

Integrasi Digital Lean Automation dengan IoT untuk Efisiensi Proses Assembly di Industri Otomotif

Lifia Citra Ramadhanti^{*1}, Ida Bagus Sumantri², Ade Koswara³

^{1,2,3}Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Tangerang Raya, Indonesia
e-mail: ^{*1}lifiacr@untara.ac.id, ²ba9oez.sumantri@gmail.com, ³aderr193@gmail.com

Abstract

In increasing company profits, several approaches are needed in the business process. Along with the times, consumers have a high demand in terms of a product. One of them is the lego car product that can be used as a prototype of learning in the manufacturing industry. The higher demand, the company is required to be able to implement a lean system in producing such demand. By digital lean-approach, it is still not optimal because of the development of current technology. Therefore, the existence of a digital lean approach supported by a technological approach (IoT) which maximizes the automation line (full automated line). Based on the layouts, by applying semi-automation at the starting point for companies that are just starting to implement a digital lean application will greatly help companies in reducing costs in terms of time wasted because many operators are waiting and also finished products can be finished on time so the company will have high profits from customers. By the application of digital lean such as semi-automation line can help in the removal of defects in a temporary process, eliminating waste in a process by increasing value for end-users.

Keywords : *digital lean automation, IoT, lego car assembly, yamazumi chart, GD. findi simulation*

Abstrak

Dalam meningkatkan laba perusahaan, diperlukan beberapa pendekatan dalam proses bisnisnya. Seiring dengan perkembangan zaman, konsumen memiliki permintaan yang tinggi dalam hal suatu produk. Salah satunya adalah produk mobil lego yang dapat dijadikan sebagai prototipe pembelajaran di industri manufaktur. Semakin tinggi permintaan, maka perusahaan dituntut untuk dapat menerapkan sistem lean dalam memproduksi permintaan tersebut. Dengan pendekatan digital lean masih belum optimal karena perkembangan teknologi saat ini. Oleh karena itu, adanya pendekatan digital lean didukung oleh pendekatan teknologi (IoT) yang memaksimalkan jalur otomatisasi (full automatic line). Berdasarkan layout, dengan menerapkan semi otomatisasi pada titik awal bagi perusahaan yang baru mulai menerapkan aplikasi lean digital akan sangat membantu perusahaan dalam mengurangi biaya dari segi waktu yang terbuang karena banyak operator yang menunggu dan juga produk jadi dapat diselesaikan tepat waktu sehingga perusahaan akan memperoleh keuntungan yang tinggi dari pelanggan. Dengan penerapan digital lean seperti semi-otomatisasi line dapat membantu dalam menghilangkan cacat dalam proses sementara, menghilangkan pemborosan dalam proses dengan meningkatkan nilai bagi pengguna akhir.

Kata Kunci: *Digital lean automation, IoT, Lego car assembly, Yamazumi chart, GD. Findi simulation*

PENDAHULUAN

Perkembangan di sektor industri manufaktur dan jasa yang semakin ketat menyebabkan persaingan secara terbuka dalam skala nasional dan internasional. Untuk dapat bertahan dan bersaing di pasar, sebuah perusahaan harus mengupayakan berbagai cara untuk menjadi yang terdepan dari para pesaing dengan menciptakan produk yang efisien dan berkualitas tinggi. Persaingan dalam dunia industri semakin memacu perusahaan manufaktur untuk meningkatkan hasil produksi yang berkualitas, harga murah, jumlah produksi banyak, pengiriman tepat waktu dengan tujuan untuk memberikan kepuasan pelanggan. Tindakan nyata yang sesuai adalah mengurangi pemborosan yang tidak mempunyai nilai tambah dalam berbagai hal termasuk penyediaan bahan baku, lalu lintas bahan, pergerakan operator, pergerakan alat dan mesin. Dengan adanya pengurangan pemborosan maka dapat

meningkatkan daya saing perusahaan (Buer et al., 2021; Ramadan & Salah, 2019; Valamede et al., 2020).

Industri otomotif memiliki potensi bisnis yang positif karena permintaan bertambah setiap waktu. Namun, untuk memenangkan kompetisi bisnis yang sangat berat, maka industri harus dapat menjalankan produksi secara lebih efisien. Untuk memenangkan persaingan yang semakin ketat di era modern ini yaitu dengan mempertahankan kualitas (Riani & Ramadhan, 2020).

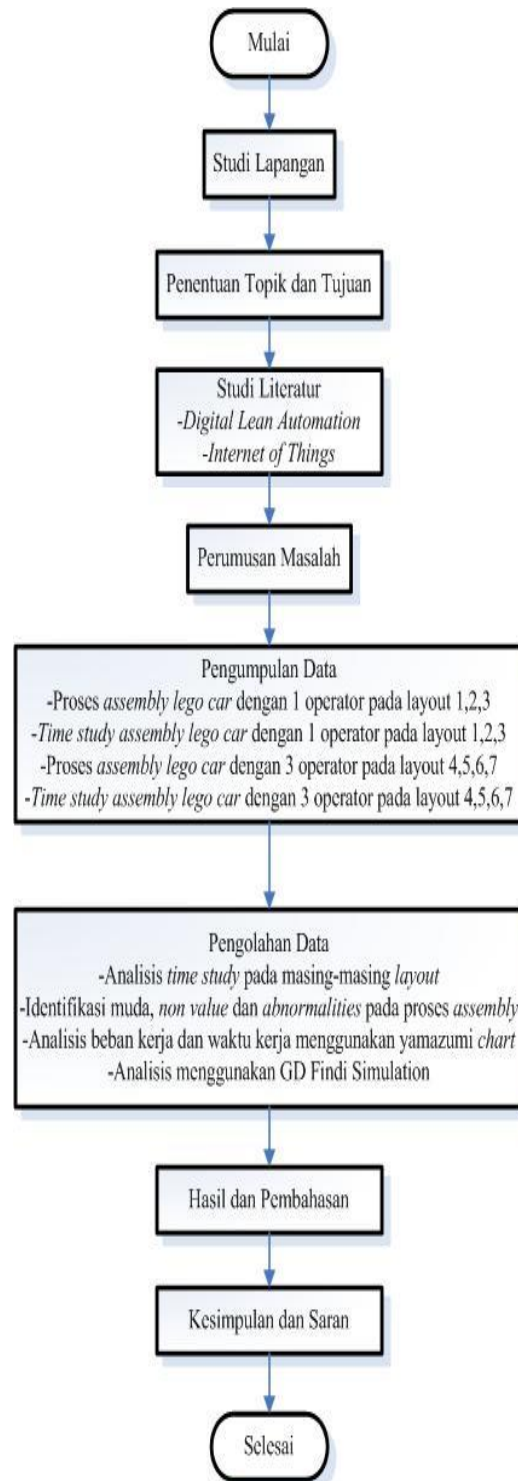
Saat ini, permasalahan yang dihadapi oleh industri otomotif adalah kurang efektifnya proses *assembly* yang dilakukan oleh operator karena masih banyak muda, *non value* dan abnormalities sehingga sedikit jumlah produk yang dihasilkan, produksi dalam waktu yang lama serta kualitas produk yang rendah.

Digital lean automation adalah salah satu konsep baru dari hasil transformasi *manual line*, *full automated line*, dan *semi-automated line* yang mengurangi penggunaan manusia menjadi penggunaan mesin (Romero et al., 2019). *Internet of things* (IoT) adalah konsep yang bertujuan untuk memperluas manfaat dari konektivitas internet yang tersambung secara terus menerus dengan kemampuan *remote control*, berbagi data yang memiliki cara kerja dengan memanfaatkan argumentasi pemrograman yang menghasilkan interaksi antar mesin yang terhubung oleh internet (Sokibi & Widjaja, 2020). Penerapan IoT selama ini digunakan untuk komunikasi *machine to machine* pada seluruh bidang, salah satunya bidang industri atau bidang manufaktur. IoT akan mempermudah dalam mendapatkan data yang akurat dan berbasis sistem.

Berdasarkan penelitian terdahulu, menurut (Ito et al., 2020; Riani & Ramadhan, 2020), IoT sudah pernah diterapkan pada beberapa industri manufaktur, namun berintegrasi dengan metode lain seperti *quality control tools* dan pendekatan simulasi (Ben-Daya et al., 2019; Caputo et al., 2016). Oleh karena itu, tujuan penelitian ini adalah untuk mengintegrasikan penerapan *digital lean automation* dengan *internet of things* (IoT) untuk efisiensi proses *assembly* industri otomotif. Hal itu perlu untuk meningkatkan efisiensi proses produksi pada industri manufaktur salah satunya bidang otomotif dengan mengintegrasikan IoT dan *digital lean manufacturing*. Salah satu yang dapat dijadikan sebagai *prototype* dari pembelajaran di industri manufaktur otomotif adalah produk *lego car*. Karena semakin tinggi permintaan maka perusahaan dituntut untuk mampu menerapkan sistem *digital lean* dalam menghasilkan permintaan tersebut. Namun dengan pendekatan *digital lean* masih belum optimal karena perkembangan arus teknologi (Bounfour & Production, 2016). Oleh karena itu, perlu adanya pendekatan *digital lean* yang didukung oleh teknologi berbasis IoT yang dapat memaksimalkan jalur otomatisasi (*full automatic line*) khususnya pada permasalahan *assembly* produk otomotif (produksi *lego car*).

METODE PENELITIAN

Pada tahap ini menjelaskan tentang tahapan yang dapat memecahkan permasalahan penelitian. Tahap penelitian ini dimulai dari tahap studi lapangan sampai pada tahap penyelesaian. Oleh karena itu, dapat diperoleh sebuah kesimpulan yang merupakan hasil ringkasan dari penelitian ini dan saran yang akan disampaikan penulis. Diagram penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram Penelitian

Berdasarkan Gambar 1, inti dari tahapan penelitian ini adalah melakukan pengumpulan data diantaranya data aktivitas dan waktu yang disebut dengan *time study* dari waktu operasi *assembly lego car* yang dilakukan oleh operator, kemudian dianalisa waktunya untuk mengetahui *cycle time* dan *takt time* menggunakan beberapa *tools* pada *digital lean automation*. Hasil dari analisis tersebut berguna untuk mengetahui *muda*, *non value* dan *abnormalities* pada operasi tersebut. Penelitian ini mencoba beberapa *layout* untuk membandingkan waktu *assembly* yang dilakukan operator. Setelah itu, didapatkan *layout* terbaik, kemudian dilanjutkan analisis perbaikan berkelanjutan menggunakan GD.

Findi *simulation* guna mengurangi adanya muda, *non value* dan *abnormalities* serta mengetahui jumlah produk serta waktu yang dihasilkan melalui simulasi tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum melakukan pengolahan data, perlu melakukan pengumpulan data yang dikumpulkan menggunakan metode *time study* dengan alat bantu *stopwatch*. Data yang diambil adalah data waktu dalam unit *second* atau detik. Setelah data itu terkumpul, maka akan dilakukan pengolahan menggunakan rumus dasar excel dalam mencari nilai minimum, rata-rata dan maksimum dengan pendekatan yamazumi *chart*.

Berikut ini contoh hasil pengumpulan data untuk seluruh *layout*, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Pengumpulan Data Seluruh *Layout*

<i>Layout</i>	Op. 1			Op. 2			Op. 3		
	Min	Avg	Maks	Min	Avg	Maks	Min	Avg	Maks
1	59	64.5	76	0	0	0	0	0	0
2	57	60.8	68	0	0	0	0	0	0
3	54	58.9	62	0	0	0	0	0	0
4	21	23.9	30	15	19	21	14	17	20
5	11	16.4	21	17	21.6	26	15	17	18
6	18	19.5	21	19	23	26	16	18	22
7	13	15.9	21	16	17.6	19	16	17	20

(Hasil Pengumpulan Data)

Berdasarkan Tabel 1, pengumpulan data dilakukan secara langsung menggunakan alat bantu *stopwatch* yang dicatat dengan unit satuan detik. Tabel 1 merupakan olahan data mentah yang kemudian dihitung nilai minimum, rata-rata dan maksimum. Selanjutnya dari data tersebut akan dilakukan analisis bertahap. Tahap 1, analisis detail aktivitas *layout* 1. Analisis tersebut dilakukan dengan melakukan pencatatan waktu menggunakan *stopwatch* selama operator merakit produk. *Layout* 1 adalah desain tata letak alur perakitan dari *parts* menjadi produk. Pada *layout* 1, *lego car assembly* dilakukan oleh 1 operator dengan detail aktivitas seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Detail Aktivitas *Layout* 1

No	<i>Activity Sequences</i>
1	<i>Pick base with left hand & hold it</i>
2	<i>Pick & assy frame with right hand, left hand hold base</i>
3	<i>Pick & assy tire with right hand, left hand hold base</i>
4	<i>Visual check with both hands</i>
5	<i>Tire press fitting (auto machine) with right hand</i>
6	<i>Pick & assy rear with right hand, left hand hold base</i>
7	<i>Pick & assy front with right hand, left hand hold base</i>
8	<i>Pick & assy roof with right hand, left hand hold base</i>
9	<i>Visual check with both hands</i>
10	<i>Performance check (auto machine) with right hand</i>
11	<i>Frame fitting dimension check with right hand</i>
12	<i>Quality check with right hand</i>
13	<i>Appearance check with right hand</i>
14	<i>Packing</i>

(Hasil Pengumpulan Data)

Tahap 2, Analisis detail aktivitas *layout 2*. Analisis tersebut dilakukan dengan melakukan pencatatan waktu menggunakan *stopwatch* selama operator merakit produk. *Layout 2* adalah desain tata letak alur perakitan dari *parts* menjadi produk yang diperbaiki dari *layout* sebelumnya. Pada *layout 2*, *lego car assembly* dilakukan oleh 1 operator dengan detail aktivitas seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3 Detail Aktivitas *Layout 2*

No	Activity Sequences
1	<i>Pick Base with Left Hand & Hold it</i>
2	<i>Pick & Assy Rear with Right Hand, Left Hand Hold Base</i>
3	<i>Pick & Assy Tire with Right Hand, Left Hand Hold Base</i>
4	<i>Pick & Assy Front with Right Hand, Left Hand Hold Base</i>
5	<i>Visual Check with both hands</i>
6	<i>Tire press fitting (auto machine) with right hand</i>
7	<i>Pick & Assy Frame with Right Hand, Left Hand Hold Base</i>
8	<i>Pick & Assy Roof with Right Hand, Left Hand Hold Base</i>
9	<i>Visual Check with both hands</i>
10	<i>Performance Check (auto machine) with right hand</i>
11	<i>Frame fitting dimension check with right hand</i>
12	<i>Quality check with right hand</i>
13	<i>Appearance check with right hand</i>
14	<i>Packing</i>

(Hasil Pengumpulan Data)

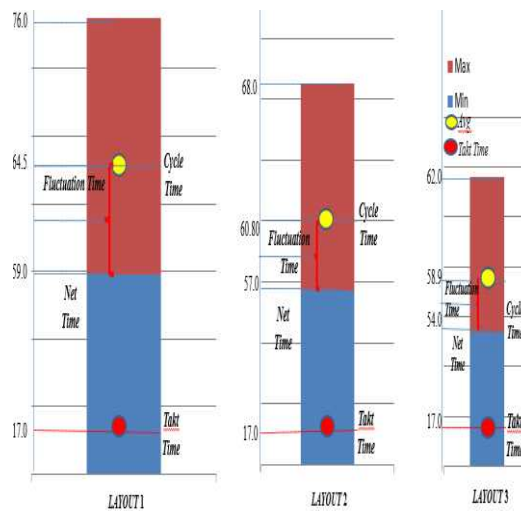
Tahap 3, Analisis detail aktivitas *layout 3*. Analisis tersebut dilakukan dengan melakukan pencatatan waktu menggunakan *stopwatch* selama operator merakit produk. *Layout 3* adalah desain tata letak alur perakitan dari *parts* menjadi produk yang diperbaiki dari *layout* sebelumnya. Pada *layout 3*, *lego car assembly* dilakukan oleh 1 operator dengan detail aktivitas seperti yang tunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4 Detail Aktivitas *Layout 3*

No	Activity Sequences
1	<i>Pick Base with Left Hand & Hold it</i>
2	<i>Pick & Assy Rear with Right Hand, Left Hand Hold Base</i>
3	<i>Pick & Assy Tire with Right Hand, Left Hand Hold Base</i>
4	<i>Pick & Assy Front with Right Hand, Left Hand Hold Base</i>
5	<i>Visual Check with both hands</i>
6	<i>Tire press fitting (auto machine) with right hand</i>
7	<i>Pick & Assy Frame with Right Hand, Left Hand Hold Base</i>
8	<i>Pick & Assy Roof with Right Hand, Left Hand Hold Base</i>
9	<i>Visual Check with both hands</i>
10	<i>Performance Check (auto machine) with right hand</i>
11	<i>All checks + Packing</i>

(Hasil Pengumpulan Data)

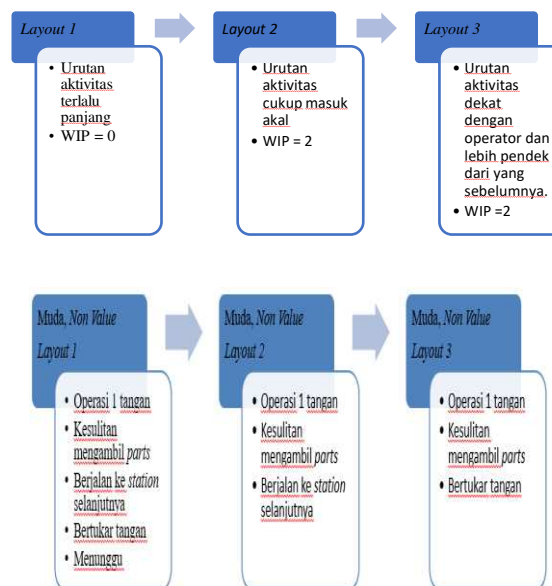
Berdasarkan Tabel 2, 3, 4, didapatkan *time study* dari masing-masing aktivitas yang kemudian dilanjutkan dengan analisa menggunakan *yamazumi chart*, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. *Yamazumi chart* adalah salah satu metode dari pendekatan *digital lean* untuk menentukan *layout* terbaik dengan membandingkan *cycle time* dan *takt time*. Jika *cycle time* > *takt time*, maka perusahaan tidak dapat memenuhi permintaan pelanggan. Jika *cycle time* < *takt time*, maka *overproduction*.



Gambar 2 Yamazumi Chart Layout 1,2,3

(Hasil Pengolahan Data)

Berdasarkan Gambar 2, cara menghitung *takt time* yaitu *working hours per shift* dibagi dengan banyaknya unit yang dibutuhkan per *shift*. *Net time* adalah waktu rata-rata. *Cycle time* adalah waktu maksimal, maka *fluctuation time* adalah range dari waktu rata-rata dengan waktu maksimal. Oleh karena itu, didapatkan hasil pada layout 1 memiliki waktu minimum 59 detik, rata-rata 64,5 detik dan maksimum 76 detik. Pada layout 2, memiliki waktu minimum 57 detik, rata-rata 60,80 detik, maksimum 68 detik. Pada layout 3, memiliki waktu minimum 54 detik, rata-rata 58,9 detik dan maksimal 62 detik. Untuk *takt time* pada ketiga layout ini adalah 17 detik. Analisis dari ketiga layout tersebut yaitu seimbang karena mengalami penurunan waktu. Pada layout 1 dan 2, *cycle time* lebih besar daripada *takt time* sehingga operator tidak dapat memenuhi permintaan pelanggan akan produk mobil lego. Pada layout 3, *cycle time* lebih besar daripada *takt time* sehingga dengan layout ini operator tetap tidak dapat memenuhi permintaan pelanggan. Oleh karena itu, masih diperlukan perbaikan sistem. Sebelum melakukan perbaikan, perlu melakukan identifikasi muda, *waste* dan *abnormalities*. Berikut ini detail transisi pengurangan muda dari masing-masing layout seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.

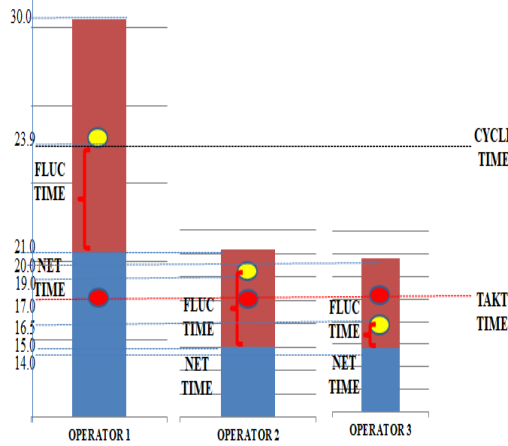


Gambar 3 Detail Transisi Pengurangan Muda dan Non Value

(Hasil Pengolahan Data)

Setelah mengetahui muda, waste dan abnormalities seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3, maka dapat dilakukan perbaikan dengan menambah operator menjadi 3 orang dan mengubah layout. Gambar 4 menunjukan hasil yamazumi chart pada layout 4 yaitu menggunakan 3 operator dengan perbaikan layout dari layout sebelumnya dan menggunakan cara yang sama seperti pada layout 1, 2, dan 3.

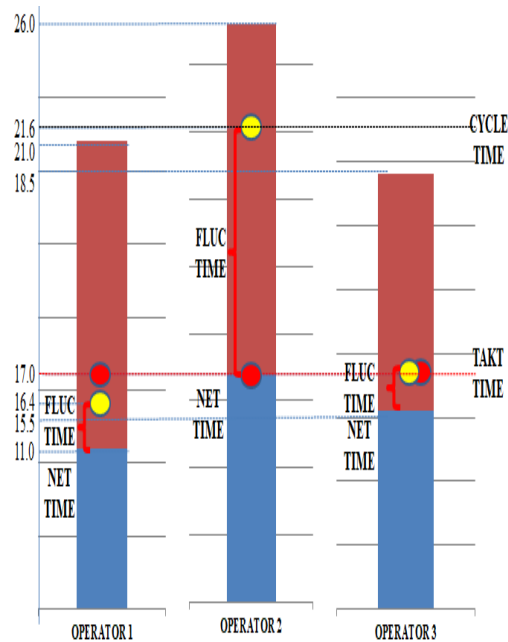
Berikut ini hasil time study pada layout 4 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4 Yamazumi Chart Layout 4

(Hasil Pengolahan Data)

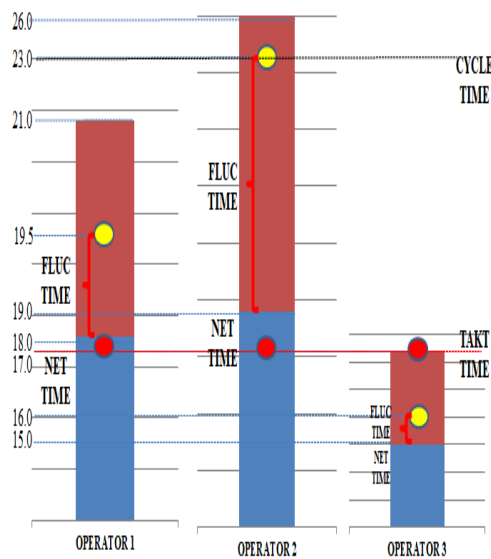
Selanjutnya adalah menunjukan hasil yamazumi chart pada layout 5 yaitu menggunakan 3 operator dengan perbaikan layout dari layout sebelumnya dan menggunakan cara yang sama seperti pada layout 1, 2, 3, dan 4. Berikut ini hasil time study pada layout 5 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5 Yamazumi Chart Layout 5

(Hasil Pengolahan Data)

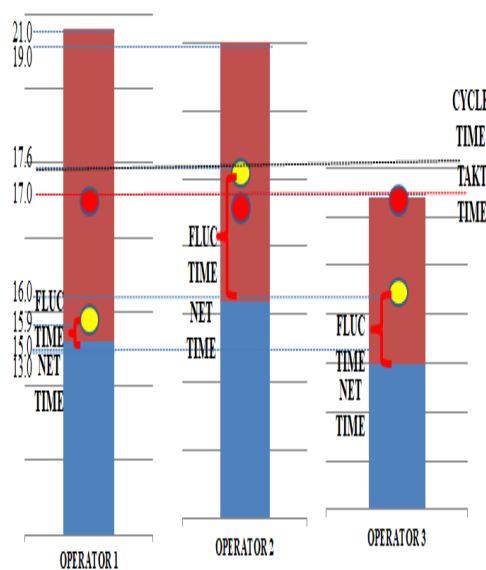
Selanjutnya adalah menunjukan hasil yamazumi chart pada layout 6 yaitu menggunakan 3 operator dengan perbaikan layout dari layout sebelumnya dan menggunakan cara yang sama seperti pada layout 1, 2, 3, 4, dan 5. Berikut ini hasil time study pada layout 6 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6 Yamazumi Chart Layout 6

(Hasil Pengolahan Data)

Selanjutnya adalah menunjukkan hasil *yamazumi chart* pada *layout 7* yaitu menggunakan 3 operator dengan perbaikan *layout* dari *layout* sebelumnya dan menggunakan cara yang sama seperti pada *layout 1, 2, 3, 4, 5, dan 6*. Berikut ini hasil *time study* pada *layout 7* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.



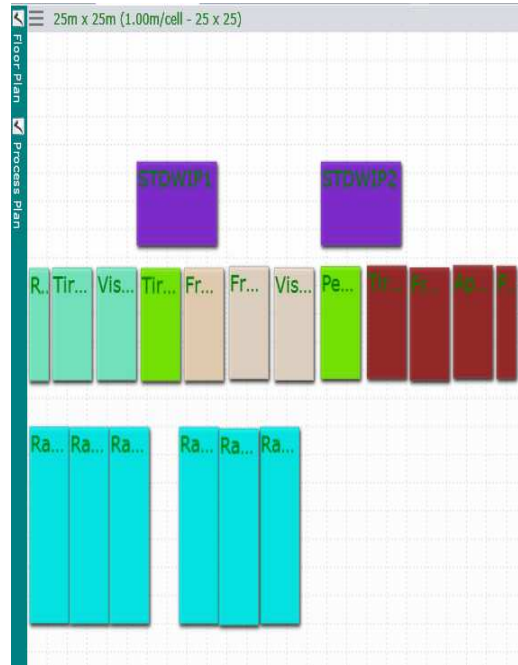
Gambar 7 Yamazumi Chart Layout 7

(Hasil Pengolahan Data)

Berdasarkan Gambar 4, 5, 6, dan 7 menunjukkan perbaikan. Khususnya untuk *net time* dan *fluctuation time* di seluruh *layout* menurun karena implementasi dari perbaikan berkelanjutan/*kaizen* seperti pada *layout 6* yang menggunakan *new equipment* seperti rak dan *part feeders, jig dan fixture*. Selain itu, juga terdapat *outline operator* yang dapat membantu dalam pengisian ulang *parts* pada *blue box, rak dan part feeders*.

Setelah menganalisa beberapa *layout*, didapatkan *layout* terbaik yaitu *layout 7*. Namun, pada *layout* tersebut masih terdapat muda walaupun sudah menggunakan 3 operator dan dengan adanya WIP

standard yaitu bagian yang berputar sehingga memungkinkan part terjatuh. Setelah mengetahui tata letak dan melakukan *time study*, hasilnya dapat dianalisis dengan perbaikan berkelanjutan atau disebut *kaizen* dengan mengidentifikasi *muda*, *non-value*, *abnormalities*, *net time* dan *fluctuation time*. Berikut ini analisa lanjutan *layout 7* yang masih terdapat *muda* dengan menggunakan software simulasi berbasis IoT yaitu GD. findi *simulation* seperti ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8 *Floor Plan Layout 7*

(Hasil Pengolahan Data)

Gambar 8 adalah langkah 1 yang dilakukan saat menggunakan simulasi GD. Findi yaitu dengan membuat *workstation/floor plan* sesuai proses *assembly*. Berikut ini detail *workstation* pada masing-masing operator pada *software* GD. Findi *simulation*.

Operator 1

1. *Rear & base assembly*
2. *Tire assembly*
3. *Visual check 1*
4. *Tire press fitting (auto machine)*

Operator 2

5. *Frame assembly*
6. *Front & roof assembly*
7. *Visual check 2*
8. *Performance check (auto machine)*

Operator 3

9. *Tire press checking*
10. *Frame fitting dimension check*
11. *Appearance check*
12. *Packing*

Rack & Part Feeders

1. *Rack & part feeders rear*
2. *Rack & part feeders base*
3. *Rack & part feeders tire*
4. *Rack & part feeders frame*
5. *Rack & part feeders front*
6. *Rack & part feeders roof*

Setelah membuat *workstation* pada software, maka perlu melengkapi aktivitas pada station tersebut. Berikut ini *station activity* pada GD. Finti *simulation* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9.

Product	Process	Assignments	Work time	Dispersion	Position	Behavior	Activation
AppCheck	Appearance_Check	Operator2	4.5	1			
FrameAssy	Frame_Assy	Operator2	2.7	1			
FrameFDMCheck	Frame_Fitting_Dimension_Check	Operator2	3.5	1			
Front+RoofAssy	Front+Roof_Assy	Operator2	3.4	1			
Packng	Packng	Operator2	0	1			
PerformCheckAMC	Performance_Check_AMC		5	0			
Rack&ParFeeders_Base	Base			0			
Rack&ParFeeders_Frame	Frame			0			
Rack&ParFeeders_Front							

Gambar 9 Station Activity Layout 7

(Hasil Pengolahan Data)

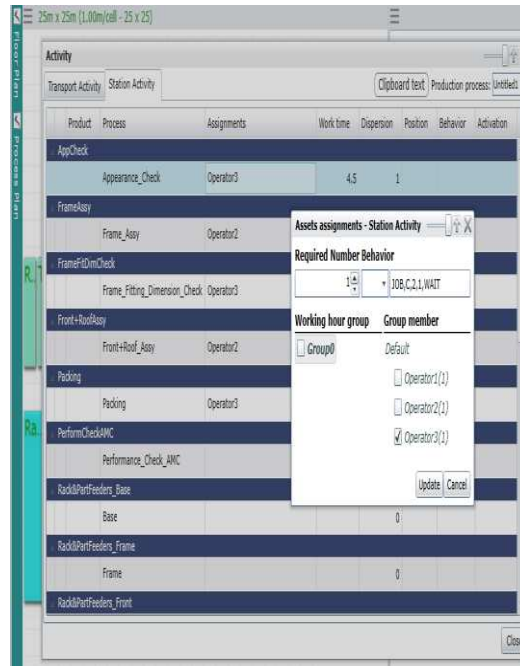
Kemudian lanjut dengan memberikan penentuan operator khususnya untuk *layout* terbaik dari hasil pendekatan *digital lean*. Berikut ini penugasan operator, dimana terdapat 3 operator yang bekerja pada *layout 7* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10.

Name	Agent model	Assets
Default	Worker_Standard	
MoveSpeed[m/s]	10000	
Width[m]	1	Operator1 1
Length[m]	1	Operator2 1
Rating	1	Operator3 1
Skill		

Gambar 10 Agent Designer Layout 7

(Hasil Pengolahan Data)

Berikut ini pembagian tugas pada masing-masing operator pada masing-masing lini seperti yang ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11 *Division of Tasks Layout 7*

(Hasil Pengolahan Data)

Berdasarkan *division of tasks* pada *layout 7*, terdapat beberapa nomor kebiasaan pada tiap proses *assembly*, berikut ini adalah detail kode yang digunakan pada masing-masing operator:

Operator 1

- *Rear & Base Assembly: JOB,A,0,1, WAIT*
- *Tire Assembly: JOB,A,1,1, WAIT*
- *Visual Check 1: JOB,A,2,1, WAIT*
- *Tire Press Fitting (Auto Machine): -*

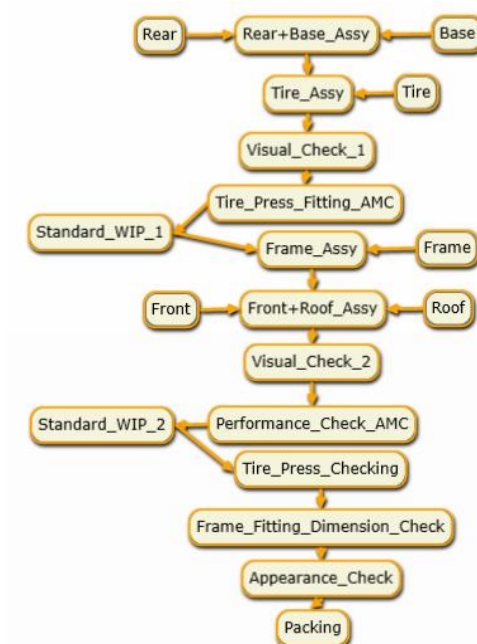
Operator 2

- *Frame Assembly: JOB,B,0,1, WAIT*
- *Front & Roof Assembly: JOB,B,1,1, WAIT*
- *Visual Check 2: JOB,B,2,1, WAIT*
- *Performance Check (Auto Machine): -*

Operator 3

- *Tire Press Checking: JOB,C,0,1, WAIT*
- *Frame Fitting Dimension Check: JOB,C,1,1, WAIT*
- *Appearance Check: JOB,C,2,1, WAIT*
- *Packing: JOB,C,3,1, WAIT*

Langkah selanjutnya adalah membuat *process plan* dari hasil *workstation*, penugasan operator yang telah dibuat. Berikut ini adalah *process plan* dari *layout 7* pada GD. Findi *simulation* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 12 *Process Plan Layout 7*

(Hasil Pengolahan Data)

Setelah menginput beberapa atribut kedalam *software* GD. findi *simulation*, maka didapatkan hasil berupa *production goal* atau *production order* dan juga *production cockpit* karena pada *layout* ini terdapat *equipment* baru seperti rak dan *part feeders* yang digunakan sebagai perbaikan berkelanjutan untuk meminimalisir muda, *non value* dan *abnormalities* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 13.



Gambar 13 *Production Cockpit Layout 7*

(Hasil Pengolahan Data)

Berdasarkan hasil diatas, hasil terbaru menggunakan *software* GD Findi *simulation* yaitu 10 *lego car* dengan waktu 3 menit 1 detik dengan hilangnya muda, *non value* dan *abnormalities*.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan analisis menggunakan penerapan *digital lean automation* pada perusahaan terbukti dapat memaksimalkan sumber daya dan tetap fokus pada pengurangan muda, *non-value* dan *abnormalities* pada proses *assembly* di perusahaan dengan tujuan akhir yaitu kepuasan pelanggan. Beberapa kegunaan lain seperti produk yang berkualitas tinggi, biaya produksi yang rendah dan lingkungan kerja yang terorganisir dan rapi serta juga meminimalkan pemborosan dan waktu tunggu.

Selain menggunakan pendekatan *digital lean*, juga dapat diintegrasikan dengan menggunakan pendekatan *internet of things* (IoT) berupa simulasi seperti *software GD*. Findi dapat membantu untuk melihat dan memahami sistem dalam model. Model dalam suatu proses yang dapat memodelkan secara signifikan sehingga dapat diketahui kekurangan yang terdapat dalam model tersebut. Oleh karena itu, untuk mensimulasikan perancangan suatu proses *assembly* yang bertujuan untuk mengurangi pemborosan dapat menggunakan GD. Findi *simulation* berbasis IoT karena akan terlihat saat proses penyelesaian suatu produk yang diinginkan dan juga dapat mengetahui pemborosan yang masih dalam proses.

Saran dari penelitian ini untuk penelitian selanjutnya adalah melanjutkan analisa integrasi *digital lean automation* dan IoT pada bidang manufaktur otomotif lainnya yang berskala besar seperti industri mobil secara nyata atau sepeda motor.

DAFTAR PUSTAKA

- Ben-Daya, M., Hassini, E., & Bahroun, Z. (2019). Internet of things and supply chain management: a literature review. *International Journal of Production Research*, 57(15–16), 4719–4742.
- Bounfour, A., & Production, F. L. (2016). *Digital Futures , Digital Transformation*. Springer.
- Buer, S.-V., Semini, M., Strandhagen, J. O., & Sgarbossa, F. (2021). The complementary effect of lean manufacturing and digitalisation on operational performance. *International Journal of Production Research*, 59(7), 1976–1992.
- Caputo, A., Marzi, G., & Pellegrini, M. M. (2016). The internet of things in manufacturing innovation processes: development and application of a conceptual framework. *Business Process Management Journal*, 2(21), 1–8.
- Ito, T., Abd Rahman, M. S., Mohamad, E., Abd Rahman, A. A., & Salleh, M. R. (2020). Internet of things and simulation approach for decision support system in lean manufacturing. *Journal of Advanced Mechanical Design, Systems and Manufacturing*, 14(2). <https://doi.org/10.1299/jamdsm.2020jamdsm0027>
- Ramadan, M., & Salah, B. (2019). Smart lean manufacturing in the context of Industry 4.0: a case study. *International Journal of Industrial and Manufacturing Engineering*, 13(3), 174–181.
- Riani, L. P., & Ramadhan, A. N. (2020). Implementasi 4QC tools dan IOT sebagai pengendali kegagalan produk usaha batik fendy, klaten. *Jurnal Vokasi Administrasi Bisnis*, 2(1), 14–26. <https://doi.org/10.31334/abiwara.v2i1.1051>
- Romero, D., Gaiardelli, P., Powell, D., Wuest, T., & Thürer, M. (2019). Rethinking jidoka systems under automation & learning perspectives in the digital lean manufacturing world. *International Federation of Automatic Control*, 52(13), 899–903. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.11.309>
- Sokibi, P., & Widjaja, A. (2020). Implementasi perangkat IoT (internet of things) sebagai sistem pemantau dan pengendali kendaraan. *Jurnal BIT*, 1(0231), 1–8.
- Valamede, L. S., Akkari, A. C. S., & Cristina, A. (2020). Lean 4.0: A new holistic approach for the integration of lean manufacturing tools and digital technologies. *International Journal of Mathematical, Engineering and Management Sciences*, 5(5), 851–868.

Lifia Citra Ramadhanti, Ide Bagus Sumantri, Ade Koswara

Submitted: **16/11/2021**; Revised: **30/11/2021**; Accepted: **21/12/2021**; Published: **31/01/2022**