

**ANALISIS PENDEKATAN KONSEP SUSTAINABILITY  
DALAM JOB SHOP SCHEDULING SISTEM MANUFAKTUR**

Risti Febrianti

[ristifeb25@upi.edu](mailto:ristifeb25@upi.edu)

Universitas Pendidikan Indonesia

Bambang Darmawan

[bambang-darmawan@upi.edu](mailto:bambang-darmawan@upi.edu)

Universitas Pendidikan Indonesia

Vina Dwiyantri

[vinadwiyantri@upi.edu](mailto:vinadwiyantri@upi.edu)

Universitas Pendidikan Indonesia

**ABSTRACT**

*Competition among manufacturing companies drives industrial growth to adopt a competitive pattern. One way for companies to compete and avoid falling behind is by optimizing production activities through scheduling each workstation (job shop scheduling). This scientific article employs a literature review method with an evidence-based approach to identify relevant case studies. The research findings indicate that the job shop scheduling model has a significant positive impact on companies, such as increasing production efficiency and enhancing resource performance, ultimately minimizing costs and production time. However, it cannot be overlooked that this model also has negative effects, such as increased waste, pollution, and depletion of non-renewable resources. Therefore, the manufacturing industry must implement the concept of sustainability, focusing on three main pillars: economic, environmental, and social aspects. This approach aims to maintain productivity, enhance the quality of production performance, and minimize risks associated with optimizing job shop scheduling, ensuring maximum profitability for the company.*

*Keywords: Job Shop, Manufacturing, Production, Scheduling, Sustainability.*

**I. PENDAHULUAN**

Persaingan perusahaan manufaktur yang ketat menyebabkan pertumbuhan industri membentuk pola kompetitif (Galvin *et al.*, 2020). Salah satu cara agar perusahaan mampu bersaing dan menghindari ketertinggalan yakni dengan berupaya meningkatkan produktivitas kegiatan produksi seperti memaksimalkan waktu, sumber daya manusia, bahan baku (material), mesin dan alur produksi (Mariani, 2022:96).

Di sisi lain, tidak dapat dipungkiri bahwa faktor-faktor yang mendukung peningkatan produktivitas kegiatan produksi memiliki kemampuan dan kapasitas yang terbatas (Puspita, 2019 :2). Terbatasnya faktor-faktor pendukung tersebut menyebabkan perlu

dilakukannya perencanaan dan pengoptimalisasian kegiatan produksi melalui penjadwalan atau *scheduling* stasiun-stasiun kerja agar tidak terjadi penumpukan *job* sehingga seluruh tujuan produksi terpenuhi dan target perusahaan dapat tercapai secara optimum (Sugianto dan Wahyuningtyas 2019:1).

Dalam suatu kegiatan produksi perusahaan industri, *scheduling* memiliki aturan operasi dinamakan *Job Shop* atau suatu pola aliran tercampur, dimana urutan lintas produksi mengorganisasikan pekerjaan, peralatan, dan tenaga kerja ke pusat-pusat kerja (*work centers*) berdasarkan jenis pekerjaan dengan menggunakan urutan rute mesin yang

berbeda antara produk satu dengan lainnya (Nubahriati, *et al.*, 2022:86).

Selain itu, *job shop* berhubungan dengan proses produksi bervolume rendah dan bervariasi tinggi sehingga mempengaruhi kinerja produksi serta menghadirkan berbagai dampak dalam segala sisi operasional perusahaan sistem manufaktur (Zainul, 2019:37).

Implementasi *job shop scheduling* memberikan banyak dampak positif terutama dalam hal peningkatan efektivitas kegiatan produksi (Mashuri *et al.*, 2020:22). Namun, konsekuensi pengoptimalan maksimal memunculkan dampak negatif yang tidak dapat diabaikan (Andriani dan Indrianti, 2020:230).

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, artikel ini memperdalam mengenai dampak positif dan negatif hadirnya *job shop scheduling* sistem manufaktur serta cara meminimasi dampak negatif dari model tersebut melalui pendekatan keberlanjutan (*sustainability*).

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### Manufaktur

Menurut Badan Pusat Statistik Indonesia dalam penelitian Zaky (2021:89), manufaktur menjadi sektor industri yang memiliki nilai kontribusi paling tinggi terhadap perekonomian. Hal ini karena manufaktur menjadi industri pengolah bahan mentah dengan mengaplikasikan mesin, peralatan dan tenaga kerja untuk menghasilkan barang jadi yang dapat diproduksi secara massal dan dijual pada pelanggan (Satpatmantyo, 2021:93).

Istilah manufaktur juga dipaparkan oleh Azwina *et al.*, (2023:47) yang mengemukakan bahwa manufaktur termasuk kategori industri sekunder atau non-ekstraktif dengan memanfaatkan sumber daya untuk melakukan kegiatan ekonomi seperti mengolah bahan baku sehingga menghasilkan barang yang memiliki nilai jual.

### Manajemen Produksi dan Operasi

Menurut Heizer dan Render tahun 2011 dalam penelitian Julyanthry *et al.*, (2020:7), istilah manajemen produksi dan operasi merupakan serangkaian aktivitas pengelolaan sumber daya guna menambah nilai produk secara lebih efektif dan efisien.

Hal serupa didefinisikan oleh Assauri tahun 2004 dalam penelitian Gunawan, (2024:3) yang mengemukakan bahwa manajemen produksi dan operasi menjadi suatu upaya mengkoordinasikan dan mengintegrasikan penggunaan sumber daya seperti manusia, alat, dana dan bahan baku guna menambah *utility* baik pada barang atau jasa guna mengoptimalkan dan mencapai tujuan perusahaan.

Sedangkan menurut T. Hani Handoko dalam penelitian Tampi, Matuankotta dan Fredriksz, (2023:70), Manajemen produksi dan operasi merupakan usaha-usaha pengelolaan secara optimal, penggunaan sumber daya (faktor-faktor pendukung kegiatan produksi), tenaga kerja, mesin-mesin, peralatan dan bahan mentah dalam proses transformasi bahan mentah dan tenaga kerja menjadi berbagai produk dan jasa.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa manajemen produksi dan operasi merupakan upaya pengoptimalan seluruh aktivitas yang melibatkan faktor-faktor pendukung proses produksi guna menciptakan nilai tambah dan manfaat produk baik pada barang atau jasa yang dihasilkan oleh perusahaan manufaktur.

### Aliran Proses Produksi

Proses produksi memegang peranan penting dalam mendukung kelancaran operasional perusahaan karena menentukan efisiensi dan efektivitas kegiatan produksi secara keseluruhan. Menurut Nasution, 1999 dalam Aris, Bakhtiar dan Suliantoro, (2016:2), terdapat 5 jenis aliran operasi yang menjadi dasar perencanaan dan pengelolaan proses produksi antara lain:

#### 1) *Project (No Product Flow)*

Proses ini dapat dikatakan cukup rumit karena melibatkan berbagai hal seperti pengelolaan bahan baku (material), peralatan dan tenaga kerja secara terstruktur. Setiap elemen produksi telah ditetapkan dalam urutan tugas yang jelas dan sistematis serta memiliki waktu penyelesaian yang terukur dan terikat jadwal.

#### 2) *Flow Shop*

Proses konversi di mana setiap unit produk akan diproses melalui serangkaian urutan operasi dan fasilitas produksi yang sama.

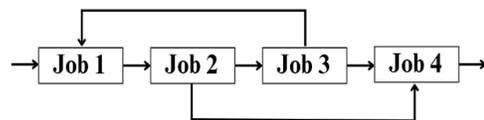
#### 3) *Continous*

Aliran proses produksi ini menjadi bentuk paling ekstrem dari sistem *flow shop*, di mana aliran material

berlangsung secara terus-menerus (konstan).

#### 4) *Job Shop (Jumbled Flow)*

Aliran produksi ini dapat dikatakan sebagai suatu proses konversi di mana setiap unit produk yang berbeda akan melalui urutan dan fasilitas produksi yang berbeda pula. Proses ini melibatkan berbagai pusat kerja (*work centers*) yang dikelompokkan berdasarkan jenis atau fungsi tertentu.



Gambar 1. Pola Aliran Kerja *Job Shop*

(Sumber: Widodo, 2014 dalam Ardiansyah, 2018:8)

#### 5) *Batch*

Proses ini dapat dikatakan lebih maju dibandingkan *job shop* dalam hal standarisasi produk. Meskipun demikian, tingkat standarisasinya masih berada di bawah aliran lintasan perakitan aliran *flow shop* yang menghasilkan produk dengan standar lebih konsisten dan seragam.

### *Scheduling*

*Scheduling* atau penjadwalan dapat didefinisikan sebagai “*scheduling is the allocation of resources overtime to perform collection of risk*” yang artinya pengalokasian sumber daya yang terbatas untuk mengerjakan sejumlah pekerjaan (Januhari, Suryawan dan Purwantara, 2019:236).

*Scheduling* bertujuan untuk memastikan proses produksi berjalan lancar sesuai waktu yang telah

direncanakan sehingga target kuantitas produksi dapat tercapai dengan biaya seminimal mungkin.

Selain itu, menurut Ginting, 2009 dalam Ekoanindiyo *et al.*, (2024:14) mengidentifikasi bahwa *scheduling* memiliki beberapa tujuan sebagai berikut:

- 1) Meningkatkan penggunaan sumber daya atau mengurangi waktu me-nganggur (*idle time*) sehingga waktu produksi menjadi lebih efektif dan efisien yang dapat berdampak pada peningkatan produktivitas operasional perusahaan.
- 2) Meminimasi persediaan barang setengah jadi (*work in process*) atau mengurangi penumpukan pekerjaan yang menunggu dalam antrian ketika sumber daya masih mengerjakan tugas lain.
- 3) Mengurangi terjadinya keterlambatan pekerjaan terutama bagi perusahaan yang memiliki waktu penyelesaian (*due date*). Hal ini dapat meminimasi biaya keterlambatan (*penalty cost*).
- 4) Membantu pengambilan keputusan mengenai rencana kapasitas pabrik dan jenis kapasitas yang dibutuhkan guna menghindari pengeluaran biaya tambahan.

### **Job Shop Scheduling**

Menurut Octaviana, Pratama dan Baskoro (2022:1), *Job shop scheduling* menjadi proses produksi yang unik karena memiliki rute pemrosesan yang berbeda antar satu dan lainnya. Hal ini bertujuan untuk meminimum-

kan total waktu penyelesaian seluruh *job (makespan)*.

Namun, menurut Ginting, 2009 dalam Panjaitan (2023: 18) Proses produksi *job shop scheduling* lebih sulit dibandingkan *flow shop scheduling*, hal ini disebabkan beberapa faktor sebagai berikut:

#### **1) Keberagaman produk dan pola aliran**

Sistem *job shop* menangani berbagai jenis produk dengan ragam variasi yang tinggi sehingga pola aliran pusat-pusat kerja (*work centers*) menjadi lebih beragam

#### **2) Penggunaan fasilitas**

Dalam *job shop*, fasilitas atau peralatan seperti mesin digunakan secara bergantian berdasarkan pesanan (*order*), sedangkan fasilitas atau peralatan pada *flow shop* dirancang dan dipergunakan khusus untuk satu jenis produk

#### **3) Prioritas berbeda pada setiap job**

Pada *job shop*, setiap *job* memiliki prioritas yang berbeda. Hal ini mengakibatkan produk tertentu yang dipilih harus diproses secepatnya pada saat *order* tersebut sedang ditugaskan pada suatu mesin atau pusat kerja. Sebaliknya, pada *flow shop* terjadi keseragaman *output* yang diproduksi untuk kebutuhan persediaan

Urutan operasi yang bervariasi perlu dijadwalkan dengan sebaik mungkin agar meminimasi waktu penyelesaian pekerjaan dan mengefisiensi produktivitas dan kegiatan operasional perusahaan (Aulia dan Aprilisa, 2024:1777-1778).

**Sustainability**

*Sustainability* atau keberlanjutan adalah strategi pemenuhan kebutuhan masa sekarang tanpa mengurangi kemampuan dan mengorbankan hak-hak bagi generasi mendatang (Yusuf dan Prayogi, 2020:23).

Konsep pendekatan manufaktur keberlanjutan atau *sustainability manufacturing* berfokus pada meminimasi dampak negatif terhadap lingkungan sekaligus peningkatan keberlanjutan dalam sisi ekonomi dan sosial (Akbar dan Irohara, 2018:868).

Menurut Maharani, (2020:2), terdapat tiga aspek utama yang menjadi fokus perhatian dalam *sustainability manufacturing* antara lain:

**1) Aspek ekonomi**

Aspek ini mencakup *financial performance* dan *manufacturing cost* yang dihasilkan selama operasional produksi

**2) Aspek lingkungan**

Berfokus pada penggunaan energi dan material dalam proses mesin produksi serta dampak negatif yang ditimbulkan seperti emisi dan polusi

**3) Aspek sosial**

Berkaitan dengan tingkat kepuasan dan kesejahteraan tenaga kerja yang terlibat dalam operasional produksi.

Dengan memperhatikan dan mengoptimalkan penerapan ketiga aspek *sustainability manufacturing* tersebut dapat memberikan dampak positif antara lain:

- 1) Meminimalisir kerusakan lingkungan yang ditimbulkan pada saat memproduksi barang

- 2) Mengoptimalkan pengelolaan sumber daya alam dan sumber daya manusia.
- 3) Mempertahankan dan meningkatkan nilai ekonomis.
- 4) Meningkatkan kepuasan dan kesejahteraan tenaga kerja.

**III. METODE PENELITIAN**

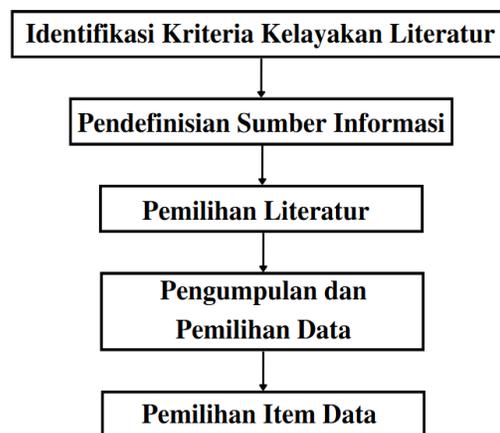
Artikel ilmiah ini bertujuan untuk menganalisis konsep *sustainability* dalam *job shop scheduling* sistem manufaktur. Penelitian ini menggunakan metode *literature review* dengan pendekatan *evidence based* untuk menemukan studi kasus yang relevan.

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan meliputi:

- 1) Pengumpulan
- 2) Identifikasi
- 3) Analisis

dari berbagai kajian literatur terkait topik utama yang diteliti.

**Prosedur**



Gambar 2. Alur Kajian Literatur

- 1) **Identifikasi kelayakan literatur**  
Kriteria kelayakan literatur pada artikel ilmiah ini didasarkan tahun

publikasi buku dan jurnal dalam rentang waktu 5 tahun terakhir yakni tahun 2019-2024. Berdasarkan hasil pencarian awal mengenai topik penelitian ini, penulis menemukan dan mengidentifikasi 70 artikel yang relevan untuk dianalisis lebih lanjut.

## **2) Pendefinisian sumber informasi**

Proses pencarian literatur dilakukan melalui berbagai sumber terpercaya pada *database* online yang memiliki repositori besar untuk studi akademis seperti *Google Scholar* dan *Harzing's Publish or Perish*.

Selain itu, penulis juga menelusuri daftar pustaka pada artikel sebelumnya yang telah memenuhi kriteria kelayakan literatur. Strategi ini dilakukan untuk menemukan referensi tambahan yang berelevansi dengan topik penelitian sehingga dapat memperluas cakupan analisis.

## **3) Pemilihan Literatur**

### **a. Pemilihan Literatur**

Pemilihan literatur dilakukan dengan menggunakan kata kunci yang relevan seperti “*Job Shop Scheduling* Sistem Manufaktur”, “Dampak Positif dan Negatif *Job Shop Scheduling*”, serta “Keberlanjutan Dalam *Job Shop* Industri Manufaktur”. Kata kunci ini digunakan untuk menemukan data atau informasi yang mendukung penelitian.

### **b. Identifikasi Literatur**

Literatur yang telah teridentifikasi pada tahap kelayakan kemudian akan di-eksplorasi mengenai judul, abstrak dan kata kunci yang tercantum. Hal ini bertujuan untuk memastikan relevansi artikel dengan topik penelitian.

### **c. Evaluasi Literatur**

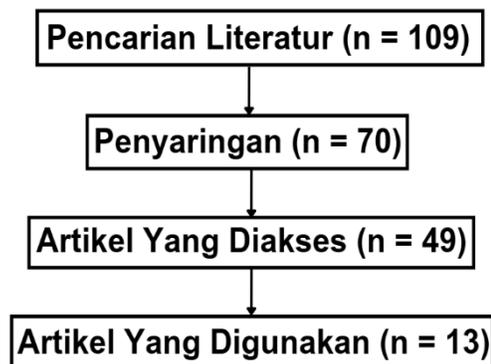
Literatur yang dianggap relevan akan diidentifikasi secara terperinci komprehensif dan menyeluruh untuk menilai kelayakan hasil penelitian yang sesuai dengan kriteria yang telah ditetapkan. Pada tahap ini, peneliti berhasil mengidentifikasi sebanyak 49 artikel jurnal yang dapat diakses secara penuh untuk dianalisis lebih lanjut.

## **4) Pengumpulan & Pemilihan Data**

Pengumpulan data atau tahap ekstraksi dilakukan dengan melihat dan meninjau seluruh artikel yang telah diseleksi lalu kemudian diidentifikasi dan dianalisis mengenai temuan-temuan penting dalam artikel jurnal tersebut sehingga dapat dilanjutkan ke tahap sintesis atau analisis data.

## **5) Analisis Data**

Penelitian ini mengacu pada 13 artikel yang dianggap relevan dengan topik penelitian. Hasil ekstraksi data kemudian dianalisis, dikaji serta dikembangkan secara mendalam untuk mendapatkan informasi yang akurat, faktual dan sesuai dengan tujuan penelitian.



Gambar 3. Tahap Penemuan Literatur

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN *Job Shop Scheduling* Perusahaan

*Job shop scheduling* telah banyak diterapkan di berbagai sektor industri, termasuk dalam sistem manufaktur. konsep ini krusial untuk dipergunakan karena mendukung signifikansi pertumbuhan perusahaan secara cepat (Akid dan Simarmata, 2023:2).

Menurut Barry dan Render pada tahun 2013 di buku Manajemen Operasi (dalam Mulya, Trisanto dan Rismawati, 2020:169) mengemukakan bahwa *job shop scheduling* sangat penting diterapkan oleh perusahaan sistem manufaktur karena:

- 1) Seluruh aset dipergunakan secara maksimal, hal ini dapat menghasilkan keuntungan yang lebih besar bagi perusahaan
- 2) Fleksibilitas dan kapasitas kinerja produksi perusahaan berupaya ditingkatkan secara optimal, hal ini dapat mengefisiensi waktu pengiriman dan pelayanan yang diberikan bagi pelanggan
- 3) Perusahaan lebih unggul dalam segala sisi dibanding kompetitor, salah satunya pendistribusian yang

lebih cepat dan dapat diandalkan.

#### Dampak Positif

Konsep *Job shop scheduling* memberikan beragam dampak positif terutama peningkatan efisiensi kinerja produksi dan sumber daya. Hal ini dijabarkan terperinci oleh Saputra (2020:19).

##### 1) Meminimasi biaya dan waktu proses produksi

Dalam sistem *flow shop*, proses produksi memakan waktu yang cukup lama. Hal ini berakibat pada hadirnya citra buruk dan meruginya pendapatan perusahaan dikarenakan terlambat menyelesaikan dan mendistribusikan hasil produksi.

Namun, produksi dapat berjalan dalam waktu singkat bagi perusahaan yang menerapkan sistem *job shop scheduling* dikarenakan produktivitas kinerja produksi dan mesin memang dirancang dengan semaksimal mungkin agar tidak ada waktu *idle* atau menganggur untuk proses pengerjaan berikutnya.

Selain meminimalisir waktu dan proses produksi, penerapan sistem *job shop scheduling* dapat mengurangi pengeluaran biaya penyimpanan dan persediaan barang setengah jadi atau *work in process inventory* serta biaya denda atau *penalty cost*.

##### 2) Meningkatkan kualitas pekerja

Dalam sistem *flow shop*, tidak ada *scheduling* pekerjaan sehingga tenaga kerja sering mengalami kebingungan saat melakukan pekerjaannya. Namun, alur produksi terancang lebih jelas bagi perusahaan yang menerapkan sistem *job shop scheduling* karena

konsep ini meningkatkan kualitas sumber daya manusia sehingga pekerja mengetahui dan memahami dengan jelas terkait pekerjaan yang harus dilakukan.

Selain itu, status informasi pekerjaan menjadi salah satu aspek penting dalam kinerja produksi maupun bagi para tenaga kerja secara pribadi. Bila industri tidak menerapkan sistem *job shop scheduling*, maka perusahaan akan merugi secara besar-besaran dikarenakan ketersediaan jumlah tenaga kerja, alat dan kebutuhan bahan produksi tidak sesuai dengan kuantitas hasil produk sehingga dapat disimpulkan bahwa selain dapat meningkatkan kualitas sumber daya manusia, *job shop scheduling* juga akan memperbaiki status informasi pekerjaan dengan sebaik mungkin.

### **Dampak Negatif**

Tidak dapat dipungkiri bahwa hasil implementasi *job shop scheduling* menghadirkan dampak negatif, baik dari aspek lingkungan maupun keterbatasan sumber daya. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Andriani dan Indrianti (2020:230) yang mengemukakan bahwa penerapan *job shop scheduling* dapat menimbulkan dampak negatif sebagai berikut:

#### **1) Menghasilkan limbah dan polusi**

Model *job shop scheduling* berdampak negatif secara krusial terhadap lingkungan dengan menghasilkan pencemaran limbah dan polusi secara besar-besaran. Hal ini dikarenakan upaya pengoptimalan

produksi bervolume dan berkecepatan tinggi yang menyebabkan pemakaian bahan baku, produktivitas mesin dan kinerja produksi yang digerakkan secara cepat dan semaksimal mungkin agar dapat mempersingkat waktu *idle*.

#### **2) Menipisnya sumber daya tak terbarukan**

Model *job shop* juga cukup berdampak negatif terkait sumber daya tak terbarukan. Hal tersebut disebabkan permintaan konsumen yang tinggi sehingga mengacu pada penurunan kuantitas dan kualitas cadangan sumber daya karena dipergunakan dan dieksploitasi terus menerus oleh perusahaan produksi dalam skala waktu yang sangat lama.

Dampak negatif yang muncul akibat penerapan model *job shop scheduling* sistem manufaktur ini perlu ditekan seminimum mungkin dengan cara merancang dan menerapkan langkah alternatif yang ramah lingkungan seperti pendekatan *sustainability*.

Dengan mengadopsi strategi ini, perusahaan dapat menjaga efisiensi produktivitas operasional dan meminimalkan risiko kerugian yang muncul akibat upaya pengoptimalan *job shop scheduling*.

#### **Job Shop Scheduling Berdasarkan Kriteria Sustainability**

Dampak negatif yang timbul dari hadirnya *job shop scheduling* dapat diatasi melalui penerapan konsep *sustainability*. Konsep ini berfokus pada tiga pilar utama yakni aspek ekonomi, lingkungan dan sosial.

Langkah ini tidak hanya mempertimbangkan efisiensi biaya, tetapi menyinggung komitmen terhadap lingkungan dan tanggung jawab sosial.

### 1) *Job Shop Scheduling* Sistem Manu-faktur Berdasarkan Aspek Ekonomi

Konsep *sustainability* pada *job shop scheduling* berdasarkan aspek ekonomi meliputi indikator performansi keuangan, keandalan pengiriman, dan pengeluaran biaya perusahaan manufaktur. Pendekatan *sustainability* mengenai aspek ekonomi ini telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya seperti:

a) Model *scheduling* produksi di PT. Lumina *Packaging* menggunakan metode *Earliest Due Date* (EDD) yang diusulkan oleh Safitri (2019:48-55). Konsep *scheduling* ini dilatarbelakangi masalah terkait kendala pekerjaan dikarenakan terbatasnya mesin atau fasilitas produksi yang tersedia sehingga perusahaan selalu mendapat komplain dari pelanggan dikarenakan keterlambatan pendistribusian produk.

Dengan pendekatan *sustainability* berdasarkan aspek ekonomi memakai metode EDD dan *software WinQSB* ini mampu mengatasi masalah tersebut yang dapat meminimalkan keterlambatan *job* dan distribusi, membantu penentuan jadwal produksi secara efektif dan efisien, serta meningkatkan kualitas dan keuntungan yang didapatkan perusahaan.

b) Berdasarkan penelitian di UD. Wira Vulkanisir yang dilakukan oleh Nurainun dan Oktiadri (2019:62-68), peneliti menguji peningkatan kualitas produksi memakai metode *Campbell Dudek Smith* (CDS) dengan hasil optimal minimasi makespan sebesar 5,6% dibandingkan metode aktual *Earliest Due Date* (EDD) yang digunakan oleh perusahaan.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa perusahaan yang meningkatkan kualitas dan kuantitas produksi dapat minimasi makespan serta menghasilkan ketepatan waktu dan optimasi penyelesaian urutan *job*.

Hal ini tentunya akan berdampak pada perkembangan pilar aspek ekonomi baik dari segi pendapatan perusahaan serta kemampuan bersaing dengan kompetitor lain.

c) Pendekatan konsep *sustainability job shop scheduling* berdasarkan aspek ekonomi diteliti oleh Nuriza dan Oktiarso (2020: 148-160) yang membandingkan algoritma *Branch and Bound* dengan algoritma *Dannenbring*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan metode algoritma *Branch and Bound* memberikan dampak positif bagi perusahaan dengan mengurangi waktu proses pembuatan produk sehingga meningkatkan efisiensi produktivitas dan meminimasi biaya produksi yang perlu dikeluarkan perusahaan.

## 2) *Job Shop Scheduling* Sistem Manufaktur Berdasarkan Aspek Lingkungan

Penelitian mengenai pendekatan *sustainability job shop scheduling* berdasarkan aspek lingkungan bertujuan mengurangi polusi, limbah dan emisi serta mengoptimalkan konsumsi energi dan sumber daya telah dilakukan beberapa peneliti sebelumnya.

- a) Metodologi penelitian yang dilakukan oleh Tampubolon dan Devita (2021:58-65) berdasar pada kesadaran peneliti bahwa energi perusahaan produksi yang dikonsumsi dalam kuantitas besar akan berkontribusi pada pencemaran udara yang sangat serius.

Berkaitan dengan hal tersebut, peneliti menerapkan pendekatan konsep *sustainability* memakai *hybrid algorithm* dengan menggabungkan metode *algoritma genetika* (GA) dan *simulated annealing* (SA) untuk meminimalkan makespan dan energi yang dikonsumsi perusahaan produksi.

Algoritma *genetika* dan *simulated annealing* (GA +SA) dimodifikasi dengan menghidupkan sejumlah kromosom menggunakan metode acak, lalu kromosom yang memiliki operasi, waktu pengerjaan terbanyak dan nilai terbaik akan disimpan sedangkan kromosom lainnya akan dilakukan proses persilangan dengan menukarkan beberapa gen antar dua kromosom hingga menghasilkan dua

kromosom baru. Selanjutnya, peneliti melakukan modifikasi dengan menambahkan konsumsi energi pada saat mesin bekerja dan saat keadaan menganggur.

Peneliti melakukan percobaan dengan beberapa kasus dan menjalankan algoritma sebanyak 10 kali dan menghasilkan rincian sebagai berikut:

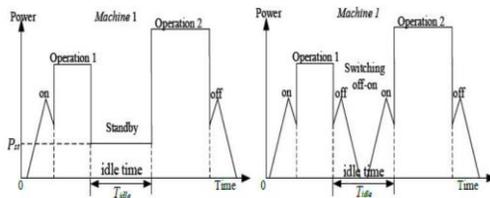
- i. Output mengenai makespan menghasilkan nilai yang baik dibandingkan hanya menggunakan metode GA dan SA. Percobaan yang dilakukan untuk mengurangi konsumsi energi perusahaan produksi menghasilkan nilai yang cukup baik dengan penurunan jumlah konsumsi energi dibandingkan data aktual

Berkaitan dengan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa dengan upaya memaksimalkan *Job Shop Scheduling* memakai algoritma GA+SA berpeluang meminimasi makespan dan konsumsi energi sehingga memperkecil dampak pencemaran lingkungan udara yang dihasilkan mesin produksi.

- b) Pendekatan konsep *sustainability* dalam aspek lingkungan lainnya dilakukan oleh Liu, *et al.*, (2019:1167-1176), dilatarbelakangi oleh mesin yang tidak dapat menghindari keadaan *idle* selama proses produksi. Hal ini menyebabkan konsumsi energi yang berlebihan sekaligus mencemari lingkungan.

Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan metode *mixed integer programming* (MIP), *im-*

proved genetic algorithm (GA) serta Non-dominated Sorting Genetic Algorithm II (NSGA-II) untuk mengadopsi mekanisme *scheduling* yang efektif dengan mematikan mesin produksi guna meminimumkan makespan dan konsumsi energi yang dihasilkan selama proses produksi. Berikut ilustrasi kurva daya mesin produksi saat sedang tidak digunakan:



Gambar 4. Kurva Daya Mesin Produksi  
Sumber: (Liu *et al.*, 2019:1169)

Keadaan *standby* atau *switching on/off* tergantung waktu konsumsi masing-masing mode ini. Dalam mode daya mesin *standby* ( $P_{st}$ ) dengan waktu idle ( $T_{idle}$ ), maka konsumsi energi pada mesin 1 menjadi  $P_{st} \times T_{idle}$ . Dan dalam mode daya mesin *on/off* ( $E_{off-on}$ ), konsumsi energi saat *switch off* menurun dan mulai naik saat *switch on*. Sehingga dapat disimpulkan bahwa konsumsi energi *standby* lebih besar daripada konsumsi energi *switching*, maka mesin lebih memilih melakukan operasi *switch off* ataupun sebaliknya, dengan formula:

$$P_{st} \times T_{idle} > E_{off-on}$$

$$T_{idle} > \frac{E_{off-on}}{P_{st}}$$

c) Penelitian yang dilakukan oleh Nurainun dan Sari (2019) menguji

penerapan algoritma *non-delay* dalam *scheduling* produksi yang memiliki karakteristik *high mix low volume*. Hasil uji coba menunjukkan perbaikan signifikan dalam efisiensi waktu produksi dari 125.961 menit menjadi 27.190 menit yang artinya terjadi pengurangan waktu kerja sebesar 98.770 menit. Selain itu, algoritma *non delay* mampu mengurangi makes-pan hingga 78% dibandingkan dengan *scheduling* aktual yang digunakan perusahaan.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa penerapan algoritma *non-delay* tidak hanya meningkatkan pencapaian target produksi tetapi mengoptimalkan efisiensi penggunaan mesin dan me-ngurangi dampak negatif yang signifikan terhadap lingkungan.

### 3) Job Shop Scheduling Sistem Manufaktur Berdasarkan Aspek Sosial

Pendekatan konsep *sustainability* dengan mengadopsi penyelesaian permasalahan *job shop scheduling* berdasarkan aspek sosial, khususnya terkait kesejahteraan pekerja dianalisis oleh beberapa peneliti sebelumnya dengan penjabaran sebagai berikut:

- a) Penelitian yang dilakukan oleh Pradini, Lucitasari dan Putro (2019: 36-47) mempertimbangkan aspek sosial terkait kondisi pekerja yang merasa kelelahan saat melakukan aktivitas *Job Shop*. Pendekatan *sustainability* pada penelitian ini menggunakan metode *Macro ergonomic Analysis and Design* (MEAD) dengan perbaikan sistem

kerja melalui penambahan waktu istirahat guna mengurangi tingkat kelelahan yang dirasakan pekerja.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perbaikan sistem kerja dapat meningkatkan produktivitas dan kuantitas produksi barang yang dihasilkan tenaga kerja di perusahaan tersebut.

- b) Pendekatan konsep *sustainability* berdasarkan aspek sosial juga dipertimbangkan dan diteliti oleh Zhu, *et al.*, (2020:1691-1716) yang melakukan identifikasi dan analisis mengenai pengaruh *learning* pekerja terhadap peningkatan kualitas produksi dengan menggunakan metode Algoritma Me-metika (MA).

Hasil penelitian didapatkan bahwa analisis tersebut dapat menyelesaikan permasalahan waktu pemrosesan atau makespan dan total emisi karbon (CE) secara optimal serta total biaya pekerja yang dapat ditekan seminimum mungkin.

- c) Penelitian yang dilakukan oleh Darmawan, (2018:17-115) memanfaatkan algoritma genetika dengan pendekatan *one-cut point crossover*, *reciprocal exchange mutation*, dan *elitism selection*. Penelitian ini di-rancang untuk mengidentifikasi dan menyusun *job shop scheduling* tenaga kerja secara lebih teratur agar dapat:

- (1) Meminimasi tingkat kelelahan yang sering dirasakan pekerja. Hal ini disebabkan ketidakteraturan jadwal serta beban kerja yang tidak merata

- (2) Menurunkan terjadinya risiko kecelakaan kerja

- (3) Menjaga konsistensi kualitas tenaga kerja agar tetap dapat berkontribusi secara maksimal bagi perusahaan.

## V. KESIMPULAN

Model *job shop scheduling* penting diterapkan berbagai jenis industri, tak terkecuali perusahaan manufaktur karena konsep ini menghadirkan banyak dampak positif seperti menghasilkan keuntungan yang lebih besar. Selain itu, dapat meningkatkan fleksibilitas serta kapasitas kinerja produksi, meminimalisir biaya dan waktu proses produksi, meningkatkan kualitas pekerja, dan mengurangi keterlambatan dalam batas waktu kerja (*Due Date*).

Namun, tidak dapat dipungkiri bahwa penerapan model ini juga menghadirkan dampak negatif yang tidak dapat diabaikan seperti menghasilkan limbah dan polusi serta menipisnya sumber daya tak terbarukan.

Timbulnya dampak negatif dari implementasi *job shop scheduling* dapat diatasi dengan menerapkan pendekatan konsep *sustainability*. Pendekatan ini berfokus pada tiga pilar aspek utama antara lain:

- 1) Aspek ekonomi

Berbagai peneliti menggunakan beragam metode untuk mengimplementasikan *job shop scheduling*, hal ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi jadwal operasional dan meminimasi pengeluaran biaya produksi sekecil mungkin serta

memaksimalkan pemasukan bagi perusahaan.

- 2) Aspek lingkungan  
Selain berfokus pada keuntungan ekonomi, pendekatan *job shop scheduling* juga harus memperhatikan aspek lingkungan dan para peneliti berupaya menerapkan konsep ini untuk memperkecil signifikansi pencemaran lingkungan seperti polusi, limbah, emisi, dan konsumsi sumber daya yang berlebihan.
- 3) Aspek sosial  
Dalam perspektif aspek sosial, *sustainability job shop scheduling* bertujuan untuk meningkatkan kondisi kerja dengan meminimasi tingkat kelelahan dan biaya yang harus ditanggung pekerja. Hal ini dapat menciptakan lingkungan kerja yang lebih menguntungkan bagi para tenaga kerja.

### Saran

Berdasarkan hasil kajian terkait dampak positif dan dampak negatif serta pendekatan konsep *sustainability* dalam *job shop scheduling* sistem manufaktur, berbagai perusahaan disarankan untuk berupaya meningkatkan kesadaran dan menerapkan pendekatan konsep *sustainability* dengan memperhatikan tiga pilar yaitu aspek ekonomi, lingkungan, dan sosial. Hal ini bertujuan agar terjadi peningkatan produktivitas dan kualitas dalam kinerja produksi serta mencapai keuntungan yang sangat maksimal bagi perusahaan.

### DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, M. dan Irohara, T. (2018) 'Schedu-ling for sustainable manufac uring: A review', *Journal of Cleaner Produc-tion*, 205, p. 868.
- Akid, S. M. dan Simarmata, R. (2023). Penjadwalan Mesin Produk Mobil Mainan Menggunakan Metode Ant Colony'. *TALENTA Conference Seri-es*. Vol 6 (1): 892-901.  
<https://talentaconfseries.usu.ac.id/ee/article/view/1905/1605>
- Andriani, V. E. dan Indrianti, N. (2020) 'Penjadwalan Job Shop Pada Sistem Manufaktur Berkelanjutan: Kajian Pustaka', *Prosiding Industrial Engi neering Conference (Iec) 2020*, p. 230.
- Aulia, R. dan Aprilisa, S. (2024). Job Shop Scheduling Problem menggunakan Ant Colony Optimization dan Algoritme Genetika. *JUTIN: Jurnal Teknik Industri Terin-tegrasi*. Vol 7 (3): 1777–1778.  
<https://doi.org/10.31004/jutin.v7i3.31591>
- Ardiansyah, I. R. (2018). Penjadwalan Flowshop Dengan Mesin Paralel Menggunakan Metode Tabu Search Berdasarkan Kriteria Aear-liest Due Date Untuk Meminimasi Makespan.
- Aris, A. R., Bakhtiar, A. dan Suliantoro, H. (2016). Penerapan Sistem Make To Order Serta Penjadwalan Jobshop Guna Mencegah Keterlambatan Pada Customer (Studi Kasus: PT. Sanggar Sarana Baja). *E-Journal Undip*. Vol 5 (1).

- <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/ieoj/article/view/10642/10324>
- Azwina, R, Wardani, P, Sitanggang, F dan Silalahi, P. R. (2023). Strategi Industri Manufaktur Dalam Meningkatkan Percepatan Per-tumbuhan Ekonomi Di Indonesia. *Profit: Jurnal Manajemen, Bisnis dan Akuntansi*. Vol 2 (1): 44-55.  
<https://doi.org/10.58192/profit.v2i1.442>
- Darmawan, S. A. (2018). Optimasi Penjadwalan Mesin Dan Shift Karyawan Menggunakan Algorit-me Genetika (Studi Kasus Pada PT. Petro Jordan Abadi). Universitas Brawijaya.
- Ekoanindiyo, F. A, Antoni, Y, Mohammad, R. R dan Enty, N. H. (2024). Perencanaan Dan Penjadwalan Produksi Pada Industri Motor. 1st edn. Malang: PT. Literasi Nusa-ntara Abadi Grup.
- Galvin, P, Burton, N, Singh, P. J, Sarpong, D, Bach, N dan Teo, S. (2020). Network rivalry, Competition and Inno-vation', *Technological Forecas-ting & Social Change*. Vol 161.  
<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120253>
- Gunawan, C. I. (2024) Teori Dasar Manajemen Produksi dan Operasional. Edited by Masnurul. Purwakarta: CV. IRDH.
- Januhari, N. nyoman U., Suryawan, I. K. D dan Purwantara, I. M. A. (2019). Manajemen E-Scheduling Trans-portasi Dengan Metode Is Research. *Jurnal Teknologi Informasi dan Komputer*. Vol 5 (2).  
<https://doi.org/10.36002/jutik.v5i2.791>
- Julyanthry et al. (2020) Manajemen Produksi Dan Operasi. 1st edn. Edited by J. Simarmata. Yayasan Kita Menulis.
- Liu, Q, Pan, K. Q, Gao, L dan Li, X. (2019). Multi-Objective Flexible Job Shop Scheduling Prob-lem Considering Machine Switching Off-On Operation. *Procedia Manu-facturing*. Vol 39: 1167–1176.  
<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.353>
- Maharani, A. (2020) Implementasi Konsep Sustainable Machining Pada Usaha Kecil Menengah (UKM) Bidang Pemesinan Di Sumatera Barat.
- Mariani. (2022). Manajemen Operasional Pada Proses Produksi Perusahaan. *OPTIMAL: Jurnal Ekonomi dan Manajemen*. Vol 2 (1): 95–108.  
<https://doi.org/10.55606/optimal.v2i1.1362>
- Mashuri, C, Mujiyanto, A. H, Sucipto, H dan Arsam, R. Y. (2020). Sistem Optimasi Penjadwalan Mesin Produksi Meng-gunakan Metode GUPTA Berbasis Android. *Jurnal Sistem Informasi Bisnis*. Vol 10 (1).  
<https://doi.org/10.21456/vol10iss1pp20-27> .
- Mulya, M. F., Trisanto, D. dan Rismawati, N. (2020). Analisis dan Implementasi Metode Earliest Due Date (EDD) untuk Meminimalisir Keterlambatan

- dalam Proses Penjadwalan Perbaikan Kendaraan. *Journal Faktor Exacta*. Vol 13 (3).  
[http://dx.doi.org/10.30998/faktor\\_exacta.v13i3.7254](http://dx.doi.org/10.30998/faktor_exacta.v13i3.7254)
- Nubahriati, A., Natalia, D. dan Sutomo, A. (2022). Manufacturing Cycle Effectiveness dalam Meningkatkan Kinerja Studi Kasus Pada Bengkel Sinar Las Di Kota Watampone. *Journal of Applied Management and Business Research (JAMBiR)*. Vol 2 (1).  
<https://doi.org/10.38531/jambir.v2i1.48>
- Nurainun, T. dan Oktiadri, W. (2019). Usulan Penjadwalan Job Machine Seri Menggunakan Metode Campbell Dudek Smith (CDS) untuk Meminimasi Makespan di UD. Wira Vulkanisir. *Jurnal Energi Dan Manufaktur*. Vol 12 (2): 62–68.  
<http://dx.doi.org/10.24843/JEM.2019.v12.i02.p03>
- Nurainun, T. dan Sari, N. Y. (2019). Penjadwalan Produksi High Mix Low Volume Menggunakan Algoritma Non Delay untuk Meningkatkan Target Produksi di PT. X. *Jurnal Teknik Industri*. Vol 9 (3): 220–247.  
<https://doi.org/10.25105/jti.v9i3.6652>
- Nuriza, M. I. dan Oktiarso, T. (2020). Penjadwalan Produksi Dengan Algoritma Dannenbring dan Branch and Bound pada Produksi Atap Galvalum Di PT NS Blue-scope Lysaght Indonesia. *Journal Of Integrated System*. Vol 3(2): 148–160.  
<https://doi.org/10.28932/jis.v3i2.2773>
- Octaviana, R. D, Pratama, A. T dan Baskoro, G. (2022). Perbandingan Tabu Search Dan Algoritma Genetika Dalam Menyelesaikan Masalah Penjadwalan job Shop. *TALENTA Conference Series*. Vol 5 (2).  
<https://doi.org/10.32734/ee.v5i2.1537>
- Panjaitan, A. (2023) Usulan Penjadwalan Mesin Produksi Bagian Mesin Hdpe Dengan Menggunakan Metode Algoritma Non Delay pada PT. Sinar Utama Nusantara. Universitas Medan Area.
- Pradini, A. H., Lucitasari, D. R. dan Putro, G. M. (2019). Perbaikan Sistem Kerja Dengan Pendekatan Macro ergonomic Analysis And Design (Mead) Untuk Meningkatkan Produktifitas Pekerja (Studi kasus di UD Majid Jaya, Sarang, Rembang, Jawa Tengah). *OPSI: Jurnal Optimasi Sistem Industri*. Vol 12 (1): 36–47.  
<https://doi.org/10.31315/opsi.v12i1.2897>
- Puspita, T. L. (2019) Analisis Penjadwal-an Produksi Menggunakan Metode Campbell Dudeck Smith (Cds) Untuk Meningkatkan Efektivitas Produksi (Studi Kasus Pada CV Buana Mekar). Universitas Pendidikan Indonesia.
- Safitri, M. D. A. (2019). Penjadwalan Produksi Untuk Meminimasi Keterlambatan Distribusi Dengan Metode Earliest Due

- Date. *SemNas Teknik UMAHA*. Vol 1: 48–55.  
<https://doi.org/10.51804/prosidin.g.v1i0.665>
- Saputra, A. (2020). Optimasi Dan Penjadwalan Produksi Crude Palm Oil (CPO) Dan Inti Sawit (Kernel) Menggunakan Metode Program Dinamis Dan Metode Branch And Bound Di PT. Maredan Sejati Surya Plantation I. Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau Pekanbaru.
- Satpatmantyo, K. (2021). Sistem Manajemen Informasi Sebagai Pendukung Produksi Di Industri Manufaktur (Studi Kasus : Perusahaan Penghasil Pensil). *Sigma: Jurnal Teknologi Pelita Bangsa*. Vol 12 (2).
- Sugianto dan Wahyuningtyas, E. (2019). Sistem Informasi Penjadwalan Pro-duksi Pada CV. Bulu Nusantara Gresik. *Information Technology Journal*. Vol 5 (2): 5-9.
- Tampi, A. M., Matuankotta, F. dan Fredriksz, G. (2023). Ramalan Produksi Kursi Sofa Pada Mebel Erlan Hative Besar Di Kota Ambon. *Jurnal Administrasi Terapan*. Vol 2 (1).  
<https://doi.org/10.31959/jat.v2i1.1379>
- Tampubolon, F. R. dan Devita, R. (2021). Implementasi Hybrid Algorithm Untuk Optimalisasi Konsumsi Energi Pada Job Shop Scheduling. *Jurnal Elektro dan Mesin Terapan*. Vol 7 (2): 58–65.  
<https://doi.org/10.35143/elementer.v7i2.5140>
- Yusuf, A. dan Prayogi, L. (2020). Tinjauan Konsep Keberlanjutan Pada Kawasan Permukiman Dalam Aspek Sosial. *Purwarupa: Jurnal Arsitektur*. Vol 4 (2).  
<https://doi.org/10.24853/purwarupa.4.2.23-30>
- Zainul, M. (2019) Buku Manajemen Operasional. 1st edn. Yogyakarta: CV Budi Utama.
- Zaky, M. (2021). Pengaruh Budaya Organisasi Terhadap Kinerja Karyawan: Studi Kasus Pada Industri Manufaktur Di Indonesia. *Komitmen: Jurnal Ilmiah Manajemen*. Vol 2 (1).  
<https://doi.org/10.15575/jim.v2i1.25249>
- Zhu, H. et al. (2020) ‘Low carbon flexible job shop scheduling problem considering worker learning using a memetic algorithm’, *Optimization and Engineering*. Vol 21 (4): 1691–1716.  
<https://link.springer.com/article/10.1007/s11081-020-09494-y>