

Sistem Monitoring *Schedule Compliance* untuk Pengendalian *Shortage* Material pada Proses Produksi Extruder Ban

Daffa Aji Firmansyah¹⁾, Priskila Christine Rahayu^{1*)}

¹⁾Program Studi Teknik Industri, Universitas Pelita Harapan, Tangerang, Indonesia

ABSTRACT

Schedule compliance management for extruder machines in manufacturing environments is often still performed manually, leading to reporting delays, recording errors, and limited visibility of schedule adherence and material readiness. This study aims to develop a digital-based schedule compliance monitoring system to improve the effectiveness of production schedule control, material availability tracking, and detection of non-conforming schedules. The system was developed using the Rapid Application Development (RAD) approach, which includes requirement planning, system design (use case diagram, data flow diagram, and entity relationship diagram), prototype development, and implementation testing in an operational environment. The proposed system integrates production schedule data, material usage, material shortage information, and compliance status into a centralized dashboard displaying real-time performance and compliance indicators. Testing results show a significant reduction in monitoring time from 38.63 minutes in the manual system to 0.61 minutes using the proposed system, resulting in a time efficiency improvement of 98.42%. Furthermore, the system enhances information transparency, decision-making speed, and reporting accuracy. Therefore, the developed system is effective in supporting data-driven operational control in manufacturing production processes.

ARTICLE INFO

Keywords: schedule compliance; shortage; extruder machine; monitoring system; rapid application development

***Corresponding author:**
priskila.christine@uph.edu

Article history:

Submitted 12 Feb 2026

Revised 10 Apr 2026

Accepted 17 Apr 2026

Online Available 7 May 2026

Published 20 May 2026



1. Pendahuluan

Kepatuhan terhadap jadwal produksi (*schedule compliance*) merupakan salah satu indikator kinerja logistik yang krusial dalam sistem produksi, khususnya pada lingkungan manufaktur dengan kompleksitas tinggi. Schmidt menunjukkan bahwa pencapaian *schedule compliance* yang tinggi dipengaruhi oleh kombinasi variabel kontrol pada sistem produksi *job shop*, seperti waktu aman (*safety time*) dan distribusi keterlambatan proses [1]. Model kuantitatif yang mereka kembangkan membuktikan bahwa pengendalian variabel-variabel tersebut tidak hanya berdampak pada ketepatan waktu produksi, tetapi juga pada tingkat persediaan barang jadi dan kinerja pengiriman dalam rantai pasokan.

Piontek menambahkan bahwa potensi peningkatan *schedule compliance* juga ditentukan oleh kebijakan pengurutan pekerjaan (*dispatching rules*), khususnya pengurutan berdasarkan tanggal jatuh tempo operasi paling awal [2]. Penelitian tersebut mengidentifikasi lima parameter utama yang memengaruhi peluang peningkatan kepatuhan jadwal, yaitu penyimpangan urutan input, tingkat *Work in Progress* (WIP), jumlah operasi, tingkat pertukaran urutan yang direncanakan dalam *throughput* pesanan, serta jumlah mesin paralel. Temuan ini menegaskan bahwa *schedule compliance* merupakan hasil interaksi antara pengendalian aliran material, struktur sistem produksi, dan kebijakan operasional.

Namun, pendekatan tersebut umumnya masih menitikberatkan pada model sistem dan simulasi, sementara faktor manusia dalam implementasi keputusan penjadwalan belum banyak diintegrasikan. Celah ini dijelaskan lebih lanjut dalam studi kasus pada industri semikonduktor mengenai *operator dispatching compliance* [3]. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa meskipun sistem telah menghasilkan urutan prioritas pekerjaan secara optimal, operator sering melakukan deviasi karena pertimbangan praktis seperti jarak fisik lot, kemudahan pengambilan material, atau upaya meminimalkan waktu menganggur mesin. Rata-rata tingkat kepatuhan operator hanya sekitar 75%, yang berarti seperempat keputusan produksi menyimpang dari rekomendasi sistem. Temuan ini menegaskan bahwa performa sistem penjadwalan bersifat *socio-technical*, dipengaruhi oleh interaksi antara sistem informasi dan perilaku manusia.

Perspektif kepatuhan juga diperluas dalam ranah kebijakan ketenagakerjaan. Lambert menganalisis implementasi regulasi penjadwalan kerja di tingkat lokal dan menemukan bahwa kepatuhan terhadap aturan penjadwalan sangat dipengaruhi oleh praktik manajerial, budaya organisasi,

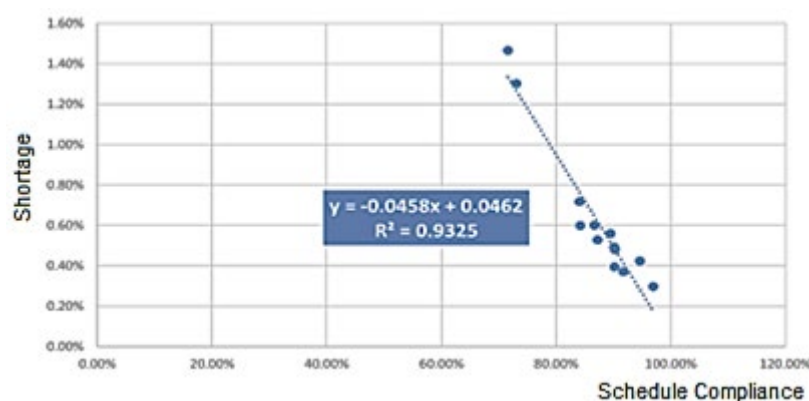
serta model bisnis yang berorientasi biaya [4]. Variasi praktik antar tempat kerja menunjukkan bahwa keberadaan sistem atau aturan saja tidak menjamin kepatuhan; diperlukan mekanisme pengawasan, pelatihan, dan dukungan sistem yang memudahkan pelaksanaan regulasi. Studi ini memperkuat pemahaman bahwa compliance dalam konteks penjadwalan—baik tenaga kerja maupun produksi—memerlukan integrasi antara sistem formal dan praktik operasional di lapangan.

Pendekatan serupa terlihat dalam penelitian tata kelola dan kepatuhan pada industri jasa pelabuhan BUMN di Indonesia. Sitompul menunjukkan bahwa faktor *risk management* dan *regulatory compliance* memiliki pengaruh signifikan dalam pencegahan potensi fraud, sementara aspek tata kelola formal tidak selalu berdampak langsung [5]. Temuan ini menegaskan bahwa efektivitas compliance sangat bergantung pada sistem pengendalian operasional dan mekanisme pemantauan risiko yang berjalan secara nyata, bukan sekadar keberadaan struktur kebijakan. Konsep ini relevan dengan pengendalian *schedule compliance*, di mana sistem monitoring operasional menjadi elemen penting dalam memastikan implementasi jadwal berjalan sesuai rencana.

Dalam praktik industri manufaktur, tantangan terhadap *schedule compliance* semakin meningkat seiring bertambahnya variasi produk. Variasi produk muncul sebagai respons terhadap kebutuhan pasar yang dinamis dan perkembangan teknologi, namun di sisi lain menambah kompleksitas perencanaan dan pengendalian produksi. Kondisi ini menyebabkan peningkatan risiko keterlambatan, ketidakseimbangan aliran material, serta potensi kekurangan material (*shortage*). Oleh karena itu, *schedule compliance* tidak hanya berfungsi sebagai indikator kinerja operasional, tetapi juga sebagai mekanisme pengendalian risiko produksi dan jaminan pemenuhan kebutuhan pelanggan.

PT ABC merupakan perusahaan manufaktur otomotif yang memproduksi ban kendaraan dengan struktur material yang terdiri atas material bertulang (*reinforced material*) dan tidak bertulang (*non-reinforced material*). Di antara seluruh komponen penyusun ban, material *sidewall* memiliki tingkat variasi paling tinggi akibat karakteristik kustomisasi dan rendahnya *common use* antarproduk. Tingginya variasi ini meningkatkan kompleksitas penjadwalan produksi serta frekuensi pergantian jadwal pada setiap *shift*. Kondisi tersebut berdampak langsung pada kestabilan *schedule compliance* dan ketersediaan material.

Data perusahaan periode 2022–2024 menunjukkan bahwa rata-rata *schedule compliance* material *sidewall* telah melampaui 80%, namun target *shortage* sebesar 0,30% belum tercapai. Analisis menggunakan *scatter diagram* pada **Gambar 1**, menunjukkan korelasi negatif yang kuat antara *schedule compliance* dan *shortage*, dengan persamaan garis tren $y = -0,0458x + 0,0462$ dan koefisien determinasi $R^2 = 0,9325$. Hasil ini mengindikasikan bahwa peningkatan *schedule compliance* berkontribusi signifikan terhadap penurunan tingkat *shortage*. Berdasarkan temuan tersebut, manajemen PT ABC menetapkan target peningkatan *schedule compliance* hingga 95%.

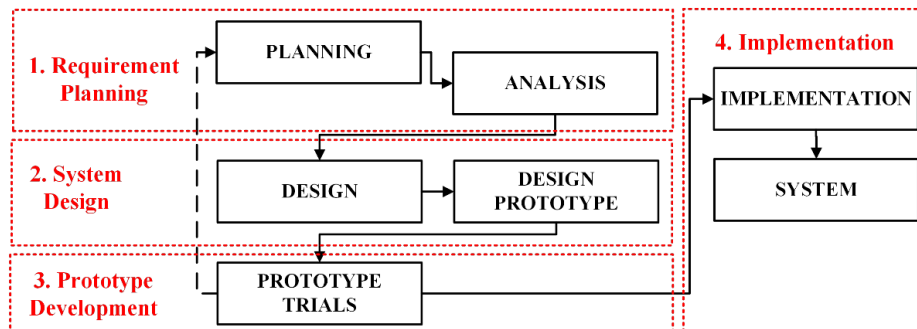


Gambar 1 Diagram Scatter Data *Schedule Compliance* dan *Shortage* PT ABC Periode 2022-2024

Meskipun berbagai penelitian telah membahas faktor-faktor yang memengaruhi *schedule compliance*, sebagian besar masih berfokus pada aspek model konseptual dan simulasi. Studi berbasis data operasional aktual yang mengintegrasikan *schedule compliance* dengan pengendalian *shortage* material pada komponen bervariasi tinggi masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem monitoring *schedule compliance* berbasis VBA - Excel yang mampu mengidentifikasi penyebab deviasi jadwal secara cepat dan akurat.

2. Metode

Penelitian dilaksanakan secara bertahap, diawali observasi lapangan serta pengumpulan data historis dan data performa sistem. Data tersebut digunakan untuk memahami kondisi aktual *schedule compliance* serta permasalahan operasional pada mesin *extruder*.



Gambar 2 Diagram Alur Metode *Rapid Application Development*

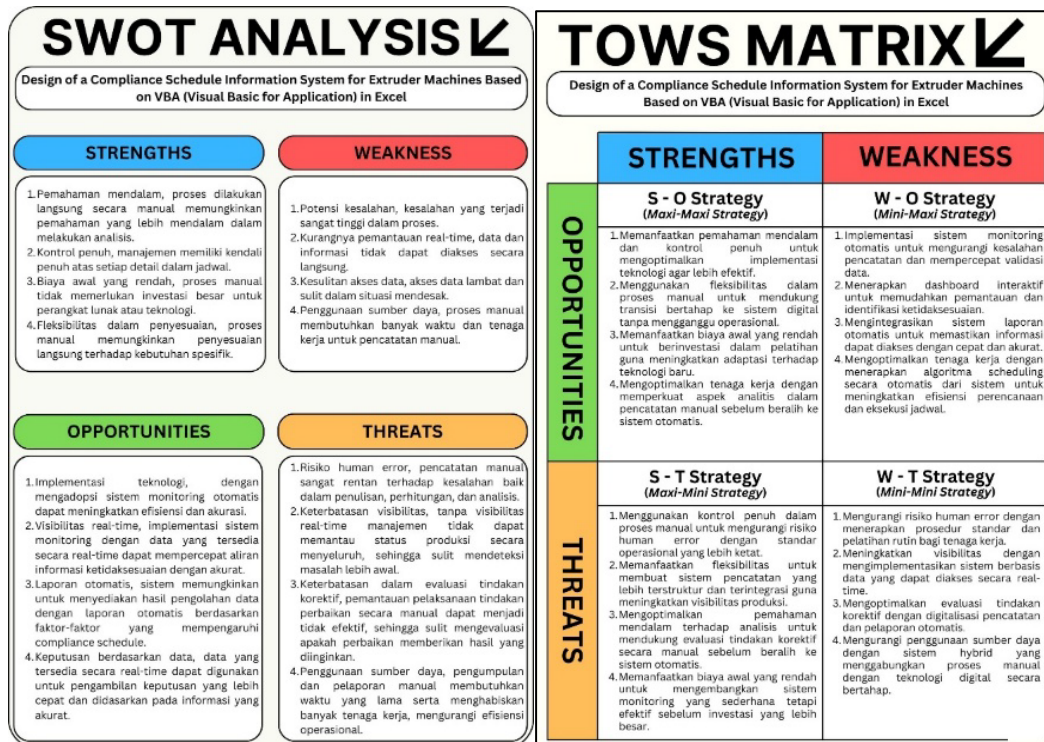
Pengembangan sistem dilakukan menggunakan metode *Rapid Application Development* (RAD) sebagaimana ditunjukkan pada **Gambar 2**. Metode ini dipilih karena menekankan siklus pengembangan yang cepat dan fleksible melalui pembuatan prototipe serta pemanfaatan umpan balik pengguna secara berkelanjutan [6]. Rangkaian kegiatan penelitian diawali tahap pertama *Requirement Planning*, yang bertujuan mengidentifikasi kebutuhan sistem melalui analisis kondisi eksisting. Pada tahap ini dilakukan evaluasi sistem *schedule compliance* saat ini menggunakan pendekatan SWOT (*Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats*) untuk mengidentifikasi kekuatan, kelemahan, peluang, dan ancaman dalam proses monitoring yang berjalan. Hasil analisis ini menjadi dasar perumusan kebutuhan fungsional dan non-fungsional sistem. Tahap kedua adalah *System Design*. Pada tahap ini dilakukan perancangan sistem secara konseptual dan logis, meliputi: 1) Pemodelan kebutuhan sistem dalam bentuk *Use Case Diagram* dan spesifikasi kebutuhan dalam tabel deskriptif. 2) Pemodelan proses menggunakan *Data Flow Diagram* (DFD) untuk menggambarkan aliran data antarproses dalam sistem monitoring dan 3) Pemodelan data menggunakan *Entity Relationship Diagram* (ERD) yang telah melalui proses normalisasi untuk memastikan integritas dan efisiensi struktur basis data. Selanjutnya pada tahap ketiga *Prototype Development* dilakukan implementasi hasil rancangan ke dalam bentuk prototipe aplikasi berbasis VBA - Excel. Tahap ini mencakup pengembangan antarmuka pengguna, modul input data, proses perhitungan indikator *schedule compliance*, serta penyajian laporan dan visualisasi laporan. Tahap terakhir adalah *Implementation and Testing*. Pada tahap ini prototipe yang telah dikembangkan diuji coba pada lingkungan operasional untuk mengevaluasi kesesuaian fungsi sistem terhadap kebutuhan pengguna. Tahap ini meliputi pengujian fungsional, validasi hasil perhitungan, serta evaluasi kemudahan penggunaan (*usability*). Umpan balik dari pengguna digunakan untuk melakukan penyempurnaan sistem sebelum diterapkan secara penuh.

3. Hasil dan Diskusi

3.1 *Requirement Planning*

Perusahaan saat ini menggunakan sistem manual untuk memantau kepatuhan terhadap berbagai regulasi. Sistem ini mengandalkan proses pencatatan dan pelaporan yang dilakukan secara berkala oleh bagian produksi. Namun, pendekatan manual tersebut memiliki sejumlah keterbatasan, antara lain potensi kesalahan manusia, tidak tersedianya pemantauan secara *real-time*, serta keterbatasan dalam akses dan pengolahan data secara cepat. Proses penyusunan laporan *schedule compliance* di PT ABC terdiri atas beberapa tahapan. Tahap awal adalah pengumpulan data produksi harian dari bagian produksi. Data tersebut kemudian dianalisis untuk mengidentifikasi ketidaksesuaian jumlah produk dalam tiga kategori, yaitu jumlah terbuat kurang dari rencana (*size under production*), *size over production*, dan *unproduced size*. Selanjutnya, laporan disusun dengan memuat ringkasan ketidaksesuaian, analisis penyebab, serta rekomendasi tindakan korektif. Laporan yang telah disusun, kemudian melalui proses pemeriksaan dan validasi internal sebelum disampaikan kepada manajemen dan departemen terkait. Tahap akhir adalah

pemantauan berkala terhadap pelaksanaan tindakan perbaikan untuk memastikan efektivitasnya serta melakukan evaluasi hasil perbaikan tersebut.



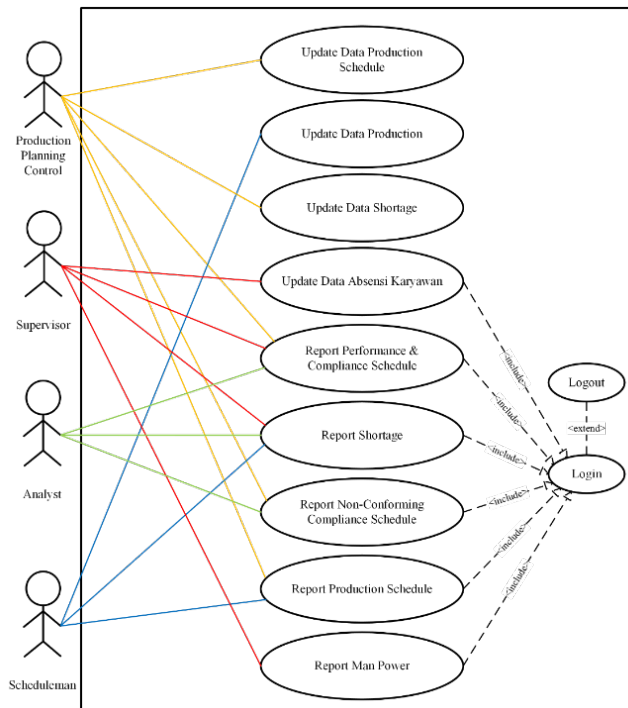
Gambar 3 Hasil Analisis SWOT

Hasil evaluasi terhadap sistem maual dengan metode analisis SWOT pada Gambar 3 menunjukkan bahwa posisi perusahaan berada pada kuadran WO (*Weaknesses-Opportunities*) sehingga dipilih strategi *Mini-Maxi* yang berfokus pada meminimalkan kelemahan internal dengan memanfaatkan peluang eksternal yang tersedia [7]. Strategi yang direkomendasikan adalah pemanfaatan peluang teknologi untuk meminimalkan kelemahan sistem manual. Implementasi sistem monitoring otomatis akan mengurangi kesalahan pencatatan dan mempercepat validasi data. Keterbatasan visibilitas dapat diatasi melalui dashboard *real-time*, sementara beban kerja administratif dapat ditekan melalui otomasi proses pelaporan. Integrasi data historis juga mendukung perencanaan produksi yang lebih efisien dan eksak.

Dengan demikian diketahui kebutuhan fungsional sistem yang akan dirancang adalah sistem mampu menghitung, memonitor, dan melaporkan *schedule compliance* serta *shortage*. Selain itu, kebutuhan non-fungsional sistem adalah sistem dapat digunakan dengan cepat, memberikan informasi yang akurat, mudah digunakan, dan dapat mendukung pencapaian target kinerja produksi.

3.2 System Design

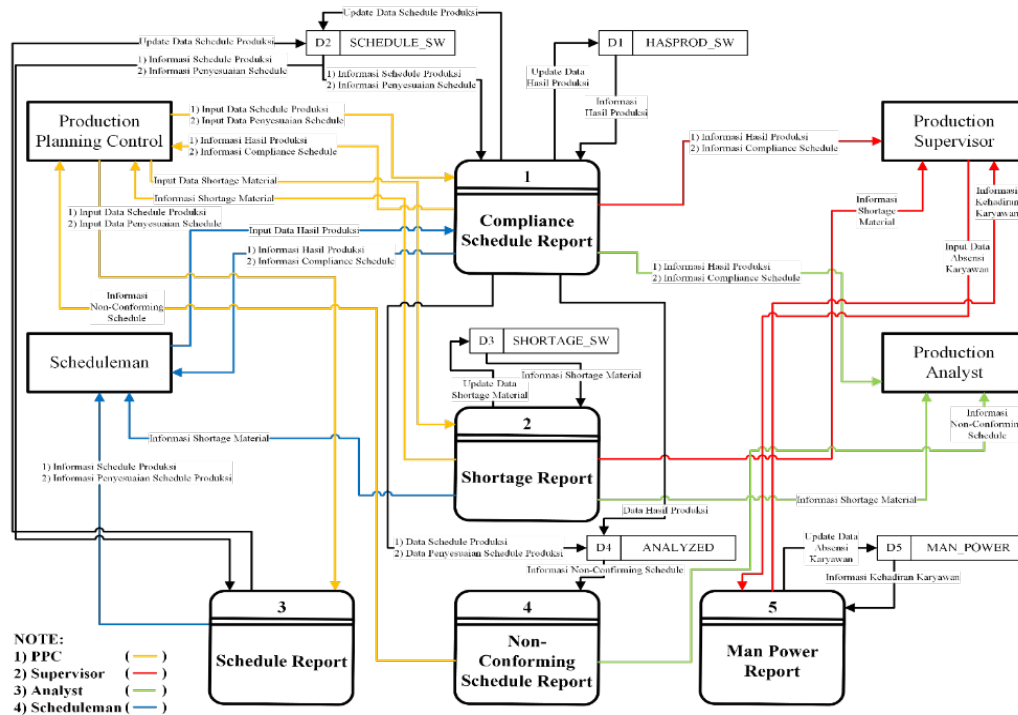
Sesuai dengan metode RAD, proses perancangan sistem dilakukan secara kolaboratif dan iteratif. Pada tahap ini melibatkan pemangku kepentingan, termasuk pengguna akhir dan pengembang, yang bekerja bersama dalam sesi intensif untuk merancang dan mengembangkan prototipe sistem. Tujuannya adalah untuk memastikan bahwa sistem yang dikembangkan memenuhi kebutuhan pengguna secara tepat dan cepat [8].



Gambar 4 Use Case Diagram

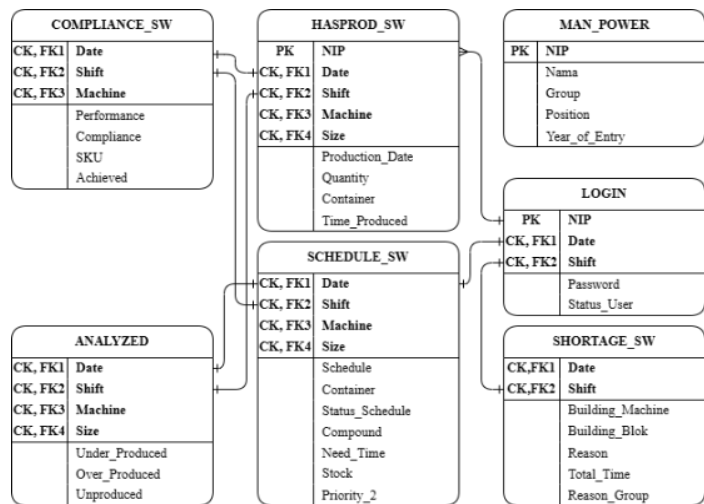
Rancangan sistem dimulai dengan pemodelan kebutuhan sistem dalam bentuk *use case* diagram pada **Gambar 4** [9,10]. Sistem yang akan dirancang, diperlukan untuk memantau kesesuaian pelaksanaan produksi terhadap jadwal, ketersediaan material, serta dukungan sumber daya manusia. Sistem akan menghasilkan berbagai laporan kinerja operasional. Untuk itu seluruh pengguna wajib melalui proses Login sebelum mengakses fungsi sistem dan mengakhiri sesi melalui Logout. Relasi garis putus-putus menuju Login menunjukkan bahwa hampir semua *use case* memiliki ketergantungan autentikasi. Terdapat empat aktor utama, yaitu 1) *Production Planning Control* (PPC) yang berperan dalam pengelolaan data utama yang berkaitan dengan jadwal dan realisasi produksi, 2) *Supervisor* yang berfokus pada pemantauan operasional serta evaluasi kinerja produksi dan ketidaksesuaian jadwal, 3) *Analyst* yang bertanggung jawab terhadap analisis data performa produksi, khususnya terkait kebutuhan jadwal dan kekurangan material, dan 4) *Scheduler* berperan dalam penyusunan dan evaluasi jadwal produksi serta analisis kebutuhan tenaga kerja. *Use case* diagram dilengkapi dengan use case tabel untuk memperjelas kebutuhan proses di dalam sistem yang akan dirancang [11].

Berdasarkan *use case* tabel, dirancang pemodelan aliran dan pengolahan data dalam sistem, dalam bentuk DFD pada **Gambar 5**. Sistem terdiri dari 5 penyimpanan data (*data storage*), yaitu 1) data *schedule* produksi (jadwal produksi yang direncanakan), 2) data real produksi (data hasil produksi aktual), 3) data *shortage* material (catatan kejadian kekurangan material), 4) data absensi karyawan (data kehadiran tenaga kerja produksi), dan 5) data *schedule compliance* (hasil perhitungan tingkat kepatuhan jadwal). Sistem berfungsi sebagai pusat pengolahan data operasional yang berasal dari berbagai bagian produksi, kemudian mengubahnya menjadi informasi monitoring dan laporan manajerial.



Gambar 5 Data Flow Diagram

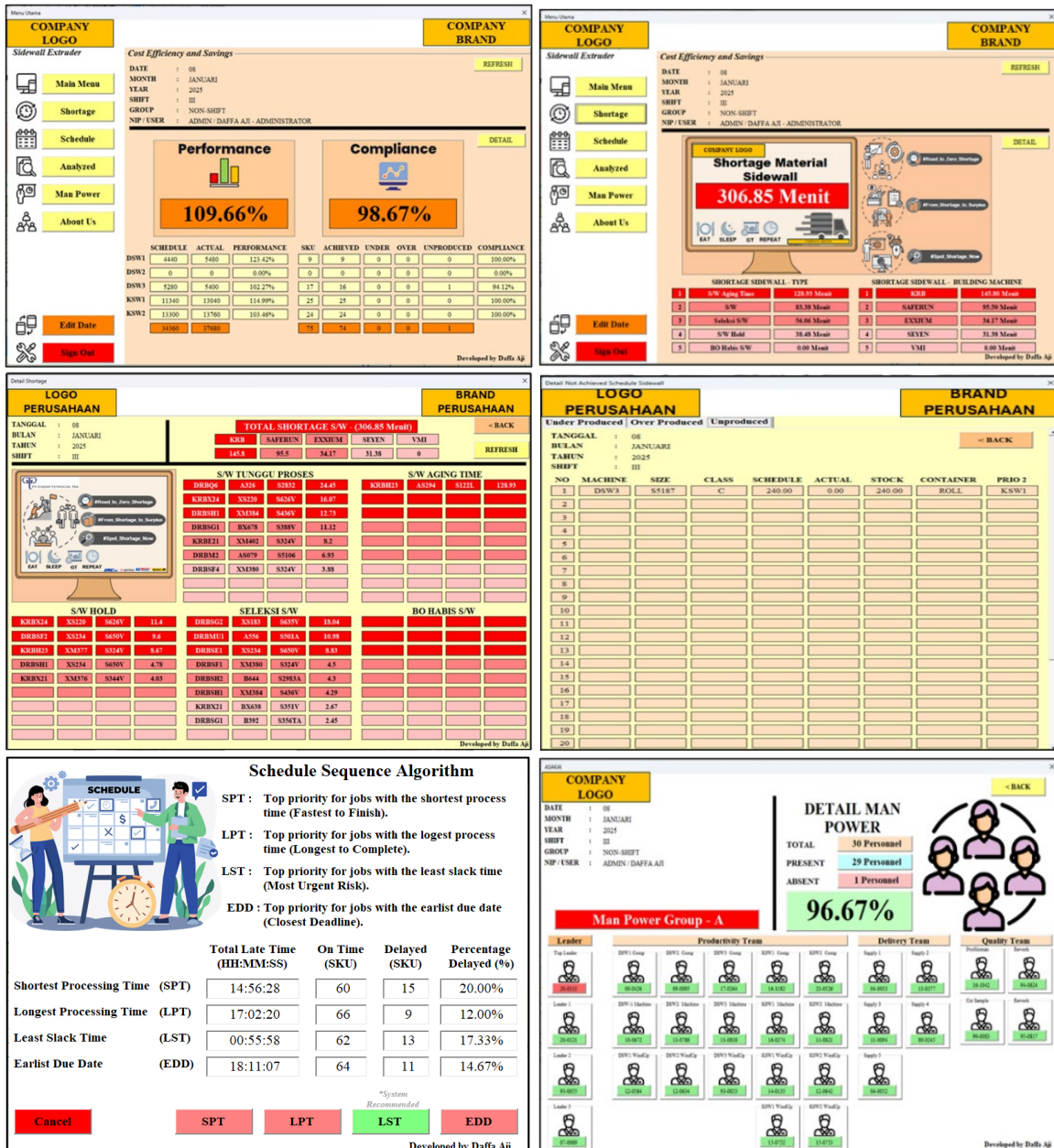
Selanjutnya dilakukan pemodelan tempat penyimpanan data dalam bentuk ERD pada Gambar 6. Melalui proses normalisasi untuk memastikan data diatur dengan benar, meminimalkan redundansi, dan mengoptimalkan integritas data, terdapat tujuh kumpulan data (entitas) yang saling terhubung [12,13].



Gambar 6 Entity Relationship Diagram Ternormalisasi

3.3 Prototype Development

Prototipe aplikasi hasil pengembangan sistem monitoring *schedule compliance* berbasis VBA_Excel ditunjukkan pada Gambar 7. Antar muka dirancang sebagai panel kendali operasional yang memungkinkan pengguna memantau kinerja produksi secara ringkas, cepat dan visual. Proses pengembangan prototipe melalui lima kali iterasi dengan pengguna, agar sesuai dengan kebutuhan dan keinginan pengguna [14,15].



Gambar 7 Prototipe Sistem Monitoring Schedule Compliance

3.4 Implementation and Testing

Prototipe akhir diimplementasikan pada kegiatan operasional perusahaan sebagai uji coba *blackbox* oleh 30 pengguna meliputi keempat jenis aktor. Uji coba menggunakan 19 skenario yang mencakup fitur login, date picker, dashboard form *schedule compliance*, *shortage*, *schedule*, *about us*, *analyzed*, *man power*, *man power analysis*, dan *logout*. Hasil uji coba menunjukkan bahwa semua menu dan user interface pada aplikasi dapat digunakan. Kemudian dilakukan pengukuran keberhasilan sistem dalam bentuk kuisioner yang diisi oleh pengguna meliputi enam dimensi keberhasilan sebuah sistem informasi dari Delone dan McLean, dengan hasil seperti pada **Tabel 1** [16,17].

Tabel 1 Rekapitulasi Pengujian Delone dan McLean

Dimensi	Nilai Aktual	Nilai Ideal	% Keberhasilan
Kualitas Sistem	433	450	96,2
Kualitas Informasi	416	450	92,4
Kualitas Layanan	411	450	91,3
Penggunaan	409	450	90,9
Kepuasan Pengguna	417	450	92,7
Kebermanfaatan	394	450	87,6
Rata-rata	413,3	450	91,9

Setelah implementasi sistem padfa 33 siklus operasional, proses monitoring dan pelaporan dapat dilakukan secara langsung sehingga memungkinkan deteksi dini terhadap deviasi jadwal dan percepatan penanganan masalah. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa sistem tidak hanya meningkatkan *schedule compliance* dan menurunkan shortage (**Tabel 2**), tetapi juga mengoptimalkan alokasi sumber daya.

Tabel 2 Perbandingan Performa Sistem

Item Evaluasi	Target	Sistem Manual	Sistem Otomatis
<i>Schedule Compliance</i>	95%	84,27%	92.65%
<i>Shortage</i>	0,30%	0,75%	0.39%

Sistem otomatisasi juga meningkatkan efisiensi pemanfaatan tenaga kerja dengan mengurangi aktivitas manual yang berulang dalam pengolahan data, validasi, dan *monitoring*. Berdasarkan pengukuran waktu terhadap 33 proses pembuatan laporan (setelah uji normalitas dan keseragaman data), rata-rata waktu pada sistem manual adalah 38,63 menit, sedangkan pada sistem otomatis hanya 0,61 menit. Hal ini menunjukkan efisiensi waktu dan biaya tenaga kerja sebesar 98,43%.

4. Kesimpulan

Pengembangan sistem monitoring *schedule compliance* mesin ekstruder menggunakan pendekatan Rapid Application Development terbukti mampu meningkatkan efektivitas pengendalian jadwal produksi secara terintegrasi. Sistem ini mengimplementasikan konsep *smart monitoring* dengan menggabungkan data jadwal produksi, pemakaian material, kondisi *material shortage*, serta status *non-conforming schedule* ke dalam satu dashboard terpusat yang menyajikan indikator kinerja secara *real-time*. Pendekatan ini sejalan dengan prinsip *Manufacturing Execution System* (MES) dan *digital factory monitoring* dalam kerangka *Industry 4.0*, yang menekankan visibilitas operasional dan integrasi data lintas proses produksi.

Hasil implementasi menunjukkan peningkatan efisiensi waktu yang signifikan, dari 38,63 menit pada metode manual menjadi 0,61 menit pada sistem otomatis (efisiensi 98,42%). Selain itu, sistem meningkatkan akurasi data dan mempercepat proses pengambilan keputusan berbasis data (*data-driven decision making*), yang merupakan karakteristik utama dalam *production scheduling analytics*. Dengan demikian, digitalisasi monitoring tidak hanya memberikan perbaikan operasional, tetapi juga mendukung transformasi menuju sistem manufaktur yang lebih adaptif, responsif, dan berbasis teknologi.

Daftar Pustaka

- [1] M. Schmidt, S. Bertsch, and P. Nyhuis, "Schedule compliance operating curves and their application in designing the supply chain of a metal producer," *Production Planning & Control*, vol. 25, no. 2, pp. 123–133, 2014, <https://doi.org/10.1080/09537287.2013.782947>.
- [2] A. Piontek and H. Lödding, "Determining the potential to improve schedule compliance," *Procedia CIRP*, vol. 63, pp. 477–482, 2017, <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.03.127>.
- [3] B. Waschneck, T. Altenmüller, T. Bauernhansl, and A. Kyek, "Case study on operator compliance to scheduling decisions in semiconductor manufacturing," in *Proc. IEEE Int. Conf. Automation Science and Engineering (CASE)*, Munich, Germany, 2018, pp. 649–652, <https://doi.org/10.1109/COASE.2018.8560395>.
- [4] S. J. Lambert and A. Haley, "Implementing work scheduling regulation: Compliance and enforcement challenges at the local level," *ILR Review*, vol. 74, no. 5, pp. 1231–1257, 2021, doi: 10.1177/00197939211031227.
- [5] Y. B. P. Sitompul, "Governance, risk management, compliance on preventing potential fraud in Indonesian state-owned port service industry," *Indonesian Journal of Multidisciplinary Science*, vol. 3, no. 7, 2024, <https://doi.org/10.55324/ijoms.v3i6.846>.
- [6] A. Dennis, B. H. Wixom, and R. M. Roth, *Systems Analysis and Design*, 8th ed. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, 2021.
- [7] B. Skotnicka-Zasadzień, M. Zasadzień, and W. Grebski, "Application of TOWS/SWOT analysis as an element of strategic management on the example of a manufacturing company," *Scientific Papers of Silesian University of Technology, Organization and Management Series*, pp. 541–551, 2023, <https://doi.org/10.29119/1641-3466.2023.189.34>.

- [8] R. Delima, H. Santosa, and J. Purwadi, "Development of Dutatani website using Rapid Application Development," *International Journal of Information Technology and Electrical Engineering*, vol. 1, no. 2, pp. 36–44, 2017, <https://doi.org/10.22146/ijitee.28362>.
- [9] Y. R. Rizcha and S. Yaakub, "Sistem informasi manajemen sumber daya manusia pada Universitas Muhammadiyah Jambi," *Jurnal Manajemen Sistem Informasi*, vol. 8, no. 1, pp. 78–93, 2023, <https://doi.org/10.33998/jurnalmsi.2023.8.1.765>.
- [10] N. Selamat and R. Ibrahim, "Similarity syntax rules between DFD and UML diagrams," *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*, vol. 8, no. 3, pp. 786–794, 2019, <https://doi.org/10.30534/ijatcse/2019/70832019>.
- [11] M. N. Mornie *et al.*, "Visualisation of user stories to UML use case diagram," *Journal of Advanced Research in Applied Sciences and Engineering Technology*, vol. 63, no. 3, pp. 68–80, 2025, <https://doi.org/10.37934/araset.63.3.6880>.
- [12] Z. F. Azzahra and A. D. Anggoro, "Analisis teknik entity-relationship diagram dalam perancangan database: Sebuah literature review," *Intech*, vol. 3, no. 2, pp. 70–74, 2022, <https://doi.org/10.54895/intech.v3i2.1682>.
- [13] K. Hingorani, D. Gittens, and N. Edwards, "Reinforcing database concepts by using entity relationships diagrams (ERD) and normalization together for designing robust databases," *Issues in Information Systems*, vol. 18, no. 1, pp. 148–155, 2017, https://doi.org/10.48009/1_iis_2017_148-155.
- [14] O. B. Y. Lisyafa and A. M. Sayuti, "Design of inventory monitoring information system of office equipment and supplies at BAZNAS City of Bandung based on macro Excel (VBA)," *Business Analytics and System Innovations*, vol. 3, no. 1, pp. 1–12, 2024, <https://doi.org/10.62201/abaj.v3i1.343>.
- [15] A. N. Adiya, D. L. Anggraeni, and I. Albana, "Analisa perbandingan penggunaan metodologi pengembangan perangkat lunak (Waterfall, Prototype, Iterative, Spiral, Rapid Application Development (RAD))," *Merkurius: Jurnal Riset Sistem Informasi dan Teknik Informatika*, vol. 2, no. 4, pp. 122–134, 2024, <https://doi.org/10.61132/mercurius.v2i4.148>.
- [16] M. Zen, Irwan, Hafni, and M. D. P. Ananda, "Implementasi dan pengujian menggunakan metode BlackBox testing pada sistem informasi tracer study," *Bulletin of Computer Science Research*, vol. 4, no. 4, pp. 327–340, 2024, <https://doi.org/10.47065/bulletincsr.v4i4.359>.
- [17] Rulinawaty *et al.*, "Investigating the influence of the updated DeLone and McLean information system (IS) success model on the effectiveness of learning management system (LMS) implementation," *Cogent Education*, vol. 11, no. 1, 2024, <https://doi.org/10.1080/2331186X.2024.2365611>.