



# OPTIMASI PENJADWALAN PRIORITAS PRODUKSI WIP REAL TIME BERBASIS SIMPLE ADDITIVE WEIGHTING DAN QR CODE

Deri Nasrudin <sup>1\*</sup>, Anita Ratnasari <sup>2</sup>

Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas Dian Nusantara<sup>1,2</sup>

\*Correspondent Author: [411222045@mahasiswa.undira.ac.id](mailto:411222045@mahasiswa.undira.ac.id)

Authors Email: [411222045@mahasiswa.undira.ac.id](mailto:411222045@mahasiswa.undira.ac.id)<sup>1</sup>, [anita.ratnasari@undira.ac.id](mailto:anita.ratnasari@undira.ac.id)<sup>2</sup>

## In Indonesian

**Abstrak:** Pengelolaan Work-In-Progress (WIP) pada industri farmasi membutuhkan pengendalian yang akurat karena setiap lot memiliki batas holding time yang memengaruhi stabilitas produk. Proses manual berisiko menimbulkan keterlambatan penjadwalan, kesalahan pengambilan lot, dan penumpukan area penyimpanan. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem manajemen WIP berbasis web untuk menghasilkan rekomendasi prioritas produksi secara real time. Metode pengembangan menggunakan Agile, sedangkan optimasi prioritas menggunakan Simple Additive Weighting (SAW) dengan kriteria sisa holding time, tingkat urgensi, jumlah drum, waktu tunggu, dan kepadatan ruang. Sistem dilengkapi validasi QR Code pada proses stock in dan stock out untuk meningkatkan ketertelusuran data. Hasil simulasi menunjukkan Lot 87511XP memperoleh skor tertinggi 0,6800 karena memiliki sisa holding time paling kritis, berada pada ruang dengan kepadatan tinggi, dan memiliki waktu tunggu panjang. Pengujian black box menunjukkan seluruh fungsi utama berjalan sesuai skenario. Sistem yang dikembangkan mampu mendukung pengambilan keputusan penjadwalan yang lebih objektif, mempercepat monitoring WIP, dan membantu mitigasi risiko overcapacity serta pelampauan holding time.

**Kata kunci:** Work-In-Progress, Simple Additive Weighting, Penjadwalan Produksi, QR Code, Holding Time

## In English

**Abstract:** Work-In-Progress (WIP) management in the pharmaceutical industry requires accurate control because each lot has a holding time limit that affects product stability. Manual processes may cause scheduling delays, incorrect lot retrieval, and storage area congestion. This study aims to develop a web-based WIP management system that generates real-time production priority recommendations. The system development applies Agile, while priority optimization uses Simple Additive Weighting (SAW) with criteria consisting of remaining holding time, urgency level, drum quantity, waiting time, and room occupancy. The system is equipped with QR Code validation during stock-in and stock-out activities to improve data traceability. The simulation results show that Lot 87511XP obtains the highest score of 0.6800 because it has the most critical remaining holding time, is stored in a high-density room, and has a long waiting time. Black box testing indicates that all main functions operate according to the expected scenarios. The proposed system supports more objective scheduling decisions, accelerates WIP monitoring, and helps mitigate overcapacity and holding time violation risks.

**Keywords:** Work-In-Progress, Simple Additive Weighting, Production Scheduling, QR Code, Holding Time





*Received: 2026-05-15. Revised: 2026-06-08. Accepted: 2026-06-09 Issue Period: Vol.10 No.1 (2026), Pp. 327-337*

## I. PENDAHULUAN

Transformasi digital pada sektor manufaktur mendorong perusahaan untuk menggunakan sistem produksi yang fleksibel, terhubung, dan berbasis data real time. Pengendalian produksi tidak lagi cukup dilakukan melalui pencatatan manual karena keputusan di lantai produksi membutuhkan data yang cepat, akurat, dan dapat ditelusuri. Pada manufaktur modern, real-time scheduling dan dispatching menjadi bagian penting untuk menekan lead time, mengurangi waktu tunggu material, serta meningkatkan respons terhadap perubahan kondisi produksi [1], [2].

Work-In-Progress (WIP) merupakan material atau produk setengah jadi yang masih berada di antara satu tahapan proses dan tahap berikutnya. Pada industri farmasi, pengelolaan WIP memiliki tingkat risiko lebih tinggi dibandingkan manufaktur umum karena setiap lot dibatasi oleh holding time. Jika material melewati batas waktu stabilitas, kualitas produk dapat terpengaruh dan proses produksi berisiko mengalami deviasi. Penelitian terbaru tentang pelacakan shelf-life WIP berbasis barcode menunjukkan bahwa pemantauan real time dapat mempercepat pengambilan keputusan supervisor dan menurunkan risiko kegagalan proses [3].

Kondisi operasional di area WIP Departemen Produksi Perusahaan Farmasi menunjukkan bahwa pengambilan keputusan prioritas masih bergantung pada pengecekan manual dan pertimbangan subjektif. Risiko yang muncul meliputi kesalahan pengambilan lot, ketidaksesuaian jumlah drum, keterlambatan pengeluaran material, serta overcapacity pada ruang penyimpanan. Masalah ini menjadi semakin kritis ketika beberapa lot memiliki sisa holding time pendek, sementara ruang penyimpanan telah mendekati kapasitas maksimum.

Beberapa penelitian sebelumnya telah membahas sistem informasi WIP dan pengendalian aliran material. Alfarizi dkk. mengembangkan sistem informasi WIP berbasis web untuk membantu stock in, stock out, dan pencatatan histori transaksi [4]. Adiansyah dan Faritsy menerapkan sistem Kanban untuk mengurangi WIP di lantai produksi [5]. Walaupun relevan, penelitian tersebut belum mengintegrasikan penentuan prioritas berbasis multi-kriteria dengan validasi QR Code dan pemantauan kapasitas ruang secara real time. Di sisi lain, konsep smart warehouse dan traceability digital menunjukkan bahwa sistem berbasis data terhubung dapat meningkatkan akurasi informasi, transparansi proses, dan efisiensi manajemen persediaan [6], [7].

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini mengembangkan sistem manajemen WIP berbasis web dengan metode Simple Additive Weighting (SAW). SAW dipilih karena mampu menggabungkan beberapa kriteria prioritas ke dalam satu nilai preferensi yang mudah dipahami oleh pengguna operasional. Kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi SAW dengan pemantauan holding time, kepadatan ruang, dan validasi QR Code pada proses stock in serta stock out. Tujuan penelitian ini adalah menghasilkan sistem yang mampu menyusun rekomendasi prioritas produksi secara objektif, mempercepat monitoring WIP, dan membantu mitigasi risiko overcapacity serta pelampauan holding time.

## II. METODE DAN MATERI

### 2.1. Kerangka Kerja Pengembangan Sistem

Penelitian ini menggunakan pendekatan Research and Development (R&D) untuk menghasilkan sistem informasi manajemen WIP berbasis web. Pengembangan perangkat lunak menerapkan Agile karena kebutuhan sistem di area produksi dapat berubah sesuai evaluasi pengguna. Agile memungkinkan pengembangan dilakukan secara iteratif melalui tahap requirements, design, development, testing, deployment, dan review [8], [9].



Gambar 1. Kerangka kerja Agile pada pengembangan sistem

Tahap requirements dilakukan melalui observasi alur stock in, penyimpanan, pencarian lot, dan stock out di area WIP. Tahap design menghasilkan rancangan basis data, role pengguna, dashboard monitoring, serta model kalkulasi SAW. Tahap development dilakukan menggunakan Laravel, PHP, dan MySQL. Tahap testing memverifikasi fungsi sistem melalui black box testing dan validasi hasil perhitungan SAW secara manual. Tahap deployment dan review digunakan untuk menilai kesesuaian fungsi sistem dengan kebutuhan supervisor dan operator produksi.

## 2.2. Data, Aktor, dan Perangkat Pengembangan

Objek penelitian adalah proses pengelolaan WIP pada area produksi farmasi. Data yang digunakan meliputi nomor lot, nama produk, lokasi ruang, tanggal masuk, sisa holding time, jumlah drum, waktu tunggu, tingkat urgensi, dan tingkat kepadatan ruang. Aktor sistem terdiri atas operator produksi, supervisor produksi dan admin produksi. Perangkat pengembangan meliputi PHP 8.3, Laravel 10, MySQL 8.0 dan Visual Studio Code. Penggunaan basis data relasional dipilih karena sesuai untuk pengelolaan transaksi stock in, stock out, histori lokasi, dan log validasi [10].

Tabel 1. Aktor dan Hak Akses Sistem

Aktor	Hak Akses Utama	Kebutuhan Informasi
Operator Produksi	Melakukan stock in, stock out, pemindaian QR Code dan melihat dashboard prioritas SAW sebagai acuan pengeluaran material	Lokasi lot (digital slotting), sisa holding time, dan urutan ranking rekomendasi pengeluaran material.
Supervisor Produksi	Mengatur tingkat urgensi dan mengubah nilai bobot preferensi kriteria pada algoritma.	Parameter kriteria keputusan, riwayat transaksi WIP, lot kritis dan kepadatan ruang penyimpanan.
Admin Produksi	Mengelola master data produk, ruang, lokasi rak, shelf lives dan pengguna	Daftar produk, kapasitas ruang, aturan holding time, dan validasi data.

Pembagian hak akses tersebut diperlukan agar setiap pengguna hanya menjalankan fungsi yang sesuai dengan tanggung jawabnya. Pada lingkungan produksi farmasi, pembatasan akses juga membantu menjaga integritas data karena setiap perubahan status lot terekam pada histori transaksi.

## 2.3. Algoritma Simple Additive Weighting

Simple Additive Weighting (SAW) merupakan metode Multi Criteria Decision Making (MCDM) yang menghitung nilai preferensi setiap alternatif berdasarkan bobot dan nilai kriteria. Metode ini banyak digunakan pada sistem pendukung keputusan karena sederhana, transparan, dan mudah diaudit oleh pengguna non-teknis



[11]-[14]. Pada penelitian ini, alternatif adalah lot WIP yang sedang mengantre, sedangkan kriteria keputusan terdiri atas sisa holding time, tingkat urgensi proses, jumlah drum, waktu tunggu, dan kepadatan ruang.

$$r_{ij} = \begin{cases} \frac{x_{ij}}{\max_i x_{ij}} & \text{jika } j \text{ adalah atribut benefit} \\ \frac{\min_i x_{ij}}{x_{ij}} & \text{jika } j \text{ adalah atribut cost} \end{cases} \quad (1)$$

Nilai  $r_{ij}$  merupakan nilai ternormalisasi dari alternatif ke-  $i$  pada kriteria ke-  $j$ .  $x_{ij}$  merupakan nilai awal pada matriks keputusan. Kriteria benefit menunjukkan bahwa semakin besar nilai semakin baik, sedangkan kriteria cost menunjukkan bahwa semakin kecil nilai semakin diprioritaskan.

$$V_i = \sum_{j=1}^n w_j r_{ij} \quad (2)$$

Nilai  $V_i$  merupakan skor preferensi akhir setiap lot. Alternatif dengan nilai  $V_i$  tertinggi menjadi prioritas utama untuk diproses atau dikeluarkan dari area WIP.

Alur algoritma SAW dalam sistem adalah sebagai berikut:

1. Sistem mengambil seluruh data lot WIP berstatus aktif dari basis data.
2. Sistem menghitung sisa holding time, waktu tunggu, jumlah drum, tingkat urgensi, dan kepadatan ruang.
3. Sistem melakukan normalisasi nilai berdasarkan atribut cost atau benefit.
4. Sistem menghitung nilai preferensi akhir menggunakan bobot kriteria.
5. Sistem mengurutkan lot berdasarkan skor tertinggi dan menampilkan rekomendasi pada dashboard.
6. Saat stock out, operator melakukan validasi QR Code pada lot untuk mencegah salah ambil material.

#### 2.4. Validasi QR Code dan Monitoring Real Time

Fitur QR Code digunakan untuk memperkuat ketertelusuran data. Pada proses stock in, QR Code menghubungkan data fisik lot dengan informasi digital seperti nomor lot dan produk. Pada proses stock out, sistem meminta pemindaian QR Code sesuai dengan total jumlah drum yang tersimpan pada lot tersebut. Jika data tidak sesuai dengan data lot yang dipilih pada antarmuka sistem, proses pengeluaran ditolak dan sistem menampilkan notifikasi kesalahan. Mekanisme ini dirancang untuk mengurangi risiko salah lot.

Monitoring real time ditampilkan melalui dashboard yang memuat daftar prioritas, status holding time, kapasitas ruang, dan histori perpindahan material. Gagasan ini sejalan dengan pengembangan smart scheduling dan digital twin manufacturing yang menekankan integrasi data aktual dari rantai produksi untuk meningkatkan adaptabilitas keputusan operasional [16].

Tabel 2. Modul Sistem dan Fungsi Utama

Modul	Fungsi	Output
Master Data	Mengelola produk, ruang, rak, shelf lives dan bobot kriteria	Data dasar yang siap digunakan algoritma
Stock In	Mencatat lot masuk dan lokasi penyimpanan	Status lot aktif dan histori inbound
Priority Scheduler	Menghitung skor SAW secara real time	Ranking prioritas produksi
QR Validation	Memvalidasi lot saat stock out	Transaksi valid atau notifikasi penolakan



Modul	Fungsi	Output
Dashboard Monitoring	Menampilkan kapasitas ruang dan lot kritis	Informasi WIP real time
Reporting	Menyediakan rekap stok dan histori pergerakan	Laporan operasional dan audit trail

Modul-modul tersebut disusun agar sistem tidak hanya berfungsi sebagai pencatat transaksi, tetapi juga sebagai alat bantu keputusan operasional. Priority Scheduler menjadi inti optimasi, sedangkan QR Validation berfungsi sebagai pengendali kesesuaian antara sistem dan material fisik di area WIP.

### 2.5. Matriks Evaluasi

Evaluasi dilakukan melalui dua tahap. Pertama, validasi algoritma dengan membandingkan hasil perhitungan manual dan hasil sistem. Kedua, black box testing untuk memverifikasi fungsi input data, kalkulasi SAW, tampilan peringkat, validasi QR Code, pembaruan kapasitas ruang, dan monitoring real time. Black box testing digunakan karena fokus pengujian diarahkan pada kesesuaian fungsi dengan kebutuhan pengguna tanpa memeriksa struktur kode internal [15].

## III. PEMBAHASA DAN HASIL

### 3.1. Kriteria dan Pembobotan

Penentuan prioritas WIP menggunakan lima kriteria. Bobot kriteria disusun berdasarkan tingkat pengaruhnya terhadap risiko kualitas dan kelancaran aliran produksi. Sisa holding time diberi bobot paling besar karena berhubungan langsung dengan stabilitas produk.

Tabel 3. Pemetaan Kriteria dan Bobot Algoritma SAW

Kode	Kriteria	Bobot	Atribut
C1	Sisa holding time	0.40	Cost
C2	Tingkat Urgensi Proses	0.25	Benefit
C3	Jumlah Drum	0.15	Benefit
C4	Waktu tunggu di area WIP	0.10	Benefit
C5	Kepadatan ruang WIP	0.10	Benefit

Kriteria C1 dikategorikan sebagai cost karena semakin kecil sisa holding time, semakin tinggi risiko kualitas yang perlu segera ditangani. Kriteria C2 sampai C5 dikategorikan sebagai benefit karena semakin tinggi nilai urgensi, jumlah drum, waktu tunggu, dan kepadatan ruang, semakin besar kebutuhan sistem untuk menaikkan prioritas lot tersebut.

### 3.2. Simulasi Data WIP

Simulasi dilakukan menggunakan lima lot WIP aktif pada tanggal 21 Mei 2026. Utilitas Ruang WIP Lantai 1 berada pada 75%, sedangkan Ruang WIP Lantai 2 mencapai 90%. Data awal disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Matriks Keputusan Awal

Alternatif	Lokasi	Sisa Hari C1	Urgensi C2	Drum C3	Waktu Tunggu C4	Kepadatan C5
------------	--------	--------------	------------	---------	-----------------	--------------



Alternatif	Lokasi	Sisa Hari C1	Urgensi C2	Drum C3	Waktu Tunggu C4	Kepadatan C5
89071XP	WIP Lt. 1	60	1	10	0.1	75
89011XP	WIP Lt. 1	7	5	5	0.1	75
89001XV	WIP Lt. 2	3	1	6	0.1	90
77662XT	WIP Lt. 2	8	1	1	130	90
87511XP	WIP Lt. 2	2	1	2	130	90

### 3.3. Normalisasi dan Nilai Preferensi

Normalisasi dilakukan berdasarkan Persamaan (1). Untuk kriteria cost, nilai minimum digunakan sebagai pembanding. Untuk kriteria benefit, nilai maksimum digunakan sebagai pembanding. Hasil normalisasi dan kalkulasi skor akhir ditampilkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Normalisasi dan Skor Preferensi

Alternatif	r1	r2	r3	r4	r5	Skor $V_i$
A1 – Lot 89071XP	0.0333	0.2000	1.0000	0.0008	0.8333	0.2967
A2 – Lot 89011XP	0.2857	1.0000	0.5000	0.0008	0.8333	0.5227
A3 – Lot 89001XV	0.6667	0.2000	0.6000	0.0008	1.0000	0.5068
A4 – Lot 77662XT	0.2500	0.2000	0.1000	1.0000	1.0000	0.3650
A5 – Lot 87511XP	1.0000	0.2000	0.2000	1.0000	1.0000	0.6800

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa Lot 87511XP (A5) memperoleh skor tertinggi sebesar 0,6800. Nilai ini muncul karena lot tersebut memiliki sisa holding time paling pendek, waktu tunggu panjang, dan berada pada ruang dengan kepadatan 90%. Lot 89011XP (A2) berada pada peringkat kedua karena memiliki tingkat urgensi paling tinggi, walaupun sisa holding time masih lebih panjang dibandingkan A5 dan A3. Hal ini menunjukkan bahwa SAW mampu menyeimbangkan faktor risiko kualitas, urgensi proses, dan kondisi kapasitas ruang secara bersamaan.

### 3.4. Hasil Perankingan Prioritas Produksi

Tabel 6. Urutan Jadwal Prioritas Hasil Algoritma SAW

Peringkat	Lot	Produk	Lokasi	Skor	Rekomendasi
1	87511XP (A <sub>5</sub> )	Paracetamol 500mg	WIP Lt. 2	0.68	Prioritas Utama
2	89011XP (A <sub>2</sub> )	Amoxicillin 250mg	WIP Lt. 1	0.5227	Prioritas Kedua
3	89001XV (A <sub>3</sub> )	Vitamin D3 1000IU	WIP Lt. 2	0.5068	Prioritas Ketiga

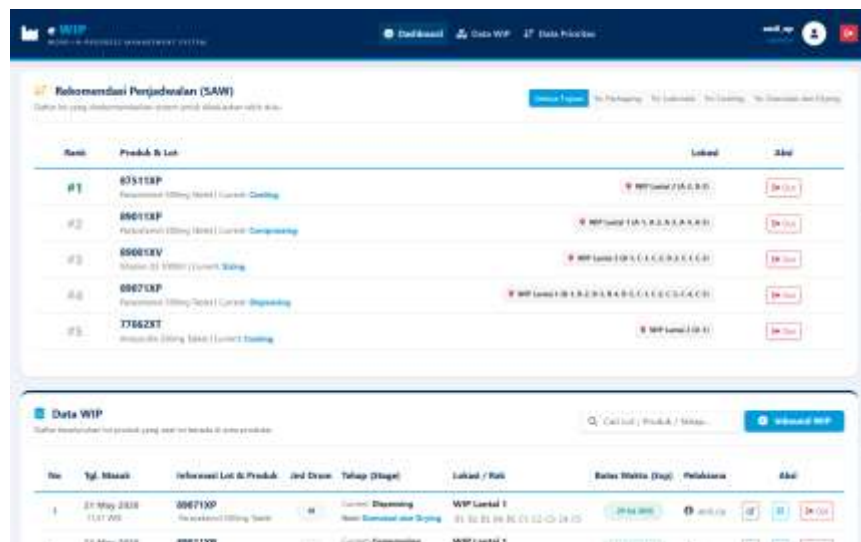


4	77662XT (A <sub>4</sub> )	Amoxicillin 250mg	WIP Lt. 2	0.365	Prioritas Keempat
5	89071XP (A <sub>1</sub> )	Paracetamol 500mg	WIP Lt. 1	0.2967	Keluarkan Terakhir

Urutan pada Tabel 6 memperlihatkan bahwa sistem tidak hanya menilai material berdasarkan satu faktor, tetapi menggabungkan risiko holding time, kebutuhan produksi, volume drum, waktu tunggu, dan kepadatan ruang. Pendekatan ini lebih kuat dibandingkan antrean manual karena keputusan tidak bergantung pada persepsi operator. Rekomendasi sistem juga lebih mudah diaudit karena setiap skor dapat ditelusuri ke nilai kriteria dan bobot yang digunakan.

### 3.5. Implementasi Antarmuka Sistem

Antarmuka sistem dikembangkan menggunakan Laravel dengan pola Model-View-Controller. Dashboard utama menampilkan daftar prioritas hasil SAW, status lot, lokasi ruang, sisa holding time, serta kapasitas ruang WIP. Setiap perubahan data stock in atau stock out langsung memperbarui rekomendasi prioritas. Tampilan dashboard dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Tampilan dashboard rekomendasi prioritas SAW pada aplikasi

Fitur validasi QR Code ditempatkan pada titik kritis, yaitu saat operator mengeluarkan material dari lokasi penyimpanan. Sistem membandingkan hasil pemindaian dengan data lot yang dipilih pada antarmuka sistem. Jika lot tidak sesuai, sistem menolak transaksi agar kesalahan fisik pengambilan tidak terjadi.

### 3.6. Pengujian Black Box

Pengujian black box dilakukan pada fungsi-fungsi utama yang berkaitan dengan input data, kalkulasi SAW, pemeringkatan, validasi QR Code, dan monitoring kapasitas. Hasil pengujian ditampilkan pada Tabel 7.

Tabel 6. Hasil Pengujian Black Box Testing

No	Fungsi	Skenario	Hasil yang Diharapkan	Hasil Aktual	Status
1	Kalkulasi SAW	Mengakses dashboard saat terdapat lima lot aktif	Sistem menghitung skor dan mengurutkan lot	Skor dan urutan tampil tepat	Pass
2	Urgensi dinamis	Mengubah urgensi lot dari 1 menjadi 5	Peringkat lot meningkat sesuai bobot	Peringkat berubah setelah data disimpan	Pass



No	Fungsi	Skenario	Hasil yang Diharapkan	Hasil Aktual	Status
3	Validasi QR Code	Memindai QR Code	Sistem mencocokkan lot, produk dan jumlah drum	Transaksi valid diproses, transaksi salah ditolak	Pass
4	Kepadatan ruang	Menambah atau mengeluarkan drum dari ruang WIP	Persentase utilitas berubah real time	Indikator kapasitas berubah sesuai transaksi	Pass
5	Riwayat transaksi	Membuka histori stock in dan stock out	Sistem menampilkan histori lengkap	Histori tampil sesuai data input	Pass

Seluruh skenario pengujian memperoleh status Pass. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem telah memenuhi kebutuhan fungsional utama. Kesesuaian antara perhitungan manual dan perhitungan sistem menunjukkan bahwa implementasi algoritma SAW valid, sedangkan validasi QR Code membantu memperkuat akurasi proses fisik di area WIP.

### 3.7. Perbandingan Sistem Manual dan Sistem Usulan

Perbandingan antara proses manual dan sistem usulan dilakukan untuk menilai dampak digitalisasi terhadap pengendalian WIP. Sistem manual bergantung pada catatan operator dan komunikasi langsung, sedangkan sistem usulan menggunakan basis data terpusat, kalkulasi prioritas, dan validasi QR Code.

Tabel 8. Perbandingan Sistem Manual dan Sistem Usulan

Parameter	Proses Manual	Sistem Usulan	Dampak Perbaikan
Penentuan prioritas	Berdasarkan pengecekan manual dan pertimbangan subjektif	Berdasarkan skor SAW dengan lima kriteria	Keputusan lebih objektif dan dapat diaudit
Monitoring holding time	Dicek melalui label drum	Ditampilkan real time pada dashboard	Risiko lot kritis lebih cepat terdeteksi
Validasi pengeluaran	Mengandalkan pengecekan visual	Menggunakan pemindaian QR Code	Mengurangi risiko salah ambil lot
Kepadatan ruang	Dihitung manual setelah stok diperiksa	Berubah otomatis setelah transaksi stock in/out	Mitigasi overcapacity lebih cepat
Riwayat transaksi	Tersimpan pada dokumen manual	Tersimpan secara digital	Pelacakan data lebih mudah

Hasil perbandingan menunjukkan bahwa sistem usulan memiliki nilai tambah pada tiga sisi utama, yaitu objektivitas keputusan, kecepatan akses informasi, dan ketertelusuran transaksi. Ketiga sisi ini menjadi penting karena area WIP berhubungan dengan kualitas produk, kapasitas ruang, dan kesiapan proses produksi berikutnya.



### 3.8. Pembahasan

Temuan penelitian menunjukkan bahwa integrasi SAW dan dashboard real time mampu mengubah proses penentuan prioritas dari cara manual menjadi sistematis. Lot dengan risiko stabilitas tinggi dapat dinaikkan menjadi prioritas utama, sementara lot yang berada pada ruang padat atau sudah menunggu lama tetap diperhitungkan melalui bobot kriteria. Kondisi ini membantu perusahaan mengurangi potensi overcapacity dan mempercepat pengosongan area yang mendekati batas kapasitas.

Dibandingkan penelitian WIP berbasis web yang hanya berfokus pada pencatatan transaksi [4], sistem ini menambahkan fungsi pengambilan keputusan berbasis multi-kriteria. Dibandingkan sistem Kanban yang menekankan pengendalian aliran material [5], sistem ini menambahkan penilaian risiko holding time dan validasi digital. Integrasi QR Code juga sejalan dengan penelitian WIP shelf-life tracking yang menekankan pentingnya pelacakan material secara real time untuk mengurangi risiko defect [3]. Dengan demikian, kontribusi utama penelitian ini adalah rancangan sistem smart WIP scheduling yang menggabungkan monitoring, perancangan, dan validasi fisik dalam satu platform web.

### 3.9. Implikasi Sistem terhadap Operasional Produksi

Penerapan sistem manajemen WIP berbasis SAW memberi implikasi langsung pada tata kelola produksi. Supervisor dapat menggunakan ranking prioritas sebagai acuan harian untuk menentukan lot yang harus diproses terlebih dahulu. Operator memperoleh panduan yang lebih jelas karena setiap rekomendasi telah dikaitkan dengan lokasi fisik dan divalidasi melalui QR Code. Supervisor juga memperoleh informasi kapasitas ruang dan lot kritis tanpa harus menunggu rekap manual.

Dari sudut pengendalian kualitas, sistem membantu mencegah keterlambatan proses pada lot yang memiliki sisa holding time pendek. Dari sudut efisiensi operasional, sistem membantu mengurangi penumpukan WIP karena lot dengan waktu tunggu panjang dan berada pada ruang padat ikut mendapat bobot prioritas. Dari sudut audit data, histori digital memperkuat kemampuan telusur terhadap setiap perubahan status lot.

Tabel 9. Risiko Operasional dan Mitigasi Sistem

Risiko Operasional	Dampak	Mitigasi pada Sistem
Sisa holding time sangat pendek	Potensi deviasi kualitas produk	Bobot C1 sebesar 0,40 menaikkan prioritas lot kritis
Ruang WIP mendekati penuh	Aliran produksi terhambat dan terjadi overcapacity	Kriteria C5 memprioritaskan lot dari ruang dengan kepadatan tinggi
Kesalahan pengambilan lot	Ketidaksesuaian material dengan instruksi proses	Validasi QR Code sebelum stock out
Data transaksi tidak tertelusur	Sulit melakukan audit histori material	Audit trail digital pada setiap stock in dan stock out
Urgensi produksi berubah mendadak	Jadwal manual sulit mengikuti kebutuhan terbaru	Parameter C2 dapat diperbarui supervisor secara dinamis

Implikasi tersebut menunjukkan bahwa sistem tidak hanya menyelesaikan masalah pencatatan, tetapi juga memperkuat pengendalian keputusan di rantai produksi. Kombinasi SAW, dashboard real time, dan QR Code membuat sistem lebih siap digunakan pada lingkungan manufaktur modern yang membutuhkan keputusan cepat, terdokumentasi, dan dapat ditelusuri.

## IV. KESIMPULAN



Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem manajemen WIP berbasis web untuk optimasi penjadwalan prioritas produksi menggunakan metode Simple Additive Weighting. Sistem mampu menghitung prioritas lot berdasarkan sisa holding time, urgensi proses, jumlah drum, waktu tunggu, dan kepadatan ruang. Hasil simulasi menunjukkan Lot 87511XP menjadi prioritas utama dengan skor 0,6800 karena memiliki sisa holding time paling kritis, waktu tunggu panjang, dan berada pada ruang dengan kepadatan tinggi.

Pengujian black box menunjukkan seluruh fungsi utama berjalan sesuai skenario, meliputi kalkulasi SAW, perubahan urgensi dinamis, validasi QR Code, pembaruan kapasitas ruang, dan pencatatan histori transaksi. Sistem ini membantu proses pengambilan keputusan yang lebih objektif, mempercepat monitoring WIP, meningkatkan ketertelusuran data, serta mengurangi risiko overcapacity dan pelampauan holding time. Pengembangan berikutnya dapat diarahkan pada integrasi IoT sensor, prediksi beban WIP menggunakan machine learning, serta analitik performa produksi agar sistem dapat mendukung penjadwalan yang lebih adaptif.

Secara praktis, sistem ini dapat digunakan sebagai dasar pengendalian WIP harian oleh supervisor produksi. Dari sisi pengembangan ilmu, penelitian ini menunjukkan bahwa metode MCDM sederhana seperti SAW tetap relevan untuk smart manufacturing jika diintegrasikan dengan data real time, dashboard operasional, dan mekanisme validasi digital. Keterbatasan penelitian ini terletak pada jumlah data simulasi yang masih terbatas dan belum adanya pengujian performa sistem pada beban transaksi besar. Penelitian lanjutan perlu menguji sistem dengan data historis produksi yang lebih panjang serta membandingkan SAW dengan metode lain, seperti TOPSIS, Weighted Product, atau model machine learning untuk prediksi risiko keterlambatan.

Saran pengembangan sistem diarahkan pada tiga hal. Pertama, integrasi dengan sensor atau perangkat Internet of Things dapat digunakan untuk memperbarui status lokasi, suhu, dan kapasitas ruang secara otomatis. Kedua, modul prediksi dapat dikembangkan untuk memperkirakan kepadatan WIP berdasarkan pola produksi historis sehingga supervisor dapat mengantisipasi bottleneck sebelum terjadi. Ketiga, keamanan sistem perlu diperkuat melalui mekanisme backup data berkala agar sistem layak diterapkan pada lingkungan produksi yang menuntut kepatuhan dokumentasi tinggi.

Dengan penambahan tersebut, sistem berpotensi berkembang dari aplikasi monitoring menjadi platform pendukung keputusan produksi yang lebih adaptif. Walaupun penelitian ini masih berfokus pada simulasi lima alternatif lot, rancangan algoritma dan struktur modulnya dapat diperluas untuk jumlah lot yang lebih besar karena proses ranking SAW dapat dijalankan ulang setiap kali data WIP berubah.

## REFERENSI

- [1] S. Supriyono, D. Suryanto, and S. Surasa, "Analisis kesiapan industri manufaktur dalam menghadapi implementasi Industri 4.0," *RIGGS J. Artif. Intell. Digit. Bus.*, vol. 5, no. 1, pp. 346-353, 2026, doi: 10.31004/riggs.v5i1.5778.
- [2] M. Ramadan, B. Salah, M. Othman, and A. A. Ayubali, "Industry 4.0-based real-time scheduling and dispatching in lean manufacturing systems," *Sustainability*, vol. 12, no. 6, p. 2272, 2020, doi: 10.3390/su12062272.
- [3] O. Rusman, I. K. Sriwarna, and Y. Prambudia, "Real-time WIP shelf-life tracking with barcode technology for defects reduction," *J. Ilm. Tek. Ind.*, vol. 23, no. 2, pp. 286-296, 2024, doi: 10.23917/jiti.v23i02.3982.
- [4] H. Alfarizi, A. H. Anshor, and Edora, "Sistem informasi WIP (Work In Process) berbasis web menggunakan metode Waterfall," *KLIK Kaji. Ilm. Inform. Dan Komput.*, vol. 4, no. 3, pp. 1483-1492, 2023.
- [5] S. Adiansyah and A. Z. Al Faritsy, "Perancangan sistem Kanban untuk mengurangi Work In Process di lantai produksi," *J. Teknol. Dan Manaj. Ind. Terap.*, vol. 3, no. 2, pp. 151-159, 2024, doi: 10.55826/jtmit.v3i2.324.



- [6] M. G. Khan, N. U. Huda, and U. K. U. Zaman, "Smart warehouse management system: architecture, real-time implementation and prototype design," *Machines*, vol. 10, no. 2, p. 150, 2022, doi: 10.3390/machines10020150.
- [7] M. Khan, A. N. Alshahrani, and J. Jacquemod, "Digital platforms and supply chain traceability for robust information and effective inventory management: the mediating role of transparency," *Logistics*, vol. 7, no. 2, p. 25, 2023, doi: 10.3390/logistics7020025.
- [8] H. Kurniawan, I. Fadhli, and K. Sevinno, "Penerapan metode Agile dalam perancangan website sistem informasi data poin pelanggaran siswa," *Insand Comtech Inf. Sci. Comput. Technol. J.*, vol. 10, no. 1, pp. 38-45, 2025, doi: 10.53712/jic.v10i1.2646.
- [9] W. Walim, A. B. Pohan, and A. Safrudin, "Implementasi metode Agile Development dalam perancangan sistem informasi pemesanan menu pada restoran," *Profitabilitas*, vol. 2, no. 2, pp. 106-117, 2023, doi: 10.31294/profitabilitas.v2i2.1661.
- [10] R. A. Fauzi and H. Septanto, "Design of a web-based inventory system at PT. Tainan Enterprises Indonesia," *J. Inform. Dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 12, no. 3, 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i3.4955.
- [11] R. D. Gunawan, F. Ariany, and N. Novriyadi, "Implementasi metode SAW dalam sistem pendukung keputusan pemilihan plano kertas," *J. Artif. Intell. Technol. Inf.*, vol. 1, no. 1, pp. 29-38, 2023, doi: 10.58602/jaiti.v1i1.23.
- [12] S. Suprpto, E. Edora, and F. A. Pasaribu, "Sistem pendukung keputusan calon penerima program bantuan sosial menggunakan metode Simple Additive Weighting," *MALCOM Indones. J. Mach. Learn. Comput. Sci.*, vol. 4, no. 1, pp. 188-197, 2024, doi: 10.57152/malcom.v4i1.1057.
- [13] A. R. Hakim, F. Natsir, and F. R. Asma, "Implementasi sistem pemeringkatan pegawai dengan metode SAW pada instansi Badan Pengawasan Keuangan dan Pembangunan," *J. ZETROEM*, vol. 5, no. 2, pp. 127-131, 2023, doi: 10.36526/ztr.v5i2.3068.
- [14] P. D. Mardika and A. Fauzi, "Sistem pendukung keputusan pemilihan supplier terbaik dengan metode Simple Additive Weighting (SAW)," *J. Inform. Dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 12, no. 1, 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i1.3914.
- [15] A. R. Ferdian and B. Y. Geni, "Designing a client monitoring system to improve tax consultant services," *J. Inform. Dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 12, no. 3, 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i3.4708.
- [16] A. Azab and H. Pourvaziri, "Scheduling in Industry 4.0: a digital twin-based approach for scheduling and smart material-handling considerations," *Manuf. Lett.*, 2025, doi: 10.1016/j.mfglet.2025.06.018.