

Rancangan Model Konseptual dengan *Theory of Constraints* untuk Menyeimbangkan Lini Produksi dan Meningkatkan *Output* pada Industri Komponen Otomotif

(Design of Conceptual Model with Theory of Constraints to Line Balancing and Increase Output in the Automotive Component Industry)

Rachman Catur Kurniawan^{1*}, Iveline Anne Marie¹, Nora Azmi¹

¹Program Studi Magister Teknik Industri, Universitas Trisakti, Jakarta Barat, DKI Jakarta

*Corresponding Author: rachmancaturkurniawan@gmail.com

Received 01 September 2022, Revision 27 October 2022, Accepted 16 November 2022

Abstrak. Dewasa ini persaingan antar industri manufaktur meningkat secara pesat. Persaingan ini menyebabkan bersaingnya industri sejenis termasuk industri komponen otomotif. Untuk memenangi persaingan, industri manufaktur komponen otomotif harus melakukan berbagai macam cara perbaikan. Perbaikan yang dilakukan antara lain mengatur persediaan, penjadwalan, pengiriman, manajemen kualitas dan menghilangkan pemborosan. Berdasarkan observasi, permasalahan yang sering terjadi pada industri manufaktur komponen otomotif adalah tidak tercapainya *output* produksi dan tidak seimbang nya lini produksi sehingga muncul masalah seperti *waste* dan *bottleneck*. Tujuan penelitian ini adalah merancang model pada lini produksi untuk meningkatkan *output* produksi dan menyeimbangkan lini produksi. Metode yang digunakan untuk menganalisis dan menyelesaikan masalah ini adalah merancang model konseptual *Theory of Constraints* (ToC). Metode ini menginterpretasikan tahapan-tahapan yang terstruktur dan sistematis untuk menyelesaikan masalah pada industri manufaktur. Berdasarkan analisis, hasil penelitian ini menghasilkan model generik yang dapat digunakan pada industri komponen otomotif. Model yang ditawarkan dapat meningkatkan *output* produksi, menyeimbangkan beban kerja dan menghilangkan pemborosan.

Kata kunci: industri manufaktur, kapasitas produksi, *line balancing*, perancangan model, *theory of constraints*

Abstract. Nowadays, competition among manufaktur industries is increasing rapidly. This competition causes similar industries to compete, including the automotive component industry. To win the competition, the automotive component manufaktur industry must carry out various repair methods. Improvements made include managing inventory, scheduling, delivery, quality management and eliminating waste. Based on observations, problems that often occur in the automotive component manufaktur industry are not achieving production output and unbalanced production lines so that problems such as waste and bottleneck arise. The purpose of this research is to design a model on the production line to increase production output and balance the production line. The method used to analyze and solve this problem is to design a conceptual model of *Theory of Constraints* (ToC). This method interprets structured and systematic stages to solve problems in the manufaktur industry. Based on the analysis, the results of this study produce a generic model that can be used in the automotive component industry. The models offered can increase production output, balance workloads and eliminate waste.

Keywords: conceptual model, industry manufacture, line balancing, model design, production capacity, theory of constraints

1. Pendahuluan

Saat ini, perkembangan Industri Otomotif telah berkembang pesat (Setiawan et al., 2021). Menurut Kementerian Perindustrian, terdapat 22 Industri manufaktur yang tumbuh pada 2021 baik roda 2 dan roda 4. Pertumbuhan ini sejalan dengan berdirinya pabrik induk otomotif yang mana menyebabkan *supplier* komponen otomotif juga berkembang pesat dan timbulah persaingan antar industri komponen otomotif.

Menurut BPS tahun 2019 terdapat 1.791 perusahaan yang tergolong ke manufaktur otomotif sedang dan besar dan ada 648 manufaktur komponen otomotif. Pertumbuhan ini menyebabkan persaingan antar industri manufaktur komponen otomotif yang tersebar di Indonesia. Permasalahan yang sering terjadi pada industri manufaktur komponen otomotif adalah *bottleneck* yaitu tidak tercapainya produktifitas akibat ada salah satu stasiun kerja yang memiliki waktu kerja yang lama dan menghambat proses produksi (Kuldeep et al., 2016). Analisis permasalahan menggunakan metode TOC sehingga *bottleneck* tersebut dapat teratasi dan meningkatkan produktifitas produksi. Permasalahan lain adalah masalah pada *waste* atau pemborosan yaitu permasalahan yang sering terjadi di lini produksi sehingga proses produksi terhambat mengakibatkan pengiriman ke konsumen terlambat dan kepuasan pelanggan menurun (Goshime et al., 2019). Industri manufaktur akan melakukan perbaikan untuk mengatasi *bottleneck* dan *waste* agar produksi dapat berjalan lancar dan *cost* produksi rendah (Setiawan et al., 2022).

Bottleneck, pemborosan dan hambatan merupakan permasalahan yang sering terjadi pada lini produksi. *Bottleneck* adalah proses yang memiliki waktu terlama sehingga menyebabkan menumpuknya *Work in Process* (WIP) atau barang setengah jadi sehingga produktifitas tidak memenuhi target yang diharapkan (Wolniak et al., 2018). Pemborosan adalah kegiatan atau aktifitas yang tidak bernilai tambah dan terdapat 8 *waste* yaitu *Transportation, Inventory, Motion, Waiting, Overprocessing, Overproduction, Defect* dan *Underutilised People* (Vamsi et al., 2017). Hambatan yang sering terjadi pada proses produksi mulai dari perencanaan produksi yang kurang baik, pembelian dan kedatangan material terlambat, serta pengiriman barang ke konsumen tidak sesuai *lead time* (Rogowska & Urban, 2018).

Penelitian Abdurrahman et al. (2022) dan Afif & Sudarto (2022) mengalami masalah kapasitas produksi dan menurunnya kepercayaan konsumen kemudian dianalisis dengan pendekatan *lean* dengan menghilangkan pemborosan yang ada dan hasilnya pemborosan hilang, kapasitas naik dan kepercayaan konsumen naik. Penelitian Kristiana & Sunarni (2018) mengalami masalah *bottleneck* di salah satu stasiun kerja dan keterbatasan sumber daya (*resources*) yang menjadi *constraint* sehingga tidak tercapai *output* produksi. Analisis yang digunakan metode TOC dan berhasil mengilangkan *bottleneck*. Penelitian Christie & Moengin (2016) terdapat masalah kapasitas produksi yang kurang memadai untuk mencapai target produksi yang ditentukan kemudian dianalisis menggunakan metode TOC dan hasil perbaikannya di simulasi. Model merupakan representasi sederhana dari sistem nyata (Fabiani et al., 2019). Model juga merupakan representasi suatu proses yang mempengaruhi pada setiap faktor permasalahan yang ada secara signifikan (Trenggonowati et al., 2020). Penelitian Augusto et al. (2018) yang menggabungkan model TOC dengan *lean*. Penelitian Pacheco et al. (2018); Sagitta et al., (2020) Ahyan & Eddy Harahap (2021) yang menggabungkan *lean* dengan TOC untuk meningkatkan produktifitas dan pemborosan. Berdasarkan *literature*, metode yang digunakan hanya satu atau 2 metode saja yaitu *lean* dan TOC sehingga menjadi keterbatasan penelitian. Penelitian ini mencoba untuk merancang model konseptual TOC dengan menggabungkan metode *lean*, dan model PPIC sehingga menjadi hal yang terbaru dalam penelitian ini. Tujuan penelitian ini adalah untuk merancang model untuk meningkatkan *output* produksi dan menyeimbangkan lini produksi.

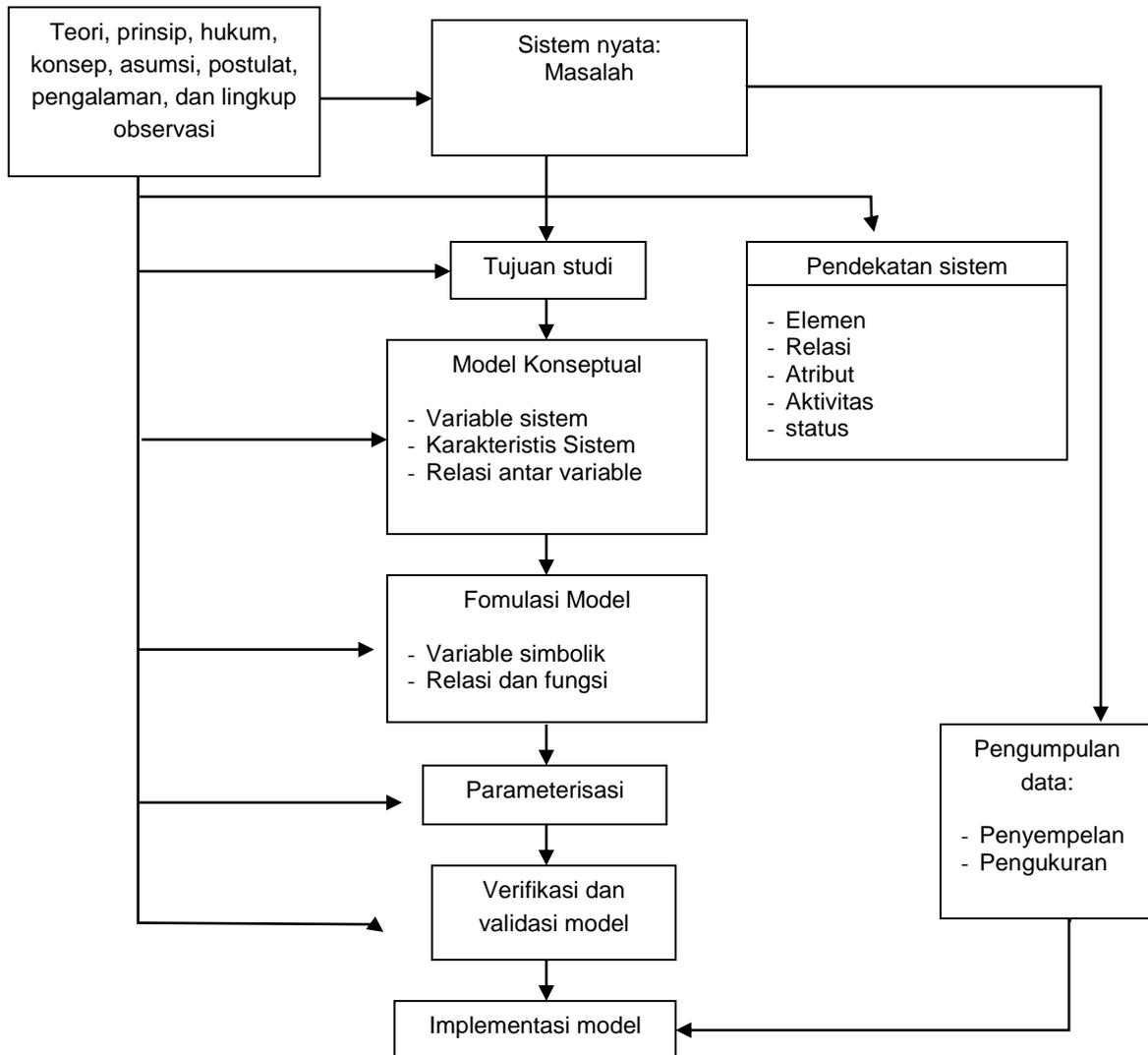
2. Metoda

Berdasarkan permasalahan, penelitian ini akan merancang model TOC dengan menggabungkan metode *lean*, dan model PPIC sehingga hasil model konseptual ini dapat diterapkan pada seluruh industri manufaktur komponen otomotif. Penelitian ini merupakan rancangan model yang mengikuti langkah-langkah TOC dan untuk menganalisis dan menyelesaikan masalah sehingga dapat mencapai lini produksi yang seimbang dan *output* yang maksimal. Penelitian ini termasuk penelitian kualitatif yaitu memberikan model yang terbaik untuk menyelesaikan masalah. Data yang didapatkan dari sumber literatur seperti artikel, laporan perusahaan dan kelembagaan. Observasi digunakan untuk mendapatkan data primer di lini produksi. Fokus penelitian ini dilakukan pada salah satu lini produksi *main assy* di industri komponen otomotif.

Pembuatan rancangan model dilakukan dengan mengamati faktor yang saling mempengaruhi kinerja pada sistem yang nantinya akan memudahkan dalam menentukan variabel. Variabel ini saling berkaitan dan nanti akan menentukan performa dari sistem yang di amati (Novianti et al., 2020). Terdapat 6 tahapan dalam merancang model (Simatupang, 1995):

1. Identifikasi masalah dan tujuan maksudnya sebelum kita merancang model, perlu mengetahui masalah apa yang terjadi dari sistem nyata dan tentukan tujuan untuk merancang model yang dilakukan.
2. Pendekatan sistem diartikan kita harus mengamati ada elemen apa aja yang terlibat, hubungan elemen itu apa dari satu elemen ke elemen lainnya, atribut apa yang digunakan, aktivitas-aktivitas apa yang dilakukan, dan status nya apa dari sistem nyata.
3. Membuat model konseptual artinya menggambarkan hubungan antar variabel dapat berupa diagram ataupun peta yang saling terhubung satu sama lain yang nantinya akan membatasi batasan dalam proses yang diamati dan dapat menentukan aspek mana yang relevan.
4. Formulasi model digunakan untuk upaya awal membangun model formal yang membuktikan ukuran performa dari sistem yang nantinya sebagai fungsi dari suatu variabel model
5. Proses verifikasi dan validasi artinya dalam tahap ini memverifikasi dan memvalidasi model yang sudah dirancang. Memverifikasi artinya mengecek hasil performa dan masalah dengan mengamati cara kerja dari model, biasanya berupa kuesioner yang berisi pertanyaan yang mendukung *statement* yang sudah dikeluarkan untuk merancang model. Memvalidasi adalah menjalankan model *step by step* dan meyakinkan dengan perhitungan data yang diperoleh.
6. Implementasi model yaitu mengaplikasi rancangan model yang sudah dibuat.

Langkah-langkah atau tahapan dalam merancang model dapat di lihat pada [Gambar 1](#)



Gambar 1 Langkah-langkah perancangan model (Simatupang, 1995)

Theory of constraints (TOC)

TOC merupakan pengembangan *software* dari *Optimized Production Technology* atau disingkat (OPT) yang menekankan pada optimisasi dari pemanfaatan stasiun kendala. TOC harus menghilangkan kendala, sehingga dapat diambil suatu tindakan untuk meminimalisir pengaruh hasilnya (*throughput*), biaya operasi dan persediaan (Kristiana & Sunarni, 2018)

Ada 5 langkah dalam TOC (Kuldeep et al., 2017): pertama Identifikasi kendala yang ada di sistem, kedua eksploitasi kendala pada sistem, ketiga Subordinasi segala sesuatu untuk mendukung dan membuat keputusan, keempat tingkatkan kemampuan kendala untuk memecahkan problem, kelima *repeat* maksudnya sama seperti perbaikan berkelanjutan.

Terdapat 3 model yang menggabungkan 2 metode yaitu TOC dengan *lean* (Augusto et al., 2018) yaitu model Antunes 1998 adalah melakukan perbaikan kecil pada tata letak manufaktur, model Gusmão 1998 adalah model yang digunakan pada industri kecil dan menengah dan model dettmer 2001 merupakan model untuk industri sedang dan besar dengan masalah yang rumit. Tahapan penelitian ini merujuk pada model yang diutarakan Dettmer yaitu dapat dilihat pada Tabel 1

Tabel 1 Model Dettmer Hubungan TOC dengan *lean*

Tahapan TOC	Lean Tools
1. Identify the Constraint	Identify the value stream Process Mapping Analysis of the routine Determination of the capacity Cell layout Standard Work Rules and Responsibilities Kanban Sizing of transfer lots
2. Exploit the system constraint	One piece flow Sizing of process lots Backward planning Bottleneck focus (SMED, Poka-Yoke, Kaizen, Work instructions) Kanban Buffer
3. Subordinate	Focus on CCRs (5S housekeeping, SMED, TPM, Kaizen, Training about Lean and TOC)
4. Increase the constraint	
5. Turn back to the step 1	

Sumber: Augusto et al. (2018)

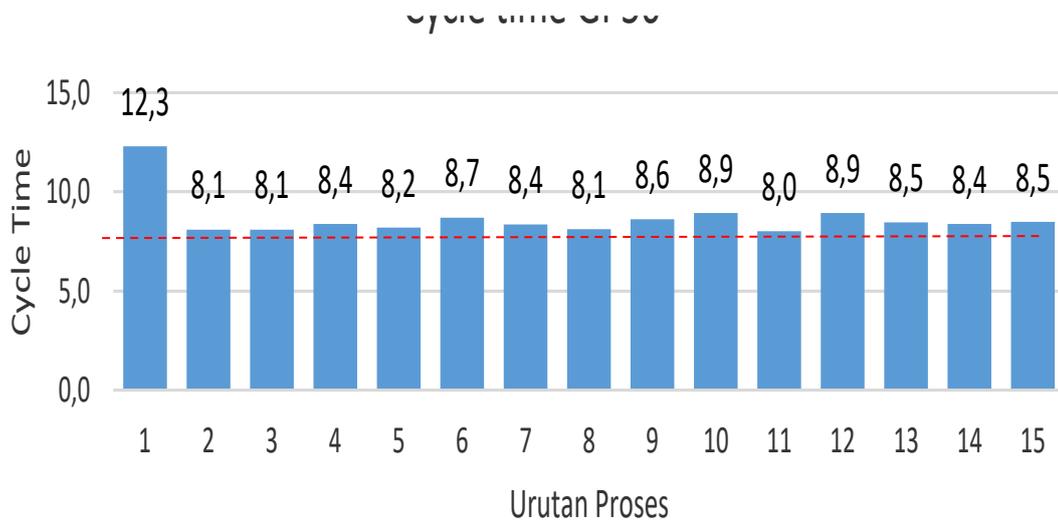
3. Hasil dan Pembahasan

Setelah kita sudah mengetahui apa itu model, bagaimana merancang model, sudah mengetahui TOC, *lean* dan model PPIC selanjutnya kita membuat model konseptual untuk meningkatkan *output* dan menyeimbangkan lini.

Terdapat 6 tahapan dalam merancang model:

1. Identifikasi masalah dan menentukan tujuan

Pada pendahuluan yang sudah diuraikan terdapat masalah pada lini perakitan yaitu hambatan atau *constraints*, *waste* atau pemborosan dan *bottleneck* serta belum adanya penggabungan 3 metode dan perancangan modelnya dengan tujuan meningkatkan *output* produksi dan menyeimbangkan lini produksi. Pada penelitian ini terdapat masalah pada salah satu proses yaitu proses pertama yang memiliki *cycle time* 12,3 detik dari standar perusahaan 10 detik dan dapat di lihat Gambar 2



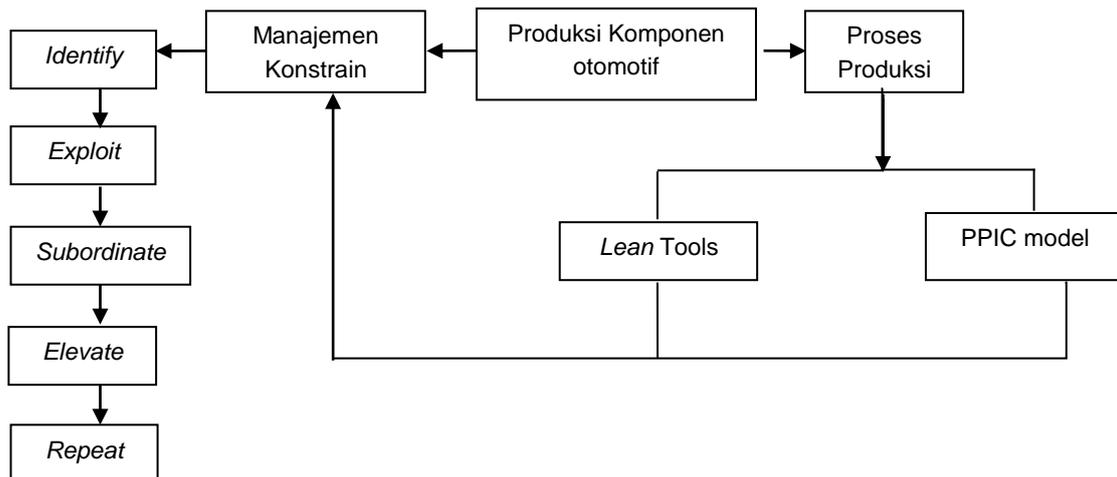
Gambar 2 Cycle time main assy

Gambar 2 menunjukkan bahwa ada satu proses yang *bottleneck* yaitu proses 1 yaitu pemasangan *cap & bearing oiles* yaitu 12,3 detik dari standar *cycle time* perusahaan 10 detik dan *bottleneck* terdapat indikasi adanya *waste motion* harus ada perbaikan untuk memperbaiki *bottleneck*.

2. Pendekatan sistem

Setelah kita sudah mengetahui masalah yang terjadi dan tujuannya maka selanjutnya pendekatan sistem yang artinya kita harus mengamati ada elemen apa saja yang terlibat. Jika dilihat pada sistem nyata elemen nyayaitu operator baik itu gerakan atau aktivitas lainnya, mesin, waktu proses, dan lainnya yang dapat mendukung gambaran sistem nyata secara jelas dan detail.

3. Membuat model konseptual



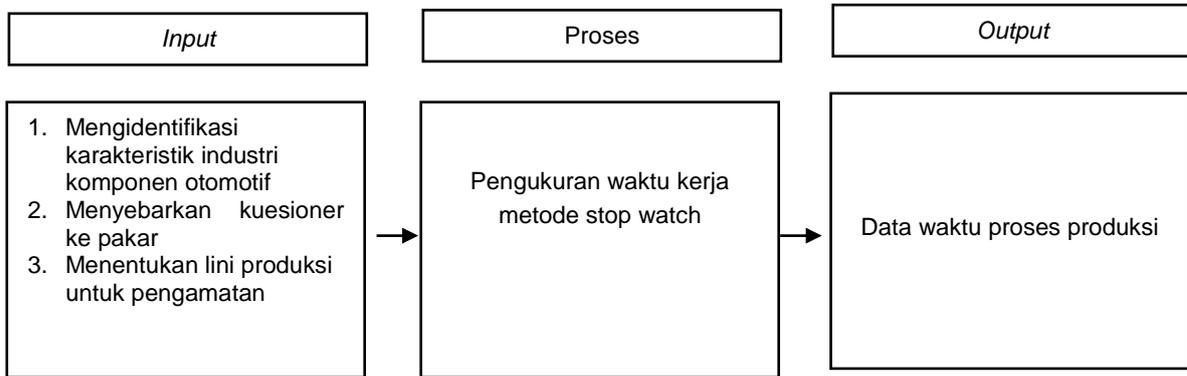
Gambar 3 Model konsptual

Gambar 3 merupakan model konseptual yang mengabungkan ke tiga metode yang artinya jika terdapat produksi komponen otomotif maka harus tahu kapasitas produksi yang diproduksi, jumlah produk yang diproduksi, waktu kedatangan *raw material* dan *lead time* pengiriman ke konsumen. Hal ini dapat diatur menggunakan model PPIC. Setelah mengetahui itu semua maka munculah masalah *output* tidak tercapai dan efisiensi lini produksi rendah karena pemborosan yang sudah di sebutkan diatas, yaitu ada 8 *waste* lalu di amati proses produksi dengan *lean* beserta *tools* dan biasanya menganalisis proses kerja menggunakan metode *time and motion study*.

4. Formulasi model

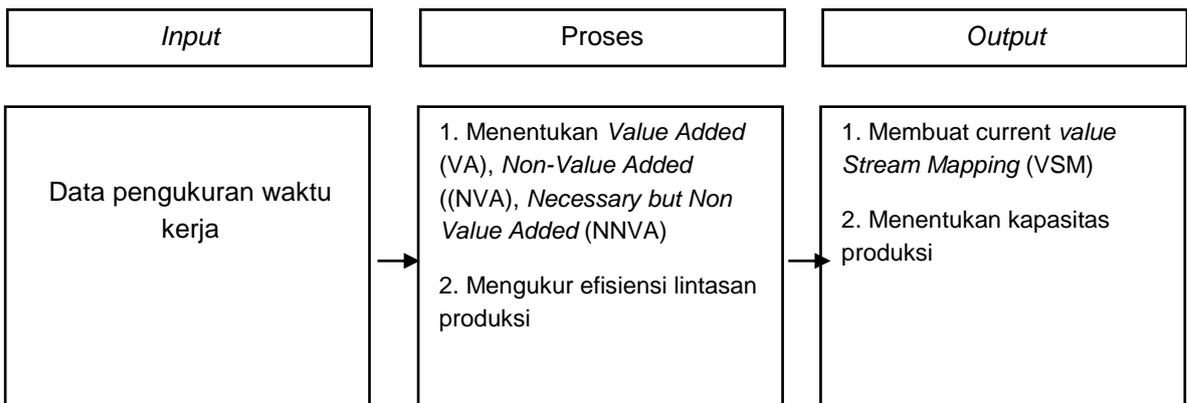
Formulasi model sama halnya merancang model artinya membuat bagian-bagian terkecil atau sub model sub model dari suatu metode yang akan digunakan kemudian terdapat *input*, proses dan *output* yang nanti nya digabungkan menjadi satu yaitu *big picture*.

Formulasi model dimulai dari sub model pertama indentifikasi masalah dan kebutuhan dalam memanfaatkan model pada [Gambar 4](#)



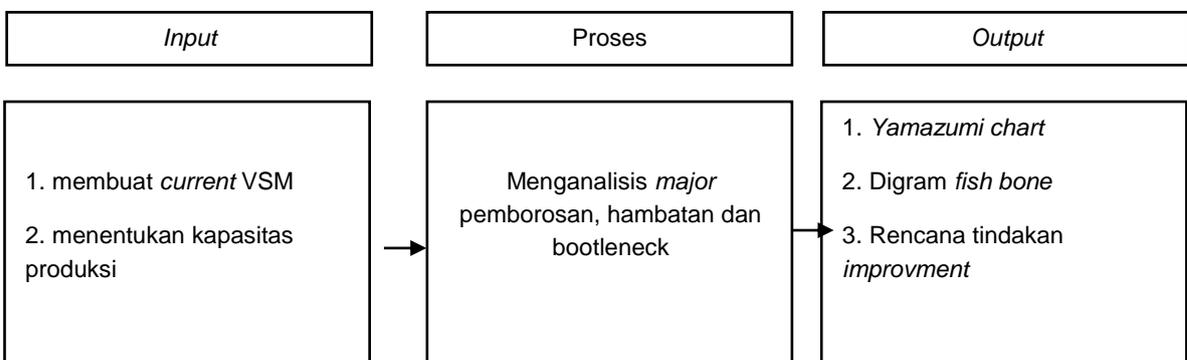
Gambar 4 Sub model 1 *indetify* dalam tahapan TOC

Kemudian ke tahapan kedua *exploit* yaitu menentukan pemborosan pada [Gambar 5](#)



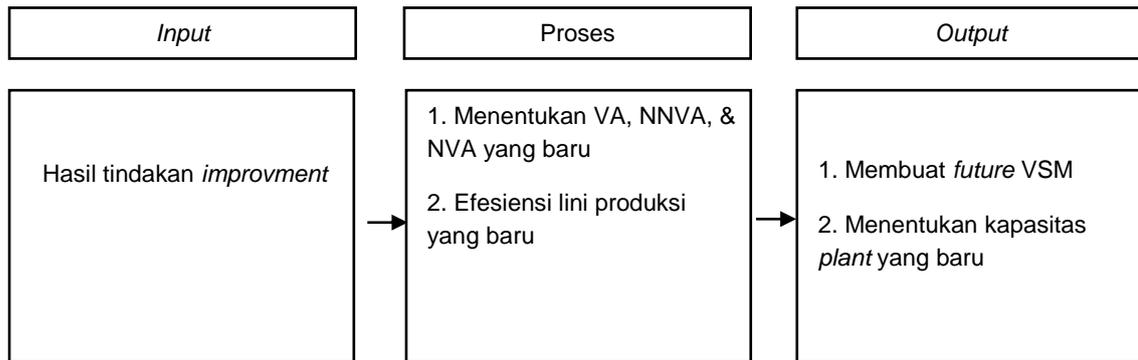
Gambar 5 Sub model 2 *exploit* menentukan pemborosan

Langkah selanjutnya yaitu *Subordinate* yaitu menganalisis pemborosan pada [Gambar 6](#)



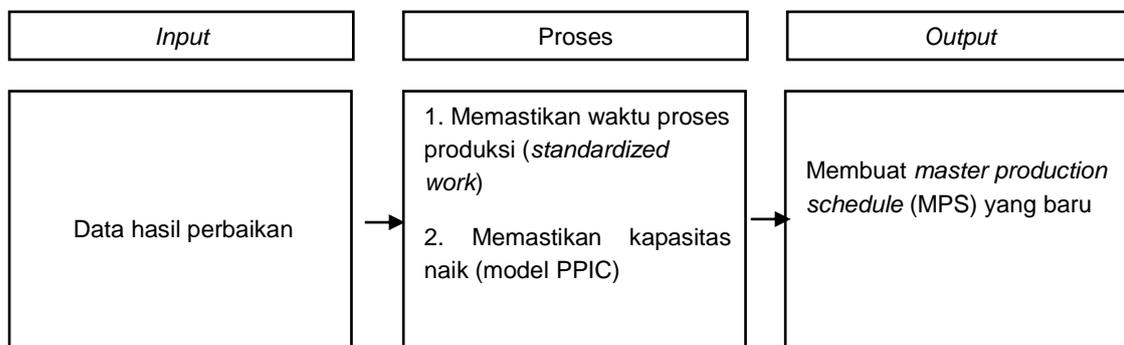
Gambar 6 Sub model 3 *subordinate* menganalisis pemborosan

Langkah selanjutnya yaitu *elevate* yaitu evaluasi hasil pebaikan pada [Gambar 7](#)



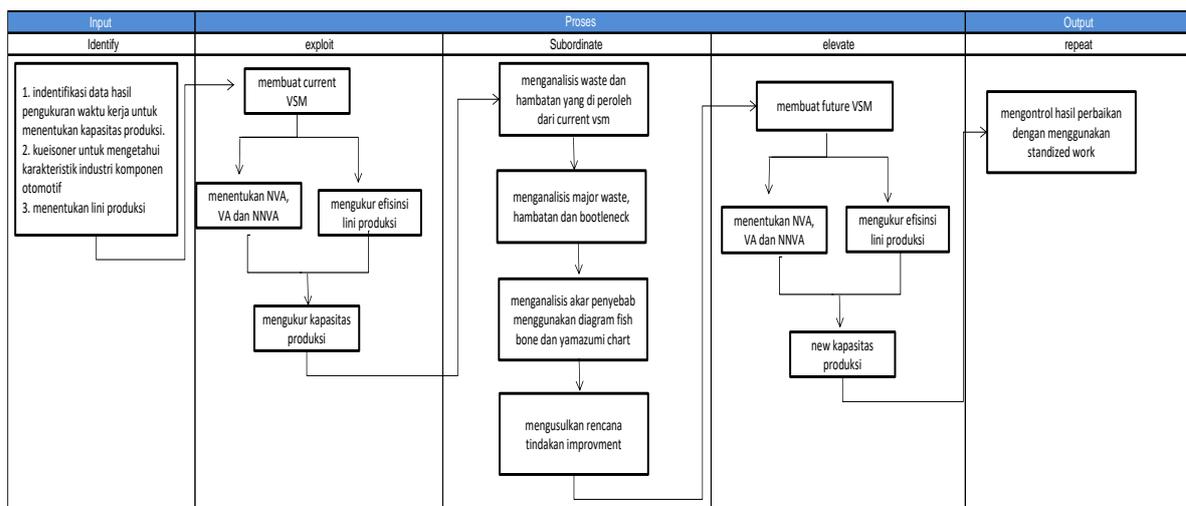
Gambar 7 Elevate evaluasi hasil perbaikan

Langkah terakhir adalah *repeat* yaitu kontrol hasil perbaikan pada [Gambar 8](#)



Gambar 8 Repeat kontrol hasil perbaikan

Sub model yang disajikan merupakan hasil pemikiran peneliti dari tahapan TOC yang mengabungkan sub model 1 ke sub model 5 yang menjadi tahapan TOC dan *Input-process-output* yang telah dibuat kemudian digabungkan menjadi satu menjadi *big picture*. [Gambar 9](#) merupakan *big picture* yang dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah *bottleneck* dan *waste* sehingga dapat meningkatkan kapasitas *output* produksi dan menyeimbangkan lini produksi.



Gambar 9 Big picture

5. Verifikasi dan validasi model

Verifikasi dilakukan menggunakan kuosiner karena membuktikan pendapat dari ahli atau pakar bahwa karakteristik yang sudah disebutkan sudah sesuai sehingga model ini dapat digunakan. Hasil ini kuosiner cocok sebesar 90% dari 50 pakar yang mengisi kuosiner, didapatkan 40 pakar yang menyebutkan karakteristik yang sudah disebutkan dan 10 pakar diantaranya menyebutkan kuosiner yang tidak sama dengan karakteristik diatas.

Kuosiner ini disebarkan pada pakar yang bekerja di industri komponen otomotif. Karakteristik dari manufaktur komponen otomotif adalah *layout* produksi merupakan aliran produk yang proses nya bertahap dari awal sampai akhir. Sistem *make to order* yaitu manufaktur tersebut hanya memproses sesuai pesanan saja, memproduksi secara massal, model produksinya *push system* yang merupakan perencanaan produksi dari permintaan konsumen yang nanti permintaan tersebut dibuatkan *Material Requirement Planning* (MRP). Kemudian diuraikan ke *bill of materials* (BOM) dan akan dibuatkan jadwal pemesanan *raw material* ke supplier, target selesai produksi dan jadwal pengiriman ke konsumen. Semua itu sudah terjadwal sehingga meminimalisir *stock* dan biaya *inventory* rendah. Waktu prosesnya singkat (*cycle time*) dan biasaya dalam menjalankan bisnis atau hubungannya *business to business* (B2B). Jika karakteristik diatas sama dan cocok maka model konseptual ini dapat di lanjut ke validasi model.

Validasi dilakukan menggunakan data-data perusahaan seperti data pengukuran waktu kerja untuk menentukan *cycle time* yang nantinya bisa mengetahui *cycle time after & before* sehingga dapat merencanakan kembali kapasitas produksi yang baru dan data-data pendukung lainnya seperti berapa mesin dan operatornya, jenis bahan baku yang digunakan, perancangan *layout* produksinya, *flow process* produksi yang dapat membuktikan bahwa model yang kita rancang valid. Menerapkan di salah satu komponen otomotif ternyata cocok dan tervalidasi.

6. Implementasi model

Setelah model sudah diverifikasi dan validasi secara benar maka model yang kita rancang sudah layak digunakan dan karena model yang kita rancang juga bersifat generik atau umum dengan karakteristik manufaktur komponen otomotif yang sudah ditentukan maka model ini dapat digunakan ke manufaktur yang sejenis.

Keuntungan yang didapat dalam mengimplementasi model ini adalah dapat menghilangkan *waste* atau pemborosan yang terjadi sehingga dapat menyeimbangkan lini produksi dan meningkatkan *output* produksi.

Tabel 2 Hasil dari implementasi model

Item	Sebelum perbaikan	Sesudah perbaikan
<i>Cycle Time</i> proses 1 (detik)	12,3	8,9
<i>Cycle Time</i> lini main Assy (detik)	10	9
<i>Output</i> produksi (pcs / 2 shift)	4.896	5.440
Efisiensi lini (%)	89,4	95,2

Tabel 2 terlihat perbedaan hasil perbaikan, sebelum dan sesudah implementasi model yang sudah dirancang. Berdasarkan hasil tersebut maka terdapat efektivitas perancangan model.

Diskusi

Berdasarkan penelitian [Abdurrahman et al. \(2022\)](#) dan [Afif & Sudarto \(2022\)](#) dapat mengatasi pemborosan dan meningkatkan kaspitas produksi dan kepercayaan konsumen dengan metode *lean*. Penelitian [Kristiana & Sunarni \(2018\)](#) dapat mengatasi *bootleneck* dan meningkatkan *output* produksi dengan TOC. Penelitian [Christie & Moengin \(2016\)](#) dapat mencapai target produksi dengan metode TOC dan dapat mengimplementasikan secara simulasi. Penelitian [Augusto et al. \(2018\)](#) dapat memberikan model penggabungan TOC dengan *lean*. Penelitian [Pacheco et al. \(2018\)](#); [Sagitta et al. \(2020\)](#) dan [Ahyan & Eddy Harahap \(2021\)](#) yang menggabungkan *lean* dengan TOC untuk meningkatkan produktifitas dan pemborosan. Hasil penelitian dapat ditarik kesimpulan sejalan dengan penelitian-penelitian terdahulu.

4. Kesimpulan dan Saran

Tujuan penelitian ini adalah merancang model. Merancang model ini bersifat generik atau umum dapat digunakan pada manufaktur komponen otomotif dengan karakteristik *layout* produksi merupakan aliran produk yang proses nya bertahap dari awal sampai akhir, sistem *make to order* yaitu manufaktur tersebut hanya memproses sesuai pesanan saja, memproduksi secara massal, model produksinya *push system* yang merupakan perencanaan produksi dari permintaan konsumen yang nanti permintaan tersebut dibuatkan MRP. Kemudian diuraikan ke *bill of materials* (BOM) dan akan dibuatkan jadwal pemesanan *raw material* ke supplier, target selesai produksi dan jadwal pengiriman ke konsumen. Semua itu sudah terjadwal sehingga meminimalisir *stock* dan biaya *inventory* rendah. Waktu prosesnya singkat (*cycle time*) dan biasaya dalam menjalankan bisnis atau hubungannya *business to business* (B2B). Jika karakteristik diatas sama dan cocok maka model konseptual ini dapat di lanjut ke validasi model

Kontribusi penelitian ini dapat digunakan pada industri komponen otomotif dengan permasalahan keseimbangan lini produksi dan tidak tercapainya *output* produksi. Keuntungan yang didapat dalam mengimplementasi model ini adalah dapat menghilangkan *waste* atau pemborosan yang terjadi sehingga dapat menyeimbangan lini produksi dan meningkatkan *output* produksi. Keterbatasan penelitian ini adalah belum adanya hasil yang nyata sehingga tidak mengetahui *output* yang dihasilkan dan belum ada simulasi untuk perbaikan sehingga dapat ditambahkan pada penelitian selanjutnya dengan menyimulasi hasil perbaikan yang dilakukan.

Referensi

- Abdurrahman, O. O., Sarasi, V., Chaerudin, I., Primiana, I., & Yunani, A. (2022). Analisa faktor-faktor lean proses untuk meningkatkan efektivitas proses produksi : Studi kasus di Industri Farmasi BFM). *Operations Excellence: Journal of Applied Industrial Engineering*, 14(1), 78–90. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.22441/oe.2022.v14.i1.045>
- Afif, M. S. N., & Sudarto, S. (2022). Penerapan konsep lean untuk meningkatkan operasi warehouse di industri manufaktur. *Operations Excellence: Journal of Applied Industrial Engineering*, 14(1), 1–9. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.22441/oe.2022.v14.i1.043>
- Ahyan, M., & Eddy Harahap, U. N. (2021). Usulan Perbaikan Lini Produksi Dengan Menggunakan Metode Theory Of Constraint Dan Metode Moddie Young. *Jurnal Vorteks*, 02(01), 59–70. <https://doi.org/https://doi.org/10.54123/vorteks.v3i1>
- Christie, J., & Moengin, P. (2016). Evaluasi dan usulan perbaikan kapasitas produksi untuk mencapai target produksi menggunakan metode theory of constraints dan simulasi. *Jurnal Teknik Industri-Universitas Trisakti*, 6(2), 113–127. <https://doi.org/10.25105/jti.v6i2.1535>
- Fabiani, N. A., Moengin, P., & Adisuwiryono, S. (2019). Perancangan Model Simulasi Tata Letak Gudang Bahan Baku dengan Menggunakan Metode Shared Storage pada PT . Braja Mukti Cakra. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri-Universitas Trisakti*, 9(2), 98–111. <https://doi.org/https://doi.org/10.25105/jti.v9i2.4924>
- Goshime, Y., Kitaw, D., & Jilcha, K. (2019). Lean manufacturing as a vehicle for improving productivity and customer satisfaction engineering industries. *International Journal of Lean Six Sigma*, 10(2), 691–714. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-06-2017-0063>
- Kristiana, L. R., & Sunarni, T. (2018). Aplikasi Pendekatan Theory of Constraints pada Maksimasi Throughput Produksi PT XYZ. *Jurnal Media Teknik & Sistem Industri*, 2(2), 11–19. <https://doi.org/https://doi.org/10.35194/jmtsi.v2i2.399>
- Kuldeep, P., Reena, P., & Shamuvel, P. (2016). Improvement of Productivity by Theory of Constraints and Line Balancing. *International Journal of Research in Advanced Engineering and Technology*, 2(6), 1–4. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/852/1/012111>
- Novianti, D., Maksudi, & Inten, S. (2020). Rancang Bangun Sistem Production Planning And Inventory Control (PPIC) Untuk Menentukan Estimated Time Departure (ETD) Pada PT Balagi Rattan Cirebon. *INTI TALAF: Jurnal Teknik Informatika*, 12(2), 44–53. <https://doi.org/https://doi.org/10.32534/int.v12i2.1765>

- Pacheco, D. A. de J., Pergher, I., Junior, J. A. V. A., & Vaccaro, G. L. R. (2018). Exploring the integration between Lean and the Theory of Constraints in Operations Management. *International Journal of Lean Six Sigma*, 10(3), 718–742. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-08-2017-0095>
- Rogowska, P., & Urban, P. W. (2018). The Case Study Of Bottlenecks Identification For Practical Implementation To The Theory. *Multidisciplinary Aspects of Production Engineering*, 1(1), 399–405. <https://doi.org/10.2478/mape-2018-0051>
- Sagitta, J. N., Gozali, L., & Daywin, F. J. (2020). Comparison Study of the Application of Line Balancing and the Theory of Constraint. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 852(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/852/1/012111>
- Setiawan, I., Kurnia, H., Setiawan, S., Purba, H. H., & Hernadewita, H. (2022). Reduce Transportation Costs Using the Milk-Run System and Dynamo Stages in the Vehicle Manufacturing Industry. *Operational Research in Engineering Sciences: Theory and Applications*, 5(2), 17–27. <https://doi.org/10.31181/oresta240622030s>
- Setiawan, Setiawan, I., Jaqin, C., Prabowo, H. A., & Purba, H. H. (2021). Integration of Waste Assessment Model and Lean Automation to Improve Process Cycle Efficiency in the Automotive Industry. *Quality Innovation Prosperity*, 25(3), 48–64. <https://doi.org/10.12776/qip.v25i3.1613>
- Simatupang, T. M. (1995). *Pemodelan sistem* (togar M. Simatupang (ed.); 2nd ed.). NINDITA.
- Trenggonowati, D. L., Patradhiani, R., & Kulsum. (2020). Pemodelan Sistem Dinamis Untuk Meningkatkan Produktivitas di CV. ABC. *Integrasi Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 1(1), 1–9. <https://doi.org/10.32502/js.v5i1.2917>
- Vamsi, N., Jasti, K., & Kodali, R. (2017). Lean production : literature review and trends. *International Journal of Production Research*, 7543(November), 1–19. <https://doi.org/10.1080/00207543.2014.937508>
- Wolniak, R., Skotnicka-Zasadzień, B., & Gębalska-Kwiecień, A. (2018). Identification of bottlenecks and analysis of the state before applying lean management. *International Conference Quality Production Improvement*, 183(1), 1–6. <https://doi.org/https://doi.org/10.1051/mateconf/201818301001>