegunaan *Demand* pada Penelitian Ini

Dalam penelitian ini, *Demand* digunakan untuk menjelaskan besaran dan pola beban layanan yang harus diterjemahkan ke dalam keputusan *volume* produksi harian dan prioritas urutan kerja berbasis hari. *Demand* berperan sebagai *input* utama bagi keputusan operasional karena proyeksi permintaan mendorong keputusan kapasitas, persediaan, dan penjadwalan; oleh sebab itu, pemetaan *Demand* yang tepat menjadi prasyarat agar produksi tidak bergerak berdasarkan kebiasaan atau *buffer* informal (Heizer et al., 2020, p. 109; Rossi, 2021, p. 74). Ketika *Demand* tidak dipetakan dengan baik atau ramalan tidak terkendali, sistem

cenderung memproduksi berlebih sebagai “pengaman” sehingga terbentuk sisa/*carryover* . Sebaliknya, ketika ramalan terlalu rendah, sistem terdorong mengejar produksi pada jam puncak sehingga beban menumpuk dan *Output* tidak terserap optimal pada hari yang sama (Huber & Stuckenschmidt, 2020; Seyam et al., 2025; Tadayonrad & Ndiaye, 2023).

Selain itu, penelitian terdahulu pada operasi terintegrasi menunjukkan bahwa *Demand* yang dipetakan per hari dan diikat pada batas waktu layanan akan lebih efektif apabila diselaraskan dengan keputusan penugasan *order* serta penjadwalan produksi–distribusi, sehingga jadwal harian lebih stabil dan *Output* selesai pada *slot* keberangkatan yang tepat (Berghman et al., 2023; Ma et al., 2025; Wang et al., 2024). Pada konteks produk *perishable*, ketidakpastian *Demand* yang tidak terkendali juga memperbesar risiko penurunan mutu karena *carryover* membuat umur produk bertambah, sehingga keputusan kuantitas dan *timing* perlu mempertimbangkan dampaknya terhadap *outdating* dan *waste* (He et al., 2024; van Donselaar & Broekmeulen, 2025; Violi et al., 2024)

Berdasarkan fungsi tersebut, *Demand* dioperasionalkan melalui indikator permintaan harian, variasi permintaan (CV), akurasi ramalan (MAPE), dan bias ramalan. Indikator-indikator ini digunakan untuk menilai sejauh mana *Demand* dapat dipetakan secara andal sebagai dasar penyusunan penjadwalan harian terintegrasi yang berorientasi pada penurunan sisa/*carryover* (Seyam et al., 2025; Shadid et al., 2025; Tadayonrad & Ndiaye, 2023; Turker, 2025).

2.1.3 Perishability

Subbab ini membahas *Perishability* sebagai karakteristik produk yang membatasi ruang gerak operasi harian UMKM Tahu Bulat LAZER. Karena produk yang diteliti bersifat mudah rusak, setiap penundaan kecil pada proses produksi maupun distribusi dapat mempercepat penurunan mutu dan memperbesar risiko sisa/*carryover* menjadi *outdating* atau *waste*. Oleh karena itu, *Perishability* diposisikan sebagai batasan operasional yang harus diakomodasi oleh keputusan jumlah, urutan, dan waktu pelepasan produk (misalnya melalui prinsip FEFO) agar *Output* yang dihasilkan tetap layak dan dapat terserap pada hari yang sama. Berdasarkan konteks tersebut, bagian berikut menjelaskan pengertian *Perishability* dalam penelitian ini.

2.1.3.1 Pengertian *Perishability*

Perishability merujuk pada derajat kemudahan suatu produk mengalami penurunan mutu hingga mencapai batas tidak layak konsumsi dalam jangka waktu tertentu. Pada produk pangan seperti tahu bulat, penurunan mutu dipengaruhi oleh proses biologis dan kimiawi, serta dipercepat atau diperlambat oleh cara penanganan, kondisi penyimpanan, dan lamanya waktu yang berlalu sejak produk selesai diproses hingga dikonsumsi. Berbeda dengan produk non-*perishable* yang relatif stabil, produk *perishable* memiliki umur simpan pendek sehingga keterlambatan kecil dalam proses produksi maupun penyaluran dapat langsung memicu penurunan kualitas dan meningkatkan risiko *outdating*, *waste*, atau retur. Dalam perspektif pengendalian persediaan, karakteristik *perishable* menuntut keputusan yang lebih ketat karena overstocking cenderung berujung pada *waste*

(Drane & Faramarzi, n.d., p. 250). Karena itu, penelitian terdahulu menegaskan bahwa karakteristik *Perishability* perlu dimodelkan secara eksplisit dalam perencanaan dan pengendalian operasi harian agar keputusan produksi–distribusi tidak menghasilkan akumulasi umur produk yang tidak terkendali (Aazami & Saidi-Mehrabad, 2021; Komijani & Sheikh Sajadieh, 2024).

Dalam penelitian manajemen rantai pasok, *Perishability* umumnya direpresentasikan melalui parameter *maximum shelf life* (umur simpan maksimum) dan dinamika penurunan mutu sepanjang waktu. Model perencanaan terintegrasi untuk produk *perishable* dengan umur simpan stokastik menunjukkan bahwa memasukkan sisa umur simpan sebagai indikator/aspek keputusan dapat menurunkan risiko kedaluwarsa di sepanjang jaringan. Temuan ini menegaskan pentingnya informasi umur produk pada setiap titik proses mulai dari produksi hingga distribusi sebagai dasar penjadwalan ulang dan prioritas penanganan (Komijani & Sheikh Sajadieh, 2024). Dengan demikian, *Perishability* tidak hanya dipandang sebagai sifat fisik produk, tetapi juga sebagai kendala operasional yang membatasi kapan *batch* diproduksi, berapa lama dapat ditahan, dan kapan harus dikeluarkan, karena sisa pada akhir periode pada produk mudah rusak cenderung memiliki nilai kecil atau tidak bernilai (Heizer et al., 2020, p. 513).

2.1.3.2 Indikator *Perishability*

Indikator *Perishability* pada penelitian ini disusun untuk menangkap “umur produk” dan risiko penurunan mutu sepanjang aliran proses produksi–distribusi. Karena produk yang diteliti memiliki umur simpan pendek, pengukuran *Perishability* perlu merepresentasikan batas umur (*shelf life*) serta bagaimana umur

tersebut berkembang saat produk ditahan (*carryover*) maupun saat dilepas (*dispatch*). Dalam konteks item *perishable*, sisa di akhir periode cenderung memiliki nilai kecil atau tidak bernilai sehingga umur produk menjadi batasan operasional yang harus dikendalikan (Heizer et al., 2020, p. 513). Berdasarkan landasan tersebut, indikator *Perishability* dalam penelitian ini meliputi:

1) Umur simpan maksimum internal (*MaxAge*)

Menggambarkan batas umur produk (hari) yang ditetapkan UMKM sebagai standar mutu/kelayakan konsumsi (satuan: hari).

2) Umur produk saat dikirim (*Age at dispatch*)

Menggambarkan umur produk ketika dilepas ke distribusi (hari), dihitung dari hari produksi hingga hari/jam *dispatch* (satuan: hari).

3) Kepatuhan FEFO (FEFO compliance)

Menggambarkan konsistensi pelepasan produk berdasarkan urutan sisa umur (produk yang lebih tua diprioritaskan keluar lebih dulu). Dapat diukur sebagai persentase pelepasan yang sesuai FEFO (satuan: %). Kebijakan FEFO dipakai untuk mengurangi risiko *outdating* pada sistem *perishable* (Suárez et al., 2024).

4) Proporsi produk mendekati batas umur (*Near-expiry share*)

Menggambarkan persentase unit yang dikirim/tersisa dengan umur mendekati (*MaxAge* (misal $\geq 80\%$ dari (*MaxAge*) sebagai sinyal risiko mutu (satuan: %).

5) *Carryover* berumur tinggi (*Aged carryover*)

Menggambarkan jumlah atau proporsi sisa/*carryover* yang sudah berumur tinggi (misal umur ≥ 2 hari jika (*MaxAge* = 3 hari; atau disesuaikan kebijakan UMKM)

sehingga memperbesar risiko *outdating* pada hari berikutnya (satuan: butir dan/atau %).

6) *Outdating/Waste/Retur* (indikator pendukung bila data tersedia)

Menggambarkan unit yang terbuang/retur akibat melewati batas mutu/umur atau tidak terserap; indikator ini membantu menunjukkan konsekuensi ketika pengendalian *Perishability* tidak efektif (Komijani & Sheikh Sajadieh, 2024; van Donselaar & Broekmeulen, 2025).

Indikator-indikator tersebut digunakan untuk menilai seberapa ketat kendali umur produk dalam operasi harian dan bagaimana *Perishability* membatasi keputusan jumlah, urutan, serta *timing* pelepasan produk pada sistem produksi–distribusi terintegrasi.

2.1.3.3 Kegunaan *Perishability*

Dalam penelitian ini, *Perishability* dipahami sebagai kendala utama yang membatasi ruang gerak penjadwalan dan penyaluran harian. Pada operasi UMKM pangan, *carryover* yang berulang menaikkan umur produk sehingga mempersempit *buffer* mutu dan meningkatkan risiko *outdating*. Hal ini sejalan dengan karakteristik item *perishable*, di mana sisa pada akhir periode cenderung bernilai kecil atau tidak bernilai sehingga keputusan operasional harus menghindari penumpukan yang berujung *waste* (Heizer et al., 2020, p. 513). Karena itu, penelitian terdahulu menegaskan bahwa pengendalian umur produk perlu dihubungkan langsung dengan keputusan penjadwalan harian dan kebijakan pelepasan seperti FEFO agar produk yang lebih tua diprioritaskan keluar lebih dahulu serta waktu tinggal produk

di sistem tidak bertambah tanpa kontrol (Komijani & Sheikh Sajadieh, 2024; Suárez et al., 2024).

Berdasarkan fungsi tersebut, *Perishability* dioperasionalkan melalui (*MaxAge*, *Age at dispatch*, dan kepatuhan FEFO sebagai indikator inti, serta proporsi unit yang mendekati atau melampaui batas umur target dan *carryover* mendekati batas umur sebagai indikator penguat. Indikator-indikator ini digunakan untuk menilai apakah rancangan penjadwalan harian terintegrasi mampu menekan *sisa/carryover* sekaligus menjaga umur produk tetap aman. Sementara itu, *waste* atau retur diposisikan sebagai ukuran pendukung untuk menjelaskan konsekuensi apabila pengendalian *Perishability* tidak efektif (Aazami & Saidi-Mehrabad, 2021; He et al., 2024; van Donselaar & Broekmeulen, 2025; Violi et al., 2024).

2.1.4 Kinerja Operasional

Subbab ini membahas Kinerja Operasional (Y) sebagai keluaran (*Output performance*) yang digunakan untuk menilai seberapa efektif operasi harian UMKM Tahu Bulat LAZER dalam memenuhi kebutuhan pelanggan. Dalam penelitian ini, kinerja operasional difokuskan pada indikator *sisa/carryover* karena *sisa* harian merepresentasikan *mismatch* produksi–permintaan sekaligus berpotensi meningkatkan risiko penurunan mutu pada produk *perishable*. Oleh karena itu, Kinerja Operasional diposisikan sebagai tolok ukur utama untuk mengevaluasi apakah pengelolaan *Supply*, pemetaan *Demand*, dan pengendalian *Perishability* melalui penjadwalan harian terintegrasi mampu memperbaiki hasil operasi secara konsisten. Berdasarkan konteks tersebut, bagian berikut menguraikan definisi Kinerja Operasional dalam penelitian ini.

2.1.4.1 Definisi Kinerja Operasional

Kinerja operasional dalam konteks manajemen operasi merujuk pada capaian sistem operasi dalam mengubah *input* menjadi *Output* secara andal dan efisien, yang tercermin pada kelancaran aliran proses, pemanfaatan kapasitas, serta ketepatan keputusan harian produksi dan distribusi (Abbas & Goosheh, 2024, pp. 4–5; Fera et al., 2013). Pada operasi harian, kinerja operasional sangat dipengaruhi oleh kemampuan sistem menyalurkan kondisi “siap produksi” dengan “siap kirim” agar *Output* tidak menumpuk pada akhir hari, terutama ketika penjadwalan produksi harus selaras dengan keputusan distribusi (Berghman et al., 2023; Solina & Mirabelli, 2021; Wang, 2024). Dalam perspektif operasi, aktivitas inti organisasi adalah transformasi *input* menjadi *Output* karena itu, kualitas keputusan operasional harian menjadi penentu apakah *Output* benar-benar terserap sesuai kebutuhan layanan (Heizer et al., 2020, p. 4).

Dalam penelitian ini, kinerja operasional dipersempit menjadi satu indikator utama, yaitu *sisa/carryover* harian, karena indikator ini paling langsung menunjukkan *mismatch* produksi terhadap penyerapan aktual pada hari berjalan. Sisa yang berulang merepresentasikan rendahnya ketepatan keputusan *volume* dan *timing* produksi, sekaligus menambah “umur” produk pada hari berikutnya sehingga memperbesar risiko penurunan mutu pada produk *perishable*. Literatur *Demand forecasting* menegaskan bahwa ketidakakuratan peramalan serta keputusan produksi “jaga-jaga” cenderung menghasilkan *Output* berlebih yang berakhir sebagai sisa (Huber & Stuckenschmidt, 2020; Tadayonrad & Ndiaye, 2023). Pada konteks ritel/*perishable*, sisa yang tidak terkendali berpotensi

menaikkan *waste* dan menurunkan ketersediaan di rak (*on-shelf availability*) melalui mekanisme kedaluwarsa dan pemborosan (van Donselaar & Broekmeulen, 2025). Dengan demikian, *carryover* diposisikan sebagai KPI utama untuk menilai efektivitas penyusunan penjadwalan harian terintegrasi dalam menekan *overproduction* sekaligus menjaga mutu layanan.

2.1.4.2 Indikator Kinerja Operasional

Indikator utama kinerja operasional dalam penelitian ini adalah sisa atau *carryover* harian, yaitu jumlah produk yang tidak terserap pada hari berjalan dan terbawa ke hari berikutnya. Secara operasional, sisa atau *carryover* dapat dihitung sebagai:

1. $Carryover$ (butir) = Total produksi harian – Total terserap atau terkirim harian (apabila hasilnya negatif, maka *carryover* dianggap 0 karena tidak ada sisa)

Untuk memperjelas intensitas sisa, indikator ini dapat dilengkapi turunan sederhana (opsional, tetap bukan indikator utama terpisah):

1. Rasio *carryover* = $Carryover / Total\ produksi\ harian$
2. *Carryover* per hari (jika pencatatan terkirim per hari tersedia) untuk melihat hari mana yang paling sering menyumbang sisa akibat *mismatch*
3. *Carryover* mendekati batas umur (jika data umur tersedia), yaitu sisa yang umurnya mendekati (*MaxAge* sehingga berisiko mutu menurun (He et al., 2024; Komijani & Sheikh Sajadieh, 2024; Suárez et al., 2024; Violi et al., 2024)

Ukuran layanan seperti OTD atau keterlambatan dapat dicatat sebagai informasi pendukung untuk menjelaskan mekanisme perubahan, namun bukan indikator

utama indikator/aspek terikat karena fokus evaluasi diarahkan pada penurunan sisa atau *carryover* harian.

2.1.4.3 Kegunaan Kinerja Operasional dalam Penelitian Ini

Kinerja operasional berbasis sisa/*carryover* digunakan untuk menilai apakah rancangan penjadwalan harian terintegrasi mampu mengurangi *mismatch* antara produksi dan kebutuhan aktual pada hari berjalan. Penelitian terdahulu tentang integrasi penjadwalan produksi dan distribusi menunjukkan bahwa sinkronisasi urutan kerja, alokasi order, serta penyelarasan waktu selesai produksi dengan jadwal keberangkatan dapat menstabilkan operasi harian dan mencegah penumpukan *Output* di akhir proses (Berghman et al., 2023; Chen et al., 2023; Ma et al., 2025; Solina & Mirabelli, 2021; Wang et al., 2024). Artinya, ketika mekanisme integrasi berjalan baik, *Output* selesai akan berada pada slot keberangkatan yang tepat sehingga peluang *carryover* menurun.

Di sisi lain, pada produk *perishable*, *carryover* yang berulang bukan sekadar stok tersisa, melainkan sinyal risiko mutu karena umur produk bertambah dan ruang toleransi kesegaran semakin sempit. Karena itu, *carryover* perlu dikendalikan melalui kebijakan pelepasan berbasis umur seperti FEFO serta pengendalian *Age at dispatch* agar produk yang lebih tua diprioritaskan keluar lebih dahulu dan tidak menua di sistem tanpa kontrol (Komijani & Sheikh Sajadieh, 2024; Suárez et al., 2024; van Donselaar & Broekmeulen, 2025). Dengan demikian, sisa/*carryover* harian menjadi ukuran paling relevan untuk mengevaluasi dampak perbaikan *Supply*, *Demand*, dan *Perishability* melalui penjadwalan harian terintegrasi pada UMKM Tahu Bulat LAZER, karena mencerminkan hasil akhir

keputusan kapasitas, urutan kerja, peramalan *Demand*, serta kendala umur simpan dalam satu siklus operasi harian.

2.1.5 Penelitian Terdahulu

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

No	Peneliti & Tahun	Persamaan	Perbedaan	Hasil Penelitian	Sumber Referensi
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1	Aazami & Saidi Mehrabad (2021)	Sama-sama membahas perencanaan produksi dan distribusi terintegrasi untuk produk <i>perishable</i> dengan umur simpan terbatas.	Menganalisis <i>closed-loop Supply chain perishable</i> dengan umur simpan tetap dan aspek kompetisi/keuntungan pemasok, tidak mengkaji penjadwalan harian multi hari pada UMKM atau kombinasi EDD dan FEFO.	Mengembangkan model matematis terintegrasi untuk produksi dan distribusi produk <i>perishable</i> berumur tetap dan menunjukkan perbaikan profit dan pemanfaatan kapasitas dibanding kebijakan konvensional.	https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0278612520302144?via%3Dihub
2	Berghman, Kergosien, & Billaut (2023)	Menegaskan perlunya sinkron “siap-produksi” bertemu “siap-berangkat” untuk layanan tepat waktu.	Artikel review/klasifikasi metode; penelitian ini aplikasi praktis UMKM dengan intervensi jadwal harian.	Integrasi produksi–outbound konsisten meningkatkan OTD dan menekan biaya keterlambatan dibanding pendekatan terpisah.	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377221722010050
3	Huber & Stuckenschmidt (2020)	Menggunakan akurasi ramalan (MAPE/bias) untuk menjelaskan kinerja operasional harian.	Fokus <i>forecasting & special days</i> ; penelitian ini mengaitkan <i>forecast</i> ke urutan produksi berbasis <i>cut-off</i> per hari.	Galat ramalan tinggi berkorelasi dengan antrean, keterlambatan, dan <i>waste</i> ; model sederhana-stabil dengan pemantauan MAPE/bias efektif untuk operasi harian.	https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0169207020300224

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
4	Jabeur, Hlioui, & Yalaoui (2024)	Sama-sama menekan <i>setup</i> dan meratakan beban untuk menaikkan layanan.	Menambahkan <i>dimensi biaya waktu & optimisasi ukuran lot</i> ; penelitian ini fokus <i>EDD berbobot, buffer/freeze, dan FEFO pada UMKM</i> .	Penggabungan ukuran <i>lot</i> dan urutan meningkatkan kepatuhan layanan saat <i>setup</i> signifikan dan kapasitas ketat.	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S036083522400216X
5	Komijani & Sajadieh (2024)	<i>Perishability ((MaxAge/Age at dispatch)</i> sebagai kendala layanan utama.	Memodelkan ketidakpastian umur simpan secara eksplisit; penelitian ini menggunakan kontrol FEFO + sinkronisasi jadwal pada setting UMKM.	Model robust menurunkan <i>outdating</i> dan menjaga <i>service level</i> saat umur simpan tidak pasti.	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772390924000258
8	Solina & Mirabelli (2021)	Sama-sama mengkaji <i>integrated production-distribution scheduling</i> pada rantai pasok pangan, dengan fokus pada sinkronisasi selesai produksi dan keberangkatan distribusi.	Menambahkan aspek efisiensi energi sebagai tujuan optimasi dan konteks industri pangan skala lebih besar; tidak memasukkan indikator <i>Age at dispatch</i> atau FEFO seperti penelitian ini.	Menunjukkan bahwa integrasi penjadwalan produksi dan distribusi dengan mempertimbangan konsumsi energi dapat menurunkan biaya total dan emisi tanpa menurunkan tingkat layanan.	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050921004191
7	Suárez, Guaño, Pérez, & Roa-López (2024)	Menerapkan FEFO untuk menekan risiko kedaluwarsa dan menjaga <i>service level</i> .	Konteks sosial (food bank); penelitian ini konteks komersial UMKM dengan <i>multi-hari</i> dan <i>cut-off</i> berbeda.	<i>Dispatch</i> FEFO meningkatkan <i>service level</i> dan mencegah pengiriman mendekati kedaluwarsa.	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214716024000083
8	Tadayonrad & Ndiaye (2023)	Mengaitkan akurasi <i>forecast</i> dengan keputusan	Merumuskan KPI komposit untuk <i>forecasting</i> ; penelitian ini	KPI yang memasukkan reliabilitas & musiman membantu	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S29

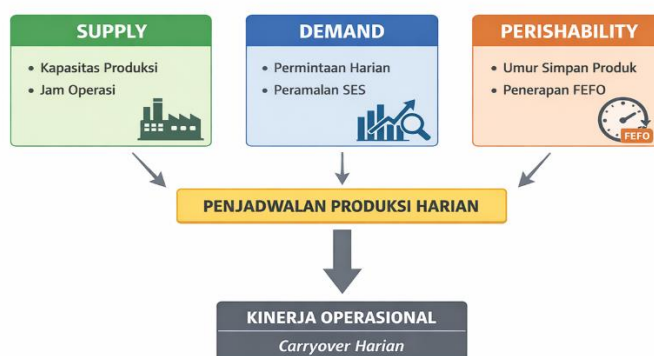
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
		<i>buffer</i> waktu dan <i>leveling</i> operasional.	gunakan MAPE/bias/C V per hari dan dampaknya ke jadwal harian.	menentukan <i>buffer</i> ΔDue dan strategi <i>leveling</i> yang tepat.	49863523000250
9	Wang, G. (2024)	Sama-sama mengkaji <i>integrated production and transportation scheduling</i> dan menggunakan indikator seperti biaya, <i>tardiness</i> , dan ketepatan pengiriman sebagai ukuran kinerja.	Berfokus pada konteks e-commerce/manufaktur non- <i>perishable</i> dengan berbagai batasan transportasi dan produksi; tidak memasukkan indikator/aspek umur simpan, FEFO, maupun konteks UMKM tahu bulat.	Menunjukkan bahwa integrasi penjadwalan produksi dan transportasi mengurangi biaya total dan <i>tardiness</i> dibanding penjadwalan terpisah, serta meningkatkan efisiensi penggunaan kendaraan dan mesin.	https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0305048323001779?via%3Dihub
10	Wang, Luo, & Li (2024)	Menyelaraskan selesai-produksi dengan <i>slot</i> muat/keberangkatan untuk menjaga OTD.	Menambahkan tahap penugasan pesanan sebelum penjadwalan; penelitian ini fokus implementasi EDD berbobot + FEFO + <i>buffer</i> /freeze pada UMKM.	Integrasi dua tahap meningkatkan kesesuaian kapasitas-jendela layanan dan ketepatan waktu.	https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0305048323001779
11	Seyam (2025)	Menghubungkan <i>Demand forecasting</i> dengan pengendalian <i>mismatch Supply-Demand</i> yang memicu <i>waste</i> /sisa.	Studi retail dengan <i>stacking ensemble model</i> ; penelitian ini implementasi penjadwalan harian per hari dan membaca <i>Outputnya</i> sebagai <i>carryover</i> .	<i>Forecasting</i> berbasis ensemble diposisikan sebagai pendekatan preventif untuk menekan food <i>waste</i> melalui perencanaan persediaan lebih baik.	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772390925000241
12	Shadid dkk, (2025)	Sama-sama menekankan	Systematic review;	Bukti terbaru menunjukkan	https://www.sciencedirect.com

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
		data-driven decision untuk menekan <i>waste/overstock</i> pada pangan <i>perishable</i> .	penelitian inistudi lapangan UMKM dan pengujian <i>BEFORE–AFTER</i> pada KPI operasional (difokuskan <i>carryover</i>).	ensemble learning dan AI maju meningkatkan akurasi prediksi yang relevan untuk menekan pemborosan/spoilage.	irect.com/science/article/pii/S2772912525002465
13	Violi dkk. (2024)	Memakai “age-based” logic (umur produk) untuk keputusan inventory–distribusi (nyambung ke FEFO dan risiko <i>carryover</i> mendekati kadaluarsa).	Inventory Routing Problem (IRP) dengan <i>Demand</i> stokastik dan CVaR; penelitian inifokus penjadwalan produksi– <i>dispatch</i> harian UMKM.	Model age-based + CVaR membantu mengelola ketidakpastian <i>Demand</i> dan risiko <i>Perishability</i> pada agri-food <i>Supply chain</i> .	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050924002886
14	Ma dkk. (2025)	Sama-sama integrasi keputusan produksi/panen dan distribusi untuk memenuhi jendela layanan (mirip logika <i>multi-hari + cut-off</i>).	Fokus harvest + farm-to-door multi-farm; penelitian iniproduksi olahan <i>perishable</i> dengan EDD berbobot + <i>freeze/buffer</i> .	Integrasi <i>scheduling</i> panen–distribusi meningkatkan pemenuhan layanan dibanding keputusan terpisah.	https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2210650225001154
15	van Donselaar dkk. (2025)	Membahas inventory <i>perishable</i> dengan fokus <i>waste</i> akibat umur simpan pendek (relevan untuk menjadikan <i>carryover</i> sebagai KPI utama).	Mengembangkan estimator sederhana untuk periodic review; penelitian inifokus kebijakan penjadwalan harian terintegrasi.	Menyediakan estimator praktis untuk <i>waste</i> fraction, on-shelf availability, dan jumlah order guna membantu retailer mengurangi <i>waste</i> .	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925527325000933
16	He dkk. (2024)	Memasukkan lifetime/deterioration sebagai	Robust optimization untuk multi-period IRP;	Robust model membantu menetapkan routing,	https://www.aims.org/science/doi/10.

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
		kendala (nyambung ke <i>Perishability</i> dan <i>carryover</i> yang “menua”).	penelitian ini eksperimen lapangan <i>BEFORE–AFTER</i> pada penjadwalan produksi–distribusi harian.	inventory, dan delivery quantities saat <i>Demand</i> tidak pasti sambil mengendalikan dampak umur simpan.	3934/jimo.2024024
17	Chen dkk. (2023)	Sama-sama mengintegrasikan penjadwalan distribusi dan perencanaan hari pada cold chain (relevan untuk menjaga layanan dan menekan penumpukan/sisa).	Fokus <i>Demand surge</i> cold chain dan MIP; penelitian ini fokus UMKM dengan aturan heuristik (EDD/FEFO/ <i>buffer/freeze</i>).	Integrasi <i>scheduling–routing</i> membantu memenuhi tugas distribusi dengan waktu lebih singkat dan biaya lebih rendah pada skenario surge.	https://link.springer.com/article/10.1007/s40747-022-00811-9
18	Birkmaier dkk. (2024)	Menempatkan <i>forecasting</i> sebagai pengungkit perbaikan <i>planning perishable</i> untuk menekan <i>waste/overstock</i> (proxy <i>carryover</i>).	Studi ekspektasi pengguna (kesiapan implementasi) pada konsorsium; penelitian ini implementasi langsung di 1 UMKM.	Menggambarkan kebutuhan dan ekspektasi agar <i>forecasting</i> data-driven benar-benar bisa dipakai dalam <i>planning perishable</i> food.	https://link.springer.com/article/10.1007/s11573-024-01191-x
19	Turker (2025)	Menguji ML <i>forecasting</i> untuk menekan food <i>waste</i> (sejalan dengan tujuan menurunkan sisa/ <i>carryover</i>).	Konteks campus dining dan prediksi preferensi/jumlah makan; penelitian ini konteks produksi–distribusi UMKM <i>perishable</i> dan jadwal harian.	Model ML memprediksi konsumsi harian dan memberi insight untuk perencanaan yang menekan <i>waste</i> .	https://www.mdpi.com/2071-1050/17/2/379
20	Popović dkk. (2023)	Membahas lot-sizing & <i>scheduling</i> pada produk pangan (relevan untuk mengendalika	Kasus industri fruit juice dan model matematis/heuristik produksi; penelitian	Optimasi lot-sizing– <i>scheduling</i> membantu efisiensi produksi dan pengendalian persediaan dalam	https://www.mdpi.com/2227-7390/11/9/2099

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
		n batch sehingga tidak memicu <i>overproduction</i> (sisa).	inimengikat hasilnya ke <i>multi-hari</i> dan <i>cut-off</i> distribusi harian.		konteks produk pangan.

2.2 Kerangka Pemikiran



Gambar 2. 1 Kerangka Pemikiran

Kondisi awal pada UMKM Tahu Bulat LAZER menunjukkan bahwa penentuan jumlah produksi harian masih cenderung berbasis kebiasaan dan orientasi kapasitas, sehingga belum sepenuhnya selaras dengan fluktuasi permintaan harian. Kondisi tersebut memicu terjadinya ketidaksesuaian antara jumlah produksi dan kebutuhan aktual yang tercermin dari munculnya sisa atau *carryover* produksi pada akhir hari operasi.

Dalam perspektif manajemen operasi, kinerja operasional pada sistem produksi harian dipengaruhi oleh keselarasan antara *Supply*, *demand*, dan karakteristik produk yang bersifat *perishable*. *Supply* dalam penelitian ini dipahami

sebagai kemampuan sistem dalam menyediakan kapasitas produksi harian dan jam operasi yang memadai. *Demand* dipahami sebagai besaran permintaan harian yang bersifat fluktuatif dan menjadi dasar dalam penentuan jumlah produksi. Sementara itu, *perishability* menunjukkan keterbatasan umur simpan produk yang menuntut pengelolaan pelepasan produk secara tepat.

Ketidakterpaduan antara ketiga aspek tersebut menyebabkan keputusan produksi tidak tepat sasaran, sehingga sebagian *output* tidak terserap pada hari berjalan dan menjadi *carryover*. Oleh karena itu, diperlukan penjadwalan produksi harian terintegrasi yang mengaitkan hasil peramalan permintaan dengan kapasitas produksi harian, serta didukung oleh penerapan prinsip FEFO dalam pelepasan produk.

Melalui penerapan penjadwalan produksi harian terintegrasi berbasis *Supply*, *demand*, dan *perishability*, diharapkan jumlah produksi harian menjadi lebih selaras dengan kebutuhan aktual, sehingga besaran sisa atau *carryover* produksi dapat ditekan. Perbandingan kondisi sebelum dan sesudah penerapan (*BEFORE–AFTER*) digunakan untuk menilai keberhasilan model dalam meningkatkan kinerja operasional.

2.2.1 Hubungan *Supply* dengan Kinerja Operasional (sisa/*carryover*)

Supply menggambarkan kemampuan sistem produksi dalam menyediakan kapasitas produksi harian dan jam operasi yang memadai untuk menghasilkan *output* sesuai dengan kebutuhan permintaan. Dalam manajemen operasi, kapasitas dipandang sebagai batas kemampuan sistem dalam menghasilkan *output* dan

menjadi dasar utama dalam perencanaan produksi agar volume yang ditetapkan bersifat realistis dan dapat dicapai (Heizer et al., 2020, pp. 118–121).

Ketika kapasitas produksi harian tidak diselaraskan dengan permintaan aktual, sistem produksi cenderung menetapkan target produksi berbasis kebiasaan atau orientasi kapasitas semata. Kondisi tersebut berpotensi menghasilkan *output* yang melebihi kebutuhan pasar sehingga sebagian *output* tidak terserap pada hari berjalan dan berubah menjadi sisa atau *carryover*. Oleh karena itu, pemahaman terhadap kapasitas aktual dan jam operasi menjadi penting untuk menjaga keseimbangan antara kemampuan produksi dan kebutuhan permintaan (Abbas & Goosheh, 2024, pp. 4–5).

Pada sistem produksi harian yang terhubung langsung dengan aktivitas distribusi, keselarasan antara penetapan target produksi dan kebutuhan pengiriman juga menjadi faktor kunci. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa integrasi keputusan produksi dan distribusi melalui penjadwalan harian membantu memastikan bahwa *output* yang selesai diproduksi dapat langsung disalurkan sesuai jadwal pengiriman, sehingga mengurangi risiko *output* tertahan di akhir hari dan berkembang menjadi *carryover* (Berghman et al., 2023; Solina & Mirabelli, 2021; Wang, 2024).

Dengan demikian, dalam penelitian ini *Supply* tidak diposisikan sebagai variabel yang diuji pengaruhnya secara statistik, melainkan sebagai aspek operasional yang menjelaskan batas kemampuan sistem dalam menetapkan target produksi harian yang selaras dengan permintaan. Peran tersebut menjadikan *Supply* sebagai salah satu pilar penting dalam penerapan penjadwalan produksi harian

terintegrasi yang bertujuan menekan sisa atau *carryover* produksi (Abbas & Goosheh, 2024, pp. 4–5; Heizer et al., 2020, pp. 118–121).

2.2.2 Hubungan *Demand* dengan Kinerja Operasional (sisa/*carryover*)

Demand menentukan besarnya kebutuhan yang harus dipenuhi pada horizon harian, termasuk sebaran permintaan per hari. Ketika *Demand* bervariasi tinggi dan pemetaannya kurang presisi, sistem cenderung menghasilkan keputusan *volume* produksi yang tidak proporsional, baik *overproduction* sebagai pengaman maupun salah alokasi antar hari. Pada kondisi tersebut, *mismatch* antara *Output* dan penyerapan aktual akan muncul sebagai sisa/*carryover* pada akhir hari. (Huber & Stuckenschmidt, 2020; Tadayonrad & Ndiaye, 2023)

Pengendalian *Demand* pada operasi harian sangat bergantung pada kualitas peramalan jangka pendek. Penelitian terdahulu menekankan pentingnya metrik akurasi dan bias, karena ramalan yang meleset atau bias secara konsisten meningkatkan risiko keputusan produksi yang tidak tepat, sehingga surplus *Output* lebih sering terjadi dan memunculkan *carryover* . (Tadayonrad & Ndiaye, 2023) Bukti terbaru juga menunjukkan bahwa pendekatan *data-driven* dalam *forecasting* dapat meningkatkan ketepatan keputusan operasional yang bergantung pada *Demand*, yang secara praktis membantu menekan *mismatch Supply–Demand* yang bermuara pada sisa/*carryover* . (Birkmaier et al., 2024; Shadid et al., 2025; Turker, 2025) Di sisi lain, pada sistem *multi-hari*, pemetaan *Demand* per hari akan lebih efektif bila diikat pada keputusan penugasan *order* dan penjadwalan produksi–distribusi agar *Output* jatuh pada slot keberangkatan yang tepat. (Chen et al., 2023; Ma et al., 2025; Wang et al., 2024)

2.2.3 Hubungan *Perishability* dengan Kinerja Operasional (Sisa/*Carryover*)

Perishability membatasi ruang keputusan operasi karena produk memiliki umur simpan pendek. Akumulasi *carryover* pada produk *perishable* berarti umur produk bertambah sebelum terserap, sehingga risiko penurunan mutu meningkat dan toleransi waktu tinggal produk di sistem menjadi semakin sempit. Karena itu, pengendalian *Perishability* perlu dipadukan dengan keputusan harian, terutama terkait batas umur (*MaxAge*), umur saat dikirim (*Age at dispatch*), dan disiplin pelepasan berbasis umur. (Aazami & Saidi-Mehrabad, 2021; Komijani & Sheikh Sajadieh, 2024)

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa kebijakan FEFO membantu meminimalkan produk yang tertahan terlalu lama dengan memprioritaskan *batch* yang lebih tua untuk dikirim terlebih dahulu, sehingga penumpukan sisa yang “menua” dapat ditekan. (Suárez et al., 2024) Pada kondisi *Demand* tidak pasti, pendekatan *age-based* dan *robust* pada *perishable* menegaskan bahwa keputusan kuantitas dan *timing* perlu menjaga agar produk tidak menua di sistem karena konsekuensi akhirnya adalah *outdating* atau *waste*. (He et al., 2024; Violi et al., 2024) Di level ritel, indikator *waste fraction* juga memperkuat bahwa akumulasi stok dan sisa berulang merupakan sinyal awal meningkatnya risiko pemborosan bila tidak ada pengendalian umur dan pelepasan yang disiplin. (van Donselaar & Broekmeulen, 2025) Dengan demikian, pengendalian *Perishability* yang lebih baik dipahami berkaitan dengan *carryover* yang lebih rendah, khususnya *carryover* yang mendekati batas umur.

2.3 Hipotesis

Hipotesis penelitian ini disusun sebagai hipotesis kerja yang menyatakan kondisi yang diharapkan terjadi setelah rancangan penjadwalan produksi harian terintegrasi diterapkan pada UMKM Tahu Bulat LAZER, dengan kinerja operasional difokuskan pada indikator utama sisa atau *carryover* harian.

Setelah penjadwalan produksi harian terintegrasi diterapkan, yang mengaitkan hasil peramalan permintaan dengan penetapan target produksi harian, menetapkan *buffer* terbatas, menerapkan *freeze window* menjelang keberangkatan, serta menegakkan prinsip *First Expired First Out* (FEFO) pada tahap dispatch, maka *carryover* harian diharapkan menurun dan menjadi lebih terkendali pada mayoritas hari.

Dasar hipotesis ini adalah bahwa integrasi keputusan produksi dan distribusi serta sinkronisasi antara “selesai produksi” dan “siap dikirim” dapat menstabilkan operasi harian dan mencegah penumpukan *output* di akhir hari (Berghman et al., 2023; Chen et al., 2023; Ma et al., 2025; Solina & Mirabelli, 2021; Wang, 2024; Wang et al., 2024)

Penurunan *carryover* juga diharapkan selaras dengan kondisi *Supply* yang lebih terarah melalui pemanfaatan kapasitas produksi harian dan jam operasi sebagai batas rasional dalam penetapan target produksi, sehingga jumlah produksi lebih selaras dengan kebutuhan aktual (Abbas & Goosheh, 2024, pp. 4–5; Heizer et al., 2020, pp. 118–121).

Dari sisi *Demand*, pemetaan permintaan harian dan pengendalian kualitas peramalan sebagai dasar penentuan volume produksi harian diharapkan menekan

mismatch antara produksi dan kebutuhan aktual sehingga *carryover* dapat berkurang (Shadid et al., 2025; Tadayonrad & Ndiaye, 2023; Turker, 2025)

Pada saat yang sama, karena produk bersifat *perishable*, pengendalian *Perishability* melalui kebijakan umur simpan (MaxAge), pemantauan umur produk saat dikirim (Age at Dispatch), serta kepatuhan terhadap FEFO diharapkan menurunkan *carryover* yang mendekati batas umur simpan sekaligus *carryover* total (Aazami & Saidi-Mehrabad, 2021; Komijani & Sheikh Sajadieh, 2024; Suárez et al., 2024; van Donselaar & Broekmeulen, 2025)

Hipotesis kerja ini dievaluasi melalui perbandingan kondisi sebelum dan sesudah penerapan (*BEFORE–AFTER*) berdasarkan perubahan praktis berupa selisih dan persentase penurunan *carryover* , tanpa pengujian signifikansi inferensial.