

**Pengembangan dan implementasi sistem pemantauan
aktivitas produksi *weaving* berbasis *Cyber-Physical System* /
IoT**

***Development and implementation of a Cyber-Physical System
(CPS)/ IoT-Based monitoring system for weaving production
activities***

SKRIPSI

Oleh:

**Nama: Muhammad Mikail Zeiyan
NPM: 223030047**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS PASUNDAN
BANDUNG
2024**

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

N a m a : Muhammad Mikail Zeiyan

Nomor Pokok Mahasiswa : 223030047

Program Studi : Teknik Mesin FT UNPAS

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Dalam Skripsi yang saya kerjakan ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan/ditulis oleh orang lain untuk memperoleh gelar dari suatu perguruan tinggi,
2. Sepanjang pengetahuan saya, tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis dan diterbitkan oleh orang lain kecuali yang secara tertulis diacu/dikutip/disitasi dalam naskah ini dan disebutkan dalam referensi,
3. Naskah laporan skripsi yang ditulis bukan dilakukan secara *copy paste* dari karya orang lain dan mengganti beberapa kata yang tidak perlu.
4. Naskah laporan skripsi bukan hasil plagiarisme.

Apabila dikemudian hari terbukti bahwa pernyataan ini tidak benar maka saya sanggup menerima hukuman/sanksi apapun sesuai peraturan yang berlaku.

Bandung, 12 Desember 2024

Penulis,



Muhammad Mikail Zeiyan

SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini, sebagai sivitas akademik Universitas Pasundan, saya:

N a m a : Muhammad Mikail Zeiyan

NPM : 223030047

Program Studi : Teknik Mesin FT UNPAS

Jenis Karya : Skripsi

Menyatakan bahwa sebagai pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, saya menyetujui memberikan kepada Universitas Pasundan Hak Bebas Royalti Noneksklusif atas karya ilmiah saya yang berjudul:

Pengembangan dan implementasi sistem pemantauan aktivitas produksi *weaving berbasis Cyber-Physical System / IoT*.

Beserta perangkat yang ada (jika ada). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Pasundan berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pakalan data (database), merawat, dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Bandung, 12 Desember 2024

Yang menyatakan,



Muhammad Mikail Zeiyan

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Pengembangan dan implementasi sistem pemantauan aktivitas produksi *weaving* berbasis *Cyber-Physical System* / IoT



Nama: Muhammad Mikail Zeiyan
NPM: 223030047

Pembimbing Utama

Prof. Dr. Ir. Hery Sonawan, M.T.

Pembimbing Pendamping

Mohammad Reza Hermawan, S.T., M.T.

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Pengembangan dan implementasi sistem pemantauan aktivitas produksi *weaving* berbasis *Cyber-Physical System* / IoT



Nama: Muhammad Mikail Zeiyan
NPM: 223030047

Tanggal sidang skripsi:

02 November 2024

Ketua : Prof. Dr. Ir. Hery Sonawan, M.T.

Sekretaris : Mohammad Reza Hermawan, S.T., M.T.

Anggota : Dr. Ir. Endang Achdi, M.T.

Anggota : Dr. Ir. Gatot Santoso, M.T.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah Swt. karena dengan rahmatNya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengembangan dan implementasi sistem pemantauan aktivitas produksi *weaving* berbasis *Cyber-Physical System / IoT*”. Penulis berharap skripsi ini dapat menjadi manfaat baik bagi penulis dan juga pembaca skripsi ini di masa yang akan datang. Proses pengerjaan skripsi ini mendapat banyak dukungan dari berbagai pihak, banyak terima kasih ingin saya sampaikan kepada.

1. Keluarga Penulis yang selalu mendukung dan memberikan motivasi untuk penulis dalam setiap kegiatan yang dilakukan.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Hery Sonawan, M.T. selaku dosen pembimbing 1 penulis yang telah memberikan kesempatan besar dalam memberikan bimbingan dan menginspirasi penulis selama pengerjaan skripsi.
3. Bapak Mohammad Reza Hermawan, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing 2 penulis yang telah membimbing penulis tidak hanya di masa skripsi, namun juga semasa penulis berkuliah di Universitas Pasundan.
4. Jajaran PT. Tri Abadi Mitra Tekstil yang telah memberikan kesempatan pada penulis untuk melakukan skripsi di PT. Tri Abadi Mitra Tekstil.
5. Seluruh sivitas akademika Fakultas Teknik Universitas Pasundan yang telah memotivasi penulis ketika berada di kampus.
6. Serta pihak lain yang penulis tidak dapat cantumkan satu per satu.

Bandung, 12 Desember 2024
Penulis,



Muhammad Mikail Zeiyan

DAFTAR ISI

SURAT PERNYATAAN	I
SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	II
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	III
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	IV
KATA PENGANTAR.....	V
DAFTAR ISI	VI
DAFTAR TABEL	X
ABSTRAK.....	XI
ABSTRACT	XII
BAB I PENDAHULUAN	13
1. Latar Belakang	13
2. Rumusan Masalah	16
3. Tujuan.....	16
4. Manfaat.....	16
4.1. Manfaat Teoritis	16
4.2. Manfaat Praktis.....	16
5. Batasan Masalah.....	16
6. Sistematika Penulisan	17
BAB II STUDI LITERATUR.....	1
1. Mesin Tenun <i>Rapier</i>	1
2. Model Arsitektur CPS pada Manufaktur	8
3. <i>Industrial Internet of Things</i>	9
4. <i>Manufacturing Execution System</i>	10
5. <i>Web Service</i> dan <i>Cloud</i>	11
6. <i>Product Development Process</i>	13
7. Studi dan Produk Terdahulu	14
BAB III METODOLOGI	18
1. Tahapan Penelitian	18
1.1. Pendahuluan	18
1.2. <i>Concept Definition</i>	19
1.3. Penerapan Arsitektur.....	21
1.4. <i>In-House production testing</i>	32
1.5. <i>Detailed Design</i>	32

1.6. <i>Validation Testing</i>	32
1.7. Analisis	32
1.8. Penutup	32
2. Tempat Penelitian.....	33
3. Peralatan dan bahan yang digunakan.....	33
3.1. Persiapan alat dan bahan penunjang sistem <i>monitoring</i> arus	33
3.2. Persiapan alat dan bahan penunjang deteksi perubahan sinyal pada lampu	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	38
1. <i>In house production testing</i>	38
1.1. Persiapan alat dan bahan	39
1.2. Tahapan pembuatan prototipe <i>device</i> IoT	39
2. Detailed Design.....	42
3. <i>Validation Testing</i>	44
3.1. Validasi bacaan arus pada ESP32 dengan MT87	44
3.2. Percobaan pengiriman data melalui <i>Thingspeak (Cloud Server)</i>	46
3.3. Validasi bacaan perubahan status lampu pada <i>device</i> IoT	49
4. Analisis hasil <i>monitoring</i>	51
5. Pengembangan <i>Graphical User Interface</i>	59
6. Validasi fungsionalitas CPS yang dikembangkan.....	61
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	63
1. Kesimpulan	63
2. Saran.....	63
DAFTAR PUSTAKA	64
LAMPIRAN	68

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Batasan cakupan sistem	14
Gambar 2. Diagram fishbone permasalahan.....	15
Gambar 3. Mesin Tenun <i>Rapier</i>	1
Gambar 4. Struktur sederhana mesin tenun.....	2
Gambar 5. Rapier pembawa bersiap membawa benang pakan.....	2
Gambar 6. Rapier sudah membawa benang pakan	3
Gambar 7. Rapier sudah hampir bertemu dengan rapier penerima (receiver rapier).	3
Gambar 8. Rapier pembawa (carrier rapier) memberikan benang pakan.....	4
Gambar 9. Benang pakan siap diketek	4
Gambar 10. Terjadi pengetekan dan rapier kembali ke posisi semula.	4
Gambar 11. Faktor faktor penyebab mesin berhenti beroperasi.....	5
Gambar 12. Ilustrasi penjelasan benang lusi (<i>Warp Yarn</i>) dan benang pakan (<i>Weft Yarn</i>)	6
Gambar 13. Indikator lampu pada mesin tenun Picanol GTM-AS	7
Gambar 14. Skematik indikator lampu pada mesin tenun Picanol GTM-AS.....	7
Gambar 15. Arsitektur 5C pada CPS [8].....	8
Gambar 16. Web service workflow	12
Gambar 17. Proses pengembangan produk	13
Gambar 18. Grafik pencatatan aktivitas produksi berdasarkan logbook dan CPS	14
Gambar 19. Rancangan device IoT untuk sistem pemantauan aktivitas produksi [14]	15
Gambar 20. Penggunaan resistor beban pada sensor arus [15].....	16
Gambar 21. Penampilan data menggunakan <i>Thingspeak</i> [16]	16
Gambar 22. Produk Sistem Pemantauan Aktivitas Produksi CV Global Solution Mills	17
Gambar 23. Tahapan Penelitian.....	18
Gambar 24. Alur proses sistem pemantauan aktivitas produksi	19
Gambar 25. Arsitektur <i>to-be-system</i>	21
Gambar 26. Proses penerapan arsitektur model <i>to-be-system</i>	22
Gambar 27. Proses komunikasi data pada <i>Thingspeak</i>	31
Gambar 28. Lokasi Penelitian	33
Gambar 29. <i>Digital Clamp</i> MT87 dan Multimeter	34
Gambar 30. Proses percobaan tahap <i>In-House-Production Testing</i>	38
Gambar 31. Rangkaian percobaan sistem monitoring arus	40
Gambar 32. Prototipe <i>device</i> IoT berdasarkan rangkaian pengukuran monitoring arus mesin ..	40
Gambar 33. Pengukuran MT87 dan SCT013-000	41
Gambar 34. Rangkaian <i>device</i> deteksi perubahan sinyal lampu	41

Gambar 35 Prototipe <i>device</i> IoT berdasarkan rangkaian deteksi perubahan sinyal lampu	42
Gambar 36. Penyambungan kabel pada lampu.....	42
Gambar 37. Rangkaian <i>device</i> IoT yang akan digunakan	43
Gambar 38. <i>Device</i> IoT yang akan digunakan.....	43
Gambar 39. Setup pengujian validasi bacaan arus.....	44
Gambar 40. Regresi linear pada data bacaan MT87 dan SCT013	46
Gambar 41. Bacaan data arus melalui <i>Thingspeak</i>	46
Gambar 42. Frekuensi mesin dimatikan secara manual melalui <i>Thingspeak</i>	47
Gambar 43. Frekuensi benang pakan putus melalui <i>Thingspeak</i>	47
Gambar 44. Frekuensi benang lusi putus melalui <i>Thingspeak</i>	48
Gambar 45. Frekuensi emergency error melalui <i>Thingspeak</i>	48
Gambar 46. Setup pengujian validasi perubahan sinyal lampu	49
Gambar 47. Grafik pencatatan arus terhadap waktu	55
Gambar 48. Frekuensi lampu menyala terhadap waktu	56
Gambar 49. Perbandingan jumlah error berdasarkan monitoring arus dan status lampu.....	57
Gambar 50. Grafik durasi terjadinya error terhadap waktu.....	58
Gambar 51. Persentase produktivitas mesin.....	59
Gambar 52. Tampilan ketika mesin beroperasi	60
Gambar 53. Tampilan ketika mesin mengalami error karena benang pakan putus	60
Gambar 54. Tampilan ketika mesin mengalami error karena benang lusi putus	60

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Analisis Pemangku Kepentingan Permasalahan	14
Tabel 2. Kebutuhan perusahaan.....	20
Tabel 3. Kebutuhan fungsional.....	20
Tabel 4. Informasi pada mesin mengenai arus	23
Tabel 5. Informasi pada mesin mengenai lampu	23
Tabel 6. Diagram proses pencatatan data	24
Tabel 7. Spesifikasi opsi mikrokontroller	25
Tabel 8. Spesifikasi opsi sensor	26
Tabel 9. Kriteria kebutuhan mikrokontroller	26
Tabel 10. Kriteria kebutuhan sensor	27
Tabel 11. Kriteria penilaian.....	28
Tabel 12. Pembobotan melalui <i>pairwise comparison</i>	29
Tabel 13. Aturan penilaian	30
Tabel 14. Decision matrix	30
Tabel 15. Pemilihan resistor beban pada rangkaian.....	34
Tabel 16. Komponen penelitian.....	36
Tabel 17. List of purchase komponen utama.....	36
Tabel 18. List of purchase komponen pendukung	37
Tabel 19. Peralatan pengujian	39
Tabel 20. Perbandingan bacaan ESP32 dengan MT87	45
Tabel 21. Data bacaan perubahan status lampu berdasarkan pengamatan	50
Tabel 22. Data ketika mesin sedang dalam keadaan <i>idle</i>	51
Tabel 23. Hasil validasi sistem pemantauan aktivitas produksi	61

ABSTRAK

Berbagai studi menunjukkan pentingnya penerapan manufaktur digital melalui integrasi sistem *cyber-physical* dalam proses produksi. Digitalisasi di lantai pabrik memungkinkan ketersediaan data yang berdampak positif pada produktivitas, dengan informasi yang dapat diakses secara *real-time*. Data tersebut memiliki peran krusial dalam kegiatan produksi, seperti pemantauan aktivitas di lantai pabrik. Namun, beberapa industri tekstil masih menggunakan metode pencatatan manual. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan menerapkan sistem pemantauan aktivitas produksi berbasis *Cyber-Physical System* (CPS) dengan memanfaatkan *Internet of Things* (IoT) dan layanan cloud/web. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah adaptasi dari tahapan transformasi sistem aktual dalam CPS serta tahapan pengembangan produk. Langkah pertama adalah mendefinisikan konsep dan produk yang mengacu pada tahapan transformasi sistem aktual di CPS. Langkah kedua dan ketiga melibatkan pengembangan prototipe perangkat IoT, pencatatan data, penggunaan layanan cloud/web sebagai *database*, serta metode penampilan data. Tahap keempat difokuskan pada penyempurnaan fungsi utama prototipe, sementara tahap kelima berpusat pada pengujian prototipe bersama pengguna untuk memastikan kesesuaian dengan kebutuhan perusahaan. Penerapan CPS memungkinkan perusahaan melakukan otomatisasi akuisisi data, mendeteksi aktivitas produktif dan non-produktif, serta memantau data secara remote dan real-time, sekaligus menyimpan data historis produksi. Integrasi data dilakukan melalui web *Thingspeak*, yang mendukung proses monitoring. Data tersebut lalu ditampilkan melalui GUI yang dibuat menggunakan bahasa pemrograman python. CPS yang dikembangkan pada penelitian ini mampu menjawab kebutuhan perusahaan.

Kata Kunci: *Cyber-physical system*, data, *internet of things*, sistem pemantauan aktivitas produksi, waktu non - produktif, waktu produktif.

ABSTRACT

Various studies have demonstrated the significance of implementing digital manufacturing through the integration of cyber-physical systems in production processes. Digitalization on the factory floor enables data availability, which positively impacts productivity by providing real-time accessible information. This data plays a crucial role in production activities, such as monitoring factory floor operations. However, several textile industries still rely on manual record-keeping methods. This research aims to develop and implement a production activity monitoring system based on Cyber-Physical Systems (CPS) by utilizing the Internet of Things (IoT) and cloud/web services. The method used in this study adapts the transformation stages of actual systems in CPS, as well as product development stages. The first step is to define the concept and product, referring to the transformation stages of actual systems in CPS. The second and third steps involve developing an IoT device prototype, data recording, using cloud/web services as a database, and methods for displaying the data. The fourth stage focuses on refining the primary functions of the prototype, while the fifth stage is centered on prototype testing with users to ensure alignment with company needs. The implementation of CPS allows companies to automate data acquisition, detect productive and non-productive activities, and remotely and in real-time monitor data while storing historical production data. Data integration is conducted via the Thingspeak web platform, supporting the monitoring process. The data is then displayed through a graphical user interface (GUI) created using Python. The CPS developed in this research is capable of meeting the company's needs.

Keywords: Cyber-physical system, data, internet of things, non-productive time, production activity monitoring system, productive time.

BAB I PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Salah satu kendala yang dihadapi oleh industri tekstil di Indonesia antara lain adalah kurangnya suatu sistem pemantauan aktivitas produksi yang akurat. Mesin tenun dirancang untuk berhenti beroperasi secara otomatis ketika terjadinya putus benang pakan, benang lusi atau terjadi eror pada komponen elektrikal [1]. Pengaturan mesin dan penyambungan benang harus dilakukan oleh teknisi untuk dapat melanjutkan proses produksi. Dalam kondisi produksi kain yang cukup sibuk, jarang dilakukan pencatatan mengenai berapa lama mesin berhenti dan berada dalam kondisi idle. Dalam suatu sistem produksi yang ideal diperlukan suatu sistem pemantauan aktivitas produksi mengenai berapa lama mesin berhenti dan informasi penyebabnya, sebagai dasar peningkatan produktivitas [2].

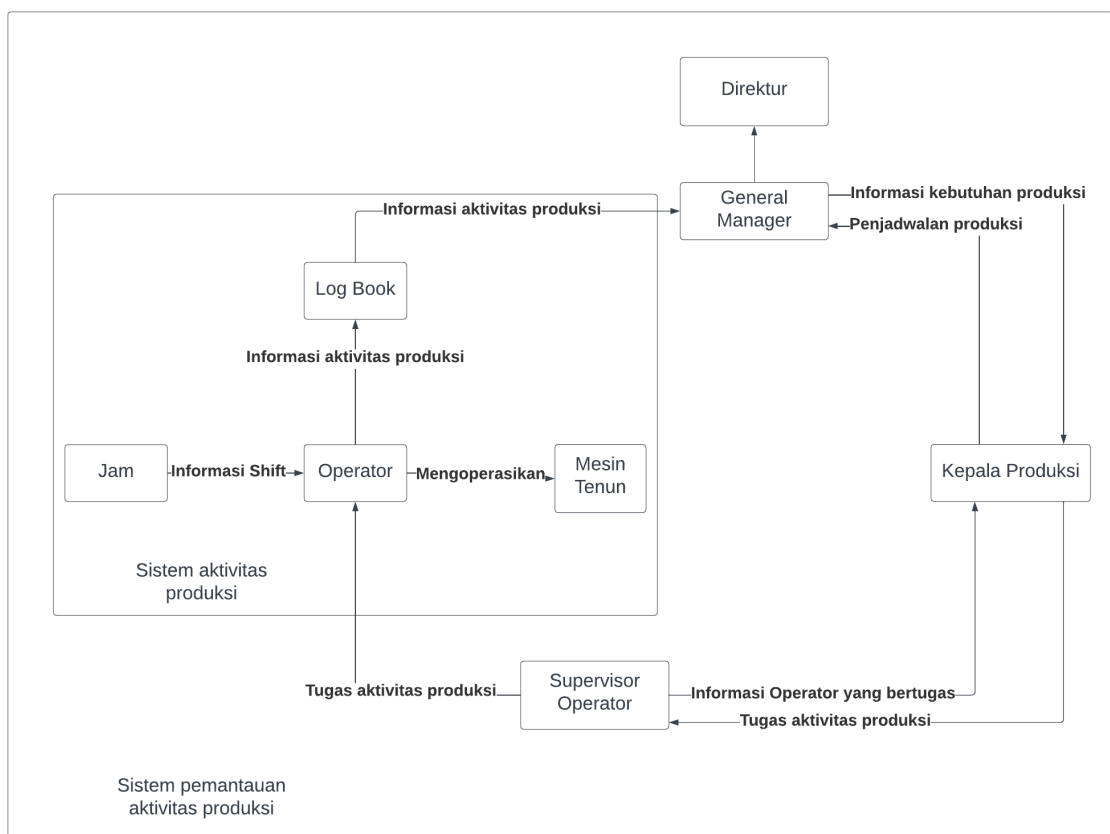
Tentunya, *Digital Manufacturing System* (DMS), dapat diimplementasikan pada industri tekstil sebagai bentuk perkembangan menuju Industri 4.0. DMS atau Industri 4.0 berfokus pada terciptanya suatu sistem pada industri yang terintegrasi melalui perangkat *Internet of Things* (IoT). Pengukuran dan pengumpulan data merupakan salah satu bagian penting dalam pengendalian aktivitas produksi. *Cyber Physical System* (CPS) adalah suatu sistem yang terdiri dari sensor, aktuator, dan sistem komputer yang terhubung dalam satu jaringan. CPS, dibantu dengan perangkat IoT, adalah entitas pendukung utama untuk melakukan perkembangan menuju Industri 4.0 [3]. Sistem pemantauan aktivitas produksi menggunakan CPS dan IoT dapat digunakan secara *real-time*, terpusat, dan kontinu. Informasi yang didapatkan dari CPS pun dapat diubah menjadi data ke dalam *Manufacturing Execution System* (MES). Rekaman data catatan hasil produksi kemudian disimpan ke dalam database dan dipresentasikan melalui aplikasi *Graphical User Interface* (GUI) yang interaktif. Pengguna database dapat mengakses berbagai laporan yang dapat digunakan manajemen perusahaan dalam menilai kinerja setiap mesin tenun, performa karyawan, selain hanya memantau aktivitas produksi lebih cepat dan akurat. Data yang dikumpulkan dari MES dapat membantu manajemen dalam membuat keputusan berbasis data (*data-driven decision making*), acuan dalam melakukan analisis dan *trouble-shooting* ketika terjadi eror, meningkatkan produktivitas, dan menjadi acuan dalam *production forecasting* [4].

Dalam penelitian ini, pemangku kepentingan dari permasalahan didefinisikan sebagai problem owner, problem user, problem customer, dan problem solver. Analisis pemangku kepentingan ditabulasikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Analisis Pemangku Kepentingan Permasalahan

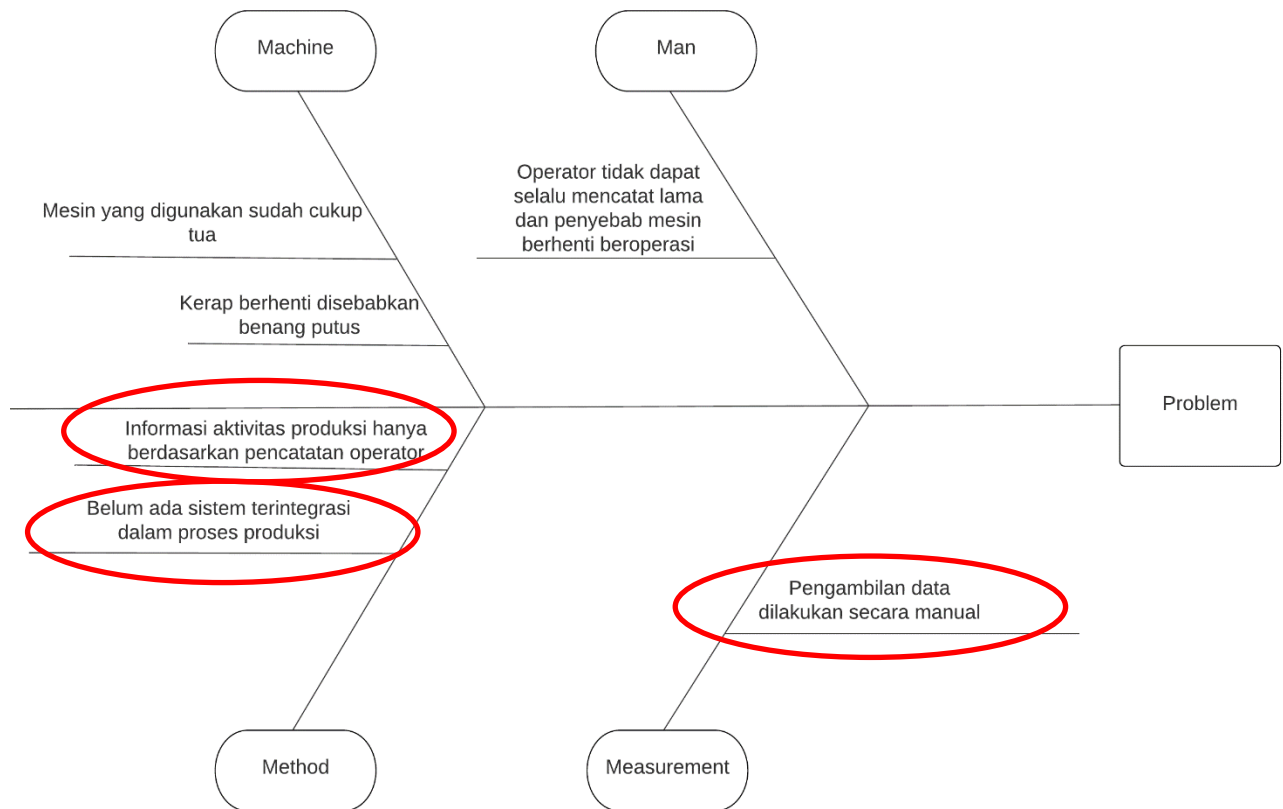
Pemangku Kepentingan	Pihak
Problem Owner	Direktur Perusahaan
Problem User	General Manager, Kepala Produksi, Supervisor Operator, Operator.
Problem Customer	Kepala Produksi, Supervisor Operator, Operator.
Problem Solver	Penulis

Berdasarkan penjabaran pemangku kepentingan pada Tabel 1, batasan peran penelitian dalam aktivitas produksi PT Tri Abadi Mitra Tekstil dapat didefinisikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Batasan cakupan sistem

Pada Gambar 1, aktivitas produksi kain dicatat secara manual pada logbook dan waktu shift didasarkan pada jam yang ada pada *workshop floor*. Sistem pemantauan aktivitas produksi dilakukan oleh *supervisor operator*, kepala produksi, general manager, dan direktur. Penjabaran permasalahan pemantauan aktivitas produksi pada PT Tri Abadi Mitra Tekstil dapat didefinisikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram fishbone permasalahan

Permasalahan yang dapat diatasi dengan menggunakan CPS dan IoT berdasarkan Gambar 2 adalah antara lain:

1. Informasi aktivitas produksi hanya berdasarkan pencatatan operator.
2. Belum ada sistem terintegrasi dalam proses produksi.
3. Pengambilan data dilakukan secara manual.

Harapannya, integrasi perangkat fisik (sensor) dan digital (cyber) menggunakan CPS dan IoT dapat membantu PT Tri Abadi Mitra Tekstil dalam mengatasi permasalahan tersebut.

2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian yang dikemukakan pada bagian latar belakang tersebut, maka dapat dirumuskan beberapa permasalahan sebagai berikut.

1. Bagaimana cara mengidentifikasi kebutuhan data dan informasi pemantauan aktivitas produksi pada PT Tri Abadi Mitra Tekstil.
2. Bagaimana cara mengidentifikasi dan mengembangkan CPS yang sesuai untuk PT Tri Abadi Mitra Tekstil.

3. Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah yang sudah didefinisikan, tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengidentifikasi kebutuhan data dan informasi pemantauan aktivitas produksi pada PT Tri Abadi Mitra Tekstil.
2. Mengidentifikasi dan mengembangkan CPS yang sesuai untuk PT Tri Abadi Mitra Tekstil.

4. Manfaat

Manfaat yang diharapkan dirasakan setelah penelitian ini adalah sebagai berikut.

4.1. Manfaat Teoritis

1. Meningkatkan aktivitas produksi pada PT Tri Abadi Mitra Tekstil.
2. Memudahkan pengambilan keputusan berbasis data (*data-driven decision making*) pada PT Tri Abadi Mitra Tekstil.

4.2. Manfaat Praktis

1. Memudahkan penyimpanan data historis pada PT Tri Abadi Mitra Tekstil.
2. Memudahkan pemantauan aktivitas pada PT Tri Abadi Mitra Tekstil.

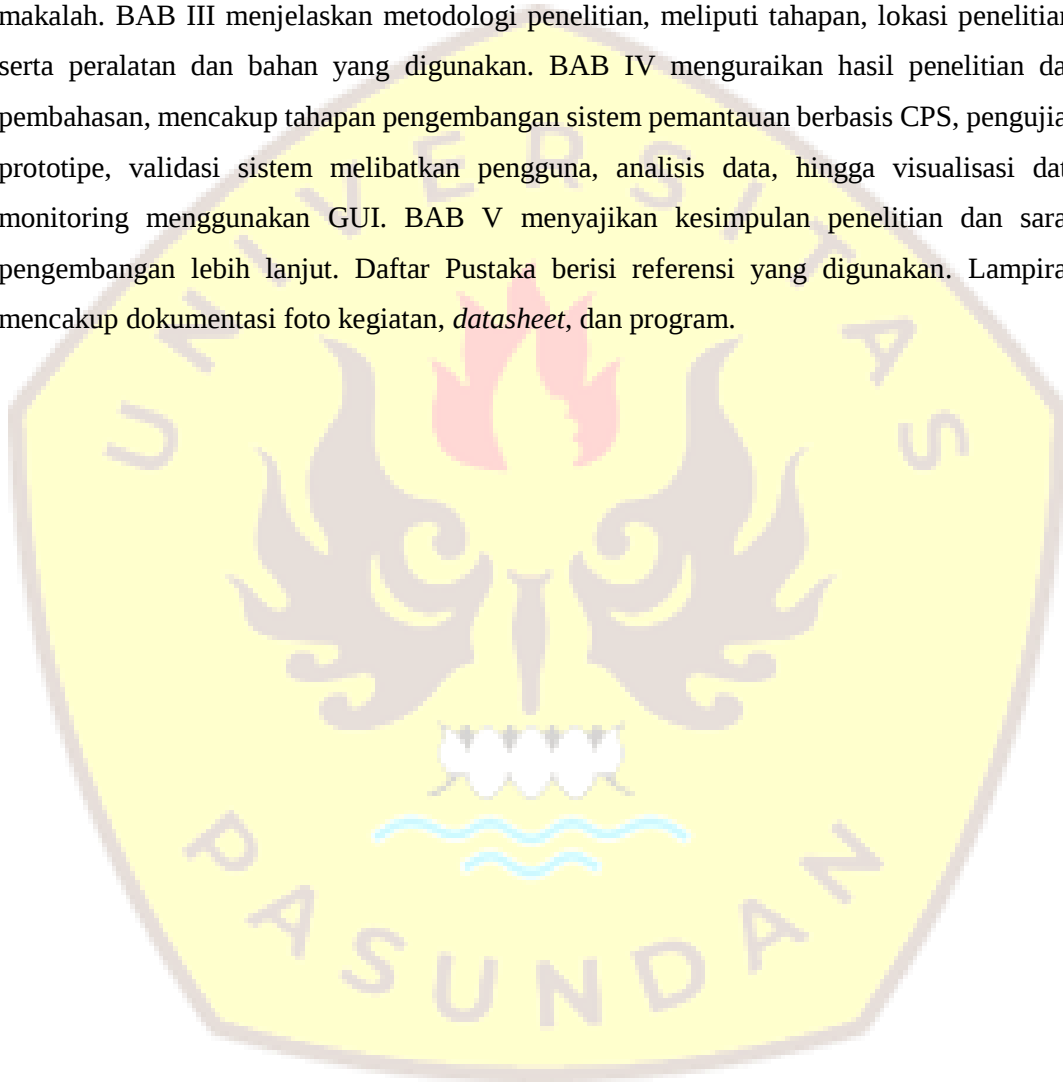
5. Batasan Masalah

Penelitian dilakukan dengan batasan – batasan sebagai berikut.

1. Mesin tenun jenis rapier loom yang digunakan adalah Picanol GTM-AS.
2. Sistem pemantauan aktivitas produksi dilakukan pada workshop floor PT Tri Abadi Mitra Tekstil.

6. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi tersusun atas lima bab, daftar pustaka, dan lampiran. BAB I mencakup pendahuluan yang berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat, batasan masalah, dan sistematika penulisan. BAB II memuat dasar teori yang mendukung implementasi sistem pemantauan aktivitas produksi, mencakup konsep seperti mesin tenun *rapier*, *cyber-physical system* (CPS), *internet-of-things* (IoT), *manufacturing execution system* (MES), *web service* dan *cloud*, *product development process*, serta pendekatan konsep dan *to-be-system*, dengan sumber dari jurnal internasional, buku, dan makalah. BAB III menjelaskan metodologi penelitian, meliputi tahapan, lokasi penelitian, serta peralatan dan bahan yang digunakan. BAB IV menguraikan hasil penelitian dan pembahasan, mencakup tahapan pengembangan sistem pemantauan berbasis CPS, pengujian prototipe, validasi sistem melibatkan pengguna, analisis data, hingga visualisasi data monitoring menggunakan GUI. BAB V menyajikan kesimpulan penelitian dan saran pengembangan lebih lanjut. Daftar Pustaka berisi referensi yang digunakan. Lampiran mencakup dokumentasi foto kegiatan, *datasheet*, dan program.



BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian didasarkan pada hasil dan analisis yang didapat, dengan parameter acuan yaitu tujuan penelitian. Maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut.

1. Penelitian ini berhasil mengidentifikasi kebutuhan spesifik terkait data dan informasi untuk pemantauan aktivitas produksi di PT Tri Abadi Mitra Tekstil. Identifikasi ini dilakukan melalui analisis sistem yang sudah ada (*as-in-system*) dan kebutuhan perusahaan, yang diuraikan pada Gambar 24 dan Tabel 2.
2. Berdasarkan analisis kebutuhan, penelitian ini mengembangkan *Cyber-Physical System* (CPS) yang terdiri dari perangkat IoT, database, layanan *cloud/web*, dan GUI. Sistem ini dirancang untuk memantau aktivitas produksi secara *remote* dan *real-time*, serta telah divalidasi dan dianalisis pada Bab IV, dimana CPS mampu memenuhi kebutuhan PT Tri Abadi Mitra Tekstil.

2. Saran

Saran untuk pengembangan sistem dan penelitian selanjutnya antara lain adalah sebagai berikut.

- a. Mengembangkan aspek *smart analytics tools* untuk dapat membantu pengelolaan *big data*.
- b. Mengembangkan *knowledge acquisition and learning* untuk memberikan informasi yang lebih kepada pengguna.

Pengembangan aspek-aspek ini akan membawa sistem ke tingkat yang lebih maju dengan fitur analitik yang lebih cerdas dan cakupan pemantauan yang lebih komprehensif.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Chen, "Computer-based optimization of the weaving process according to warp thread stress and warp processing behaviour," *Stuttgart, Universität Stuttgart, Dissertation, 1996. Original title: "Computergestützte Optimierung des Webprozesses bezüglich Kettfadenbeanspruchung und Kettlaufverhalten*, 1996, doi: 10.1007/978-3-319-42559-7_20.
- [2] M. Saggiomo, M. Kemper, Y.-S. Gloy, and T. Gries, "Weaving machine as cyber-physical production system: Multi-objective self-optimization of the weaving process," in *2016 IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT)*, IEEE, Mar. 2016, pp. 2084–2089. doi: 10.1109/ICIT.2016.7475090.
- [3] P. Leita, S. Karnouskos, L. Ribeiro, J. Lee, T. Strasser, and A. W. Colombo, "Smart agents in industrial cyber-physical systems," *Proceedings of the IEEE*, vol. 104, no. 5, pp. 1086–1101, 2016, doi: 10.1109/JPROC.2016.2521931.
- [4] A. Ma'ruf, R. Qinthara, and M. R. R. Wiradikara, "Development of a Cost-Effective Cyber-Physical Production System for the Make-to-Order Industry," in *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, Michigan, USA: IEOM Society International, pp. 2339–2348. doi: 10.46254/AU01.20220503.
- [5] T. Kinari, "Weaving Machinery and Its Related Technologies," *Journal of Textile Engineering*, vol. 53, no. 2, pp. 43–52, 2007, doi: 10.4188/jte.53.43.
- [6] K. Chikaoka and R. Shintani, "Weaving Machine," *Journal of the Textile Machinery Society of Japan*, vol. 44, no. 2, pp. 35–39, 1998.
- [7] J. Y. Xu, "Analysis of GTM-AS rapier loom's rapier mechanism," in *Manufacturing and Engineering Technology (ICMET 2014): Proceedings of the 2014 International Conference on Manufacturing and Engineering Technology*, San-ya, China, October 17-19, 2014, CRC Press, 2014, p. 5. doi: 10.1201/b17735.
- [8] B. Vogel-Heuser, A. Fay, I. Schaefer, and M. Tichy, "Evolution of software in automated production systems: Challenges and research directions," *Journal of Systems and Software*, vol. 110, pp. 54–84, Dec. 2015, doi: 10.1016/j.jss.2015.08.026.
- [9] P. K. Malik *et al.*, "Industrial Internet of Things and its Applications in Industry 4.0: State of The Art," *Comput Commun*, vol. 166, pp. 125–139, Jan. 2021, doi: 10.1016/j.comcom.2020.11.016.

- [10] B. Saenz de Ugarte, A. Artiba, and R. Pellerin, "Manufacturing execution system – a literature review," *Production Planning & Control*, vol. 20, no. 6, pp. 525–539, Sep. 2009, doi: 10.1080/09537280902938613.
- [11] M. M. Othman and A. El-Mousa, "Internet of Things & Cloud Computing Internet of Things as a Service Approach," in *2020 11th International Conference on Information and Communication Systems (ICICS)*, IEEE, Apr. 2020, pp. 318–323. doi: 10.1109/ICICS49469.2020.239503.
- [12] M. A. Razzaque, M. Milojevic-Jevric, A. Palade, and S. Clarke, "Middleware for Internet of Things: A Survey," *IEEE Internet Things J*, vol. 3, no. 1, pp. 70–95, Feb. 2016, doi: 10.1109/JIOT.2015.2498900.
- [13] K. Santos, E. Loures, F. Piechnicki, and O. Canciglieri, "Opportunities Assessment of Product Development Process in Industry 4.0," *Procedia Manuf*, vol. 11, pp. 1358–1365, 2017, doi: 10.1016/j.promfg.2017.07.265.
- [14] S. C. Adisasmito, P. D. Pamungkas, and A. Ma'ruf, "Real-time monitoring design for make-to-order industry," in *AIP Conference Proceedings*, AIP Publishing, 2022, p. 020004. doi: 10.1063/5.0080747.
- [15] P. Purnomo, A. Aripriharta, A. Handayani, R. Hasanah, N. Rosmin, and G.-J. Horng, "Realtime IoT based Harmonics Monitoring System Review with Potential Low-Cost Devices with Experimental Case Study," *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro Komputer dan Informatika*, vol. 7, p. 259, Aug. 2021, doi: 10.26555/jiteki.v7i2.21166.
- [16] S. Pasha, "Thingspeak Based Sensing and Monitoring System for IoT with Matlab Analysis," *International Journal of New Technology and Research*, vol. 2, no. 6, 2016, Accessed: Dec. 12, 2024. [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:196185687>
- [17] A. Maier, A. Sharp, and Y. Vagapov, "Comparative analysis and practical implementation of the ESP32 microcontroller module for the internet of things," in *2017 Internet Technologies and Applications (ITA)*, IEEE, Sep. 2017, pp. 143–148. doi: 10.1109/ITECHA.2017.8101926.
- [18] M. Mehta, "ESP8266: A Breakthrough in wireless sensor networks and internet of things," *International Journal of Electronics and Communication Engineering & Technology*, vol. 6, no. 8, pp. 7–11, 2015, Accessed: Dec. 12, 2024. [Online]. Available: https://iaeme.com/Home/article_id/IJECET_06_08_002

- [19] C. Kellerman and W. Pilkington, "4-Band Personal EQ Device Senior Project Final Report," 2023. Accessed: Dec. 12, 2024. [Online]. Available: <https://digitalcommons.calpoly.edu/eesp/651>
- [20] A. Najmurrokhman, Kusnandar, U. Komarudin, and D. I. Amirulloh, "Three phase current monitoring system using SCT013 sensor and Internet of Things platform," in *AIP Conference Proceedings*, AIP Publishing, 2023, p. 050034. doi: 10.1063/5.0112698.
- [21] V. Podvezko, "Application of AHP Technique," *Journal of Business Economics and Management*, vol. 10, no. 2, pp. 181–189, Jun. 2009, doi: 10.3846/1611-1699.2009.10.181-189.
- [22] M. A. G. Maureira, D. Oldenhof, and L. Teernstra, "ThingSpeak—an API and Web Service for the Internet of Things," *World Wide Web*, vol. 25, pp. 1–4, 2011, Accessed: Dec. 12, 2024. [Online]. Available: https://www.semanticscholar.org/paper/ThingSpeak-%E2%80%93an-API-and-Web-Service-for-the-of-Maureira/5dcd7d5c5a6e30aa5fa3bc2fbc2f2caa5d2e0798?utm_source=direct_link
- [23] B. F. Hutabarat, M. Peslinof, M. F. Afrianto, and Y. Fendriani, "Sistem basis data pemantauan parameter air berbasis internet of things (iot) dengan platform thingspeak," *journal online of physics*, vol. 8, no. 2, pp. 42–50, Apr. 2023, doi: 10.22437/jop.v8i2.24365.
- [24] T. Lin, "Arduino based Appliance Monitoring System using SCT-013 Current and ZMPT101B Voltage Sensors," *Przegląd elektrotechniczny*, vol. 1, no. 9, pp. 91–96, Sep. 2021, doi: 10.15199/48.2021.09.19.
- [25] M. J. Espinosa-Gavira, A. Agüera-Pérez, J. C. Palomares-Salas, J. M. Sierra-Fernandez, P. Remigio-Carmona, and J. J. González de-la-Rosa, "Characterization and Performance Evaluation of ESP32 for Real-time Synchronized Sensor Networks," *Procedia Comput Sci*, vol. 237, pp. 261–268, 2024, doi: 10.1016/j.procs.2024.05.104.
- [26] A. Najmurrokhman, K. Kusnandar, U. Komarudin, and D. I. Amirulloh, "Three phase current monitoring system using SCT013 sensor and Internet of Things platform," in *AIP Conference Proceedings*, AIP Publishing, 2023. doi: 10.1063/5.0112698.
- [27] R. Suherman, P. K. Nataraja, A. Pratama, and A. H. Kahfi, "Electricity management system with technology internet of things," *Jurnal Techno Nusa Mandiri*, vol. 20, no. 2, pp. 95–101, Oct. 2023, doi: 10.33480/techno.v20i2.4520.
- [28] A. Shenkman, Y. Berkovich, and B. Axelrod, "Novel AC-DC and DC-DC converters with a diode-capacitor multiplier," *IEEE Trans Aerosp Electron Syst*, vol. 40, no. 4, pp. 1286–1293, Oct. 2004, doi: 10.1109/TAES.2004.1386881.

- [29] R. Castello and P. R. Gray, "A high-performance micropower switched-capacitor filter," *IEEE J Solid-State Circuits*, vol. 20, no. 6, pp. 1122–1132, Dec. 1985, doi: 10.1109/JSSC.1985.1052449.
- [30] S. Chhorn, S. Tep, C. Hel, and R. Pec, "Development of ESP32-Based Smart Greenhouse Controller," in *2022 IEEE 8th World Forum on Internet of Things (WF-IoT)*, IEEE, Oct. 2022, pp. 1–6. doi: 10.1109/WF-IoT54382.2022.10152112.
- [31] P. M. Gibbons and S. C. Burgess, "Introducing OEE as a measure of lean Six Sigma capability," *International Journal of Lean Six Sigma*, vol. 1, no. 2, pp. 134–156, May 2010, doi: 10.1108/20401461011049511.

