



Inventa: Journal of Science, Technology, and Innovation

Vol 2 No 1 August 2026, Hal 332-349
ISSN: 3123-3147 (Print) ISSN: 3123-3155 (Electronic)
Open Access: <https://scriptaintelektual.com/inventa>

Implementasi *Industrial and System Engineering Body of Knowledge* pada Perusahaan Digital Printing Brightplus Indonesia

Fauzan Atha Tri Handaru^{1*}, Muhammad Akhsan Genta Satria²

¹⁻² Institut Teknologi Nasional Bandung, Indonesia

email: fauzanatha96488@gmail.com¹

Article Info :

Received:
20-07-2026
Revised:
02-08-2026
Accepted:
15-08-2026

Abstract

The increasing demand for sports jerseys produced through sublimation printing has substantially increased the volume of printed fabric requiring post-printing rolling, creating production bottlenecks due to limited manual material handling capacity at Brightplus Indonesia. This study aimed to develop a fabric rolling assistive device by implementing the Industrial and Systems Engineering Body of Knowledge (ISE BoK), particularly the domains of System Design and Engineering, Design and Manufacturing Engineering, and Work Design and Measurement. A qualitative descriptive case study was employed using observations, semi-structured interviews, documentation, and influence diagram analysis. Two design alternatives were developed and evaluated based on material selection, manufacturability, implementation cost, and operational feasibility. The selected metal-based design required an estimated implementation cost of IDR 1,420,000. Operation Process Chart analysis revealed that the proposed device reduced processing time from 109.5 to 76 minutes per fabric roll, improving production efficiency by approximately 30% while reducing manual handling risks and enhancing ergonomic working conditions.

Keywords: *Fabric Rolling Assistive Device, Industrial and Systems Engineering Body of Knowledge, Production Efficiency, Sublimation Printing, Systems Design.*

Akbsrak

Meningkatnya permintaan jersey olahraga yang diproduksi melalui teknik *sublimation printing* menyebabkan bertambahnya volume kain hasil cetak yang harus melalui proses penggulungan pascaproduksi, sehingga memunculkan hambatan aliran produksi akibat keterbatasan kapasitas penanganan material secara manual di Brightplus Indonesia. Penelitian ini bertujuan merancang alat bantu penggulungan kain melalui penerapan *Industrial and Systems Engineering Body of Knowledge* (ISE BoK), khususnya pada domain *System Design and Engineering, Design and Manufacturing Engineering*, dan *Work Design and Measurement*. Penelitian menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif dengan desain studi kasus melalui observasi, wawancara semi-terstruktur, dokumentasi, dan analisis *influence diagram*. Dua alternatif rancangan dikembangkan dan dievaluasi berdasarkan pemilihan material, kemudahan manufaktur, biaya implementasi, dan kelayakan operasional. Rancangan berbahan logam terpilih memiliki estimasi biaya implementasi sebesar Rp1.420.000. Hasil analisis *Operation Process Chart* menunjukkan bahwa alat bantu yang diusulkan mampu menurunkan waktu proses dari 109,5 menit menjadi 76 menit per roll kain atau meningkatkan efisiensi produksi sekitar 30%, sekaligus mengurangi risiko penanganan material secara manual dan meningkatkan kondisi kerja yang lebih ergonomis.

Kata Kunci: *Alat Bantu Penggulungan Kain, Efisiensi Produksi, Industrial and Systems Engineering Body of Knowledge, Perancangan Sistem, Sublimasi Printing.*



©2026 Authors.. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.
(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

PENDAHULUAN

Industri konveksi berbasis digital printing mengalami transformasi yang semakin cepat seiring berkembangnya teknologi manufaktur digital, meningkatnya tuntutan konsumen terhadap kualitas produk tekstil yang dipersonalisasi, serta semakin tingginya tekanan bagi perusahaan untuk menghasilkan proses produksi yang efisien, fleksibel, dan berkelanjutan dalam menghadapi persaingan global. Perkembangan tersebut menjadikan teknologi sublimation printing sebagai salah satu metode produksi yang paling banyak diadopsi karena mampu menghasilkan warna yang tajam, daya rekat tinta yang tinggi, serta kualitas cetak yang lebih konsisten dibandingkan metode konvensional pada material berbasis poliester (Kumar, 2021). Fenomena ini juga tercermin pada industri konveksi Indonesia, khususnya produsen jersey olahraga, yang mengalami peningkatan permintaan pasar sehingga

mendorong perusahaan memperbesar kapasitas produksi tanpa mengurangi standar kualitas hasil cetak. Proses sublimasi tidak hanya bergantung pada akurasi perpindahan tinta selama proses pemanasan, tetapi juga sangat dipengaruhi oleh penanganan material setelah proses pencetakan karena kain yang baru melalui transfer panas masih rentan terhadap lipatan, tekanan, maupun gesekan yang dapat menurunkan kualitas visual produk akhir (Toshikj & Prangoski, 2023). Kondisi tersebut memperlihatkan bahwa efisiensi produksi pada industri digital printing tidak lagi ditentukan semata oleh kemampuan mesin cetak, melainkan oleh keterpaduan seluruh rangkaian proses produksi hingga tahapan pascaproduksi. Pertumbuhan industri digital printing nasional juga memperlihatkan bahwa perusahaan perlu mengintegrasikan inovasi proses, pengelolaan sumber daya, dan peningkatan sistem kerja agar mampu mempertahankan daya saing pada lingkungan manufaktur yang semakin dinamis (Vadillah & Nelmira, 2025).

Seiring meningkatnya kapasitas produksi, aktivitas material handling pada tahapan pascaproduksi menjadi salah satu titik kritis yang sering kali belum memperoleh perhatian setara dengan proses utama pencetakan, padahal keterlambatan pada aktivitas ini dapat menimbulkan bottleneck yang memengaruhi keseluruhan aliran produksi. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa industri percetakan dan konveksi skala kecil hingga menengah masih menghadapi permasalahan berupa ketidakseimbangan antara peningkatan kapasitas mesin dengan kemampuan sistem produksi dalam menangani perpindahan material, pengaturan tata letak, serta koordinasi aktivitas kerja yang masih bersifat manual (Julianti et al., 2025). Implementasi sistem manajemen produksi berbasis digital memang mampu meningkatkan efektivitas pengendalian pesanan dan alur informasi, tetapi peningkatan tersebut belum secara otomatis menghilangkan ketergantungan terhadap aktivitas manual pada stasiun kerja tertentu yang masih menjadi sumber pemborosan proses (Anggara et al., 2026). Kajian mengenai efektivitas mesin produksi melalui pendekatan Overall Equipment Effectiveness juga menunjukkan bahwa peningkatan performa mesin belum selalu diikuti peningkatan produktivitas sistem secara menyeluruh apabila aktivitas pendukung di luar mesin utama masih memiliki waktu siklus yang relatif panjang (Yamin et al., 2025). Berbagai upaya perbaikan seperti penerapan metode 5S maupun optimalisasi pengelolaan area kerja telah terbukti mampu mengurangi pemborosan operasional, namun pendekatan tersebut lebih banyak berorientasi pada pengaturan lingkungan kerja dibandingkan penyelesaian akar permasalahan yang berasal dari desain sistem kerja dan perancangan fasilitas pendukung (Suroso & Pradana, 2024). Kondisi tersebut menunjukkan bahwa peningkatan produktivitas industri digital printing memerlukan pendekatan yang lebih komprehensif dengan memandang proses produksi sebagai suatu sistem yang saling terintegrasi.

Perspektif tersebut memperlihatkan bahwa berbagai penelitian terdahulu telah menghasilkan beragam strategi peningkatan produktivitas, mulai dari perancangan tata letak fasilitas, pengembangan sistem informasi produksi, penerapan lean manufacturing, hingga intervensi ergonomi pada stasiun kerja tertentu, tetapi sebagian besar masih menempatkan setiap solusi sebagai intervensi yang berdiri sendiri sehingga hubungan antarelemen sistem belum dianalisis secara menyeluruh. Pendekatan ergonomi melalui penambahan alat bantu kerja terbukti mampu menurunkan beban fisik pekerja sekaligus meningkatkan produktivitas pada berbagai aktivitas manufaktur manual, terutama ketika desain fasilitas mempertimbangkan karakteristik pekerjaan dan kemampuan operator secara sistematis (Tarunokusumo et al., 2022). Penelitian mengenai perancangan alat bantu pada berbagai proses produksi juga menunjukkan bahwa modifikasi sederhana terhadap fasilitas kerja dapat memberikan dampak signifikan terhadap efisiensi proses, kualitas kerja, serta pengurangan aktivitas yang tidak bernilai tambah (Mauluddin et al., 2025). Meskipun demikian, sebagian besar penelitian tersebut masih berfokus pada penyelesaian masalah teknis pada satu stasiun kerja tertentu sehingga belum mengintegrasikan aspek desain sistem, desain manufaktur, pengukuran kerja, serta evaluasi kelayakan implementasi ke dalam satu kerangka rekayasa yang utuh. Keterbatasan tersebut menyebabkan solusi yang dihasilkan sering kali efektif pada level operasional, tetapi belum sepenuhnya mampu meningkatkan kinerja sistem produksi secara menyeluruh ketika diterapkan pada perusahaan yang menghadapi peningkatan volume produksi secara berkelanjutan. Situasi ini memperlihatkan adanya kebutuhan untuk mengembangkan pendekatan yang tidak hanya berorientasi pada perbaikan fasilitas kerja, tetapi juga mengintegrasikan prinsip-prinsip Industrial and Systems Engineering agar hubungan antara manusia, peralatan, material, informasi, dan proses produksi dapat dianalisis sebagai satu kesatuan sistem.

Kerangka konseptual yang mampu menjembatani kebutuhan tersebut dapat ditemukan dalam *Industrial and Systems Engineering Body of Knowledge* (ISE BoK), yang menempatkan sistem produksi sebagai integrasi antara manusia, material, mesin, informasi, energi, dan metode kerja sehingga setiap keputusan rekayasa harus mempertimbangkan keterkaitan antarkomponen, bukan hanya performa satu aktivitas tertentu (Aft et al., 2021). Perspektif ini sejalan dengan perkembangan ilmu *systems engineering* yang menekankan bahwa peningkatan kinerja organisasi hanya dapat dicapai apabila proses analisis, perancangan, implementasi, dan evaluasi dilakukan secara holistik dengan mempertimbangkan interaksi seluruh subsistem produksi (Parnell et al., 2022). Meskipun demikian, implementasi ISE BoK pada industri manufaktur skala kecil dan menengah, khususnya perusahaan digital printing di Indonesia, masih relatif terbatas karena sebagian besar penelitian lebih berorientasi pada penerapan metode atau alat tertentu tanpa mengaitkannya dengan kerangka kompetensi Industrial and Systems Engineering secara menyeluruh. Penelitian mengenai implementasi sistem digital pada perusahaan digital printing juga lebih banyak menyoroti aspek pengembangan sumber daya manusia dan pemanfaatan teknologi informasi dibandingkan integrasi aktivitas produksi, desain fasilitas, dan pengukuran kerja dalam satu sistem rekayasa yang terpadu (Al & Azhar, 2026). Padahal, pendekatan berbasis ISE BoK memungkinkan proses identifikasi masalah dimulai dari pemetaan hubungan sebab-akibat menggunakan *influence diagram*, kemudian dilanjutkan dengan pengembangan alternatif rancangan, evaluasi manufaktur, hingga analisis kelayakan implementasi sebagai satu rangkaian proses yang saling berkaitan (Aurachman, 2018). Celah konseptual tersebut menunjukkan bahwa penerapan ISE BoK masih memerlukan pembuktian empiris pada konteks industri digital printing yang memiliki karakteristik produksi berkecepatan tinggi, variasi produk yang besar, dan dominasi aktivitas penanganan material secara manual.

Urgensi penelitian ini tidak hanya terletak pada kebutuhan meningkatkan produktivitas perusahaan, tetapi juga pada pentingnya menghasilkan sistem kerja yang lebih ergonomis, ekonomis, dan adaptif terhadap peningkatan permintaan pasar tanpa harus bergantung sepenuhnya pada investasi otomatisasi yang bernilai tinggi. Berbagai kajian menunjukkan bahwa desain sistem kerja yang mengintegrasikan aspek ergonomi fisik, kognitif, dan organisasi mampu meningkatkan keberlanjutan sistem produksi sekaligus menurunkan risiko kelelahan dan gangguan muskuloskeletal pada pekerja manufaktur (Sakti & Khairunniza, 2025). Dari perspektif rekayasa manufaktur, keberhasilan suatu rancangan tidak hanya ditentukan oleh kemampuan memenuhi fungsi teknis, tetapi juga oleh kemudahan proses fabrikasi, perakitan, pemeliharaan, serta efisiensi biaya selama siklus hidup produk sehingga prinsip *Design for Manufacture and Assembly* menjadi bagian penting dalam proses pengembangan solusi (Ginting, 2023). Penelitian mengenai implementasi 5S, optimalisasi gudang, serta pemanfaatan teknologi manufaktur modern menunjukkan bahwa peningkatan efisiensi hanya akan memberikan dampak berkelanjutan apabila didukung oleh desain sistem kerja yang terintegrasi dengan kebutuhan operasional perusahaan (Hanggara, 2024; Setiawan et al., 2025). Posisi penelitian ini berada pada irisan antara *Industrial Engineering*, *Systems Engineering*, dan perancangan fasilitas kerja dengan menjadikan ISE BoK sebagai landasan utama untuk mengintegrasikan analisis sistem, desain manufaktur, serta pengukuran kerja dalam pengembangan alat bantu penggulungan kain pada perusahaan Digital Printing Brightplus Indonesia. Pendekatan tersebut diharapkan mampu memperluas penerapan ISE BoK yang selama ini masih didominasi pada tataran konseptual menjadi implementasi nyata yang dapat diadaptasi oleh industri manufaktur skala menengah di Indonesia.

Penelitian ini bertujuan mengimplementasikan prinsip-prinsip *Industrial and Systems Engineering Body of Knowledge* dalam proses perancangan alat bantu penggulungan kain pada perusahaan Digital Printing Brightplus Indonesia melalui pendekatan sistem yang mengintegrasikan analisis permasalahan, penyusunan alternatif konsep, evaluasi teknis, serta pertimbangan ekonomis dalam satu kerangka rekayasa yang utuh. Penelitian ini menempatkan aktivitas penggulungan kain bukan sebagai persoalan operasional yang berdiri sendiri, melainkan sebagai bagian dari sistem produksi yang memengaruhi kelancaran aliran proses secara keseluruhan. Pendekatan yang digunakan diharapkan mampu menghasilkan rancangan alat bantu yang tidak hanya meningkatkan efisiensi waktu proses, tetapi juga memperbaiki kondisi kerja operator dan mendukung keberlanjutan produktivitas perusahaan. Dari sisi teoretis, penelitian ini memperluas implementasi ISE BoK pada konteks industri digital printing yang masih jarang dikaji dalam literatur nasional maupun internasional. Dari sisi metodologis, penelitian ini menawarkan integrasi antara analisis sistem, pengembangan konsep desain, evaluasi manufaktur, dan analisis kelayakan implementasi sebagai pendekatan yang lebih komprehensif

dalam perancangan fasilitas kerja. Hasil penelitian diharapkan menjadi referensi bagi pengembangan sistem kerja yang lebih efektif pada industri konveksi dan digital printing yang menghadapi tantangan serupa dalam meningkatkan kapasitas produksi melalui optimalisasi proses pascaproduksi.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan studi empiris yang menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif dengan desain studi kasus untuk mengkaji implementasi *Industrial and Systems Engineering Body of Knowledge* (ISE BoK) pada proses perancangan alat bantu penggulungan kain di PT Kreasi Permata Sinergi melalui unit usahanya Brightplus Indonesia. Pendekatan ini dipilih karena memungkinkan analisis yang mendalam terhadap permasalahan nyata pada sistem produksi, khususnya ketidakseimbangan antara peningkatan kapasitas proses sublimation printing dengan kemampuan aktivitas pascaproduksi dalam menangani material secara efisien (Rusandi & Rusli, 2021). Data primer diperoleh melalui observasi langsung terhadap alur kerja penggulungan kain, wawancara semi-terstruktur dengan *Head of Production* dan operator terkait, serta dokumentasi proses produksi, sedangkan data sekunder dikumpulkan dari dokumen perusahaan, spesifikasi material, dan referensi teknis pendukung. Proses pengembangan inovasi diawali dengan identifikasi permasalahan menggunakan *influence diagram* untuk memetakan hubungan sebab-akibat antarvariabel sistem produksi, kemudian dilanjutkan dengan penyusunan beberapa alternatif konsep alat bantu berdasarkan domain *System Design and Engineering*, *Design and Manufacturing Engineering*, serta *Work Design and Measurement* dalam kerangka ISE BoK (Aft et al., 2021). Setiap alternatif dikembangkan melalui analisis kebutuhan fungsional, pemilihan material, penyusunan rancangan teknis, serta pertimbangan kemudahan manufaktur agar solusi yang dihasilkan tidak hanya memenuhi aspek teknis, tetapi juga sesuai dengan kemampuan produksi perusahaan.

Validasi rancangan dilakukan melalui evaluasi bertahap terhadap setiap alternatif desain dengan mempertimbangkan aspek kekuatan struktur, kemudahan fabrikasi, ketersediaan material, biaya implementasi, serta kesesuaian dengan kondisi operasional perusahaan berdasarkan prinsip *Design for Manufacture and Assembly* (Ginting, 2023). Konsep terbaik dipilih melalui analisis komparatif terhadap seluruh alternatif sehingga diperoleh rancangan yang memiliki keseimbangan antara performa teknis dan kelayakan implementasi pada lingkungan kerja Brightplus Indonesia. Efektivitas rancangan kemudian dievaluasi menggunakan metrik waktu proses penggulungan kain dengan membandingkan kondisi sebelum dan sesudah penerapan alat bantu untuk mengukur peningkatan efisiensi operasional secara kuantitatif. Hasil evaluasi juga dianalisis secara kualitatif melalui umpan balik operator mengenai kemudahan penggunaan alat, kenyamanan kerja, serta potensi pengurangan beban fisik selama proses penggulungan. Kombinasi antara validasi teknis, evaluasi operasional, dan penilaian ergonomi menghasilkan pendekatan metodologis yang komprehensif karena tidak hanya mengukur peningkatan produktivitas, tetapi juga memastikan bahwa inovasi yang dikembangkan memiliki kelayakan implementasi, keberlanjutan operasional, dan relevansi terhadap prinsip rekayasa sistem modern (Widodo et al., 2022).

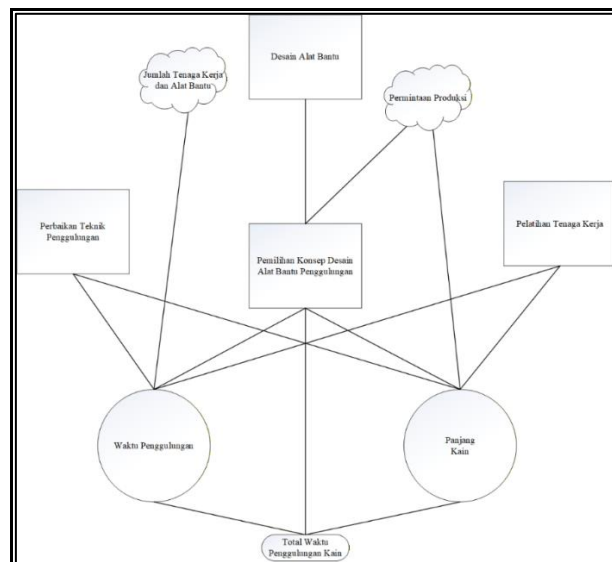
HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Sistem Produksi Menggunakan Pendekatan *Systems Engineering*

Tahap awal implementasi *Industrial and Systems Engineering Body of Knowledge* (ISE BoK) pada Brightplus Indonesia diawali dengan analisis sistem produksi untuk mengidentifikasi hubungan antarvariabel yang memengaruhi kinerja proses penggulungan kain hasil sublimation printing. Pendekatan ini memandang aktivitas penggulungan bukan sebagai pekerjaan yang berdiri sendiri, melainkan sebagai bagian dari sistem produksi yang saling terhubung dengan proses pencetakan, *quality control*, dan penanganan material. Perspektif tersebut sejalan dengan prinsip *Systems Engineering* yang menempatkan setiap komponen sistem sebagai elemen yang saling memengaruhi sehingga penyelesaian masalah harus dilakukan melalui identifikasi akar penyebab, bukan hanya gejala operasional yang tampak di lapangan (Parnell et al., 2022). Hasil observasi menunjukkan bahwa peningkatan kapasitas mesin sublimasi tidak diikuti oleh peningkatan kemampuan proses pascaproduksi sehingga terjadi ketidakseimbangan laju produksi yang memunculkan antrean material pada stasiun penggulungan kain. Kondisi tersebut menyebabkan waktu tunggu meningkat, operator harus melakukan pemindahan material secara berulang, serta berpotensi menghambat kontinuitas aliran produksi ketika volume pesanan berada pada tingkat yang tinggi. Karakteristik permasalahan tersebut

menunjukkan bahwa peningkatan produktivitas memerlukan pendekatan berbasis sistem yang mampu mengintegrasikan manusia, metode kerja, fasilitas, dan peralatan ke dalam satu kerangka analisis yang komprehensif sebagaimana direkomendasikan dalam ISE BoK (Aft et al., 2021).

Untuk memperoleh gambaran yang lebih sistematis mengenai akar permasalahan, penelitian ini menggunakan *influence diagram* sebagai alat analisis hubungan sebab-akibat antarvariabel yang memengaruhi proses penggulungan kain. Pendekatan ini dipilih karena mampu memvisualisasikan keterkaitan logis antarvariabel sehingga memudahkan proses identifikasi titik kritis yang menjadi prioritas perbaikan dalam sistem produksi (Aurachman, 2018). Hasil pemetaan hubungan antarvariabel disajikan pada Gambar 1, yang memperlihatkan keterhubungan antara peningkatan permintaan pasar, kapasitas produksi, keterbatasan tenaga kerja, aktivitas pemindahan material, hingga meningkatnya waktu penggulungan kain. Diagram tersebut menunjukkan bahwa peningkatan jumlah pesanan mendorong bertambahnya volume kain hasil sublimasi yang harus segera diproses menuju tahapan berikutnya tanpa adanya peningkatan kapasitas fasilitas pendukung. Situasi tersebut mengakibatkan operator harus melakukan aktivitas pengangkatan, pemindahan, dan penggulungan secara manual dengan frekuensi yang lebih tinggi sehingga waktu proses menjadi semakin panjang. Kondisi ini menunjukkan bahwa hambatan utama tidak berasal dari proses sublimation printing, melainkan dari aktivitas material handling yang belum memperoleh dukungan fasilitas kerja yang memadai.



Gambar 1. Influence Diagram

Interpretasi terhadap *influence diagram* memperlihatkan bahwa keterlambatan proses penggulungan merupakan konsekuensi dari interaksi beberapa variabel yang saling memperkuat sehingga membentuk *bottleneck* pada aliran produksi. Permintaan jersey yang terus meningkat mendorong perusahaan memaksimalkan kapasitas mesin sublimasi karena teknologi tersebut mampu menghasilkan kualitas cetak yang tinggi dengan warna yang tajam dan daya tahan yang baik terhadap proses pencucian (Kumar, 2021). Kualitas hasil sublimasi yang tinggi juga menuntut proses penanganan pascaproduksi dilakukan secara hati-hati karena kain yang baru mengalami proses transfer panas masih rentan terhadap lipatan dan gesekan yang dapat menurunkan kualitas visual produk (Toshikj & Prangoski, 2023). Kondisi tersebut menyebabkan operator tidak hanya dituntut bekerja lebih cepat, tetapi juga harus mempertahankan kualitas penanganan material selama proses penggulungan berlangsung. Hasil observasi memperlihatkan bahwa peningkatan volume produksi tanpa dukungan alat bantu menyebabkan intensitas aktivitas manual meningkat sehingga beban kerja fisik operator menjadi lebih tinggi dan berpotensi menurunkan efisiensi proses. Temuan ini memperkuat pandangan bahwa permasalahan produktivitas pada industri digital printing lebih banyak dipengaruhi oleh ketidakseimbangan kapasitas antarstasiun kerja dibandingkan kemampuan mesin produksi itu sendiri.

Berdasarkan hasil pemetaan tersebut, dilakukan penyusunan sistem analisis perusahaan untuk menentukan elemen keputusan, indikator kinerja, alternatif solusi, serta pihak-pihak yang terlibat dalam proses pengambilan keputusan. Ringkasan hasil analisis tersebut disajikan pada **Tabel 1**, yang

menunjukkan bahwa fokus utama perusahaan adalah meminimalkan waktu penggulungan kain tanpa meningkatkan beban biaya operasional secara berkelanjutan. Penetapan *Head of Production* sebagai pengambil keputusan mencerminkan bahwa permasalahan ini berada pada level operasional, sedangkan Direktur Perusahaan berperan sebagai *problem owner* yang menentukan arah implementasi inovasi berdasarkan kelayakan investasi. Alternatif solusi yang diidentifikasi tidak hanya mencakup penambahan tenaga kerja, tetapi juga meliputi perbaikan teknik kerja dan perancangan alat bantu sehingga setiap alternatif dapat dievaluasi berdasarkan manfaat teknis maupun ekonominya. Pendekatan tersebut konsisten dengan karakteristik *Systems Engineering* yang menempatkan proses pengambilan keputusan sebagai hasil evaluasi berbagai alternatif solusi sebelum menentukan rancangan terbaik (Aft et al., 2021). Struktur analisis ini juga memperlihatkan bahwa hubungan antara tujuan operasional, indikator kinerja, dan kebutuhan pengguna telah dipetakan secara sistematis sehingga proses pengembangan solusi memiliki dasar analitis yang jelas.

Tabel 1. Hasil Analisis Sistem Produksi Brightplus Indonesia Menggunakan Pendekatan Systems Engineering

Komponen Analisis	Hasil Identifikasi	Implikasi terhadap Sistem Produksi
Pengambil Keputusan	Head of Production	Menentukan alternatif solusi yang paling efektif terhadap proses penggulungan kain.
Tujuan Sistem	Meminimalkan waktu proses penggulungan kain tanpa menurunkan kualitas hasil printing	Meningkatkan kelancaran aliran produksi dan mengurangi potensi <i>bottleneck</i> .
Indikator Kinerja (<i>Performance Measure</i>)	Waktu penggulungan kain per roll, waktu perpindahan material, dan produktivitas operator	Digunakan untuk mengevaluasi efektivitas rancangan alat bantu yang diusulkan.
Kriteria Keputusan	Biaya investasi, kemudahan fabrikasi, kekuatan struktur, kemudahan penggunaan, dan kesesuaian dengan area produksi	Menjamin rancangan dapat diimplementasikan sesuai kondisi operasional perusahaan.
Permasalahan Utama	Peningkatan volume produksi tidak diimbangi kapasitas proses penggulungan sehingga terjadi antrean material	Menimbulkan keterlambatan pada proses pascaproduksi dan menurunkan efisiensi sistem.
Akar Permasalahan	Penggulungan kain masih dilakukan secara manual dan memerlukan proses pemindahan material menuju mesin roll yang terpisah	Menambah waktu proses, meningkatkan aktivitas <i>material handling</i> , dan memperbesar beban kerja operator.
Alternatif Solusi	Perancangan alat bantu penggulungan, perbaikan metode kerja, serta penambahan tenaga kerja	Perancangan alat bantu dipilih karena memberikan manfaat jangka panjang dengan biaya operasional yang lebih efisien.
<i>Problem Owner</i>	Direktur PT Kreasi Permata Sinergi	Menentukan kebijakan implementasi hasil perancangan.
<i>Problem Customer</i>	Divisi Produksi	Menjadi pihak yang memperoleh manfaat langsung dari peningkatan efisiensi proses.
<i>Problem User</i>	Operator mesin press dan operator penggulungan	Menggunakan alat bantu dalam aktivitas produksi sehari-hari.

<i>Problem Analyst</i>	Tim peneliti	Melakukan identifikasi masalah, analisis sistem, pengembangan konsep, dan evaluasi rancangan.
------------------------	--------------	---

Hasil analisis pada Tabel 1 menunjukkan bahwa akar permasalahan lebih dominan dipengaruhi oleh keterbatasan fasilitas kerja dibandingkan kompetensi operator, sehingga strategi peningkatan produktivitas lebih tepat diarahkan pada optimalisasi sistem kerja daripada penambahan sumber daya manusia. Pendekatan tersebut memiliki implikasi ekonomi yang lebih menguntungkan karena investasi pada alat bantu mampu memberikan manfaat jangka panjang tanpa meningkatkan biaya tenaga kerja secara tetap. Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa peningkatan efisiensi sistem produksi pada industri percetakan dan konveksi lebih efektif dicapai melalui perbaikan tata letak, integrasi fasilitas kerja, dan pengurangan aktivitas perpindahan material dibandingkan hanya meningkatkan kapasitas tenaga kerja (Julianti et al., 2025). Perspektif ergonomi juga menegaskan bahwa pengurangan aktivitas manual yang berulang dapat menurunkan risiko kelelahan serta meningkatkan keberlanjutan sistem kerja dalam jangka panjang (Sakti & Khairunniza, 2025). Temuan tersebut memperlihatkan bahwa solusi berbasis perancangan alat bantu memiliki landasan ilmiah yang kuat karena mampu menjawab kebutuhan efisiensi sekaligus meningkatkan kualitas lingkungan kerja. Karakteristik tersebut menunjukkan bahwa implementasi ISE BoK tidak berhenti pada proses identifikasi masalah, tetapi juga menjadi dasar dalam merumuskan alternatif solusi yang mempertimbangkan aspek teknis, ergonomi, dan ekonomi secara terpadu.

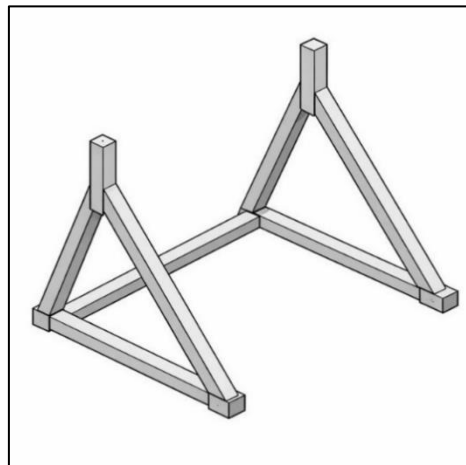
Sintesis hasil analisis sistem menunjukkan bahwa implementasi domain *System Design and Engineering* berhasil mengidentifikasi hubungan antara peningkatan permintaan pasar, kapasitas proses sublimasi, aktivitas material handling, dan keterbatasan fasilitas kerja sebagai penyebab utama rendahnya efisiensi pada proses penggulangan kain. Analisis tersebut memberikan arah yang lebih jelas mengenai jenis intervensi yang perlu dilakukan karena fokus perbaikan tidak lagi diarahkan pada penambahan operator, melainkan pada pengembangan fasilitas kerja yang mampu mengurangi aktivitas yang tidak bernilai tambah. Pendekatan ini juga menunjukkan bahwa pengambilan keputusan berbasis sistem menghasilkan solusi yang lebih adaptif terhadap perubahan kapasitas produksi dibandingkan pendekatan yang hanya berorientasi pada penyelesaian masalah operasional sesaat. Dari perspektif implementasi ISE BoK, hasil ini memperlihatkan bahwa proses identifikasi kebutuhan (*needs analysis*) merupakan tahapan fundamental sebelum memasuki proses desain dan evaluasi alternatif. Kerangka analisis tersebut menjadi dasar bagi pengembangan konsep alat bantu penggulangan kain yang dibahas pada subbab berikutnya melalui penerapan prinsip *Design and Manufacturing Engineering*. Fokus selanjutnya diarahkan pada penyusunan beberapa alternatif rancangan yang memenuhi kebutuhan operasional perusahaan sekaligus mempertimbangkan aspek manufaktur, biaya, dan kemudahan implementasi.

Pengembangan Konsep Alat Bantu Berdasarkan *Design and Manufacturing Engineering*

Tahap pengembangan konsep dilakukan setelah akar permasalahan pada sistem produksi berhasil diidentifikasi melalui pendekatan *Systems Engineering*. Proses ini mengacu pada domain *Design and Manufacturing Engineering* dalam *Industrial and Systems Engineering Body of Knowledge* (ISE BoK), yang menekankan bahwa suatu rancangan harus memenuhi aspek fungsional, kemudahan manufaktur, efisiensi biaya, kemudahan perakitan, serta kesesuaian dengan kondisi operasional perusahaan (Aft et al., 2021). Hasil observasi menunjukkan bahwa proses penggulangan kain di Brightplus Indonesia masih bergantung pada mesin roll yang terpisah dari mesin press sehingga operator harus memindahkan kain hasil sublimasi secara manual sebelum dilakukan penggulangan. Aktivitas tersebut memperpanjang waktu proses sekaligus meningkatkan risiko kerusakan hasil cetak akibat lipatan maupun gesekan selama pemindahan material. Berdasarkan kondisi tersebut, dikembangkan dua alternatif konsep alat bantu yang memiliki karakteristik struktur berbeda namun tetap mempertimbangkan keterbatasan ruang produksi, kapasitas beban, serta kemudahan proses fabrikasi. Pengembangan beberapa alternatif desain memberikan fleksibilitas dalam proses evaluasi sehingga konsep yang dipilih tidak hanya memenuhi kebutuhan teknis, tetapi juga layak diimplementasikan pada lingkungan kerja perusahaan.

Alternatif pertama dikembangkan dalam bentuk rangka segitiga dengan dimensi 1,5 m × 2 m × 2 m yang dirancang agar proses penggulangan dapat dilakukan secara langsung setelah kain keluar dari

mesin press. Bentuk rangka konsep pertama disajikan pada Gambar 2, sedangkan karakteristik material rangka ditunjukkan pada Tabel 2. Rangka segitiga dipilih karena memiliki distribusi beban yang relatif stabil serta mampu mempertahankan kekakuan struktur dengan penggunaan material yang lebih sederhana dibandingkan konstruksi berbentuk persegi. Analisis material menunjukkan bahwa baja ringan memiliki karakteristik paling sesuai karena mampu menahan beban statis maupun dinamis dengan stabilitas yang tinggi, sedangkan material polimer dan *plywood* lebih sesuai untuk aplikasi dengan beban yang relatif rendah. Pertimbangan pemilihan material tidak hanya didasarkan pada harga, tetapi juga mempertimbangkan umur pakai, kemudahan fabrikasi, serta kemampuan struktur dalam mempertahankan presisi selama proses penggulangan berlangsung. Pendekatan tersebut sejalan dengan prinsip *Design for Manufacture and Assembly* (DFMA) yang menempatkan keputusan pemilihan material sebagai faktor penting dalam menentukan kualitas produk dan efisiensi proses manufaktur (Ginting, 2023).

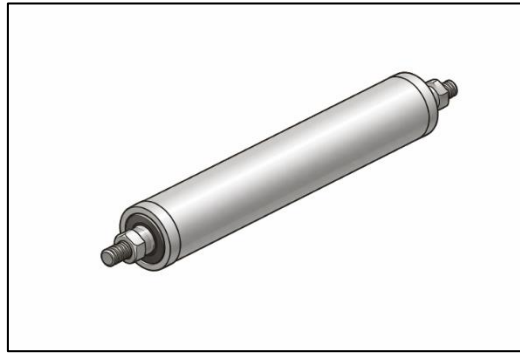


Gambar 2. Rangka Konsep 1

Tabel 2. Analisis Material Rangka Konsep 1

Jenis Material	Karakteristik	Kelebihan	Kekurangan	Estimasi Harga
Baja Ringan	Kuat, kaku, mampu menahan beban statis dan dinamis	Stabil, umur pakai panjang, mudah difabrikasi	Bobot lebih besar dibanding polimer	Rp500.000
Polimer	Ringan dan tahan korosi	Mudah dibentuk dan dipindahkan	Kurang mampu menahan beban tinggi	Rp350.000
Plywood	Material komposit berbasis kayu	Harga ekonomis dan mudah dikerjakan	Rentan terhadap kelembapan dan deformasi	Rp400.000

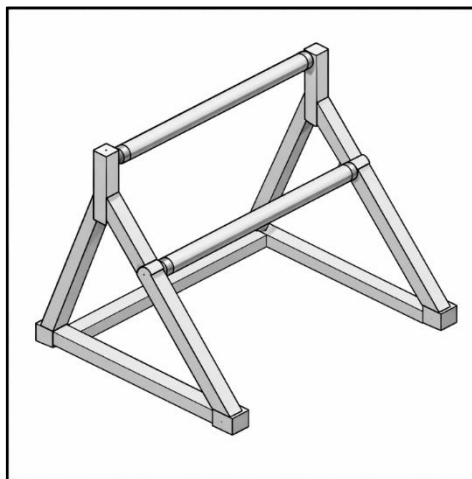
Komponen roller pada konsep pertama dirancang untuk menjaga kestabilan arah gulungan sehingga kain tetap berada pada posisi yang sejajar selama proses berlangsung. Desain roller ditunjukkan pada Gambar 3, sedangkan hasil analisis material roller disajikan pada Tabel 3. Evaluasi menunjukkan bahwa material *stainless steel* memberikan performa terbaik karena memiliki kekuatan mekanik yang tinggi, tahan terhadap korosi, dan mampu mempertahankan kestabilan putaran ketika digunakan secara kontinu. Karakteristik tersebut penting mengingat kualitas hasil sublimation printing sangat dipengaruhi oleh penanganan pascaproduksi yang mampu meminimalkan gesekan dan deformasi pada permukaan kain (Toshikj & Prangoski, 2023). Integrasi antara rangka dan roller menghasilkan rancangan utuh sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 4, yang menunjukkan bahwa operator dapat melakukan penggulangan tanpa perlu memindahkan kain ke mesin roll terpisah. Meskipun konsep pertama berhasil menyederhanakan aliran material, konfigurasi rangka masih menyisakan ruang pengembangan terutama pada aspek fleksibilitas penggunaan dan integrasi dengan aktivitas *quality control*.



Gambar 3. Roller Konsep 1

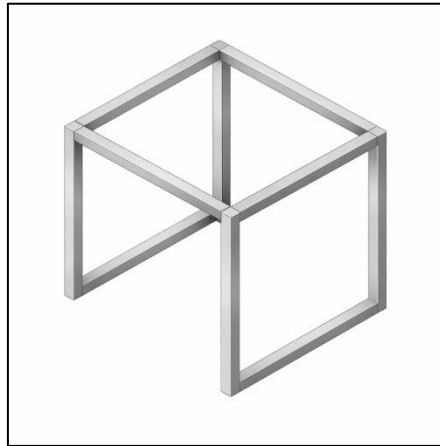
Tabel 3. Analisis Material Roller Konsep 1

Jenis Material	Karakteristik	Kelebihan	Kekurangan	Estimasi Harga
Stainless Steel	Kuat, tahan korosi, presisi tinggi	Umur pakai panjang dan putaran stabil	Harga relatif lebih tinggi	Rp150.000
Polimer	Ringan dan fleksibel	Biaya rendah dan mudah diproduksi	Mudah mengalami deformasi	Rp60.000
Plywood	Mudah dibentuk	Biaya ekonomis	Ketahanan aus rendah	Rp100.000



Gambar 4. Konsep 1 Rancangan Alat Bantu Penggulungan Kain

Alternatif kedua dikembangkan menggunakan rangka berbentuk persegi dengan dimensi $2\text{ m} \times 2\text{ m} \times 2\text{ m}$ yang dirancang untuk meningkatkan stabilitas struktur sekaligus memberikan ruang kerja yang lebih luas bagi operator. Bentuk rangka konsep kedua diperlihatkan pada Gambar 5, sedangkan hasil analisis material disajikan pada Tabel 4. Dibandingkan konsep pertama, konfigurasi ini memungkinkan proses *quality control* dilakukan secara bersamaan dengan penggulungan sehingga jumlah aktivitas pemindahan material dapat dikurangi. Penggunaan baja ringan tipe C75 dipilih sebagai alternatif utama karena memberikan keseimbangan antara kekuatan struktur, kemudahan fabrikasi, dan umur pakai yang lebih baik dibandingkan material lainnya. Penelitian mengenai perancangan tata letak fasilitas pada industri percetakan menunjukkan bahwa integrasi beberapa aktivitas produksi dalam satu stasiun kerja mampu meningkatkan kelancaran aliran material sekaligus mengurangi waktu tunggu antarproses (Julianti et al., 2025). Karakteristik tersebut menjadikan konsep kedua lebih sesuai dengan kebutuhan operasional perusahaan yang menghadapi peningkatan kapasitas produksi secara berkelanjutan.

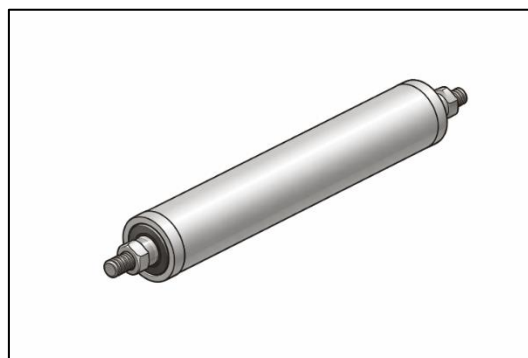


Gambar 5. Rangka Konsep 2

Tabel 4. Analisis Material Rangka Konsep 2

Jenis Material	Karakteristik	Kelebihan	Kekurangan	Estimasi Harga
Baja ringan C75	Kuat, stabil, tahan deformasi	Kapasitas beban tinggi dan umur pakai panjang	Investasi awal lebih besar	Rp750.000
Polimer	Ringan	Mudah dipindahkan	Kekuatan terbatas	Rp550.000
Plywood	Mudah dibentuk	Biaya relatif ekonomis	Ketahanan terhadap kelembapan rendah	Rp700.000

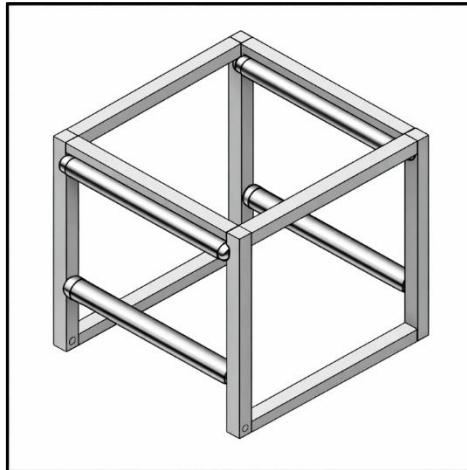
Evaluasi terhadap komponen roller pada konsep kedua menunjukkan bahwa konfigurasi yang digunakan memiliki fungsi yang sama dengan konsep pertama, namun dirancang agar lebih mudah diintegrasikan dengan rangka utama dan area inspeksi kualitas. Bentuk roller ditunjukkan pada Gambar 6, sedangkan hasil analisis material disajikan pada Tabel 5. Material *stainless steel* kembali dipilih sebagai alternatif paling sesuai karena memberikan kestabilan putaran yang lebih baik serta meminimalkan potensi deformasi ketika digunakan pada beban kerja yang tinggi. Integrasi antara rangka persegi dan roller menghasilkan rancangan akhir sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 8, yang memungkinkan proses penggulungan dan pemeriksaan kualitas dilakukan dalam satu area kerja tanpa menambah aktivitas perpindahan material. Pendekatan ini sejalan dengan prinsip rekayasa manufaktur modern yang menekankan penyederhanaan aliran proses melalui integrasi fungsi antarstasiun kerja sehingga produktivitas dapat ditingkatkan tanpa menambah kompleksitas sistem (Setiawan et al., 2025). Dibandingkan konsep pertama, rancangan kedua memberikan fleksibilitas yang lebih baik terhadap variasi ukuran kain sekaligus meningkatkan kenyamanan operator selama proses penggulungan berlangsung.



Gambar 6. Roller Konsep 2

Tabel 5. Analisis Material Roller Konsep 2

Jenis Material	Karakteristik	Kelebihan	Kekurangan	Estimasi Harga
Stainless Steel	Kuat, tahan korosi	Putaran stabil dan umur pakai panjang	Harga relatif tinggi	Rp150.000
Polimer	Ringan	Mudah diproduksi	Kurang stabil pada beban tinggi	Rp60.000
Plywood	Mudah dibentuk	Biaya rendah	Ketahanan aus rendah	Rp100.000



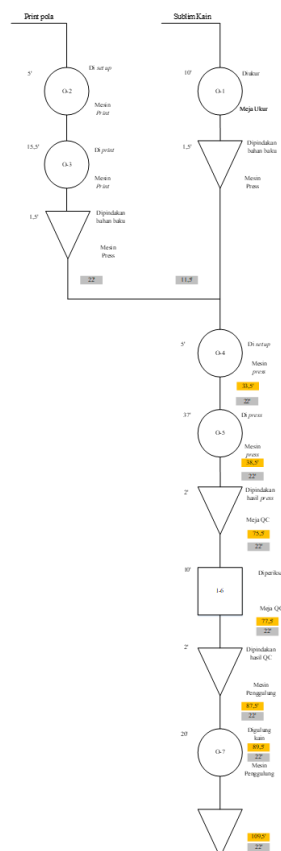
Gambar 7. Konsep 2 Rancangan Alat Bantu Penggulungan Kain

Proses evaluasi menunjukkan bahwa kedua alternatif rancangan mampu memenuhi kebutuhan fungsional proses penggulungan kain, namun masing-masing memiliki karakteristik yang berbeda dari sisi implementasi. Konsep pertama menawarkan konstruksi yang lebih sederhana dengan kebutuhan material yang relatif lebih sedikit sehingga sesuai untuk proses fabrikasi yang cepat, sedangkan konsep kedua memberikan stabilitas struktur yang lebih baik serta memungkinkan integrasi aktivitas *quality control* dengan proses penggulungan dalam satu stasiun kerja. Pertimbangan tersebut menunjukkan bahwa keputusan pemilihan rancangan tidak hanya didasarkan pada aspek teknis, tetapi juga memperhatikan efisiensi aliran material, kemudahan manufaktur, dan kesesuaian dengan kondisi operasional perusahaan sebagaimana ditekankan dalam pendekatan *Design for Manufacture and Assembly* (Ginting, 2023). Hasil analisis ini memperlihatkan bahwa konsep kedua memiliki tingkat kelayakan implementasi yang lebih tinggi karena mampu mendukung penyederhanaan alur produksi sekaligus mengurangi aktivitas pemindahan material yang tidak memberikan nilai tambah. Temuan tersebut juga konsisten dengan penelitian Widodo et al. (2022), yang menunjukkan bahwa rancangan alat bantu yang disesuaikan dengan karakteristik proses kerja mampu meningkatkan efektivitas operasional sekaligus memperbaiki kondisi kerja operator. Berdasarkan hasil evaluasi tersebut, konsep kedua dipilih sebagai rancangan yang diimplementasikan pada tahap berikutnya untuk mengukur dampaknya terhadap efisiensi waktu proses penggulungan kain dan peningkatan produktivitas sistem produksi.

Evaluasi Efisiensi Produksi Berdasarkan *Work Design and Measurement*

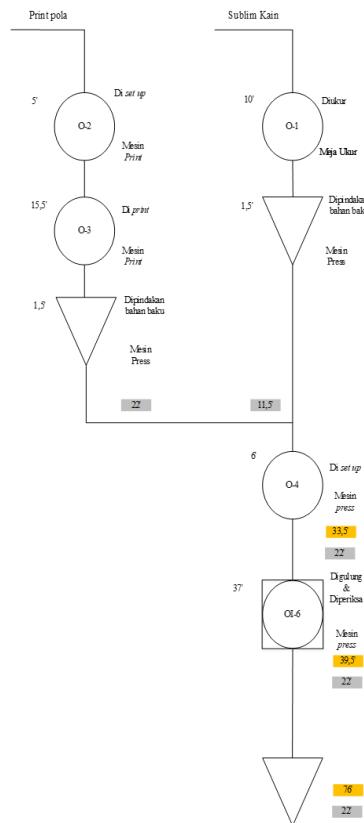
Implementasi konsep alat bantu yang telah dipilih pada tahap sebelumnya dievaluasi menggunakan domain *Work Design and Measurement* dalam kerangka *Industrial and Systems Engineering Body of Knowledge* (ISE BoK) untuk mengukur dampaknya terhadap efisiensi proses produksi. Evaluasi difokuskan pada perubahan urutan aktivitas kerja, pengurangan waktu proses, serta penyederhanaan aktivitas *material handling* setelah alat bantu diterapkan pada lini pascaproduksi. Pendekatan ini menempatkan pengukuran kerja sebagai dasar dalam menilai efektivitas suatu inovasi karena peningkatan produktivitas tidak hanya ditentukan oleh performa peralatan, tetapi juga oleh kemampuan sistem dalam menghilangkan aktivitas yang tidak bernilai tambah (Aft et al., 2021).

Kondisi awal menunjukkan bahwa proses penggulungan kain masih dilakukan menggunakan mesin roll yang terpisah dari mesin press sehingga operator harus memindahkan kain hasil sublimasi menuju area penggulungan sebelum proses berikutnya dapat dilakukan. Aktivitas pemindahan tersebut menyebabkan bertambahnya waktu tunggu dan meningkatkan potensi terjadinya lipatan maupun gesekan pada permukaan kain selama proses penanganan material. Alur proses sebelum implementasi alat bantu diperlihatkan pada Gambar 8, yang menunjukkan bahwa beberapa aktivitas transportasi masih mendominasi rangkaian proses produksi. Hasil pengukuran memperlihatkan bahwa total waktu proses mencapai 109,5 menit untuk menghasilkan satu roll kain, sedangkan waktu produk (*lead time*) sebesar 22 menit. Proporsi waktu terbesar masih berasal dari aktivitas perpindahan material yang tidak memberikan nilai tambah terhadap produk. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa efisiensi sistem produksi belum optimal karena sebagian besar waktu kerja masih digunakan untuk aktivitas pendukung, bukan aktivitas produksi utama. Fenomena ini sejalan dengan temuan Hanggara (2024) yang menyatakan bahwa aktivitas *material handling* yang berlebihan menjadi salah satu penyebab utama rendahnya efisiensi operasional pada sistem produksi.



Implementasi alat bantu menghasilkan perubahan pada aliran proses karena penggulungan kain dilakukan secara langsung pada area keluaran mesin press tanpa memerlukan perpindahan menuju mesin roll yang terpisah. Integrasi tersebut memungkinkan proses *quality control* dilakukan bersamaan dengan aktivitas penggulungan sehingga beberapa tahapan kerja yang sebelumnya berlangsung secara berurutan berubah menjadi aktivitas yang berjalan secara simultan. Perubahan tersebut ditunjukkan pada Gambar 9, yang memperlihatkan berkurangnya jumlah aktivitas transportasi dibandingkan kondisi

awal. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa waktu proses menurun menjadi 76 menit untuk setiap satu roll kain, sedangkan waktu produk tetap sebesar 22 menit karena tidak terjadi perubahan pada durasi proses utama sublimasi. Penurunan waktu proses tersebut menunjukkan bahwa efisiensi diperoleh melalui penyederhanaan sistem kerja, bukan melalui peningkatan kapasitas mesin produksi. Karakteristik ini menunjukkan bahwa integrasi aktivitas dalam satu stasiun kerja mampu mengurangi pemborosan proses sebagaimana dijelaskan pada penerapan metode 5S dalam peningkatan efisiensi operasional (Suroso & Pradana, 2024).



Gambar 9. Operation Process Chart (OPC) Setelah Implementasi Alat Bantu

Perubahan kinerja produksi dapat diamati lebih jelas melalui perbandingan indikator waktu proses sebelum dan sesudah implementasi alat bantu sebagaimana disajikan pada Tabel 7. Data tersebut menunjukkan bahwa waktu proses berkurang sebesar 33,5 menit, yang setara dengan peningkatan efisiensi sekitar 30% dibandingkan kondisi awal. Pengurangan waktu tersebut terutama dihasilkan oleh eliminasi aktivitas pemindahan material dan penyatuan proses penggulungan dengan *quality control* dalam satu area kerja. Efisiensi yang diperoleh menunjukkan bahwa pendekatan berbasis rekayasa sistem mampu memberikan dampak yang lebih signifikan dibandingkan perbaikan yang hanya berfokus pada peningkatan kapasitas produksi. Perubahan ini juga mengurangi potensi terjadinya antrean pekerjaan pada stasiun pascaproduksi sehingga aliran material menjadi lebih lancar. Hasil tersebut memperlihatkan bahwa inovasi sederhana pada sistem kerja dapat memberikan peningkatan performa operasional yang cukup berarti tanpa memerlukan investasi pada mesin produksi utama.

Tabel 7. Perbandingan Waktu Produksi Sebelum dan Sesudah Implementasi Alat Bantu

Indikator	Sebelum	Sesudah	Perubahan
Waktu Produk (<i>Lead Time</i>)	22 menit	22 menit	Tetap
Waktu Proses Produksi	109,5 menit	76 menit	Berkurang 33,5 menit
Efisiensi Waktu Proses	—	30%	Meningkat

Implementasi alat bantu tidak hanya memberikan dampak terhadap efisiensi waktu, tetapi juga memperbaiki kondisi kerja operator selama proses penggulungan kain. Berdasarkan hasil observasi dan wawancara, operator tidak lagi melakukan aktivitas mengangkat serta memindahkan roll kain secara berulang sehingga beban kerja fisik menjadi lebih ringan dibandingkan kondisi sebelumnya. Perubahan tersebut menunjukkan bahwa rancangan alat bantu mampu mengurangi aktivitas manual yang berpotensi menimbulkan kelelahan maupun gangguan muskuloskeletal pada pekerjaan dengan intensitas *material handling* yang tinggi (Sakti & Khairunniza, 2025). Operator juga menyampaikan bahwa proses penggulungan menjadi lebih stabil karena kain dapat diarahkan secara langsung menuju roller tanpa mengalami perubahan posisi yang berlebihan selama proses berlangsung. Temuan tersebut memiliki kesamaan dengan penelitian Tarunokusumo et al. (2022), yang menunjukkan bahwa penerapan alat bantu ergonomis mampu meningkatkan produktivitas sekaligus memperbaiki kenyamanan kerja operator pada lingkungan manufaktur. Perbaikan kondisi kerja ini menunjukkan bahwa keberhasilan implementasi inovasi tidak hanya diukur melalui peningkatan produktivitas, tetapi juga melalui peningkatan kualitas sistem kerja secara menyeluruh.

Efisiensi waktu sebesar sekitar 30% menunjukkan bahwa implementasi *Industrial and Systems Engineering Body of Knowledge* mampu menghasilkan perbaikan sistem produksi yang terukur melalui integrasi antara *System Design and Engineering*, *Design and Manufacturing Engineering*, serta *Work Design and Measurement*. Hasil tersebut memperlihatkan bahwa peningkatan produktivitas diperoleh melalui penyederhanaan aliran proses, pengurangan aktivitas yang tidak bernilai tambah, dan optimalisasi penanganan material pada tahap pascaproduksi. Temuan ini memiliki kesamaan dengan penelitian Mauluddin et al. (2025), yang menunjukkan bahwa penerapan alat bantu kerja mampu meningkatkan kapasitas produksi melalui penyempurnaan sistem kerja dibandingkan penambahan sumber daya manusia. Penelitian Yamin et al. (2025) juga menegaskan bahwa peningkatan kinerja sistem produksi tidak hanya dipengaruhi oleh efektivitas mesin utama, tetapi juga oleh optimalisasi proses pendukung yang membentuk keseluruhan aliran produksi. Dari perspektif rekayasa industri, hasil penelitian ini memperlihatkan bahwa penerapan ISE BoK mampu menghasilkan inovasi yang memiliki kelayakan teknis, efisiensi operasional, dan keberlanjutan implementasi pada industri digital printing. Temuan tersebut memperkuat relevansi pendekatan rekayasa sistem sebagai strategi peningkatan produktivitas bagi perusahaan manufaktur yang menghadapi peningkatan kapasitas produksi secara berkelanjutan.

Implikasi Implementasi *Industrial and Systems Engineering Body of Knowledge* terhadap Sistem Produksi

Implementasi *Industrial and Systems Engineering Body of Knowledge* (ISE BoK) pada penelitian ini menunjukkan bahwa penyelesaian permasalahan operasional tidak hanya bergantung pada pengembangan alat bantu, tetapi juga pada kemampuan mengintegrasikan berbagai domain pengetahuan ke dalam satu kerangka rekayasa sistem. Analisis yang diawali melalui domain *System Design and Engineering* berhasil mengidentifikasi keterkaitan antara peningkatan volume produksi, keterbatasan aktivitas *material handling*, serta munculnya hambatan pada proses pascaproduksi sehingga keputusan perancangan dapat dilakukan secara lebih terarah. Pendekatan tersebut memperlihatkan bahwa efektivitas suatu solusi sangat dipengaruhi oleh kemampuan memahami hubungan antarvariabel dalam sistem produksi, bukan hanya memperbaiki gejala yang muncul pada satu stasiun kerja. Perspektif tersebut selaras dengan konsep integrasi *systems engineering* dan *industrial engineering* yang menempatkan optimasi sistem sebagai tujuan utama dalam meningkatkan kinerja organisasi manufaktur (Parnell et al., 2022). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kerangka ISE BoK mampu menjadi pedoman sistematis dalam menghubungkan tahapan identifikasi masalah, pengembangan solusi, hingga evaluasi kinerja dalam satu proses rekayasa yang berkesinambungan. Karakteristik tersebut memperlihatkan bahwa penerapan ISE BoK memiliki relevansi yang tinggi terhadap perusahaan digital printing yang menghadapi peningkatan kapasitas produksi dan kompleksitas proses operasional.

Implementasi domain *Design and Manufacturing Engineering* memberikan kontribusi terhadap pengembangan alat bantu yang tidak hanya memenuhi kebutuhan teknis, tetapi juga mempertimbangkan kemudahan fabrikasi, efisiensi biaya, dan kemampuan implementasi sesuai kondisi perusahaan. Pemilihan material, konfigurasi struktur, dan penyederhanaan proses perakitan dilakukan berdasarkan prinsip *Design for Manufacture and Assembly* sehingga rancangan yang dihasilkan dapat

diproduksi menggunakan sumber daya yang tersedia di perusahaan tanpa memerlukan investasi teknologi yang tinggi (Ginting, 2023). Pendekatan tersebut memperlihatkan bahwa kualitas suatu inovasi tidak hanya ditentukan oleh performa teknis, tetapi juga oleh tingkat kemudahan dalam proses manufaktur dan implementasinya pada lingkungan kerja nyata. Pola pengembangan seperti ini mendukung kebutuhan industri digital printing yang memerlukan inovasi dengan biaya investasi yang relatif terkendali namun tetap mampu meningkatkan produktivitas. Penelitian mengenai implementasi sistem produksi dan pemesanan berbasis digital pada industri konveksi juga menunjukkan bahwa peningkatan daya saing perusahaan lebih mudah dicapai apabila inovasi proses berjalan seiring dengan penyempurnaan sistem operasional (Anggara et al., 2026). Hubungan tersebut menunjukkan bahwa inovasi proses dan inovasi teknologi merupakan dua komponen yang saling mendukung dalam meningkatkan performa sistem produksi.

Keberhasilan implementasi ISE BoK pada penelitian ini dapat dipahami melalui kontribusi masing-masing domain terhadap sistem produksi sebagaimana dirangkum pada Tabel 8. Ringkasan tersebut memperlihatkan bahwa setiap domain memberikan fungsi yang berbeda, namun saling melengkapi mulai dari identifikasi akar masalah hingga evaluasi hasil implementasi. Integrasi tersebut menghasilkan pendekatan rekayasa yang lebih komprehensif dibandingkan penerapan metode perbaikan yang hanya berorientasi pada satu aspek operasional. Pendekatan sistematis ini memungkinkan perusahaan memperoleh solusi yang tidak hanya meningkatkan efisiensi waktu, tetapi juga memperbaiki kualitas sistem kerja secara keseluruhan. Hubungan antardomain tersebut menunjukkan bahwa peningkatan produktivitas merupakan hasil dari integrasi proses analisis, perancangan, implementasi, dan evaluasi yang dilakukan secara berurutan. Karakteristik tersebut memperkuat posisi ISE BoK sebagai kerangka rekayasa yang mampu menjawab kebutuhan pengembangan sistem produksi pada industri manufaktur modern.

Tabel 8. Implikasi Implementasi Domain *Industrial and Systems Engineering Body of Knowledge* terhadap Sistem Produksi Brightplus Indonesia

Domain ISE BoK	Implementasi pada Penelitian	Implikasi terhadap Sistem Produksi
<i>System Design and Engineering</i>	Identifikasi akar permasalahan menggunakan <i>influence diagram</i>	Hubungan sebab-akibat antarproses dapat dipetakan sehingga penentuan solusi menjadi lebih sistematis.
<i>Design and Manufacturing Engineering</i>	Pengembangan alternatif konsep alat bantu, analisis material, dan evaluasi kemudahan fabrikasi	Menghasilkan rancangan yang layak diproduksi, sesuai kebutuhan operasional, dan ekonomis.
<i>Work Design and Measurement</i>	Pengukuran waktu proses sebelum dan sesudah implementasi	Waktu proses berkurang dari 109,5 menit menjadi 76 menit dengan peningkatan efisiensi sekitar 30%.
Pertimbangan Ergonomi	Integrasi alat bantu dengan aktivitas operator	Mengurangi aktivitas pengangkatan manual serta meningkatkan kenyamanan dan keselamatan kerja.
<i>Continuous Improvement</i>	Evaluasi hasil implementasi sebagai dasar pengembangan berikutnya	Menjadi acuan perbaikan berkelanjutan terhadap sistem produksi perusahaan.

Tabel 8 menunjukkan bahwa peningkatan efisiensi yang dicapai tidak hanya berasal dari perubahan rancangan alat bantu, tetapi juga dari keterpaduan seluruh tahapan rekayasa yang membentuk sistem produksi. Integrasi antara analisis sistem, pengembangan desain, pengukuran kerja, dan evaluasi implementasi menghasilkan perbaikan yang berdampak langsung terhadap kelancaran aliran material dan efektivitas proses produksi. Pendekatan tersebut memperlihatkan bahwa pengembangan sistem kerja memberikan manfaat yang lebih luas dibandingkan intervensi yang hanya berfokus pada peningkatan kapasitas mesin atau penambahan tenaga kerja. Hasil ini juga menunjukkan bahwa perusahaan memperoleh manfaat dalam bentuk peningkatan produktivitas sekaligus penyederhanaan aktivitas operasional yang sebelumnya masih didominasi pekerjaan manual. Implementasi yang dilakukan membuktikan bahwa pendekatan berbasis rekayasa sistem mampu menghasilkan solusi yang aplikatif pada industri manufaktur berskala menengah dengan keterbatasan

sumber daya. Temuan tersebut memperlihatkan bahwa keberhasilan inovasi lebih dipengaruhi oleh kualitas integrasi sistem dibandingkan optimalisasi pada satu komponen produksi secara terpisah.

Implikasi praktis dari penelitian ini menunjukkan bahwa perusahaan konveksi dan digital printing dapat menerapkan kerangka ISE BoK sebagai acuan dalam menyelesaikan berbagai permasalahan operasional yang berkaitan dengan produktivitas, ergonomi, maupun efisiensi aliran material. Pendekatan tersebut memungkinkan perusahaan melakukan inovasi secara bertahap sesuai kemampuan finansial tanpa harus bergantung pada investasi otomatisasi berskala besar. Hasil penelitian juga memberikan alternatif metodologis melalui kombinasi analisis sistem, pengembangan konsep desain, evaluasi manufaktur, dan pengukuran kerja dalam satu alur rekayasa yang terintegrasi. Pendekatan tersebut memiliki potensi untuk diterapkan pada berbagai aktivitas *material handling* di industri manufaktur yang masih didominasi proses manual. Penelitian mengenai implementasi sistem digital pada industri digital printing menunjukkan bahwa peningkatan efektivitas operasional dapat dicapai melalui integrasi antara teknologi, sumber daya manusia, dan penyempurnaan proses kerja secara berkelanjutan (Al & Azhar, 2026). Kesamaan tersebut menunjukkan bahwa peningkatan produktivitas memerlukan sinergi antara inovasi teknologi dan inovasi sistem kerja agar manfaat implementasi dapat dipertahankan dalam jangka panjang.

Kontribusi akademik penelitian ini terletak pada pembuktian empiris bahwa implementasi *Industrial and Systems Engineering Body of Knowledge* mampu diterapkan secara efektif pada industri digital printing dalam konteks pengembangan alat bantu kerja dan peningkatan efisiensi proses produksi. Integrasi antara domain *System Design and Engineering*, *Design and Manufacturing Engineering*, serta *Work Design and Measurement* menghasilkan pendekatan rekayasa yang mampu menjawab kebutuhan operasional secara lebih komprehensif dibandingkan penggunaan satu metode secara terpisah. Temuan penelitian ini memperluas bukti empiris mengenai penerapan ISE BoK pada industri konveksi dan digital printing yang masih relatif terbatas dalam literatur teknik industri. Hasil tersebut juga membuka peluang pengembangan penelitian lanjutan melalui integrasi ISE BoK dengan teknologi manufaktur digital, sistem pemantauan berbasis sensor, maupun pendekatan *smart manufacturing* untuk mendukung proses pengambilan keputusan secara real-time. Pendekatan tersebut diharapkan mampu meningkatkan adaptabilitas sistem produksi terhadap perubahan permintaan pasar sekaligus memperkuat daya saing industri manufaktur pada era transformasi digital. Integrasi kerangka rekayasa sistem dengan inovasi teknologi menjadi arah pengembangan yang relevan untuk mewujudkan sistem produksi yang lebih produktif, fleksibel, dan berkelanjutan.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa implementasi *Industrial and Systems Engineering Body of Knowledge* (ISE BoK) mampu memberikan pendekatan yang sistematis dalam menyelesaikan permasalahan operasional pada proses penggulungan kain hasil sublimation printing di PT Kreasi Permata Sinergi melalui unit usahanya Brightplus Indonesia. Permasalahan utama yang dihadapi perusahaan berasal dari ketidakseimbangan antara peningkatan volume produksi jersey dengan kapasitas proses pascaproduksi yang masih didominasi aktivitas *material handling* secara manual. Penerapan domain *System Design and Engineering* berhasil mengidentifikasi akar permasalahan melalui *influence diagram*, sedangkan domain *Design and Manufacturing Engineering* menghasilkan rancangan alat bantu yang sesuai dengan kebutuhan operasional perusahaan melalui pertimbangan aspek fungsi, kemudahan fabrikasi, pemilihan material, dan efisiensi biaya. Material logam dipilih sebagai komponen utama rangka dan roller karena memiliki kekuatan struktur yang tinggi, tahan terhadap korosi, serta mampu memberikan stabilitas selama proses penggulungan kain berlangsung. Implementasi rancangan tersebut menghasilkan penyederhanaan aliran proses sehingga aktivitas pemindahan material dapat dikurangi tanpa mengubah karakteristik utama proses produksi. Hasil pengukuran menggunakan *Operation Process Chart* menunjukkan bahwa waktu proses berkurang dari 109,5 menit menjadi 76 menit untuk setiap satu roll kain atau meningkat efisiensinya sekitar 30%, disertai penurunan beban kerja fisik operator karena proses penggulungan dan *quality control* dapat dilakukan dalam satu stasiun kerja. Temuan tersebut membuktikan bahwa penerapan ISE BoK tidak hanya meningkatkan produktivitas operasional, tetapi juga memberikan perbaikan terhadap aspek ergonomi, keselamatan kerja, dan efektivitas sistem produksi secara keseluruhan.

Hasil penelitian memperlihatkan bahwa integrasi antara domain *System Design and Engineering*, *Design and Manufacturing Engineering*, serta *Work Design and Measurement* mampu

menghasilkan solusi yang lebih komprehensif dibandingkan pendekatan yang hanya berfokus pada satu aspek teknis. Pendekatan tersebut memberikan kontribusi praktis bagi perusahaan digital printing dalam mengembangkan inovasi proses yang dapat diimplementasikan sesuai dengan kemampuan manufaktur dan kondisi operasional yang dimiliki. Brightplus Indonesia disarankan untuk mengimplementasikan alat bantu yang telah dirancang secara berkelanjutan serta melakukan evaluasi berkala terhadap performa struktur, ketahanan material, dan aspek keselamatan kerja guna memastikan efektivitasnya dalam penggunaan jangka panjang. Pengembangan fitur tambahan, seperti mekanisme pengunci, pengaturan kecepatan putaran roller, atau integrasi dengan sistem pemantauan digital, dapat menjadi alternatif untuk meningkatkan performa alat bantu pada masa mendatang. Penelitian selanjutnya juga disarankan melakukan analisis kekuatan struktur menggunakan pendekatan numerik maupun simulasi, seperti *Finite Element Analysis* (FEA), sehingga faktor keamanan dan kapasitas beban maksimum dapat dievaluasi secara lebih akurat sebelum diterapkan pada skala produksi yang lebih luas. Pengujian pada berbagai jenis material kain, kapasitas produksi, dan karakteristik tata letak fasilitas juga diperlukan untuk menguji tingkat adaptabilitas rancangan pada lingkungan industri yang berbeda. Pengembangan tersebut diharapkan dapat memperluas penerapan ISE BoK sebagai kerangka rekayasa sistem yang mampu mendukung peningkatan produktivitas, keberlanjutan operasional, dan daya saing industri manufaktur berbasis digital printing.

DAFTAR PUSTAKA

- Aft, L., Amaba, B., Berry, D., Brock, J., & Coleman, G. (2021). *Industrial and Systems Engineering Body of Knowledge 2021*. IISE.
- Al, A. L. H. A. K., & Azhar, R. M. (2026). Analisis Implementasi Aplikasi BIMA dan Dampaknya terhadap Pengembangan Sumber Daya Manusia di B21 Digital Printing. *Jurnal Nirta: Studi Inovasi*, 5(2), 369-383. <https://doi.org/10.61412/jnsi.v5i2.376>
- Anggara, A. I., Santoso, J. D., & Utama, H. (2026). Implementasi Sistem Manajemen Produksi Dan Pemesanan Pada Konveksi Sablon Cambena. Ink Berbasis Website. *Jurnal Multidisiplin Bhatara*, 3(1), 32-39. <https://doi.org/10.59095/jmb.v3i1.267>
- Aurachman, R. (2018). Perancangan Influence Diagram Perhitungan Dampak Dari Revolusi Industri 4.0 Terhadap Pengangguran Kerja. *Jurnal Teknologi dan Manajemen Industri*, 4(2), 7-12. <https://doi.org/10.36040/jtmi.v4i2.237>
- Ginting, R. (2023). *DFMA (Design for Manufacture and Assembly): Teori dan aplikasi*. USU Press.
- Hanggara, F. D. (2024). Warehouse Analysis Using 5s and ABC Classification Method on CV. Karya Jaya. *SUTEKIN: Jurnal Sains, Teknologi dan Industri*, 21(2), 245-253. <https://doi.org/10.24014/sitekin.v21i2.28982>
- Julianti, D., Fitra, F., Haikal, M., & Sitingjak, R. U. (2025). Facility Layout Redesign for an SME Printing Industry Using Systematic Layout Planning: A Case Study in Dumai. *Jurnal Teknik Industri: Jurnal Hasil Penelitian dan Karya Ilmiah dalam Bidang Teknik Industri*, 11(2), 187-199. <https://doi.org/10.24014/jti.v11i2.38058>
- Kumar, R. (2021). Dynamics of Sublimation Printing. *International Journal of Trend in Scientific Research and Development*, 5(6), 397–401. <https://www.ijtsrd.com/papers/ijtsrd46353.pdf>
- Mauluddin, Y., Hidayatullah, A. A., & Dara, P. (2025). Rancangan Alat Bantu pada Proses Produksi Tali Kur. *Jurnal Kalibrasi*, 23(1). <https://doi.org/10.33364/kalibrasi/v.23-1.1853>
- Parnell, G. S., Kenley, C. R., Specking, E., & Pohl, E. (2022). Systems Engineering and Industrial Engineering. *INCOSE International Symposium*, 32(1), 1010–1021. <https://doi.org/10.1002/iis2.12978>
- Rusandi, & Rusli, M. (2021). Merancang Penelitian Kualitatif Dasar/Deskriptif dan Studi Kasus. *Al-Ubudiyah: Jurnal Pendidikan dan Studi Islam*, 2(1), 48–60. <https://doi.org/10.55623/au.v2i1.18>
- Sakti, A. Y., & Khairunniza, L. D. E. (2025). Synergizing Ergo-Technology by Integrating Physical, Cognitive, and Organizational Ergonomics for Sustainable Work System Design in Industry 4.0. *Jurnal Sistem Teknik Industri*, 27(4), 295–307. <https://doi.org/10.32734/jsti.v27i4.21901>
- Setiawan, M. A., Rafika, A. S., Ikhsan, R. Z., Lutfiani, N., & Evans, R. (2025). Optimizing the Potential of 3D Printing for Industry from Prototype to Production. *ADIMAS: ADI Pengabdian Kepada Masyarakat*, 6(1), 26-37. <https://doi.org/10.34306/adimas.v6i1.1193>
- Suroso, O. V., & Pradana, B. I. (2024). Penerapan Metode 5S Sebagai Upaya Pengurangan Pemborosan. *Jurnal Kewirausahaan dan Inovasi*, 3(1), 142–152. <https://doi.org/10.21776/jki.2024.03.1.12>

- Tarunokusumo, H. I., Widodo, L., & Sukania, I. W. (2022). Peningkatan Produktivitas Kerja dengan Intervensi Ergonomi Melalui Penambahan Kapasitas Hanger dan Alat Bantu Kerja pada Stasiun Painting di PT. X. *Jurnal Mitra Teknik Industri*, 1(2), 201–214. <https://doi.org/10.24912/jmti.v1i2.21264>
- Toshikj, E., & Prangoski, B. (2023). Textile Sublimation Printing: Impact of Total Ink Limiting Level and Sublimation Transfer Paper on Black Print Quality. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 33(4), 366–374. <https://doi.org/10.32710/tekstilvekonfeksiyon.1145260>
- Vadillah, R., & Nelmira, W. (2025). Proses Sublimasi Printing pada Produksi Jersey di Konveksi Limo Sportwear Apparel Kota Padang. *EDUTECH*, 24(2), 1217–1223. <https://doi.org/10.17509/e.v24i2.84354>
- Widodo, L., Ariyanti, S., & Kurniawan, F. A. (2018). Perancangan Stasiun Kerja Ergonomis pada Stasiun Kerja Printing CV. Karyamitra Lestari. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 6(1). <https://doi.org/10.24912/jitiuntar.v6i1.3021>
- Widodo, L., Utama, D. W., & Pujianto, L. Y. (2022). Perancangan Alat Bantu Proses Penggulungan Kertas Roll pada UMKM Gracia Paper. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 10(2), 98–108. <https://doi.org/10.24912/jitiuntar.v10i2.18134>
- Yamin, I., Suharto, N. P., Satriaaji, T. B., Sinur, V. V. ., & Zulkarnain, Z. (2025). Analysis of Overall Equipment Effectiveness and Six Big Losses for Performance Improvement: Case Study of the Versant 3100i Printing Machine at CV XYZ. *Jurnal Sains Dan Aplikasi Keilmuan Teknik Industri (SAKTI)*, 5(02), 97–110. <https://doi.org/10.33479/sakti.v5i02.143>