

Kajian Pemikiran Teknik Industri Tahap Sains Manajemen

Rahaditya Dimas Prihadianto, Benazir Imam Arif Mutaqqin

Departemen Teknik Industri, Institut Teknologi Telkom Surabaya
Jalan Gayungan PTT No. 17-19, Gayungan, Kota Surabaya, Jawa Timur 60234, Indonesia
dimas.prihadianto@ittelkom-sby.ac.id

Abstrak

Sains manajemen sebagai salah satu era/tahapan dalam pemikiran keilmuan Teknik Industri mempunyai peran yang sangat penting dan berguna dalam menyelesaikan berbagai permasalahan yang kompleks. Karakteristik kajian sains manajemen menitik beratkan pada penggunaan model yang menggabungkan beberapa disiplin ilmu termasuk matematika, statistik, dan ilmu komputer untuk mendapatkan solusi optimal dari suatu permasalahan. Pada awalnya penggunaan ilmu sains manajemen banyak digunakan dalam bidang militer selama masa awal sampai pertengahan abad ke-19 dan terus digunakan dan berkembang di berbagai bidang seperti industri manufaktur, jasa, perbankan hingga akademis. Untuk mempelajari tentang perkembangan keilmuan Teknik Industri pada tahap sains manajemen, diperlukan suatu pemikiran yang mendalam mengenai hakikat dari ilmu tersebut. Penelitian ini akan membedah keilmuan Teknik Industri dari sudut pandang filsafat ilmu. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah telaah filsafat ilmu Teknik Industri menggunakan tiga jenis kajian, yaitu kajian ontologis, kajian epistemologi, dan kajian aksiologi. Dari aspek ontologis, ilmu/pengetahuan Teknik Industri pada tahap *management science* mempunyai karakteristik khusus kajian yang menitikberatkan pada integrasi antar bidang manajemen dan sains. Dari aspek epistemologi, ilmu/pengetahuan Teknik Industri pada tahap *management science* diperoleh melalui suatu metode yang disebut sintesis. Dari segi aksiologi, ilmu/pengetahuan Teknik Industri pada tahap *management science* memiliki tujuan yang spesifik yaitu untuk menganalisis dan memecahkan permasalahan suatu sistem yang kompleks sehingga didapatkan solusi yang optimal.

Kata kunci: sains manajemen, solusi optimal, kajian ontologis, kajian epistemologi, kajian aksiologi

Abstract

Management Science as one of era / stages in industrial engineering thought has important and beneficial role for solving complex cases. Management science research characteristics has main point on usage of model that integrates several disciplines including maths, statistics, and computer science in order to obtain the optimal solution from a problem. In the early stage, most of management science application is on military during initial until middle of 19th century and keep evolving in various area such as manufacturing, services, banking, and academics. Learning deeper in development of Industrial Engineering in science management stage requires a thorough thought about the nature of the science. This research will describe Industrial Engineering discipline from the philosophy point of view. Research method used in this research is using three different types of studies, namely ontological, epistemological, and axiological studies. In a management science stage, Industrial Engineering discipline has special characteristics of studies that focuses on integration between management and science from ontological point of view. From the epistemology aspect, Industrial Engineering discipline is obtained through a method called synthesis. In terms of axiology, it has a specific goal which is to analyse and solve complex system problems so that an optimal solution is obtained.

Keywords: management science, solution techniques, ontological aspect, epistemology aspect, axiology aspect

I. PENDAHULUAN

Institute of Industrial and Systems Engineers (IISE) mendefinisikan ilmu Teknik Industri sebagai

kajian yang berfokus pada perancangan, peningkatan, dan instalasi/penerapan suatu sistem yang terintegrasi yang terdiri dari elemen manusia, material, informasi, peralatan, dan energi yang

membutuhkan pengetahuan dan kemampuan khusus di bidang matematika, fisika, dan ilmu-ilmu sosial secara bersama-sama dengan prinsip-prinsip dan metode-metode analisis rekayasa / keteknikan dan perancangan untuk menspesifikasikan, memprediksi, dan mengevaluasi hasil dari suatu sistem [1]. Bidang kajian yang melingkupi keilmuan Teknik Industri paling tidak terdiri dari sistem dan manajemen produksi, sistem otomasi, sistem kualitas, rekayasa ekonomi, riset operasional, sistem komputer dan informasi, sistem logistik, pemeliharaan peralatan/mesin, manajemen proyek, perancangan produk, simulasi, perancangan sistem kerja, serta ergonomi [2]. Saat ini ilmu Teknik Industri telah banyak diaplikasikan tidak hanya di industri manufaktur, namun juga di industri jasa, perbankan, militer, serta lingkungan akademis. Munculnya keilmuan Teknik Industri (*industrial engineering*) pada periode-periode akhir abad ke-19 dilandasi oleh banyaknya tantangan, permintaan, dan permasalahan yang kompleks dimana melibatkan banyak pihak seperti industri, pemerintah, organisasi jasa, penyedia dana, konsumen, dan pihak-pihak lainnya. Sebelum Teknik Industri berdiri sebagai cabang keilmuan dan profesi tersendiri, disadari atau tidak sebenarnya para manusia terdahulu sudah menerapkan berbagai praktik rekayasa sebagai salah satu kajian ilmu Teknik Industri dalam bidang sehari-hari. Beberapa contoh yang dapat dilihat adalah pada pembangunan Tembok Besar China, Piramida Mesir, Candi Borobudur, konstruksi-konstruksi Romawi, dan sebagainya. Prinsip-prinsip rekayasa yang efisien dalam hal pengelolaan sumber daya manusia, material, dan metode kerja diperlukan untuk membuat bangunan-bangunan besar tersebut, dimana kemudian dibawa dan dimasukkan ke dalam kajian teknik militer (*military engineering*) pada periode-periode awal perang. Untuk aplikasi nonmiliter atau yang berhubungan dengan kependudukan, prinsip-prinsip tersebut kemudian berkembang menjadi disiplin ilmu teknik sipil (*civil engineering*). Setelah itu, dengan berkembang pesatnya ilmu fisika dan ilmu matematika, maka lahirlah disiplin ilmu teknik mesin (*mechanical engineering*) pada awal abad ke-19. Dengan siklus perkembangan yang hampir sama, namun untuk kajian teknologi yang sedikit berbeda, maka muncullah cabang keilmuan teknik listrik (*electrical engineering*) dan teknik kimia (*chemical engineering*). Seperti yang terjadi pada semua cabang keilmuan tersebut, Teknik Industri pada awalnya lahir dan dikembangkan berdasarkan bukti empiris dan pemahaman untuk kemudian dilakukan penelitian untuk mengembangkan basis kajian yang lebih ilmiah (*scientific*).

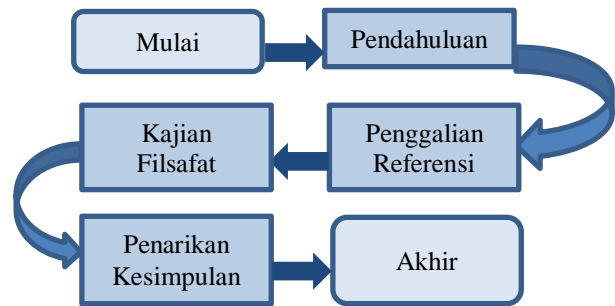
Salah satu pionir keilmuan Teknik Industri yang kemudian dikenal sebagai “bapak” atau “*founding father*” dari Teknik Industri adalah Frederick W. Taylor. Pada saat itu Taylor memang tidak menggunakan istilah “*Industrial Engineering*”, dimana hasil tulisan dan karyanya secara umum mendapatkan kredit dan pengakuan sebagai awal dari disiplin ilmu Teknik Industri. Salah satu konsep terkenal yang dikemukakan Taylor dalam buku *Shop Management* dan *The Principles of Scientific Management* adalah membagi proses produksi secara keseluruhan menjadi beberapa aktivitas untuk meningkatkan efisiensi dari setiap pekerjaan. Dengan demikian, hubungan antara manusia dan mesin menjadi lebih mudah dipelajari, proses produksi dapat direncanakan dengan baik, serta metode kerja dapat digunakan sebagai acuan baku. Hal inilah yang kemudian mendasari lahirnya konsep manajemen ilmiah (*scientific management*). Selain Taylor, konsep manajemen ilmiah juga banyak diaplikasikan dan dikembangkan oleh Frank dan Lillian Gilberth terutama untuk identifikasi, analisis, dan pengukuran gerakan tubuh dasar (*fundamental motion*) selama bekerja. Keduanya kemudian mengkaji lebih lanjut pandangan / kajian tentang isu-isu yang berfokus pada manusia (*human factor*) seperti yang tertuang dalam buku *The Psychology of Management*. Setelah akhir Perang Dunia ke-I, isu tersebut kemudian mendasari berbagai tokoh lain seperti H.B. Maynard, G. J. Stegmerten, S. M. Lowry, A. H. Mogenson, serta M. Barnes untuk berfokus pada faktor psikologi manusia dan perilakunya dalam organisasi. Sebuah eksperimen terkenal yang dilakukan oleh perusahaan Western Electric Hawthorne di Chicago selama tahun 1924 sampai 1932 yang kemudian menjadi bukti bahwa aspek psikologi manusia ternyata menjadi hal yang penting dan harus diperhatikan. Selama Perang Dunia ke II, perkembangan kajian teknik analisis statistik, manajemen proyek, dan berbagai kajian berbasis jaringan dan grafis yang digunakan untuk menjelaskan sistem yang sangat kompleks telah meningkat pesat. Selama periode ini banyak ilmuwan yang terlibat dari berbagai disiplin ilmu yang kemudian menyebabkan perkembangan kemajuan yang signifikan dalam pemodelan, analisis, dan pemahaman umum dari suatu masalah. Pendekatan terhadap masalah kompleks yang sedang dihadapi tersebut kemudian menjadi sebuah entitas yang disebut dengan riset operasi (*operations research*). Hal inilah yang kemudian mengakibatkan disiplin ilmu Teknik Industri harus melibatkan interaksi dengan disiplin ilmu-ilmu yang lain seperti matematika, statistika, dan fisika untuk memecahkan masalah. Sehingga pada dekade tahun

1950an sampai 1960an, terjadi perubahan pemikiran di antara ilmuwan Teknik Industri dimana segala hal harus dicapai dengan solusi yang optimal. Pada periode yang kemudian disebut dengan era sains manajemen ini, segala pengambilan keputusan didasarkan pada orientasi yang optimal melalui pendekatan yang berbasis pemodelan, teknik matematis, dan analisis komputer.

Sebagai bagian dari era atau tahapan pemikiran keilmuan Teknik Industri, sains manajemen (*management science*) merupakan salah satu kajian pengetahuan yang sangat penting dan berguna untuk menyelesaikan berbagai permasalahan yang kompleks. Untuk mempelajari tentang perkembangan keilmuan Teknik Industri pada tahap *management science*, diperlukan suatu pemikiran yang mendalam mengenai hakikat dari ilmu tersebut. Oleh karena itu pada artikel ini dijelaskan tentang telaah filsafat ilmu Teknik Industri pada tahap *management science* melalui tiga aspek/kajian, yaitu kajian ontologis, kajian epistemologi, dan kajian aksiologi. Pada penelitian lain dibahas perkembangan pendekatan-pendekatan terkini dari perkembangan *management science* [3]. *Positioning* artikel ini terletak pada pembedahan keilmuan Teknik Industri sehingga pembaca akan paham akar dari keilmuan ini dari sudut pandang filsafat ilmu. Tujuan dari artikel ini adalah dengan menelaah ilmu Teknik Industri melalui tiga kajian tersebut, maka diharapkan hakikat, cara mendapatkan, dan kegunaan/fungsi keilmuan Teknik Industri tersebut dapat tergambar dengan jelas. Dengan demikian, akar dan semangat keilmuan ini tertanam dan dipahami bagi para pemangku (*stakeholder*) dari keilmuan Teknik Industri.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini akan membedah keilmuan Teknik Industri dari sudut pandang filsafat ilmu. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah telaah filsafat ilmu Teknik Industri menggunakan tiga jenis kajian, yaitu kajian ontologis, kajian epistemologi, dan kajian aksiologi. Kajian ontologis akan membahas mengenai prinsip dasar dari ilmu teknik industri. Kajian epistemologi digunakan untuk mempelajari asal mula atau sumber, struktur, metode dan validitas pengetahuan tersebut. Kajian aksiologi digunakan dalam mempelajari nilai secara umum dan pemanfaatan dari ilmu teknik inTerakhir adalah penarikan kesimpulan dari tiga jenis kajian tersebut terhadap keilmuan Teknik Industri. Data yang digunakan adalah referensi-referensi yang memuat perkembangan Teknik Industri dari awal perkembangan hingga kini sehingga terdapat



Gambar 1. Diagram alir penelitian

variansi yang cukup lebar dari usia referensi yang digunakan pada artikel ini. Parameter yang digunakan dalam mencari referensi adalah detail-detail terkait konsep dasar, prosedur atau metode, serta fungsi dan kegunaan dari keilmuan Teknik Industri. Alur penelitian ini divisualisasikan pada Gambar 1.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kajian Ontologis

Kajian ontologis merupakan kajian yang berfokus pada hakikat, definisi, konsep dasar, dan karakteristik dari suatu ilmu. Dilihat dari asal usul istilah frasenya, sains manajemen (*management science*) terdiri dari dua kata yaitu “*management*” dan “*science*”. *Management* didefinisikan sebagai proses perencanaan, pengorganisasian dan penggunaan terhadap sumberdaya organisasi lainnya supaya tujuan organisasi dapat tercapai sesuai dengan yang ditetapkan [4]. Secara filosofis manajemen merupakan ilmu/pengetahuan bagaimana cara mengelola ‘sesuatu’ untuk mendapatkan hasil [5]. *Science* didefinisikan sebagai suatu sistem untuk memahami alam semesta melalui observasi dan eksperimen yang terkontrol [6]. Dengan menggabungkan dan mengintegrasikan antara konsep ilmu manajemen yang berfokus pada orang, struktur organisasi, motivasi, dan kepemimpinan dengan konsep ilmu sains yang lebih berfokus pada hal-hal yang rasional, teoritis, berbasis sistem, dan impersonal; maka lahirlah sains manajemen (*management science*) [7]. Scarneccchia mendefinisikan *management science* sebagai sebuah integrasi sains yang terdiri dari konsep-konsep, riset eksperimental, dan pendekatan analitik yang terencana, terorganisasi, dan berorientasi pada konsep-konsep ilmu manajemen [8]. Penggunaan istilah *management science* tidak selalu disebutkan secara eksplisit oleh berbagai ilmuwan dan filsuf, dimana tokoh-tokoh lain seperti Forrester, Gass, dan Harris lebih memilih memakai istilah “*operations research*” yang didefinisikan sebagai sebuah teknik analitik atau pemodelan yang kompleks pada suatu permasalahan optimasi [9], [10]. Johnson

mendefinisikan *operations research* sebagai prediksi dan perbandingan dari nilai-nilai, efektivitas, dan sekumpulan biaya dari suatu permasalahan yang spesifik di dalam sistem antara manusia dan mesin [11]. Oleh karena itu, hakikat ilmu Teknik Industri pada tahap sains manajemen sering ditujukan sebagai kajian yang menitikberatkan pada integrasi antar bidang manajemen dan sains untuk memecahkan atau mencari solusi yang optimal dari permasalahan/persoalan yang kompleks melalui metode atau pendekatan analitik serta berorientasi pada riset.

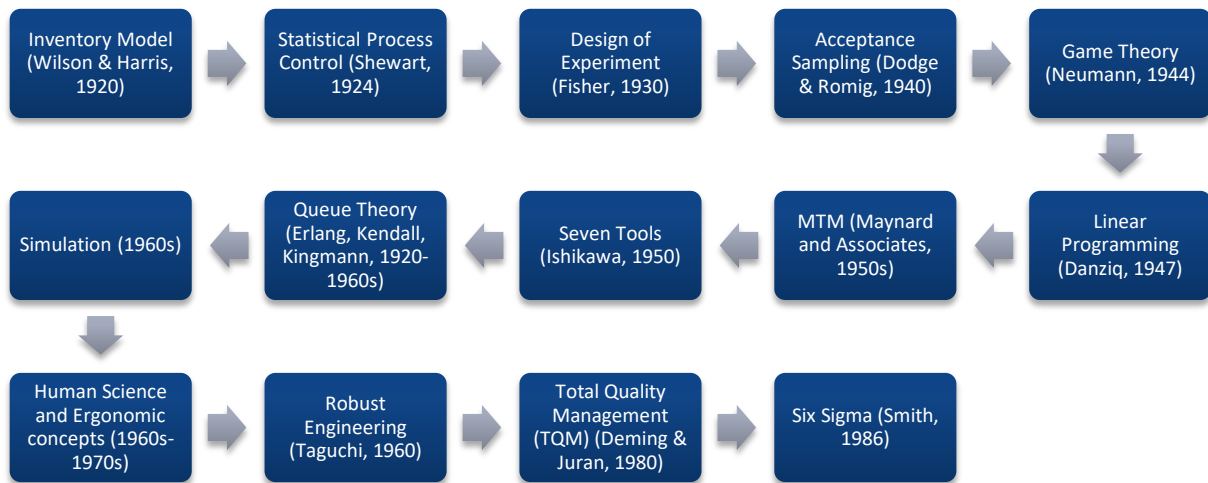
Salah satu ciri atau karakteristik ilmu Teknik Industri pada tahap sains manajemen adalah penggunaan metode-metode yang berbasis pada pemodelan, simulasi, matematis, statistik, grafis, dan analisis komputer untuk menjelaskan dan memecahkan suatu fenomena/permasalahan. Metode-metode analisis Teknik Industri pada tahap sains manajemen yang telah berkembang misalnya model persediaan, pemrograman linier (*linear programming*), teori antrian (*queue theory*), metode transportasi, analisis inkremental, metode sampling, perancangan eksperimen, *statistical process control*, penggunaan *seven tools*, *robust engineering*, *total quality management* (TQM), MTM (*methods time measurement*), standarisasi metode kerja, dan masih banyak yang lainnya [12].

Jika dilihat dari sejarah perkembangannya, metode/teknik pada tahap sains manajemen yang pertama kali menggunakan model matematik untuk memecahkan suatu permasalahan adalah model persediaan (*inventory model*) yang diperkenalkan oleh Wilson dan Harris pada tahun 1920. Model persediaan yang dikembangkan oleh Willson dan Harris saat itu merupakan model dasar untuk memecahkan persoalan persediaan yang masih deterministik. Setelah itu pada tahun 1924, Shewhart memperkenalkan teknik *statistical process control* yang digunakan untuk mengontrol jalannya suatu proses (terutama proses produksi). Pada tahun 1930, Fisher menemukan prosedur/metode untuk merencanakan dan merancang suatu eksperimen yang disebut dengan *design of experiment*. Sepuluh tahun berikutnya pada tahun 1940, Dodge dan Romig mengembangkan suatu prosedur yaitu *acceptance sampling* yang digunakan dalam mengontrol kualitas produk. Setelah itu pada tahun 1944, Neumann menemukan teori permainan (*game theory*). Pada tahun 1947, Danzig menemukan sebuah metode untuk mencari keputusan optimal menggunakan hubungan linier dari beberapa model matematik yang disebut dengan *linier programming*. Kemudian sekitar tahun 1950, Maynard menemukan metode *method time measurement* (MTM) yang digunakan untuk

menghitung standar waktu kerja dari suatu kegiatan/aktivitas. Pada tahun 1960an, beberapa peneliti dan ahli menemukan beberapa teknik/metode yang sangat penting, misalnya teori antrian (*queue theory*) yang dikenalkan oleh Erlang, Kendall, dan Kingmann, metode simulasi yang mengandalkan kemampuan komputer untuk menemukan solusi permasalahan, konsep-konsep tentang *human science* dan ergonomi, serta metode *robust engineering* yang digunakan untuk merancang produk/proses yang kokoh (*robust*). Setelah itu pada akhir abad ke-20, Deming dan Juran menemukan suatu metode manajemen yang digunakan untuk meningkatkan kualitas dari suatu organisasi, yang disebut dengan *Total Quality Management* (TQM). Kemudian pada tahun 1986, Bill Smith menemukan sebuah konsep untuk meningkatkan kualitas dari suatu proses/produk yang disebut dengan *six sigma*. Setelah periode itu perkembangan metode yang berkaitan dengan sains manajemen memang masih berkembang. Namun pada awal abad ke-21, terjadi beberapa perubahan pemikiran di kajian keilmuan teknik industri, dimana pada saat itu untuk memecahkan suatu permasalahan tidak bisa dilihat dari satu kajian dan hanya dengan menggunakan teknik matematik, statistik, dan komputer saja. Perkembangan metode, teknik, prosedur, dan konsep yang berhubungan dengan sains manajemen selama rentang waktu 1920 sampai 1986 tersebut digambarkan pada Gambar 2.

B. Kajian Epistemologi

Kajian epistemologi merupakan kajian yang berfokus pada bagaimana cara mendapatkan suatu pengetahuan/ilmu, dimana di dalamnya termasuk konsep dasar, prosedur/metode, dan asumsi-asumsi yang digunakan, serta bagaimana cara mengukur kebenaran dari ilmu tersebut. Selama era *management science*, ilmu/pengetahuan Teknik Industri diperoleh melalui suatu metode yang disebut sintesis. Proses sintesis sering didefinisikan sebagai gabungan antara dua atau lebih elemen yang berbeda untuk menghasilkan elemen yang baru. Kajian ilmu/pengetahuan Teknik Industri pada tahap *management science* biasanya didapatkan dari hasil sintesis antara dua atau lebih konsep keilmuan untuk kemudian dijadikan sebagai metode analisis untuk memecahkan suatu permasalahan yang spesifik. Karakteristik konsep-konsep keilmuan yang akan disintesis pada tahap *management science* ini biasanya terbatas pada bidang sains dan turunannya seperti matematika, fisika, biologi, statistik, kimia, bidang manajemen seperti perilaku orang, organisasi, psikologi, serta bidang-bidang lain seperti simbolis, grafis, dan komputer. Cara



Gambar 2. Perkembangan metode, teknik, prosedur, dan konsep yang berhubungan dengan Sains Manajemen

sintesis seperti ini sebenarnya sudah pernah dilakukan sebelumnya oleh Aristoteles dalam menciptakan suatu pemikiran yang baru dengan apa yang disebut dengan logika deduktif. Logika deduktif berangkat dari dua atau lebih kebenaran yang tidak disangsikan untuk menyimpulkan kebenaran yang baru. Hal yang sama juga terjadi pada cara perolehan ilmu/pengetahuan Teknik Industri pada tahap *management science*. Biasanya formulasi/metode analisis ilmu Teknik Industri pada tahap *management science* didapatkan dari hasil sintesis melalui logika deduktif terhadap dua atau lebih kebenaran yang sudah ada. Hal inilah yang membuat *management science* menjadi unik karena proses untuk mendapatkan pengetahuan sains yang baru didapatkan dari hasil observasi, eksperimen, abstraksi, dan berpikir induktif [13].

Pendekatan yang digunakan untuk memecahkan masalah pada tahap sains manajemen dimulai dengan identifikasi masalah pada sistem riil. Setelah masalah diidentifikasi, langkah selanjutnya adalah dengan memformulasikan masalah tersebut ke dalam model. Jika model standar atau dasar sudah ada, maka analis atau peneliti dapat langsung menggunakan model tersebut, jika tidak maka analis tersebut harus mengembangkan model dasar tersebut sehingga mempresentasikan masalah pada sistem riil. Model yang sudah dibuat kemudian dicari solusi optimalnya dengan menggunakan dan menggabungkan beberapa kajian keilmuan seperti matematika, statistik, dan komputer. Setelah itu solusi yang didapatkan akan dianalisis untuk dilihat hasil berupa solusi yang ditawarkan dapat diimplementasikan di sistem riil atau tidak.

Ukuran kebenaran dari ilmu/pengetahuan Teknik Industri pada tahap *management science* pada umumnya adalah rasional dan nyata (empiris). Rasional berarti ilmu tersebut dapat

dipertanggungjawabkan dengan alasan yang logis dan masuk akal. Sedangkan empiris berarti ilmu tersebut merupakan ilmu yang bisa diamati dan dapat dilakukan secara nyata. Untuk memperoleh ilmu / pengetahuan pada tahap ini, terkadang diperlukan sejumlah asumsi. Asumsi kadang digunakan untuk mempermudah dalam penyelesaian persoalan yang ada di lapangan, seperti contoh pada metode analisis *linear programming*. Prinsip dasar analisis *linear programming* pada dasarnya adalah meniru obyek permasalahan pada sistem riil yang ada di lapangan untuk kemudian diubah menjadi formulasi/model simbolis dan grafis untuk kemudian dianalisis menggunakan logika matematis agar mendapatkan solusi yang optimal. Oleh karena itu sering kali pada saat proses pemindahan dari sistem riil menjadi suatu model, pasti terdapat hal-hal yang membuat perlu untuk memasukkan beberapa asumsi. Hal tersebut dikarenakan model yang dibuat pasti tidak bisa sama persis dengan yang ada di sistem yang nyata (*riil*).

C. Kajian Aksiologi

Kajian aksiologi merupakan kajian yang berfokus pada kegunaan, fungsi, dan tujuan dari suatu ilmu/pengetahuan. Ilmu-ilmu atau pengetahuan Teknik Industri pada tahap *management science* memiliki tujuan yang spesifik yaitu untuk menganalisis dan memecahkan permasalahan suatu sistem yang kompleks sehingga didapatkan solusi yang optimal (*optimal solution*). Salah satu contoh pengaplikasiannya adalah ketika *management science* digunakan untuk memecahkan berbagai persoalan di bidang militer selama perang dunia ke-2. Pada saat itu berbagai negara dituntut untuk mengambil keputusan yang tepat dalam hal pengadaan dan pengalokasian senjata, transportasi,

pengadaan sumber daya manusia, dan lainnya dengan ketersediaan sumber daya yang terbatas. Sehingga metode-metode analisis seperti *mathematical modelling*, simulasi, dan *operation research* banyak dikembangkan untuk mengambil keputusan yang optimal dan tepat bagi pihak militer dan industri manufaktur.

Penggunaan ilmu-ilmu *management science* tidak berakhir ketika perang dunia ke-2 berakhir. Perang militer antar negara memang berakhir pada saat itu, namun perang antar industri manufaktur antar negara tidak berhenti. Setiap negara berlomba-lomba untuk meningkatkan efisiensi dan menciptakan pasar yang luas untuk mencapai kesejahteraan dan kejayaan agar tidak tertinggal dari negara lain. Sampai saat ini prinsip-prinsip *management science* dalam kajian ilmu Teknik Industri masih banyak diaplikasikan dan digunakan untuk memodelkan dan memecahkan berbagai macam permasalahan yang besar dan kompleks. Beberapa contoh pengaplikasian dalam bidang industri manufaktur misalnya untuk menentukan jenis barang yang akan diproduksi, jumlah barang yang harus diproduksi, jumlah barang yang harus disimpan, pengalokasian sumber daya manusia yang digunakan, penentuan jenis dan jumlah mesin yang tepat, penentuan moda transportasi dan rute yang paling baik, dan masih banyak lagi lainnya.

Management science sebagai salah satu tahapan dalam kajian keilmuan Teknik Industri tentu memiliki beberapa kelemahan. Grayson pada tahun 1973 menyatakan bahwa *management science* telah kehilangan fungsi/kegunaannya karena berkembang terlalu jauh dari sistem real yang ada [14]. Hall dan Hess menyatakan bahwa para praktisi dan kalangan akademis saat ini terlalu berfokus pada satu pandangan saja dalam melihat, memetakan, dan menyatakan masalah [15]. Pendapat tersebut diperkuat oleh Muller dan Merbach yang menyatakan bahwa berbagai penelitian dalam bidang *management science* yang berkembang sekarang menghasilkan metode dan bantuan teknik (*tools*) yang berkembang terlalu rumit dibandingkan sistem riil yang ada sehingga susah dipelajari [16]. Kelemahan-kelemahan ini ditambah semakin pesatnya perkembangan teknologi dan informasi kemudian menyebabkan ke depannya muncul pandangan berpikir secara terintegrasi dan berpikir secara global atau menyeluruh. Perkembangan terkini *management science* memiliki pendekatan lain yaitu *system dynamics* yang banyak digunakan di bidang kesehatan, agrikultur, dan manajemen rantai pasok. Area aplikasi dari *management science* juga bergerak yang semula dari area industri manufaktur, kini juga menyentuh sektor kesehatan, pertanian, dan juga untuk merumuskan kebijakan

Corporate Social Responsibility (CSR) dari perusahaan dan juga untuk *Knowledge Management* (KM). Hal ini terkait adanya tendensi CSR yang dilakukan oleh industri perlu memperhatikan *Sustainable Development* (SD). Pendekatan ini didukung bahwa perlu adanya kolaborasi diantaranya adalah kajian matematika dan kajian kimiawi (*chemical*) [17]. Penelitian lain juga menunjukkan adanya tren CSR yang semakin membutuhkan kolaborasi dari beragam disiplin dan pendekatan yang bisa dipisahkan dalam empat kuadran yang berbeda dimana terdapat kaitan satu dan yang lainnya [18]. CSR juga bermuara pada *Life Cycle Assessment* (LCA) dimana dalam perspektif sains manajemen CSR dipandang perlu dijadikan sebuah program dibawah arahan bagian atau departemen komersial bersamaan dengan program lain seperti *marketing* dan *sales* [19].

Perkembangan lain juga menunjukkan *management science* juga dipengaruhi perkembangan *computational science*. Data analisis juga semakin dibutuhkan dengan berbagai contoh aplikasinya seperti MRP, MRP II, ERP, dan ERP II yang memungkinkan monitor dan manajemen integrasi dari data yang dimiliki oleh berbagai departemen dalam inter-industri maupun intra-industri [20].

IV. KESIMPULAN

Perkembangan pemikiran keilmuan Teknik Industri dibagi menjadi lima tahap manajemen ilmiah (*scientific management*), tahap manajemen administrasi dan perilaku, tahap sains manajemen (*management science*), tahap pendekatan terintegrasi (*integrated approach*), serta tahap pendekatan informasi dan global. Dari aspek ontologis, ilmu/pengetahuan Teknik Industri pada tahap *management science* mempunyai karakteristik khusus kajian yang menitikberatkan pada integrasi antar bidang manajemen dan sains terutama matematika, statistika, dan komputer untuk memecahkan atau mencari solusi yang optimal dari permasalahan/persoalan yang kompleks. Dari aspek epistemologi, ilmu/pengetahuan Teknik Industri pada tahap *management science* diperoleh melalui suatu metode yang disebut sintesis. Ukuran kebenaran dari ilmu/pengetahuan Teknik Industri pada tahap *management science* pada umumnya adalah rasional dan nyata (empiris). Dari segi aksiologi, ilmu/pengetahuan Teknik Industri pada tahap *management science* memiliki tujuan yang spesifik yaitu untuk menganalisis dan memecahkan permasalahan suatu sistem yang kompleks sehingga didapatkan solusi yang optimal.

REFERENSI

- [1] K. B. Zandin, *'Maynard's Industrial Engineering Handbook*, 5th Edition., Mc Graw Hill, New York., 2004.
- [2] R. M. Lima, D. Mesquita, M. Amorim, G. Jonker, dan M. A. Flores, "An Analysis of Knowledge Areas in Industrial Engineering and Management Curriculum", *International Journal of Industrial Engineering and Management (IJIEM)*, Vol.3 No 2, pp. 75-82., 2012.
- [3] J. Mingers and J. L. White, "A Review of The Recent Contribution of System Thinking to Operational Research and Management Science", *European Journal of Operational Research (EJOR)*, pp. 1147-1161, 2010.
- [4] J. A. F. Stoner and C. Wankel, *Management*. New Jersey: Prentice Hall., 1982.
- [5] W. D. Litzinger and T. E. D. Schaefer, "Perspective: Management Philosophy Enigma", *The Academy of Management Journal*, Vol. 9, No. 4, pp. 337-343., 1966.
- [6] A. A. Carin and R. B. Sund, *Teaching science through discovery*, Ohio: Charles E. Merrill Publishing Co., 1972 .
- [7] R. Hesse, "Management Science or Management/Science?", *Interfaces*, Vol. 10, No. 1, pp. 104-109, 1980.
- [8] D. L. Scarnecchia, "Viewpoint: Empowering Diversity: Envisioning, Designing, and Developing Range Management Science", *Journal of Range Management*, Vol. 56, No. 6, pp. 558-569, 2003.
- [9] J. W. Forrester, *Industrial Dynamics*. Cambridge: The M. I. T. Press, 1961.
- [10] S. I. Gass and C. M. Harris, *Encyclopedia of Operations Research and Management Science*. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1996.
- [11] N. N. Barish, "Operations Research and Industrial Engineering: The Applied Science and Its Engineering", *Operations Research*, Vol. 11, No. 3 (May - Jun., 1963), pp. 387-398, June 1963.
- [12] H. G. Daellenbach and D. C. McNickle, *Management Science: Decision Making Through Systems Thinking*. New York: Palgrave Macmillan, 2005.
- [13] L. G. Sprague and C. R. Sprague, "Management 'Science?'", *Interfaces*, Vol. 7, No. 1, pp. 57-62, 1976.
- [14] C. J. Grayson, *Management Science and Business Practice*, Harvard: Bussiness, 1973.
- [15] J. R. Hall and S. W. Hess, "OR/MS dead or dying? RX for survival". *Interfaces*, 8, 3, 42-44, 1978.
- [16] H. Muller and D. H. Merbach, "Letter to the Editor", *J. Opl Res. Soc.* 30, 383-38, 1984.
- [17] M. Zemigala, "Tendencies in Research on Sustainable Development in Management Science", *Journal of Cleaner Production*, 2019.
- [18] A. Lulewicz-Sas, "Corporate Social Responsibility in the Light of Management Science", *Procedia Engineering*, pp. 412-417, 2017.
- [19] T. Bicalho, et al., "LCA Data Quality : A Management Science Perspective", *Journal of Cleaner Production*, pp. 888-898, 2017.
- [20] L. Ogiela, "The Fundamentals of Management Sciences", *Cognitive Information Systems in Management Sciences*. Elsevier Inc., 2017.

