

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan revolusi industri 4.0 telah mendorong industri manufaktur secara fundamental, terutama melalui digitalisasi proses produksi berbasis *Internet of Things* (IoT), *big data analytics*, dan *blockchain*. Transformasi ini tidak lagi bersifat opsional, melainkan menjadi prasyarat bagi perusahaan untuk bertahan dalam persaingan global yang semakin ketat. Di sektor tekstil dan produk tekstil (TPT), tekanan tersebut semakin kuat karena industri ini menghadapi kombinasi tantangan berupa persaingan harga internasional, tuntutan konsistensi kualitas yang tinggi, serta kebutuhan akan pelacakan produk yang transparan dari bahan baku hingga produk jadi. Kegagalan dalam memenuhi tuntutan tersebut berisiko menurunkan daya saing, meningkatkan klaim kualitas, dan memperbesar potensi pemborosan produksi. Sejumlah studi menunjukkan bahwa pemanfaatan teknologi *blockchain* dalam industri tekstil mampu meningkatkan keterlacakan (*traceability*) lintas tahapan produksi, sekaligus menekan risiko kesalahan data dan ketidaksesuaian proses yang sering menjadi sumber cacat produk (Ahmed & Maccarthy, 2021). Fenomena global ini juga mulai dirasakan oleh industri tekstil Indonesia, yang dituntut untuk bertransformasi menuju sistem produksi yang lebih digital, transparan, dan berorientasi pada kualitas.

Sejalan dengan dinamika global tersebut, industri tekstil dan produk tekstil (TPT) di Indonesia juga menghadapi tekanan serupa, meskipun sektor ini memiliki kontribusi signifikan terhadap perekonomian nasional. Namun, di tingkat

operasional, banyak perusahaan masih dibebani oleh permasalahan struktural, seperti penggunaan mesin berusia tua, tingkat efisiensi produksi yang rendah, serta keterbatasan penerapan sistem informasi produksi berbasis digital (Kementerian Perindustrian RI, 2024). Kondisi ini menyebabkan proses produksi sulit dipantau secara menyeluruh, memperlambat deteksi cacat, dan meningkatkan risiko pemborosan. Dalam situasi tersebut, perusahaan dituntut untuk beradaptasi dengan teknologi yang mampu menghadirkan transparansi, keterlacakan, dan integrasi data lintas proses guna meminimalkan cacat produksi sekaligus meningkatkan daya saing. Teknologi *blockchain* menawarkan potensi strategis karena setiap aktivitas dan parameter produksi dapat dicatat secara *immutable* dalam sebuah buku besar digital, sehingga memungkinkan pelacakan kualitas secara *real-time*, meningkatkan keandalan data, serta mengurangi risiko manipulasi maupun kesalahan input (Sekar et al., 2025). Lebih lanjut, integrasi *blockchain* dengan perangkat *Internet of Things* (IoT) terbukti mampu meningkatkan efektivitas inspeksi cacat melalui penyediaan data produksi yang akurat, kontinu, dan cepat, sehingga mendukung pengendalian kualitas berbasis data digital (Yousef et al., 2025).

Kebutuhan akan sistem produksi yang transparan dan terintegrasi tersebut secara langsung berkaitan dengan pendekatan manajemen operasional yang menekankan efisiensi dan kualitas, yaitu *Lean Manufacturing*. Seiring meningkatnya kompleksitas proses produksi dan tuntutan kualitas yang semakin tinggi, perusahaan tidak hanya dituntut menekan biaya, tetapi juga memastikan stabilitas proses dan pencegahan cacat sejak tahap awal produksi. *Lean Manufacturing* merupakan pendekatan sistematis yang berfokus pada pengurangan aktivitas tidak bernilai tambah (*waste elimination*), peningkatan nilai bagi pelanggan, serta penciptaan perbaikan berkelanjutan di seluruh aliran material dan informasi (Womack & Jones, 2003). Salah satu tujuan utama penerapan *lean* adalah menurunkan tingkat cacat melalui pengendalian aliran proses yang efisien dan responsif. Namun, efektivitas *lean* sangat bergantung pada

ketersediaan informasi yang cepat, akurat, dan *real-time*, terutama untuk mendukung deteksi dini penyimpangan proses. Dalam konteks ini, karakteristik *blockchain* berupa transparansi, keterlacakan (*traceability*), dan sifat data yang tidak dapat diubah (*immutability*) menjadikannya teknologi yang relevan untuk memperkuat penerapan *lean* (Sabeti et al., 2019). Penelitian oleh (Queiroz et al., 2021) menunjukkan bahwa keterlambatan informasi dalam sistem produksi dapat menyumbang waiting waste sebesar 15–20% serta meningkatkan rework hingga 12%, sehingga integrasi *blockchain* berpotensi mengurangi ketidakefisienan tersebut dengan mempercepat aliran informasi dan meningkatkan keandalan data proses.

Penelitian lain juga menegaskan bahwa *blockchain* memberi dampak langsung pada kualitas produksi. (Sabeti et al., 2019) menunjukkan bahwa *blockchain* dapat mempercepat identifikasi penyebab cacat melalui pelacakan digital di setiap tahapan proses. Sementara itu, (Agi & Jha, 2022) menemukan bahwa penerapan *blockchain* dapat mengurangi waktu verifikasi antar proses hingga 40% melalui otomatisasi pencocokan data. Contohnya, pada proses produksi berlapis seperti persiapan bahan, pengolahan, dan *finishing*, *blockchain* mampu memastikan konsistensi data kualitas secara *real-time*, sehingga deviasi terdeteksi dalam hitungan menit. Dengan demikian, integrasi *lean-blockchain* dianggap mampu meningkatkan stabilitas proses, mengurangi *waste*, dan menurunkan tingkat cacat, terutama di industri padat karya seperti tekstil dan karpet.

Meskipun berbagai upaya telah dilakukan, industri tekstil secara global masih mencatat tingkat cacat sebesar 3–6% dari total *output*, dengan bentuk cacat seperti ketidaksesuaian warna, material mudah robek, ketebalan tidak konsisten, hingga kontaminasi serat (Shrestha, 2021). Hal serupa ditemukan dalam studi *Zero-Defect Manufacturing* yang menegaskan bahwa sebagian besar cacat bersumber dari faktor manusia dan minimnya integrasi sistem digital (Xu et al., 2025). Ketergantungan pada pencatatan manual menyebabkan sulitnya melakukan *root cause analysis* serta memperlambat pengambilan keputusan. Lemahnya sistem informasi juga

menciptakan kesenjangan antara kebutuhan lean yang menuntut aliran informasi cepat dan akurat dengan kenyataan di lapangan.

Penerapan lean di banyak perusahaan belum mencapai efektivitas maksimal karena tidak ditopang oleh sistem informasi yang terintegrasi. (Dou et al., 2025) menunjukkan bahwa kurangnya interoperabilitas antar sistem dapat menurunkan kinerja operasional. Selain itu, rendahnya transparansi informasi antara pihak internal maupun eksternal perusahaan dapat menimbulkan risiko seperti manipulasi data kualitas atau ketidakpastian pasokan bahan baku (Agi & Jha, 2022). Dalam konteks ini, blockchain menjadi solusi potensial karena mampu menyediakan sistem pencatatan yang transparan, terdesentralisasi, dan tidak dapat dimodifikasi. Transparansi ini sangat penting untuk mencapai *zero defect* dalam era industri 4.0.

Tantangan serupa juga dialami oleh PT Classic Prima Carpet Industries. Perusahaan ini memproduksi karpet melalui proses berlapis, yaitu penyediaan benang, *tafting*, dan pelapisan *latex* bawah. Walaupun mengadopsi ISO dan prinsip *lean*, tingkat cacat produk masih tergolong tinggi. Berdasarkan laporan kinerja internal,

Table 1.1 Persentase Cacat Pada Perusahaan PT Classic Prima Carpet Industries

Tahap Produksi	Persentase Cacat	Jenis Cacat
Benang	40%	- Benang Putus - Sambungan berlebih - Ketidakesesuaian warna - Ketebalan tidak konsisten

<i>Tufting</i>	20%	- Kesalahan warna - Pola desain tidak sesuai
Pelapisan <i>Latex</i>	30%	- Permukaan tidak rata - Gelembung pada lapisan

Sumber: Data Internal Perusahaan (2024)

Berdasarkan data internal Perusahaan permasalahan ini menunjukkan adanya kendala mekanis, kesalahan operator (*human error*), serta lemahnya sistem pemantauan kualitas lintas departemen. Cacat yang tinggi menimbulkan kerugian finansial. Produk baru diperiksa setelah seluruh proses selesai melalui *post-production inspection*, sehingga cacat terlambat terdeteksi dan menyebabkan akumulasi produk *reject*. Kerugian perusahaan mencapai sekitar 4% dari nilai produksi bulanan. Walaupun produk cacat dapat dijual sebagai waste, perusahaan tetap mengalami *value loss* berupa hilangnya nilai tambah yang seharusnya diperoleh pada produk *premium*. Misalnya, karpet yang seharusnya dijual sebagai produk kelas A harus diturunkan menjadi *grade B*, sehingga margin keuntungan turun signifikan. Selain itu, pelacakan manual memperlambat koordinasi antar departemen dan menyulitkan identifikasi akar penyebab cacat.

Permasalahan tersebut menunjukkan bahwa penerapan *Lean Manufacturing* di perusahaan belum optimal karena belum didukung sistem informasi yang transparan dan terintegrasi. *Lean* sangat membutuhkan aliran informasi cepat, akurat, dan bebas distorsi, sementara *blockchain* menyediakan pencatatan data yang *immutable* dan dapat diverifikasi lintas proses. (Sabeti et al., 2019) menegaskan bahwa transparansi data ini dapat meningkatkan akurasi pengendalian kualitas. Dengan memadukan *blockchain* ke dalam alur produksi, setiap

tahapan seperti penggulungan benang, *tufting*, dan pelapisan *latex* dapat dipantau digital secara otomatis. Pada tahap benang, misalnya, data tegangan mesin dan konsistensi ketebalan dapat direkam secara otomatis dan disimpan dalam *ledger blockchain*, sehingga penyimpangan terdeteksi lebih cepat sebelum produk diproses lebih lanjut (Yousef et al., 2025). Pada tahap *tufting*, *blockchain* dapat mengidentifikasi kesalahan warna benang atau pola desain dengan mencocokkan data mesin terhadap spesifikasi desain digital, sehingga kesalahan dapat segera ditangani untuk mencegah *rework* (Queiroz et al., 2021).

Integrasi *blockchain* dengan perangkat *Internet of Things* (IoT) meningkatkan efektivitas pemantauan kualitas secara real-time di sepanjang lini produksi. Data yang dihasilkan oleh sensor IoT, seperti tegangan benang, suhu pemanasan, atau viskositas *latex*, dapat tercatat secara otomatis ke dalam sistem *blockchain* tanpa intervensi manusia, sehingga meningkatkan keandalan dan konsistensi data proses (Agi & Jha, 2022). Mekanisme pencatatan *real-time* ini memungkinkan sistem produksi mendeteksi penyimpangan proses sejak tahap awal, sebelum cacat berkembang menjadi produk *reject*, sehingga sejalan dengan prinsip lean dalam pencegahan *waste* dan *defect*. Selain itu, (Dou et al., 2025) menegaskan bahwa interoperabilitas yang didukung *blockchain* mempercepat pengambilan keputusan berbasis data dan meningkatkan kemampuan sistem produksi dalam merespons anomali secara cepat dan terkoordinasi. Dengan demikian, sinergi antara *Lean Manufacturing*, *blockchain*, dan IoT berpotensi menciptakan sistem produksi yang lebih stabil, responsif, dan minim cacat, sekaligus memperkuat daya saing perusahaan di era Industri 4.0.

Berbagai penelitian terdahulu telah membahas *Lean Manufacturing* maupun teknologi *blockchain*, namun sebagian besar masih mengkajinya secara terpisah. Penelitian oleh (Saberi et al., 2019), misalnya, lebih menekankan peran *blockchain* dalam meningkatkan transparansi dan keberlanjutan rantai pasok, tanpa mengkaji pemanfaatannya secara langsung pada pengendalian kualitas berbasis data di tingkat proses produksi. Sementara itu, (Agi & Jha,

2022) membahas peningkatan *traceability* dan keandalan data melalui *blockchain*, tetapi belum mengaitkannya dengan mekanisme *lean* di rantai produksi seperti aliran informasi *real-time*, *jidoka*, atau sistem peringatan dini (*andon*). Penelitian Dou et al. (2025) menyoroti interoperabilitas dan ketahanan sistem antar entitas, namun belum mengkaji bagaimana karakteristik tersebut dapat dimanfaatkan untuk memperkuat implementasi *lean* dalam pengendalian kualitas operasional. Kesenjangan penelitian ini semakin terlihat pada industri tekstil dan karpet yang memiliki proses produksi berlapis dan kompleks. Hingga saat ini, masih terbatas kajian yang mengintegrasikan *blockchain* sebagai sistem pencatatan parameter kritis setiap tahapan produksi secara *real-time* di lini produksi, khususnya untuk mendukung pemantauan kualitas, deteksi dini penyimpangan proses, dan pengambilan keputusan operasional yang lebih cepat.

Berdasarkan gap tersebut, penelitian ini mengembangkan model integratif *Lean Manufacturing*, IoT, dan *blockchain* untuk meningkatkan transparansi data, mempercepat deteksi cacat, serta memperkuat pengendalian kualitas *real-time* di lini produksi. Relevansi integrasi ketiga pendekatan ini semakin tinggi pada industri manufaktur padat karya seperti tekstil dan karpet, yang memiliki proses kompleks dan tingkat cacat signifikan pada tahap benang, *tufting*, serta *latex*. Berdasarkan kesenjangan tersebut, penelitian ini berupaya mengembangkan model integratif *Lean Manufacturing*, Iot, dan teknologi *blockchain* untuk mengatasi keterbatasan transparansi data serta keterlambatan deteksi cacat di lini produksi. Pendekatan ini tidak hanya berfokus pada efisiensi operasional, tetapi juga mendorong transformasi digital dalam sistem kontrol kualitas. Penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi teoretis melalui pengembangan konsep integrasi *lean-IoT-blockchain* untuk mencapai *zero defect production*, serta kontribusi praktis bagi perusahaan dalam mewujudkan sistem produksi yang lebih efisien, akuntabel, dan berkelanjutan di era industri 4.0.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang penelitian, permasalahan yang dirumuskan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kondisi penerapan *Lean Manufacturing* pada lini produksi PT Classic Prima Carpet Industries serta kendala yang dihadapi dalam pengendalian kualitas dan aliran informasi produksi?
2. Bagaimana peran integrasi teknologi *Internet of Things* (IoT) dan blockchain dalam memperkuat sistem pemantauan kualitas *real-time* pada lini produksi industri karpet?
3. Bagaimana model integratif *Lean Manufacturing*, IoT, dan *blockchain* dapat dirancang secara konseptual untuk mendukung pencegahan cacat dan peningkatan efektivitas pengendalian kualitas pada industri karpet?

1.3 Tujuan Penelitian

Sejalan dengan rumusan masalah tersebut, tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis kondisi penerapan *Lean Manufacturing* pada lini produksi PT Classic Prima Carpet Industries serta kendala yang dihadapi dalam pengendalian kualitas dan aliran informasi produksi.
2. Menganalisis peran integrasi teknologi *Internet of Things* (IoT) dan blockchain dalam memperkuat sistem pemantauan kualitas secara *real-time* pada lini produksi industri karpet.
3. Merancang model integratif *Lean Manufacturing*, IoT, dan *blockchain* secara konseptual untuk mendukung pencegahan cacat dan meningkatkan efektivitas pengendalian kualitas pada industri karpet.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat baik secara teoretis maupun praktis, sebagai berikut:

1. Manfaat Teoretis

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan keilmuan di bidang manajemen operasional dan sistem produksi, khususnya melalui:

1. Memperkaya kajian keilmuan di bidang manajemen operasional dan sistem produksi, khususnya terkait pengembangan konsep integrasi *Lean Manufacturing* dengan teknologi digital seperti *Internet of Things* (IoT) dan *blockchain*.
2. Memberikan kontribusi konseptual terhadap pengembangan teori *Lean Manufacturing* di era Industri 4.0, dengan menekankan peran sistem informasi *real-time*, transparansi data, dan keterlacakan proses sebagai penguat penerapan prinsip *lean* dalam pengendalian kualitas.
3. Mengisi kesenjangan penelitian (*research gap*) terkait minimnya studi yang mengintegrasikan *Lean Manufacturing*, IoT, dan *blockchain* secara simultan dalam konteks pemantauan kualitas *real-time* dan pencegahan cacat pada lini produksi industri tekstil dan karpet.
4. Menjadi referensi akademik bagi penelitian selanjutnya yang mengkaji pengendalian kualitas, digitalisasi proses produksi, dan pengembangan model *zero defect production* berbasis teknologi Industri 4.0.

2. Manfaat Praktis

Secara praktis, hasil penelitian ini diharapkan memberikan manfaat bagi berbagai pihak, antara lain:

1. Memberikan gambaran empiris kepada PT Classic Prima Carpet Industries mengenai kondisi penerapan *Lean Manufacturing*, termasuk kendala dalam pengendalian kualitas dan aliran informasi produksi di lini produksi.
2. Menyediakan rancangan model integratif *Lean Manufacturing*, IoT, dan *blockchain* yang dapat digunakan sebagai acuan dalam meningkatkan sistem pemantauan kualitas secara *real-time* pada tahapan produksi benang, *tufting*, dan pelapisan *latex*.
3. Membantu perusahaan dalam mempercepat deteksi cacat dan pengambilan keputusan operasional, sehingga dapat mengurangi produk cacat, menekan pemborosan, dan meminimalkan kerugian finansial akibat produk *reject* dan *value loss*.
4. Mendukung peningkatan transparansi dan akurasi data produksi lintas departemen, sehingga koordinasi internal menjadi lebih efektif dan implementasi *Lean Manufacturing* dapat berjalan lebih optimal.

Menjadi dasar pertimbangan bagi manajemen perusahaan manufaktur, khususnya industri tekstil dan karpet, dalam merencanakan strategi transformasi digital sistem pengendalian kualitas yang selaras dengan prinsip *Lean Manufacturing* dan tuntutan Industri 4.0.