

ANALISIS DAN PEMODELAN DINAMIS PENGUNAAN KENDARAAN BERMOTOR DI UNIVERSITAS MA CHUNG

Yuswono Hadi¹⁾, Oktavia Anisa Rawindra²⁾

^{1, 2)}Teknik Industri, Universitas Ma Chung

Villa Puncak Tidar N-01, Malang

e-mail: yuswono.hadi@machung.ac.id¹⁾, 411410012@student.machung.ac.id²⁾

ABSTRAK

Jumlah civitas akademik Universitas Ma Chung yang semakin meningkat setiap tahunnya, membuat jumlah kendaraan bermotor milik pribadi baik roda dua maupun roda empat meningkat pula. Peningkatan jumlah kendaraan tersebut akan menyebabkan jejak karbon. Langkah Universitas Ma Chung untuk melakukan pencegahan jejak karbon yang terus menerus meningkat tersebut adalah mengadakan program kampus berwawasan lingkungan (Eco Campus). Dalam mencapai hal tersebut dilakukan rancangan causal loop diagram, simulasi pemodelan sistem dinamis (stock and flow diagram) dengan software Stella untuk mendapatkan skenario usulan terbaik. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan skenario usulan terbaik berupa pelaksanaan hari bebas kendaraan (car free day) dua kali dalam sebulan. Melalui skenario usulan tersebut didapatkan hasil perhitungan stock and flow diagram total nilai tapak karbon kendaraan bermotor di Universitas Ma Chung berkurang sebesar 487,2 ton of kg CO₂ untuk satu tahun kedepan dari kondisi awal.

Kata Kunci : *Eco Campus, Kendaraan Bermotor, Tapak karbon, CO₂, Pemodelan Sistem Dinamis, Simulasi*

ABSTRACT

The increasing number of academicians at Ma Chung University in each year has also been followed by the increasing number of personal motor vehicles, both two-wheeled and four-wheeled vehicles. Such increase of motor vehicles has caused carbon footprint. In order to prevent the increasing level of carbon footprint, Ma Chung University establishes a program that refers to environmental insight (Eco Campus). Therefore, it applies a design of causal loop diagram, simulation of dynamic system modeling (stock and flow diagram) using Stella software in order to obtain the best proposal scenario. Based on results of the research, the best proposal scenario is the implementation of car free day, which is applied twice a month. Through the proposal scenario, the calculation result of stock and flow diagram for total values of carbon footprint from motor vehicles at Ma Chung University has decreased for about 517,2 ton of kg CO₂ in the next year from the initial condition.

Keywords : *Eco Campus, Dynamic System Modelling, Carbon Footprint, CO₂, Simulation, Modeling*

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan transportasi darat seperti kendaraan bermotor menjadi salah satu hal yang dibutuhkan oleh setiap masyarakat. Kebutuhan tersebut terus berkembang seiring dengan kemajuan dan mobilitas setiap kota di Indonesia. Salah satu kota terbesar kedua di Jawa Timur yang memiliki mobilitas cukup tinggi adalah Kota Malang. Perkembangan kendaraan bermotor baik roda dua ataupun roda empat di Kota Malang terus meningkat setiap tahunnya. Peningkatan kendaraan bermotor tersebut berjumlah 24.885 unit kendaraan bermotor baik kendaraan roda dua ataupun roda empat milik pribadi maupun umum (Forrester, 1994). Peningkatan jumlah kendaraan ini juga akan meningkatkan jumlah emisi gas fosil hasil pembakaran bahan bakar. Hasil tersebut berupa karbon dioksida (CO₂) yang merupakan salah satu gas penghasil efek rumah kaca. Aktifitas tersebut menghasilkan gas-gas efek rumah kaca yang tergolong dalam jejak karbon (*carbon footprint*). Jejak karbon (*carbon footprint*) merupakan jumlah total emisi karbon dioksida secara langsung maupun tidak langsung yang disebabkan aktifitas berlebih dalam kehidupan sehari-hari (Walser, 2013). Jejak karbon terdiri dari dua macam yakni primer yaitu berupa konsumsi energi transportasi sedangkan jejak karbon sekunder berupa barang-barang yang kita gunakan hingga proses penguraiannya seperti penggunaan energi listrik (Salendu dan Hadi, 2018). Aktifitas jejak karbon kendaraan bermotor teranalisis mulai dari kendaraan operasional kampus sampai dengan kendaraan pribadi milik mahasiswa, dosen maupun staf yang tiba di gerbang utama Universitas Ma Chung. Dalam penentuan analisis jejak karbon tersebut, dilakukan simulasi dengan model dinamis. Simulasi tersebut akan digunakan sebagai solusi pengambilan keputusan permasalahan yang terjadi (Hartrisari, 2007). Penelitian sebelumnya membahas tentang tapak karbon yang dihasilkan dari sampah Universitas Ma Chung (Salendu dan Hadi, 2018), analisis penggunaan AC di kampus (Soegiono dan Hadi, 2018), juga tentang rekayasa format penulisan untuk mengurangi penggunaan kertas di area kampus (Aggraeni dan Hadi, 2018) dan (Yuwana dan Hadi, 2019). Semnetara itu, system dinamik, telah banyak diadopsi untuk memecahkan berbagai permasalahan diantaranya analisis ketersediaan produk (Somantri dan Thahir, 2016), (Indayani et al., 2017), dan (Utoyo dan Suryadi, 2017), Peramalan produksi (Putra dan Nugroho, 2016), Penilaian kinerja Agro Industri Tembakau (Ghifarri et al., 2016), Analisis kebijakan pengembangan industry hilir kakao (Hasibuan et al., 2016), Perencanaan produksi produk *Make To Order* (Chirjun et al., 2017), Analisis kemacetan lalu lintas (kurniawan, 2018), serta Mitigasi risiko pengadaan material (Ridwan et al., 2019). Artikel ini akan membahas tentang cara mengetahui dan analisis nilai jejak karbon kendaraan bermotor di Universitas Ma Chung dan menjadikan Universitas Ma Chung sebagai salah satu kampus berwawasan lingkungan di Kota Malang dan Jawa Timur.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Sistem

Sistem merupakan kumpulan beberapa elemen yang saling berinteraksi melakukan proses tertentu dalam mencapai tujuan (Sutarman, 2009). Contohnya seperti sistem lalu lintas, sistem politik, sistem ekonomi, sistem manufaktur dan sistem layanan. Dalam mempelajari sistem, analisis hanya bisa mempelajari perilaku sistem tetapi tidak memodelkan bagian dari sistem. Model yang baik tidak hanya memodelkan semua bagian dari sistem, namun juga menjelaskan perilaku sistem yang ditelaah, dikaji dan dibuat prediktifnya dari kejadian yang ada.

B. Sistem Dinamis

Sistem dinamis disusun dan dibentuk pada akhir tahun 1950-an dan awal tahun 1960-an oleh Jay Forrester di Massachusetts Institute of Technology. Sistem dinamis merupakan kerangka yang memfokuskan pada sistem berpikir dengan cara *feed back loop* dan

mengambil beberapa langkah tambahan struktur serta mengujinya melalui model simulasi komputer dari waktu ke waktu (Forrester, 1994). Dalam melakukan pemahaman tentang sistem dinamis, maka dibutuhkan cara berpikir sistem (*system thinking*). Melalui berpikir sistem tersebut seorang individu akan dapat memahami interaksi yang terjadi pada suatu sistem secara menyeluruh dan kompleks. Pada umumnya terdapat dua cara pemahaman *system thinking* tersebut, yaitu dengan cara menganalisis bagaimana komponen-komponen bekerja dan dengan cara melakukan proses sintesis dimana akan mendapatkan pemahaman tentang sistem secara menyeluruh.

C. Causal Loop Diagram

Causal Loop Diagram atau lebih dikenal dengan diagram sebab akibat merupakan alat yang menggambarkan struktur umpan balik suatu system (Lane dalam Payo et al., 2016). Model *Causal Loop Diagram* (CLD) menggunakan pendekatan dalam pemecahan masalah dengan melihat kompleksitas dari sistem yang digambarkan dengan sebuah diagram berupa garis lengkung yang berujung panah yang menghubungkan satu faktor dengan faktor lainnya.

D. Stock and Flow Diagram

Stock and Flow Diagram atau lebih dikenal dengan diagram stok dan aliran merupakan konsep dasar penentuan sistem dinamis. Diagram tersebut digunakan untuk menggambarkan struktur secara detail hingga siap diinputkan ke dalam *software* Stella untuk dilakukan simulasi sistem dinamis. *Stock* dan *flow* merupakan dua konsep utama dalam teori dinamika sistem. *Stock (level)* merupakan akumulasi, dikarakteristikan sebagai “*the state of the system*” dan menghasilkan informasi yang akan digunakan sebagai dasar untuk melakukan tindakan atau pengambilan keputusan. Suatu elemen dapat dikatakan sebagai sebuah *stock* bila elemen tersebut tidak dapat serta merta berubah. Perubahan *stock* hanya disebabkan oleh perubahan yang terjadi pada *flow*. *Flow* menggambarkan aliran yang berubah sesuai fungsi waktu dan merupakan proses yang langsung mempengaruhi *stock*.

III. TUJUAN DAN MANFAAT

A. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah merancang pemodelan dinamis (*causal loop diagram* dan *stock and flow diagram*) untuk menentukan skenario terbaik penggunaan kendaraan bermotor di Universitas Ma Chung. Penentuan skenario terbaik tersebut diharapkan dapat mengurangi nilai jejak dari kendaraan bermotor yang ada di Universitas Ma Chung, serta menjadikan Universitas Ma Chung sebagai salah satu kampus berwawasan lingkungan di Kota Malang.

B. Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk menemukan solusi terbaik yang akan dijadikan dasar kebijakan penggunaan kendaraan bermotor di Universitas Ma Chung serta meningkatkan *sustainable awareness* civitas akademik Universitas Ma Chung dalam menggunakan kendaraan bermotor di area kampus.

IV. METODE PENELITIAN

Berikut ini merupakan tahapan metode penelitian pemecahan masalah yang digunakan dalam penelitian :

1. Identifikasi dan Perumusan Masalah.

Lokasi Universitas Ma Chung berada di kawasan perumahan di Kota Malang dengan jangkauan kendaraan umum yang cukup sulit. Oleh karena itu, pihak kampus menyediakan salah satu kendaraan operasional yang dapat digunakan oleh mahasiswa yakni bus kampus. Operasional bus kampus yang terbatas membuat mahasiswa tidak dapat

menikmati fasilitas tersebut dengan baik. Kebanyakan mahasiswa akan memilih menggunakan kendaraan pribadi baik mobil maupun sepeda motor untuk menuju ke Universitas Ma Chung. Kendaraan bermotor tersebut akan menghasilkan emisi gas CO₂ yang membuat dampak jejak karbon pada lingkungan.

2. Studi Pustaka
Studi literatur yang didapat digunakan untuk membantu penelitian yang akan dilakukan seperti data-data yang dibutuhkan dalam penghitungan, cara perancangan *causal loop diagram* dengan bantuan *software* Vensim, cara perancangan *stock and flow diagram* dan simulasi pemodelan dinamis dengan bantuan *software* Stella. Studi literatur tersebut berasal dari penelitian terdahulu, buku literatur maupun internet.
3. Tujuan Penelitian
Penelitian ini mengupayakan adanya kebijakan-kebijakan penggunaan kendaraan bermotor di lingkungan Universitas Ma Chung yang lebih ramah terhadap lingkungan.
4. Pengumpulan Data
Pada tahap ini dilakukan observasi untuk mendapatkan data primer tentang penggunaan kendaraan bermotor di Universitas Ma Chung serta pengumpulan data sekunder berupa data historis kendaraan operasional kampus.
5. Perancangan *Causal Loop Diagram*
Pada tahapan ini dilakukan perancangan *causal loop diagram* untuk penggunaan kendaraan bermotor di Universitas Ma Chung.
6. Perancangan Pemodelan Sistem Dinamis Awal.
Setelah melakukan perancangan *causal loop diagram*, maka melakukan perancangan *stock and flow* untuk penggunaan kendaraan bermotor di Universitas Ma Chung kondisi awal. Pada tahapan ini nilai untuk setiap inputan juga akan dilakukan analisis jejak karbon.
7. Penentuan Skenario Usulan
Pada tahapan ini, dilakukan penentuan beberapa skenario usulan berdasarkan penyesuaian kondisi Universitas Ma Chung.
8. Perancangan Pemodelan Sistem Dinamis Usulan.
Setelah dilakukan penentuan skenario usulan tersebut, maka melakukan kembali perhitungan dan analisis mengenai penggunaan kendaraan bermotor di Universitas Ma Chung berdasarkan skenario usulan.
9. Kesimpulan dan Saran
Kesimpulan dan saran akan diberikan sesuai hasil pemilihan skenario terbaik. Skenario terbaik tersebut dapat menjadi solusi dan menjadi kebijakan baru untuk mengatasi permasalahan yang terjadi.

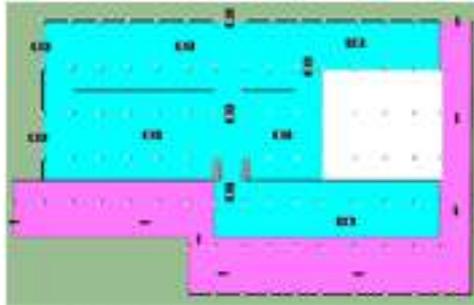
V. HASIL DAN PEMBAHASAN

Universitas Ma Chung resmi dibuka pada tanggal 7 Juli 2007 yang dihadiri oleh ribuan alumni SMA Ma Chung. Pada peresmian pertama tersebut Universitas Machung hanya memiliki 3 gedung yakni gedung Bhakti Persada, Balai Pertiwi dan Rektorat. Selanjutnya pada tahun 2012 gedung RND yang terdiri dari 6 lantai tersebut diresmikan. Pada kurun waktu 11 tahun berdirinya Universitas Ma Chung, jumlah mahasiswa Universitas Ma Chung selalu meningkat setiap tahunnya. Total keseluruhan civitas akademik Universitas Ma Chung semester genap tahun 2017/2018 sebesar 1205 orang.

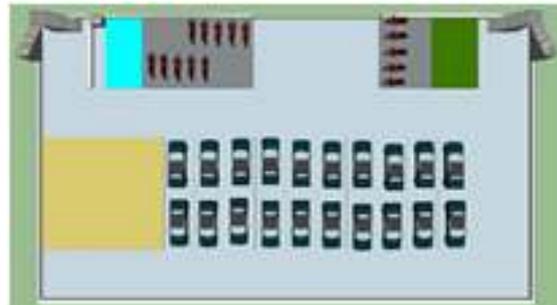
Universitas Ma Chung memiliki beberapa 2 titik utama tempat parkir kendaraan bermotor tersebut. Titik pertama atau titik utama adalah *basement* gedung Bhakti Persada. Titik tersebut dikatakan sebagai titik utama karena area *basement* yang merupakan pusat aktifitas perkuliahan pada gedung Bhakti Persada, MRCPP dan beberapa laboratorium lainnya. Titik kedua adalah *basement* gedung Balai Pertiwi. Titik tersebut merupakan area parkir pada gedung Balai Pertiwi yang setiap harinya terparkir kendaraan pribadi milik *staff* yang

bekerja di gedung Rektorat, kendaraan operasional kampus serta beberapa kendaraan mahasiswa yang terparkir hanya saat mengikuti kegiatan atau kelas tertentu pada gedung Balai Pertiwi.

Luas area parkir untuk yang terdapat pada *basement* Bhakti Persada adalah sebesar 3840 m² (48 m x 80 m), sedangkan area parkir pada *basement* Balai Pertiwi sebesar 800 m² (20 m x 40 m). Daya tampung kendaraan bermotor pada area *basement* Bhakti Persada untuk area parkir mobil yakni sebesar 106 unit, sedangkan pada area parkir sepeda motor sebesar kurang lebih 400 unit. Pada area Balai Pertiwi daya tampung kendaraan untuk area parkir mobil sebesar 14 unit, sedangkan pada area parkir sepeda motor sebesar 30 unit. Berikut merupakan bagan area parkir tersebut:



GAMBAR. 1. DENAH AREA PARKIR
BASEMENT BHAKTI PERSADA



GAMBAR. 2. DENAH AREA BASEMENT BALAI
PERTIWI

Pengambilan data kendaraan motor pribadi milik civitas akademik Universitas Ma Chung dilakukan dengan obeservasi secara langsung pada bulan Februari 2018 sampai dengan Maret 2018. Pengambilan data dilakukan dengan melakukan perhitungan jumlah kendaraan setiap satu jam sekali mulai pukul 09.00-17.00 pada area *basement* Bhakti Persada dan *basement* Balai Pertiwi. Kedua area tersebut dipilih karena merupakan lokasi area parkir permanen di Universitas Ma Chung. Pada perhitungan tersebut didapatkan nilai rata-rata untuk kendaraan terparkir roda 2 sebesar 354 unit/hari dan untuk kendaraan roda 4 sebesar 81 unit/hari untuk area Bhakti Persada. Pada area Balai Pertiwi didapatkan perhitungan nilai rata-rata untuk kendaraan terparkir roda 2 sebesar 7 unit/hari dan untuk kendaraan roda 4 sebesar 5 unit/hari.

Data lainnya yang dibutuhkan untuk penelitian adalah data kendaraan operasional Universitas Ma Chung. Data tersebut merupakan data historis perjalanan kendaraan operasional Ma Chung pada bulan Februari 2017 sampai dengan Maret 2017. Perbedaan tahun pada pengambilan data kendaraan pribadi dan kendaraan operasional tersebut dikarenakan keterbatasan data historis perjalanan kendaraan operasional Universitas Ma Chung. Oleh karena itu, data historis perjalanan kendaraan operasional tersebut diasumsikan dengan bulan dan tahun yang sama untuk perhitungan selanjutnya. Pada data tersebut didapatkan rata-rata perhitungan perjalan kendaraan operasional non bus sebesar 46 kali.

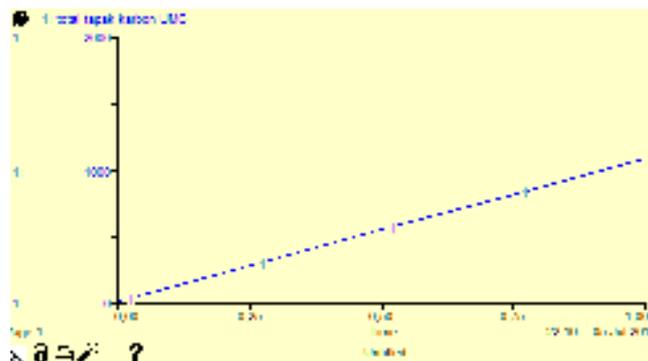
Berdasarkan hasil perhitungan data-data tersebut, dilakukan perancangan *causal loop diagram* yang nantinya dijadikan dasar pembuatan *stock and flow diagram*. Pada perancangan tersebut didapatkan 26 variabel pada penggunaan kendaraan bermotor di Universitas Ma Chung. Berikut merupakan gambar

Pada kuesioner terdapat dua pertanyaan alternatif skenario usulan mengenai penggunaan kendaraan bermotor di Universitas Ma Chung. Usulan pertama yakni adanya *car free day* dua kali setiap satu bulan sekali dan penggunaan operasional bus setiap dua jam sekali. Usulan pertama yakni tentang adanya pelaksanaan *car free day* dua kali dalam satu bulan diterima sebagai usulan yang paling layak diterapkan berdasarkan total responden yang setuju sebesar 60,3%.

Berdasarkan nilai tersebut didapatkan hasil rata-rata kendaraan roda empat yang terparkir di area basement Bhakti Persada sebesar 50 unit, sedangkan nilai rata-rata untuk roda dua yang terparkir di area basement Bhakti Persada sebesar 213 unit. Nilai tersebut didapatkan dari nilai presentase perbandingan roda dua dengan roda empat dikalikan dengan nilai rata-rata kendaraan terparkir di area *basement* Bhakti Persada berdasarkan skenario usulan. Selain itu, nilai *stock and flow* kendaraan operasional diasumsikan tetap pada kondisi awal karena pada hasil kuisisioner usulan tidak diterima responden. Berikut merupakan perancangan *stock and flow diagram* skenario usulan penggunaan kendaraan bermotor di Universitas Ma Chung:



GAMBAR. 6. STOCK AND FLOW DIAGRAM PENGGUNAAN KENDARAAN BERMOTOR DI UNIVERSITAS MA CHUNG (SKENARIO USULAN)



GAMBAR. 7. GRAFIK TAPAK KARBON YANG DIHASILKAN KENDARAAN BERMOTOR DI UNIVERSITAS MA CHUNG (SKENARIO USULAN)

Berdasarkan nilai *stock and flow diagram* skenario usulan tersebut nilai tapak karbon sebesar 1.071,4 ton of CO₂ atau berkurang sebesar 487,2 ton of CO₂.

VI. KESIMPULAN

Berdasarkan identifikasi variabel didapatkan 26 variabel untuk perancangan *causal loop diagram*. Berdasarkan perhitungan *stock and flow diagram* yang telah dilakukan pada skenario awal dan skenario usulan penggunaan kendaraan bermotor di Universitas Ma Chung adalah sebagai berikut:

TABEL I
PERHITUNGAN *STOCK* DAN *FLOW DIAGRAM*

Skenario	Jumlah Tapak Kendaraan di Universitas Ma Chung
Skenario Awal	1.588,6 ton of kg CO ₂
Skenario Usulan	1.071,4 ton of kg CO ₂

Berdasarkan tabel atas, hasil perhitungan emisi tapak karbon dengan metode permodelan dinamis didapatkan nilai skenario usulan yang lebih baik. Hal tersebut terbukti dengan nilai total tapak karbon kendaraan bermotor skenario usulan di Universitas kecil dibandingkan dengan nilai total tapak karbon kendaraan bermotor skenario awal dengan nilai sebesar 1.588,6 ton of kg CO₂. Nilai tapak karbon kendaraan bermotor tersebut berkurang sebesar 517,2 ton of kg CO₂.

PUSTAKA

- Anggraeni, R.D.N dan Hadi, Y., Analisis Pengaruh Format Penulisan Laporan terhadap Kecepatan Membaca Dosen di Universitas Ma Chung pada Media Kertas, *METRIS*, Vol. 14, No. 1, 2018, Universitas Atmajaya.
- BPS. 2017. Statistik Daerah Kota Malang Tahun 2016, Malang: Badan Pusat Statistik Kota Malang.
- Chirzun, A., Nurhasanah, N., & Utami, T. A. (2017). Rancangan Perencanaan Produksi Jenis Produk Make To Order dengan Pendekatan Simulasi Sistem Dinamik. *Jurnal Al-Azhar Indonesia Seri Sains Dan Teknologi*, 3(3), 113-119.
- Forrester, J. 1994. System Dynamics, System Thinking and Soft OR. *System Dynamics Review*, Volume Vol.10 No 2.
- Ghifarri, M. A., Purnomo, B. H., & Novijanto, N. (2016). Model Sistem Dinamis Penilaian Kinerja Agroindustri Tembakau Di Pt Gading Mas Indonesia Tobacco. *Jurnal Agroteknologi*, 10(01), 87-103.
- Hartrisari. 2007. Sistem Dinamik: Konsep Sistem dan Pemodelan untuk Industri dan Lingkungan, Bogor: Sameo Biotrop.
- Hasibuan, A. M., Nurmawati, R., & Wahyudi, A. (2016). Analisis kebijakan pengembangan industri hilir kakao (suatu pendekatan sistem dinamis). *Informatika pertanian*, 21(2), 59-70.
- Indayani, N. P., Satriawan, I. K., & Sadyasmara, C. A. B. (2017). Sistem Dinamis Ketersediaan Buah Pisang di Provinsi Bali. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*, 5(2), 77-88
- Kurniawan, F. (2018). Implementasi Model Simulasi Sistem Dinamis Terhadap Analisis Kemacetan Lalu Lintas Dikawasan Pintu Masuk Pelabuhan Tanjung Priok. *Jurnal Penelitian Transportasi Darat*, 20(1), 1-8
- Payo, A., Hall, J. W., French, J., Sutherland, J., van Maanen, B., Nicholls, R. J., & Reeve, D. E. (2016). Causal Loop Analysis of coastal geomorphological systems. *Geomorphology*, 256, 36-48
- Putra, A. B., & Nugroho, B. (2016). Peramalan Produksi Kedelai Menggunakan Pendekatan Sistem Dinamik. *Jurnal Sistem Informasi Dan Bisnis Cerdas (SIBC)*, 9(1)
- Ridwan, A., Ferdinant, P. F., & Laelasari, N. (2019). Simulasi Sistem Dinamis Dalam Perancangan Mitigasi Risiko Pengadaan Material Alat Excavator Dengan Metode FMEA dan FUZZY AHP. *Flywheel: Jurnal Teknik Mesin Untirta*, 51-56
- Sutarman, 2009. Pengantar Teknologi Informasi. Jakarta: Bumi Aksara.
- Salendu, F.N dan Hadi, Y, 2018, KURAWAL : Jurnal Teknologi, Informasi, dan Industri , Vol. I, No. 2, Oktober 2018, ISSN 2615-6474, Universitas Ma Chung.
- Soegiono, Y.Y.H. dan Hadi, Y., Perhitungan dan analisis efisiensi penggunaan Air Conditioner pada gedung kuliah bhakti persada Universitas Ma Chung, spektrum industri; JURNAL Ilmu Pengetahuan dan Penerapan Teknik Industri, Vol. 14, No.2, 2018, Universitas Ahmad Dahlan. DOI: <http://dx.doi.org/10.12928/si.v16i2.11535>
- Somantri, A. S., & Thahir, R. (2016). Analisis sistem dinamik ketersediaan beras di merauke dalam rangka menuju lumbung padi bagi kawasan timur Indonesia. *Buletin Teknologi Pasca Panen*, 3(1), 28-36
- Utoyo, F., & Suryadi, A. (2017). Simulasi Ketersediaan Beras Di Kota Surabaya Dengan Pendekatan Sistem Dinamis. *Tekmapro: Journal of Industrial Engineering and Management*, 12(1), 71-80.
- Walser, M. L. 2013. Carbon Footprint. [Online] Available at: https://editors.eol.org/eoearth/wiki/Carbon_footprint [Accessed November 2017].
- Weidmann, T. dan Minx, J. 2008. A Definition of 'Carbon Footprint'. Chapter 1, Hal 1-11 ed. Hauppauge NY, USA: Nova Science Publisher.
- Yuwana Adam, R.S. dan Hadi, Y., Experimental Design To Analyze The Effect Of Writing Format On Student Reading Comprehension On Paper Media Using Completely Randomized Factorial Design, *JEMIS: Journal of Engineering and Management in Industrial System*, Vol. 6, No. 2, 2019, Universitas Brawijaya. DOI: <https://doi.org/10.21776/ub.jemis.2018.006.02.4>