

Perancangan Model *Real Time – Shop Floor Control System* untuk *Flexible Manufacturing System*

Ari Setiawan^{#1}, Mikha Elroy^{#2}

[#]Program Studi Teknik Industri, Institut Teknologi Harapan Bangsa
Jl. Dipati Ukur No. 80-84, Bandung, Indonesia, 40132

¹ari_setiawan@ithb.ac.id

²mikhaelroy97@gmail.com

Abstract— The ITHB Industrial Engineering Study Program plans to create a Flexible Manufacturing System (FMS) model for the learning process. FMS is a manufacturing system consisting of a workstation, material handling system, storage, or Automatic Storage and Retrieval System (AS/RS), and a computer management system. The workstations in the system studied consist of four CNC machines and two loading/unloading stations for loading and unloading workpieces and attaching workpieces to a fixture. The FMS has a computer control system that makes the system on the model under study run automatically. The monitoring system in the FMS model is a Shop Floor Control System (SFCS) which provides real-time information on the status of the workpiece, part number, number, operation, tool type requirements, and location of the workpiece. One method to build a Shop Floor Control System model is to use Object-Oriented Modeling (OOM). OOM describes the state (state), nature (behavior), and identity (identity) for each workpiece. In this research, an SFCS model has been designed and developed using integrated hardware, software, and interfaces. The hardware consists of a microcontroller and an RFID reader which is used to retrieve data. Software is used to process, send, and store data into a database. The interface serves as an interface to show these data and confirm the movement of the workpiece. The model developed has been tested with several kinds of data and status conditions, as well as the location of the workpiece. From the monitoring results, the SCFS model can show the accuracy of the status and location of the workpiece in real-time.

Keywords— Flexible Manufacturing System (FMS), shop floor control system, computer networks and management, RFID, sensor.

Abstrak— Program Studi Teknik Industri ITHB berencana membuat model Flexible Manufacturing System (FMS) untuk proses pembelajarannya. FMS merupakan sistem manufaktur yang terdiri atas stasiun kerja, sistem penanganan material, penyimpanan, atau Automatic Storage and Retrieval System (AS/RS), dan sistem pengaturan komputer. Stasiun kerja dalam sistem yang dikaji terdiri atas empat mesin CNC dan dua loading/unloading station untuk membongkar muat benda kerja serta memasang benda kerja pada sebuah fixture. FMS memiliki sistem pengaturan komputer yang membuat sistem pada model yang dikaji bekerja secara otomatis. Sistem pengawasan pada model FMS merupakan Shop Floor Control System (SFCS) yang memberikan informasi mengenai status benda kerja, part

number, jumlah, operasi, kebutuhan jenis pahat, dan lokasi benda kerja secara real-time. Salah satu metode untuk membangun model Shop Floor Control System adalah dengan menggunakan Object Oriented Modelling (OOM). OOM menjelaskan keadaan (state), sifat (behavior), dan identitas (identity) untuk setiap benda kerja. Pada penelitian ini telah dirancang dan dikembangkan sebuah model SFCS menggunakan hardware, software, dan interface yang saling terintegrasi. Hardware terdiri dari microcontroller dan RFID reader yang digunakan untuk mengambil data. Software digunakan untuk mengolah, mengirim, dan menyimpan data ke dalam database. Interface berfungsi sebagai antarmuka untuk menunjukkan data-data tersebut dan mengonfirmasi terjadinya perpindahan benda kerja. Model yang dikembangkan telah diuji coba dengan beberapa macam data dan kondisi status, serta lokasi benda kerja. Dari hasil monitoring, model SCFS dapat menunjukkan ketepatan status dan lokasi benda kerja secara real-time.

Kata Kunci— Flexible Manufacturing System (FMS), shop floor control system, manajemen dan jaringan komputer, RFID, sensor.

I. PENDAHULUAN

Revolusi Industri keempat memanfaatkan cyber-physical production system yang terdiri atas sistem pergudangan dan fasilitas produksi yang telah dikembangkan secara digital dan integrasi end-to-end ICT-based, mulai dari logistik yang masuk, produksi, marketing, logistik yang keluar, hingga pelayanan jasa [1]. Untuk itu, Internet of Things (IoT) digunakan untuk mempermudah proses pengawasan produksi [2]. Salah satu peralatan produksi yang mendukung implementasi revolusi industri 4.0 adalah Flexible Manufacturing System (FMS). Komponen dasar dari FMS adalah stasiun kerja, sistem penanganan material dan penyimpanan otomatis, serta sistem pengaturan komputer [3]. Stasiun kerja berupa tempat untuk memproses material menjadi produk jadi, serta tempat loading/unloading station. Sistem penanganan material dan penyimpanan otomatis berfungsi untuk memindahkan benda kerja antar stasiun kerja serta menyimpan dalam tempat penyimpanan sementara. Sistem pengaturan komputer berfungsi untuk mengatur setiap stasiun kerja, mendistribusikan instruksi pengaturan ke setiap stasiun kerja, mengatur produksi, lalu lintas, dan pemindahan

mengawasi sistem penanganan benda kerja, serta mengawasi dan melaporkan kinerja sistem.

Pada penelitian Setiawan dkk. [4] dan [5], FMS terdiri atas stasiun kerja, sistem penanganan material dan penyimpanan, atau *Automatic Storage and Retrieval System* (AS/RS), serta sistem pengaturan komputer. Program Studi Teknik Industri Institut Teknologi Harapan Bangsa sedang membuat model FMS untuk membantu dalam pembelajaran yang mendukung Revolusi Industri 4.0. Model FMS tersebut mengambil struktur FMS yang dikembangkan oleh Setiawan dkk. [4] [5] yang terbagi menjadi tiga submodel. Submodel pertama yaitu mengenai pemodelan mesin CNC horizontal. Di dalam mesin tersebut terdapat *Automatic Pallet Changer* (APC) dan *Automatic Tool Changer* (ATC) yang dilengkapi dengan *tool magazine*. Submodel kedua yaitu mengenai pemodelan *stacker crane* untuk mengantarkan benda kerja antara *workstation* dengan *workstation* lain. Penjadwalan pengantaran benda kerja dan jadwal pemesinan juga harus diketahui oleh *stacker crane* melalui komputer untuk mengetahui lokasi penerimaan dan pengiriman benda kerja. Submodel ketiga merupakan model pengawasan lantai produksi.

FMS memiliki sistem pengaturan komputer yang membuat sistem yang dikaji bekerja secara otomatis sehingga tidak memerlukan pengawasan dari operator (*unmanned operation*). Sistem pengawasan atau *monitoring* pada FMS merupakan *Shop Floor Control System* yang memberikan informasi mengenai status data benda kerja, *part number*, jumlah benda kerja, urutan operasi, kebutuhan jenis pahat, dan lokasi benda kerja secara *real time*. Bedworth [6] menjelaskan bahwa semua kegiatan *data processing* yang dibutuhkan untuk mendukung usaha manufaktur disebut dengan *Shop Floor Information System*. *Shop Floor Information System* memiliki masukan yaitu status sumber daya (manusia, mesin, pahat, peralatan inspeksi, dan alat penanganan benda kerja), status pekerjaan, status benda kerja, status penjadwalan, status perpindahan benda kerja, dan status kinerja sistem.

Hasil data dari kegiatan *monitoring* harus dapat disimpan pada *database*. Salah satu metode untuk membangun *database* untuk model *Shop Floor Control System* adalah dengan menggunakan *Object Oriented Modelling* (OOM). OOM merupakan sebuah metode untuk membangun struktur *database* dengan menentukan variabel-variabel dalam sistem. OOM menjelaskan keadaan (*state*), sifat (*behaviour*), dan identitas (*identity*) untuk setiap benda kerja [7]. Selain informasi mengenai data benda kerja, FMS juga membutuhkan lokasi benda kerja, seperti lokasi pada mesin CNC, *buffer* mesin CNC, *stacker crane*, *pallet stocker*, dan *loading/unloading station*.

Setiawan dkk. [4] dan [5] belum mengkaji sistem *monitoring* status dan lokasi benda kerja pada FMS. Gunarto [8] telah merancang sistem *monitoring* pada FMS, namun sistem tersebut belum dapat beroperasi secara *real time* dan *online*. Dengan demikian, terdapat permasalahan yaitu bagaimana merancang sistem *monitoring* pada FMS secara *realtime* dan *online*. Hal inilah yang memotivasi penelitian ini

untuk membuat model *Shop Floor Control System* yang dapat beroperasi secara *real time* dan *online* pada FMS.

II. METODOLOGI

Permasalahan yang diangkat untuk memecahkan masalah adalah bagaimana merancang sistem *monitoring* pada FMS secara *Real Time* dan *Online* menggunakan *Shop Floor Control System*. Berdasarkan masalah yang telah dirumuskan, maka tujuan pemecahan masalah yang akan dicapai dan manfaat pemecahan masalah dapat ditentukan. Tujuan pemecahan masalah adalah merancang sistem *Shop Floor Control System* pada FMS secara *Real Time* dan *Online* serta melakukan pengujian prototipe sistem *Shop Floor Control System* pada FMS. Dalam pemecahan masalah ini dilakukan penentuan metode yaitu dengan pendekatan *Object Oriented Modelling* (OOM). Metode tersebut diterapkan dari awal tahap analisis kebutuhan hingga perancangan sistem. Perancangan sistem dalam pemecahan masalah ini dilakukan berdasarkan OOM. Tahapan yang dilakukan adalah merancang alat *monitoring* FMS, merancang *hardware*, merancang *software*, merancang *interface*, dan menguji program.

Pengembangan model dimulai dengan menjelaskan data pengamatan, kemudian rancangan model.

A. Data Pengamatan

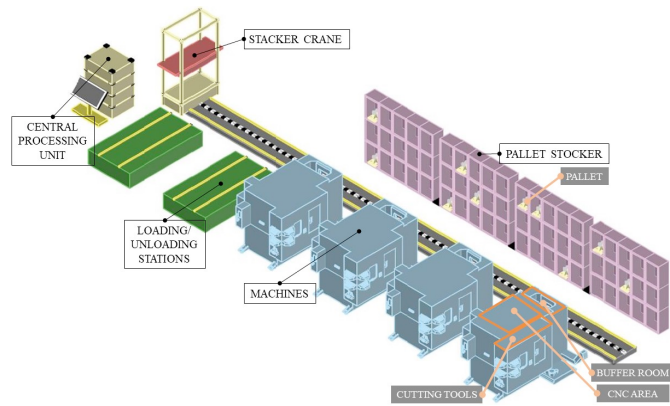
Penyelesaian masalah ini dikembangkan menggunakan data sekunder dari Setiawan dkk [4]. Terdapat tiga jenis data yang akan digunakan yaitu data konstruksi FMS, data pekerjaan FMS, dan data operasi FMS. Data konstruksi merupakan data yang memberitahukan stasiun-stasiun kerja di dalam FMS. Data pekerjaan merupakan data yang memberitahukan benda kerja dan jadwal permesinan. Data operasi menjelaskan cara bagaimana FMS bekerja, mulai dari menerima pekerjaan (*job*), berupa material benda kerja yang disimpan pada *pallet*, hingga selesai menjadi *finished product*.

1) Data Konstruksi

Konstruksi FMS dalam penyelesaian masalah ini terdiri atas empat unit mesin CNC horizontal yang diintegrasikan dengan sistem penanganan material yang terdiri dari *pallet stocker*, yaitu tempat penyimpanan benda kerja dengan kapasitas 60 *pallet*. Masing masing benda kerja dipasang pada sebuah *fixture* pada sebuah *pallet*. Selain itu, pada sistem penanganan material, juga terdapat sebuah *stacker crane*, yaitu alat untuk memindahkan benda kerja dari *pallet stocker* ke mesin dan sebaliknya. Untuk memasang benda kerja pada *fixture*, dilaksanakan pada dua *loading/unloading station*. Seluruh operasi FMS dikendalikan oleh CPU (*Central Processing Unit*), yaitu sebuah komputer yang mengatur jalannya operasi FMS. Konstruksi dan konfigurasi FMS tersebut ditunjukkan pada Gambar 1.

2) Data Pekerjaan FMS

FMS digunakan untuk membuat benda kerja yang memiliki dua permukaan. Masing-masing permukaan disebut dengan sebuah *stage*. Setiap *stage* terdiri atas beberapa operasi pemesinan yang berurutan. Sebuah operasi pemesinan meng-



Gambar 1 Konfigurasi FMS sesuai dengan Setiawan dkk. [4]

gunakan satu jenis pahat (*cutting tools*) untuk durasi pemrosesan tertentu. Pada penelitian Setiawan dkk. [4], terdapat 15 pekerjaan (*job*) dan 12 jenis pahat yang ditunjukkan pada Tabel I.

Operasi selanjutnya dalam FMS adalah melakukan penjadwalan seperti pada Tabel II. Jadwal dalam penyelesaian masalah ini menggunakan data sekunder yang didapatkan dalam penelitian Hilmanto [9] dan Setiawan, dkk. [10]. Dari penelitian tersebut disimpulkan bahwa dalam kasus ini metode *longest processing time* (LPT) memiliki alokasi benda kerja pada mesin lebih merata dan memiliki *makespan* yang paling sedikit dibanding metode lainnya. Pendaftaran seluruh benda kerja yang terjadwal dilakukan ke dalam *database* dengan melengkapi *job*, *stage*, nomor RFID, mesin yang akan digunakan, *queue* (antrian) mesin, dan operasinya. Setiap operasi tersebut memerlukan informasi berupa pahat yang akan digunakan dan durasi pengerjaannya. Jika semua benda kerja yang terjadwal sudah terdaftar, maka operator dapat memulai operasi pemasangan benda kerja pada *fixture* di atas *pallet* yang sudah terdapat tag RFID.

Setelah benda kerja dipasang pada *fixture* yang terpasang pada *pallet*, benda kerja dimasukkan oleh operator ke dalam FMS pada salah satu *loading/unloading station* yang kosong. *Loading/unloading station* secara otomatis (dengan *RFID reader*) mengetahui keberadaan benda kerja dan meminta *stacker crane* untuk memindahkan benda kerja. Sesuai jadwal antrian (*queue*) yang telah dibuat, benda kerja akan dikirimkan ke bagian mesin yang akan digunakan dengan menggunakan *stacker crane*. *Stacker crane* merupakan sebuah alat transportasi untuk memindahkan benda kerja. Jika mesin kosong, atau *idle*, dan benda kerja tersebut sesuai dengan *queue* pada jadwal yang terdaftar dalam *database*, maka benda kerja akan dikirim ke mesin. Jika *buffer* dari mesin kosong, maka *stacker crane* akan mengirim benda kerja ke *buffer* mesin. Jika mesin dan *buffer* belum tersedia, maka akan dikirim ke *pallet stocker* khusus untuk masing-masing mesin yang akan digunakan.

Setiap mesin memiliki *Automatic Pallet Changer* (APC) yang bertugas untuk menukar benda kerja yang belum dikerjakan pada *buffer* dengan *finished goods* pada mesin setelah mesin berhenti bekerja. Mesin tersebut juga memiliki *Automatic Tool Changer* (ATC) yang bertugas untuk meng-

TABEL I
DATA INFORMASI BENDA KERJA

Job	Stage	Urutan operasi dan waktu operasi (menit)											Total waktu (menit)	
		$k = 1$	$k = 2$	$k = 3$	$k = 4$	$k = 5$	$k = 6$	$k = 7$	$k = 8$	$k = 9$	$k = 10$	$k = 11$		$k = 12$
1	1	10	10				15	10	10	25				80
2	1	35	40	45	30	25	30	35						240
	2	45	30						35	40	50	20	20	240
3	1	50	50	60		35	35			50				280
	2	30	55					25	40	50	30		50	280
4	1	35	20		50	40	50			35	10			240
	2		20						15	20	30	15	20	120
5	1	10	15		20	10					20		15	90
6	1	20	15							15	20	30		100
7	1	45	30	25	30	25	35				50			240
	2	35	50					35	30	20	30			200
8	1	40	20	50	40	40				50				240
	2		30				20		15	25		25	5	120
9	1			30	40	40	30	50		50	40			280
	2	60	50						40	45	40		45	280
10	1	40	50	60			40	50						240
	2	50	60						45	45		40		240
11	1	40	50		30	20					20			160
	2	40						50	60	40		20	30	240
12	1	50	40			60		60	50			60		320
	2	45					45		30		30	50		200
13	1	30	40	30	40	25		25			50			240
	2	45							45	30		40	40	200
14	1		10		25		20	15			20			90
15	1		15					15	10	20	20			80

TABEL II

JADWAL BENDA KERJA *LONGEST PROCESSING TIME* SESUAI HILMANTO [9]

Machine	Antrian-1	Antrian-2	Antrian-3	Antrian-4	Antrian-5	Antrian-6	Antrian-7
A	12.1	10.1	5.1	1.1	2.2	11.2	
B	3.1	7.1	11.1	15.1	10.2	13.2	8.2
C	9.1	8.1	6.1	14.1	3.2	12.2	4.2
D	2.1	4.1	13.1	9.2	7.2		

ganti pahat atau *cutting tools* yang akan digunakan dalam permesinan sesuai dengan *database*. Setiap mesin dilengkapi *tool magazine* untuk menyimpan pahat.

Benda kerja yang belum dikerjakan bersama dengan *fixture* dan *pallet* yang masuk ke dalam mesin, akan diproses menggunakan pahat sesuai dengan *database*. *Finished product* akan terdeteksi oleh *RFID reader* yang menandakan bahwa benda kerja telah selesai dikerjakan. Jika *finished product stage 1* memiliki *stage 2*, maka benda kerja akan dikirimkan kembali menuju *loading/unloading station* yang kosong untuk dibalikkan posisinya dan dibutuhkan *fixture* yang berbeda dengan *pallet* dan RFID yang berbeda pula. Jika *finished product stage 2* atau *stage 1* yang tidak memiliki *stage* berikutnya, maka benda kerja akan dikirim ke *pallet stocker*. *Finished product* yang terdapat pada *pallet stocker* dapat diambil oleh operator dengan menggunakan komputer. Setelah seluruh *finished product* telah diambil, maka dapat

dilakukan *setup* untuk *batch* berikutnya sesuai dengan permintaan konsumen, NCOD, dan jadwal yang baru pula.

Dalam sistem yang dikaji terdapat banyak variabel yang dibutuhkan dalam menentukan penjadwalan, penggunaan *loading/unloading station*, penggunaan mesin, penggunaan pahat, penggunaan *pallet stocker*, dan penggunaan *stacker crane* untuk sebuah benda kerja. Menurut Setiawan dkk. [4], dalam *Shop Floor Control System* keputusan yang cepat dan tepat lebih penting daripada mengoptimalkan keseluruhan proses. Maka dari itu, pengawasan terhadap kondisi manufaktur harus dapat dilihat oleh operator, meskipun jika tidak sedang berada dalam pabrik, agar dapat membuat keputusan yang cepat dan tepat.

B. Rancangan Shop Floor Control System (SFC)

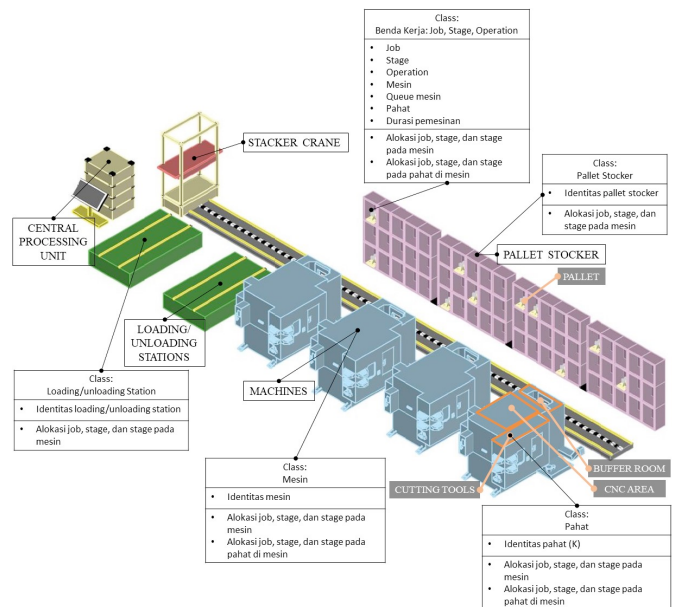
Untuk membantu dalam membuat keputusan yang cepat dan tepat, sistem perlu diterapkan dengan pendekatan *Object Oriented Modelling* (OOM). OOM merupakan pendekatan yang dapat memberikan solusi dengan cara yang lebih cepat. Seluruh elemen dalam FMS bisa dianggap sebagai *object* (obyek). *Object* yang memiliki sifat yang sama dikategorikan sebagai sebuah *class* (kelas). Dalam sistem yang dikaji terdapat lima kelas utama, yaitu pekerjaan (*job*), mesin, pahat, *loading/unloading station*, dan *pallet stocker* seperti pada Gambar 2.

Dalam sistem FMS ini benda kerja memiliki tujuh atribut, yaitu: *job*, *stage*, *operation*, mesin yang akan digunakan, *queue* mesin dalam jadwal, pahat yang akan digunakan, dan durasi pemesinan. Mesin, pahat, *loading/unloading station*, dan *pallet stocker* hanya memiliki satu atribut, yaitu identitas unit atau lokasinya masing-masing.

Untuk menerapkan *Shop Floor Control System* dengan pendekatan *Object Oriented Modelling* pada FMS agar membuat keputusan menjadi cepat dan tepat, maka dibutuhkan rangkaian sistem dalam bentuk *software* dan *hardware*. Dalam pemecahan masalah ini dirancang sistem untuk pendaftaran seluruh benda kerja yang terjadwal ke dalam *database* dengan melengkapi *job*, *stage*, nomor RFID, mesin yang akan digunakan, *queue* dalam jadwal mesin, dan operasinya. Setiap operasi tersebut memerlukan informasi berupa pahat yang akan digunakan dan durasi pengerjaannya. Sistem yang dirancang berbentuk rancangan *interface*, *software*, dan *hardware*, seperti pada Gambar 3.

Hardware dalam sistem yang dikaji menggunakan RFID *reader*, *microcontroller*, *Wifi router*, dan komputer. RFID *tag* pada *pallet* terdeteksi oleh RFID *reader*. RFID *reader* yang digunakan dalam sistem yang dikaji adalah RFID Mifare RC-522. RFID *reader* dihubungkan dengan kabel *jumper* ke *microcontroller* NodeMCU ESP8266. Nomor RFID yang terdeteksi kemudian dikirim secara nirkabel (*wireless*) oleh *microcontroller* yang sudah diberikan program oleh *software* Arduino IDE, menuju *Wifi router* dengan *IP Address* komputer penerima. RFID *reader* dan *microcontroller* berada di lokasi *load/unload station* dan *machining station*.

RFID *tag* yang ditempelkan pada *pallet* dalam sistem yang dikaji digunakan untuk mengidentifikasi *pallet* dan/atau benda kerja yang sedang dibaca oleh RFID *reader*. RFID *tag* yang



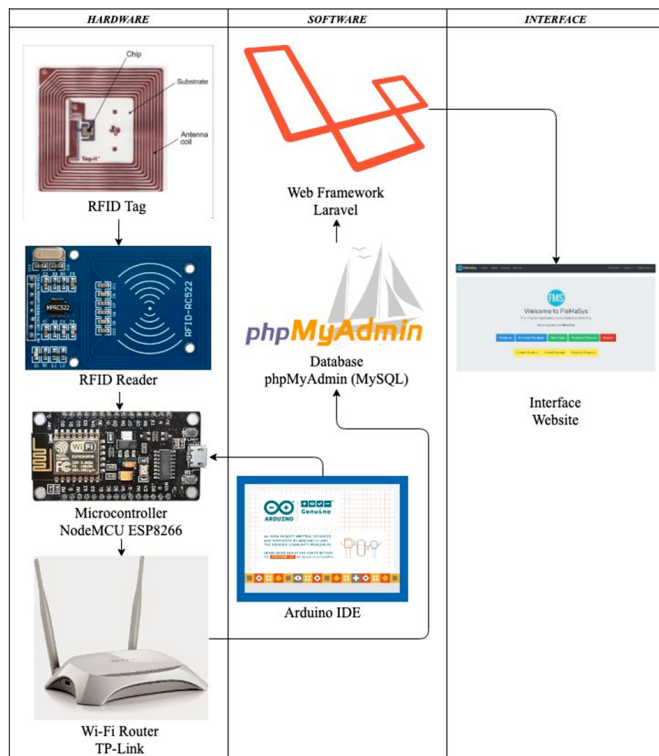
Gambar 2 Kelas dan atribut obyek dalam FMS

digunakan dalam sistem yang dikaji adalah berupa RFID *key chain* dengan frekuensi 13,56 MHz yang memiliki kode RFID yang berbeda-beda.

Software yang dipersiapkan untuk sistem yang dikaji membutuhkan *software* Arduino IDE, *phpMyAdmin*, *Visual Studio Code*, dan *Laravel*. *Software* Arduino IDE merupakan alat untuk membuat program bagi *microcontroller* agar *microcontroller* mengetahui tugas yang harus dilakukan. Data yang dikirim oleh *microcontroller* melalui *Wifi router* kemudian disimpan oleh *database* yang bernama *phpMyAdmin* dengan menggunakan bahasa *MySQL*. Dengan menggunakan *Visual Studio Code* sebagai *code editor* dan *Laravel* sebagai *web framework*, maka dapat membuat *web interface* untuk menunjukkan data-data yang terdapat dalam *database* *phpMyAdmin* dan dapat memberikan *feedback* atau menyimpan data kembali ke dalam *database*.

Database menyimpan benda kerja dan informasinya, seperti *job*, *stage*, nomor RFID, mesin yang akan digunakan, *queue* dalam jadwal mesin, dan operasinya, di mana setiap operasi memerlukan informasi berupa pahat yang akan digunakan dan durasi pengerjaannya. *Database* juga menyimpan informasi benda kerja yang terdapat di suatu lokasi dan benda kerja yang belum dikerjakan dan sudah dikerjakan. *Interface* menampilkan data-data yang terdapat dalam *database* dan membantu menerjemahkan data-data tersebut. *Interface* juga dapat menambah data baru untuk dimasukkan ke dalam *database*.

RFID *reader* pada FMS diletakkan pada *loading/unloading station* dan mesin-mesin. RFID *reader* tidak diperlukan pada *pallet stocker* dan *stacker crane* dikarenakan benda kerja ketika memasuki sistem, maka lokasi tujuan sudah diketahui melalui jadwal penggunaan mesin dan *queue* pada mesin. Sistem juga sudah mengetahui urutan benda kerja yang akan diproses dan akan diproses di mesin yang mana. RFID *reader* diletakkan pada *loading/unloading station* untuk mengetahui



Gambar 3 Rancangan keseluruhan sistem

benda kerja yang akan masuk. RFID *reader* juga diletakkan pada mesin agar mengetahui benda kerja yang belum dikerjakan dan sudah dikerjakan.

Pada *loading/unloading station* perlu ditambahkan modul *infrared* agar mengetahui benda kerja yang masuk atau keluar dari sistem. Benda kerja yang keluar dari sistem akan diabaikan *microcontroller* sehingga datanya tidak dikirimkan ke *database*, sedangkan untuk benda kerja yang masuk ke dalam sistem akan terbaca oleh RFID *reader* sehingga *microcontroller* akan mengirim datanya ke dalam *database*.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian sistem *hardware* adalah untuk menguji jarak maksimal antara RFID *reader* dengan pusat *tag*. Pada kondisi *real* juga terdapat kemungkinan ada penghalang di antara RFID *reader* dengan pusat *tag*. Dalam sistem yang dikaji RFID *tag* diletakkan pada sisi *pallet*, di mana besar sudut antara RFID *reader* dan *tag* adalah sekitar 0° . RFID *tag* dapat terdeteksi jika jarak antara RFID *reader* dan *tag* maksimal 20 mm serta tidak terhalang oleh logam.

Untuk pengujian sistem *software* aplikasi SFC seluruh data pekerjaan perlu dimasukkan dengan menggunakan menu pada Gambar 4. Terdapat pesan konfirmasi bahwa benda kerja telah terdaftar dan ditunjukkan daftar pekerjaan yang telah terdaftar pada jendela “*Product List*”, seperti pada Gambar 5. Pada jendela tersebut terdapat tombol “*More*”, “*Edit*” atau menyunting, dan “*Delete*” atau menghapus. Ketika tombol “*More*” ditekan, jendela informasi benda kerja akan muncul seperti pada Gambar 6. Terdapat informasi lengkap mengenai

The screenshot shows the FleMaSys application interface. The main heading is "Create Product ('RFID' registered automatically by Microcontroller)". Below this, there is a form with the following fields:

- RFID Number:
- Job:
- Stage:
- Machine that will be used:
- Queue at a machine that will be used:

Below the form, there is a table titled "Tool Info" with columns for Tool (K), K=1, K=2, K=3, K=4, K=5, K=6, K=7, K=8, K=9, K=10, K=11, and K=12. The table contains data for various tools and their durations.

Tool (K)	K=1	K=2	K=3	K=4	K=5	K=6	K=7	K=8	K=9	K=10	K=11	K=12
Tool Name	End Mill Ø14	End Mill Ø12	End Mill Ø80	End Mill Ø16 R2	End Mill Ø14 R2	End Mill Ø12 R2	End Mill Ø10 R2	End Mill Ø8 R2	Ball Nose Ø16	Ball Nose Ø12	Ball Nose Ø10	Ball Nose Ø8

Below the table, there is a section titled "Tool that will be used and duration" with a table showing the duration for each operation.

Operation	Tool (K)	Duration (minutes)
Operation 1	1	45
Operation 2	2	30
Operation 3	9	40
Operation 4	11	20
Operation 5	10	50
Operation 6	8	35
Operation 7	12	20
Operation 8	X	Time (minutes)

Gambar 4 Mendaftarkan Pekerjaan 2.2 ke dalam aplikasi SFC

waktu nyata benda kerja masuk ke *pallet stocker* dan keluar dari *pallet stocker*, waktu nyata benda kerja masuk ke dalam mesin dan keluar dari mesin, serta penggunaan pahat dan durasinya.

Setelah operator mendaftarkan seluruh benda kerja yang telah terjadwal, muncullah jadwal mesin pada jendela “*Machines Schedule*”, seperti pada Gambar 7. Selain jadwal mesin, terdapat total durasi pengerjaan sebuah mesin dan kondisi benda kerja, seperti “*Raw*” atau benda kerja yang belum dikerjakan, “*Work in Process*” atau benda kerja yang sedang dikerjakan, “*Finished*” atau benda kerja yang sudah selesai dikerjakan, dan “*Outside System*” atau benda kerja belum dimasukkan ke dalam sistem atau sudah dikeluarkan dari sistem.

Setelah seluruh pekerjaan telah didaftarkan dan dipastikan data yang diisi sudah benar, kemudian benda kerja dapat dimasukkan ke dalam sistem melalui *loading/unloading station* sesuai jadwal yang telah dibuat. Setelah benda kerja dimasukkan melalui *microcontroller* pada *loading/unloading station*, lokasi dan nomor RFID akan terisi secara otomatis sehingga operator dapat mengonfirmasi dengan menekan tombol “*Move*” pada SFC, seperti pada Gambar 8. Setelah

Products List

Emergency: Retrieve Unfinished Products

Print: Products Status

*Edit are only for product that is still outside the system.
 **Delete are only for product that is still outside the system, changed, or retrieved.
 ***Product can only be edited or deleted by user that make the product.

Job.Stage	RFID	Machine	Machine Queue	Condition	Position	Registered By	View More	Edit*	Delete**
1.1	E46FDC02	Machine A	Queue 4	Raw	Outside System	Mikha Elroy	More	Edit	Delete
2.1	F983959D	Machine D	Queue 1	Raw	Outside System	Mikha Elroy	More	Edit	Delete
2.2	E994839D	Machine A	Queue 5	Raw	Outside System	Mikha Elroy	More	Edit	Delete
3.1	990A7D9D	Machine B	Queue 1	Raw	Outside System	Mikha Elroy	More	Edit	Delete
3.2	996E989D	Machine C	Queue 5	Raw	Outside System	Mikha Elroy	More	Edit	Delete
4.1	49677E9D	Machine D	Queue 2	Raw	Outside System	Mikha Elroy	More	Edit	Delete
4.2	59D9919D	Machine C	Queue 7	Raw	Outside System	Mikha Elroy	More	Edit	Delete
5.1	940D5403	Machine A	Queue 3	Raw	Outside System	Mikha Elroy	More	Edit	Delete
6.1	0431DC02	Machine C	Queue 3	Raw	Outside System	Mikha Elroy	More	Edit	Delete
7.1	E95C7E9D	Machine B	Queue 2	Raw	Outside System	Mikha Elroy	More	Edit	Delete

Condition Info:

Finished

Work in process

Raw

Outside System

FileMaSys by Mikha Elroy, Copyright © 2019

Gambar 5 Daftar benda kerja pada aplikasi SFC.

tombol “Move” ditekan, muncul konfirmasi dari aplikasi SFC bahwa pekerjaan telah dipindahkan ke lokasi tujuan seperti pada Gambar 9.

Pada jendela “*Products Position*”, seperti Gambar 10, terdapat monitor bahwa sedang dilaksanakan pergantian permukaan benda kerja pada *loading/unloading Station 1* dan 2 serta lokasi-lokasi benda kerja lainnya setelah langkah 19 dilakukan. Pada jendela “*Product List*”, seperti Gambar 11, terdapat lokasi dan kondisi benda kerja setelah langkah 19 dilakukan.

Berdasarkan pengujian, aplikasi SFC dapat digunakan dan mampu menghadapi kejadian, seperti tertukarnya benda kerja yang berada di tempat yang tidak seharusnya. Karena FMS memindahkan benda kerja tanpa operator, kemungkinan terjadinya kesalahan sangatlah kecil. Contoh lainnya, ketika *loading/unloading station* keduanya sudah terisi oleh benda kerja, maka benda kerja lainnya tidak dapat masuk ke dalam *loading/unloading station* dari dalam maupun luar sistem. Kasus lainnya, ketika benda kerja belum berada dalam sistem, namun terdeteksi oleh RFID reader dalam mesin, maka pesan

Job.Stage: 2.2

Registered on 2019-06-29 20:12:54 by Mikha Elroy

Edit

Delete

RFID	Machine	Machine Queue	Condition	Position
E994839D	Machine A	Queue 5	Raw	Outside System

Inventory Real Time Information

Raw Inventory In (Real Time)	Raw Inventory Out (Real Time)	Finished Inventory In (Real Time)	Finished Inventory Out (Real Time)

Machine Real Time Information

Total Duration (Scheduled)	Machine In (Real Time)	Machine Out (Real Time)
240 minutes		

	Operation 1	Operation 2	Operation 3	Operation 4	Operation 5	Operation 6	Operation 7	Operation 8	Operation 9	Operation 10	Operation 11	Operation 12
Tool (K)	1	2	9	11	10	8	12					
Duration (min)	45	30	40	20	50	35	20					

Tool Info

Tool (K)	K = 1	K = 2	K = 3	K = 4	K = 5	K = 6	K = 7	K = 8	K = 9	K = 10	K = 11	K = 12
Tool Name	End Mill Ø14	End Mill Ø12	End Mill Ø80	End Mill Ø16 R2	End Mill Ø14 R2	End Mill Ø12 R2	End Mill Ø10 R2	End Mill Ø8 R2	Ball Nose Ø16	Ball Nose Ø12	Ball Nose Ø10	Ball Nose Ø8

FileMaSys by Mikha Elroy, Copyright © 2019

Gambar 6 Informasi Benda Kerja 2.2 pada aplikasi SFC.

Machines Schedule

	Queue 01	Queue 02	Queue 03	Queue 04	Queue 05	Queue 06	Queue 07	Queue 08	Queue 09	Queue 10	Total Time
Machine A	12.1	10.1	9.1	1.1	2.2	11.2	X.X	X.X	X.X	X.X	1210 Minutes
Machine B	3.1	7.1	11.1	15.1	10.2	13.2	8.2	X.X	X.X	X.X	1320 Minutes
Machine C	9.1	8.1	6.1	14.1	3.2	12.2	4.2	X.X	X.X	X.X	1310 Minutes
Machine D	2.1	4.1	13.1	9.2	7.2	X.X	X.X	X.X	X.X	X.X	1200 Minutes

Condition Info:

Finished

Work in process

Raw

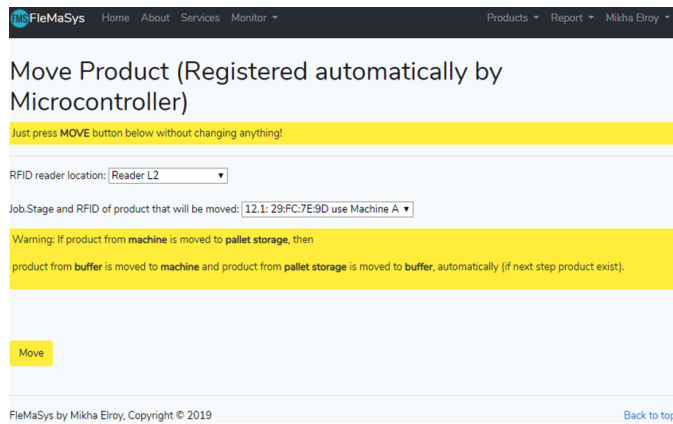
Outside System

FileMaSys by Mikha Elroy, Copyright © 2019

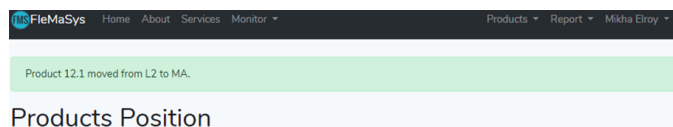
Gambar 7 Jadwal mesin dan pekerjaan pada aplikasi SFC.

peringatan akan muncul. Aplikasi SFC juga mampu menghadapi masalah, seperti gangguan dalam mesin atau *router Wifi*. Dengan demikian, aplikasi SFC dapat digunakan bagi operator untuk mengawasi lokasi benda kerja secara *real time* dan *online* serta membutuhkan konfirmasi perpindahan benda kerja.

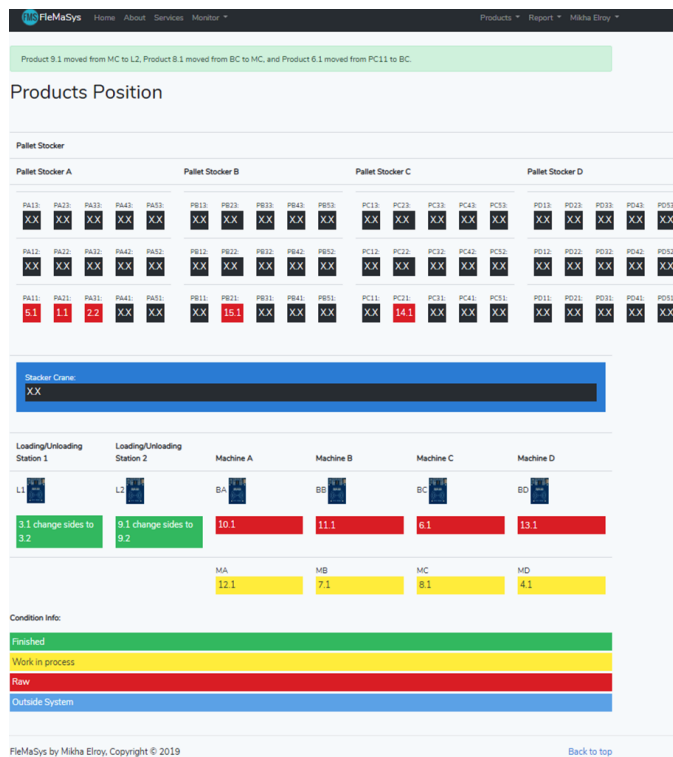
Perancangan Model *Real Time - Shop Floor Control System* untuk *Flexible Manufacturing System*



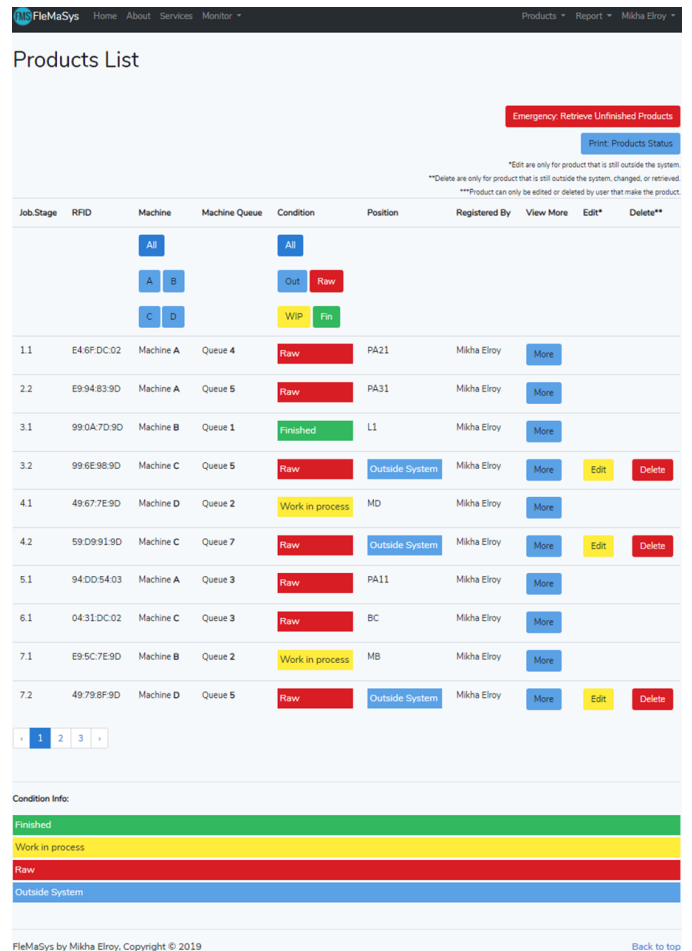
Gambar 8 Konfirmasi operator terhadap perpindahan pada jendela “*Move Product*” untuk Pekerjaan 12.1 dari *loading/unloading Station 2*



Gambar 9 Konfirmasi SFC Pekerjaan 12.1 telah dipindahkan menuju Machine A.



Gambar 10 Pekerjaan 3 dan 9 sedang mengganti *fixture* dan permukaan benda kerja pada *loading/unloading Station*.



Gambar 11 Kondisi Pekerjaan pada Daftar Benda Kerja pada aplikasi SFC.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan pengembangan model dan pengujiannya dapat disimpulkan bahwa diperlukan model *hardware* dan *software* untuk membangun Model *Real Time Shop Floor Control System* untuk FMS berupa: NodeMCU ESP8266, *database* phpMyAdmin, dan *framework* Laravel.

Rancangan model *shop floor control system* dapat memberikan *feedback* berupa lokasi dan waktu ketika benda kerja dimasukkan kedalam mesin dan ketika dikeluarkan dari mesin. Dengan data tersebut, dapat diketahui durasi permesinan yang dapat digunakan sebagai referensi untuk penjadwalan berikutnya.

Dari pengujian yang telah dilakukan, ditemukan beberapa saran untuk pengembangan aplikasi SFC pada FMS, yaitu dengan menambahkan modul *infrared* atau mikro GPS pada *stacker crane* untuk mengetahui lokasi yang tepat dan mengunggah data lokasi secara *real-time*.

DAFTAR REFERENSI

- [1] H. Kagermann, W. Wahlster, dan J. Helbig, *Recommendations for implementing the strategic initiative industrie 4.0*, Federal Ministry of Education and Research, 2013.
- [2] McKinsey & Co. “*Industry 4.0: How to navigate digitization of the manufacturing sector*,” 1 April 2015. [Daring]. Tersedia: <https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/industry-four-point-o-how-to-navigae-the-digitization-of-the-manufacturing-sector>.
- [3] H. K. Shivanand, M. M. Benal, dan V. Koti, *Flexible Manufacturing System*, New Delhi: New Age International (P) Limited, Publishers, 2006.
- [4] A. Setiawan, R. Wangsaputra, Y. Y. Martawirya, dan A. H. Halim, “An object-oriented modelling approach for production scheduling on CNC-machines in flexible manufacturing system to maximize cutting tool utilization,” *Journal of Advanced Manufacturing System*, vol. 18, hlm. 293-310, 2019.
- [5] A. Setiawan, L. Qashmal, R. Wangsaputra, Y. Y. Martawirya, dan A. H. Halim, “An object-oriented modelling of production scheduling for flexible manufacturing system,” *Applied Mechanic and Materials*, vol. 842, hlm. 345-354, 2016.
- [6] D. D. Bedworth dan J. E. Bailey, *Integrated Production Control Systems: Management, Analysis, Design*, 2/E, Canada: John Wiley & Sons, Inc., 1982.
- [7] Prof. Y. Y. Martawirya. Diktat Kuliah, Topik: “Sistem produksi terdistribusi-mandiri (SPTM) I: pengembangan konsep dan implementasi di industri jenis produksi kontinyu (berulang),” Mechanical Production Engineering FTMD-ITB- Bandung, 2009.
- [8] F. Z. Gunarto, “Perancangan sistem pengisian dan pembacaan data informasi benda kerja pada *flexible manufacturing system* dengan memanfaatkan teknologi radio frequency identification,” Tugas Akhir, Departemen Teknik Industri, Institut Teknologi Harapan Bangsa, Bandung, 2019.
- [9] M. Hilmanto, “Model penjadwalan *flexible manufacturing system* dengan memperhatikan sistem penanganan material, Tugas Akhir, Departemen Teknik Industri, Institut Teknologi Harapan Bangsa, Bandung, 2018.
- [10] A. Setiawan, R. Wangsaputra, Y. Y. Martawirya, dan A. H. Halim, “A production scheduling model considering cutting tools for an FMS to minimize makespan,” dalam *Proceedings of the A Engineering & Management Systems Conference*, 2015.

Ari Setiawan, menempuh pendidikan S1 Teknik Mesin di ITB dan lulus pada tahun 1990. Pendidikan S2 Magister Teknik dan Manajemen Industri diperoleh di ITB pada tahun 1997. Gelar Doktor juga diperoleh di ITB dan lulus pada tahun 2017. Minat penelitian: perancangan produk, proses produksi, dan *maintenance*.

Mikha Elroy, kelahiran Jakarta, menyelesaikan studi S1 program studi Teknik Industri Institut Teknologi Harapan Bangsa pada tahun 2019. Saat ini bekerja di Honda.