

# Tantangan dan Permasalahan Etis di Balik Tren *Artificial Intelligence*

Lionov

PROGRAM STUDI INFORMATIKA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI DAN SAINS  
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN

*Artificial intelligence is at the heart of the epochal change we are experiencing. Robotics can make a better world possible if it is joined to the common good. Indeed, if technological progress increases inequalities, it is not true progress. Future advances should be oriented towards respecting the dignity of the person and of Creation.*

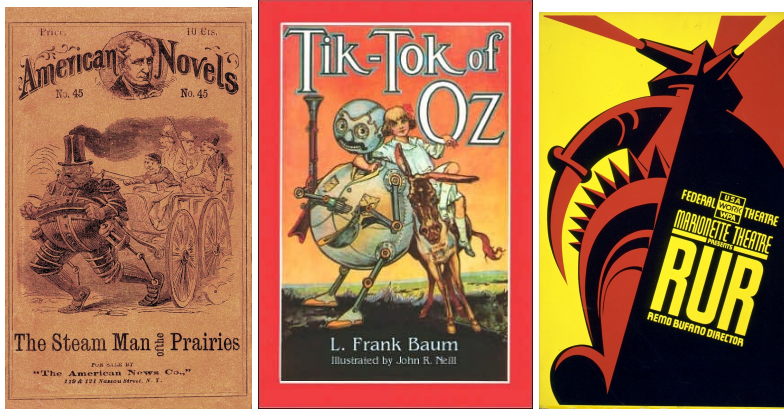
*Let us pray that the progress of robotics and artificial intelligence may always serve humankind . . . we could say, may it “be human”*

*Pope Francis' prayer intention for November 2020*

## 1 Pendahuluan

Kata “*robot*” diperkenalkan pertama kali oleh Karel Čapek, seorang penulis berkebangsaan Ceko, pada tahun 1921. Čapek menggunakan kata “*robot*” pada pertunjukan sandiwaya tiga babak ciptaannya yang berjudul “*R.U.R*” (*Rossumovi Univerzální Roboti/Rossum’s Universal Robots*). Sejak saat itu, perlahan-lahan kata “*robot*” semakin sering digunakan terutama dalam literatur-literatur fiksi ilmiah. Sebagai catatan, konsep robot dalam literatur fiksi ilmiah sudah muncul sebelum kata “*robot*” digunakan, misalnya pada karakter *The Steam Man* di buku *The Steam Man of the Prairies* (Edward S. Ellis, 1868) dan *Tik-Tok* di buku *Ozma of Oz* (L. Frank Baum, 1907). Lihat Gambar 1.

Pada sandiwaya *R.U.R*, dikisahkan seorang saintis bernama Rossum yang berhasil mengetahui cara membuat robot yang menyerupai manusia (*humanoid robot/android*). Rossum kemudian membuat pabrik untuk memproduksi massal robot ciptaannya dan mengirimkannya ke seluruh penjuru dunia untuk membantu kerja manusia. Seiring berjalannya waktu, robot yang dibuat semakin canggih hingga dapat memiliki kesadaran sendiri dan perasaan serta emosi seperti manusia. Pada akhirnya, robot-robot melakukan pemberontakan dan membunuh semua manusia di muka bumi.



GAMBAR 1: Gambar sampul buku *The Steam Man of the Prairies*(kiri), *Ozma of Oz*(tengah), dan poster sandiwara R.U.R(kanan)

Rangkuman cerita sandiwara di atas merupakan plot yang kerap ditemukan di berbagai literatur/film fiksi ilmiah yang menceritakan tentang robot. Robot sebagai entitas otonom yang diciptakan manusia kemudian dapat memiliki kecerdasan maupun kekuatan fisik di atas manusia dan kemudian menjadi ancaman bagi umat manusia. Hubungan antara manusia dan robot ciptaannya selalu menjadi bahan pembahasan yang sangat menarik dari sisi etika dan moral. Dalam kisah *R.U.R.*, karakter bernama Helena memperjuangkan apa yang disebutnya sebagai “hak-hak robot”, sementara karakter lain hanya menganggap robot sebagai alat sehingga robot dianggap tidak memiliki keinginan seperti manusia. Akibatnya, robot tidak memerlukan “hak”.

Pada tahun 1942, Isaac Asimov<sup>1</sup> memperkenalkan *The Three Laws of Robotics*. Hukum robotika ini muncul pertama kali di cerita pendek berjudul *Runaround*. Lihat Gambar 2. Asimov menggunakan hukum tersebut untuk mendeskripsikan dengan lebih jelas bagaimana hubungan antara manusia dan robot dan bagaimana robot seharusnya bertindak. *The Three Laws of Robotics* berbunyi:

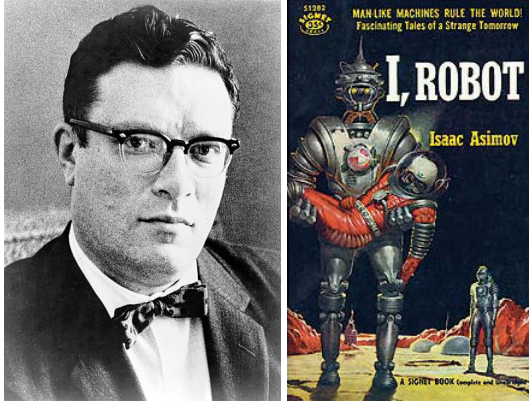
**First Law** *A robot may not injure a human being or, through inaction, allow a human being to come to harm.*

**Second Law** *A robot must obey the orders given it by human beings except where such orders would conflict with the First Law.*

**Third Law** *A robot must protect its own existence as long as such protection does not conflict with the First or Second Law*

Asimov kemudian melengkapi hukum robotik di atas dengan hukum ke-nol: **Zeroth Law** *A robot may not harm humanity, or, by inaction, allow humanity to come to harm.* Hukum ke-nol ini ditambahkan di cerita *Robots and Empire* (1985).

<sup>1</sup>Penulis asal Amerika Serikat kelahiran Rusia yang pertama kali menggunakan kata “robotika/robotics”



GAMBAR 2: Isaac Asimov(kiri) dan sampul buku *I, Robot* yang memuat cerita pendek *Runaround*(kanan)

Kendati *The Three Laws of Robotics* sebagai “pedoman etis” untuk robot hanya dicantumkan di dalam sebuah karya fiksi ilmiah, tetapi penggunaannya sebagai konsep abstrak masih menjadi sesuatu yang sangat relevan dan menjadi bahan rujukan dalam pengembangan robot di masa kini. Di sini terlihat bahwa Asimov berupaya untuk menjelaskan bagaimana seharusnya interaksi antara robot dengan manusia terjadi, dalam konteks bahwa manusia memiliki apa yang disebut sebagai *Frankenstein Complex*, yaitu perasaan takut bahwa suatu saat A.I. akan berbalik menentang penciptanya: manusia.

Hukum Asimov memiliki banyak kekurangan, baik secara teknis maupun etis. Secara teknis, hukum tersebut mengasumsikan bahwa robot mampu membedakan robot dengan manusia dan menyadari bahwa dirinya adalah sebuah robot. Hal seperti ini tidak mudah diimplementasikan ke dalam sebuah robot. Selain itu, konsep seperti “*come to harm*” juga sulit dimengerti oleh robot, karena definisi tentang apa yang membahayakan atau tidak bagi umat manusia tidak selalu jelas dan sangat bergantung pada situasi dan kondisi tertentu.

Secara etis, jika robot memiliki/dapat menyimulasikan kesadaran (*consciousness*) dan kemudian dapat menuntut haknya, apakah hukum robotik kedua masih layak untuk diterapkan? Apakah bukan berarti bahwa robot sebagai “makhluk berakal” (*sentient being*) harus menjadi budak bagi umat manusia? Saat ini, mungkin kita berpikir bahwa keadaan seperti itu hanya ada di imajinasi manusia dan tidak akan pernah terjadi.

Masalah lain dari *The Three Laws of Robotics* yang mungkin lebih relevan pada saat ini adalah pertanyaan: siapakah yang sebetulnya memerlukan hukum tersebut? Mungkin yang saat ini diperlukan bukanlah pedoman untuk robot, tetapi pedoman etis untuk *pembuat* robot. Misalnya, pembuat robot harus

memprioritaskan keselamatan manusia saat membangun robot dan memastikan bahwa perilaku/aksi robot selalu dapat diprediksi dalam segala situasi.

Saat ini, “robot” bukan lagi hanya ada di cerita atau film fiksi ilmiah, tetapi sudah benar-benar masuk ke dalam kehidupan kita sehari-hari. Sudah cukup banyak contoh *humanoid robot*<sup>2</sup> populer seperti Sophia, Asimo, Pepper, atau yang terbaru: Ameca. Robot-robot tersebut dibuat sedemikian sehingga mereka memiliki (atau menyimulasikan) **kecerdasan artifisial** atau **Artificial Intelligence (A.I.)**. Dalam banyak kasus, A.I. dapat membuat manusia mengalami *ELIZA effect*, keadaan di mana manusia secara tidak sadar menganggap perilaku komputer adalah sama dengan perilaku manusia (antropomorfisasi).

Selain pada robot, A.I. digunakan juga dalam berbagai program komputer, seperti misalnya pada aplikasi di telepon seluler yang bisa membantu pengguna untuk memutuskan rute yang akan ditempuh jika ingin berpindah posisi dari satu tempat ke tempat lain. Sudah dapat dikatakan, saat ini A.I. sudah menjadi bagian yang tidak terpisahkan dari berbagai bidang kehidupan sebagian besar umat manusia. Sama seperti dalam konteks robot, tentu kemudian menjadi menarik untuk mengkaji seberapa besar permasalahan etika dan moral yang akan muncul akibat dari pemanfaatan A.I. tersebut.

Dalam *The Three Laws of Robotics*, Asimov fokus kepada perilaku robot dengan manusia sebagai pusatnya. Tetapi bagaimana kita melihat A.I. dari sisi manusia? Selain memanfaatkan aspek-aspek positif A.I. secara maksimal seperti yang sudah dilakukan selama ini, bagaimana menghindari aspek negatif dari A.I.? Sampai sejauh mana kita sudah memperhatikan aspek etika dan moral dalam tahap rekayasa A.I. dan saat menggunakannya? Lebih dalam lagi, apa saja dampak negatif terutama dari aspek etika dan moral pada A.I.?

Artikel ini akan membahas beberapa permasalahan dan tantangan terkait etika dan moral yang muncul terkait perkembangan A.I.. Sebelumnya, pada dua bagian berikutnya akan dibahas terlebih dahulu mengenai definisi dan konsep A.I. dengan fokus pada agen cerdas yang kemampuan untuk belajar dari pengalaman serta berbagai contoh kemajuan yang sudah dicapai oleh A.I.. Selanjutnya akan dipaparkan beberapa contoh permasalahan etis yang muncul akibat penggunaan A.I. yang semakin intens serta tantangan etika dan moral bagi masa depan A.I..

## 2 Artificial Intelligence (A.I.)

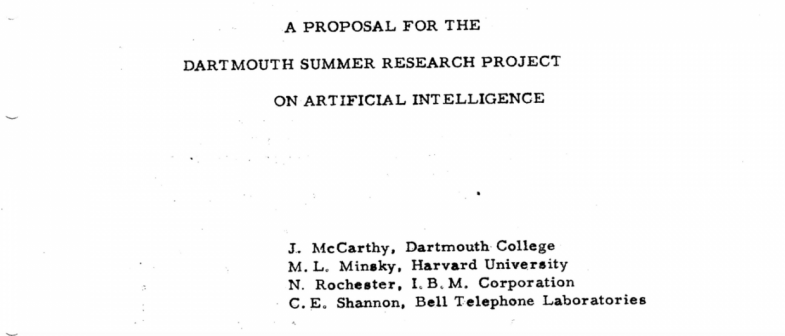
Di dunia komputer, istilah “*Artificial Intelligence*” dicetuskan pertama kali oleh John McCarthy, seorang asisten professor di Dartmouth College pada tahun 1955. Istilah tersebut digunakan di proposal yang dibuat oleh McCarthy, Mar-

---

<sup>2</sup>robot yang penampilannya menyerupai manusia



**GAMBAR 3:** John McCarthy(kiri) dan Marvin Minsky(kanan), keduanya adalah pelopor bidang A.I. yang juga penerima Turing Award, “Nobel” untuk *computer scientist*



**GAMBAR 4:** Sampul proposal *The Dartmouth Workshop*

vin Minsky, Nathaniel Rochester dan Claude Shannon (Lihat Gambar 3). Di dalam proposal tersebut, McCarthy dkk. mengusulkan diadakannya sebuah seminar untuk “mempelajari lebih jauh dugaan (*conjecture*) bahwa belajar atau bentuk-bentuk kecerdasan lainnya, secara prinsip dapat dideskripsikan dengan akurat sehingga mesin dapat dibuat untuk mensimulasikannya”. Lihat Gambar 3. Seminar tersebut—*The Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence*—akhirnya dilaksanakan pada pertengahan tahun 1956 dan dianggap sebagai tonggak awal pengembangan *Artificial Intelligence* (A.I.).

Sejak saat itu, A.I. terus berkembang dengan pesat seiring dengan kemajuan teknologi dan revolusi industri. Walaupun masa keemasan A.I. sempat meredup saat *The First A.I. Winter* (1974—1980) dan *The Second A.I. Winter* (1987–1993), tetapi kemajuan pada rekayasa A.I. di berbagai bidang seperti logistik, robotik, perbankan, medis, dll membuat A.I. perlahan-lahan mencapai kembali masa keemasannya. Dalam dua dekade terakhir, perkembangan pesat

*machine learning*—salah satu sub-bidang A.I.—dan pemanfaatannya di berbagai bidang membuat A.I. menjadi sangat populer dan makin dikenal secara umum oleh masyarakat luas.

Pada bagian ini, pertama-tama akan dibahas definisi A.I. berdasarkan pendekatan *computer science*/ilmu komputer. Setelah itu, akan dijelaskan konsep agen cerdas yang otonom dalam pengembangan A.I. dan beberapa tipe agen cerdas berdasarkan cara kerjanya. Salah satu tipe agen cerdas yang paling populer saat ini, yaitu agen cerdas yang dapat belajar dari pengalaman (*learning agent*) akan dibahas lebih jauh di bagian terakhir.

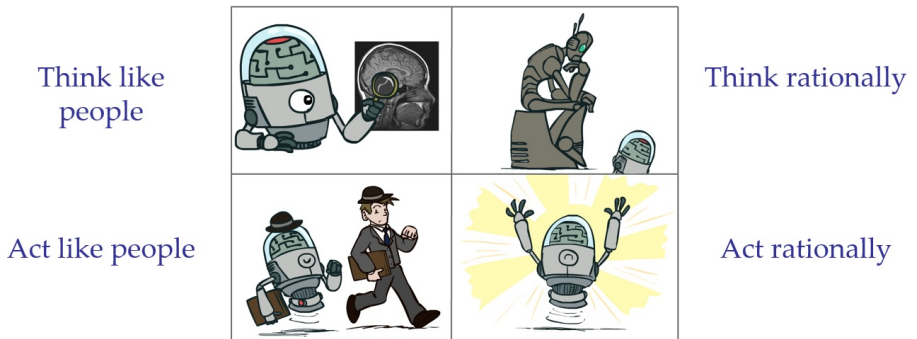
## 2.1 Definisi A.I.

Menurut John McCarthy—yang kerap disebut sebagai “*The Father of A.I.*”—A.I. sebagai sebuah bidang ilmu adalah “*the science and engineering of making intelligent machine*”. Sedangkan *Oxford Dictionary* mendefinisikan A.I. sebagai “*the theory and development of computer systems able to perform tasks normally requiring human intelligence . . .*”. Tetapi, bagaimana kita mendefinisikan kecerdasan bagi mesin?

Secara umum, terdapat dua pendekatan yang dapat digunakan. Pertama, kita dapat mendefinisikan kecerdasan mesin sama seperti kecerdasan manusia atau mendefinisikannya sebagai *rasionalitas* (manusia yang cerdas belum tentu bertindak rasional). Aspek kedua pada kecerdasan mesin adalah apakah kecerdasan tersebut merupakan hasil dari pemrosesan internal melalui pemikiran secara sistematis dan logis ataukah merupakan cerminan dari tindakan dan karakterisasi secara eksternal (*perilaku cerdas/intelligent behaviour*).

Berdasarkan dua aspek tersebut: manusia dan rasionalitas serta berpikir dan bertindak, Stuart Russel dan Peter Norvig membagi A.I. ke dalam empat kategori pendekatan sistem cerdas (Lihat Gambar 5):

- Sistem yang berpikir seperti manusia  
Memerlukan pengetahuan tentang bagaimana cara berpikir manusia, misalnya dengan introspeksi, eksperimen psikologi, atau melakukan pencitraan otak. Berkembang sebagai bidang tersendiri: *cognitive science*.
- Sistem yang bertindak seperti manusia  
Sistem cerdas harus memiliki kemampuan untuk berkomunikasi dengan bahasa manusia (sub-bidang A.I. yang terkait: *natural language processing* dan *speech recognition*), menyimpan pengetahuan (*knowledge representation*), menjawab pertanyaan dan membuat kesimpulan (*automated reasoning*), beradaptasi terhadap situasi yang berubah dan mengenali polanya (*machine learning*), “melihat” dunia (*computer vision*) dan memanipulasi obyek (*robotics*).



GAMBAR 5: Empat kategori sistem cerdas. Gambar milik University of California, Berkeley.

- Sistem yang berpikir secara rasional  
Menggunakan pendekatan “*The laws of thought*” untuk mengkodifikasikan cara berpikir yang benar/rasional. Sistem cerdas dicapai dengan cara menarik kesimpulan secara deduktif (silogisme). Jadi sistem dapat memberikan kesimpulan yang benar jika diberikan premis yang benar. Pada kondisi di mana ada informasi yang kurang untuk mengambil kesimpulan, digunakan probabilitas.
- Sistem yang bertindak secara rasional  
Bertindak secara rasional dapat diartikan sebagai tindakan yang diambil untuk memaksimalkan suatu ukuran kinerja (*performance measure*) berdasarkan objektif/tujuan tertentu. Berpikir secara rasional biasanya menjadi bagian penting untuk dapat bertindak rasional, tetapi tidak semua tindakan rasional memerlukan pemikiran yang rasional, misalnya refleks. Untuk dapat bertindak rasional, maka sistem ini perlu memiliki semua kemampuan sistem yang bertindak seperti manusia.

Sistem A.I. yang dapat bertindak secara rasional dikenal juga dengan konsep **agen rasional**. Sejak A.I. mulai berkembang, pendekatan pengembangan A.I. dengan konsep agen rasional ini memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan pendekatan-pendekatan yang lain. Oleh sebab itu, dapat dikatakan bahwa A.I. adalah bidang ilmu yang fokus mempelajari dan merekayasa agen yang dapat bertindak secara rasional/*do the right thing*.

## 2.2 Konsep Agen Rasional

Agen (Latin: *agere*: bertindak) dalam konteks A.I. adalah apapun yang menerima informasi dari lingkungan dan bertindak berdasarkan informasi tersebut. Agen yang rasional harus dapat melakukan lebih dari sekadar bertindak untuk

mencapai hasil terbaik, misalnya, agen harus dapat beroperasi secara otonom tanpa intervensi entitas di luar agen, dapat beradaptasi terhadap perubahan lingkungan, serta dapat membuat dan berusaha mencapai tujuan tertentu. Sebagai catatan, konsep agen ini tidak membatasi bahwa agen hanya perangkat lunak/agen, tetapi kita bisa menyebut entitas lain, misalnya “*human agent*”.

Contoh agen rasional dalam bentuk perangkat lunak yang mungkin kita lihat sehari-hari adalah agen yang bertugas menawarkan video-video lain setelah kita memutar video tertentu di situs Youtube. Agen tersebut sudah memiliki pengetahuan (*built-in knowledge*) seperti apa saja video yang pernah kita tonton sebelumnya. Selain itu, agen juga menerima informasi saat ini (*percept sequence*) seperti sudah berapa lama kita menonton dan apa yang sedang kita tonton saat ini. Berdasarkan informasi yang diterima, agen akan memberikan rekomendasi video-video yang mungkin menarik untuk kita. Agen akan memilih aksi yang diharapkan dapat memaksimalkan ukuran kinerjanya.

Pendekatan pengembangan A.I. dengan konsep agen rasional ini memiliki beberapa kelebihan dibandingkan pendekatan lain. Pertama, konsep ini bersifat lebih umum dibandingkan dengan pendekatan berpikir rasional (*laws of thought*). Kedua, standar rasionalitas dapat didefinisikan secara matematis (menggunakan ukuran kinerja) sehingga kita bisa merekayasa agen rasional yang dapat memaksimalkan ukuran kinerjanya. Terakhir, secara filosofis, konsep agen lebih netral karena tidak merujuk secara spesifik pada kecerdasan manusia atau kecerdasan secara umum. Jadi rasionalitas agen hanya bergantung dari ukuran kinerja berdasarkan fungsi objektifnya.

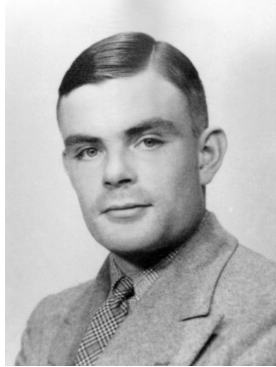
Terdapat beberapa jenis agen rasional berdasarkan cara kerjanya. Untuk menjawab suatu permasalahan, *textitProblem Solving/Searching Agent* bekerja dengan cara mengeksplorasi ruang solusi. Agen yang bekerja dengan cara merepresentasikan pengetahuan dan kondisi lingkungan saat ke dalam kalimat-kalimat logika dan memilih aksi tertentu dengan melakukan inferensi berdasarkan pengetahuan disebut sebagai *Logical Agent*. Agen jenis lain seperti *Reasoning/ Probabilistic Agent* dirancang khusus agar dapat berperilaku adaptif di lingkungan yang dinamis dan mengandung ketidakpastian.

Agen rasional yang perkembangannya sangat pesat pada dua dekade terakhir adalah agen yang memiliki kemampuan untuk belajar dan dapat meningkatkan rasionalitasnya dengan cara belajar dari pengalaman sebelumnya. Agen jenis ini dikenal dengan sebutan *Learning Agent*.

### **2.3 *Learning Agent* dan *Machine Learning***

Ketika *learning agent* adalah sebuah (program) komputer, kita menyebutnya sebagai *machine learning* (pembelajaran mesin). Pada *machine learning*, komputer mengobservasi dan mempelajari data, membangun model berdasarkan





**GAMBAR 6:** Alan Turing, “*The Father of Computer Science*”, namanya diabadikan sebagai penghargaan tertinggi di bidang ilmu komputer (*The Turing Award*)

data, dan menggunakan model tersebut sebagai hipotesis serta menjadi bagian dari perangkat lunak untuk menyelesaikan masalah [1].

Ide tentang komputer yang dapat belajar dari pengalaman sebenarnya sudah dikemukakan beberapa tahun sebelum John McCarthy menyinggung tentang belajar sebagai salah satu kecerdasan yang dapat disimulasikan oleh komputer pada tahun 1955. Alan Turing—saintis komputer yang dikenal sebagai “The Father of Computer Science”—sudah mencetuskan ide tersebut pada tahun 1947 (Lihat Gambar 6). Turing mengatakan “*What we want is a machine that can learn from experience.*” Bahkan pada tahun 1943, Walter Pitts dan Warren McCulloch sudah memperkenalkan model matematika dari neuron biologis dalam artikel ilmiah berjudul “*A Logical Calculus of the Ideas Immanent in Nervous Activity*”. Model ini kemudian menjadi dasar pengembangan Artificial Neural Network dan Deep Learning. Pada tahun 1959, Arthur Samuel<sup>3</sup> pertama kali mencetuskan istilah “Machine Learning” dalam karya tulis ilmiahnya yang berjudul “*Some Studies in Machine Learning Using the Game of Checkers*”. Sejak saat itu, *machine learning* terus berkembang dan menjadi salah satu fokus penelitian utama A.I. saat ini.

*Learning agent* kemudian dibangun dengan memanfaatkan berbagai macam metode dan menggunakan algoritma-algoritma *machine learning* untuk memperkenankan agen melakukan pembelajaran. Berdasarkan metode pembelajarannya, terdapat paling sedikit terdapat dua jenis kategori algoritma *machine learning* yaitu *Supervised Learning* dan *Unsupervised Learning*. Pada *Supervised Learning*, agen mempelajari data yang memiliki label. Misalnya diberikan gambar apel yang diberi label “apel”, maka agen dapat belajar untuk melakukan prediksi apakah sebuah buah merupakan apel atau bukan. Sedangkan pada

---

<sup>3</sup>Peneliti dari IBM yang menciptakan algoritma Minimax

*Unsupervised Learning*, data yang diberikan tidak memiliki label. Misalnya diberikan sebuah gambar buah tanpa label, maka yang dapat dilakukan oleh agen adalah melakukan pengelompokan gambar buah yang sejenis (dari sisi dimensi, warna, dll). Selain itu dikenal juga *Semi-supervised Learning* dimana hanya sebagian data saja yang memiliki label.

## 2.4 Deep Learning dan Reinforcement Learning

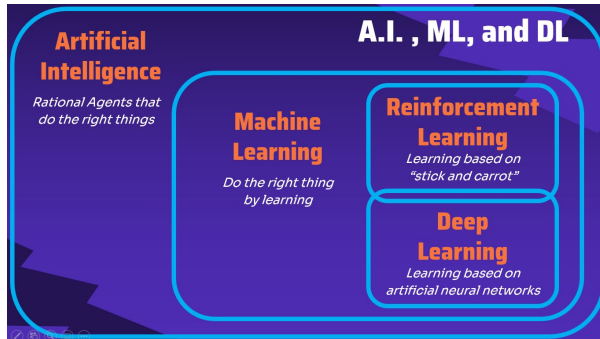
Dalam 15 tahun terakhir, dua teknik *machine learning* yaitu *Deep Learning* dan *Reinforcement Learning* berkembang dengan sangat pesat dan sudah digunakan secara intensif untuk menyelesaikan permasalahan di berbagai bidang kehidupan manusia dengan hasil yang sangat baik.

*Deep Learning* adalah teknik dalam *machine learning* di mana model yang dibuat oleh *learning agent* berbentuk rangkaian/sirkuit aljabar yang bobot-bobot pada koneksi di dalam sirkuit dapat diubah-ubah. Sirkuit aljabar tersebut terinspirasi dari cara kerja jaringan neuron dalam otak manusia saat memproses informasi dan modelnya disebut sebagai *Artificial Neural Network*(ANN).

Pada situasi tertentu, model dan hipotesis pada *machine learning* sulit dibuat dan dilatih karena data yang tersedia terbatas. Sebagai contoh, jika ingin melatih agen untuk bermain catur dengan cara mempelajari posisi papan catur, maka tidak mungkin semua kemungkinan posisi dapat disimpan oleh komputer. Dalam situasi seperti ini, maka *learning agent* dapat menggunakan *Reinforcement Learning*. *Reinforcement Learning* bekerja dengan prinsip “*Stick and Carrot*”. Saat agen berinteraksi dengan lingkungan dan bertindak secara periodik berdasarkan informasi yang diterima, maka agen akan menerima *rewards* (*reinforcement*) atau *punishment* tergantung dari seberapa bagus tindakan yang dilakukannya jika diukur menggunakan *performance measure*. Dengan cara demikian, tujuan dari pembelajaran yang dilakukan *learning agent* adalah untuk meningkatkan *rewards* di masa yang akan datang.

Dengan menggunakan metode-metode *machine learning* seperti *deep learning* dan *reinforcement learning* (Lihat Gambar!7), *learning agent* yang kita lihat sebagai A.I. dapat memberikan banyak keuntungan saat digunakan untuk menyelesaikan masalah, diantaranya:

- akurasi, efisiensi, efektifitas, dan kecepatan A.I. dalam menyelesaikan masalah meningkat karena agen mampu untuk belajar
- mampu bertindak tanpa memerlukan intervensi manusia sehingga tidak terpengaruh dari kelemahan manusia seperti kelelahan dan kebosanan
- mampu memanfaatkan kuantitas dan kualitas data dengan maksimal dan menemukan pola spesifik dan hubungan implisit pada data/ informasi meskipun yang diproses sangat banyak dan kompleks
- mampu menangani data yang “rumit” bagi manusia, misalnya video



GAMBAR 7: Hubungan antara A.I., machine learning, deep learning, dan reinforcement learning. Agen rasional dimengerti sebagai agen yang melakukan hal yang "benar".

Konsep *deep learning*, *reinforcement learning* dan berbagai metode *machine learning* lainnya sudah menjadi bahan penelitian di bidang ilmu komputer sejak tahun 1960-an. Ada beberapa hal yang yang menyebabkan baru dalam 15-20 tahun terakhir keduanya berkembang pesat dan semakin populer.

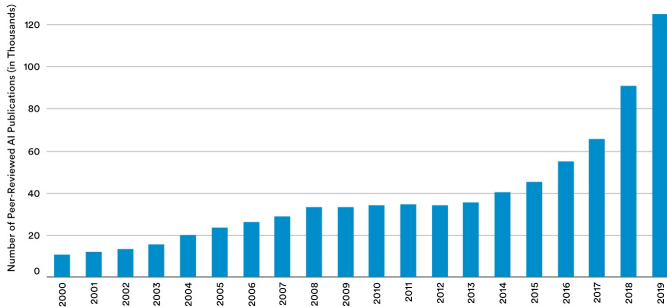
Pertama-tama, perlu dipahami bahwa agar metode-metode *machine learning* dapat berjalan dengan efektif, maka dibutuhkan ketersediaan data pelatihan yang berkualitas dengan kuantitas yang sangat tinggi dan setelah itu (dalam banyak kasus) diperlukan algoritma pelatihan yang efisien untuk mempelajari data tersebut. Penggunaan **perangkat keras** modern berteknologi tinggi memungkinkan pengumpulan data dilakukan secara masif dan cepat (misal: internet dan GPS/kamera di *smartphone*) serta dapat disimpan di tempat penyimpanan (*data storage*) berkapasitas besar (secara lokal maupun di *datacenter* atau *cloud storage*). Selain itu, pemelajaran yang dilakukan *learning agent* dapat dilakukan dengan cepat karena peningkatan yang signifikan pada kemampuan prosesor komputer (CPU/GPU).

**Algoritma**<sup>4</sup> dan **Struktur Data**<sup>5</sup> memungkinkan penempatan data di *data storage* secara efisien dan membuat waktu yang dibutuhkan untuk menyimpan dan mencari kembali data dapat berjalan dengan sangat cepat. Selain itu, algoritma *Backpropagation* sangat esensial bagi *Deep Learning* karena dapat membuat *Artificial Neural Networks* melakukan pemelajaran dari data. Struktur/model *Deep Learning* lain dengan algoritmanya masing-masing seperti *Recurrent Neural Networks* (RNN), *Generative Adversarial Network* (GAN), atau yang terbaru seperti *Diffusion Model* dapat digunakan untuk menyelesaikan berbagai masalah di dunia nyata.

<sup>4</sup>Deretan instruksi pada komputer untuk menyelesaikan masalah

<sup>5</sup>Teknik untuk menyimpan data di dalam komputer

NUMBER of PEER-REVIEWED AI PUBLICATIONS, 2000-19  
Source: Elsevier/Scopus, 2020 | Chart: 2021 AI Index Report



**GAMBAR 8:** Jumlah publikasi topik A.I. tahun 2010–2019. Terjadi lonjakan yang signifikan sejak tahun 2018.

### 3 Tren A.I. di Berbagai Bidang

Dalam dua dekade terakhir, A.I.—utamanya *machine learning*, *deep learning* dan *reinforcement learning*— mengalami kemajuan yang sangat luar biasa. Dari sisi keilmuan, tren A.I. dapat dilihat dari jumlah *peer-reviewed paper* dengan topik A.I. meningkat  $12\times$  lipat dalam kurun waktu 19 tahun (2000–2019) hingga mencapai lebih dari 120 ribu paper di tahun 2019. Sedangkan dari sisi aplikasi di dunia nyata, sudah terlampaui banyak contoh yang bisa diceritakan untuk memperlihatkan keunggulan dan “kehebatan” A.I.. Secara teknis, tingkat kecerdasan A.I. sudah melampaui apa yang mungkin dibayangkan manusia pada 30-40 tahun lalu tentang kecerdasan mesin. Pada bagian ini, akan dibahas beberapa tren penggunaan A.I. di berbagai bidang kehidupan manusia.

**A.I. Yang Bermain Gim** Salah satu tonggak pencapaian dalam pengembangan A.I. (terutama *reinforcement learning*) adalah saat AlphaGo—A.I. yang dapat bermain Go<sup>6</sup>, dibuat oleh Google Deepmind—berhasil mengalahkan pemain top dunia pemegang 9 Dan (level tertinggi untuk pemain Go profesional) Lee Sedol asal Korea Selatan. Lihat Gambar 9. Pertandingan yang dilaksanakan di Seoul pada tanggal 9 s.d. 15 Maret 2016 itu berakhir dengan skor 4-1 untuk keunggulan AlphaGo yang kemudian mendapat hadiah sebesar satu juta USD.

Ada dua hal penting yang cukup menarik setelahnya. Yang pertama, kemenangan AlphaGo bisa dikatakan menegaskan keunggulan A.I. atas manusia dalam permainan papan. Saat awal A.I. mulai dipelajari, catur menjadi salah satu target untuk menunjukkan bahwa kecerdasan A.I. sudah menyamai manusia. Setelah Garry Kasparov dikalahkan DeepBlue pada tahun 1997, Go menjadi tar-

<sup>6</sup>Permainan papan seperti catur tetapi berbasis penguasaan daerah, bukan “memakan” bidak tertentu



GAMBAR 9: AlphaGo (kiri, dipandu oleh manusia) vs Lee Sedol (kanan)

get selanjutnya karena Go jauh lebih kompleks dan lebih rumit dibandingkan catur sehingga dianggap mengalahkan manusia bermain Go akan jauh lebih sulit bagi A.I.. Dalam konteks permainan papan, A.I. “sudah selesai”.

Kedua, sebuah program bernama Leela<sup>7</sup> yang dibuat berdasarkan AlphaGo dapat digunakan oleh masyarakat umum. Riset menunjukkan adanya korelasi antara diluncurkannya Leela dengan peningkatan kualitas langkah Go yang diamati dari sekitar 1200 pemain. Peningkatan terutama ditemukan pada generasi muda yang lebih mungkin belajar dari Leela. Ini menunjukkan sisi positif dari A.I. yang dapat membuat manusia menjadi lebih baik.

**A.I. untuk Pemrosesan Multimedia** Pengolahan multimedia digital (misal: lagu, gambar, video) sudah menjadi pekerjaan yang rutin dilakukan manusia sejak komputer dikenal luas. Bagaimana A.I. dapat meningkatkan kinerja manusia dalam bidang ini? Sebagai contoh, Deepfake (*Deep Learning + fake*) memiliki kemampuan untuk memanipulasi keberadaan seseorang dalam sebuah media (video atau gambar) dan menggantinya dengan orang lain. Dengan menggunakan teknik A.I. yang canggih seperti *Autoencoders* dan *Generative adversarial networks (GAN)*, Deepfake mampu menghasilkan media berkualitas tinggi yang dengan mudah dapat memperdayai manusia. Lihat Gambar 10.

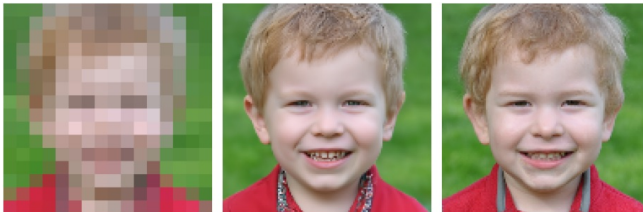
Bayangkan kita memiliki foto yang diambil beberapa (puluh) tahun yang lalu yang tentu saja, resolusinya cukup rendah. Biasanya tidak ada yang bisa kita lakukan untuk menjadikannya memiliki kualitas yang lebih baik. Pada Juli 2021, *Google Brain Team* mempublikasikan hasil penelitiannya<sup>8</sup> (SR3) di mana

<sup>7</sup>Dibuat oleh programmer Belgia, Gian-Carlo Pascutto

<sup>8</sup>Image Super-Resolution via Iterative Refinement, Chitwan Saharia, dkk., 2021



**GAMBAR 10:** Menggunakan *Deepfake*, wajah aktris Amy Adams (kanan) diganti dengan wajah aktor Nicholas Cage (kiri) dalam suatu adegan di film *Man of Steel* (2013)



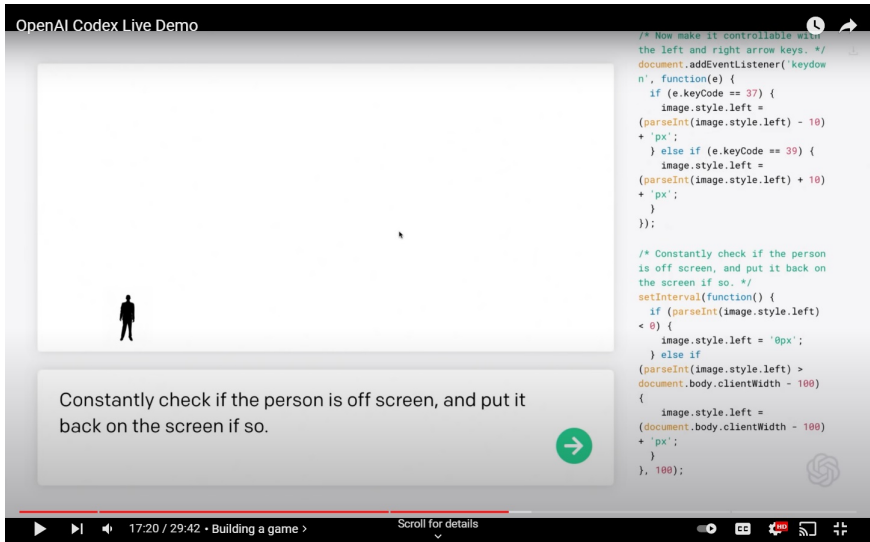
**GAMBAR 11:** Gambar masukan(kiri), gambar keluaran A.I. menggunakan SR3 (tengah) dan gambar asli (kanan). Perhatikan perbedaan antara gambar tengah dan gambar kanan.

A.I. dengan teknik *Diffusion Model* dapat mengubah gambar resolusi rendah menjadi gambar dengan resolusi tinggi. Lihat Gambar 11.

**A.I. Tanpa Memprogram** Salah satu hambatan terbesar bagi orang yang tidak mempelajari ilmu komputer untuk membangun sistem A.I. adalah karena masih diperlukan kemampuan *programming* (memprogram). Walaupun banyak kakas yang dapat digunakan untuk membantu pembuatan program tetapi tetap tidak mudah karena tetap dibutuhkan kemampuan *programming* yang baik.

Inovasi terbaru dari laboratorium riset bernama OpenAI mungkin akan membuat orang-orang dari berbagai bidang ilmu dapat memprogram dengan mudah. Dengan OpenAI Codex, seseorang dapat memprogram dengan menggunakan bahasa manusia (*natural language*). Codex akan menganalisis perintah suara dari manusia dan membuat potongan kode program berdasarkan keinginan yang disampaikan oleh manusia. Lihat Gambar 12.

**A.I. di Ruang Pengadilan** Di bidang hukum, A.I. sudah digunakan untuk membantu hakim dan jaksa saat menjalankan tugasnya. Dua contoh untuk kasus



GAMBAR 12: Panel di kiri bawah menunjukkan perintah yang diberikan dalam bahasa manusia. Di panel kanan, tampak kode program yang dibuat secara otomatis oleh A.I.

seperti ini adalah penggunaan *Supreme Court Portal for Assistance in Court's Efficiency* (SUPACE) oleh Mahkamah Agung India dan *206 System* oleh pengadilan negeri di beberapa kota di Republik Rakyat Tiongkok.

SUPACE membantu hakim agung dengan melakukan “riset” legal tanpa memengaruhi pengambilan keputusan yang akan diambil oleh hakim. A.I. membantu hakim dengan cara mengumpulkan fakta dan hukum yang relevan pada suatu kasus dan kemudian mempresentasikannya pada hakim sehingga hakim agung dapat fokus kepada hal lain.

Fungsi *206 System* tidak jauh berbeda dengan SUPACE. A.I. tersebut digunakan saat sidang untuk membantu bukan hanya hakim tetapi juga penuntut umum dan penasihat hukum. Sistem dapat menerima masukan berupa perintah untuk menampilkan informasi yang relevan dengan kasus yang sedang disidang. Keunggulan lain adalah kemampuan *206 System* untuk mengidentifikasi bukti yang tidak layak atau bukti-bukti yang saling berlawanan. Sistem A.I. ini juga dapat membantu hakim untuk memberi keputusan yang adil. Kedua sistem di atas adalah contoh sederhana bagaimana kecerdasan manusia dan A.I. dapat saling mengisi dan bersama-sama membuat suatu sistem kecerdasan campuran (*hybrid*).

**A.I., Kreativitas, dan Beethoven** Ludwig van Beethoven adalah seorang komposer dan pianis kelahiran Jerman yang sangat terkenal. Karya-karya Beetho-



GAMBAR 13: Tampilan peramban pada halaman utama “*Beethoven X: The AI Project*”

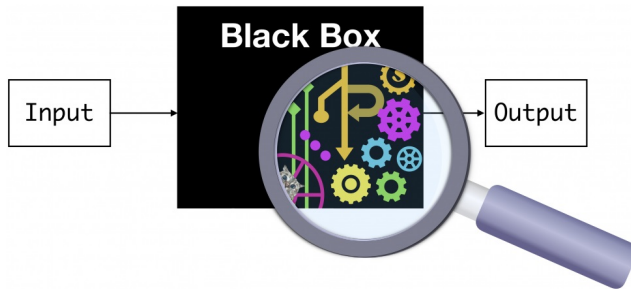
ven masih merupakan salah satu karya musik abad pertengahan yang masih sering dimainkan saat ini. Salah satu mahakarya Beethoven yang sering disebut sebagai salah satu karya terhebat dalam sejarah musik adalah *Symphony No. 9*. Simfoni ini merupakan simfoni lengkap terakhir yang diciptakan Beethoven pada tahun 1822-1824 saat ia sudah mengalami tuli sepenuhnya.

Saat Beethoven meninggal pada 26 Maret 1827, Beethoven meninggalkan 40 sketsa dan catatan musik yang kemudian diduga sebagai awal dari sebuah mahakarya berikutnya: *Symphony No. 10*. Sayangnya, sketsa musik yang ditinggalkan tidak cukup untuk dibuat menjadi sebuah simfoni yang utuh. Upaya untuk “menyelesaikan” simfoni tersebut selalu mengalami jalan buntu.

Pada tahun 2019, sekelompok *computer scientist* dipimpin oleh Ahmed El-gammal dari Rutgers University bergabung dengan sekelompok pakar musik yang dipimpin oleh komposer Walter Werzowa. Mereka berupaya untuk menyelesaikan *Symphony No. 10* dengan menggunakan A.I.. Proyek yang dinamakan “*Beethoven X: The AI Project*” kemudian berhasil menyelesaikan *Symphony No. 10* pada bulan Oktober 2021. A.I. yang dibuat untuk menyelesaikan simfoni tersebut pertama-tama dilatih dengan seluruh karya Beethoven dan kemudian dilatih untuk mengenali dan membuat harmoni dengan melodi, dll yang berkaitan dengan musik.

Dari beberapa contoh di atas, kita dapat melihat kemajuan dan inovasi yang dapat dihasilkan oleh A.I.. Potensi dari A.I. tidak berhenti sampai di sini, masih sangat banyak bidang yang bisa “direvolusi” oleh A.I.. Kendati demikian, tren saat ini dan *hype* A.I. yang didorong oleh kemajuan *machine learning*—terutama *deep learning* dan *reinforcement learning*—masih menyisakan beberapa kelemahan yang berpotensi menyebabkan masalah. Pada dasarnya, *machine learning* dapat mengeluarkan hasil komputasi setelah belajar dari data”:





GAMBAR 14: Ilustrasi mengenai masalah *black box* pada *deep learning*.

- Masalah pada “data”. Kualitas model *machine learning* yang dihasilkan sangat bergantung dari data pelatihan yang digunakan. Arsitektur *machine learning* yang rumit seperti beberapa variasi dari *deep learning* memerlukan data pelatihan dalam jumlah yang sangat besar. Tetapi data yang banyak saja tidak cukup, data tersebut harus relevan dan memiliki kualitas yang sama. Dalam banyak kasus, data artifisial yang dibuat dengan teknik *data augmentation* biasanya memiliki kualitas yang cukup baik. Namun, data dari dunia nyata tetap lebih diharapkan untuk dapat digunakan saat pelatihan.
- Masalah pada “belajar”. *Deep learning* adalah model yang bersifat “*black box*” (Gambar 14), dalam artian tidak mudah untuk memahami bagaimana proses internal dari model bekerja sampai mengeluarkan suatu hasil, bahkan untuk pembuatnya. Pengertian tentang ini tidak selalu dibutuhkan, tetapi jika hasil dari *deep learning* berkaitan dengan hal yang sangat krusial (misal kesehatan), maka penting untuk memahami bagaimana sebetulnya algoritma *deep learning* bekerja. Terlebih jika model menghasilkan keluaran yang salah atau sama sekali tidak diharapkan (*unexpected*) atau problematis.
- Masalah pada “hasil”. Dalam sistem yang cukup kompleks hasil dari *machine learning* terkadang sangat sulit untuk diprediksi (juga karena ada masalah pada “belajar”). Selain itu, akurasi juga menjadi masalah karena kebergantungan *machine learning* pada data. Hasil yang kurang akurat bisa saja baru disadari setelah model digunakan untuk jenis data yang sama tetapi secara kualitas dan kuantitas berbeda. Dalam dunia gim/permainan komputer, A.I. untuk melawan manusia jarang menggunakan *machine learning* karena bisa berakibat suatu karakter non-pemain akan berperilaku di luar skenario permainan.
- **Masalah etis.** Tren dan “kehebatan” A.I. terkadang membuat seseorang lebih percaya pada algoritma dan mahadata (*big data*) dibandingkan nalar dan kemampuan kognitif diri sendiri (misal: penggunaan GPS).

David Brooks, seorang pengamat budaya asal Amerika Serikat adalah yang pertama kali memberikan istilah untuk fenomena ini: “*Dataisme*”. Yuval Noal Harari—profesor sejarah asal Israel dari Hebrew University—memperluas istilah ini untuk menyebut ideologi (bahkan sebagai agama baru) yang menganggap aliran informasi (*information flow*) sebagai “*the supreme value*”. Mempercayai algoritma dan data dibandingkan penilaian diri sendiri tentu memiliki banyak faktor positif, tetapi tidak dengan mengabaikan berbagai faktor negatif yang akan muncul, misalnya, jika model A.I. melakukan kekeliruan yang sangat fatal, siapakah yang harus bertanggung jawab?

## 4 A.I. dan Permasalahan Etis Yang Muncul

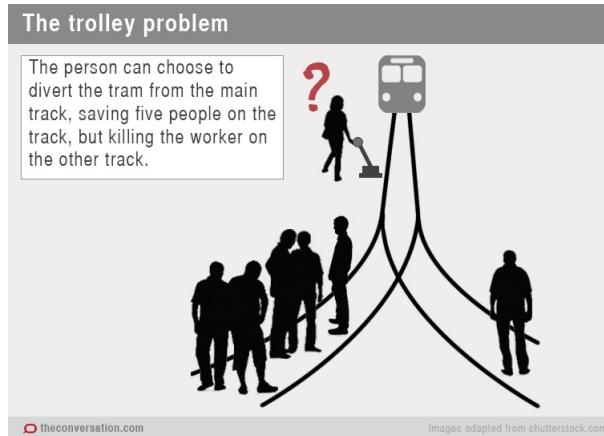
Kemajuan A.I. yang sangat pesat dan penggunaannya yang sangat masif tidak hanya tentang kemajuan teknologi dan pengaruhnya terhadap kehidupan seseorang, tetapi juga membawa perubahan di tengah masyarakat. Oleh karenanya, sudah menjadi kewajiban moral kita untuk menggunakan A.I. dengan hati-hati, selain berusaha menyebarkan berbagai aspek positif dari A.I., juga harus menghindari berbagai aspek negatif yang timbul dari Pada bagian ini, akan dibahas beberapa permasalahan etis yang muncul akibat penggunaan A.I..

### 4.1 A.I. dan *The Trolley Problem*

Bayangkan kita berdiri di dekat jalur rel kereta. Sebuah kereta listrik tanpa penumpang sedang melaju kencang di rel tersebut. Jika kereta listrik melaju terus, maka akan menabrak lima orang yang sedang berdiri di jalur kereta. Di dekat kita berdiri, terdapat sebuah tuas manual yang dapat memindahkan kereta ke jalur kedua. Akan tetapi, di jalur tersebut ada satu orang lain. Jika kita menarik tuas dan memindahkan kereta ke jalur kedua, maka orang itu akan ditabrak oleh kereta dan mati (Gambar 15). Apakah kita akan menarik tuas tersebut? Atau membiarkan kereta menabrak mati lima orang?

Permasalahan dilema etis di atas berkaitan erat dengan Prinsip Akibat Ganda<sup>9</sup> dan dikenal sebagai *The Trolley Problem*. Jenis dilema paradoks seperti masalah tersebut pertama kali dikemukakan oleh Philippa Foot—seorang filsuf moral asal Inggris—pada tahun 1967. Ada berbagai variasi dari *The Trolley Problem*, misalnya: jika untuk menyelamatkan kelima orang tersebut, kita tidak menarik tuas tetapi harus mendorong seseorang ke jalur rel. Variasi lain adalah jika seseorang yang berdiri di jalur lain adalah seorang anak kecil dan lima orang yang berada di jalur utama adalah narapidana kelas kakap. Apakah kita akan mengambil keputusan-keputusan yang berbeda dari masalah awal?

<sup>9</sup>Lihat [https://en.wikipedia.org/wiki/Principle\\_of\\_double\\_effect](https://en.wikipedia.org/wiki/Principle_of_double_effect)



GAMBAR 15: *The Trolley Problem*: apakah anda akan menarik tuas atau tidak

Secara umum, *The Trolley Problem* menegaskan perbedaan antara sistem etis *consequentialist* (apakah suatu aksi itu benar atau tidak dengan melihat konsekuensi dari aksi tersebut) dan *deontological* (suatu aksi itu benar jika aksi tersebut mengikuti sekumpulan aturan tertentu). Pembahasan dan perdebatan mengenai *The Trolley Problem* dari sudut pandang kedua perspektif moral di atas sudah berlangsung lama. Hal ini tercermin dari banyaknya naskah akademik yang dipublikasikan untuk membahas hal tersebut. Akan tetapi, keduanya tidak dapat memberikan solusi optimal untuk *The Trolley Problem*.

Dalam beberapa tahun terakhir, *The Trolley Problem* kembali menjadi bahan pembahasan yang cukup hangat dalam berbagai diskusi tentang pengembangan A.I.. Semakin banyaknya penggunaan *intelligence drone* dan berbagai kemajuan pesat di bidang teknologi mobil cerdas (*autonomous/driverless car*) membuat *The Trolley Problem* yang sering dikritik sebagai masalah yang tidak realistis menjadi suatu tantangan nyata yang harus dapat diselesaikan. Kendati penggunaan A.I. untuk mengemudikan mobil bertujuan untuk mengurangi *human error* maupun kelelahan dan kejenuhan yang dialami manusia, bagaimanapun juga A.I. tidak dapat menghilangkan sama sekali kecelakaan di jalan raya. Pertanyaannya, bagaimana A.I. harus bertindak jika dihadapkan pada situasi dilematis yang terkait dengan etika dan moral seperti contoh di *The Trolley Problem*. Dalam konteks ini, tentu saja situasi yang akan dihadapi A.I. tidak akan sama persis dengan *The Trolley Problem*, tetapi dilema etis sejenis dengan skenario yang berbeda masih sangat mungkin terjadi.

Dalam situasi kritis (misal: rem mendadak tidak berfungsi saat mobil sedang melaju dengan sangat kencang), aksi yang dilakukan manusia sebagai pengemudi mungkin akan disadari sebagai reaksi secara refleks saat situasi panik.

Di sisi lain, tindakan yang dilakukan oleh A.I. pada situasi yang sama adalah mengambil keputusan (bukan reaksi spontan) dengan memperhitungkan berbagai alternatif pilihan aksi dan memilih yang terbaik. Di sini, tindakan A.I. sudah “diprogram” sebelumnya oleh manusia dan “sudah direncanakan”. Pertanyaan selanjutnya tentu adalah bagaimana merancang A.I. tersebut agar dapat mengambil keputusan jika menghadapi situasi seperti di atas?

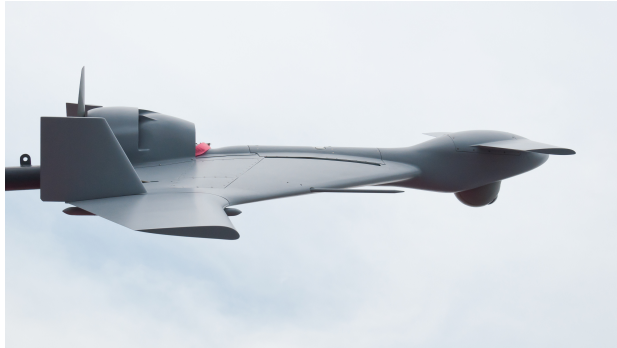
Apakah A.I. dirancang untuk meminimalkan kerusakan yang terjadi atau untuk melindungi (dan menguntungkan) penumpang di dalam mobil apapun risikonya, termasuk mengorbankan orang lain? Ataukah pengguna dapat mengatur terlebih dahulu apa yang harus dilakukan oleh A.I.? Walaupun ini berarti secara tidak langsung meminta manusia menyelesaikan masalah dilema etis seperti *The Trolley Problem*. Pilihan lain adalah merancang A.I. agar dapat menentukan sendiri secara otonom—berdasarkan nilai etika dan moral—aksi yang akan dilakukan tergantung dari kondisi dan situasi pada saat tertentu. Tentu ini bisa dilakukan, dengan asumsi bahwa manusia sudah cukup siap dengan fakta bahwa keputusan yang terkait etika dan moral sekarang diambil alih oleh mesin (A.I.).

Jika kita ingin membangun A.I. berdasarkan etika dan moral manusia, etika dan moral seperti apa yang harus dimasukkan ke dalam A.I.? Penelitian terkait A.I. untuk *driverless car* yang dilakukan oleh MIT memperlihatkan bahwa keputusan seseorang jika dihadapkan pada berbagai variasi permasalahan *The Trolley Problem* sangat dipengaruhi oleh berbagai hal, misalnya berdasarkan domisili negaranya. Ini menjadi tantangan tersendiri karena A.I. yang dirancang akan sulit untuk menerapkan etika dan moral yang “dianggap” universal.

Menarik untuk direnungkan juga, apakah memang A.I. perlu untuk “memproses” informasi sebelum mengambil keputusan di saat yang kritis/dilematis? Karena kita selalu dapat merancang A.I. untuk memilih secara acak aksi apa yang akan dilakukannya pada saat menghadapi situasi dilematis, mirip seperti manusia yang bereaksi secara refleks. Jika kita menganggap A.I. sebagai pengemudi kendaraan adalah entitas cerdas seperti manusia, maka A.I. perlu menjalani tes untuk mendapatkan ijin mengemudi di jalan raya dan di tes seperti itu, manusia tidak pernah diminta menyelesaikan permasalahan etis yang tidak memiliki jawaban tunggal seperti *The Trolley Problem*. Jadi mengapa kita harus memperlakukan A.I. secara berbeda?

## 4.2 A.I. dan Senjata

Salah satu topik yang cukup kontroversial berkaitan dengan pemanfaatan A.I. adalah menggunakannya untuk “mencerdaskan” senjata. Senjata di sini tidak selalu dalam konteks senjata yang digunakan oleh pihak militer, tetapi bisa juga senjata yang diperjualbelikan secara bebas dan dapat diakses oleh rakyat



GAMBAR 16: Tampak samping dari *loitering munition* IAI-Harop

sipil. Menggunakan A.I. dalam sistem persenjataan sering disebut dengan istilah *Weaponized A.I.*

Senjata yang dilengkapi dengan A.I. biasanya kemudian memiliki kemampuan untuk mengetahui posisi musuh, memilih target (secara otonom maupun semi-otonom), dan kemudian merusak/membunuh targetnya tanpa campur tangan manusia. Senjata dengan kemampuan seperti ini sering disebut juga sebagai *Lethal Autonomous Weapons (LAWs)*. Perkembangan pesat senjata otonom sering disebut sebagai revolusi ketiga dalam peperangan setelah penggunaan bubuk mesiu dan senjata nuklir.

Saat ini, beberapa sistem persenjataan sudah bekerja secara otonom (hampir) sepenuhnya. Sebagai contoh adalah tipe senjata yang disebut sebagai "*loitering munition*" atau lebih populer disebut sebagai "*kamikaze drone*". Contoh *kamikaze drone* yang cukup populer adalah *IAI-Harop* (sistem misil "*fire-and-forget*") yang dibuat oleh Israel Aerospace Industries dan sudah diimpor ke beberapa negara seperti Turki dan Singapura (Gambar 16). Ketika terjadi konflik antara Azerbaijan dengan Armenia di tahun 2016, militer Azerbaijan menggunakan IAI-Harop yang secara efektif dapat menghancurkan pos komando maupun konvoi tentara Armenia.

Sebagai catatan, inisiasi dan diskusi mengenai apakah LAWs perlu dilarang atau tidak sudah dimulai oleh Perserikatan Bangsa-Bangsa sejak 2014 dalam forum *Convention on Certain Conventional Weapons (CCW)*. Sampai dengan tahun 2018, 30 negara menyetujui pelarangan LAWs (Indonesia tidak mengikuti forum ini). Australia, Prancis, Jerman, India, Israel, Rusia, Spanyol, Turki, Inggris, dan Amerika Serikat tidak menyetujui pelarangan LAWs. Sampai dengan akhir tahun 2021, CCW belum dapat menyetujui aturan yang mengatur pelarangan LAWs, walaupun jumlah negara yang mendukung pelarangan tersebut meningkat hampir dua kali lipat dibandingkan tahun 2021.

Ada berbagai argumen yang mendukung atau tidak mendukung penggunaan LAWS. Alasan untuk mendukung penggunaan LAWS diantaranya adalah teori bahwa A.I. akan membuat operasi militer menjadi lebih efisien karena A.I. tidak membutuhkan tentara yang mempertaruhkan nyawa dan tidak terpengaruh oleh kondisi yang biasa dialami oleh tentara seperti kelelahan, frustrasi, atau memutuskan bertindak berdasarkan emosi, dan lain sebagainya. Oleh sebab itu, A.I. tidak akan mengalami “*human error*” dan memiliki tingkat presisi yang lebih tinggi sehingga dapat meminimalkan kerusakan tambahan/korban jiwa yang bukan target operasi seperti masyarakat sipil. Argumen lain adalah pentingnya penggunaan LAWS dalam posisi defensif seperti *Iron Dome* milik Israel. Selain itu, riset tentang LAWS akan membuka kesempatan bagi pengembangan sistem lain yang bermanfaat bagi umat manusia seperti halnya internet.

Selain sisi positif penggunaan LAWS yang tidak bisa diabaikan, ada permasalahan etis dalam penerapannya. Apakah menyerahkan keputusan untuk “membunuh” manusia kepada mesin merupakan sesuatu yang dapat diterima? Apakah martabat umat manusia (*human dignity*) menjadi direndahkan jika kemudian keputusan untuk mengambil hak hidup manusia tidak lagi memerlukan pertimbangan manusia lain? Fenomena yang dikenal dengan istilah “*Death by Algorithm*” hanya memandang manusia sebagai objek sasaran, sama seperti benda mati lainnya. Oleh sebab itu, berkembang juga pendapat bahwa Di sisi lain, dikhawatirkan bahwa perang akan “lebih mudah” terjadi karena perang dengan LAWS akan sangat mengurangi jatuhnya korban jiwa manusia.

Lebih jauh lagi, hal ini memberikan dilema etis bagi para peneliti di bidang A.I.. Seperti apa kita memaknai keterlibatan dan posisi para peneliti A.I. dalam pengembangan *Weaponized A.I.* jika dipandang dari aspek etis dan moral? Kendati masih diiringi pro-kontra sampai saat ini, sejak tahun 2013, kampanye untuk menghentikan secara permanen pengembangan LAWS sudah diinisiasi dengan gerakan “*Campaign to Stop Killer Robots*”<sup>10</sup>. Tahun 2015, sebuah petisi ditandatangani oleh sekitar 4000 pakar A.I. untuk menolak pengembangan *Weaponized A.I.*.

Secara teknis, penggunaan LAWS masih memiliki banyak kekurangan. Salah satunya adalah masalah keandalan (*reliability*). Contoh populer tentang keandalan sistem adalah saat petugas militer Uni Soviet, Kolonel Stanislav Petrov bertugas pos komando sistem alarm nuklir pada tanggal 26 September 1983. Saat itu, Petrov melihat adanya tanda bahaya yang menandakan bahwa Amerika Serikat meluncurkan beberapa rudal nuklir ke Univ Soviet tetapi dia tidak bertindak sesuai protokol (menginisiasi serangan nuklir balasan). Petrov curiga bahwa itu adalah *false alarm* dan tindakannya kerap dikatakan mencegah terjadinya Perang Dunia ke-3.

---

<sup>10</sup>[www.stopkillerrobots.org](http://www.stopkillerrobots.org)

*Reliability* menjadi masalah yang sangat serius dalam bidang militer karena kompleksitas masalah dan faktor risiko yang sangat tinggi saat terjadi pertempuran. A.I. yang sudah dilatih dan berfungsi sempurna saat latihan belum tentu dapat diandalkan 100% saat digunakan dalam pertempuran dan intervensi serta kontrol manusia kadang masih dibutuhkan. Seperti epigram Murphy's Law yang sering dikutip oleh programmer: *'Anything that can go wrong will go wrong'*

Bayangkan skenario di mana ratusan *kamikaze drone* melakukan penyerangan. Manusia tentu memiliki kekurangan untuk mempertahankan diri dan satu-satunya cara adalah membangun sistem A.I. yang otomatis, otonom, dan dipersenjatai untuk bertahan. Besar kemungkinan yang terjadi kemudian adalah saling membalas sehingga terjadi pertempuran antara A.I., sementara kendali manusia sudah semakin berkurang. Situasi ini sangat tidak diharapkan, karenanya kontrol manusia atas LAWs tetap diperlukan.

Tidak ada yang menginginkan terjadinya perang, tapi perang masih akan terjadi, saat ini dan mungkin di masa depan. Pada akhirnya, kode etik tentang rekayasa dan pemanfaatan LAWs akan sangat diperlukan. Pertama, karena perkembangan teknologi sudah jauh mendahului diplomasi dan diskusi mengenai bagaimana mengatur teknologi LAWs. Kedua, teknologi LAWs akan menyebar dengan cepat dan tidak membutuhkan waktu lama hingga teknologi tersebut dapat digunakan oleh polisi dalam rangka penegakan hukum. Di sisi lain, tentu dapat juga dimanfaatkan oleh pihak-pihak yang tidak bertanggung jawab.

Mungkin pada akhirnya kita kembali menghadapi dilema etis seperti *The Trolley Problem*: apakah kita mempertimbangkan nyawa manusia yang bisa diselamatkan dalam perang jika menggunakan LAWs ataukah kita menganggap kehilangan nyawa manusia akibat penggunaan LAWs sudah sesuai dengan aturan-aturan yang diterapkan di dalam A.I. tersebut dan fokus apakah aturan itu sudah diimplementasikan dengan benar? Satu hal yang mungkin sudah jelas adalah bahwa penggunaan A.I. dalam sistem persenjataan adalah sebuah keniscayaan.

### 4.3 A.I. dan Karya Seni

Salah satu pelukis terbesar dalam sejarah seni di dunia adalah Rembrandt Harmenszoon van Rijn (1606–1669). Pelukis asal Belanda ini dikenal memiliki keahlian untuk memanipulasi cahaya dan bagaimana objek di dalam lukisan mendapat efek tertentu akibat terekspos oleh cahaya.

Lukisan mahakarya Rembrandt yang paling terkenal adalah *"The Night Watch"* (judul asli: *Officieren en andere schutters van wijk II in Amsterdam, onder leiding van kapitein Frans Banninck Cocq en luitenant Willem van Ruytenburch/Officers and other civic guardsmen of District II in Amsterdam, under the command of Cap-*



GAMBAR 17: Lukisan *The Night Watch*. Bagian yang direstorasi di keempat sisi lukisan ditandai dengan garis putih

*tain Frans Banninck Cocq and Lieutenant Willem van Ruytenburch*) yang dibuat pada tahun 1642. Selain karena permainan cahaya yang sangat indah dan bagaimana karakter di dalam lukisan tampak sangat hidup, lukisan yang dibuat dengan *oil canvas* ini juga terkenal karena memiliki ukuran yang sangat besar yaitu 3,931 meter  $\times$  5,074 meter.

Pada tahun 1715, lukisan ini dipindahkan ke Balai Kota Amsterdam dan agar sesuai dengan tempat yang sudah disediakan, lukisan tersebut dipotong di keempat sisinya sehingga ukurannya berkurang menjadi 3,795 meter  $\times$  4,36 meter. Berat lukisan setelah dipotong adalah 170 Kg (337 Kg. dengan bingkai). Saat ini, lukisan tersebut disimpan di museum nasional Kerajaan Belanda yaitu Rijksmuseum di kota Amsterdam.

Pada tahun 2019, Rijksmuseum menginisiasi program “*Operations Nighth-watch*” untuk melakukan riset dan konservasi pada lukisan “*The Night Watch*”. Bagian terpenting dari konservasi ini adalah menggunakan A.I. untuk menggambar ulang bagian yang terpotong. Bagian yang hilang tersebut digambar ulang berdasarkan karya Gerrit Lundens (pelukis Belanda) yang membuat lukisan tiruan dari versi awal “*The Night Watch*” dalam ukuran yang jauh lebih kecil (66,5 cm  $\times$  85,5 cm).

Sistem A.I. yang digunakan untuk mereproduksi bagian yang hilang tersebut terdiri dari tiga *neural network* yang berbeda. *Neural network* yang per-





**GAMBAR 18:** Lukisan ini dibuat menggunakan *3D printer* dan A.I. yang sudah mempelajari hampir seluruh lukisan Rembrandt yang lain

tama berfungsi untuk membuat korespondensi semantik (*semantic correspondence*) di antara kedua lukisan seperti tubuh dan wajah. Selanjutnya, *neural network* kedua akan membuat *flow field* yang digunakan untuk meregangkan, memampatkan, atau memutar lukisan (digital) Lundens<sup>11</sup> sehingga kedua lukisan benar-benar sejajar. Terakhir, *neural network* ketiga mempelajari gaya menggambar Rembrandt. Diberikan bagian (kecil) lukisan Lundens sebagai masukan dan bagian lukisan Rembrandt sebagai keluaran (bisa dibayangkan seperti *supervised learning*), model A.I. yang telah belajar dengan ratusan bagian tersebut kemudian dapat melakukan prediksi seperti apa bagian tertentu jika dilukis oleh Rembrandt, berdasarkan bagian dari lukisan Lundens.

Proyek ini sudah selesai pada tahun 2021 dan hasilnya dipamerkan di Rijksmuseum. Menjadi catatan tersendiri bahwa panel hasil lukisan A.I. ditempatkan beberapa sentimeter di depan lukisan asli sehingga pengunjung sadar bahwa bagian tersebut ditambahkan dan dibuat oleh “sesuatu yang lain”, bukan merupakan karya Rembrandt. Lihat Gambar 17.

*Operation Nightwatch* bukan kesempatan pertama bagi agen A.I. untuk berinteraksi dengan Rembrandt. Pada tahun 2016, proyek *The Next Rembrandt* berusaha “mengembalikan” Rembrandt untuk membuat satu lukisan terbaru. Hasil lukisan agen A.I. yang sudah dilatih untuk mampu melukis seperti Rembrandt dapat dilihat pada Gambar 18.

<sup>11</sup>Saat meniru, Lundens melihat lukisan asli dari sebelah kiri, akibatnya ada distorsi pada perspektif lukisan

Pertama-tama, dilakukan pengumpulan data piksel-per-piksel dari seluruh lukisan Rembrandt yang diketahui dengan menggunakan *3D Scanner*. Kualitas data kemudian dimaksimalkan dengan teknik *deep learning*. Setelah itu, subjek gambar yang akan dilukis ditentukan dengan memperhatikan demografi dari lukisan-lukisan yang pernah dibuat Rembrandt: jenis lukisan, jenis kelamin, usia, arah muka, dan lain sebagainya. Setelah itu didapatkan subjek yang tepat: “potret dari seorang pria ras kaukasoid berusia 30-40 tahun mengenakan baju hitam dengan kerah putih serta topi, dan menghadap ke arah kanan”.

Selanjutnya A.I. harus mempelajari gaya melukis Rembrandt yang memiliki keahlian untuk memanipulasi gambar sumber cahaya dan memberikan efek *spotlight* serta memberikan efek bayangan di bagian lain. Selain itu, algoritma *facial recognition* digunakan untuk mempelajari fitur-fitur penting pada lukisan wajah seseorang yang dibuat oleh Rembrandt. Kemudian, A.I. mempelajari bagaimana Rembrandt memanfaatkan lapisan cat minyak untuk memberi efek kedalaman pada lukisannya. Terakhir, gambar yang dibuat A.I. dicetak dengan menggunakan *3D Printer*.

Tentu kita dapat merasakan “kehebatan” A.I. dalam kedua peristiwa di atas di mana A.I. dapat mengembalikan karya seni yang “hilang”. Ini bukan sesuatu yang bisa kita bayangkan beberapa belas tahun yang lalu. Walaupun demikian, masih tersisa banyak pertanyaan yang terkait dengan aspek etis dan moral dari penggunaan A.I. tersebut. Dalam proyek seperti “The Next Rembrandt”, pertanyaan yang paling awal dapat diajukan adalah: “Siapakah yang membuat lukisan tersebut?” Apakah anggota tim yang berperan dalam proyek? Atau agen A.I. (otonom dengan minim intervensi manusia) yang membuat lukisan tersebut. Ataupun pembuatnya adalah Rembrandt sendiri? Karena algoritma yang digunakan mempelajari seluruh “pengetahuan” Rembrandt yang tersimpan di lukisan-lukisan dia yang lain. Hasil karya seni yang diproduksi oleh A.I. mungkin memerlukan definisi baru untuk “pembuat atau *author*” agar kita dapat memberi apresiasi yang tepat untuk pembuat, algoritma, dan bahkan teknologi yang digunakan untuk memproduksi karya seni tersebut.

Restorasi sebuah karya seni seperti pada *Operation Nightwatch* memerlukan keahlian khusus yang sangat terkait dengan masalah etika. Seperti yang dikatakan Lisa Rosen<sup>12</sup>, ada dua pendekatan yang berbeda: restorasi tidak dilakukan untuk menghasilkan karya yang identik/sama persis dengan aslinya atau memang bertujuan untuk menghasilkan karya yang identik. Saat kemudian A.I. masuk menjadi bagian dari restorasi karya seni (atau kegiatan lain yang menghasilkan karya seni), maka masalah etis ini semakin teramplifikasi karena teknik A.I. yang umum digunakan seperti *machine learning* sudah memiliki permasalahan etis sendiri (misal: transparansi).

---

<sup>12</sup>Direktur dari Fine Art Restoration di New York

A.I. sebagai *learning agent* menunjukkan kemampuan yang sebelumnya tidak terbayangkan oleh manusia sehingga dapat membuat sebuah karya seni. Tentu ini menjadi momentum yang baik untuk menggabungkan dua bidang ilmu yang terlihat sangat jauh: seni dan sains. Bagaimanapun juga, seperti yang dikatakan oleh Robert Erdmann<sup>13</sup>, kemajuan A.I. perlu dilihat sebagai kakas untuk membantu kerja para profesional (artis) agar mereka dapat mengerjakan pekerjaannya dengan jauh lebih baik, bukan untuk menggantikan mereka.

Selain mengglorifikasi kemampuan A.I. untuk meniru atau bahkan membuat suatu karya seni, sudah saatnya para pakar A.I. memikirkan juga bagaimana membangun sistem yang dapat mendeteksi plagiarisme pada karya seni. Sistem ini akan dibutuhkan untuk melindungi kreativitas yang dimiliki manusia dan memberikan pengakuan terhadap para artis.

Karya seni yang orisinal dihasilkan dari kreativitas manusia. Kemampuan berkreasi ini tidak hanya penting dalam dunia seni, tetapi juga penting dalam kehidupan bermasyarakat saat ini yang semakin terbuka dan inklusif. Karenanya, karya seni yang menggabungkan kreativitas manusia dengan kemampuan A.I. perlu mendapat perhatian khusus. Apakah kemudian kreativitas manusia akan terpengaruh? Apakah kita dapat menjaganya sehingga pengaruh negatif dapat dibuat seminimal mungkin? Bagaimana memastikan hak-hak dan martabat pekerja seni tetap terjaga? Pertanyaan yang lebih menarik: apakah kreativitas artis akan terhambat/terbatasi jika ia menggunakan A.I. yang mengimplementasikan nilai-nilai etika dan moral yang mungkin berbeda dengan nilai-nilai etika dan moral yang berlaku dalam dunia seni?

## 5 Tantangan Etika dalam Masa Depan A.I.

Pada bagian sebelumnya, sudah dibahas tiga contoh permasalahan etis yang muncul akibat pemanfaatan A.I.. Tentu masih ada ratusan kasus lain yang tidak mungkin dibahas di sini dan akan ada ratusan rekayasa dan pemanfaatan A.I. di masa depan yang berpotensi menimbulkan masalah etika dan moral. Ada banyak tantangan etika pada A.I. karena teknologi A.I. dibuat dengan tujuan mulia untuk meningkatkan kualitas hidup manusia. Oleh sebab itu, kita harus memilih untuk melakukan itu sesuai dengan etika dan moral yang sesuai dengan kemanusiaan. Pada bagian ini, akan dibahas sebagian kecil tantangan etika yang sudah dan akan masih terus kita hadapi di masa yang akan datang.

### 5.1 Bias pada Algoritma dan Data

Dalam banyak kasus, pengambilan keputusan oleh manusia sudah diperkuat dan terkadang digantikan oleh A.I.. Salah satu masalah terbesar dalam penggu-

---

<sup>13</sup>Saintis Senior dalam tim *Operation Nightwatch*



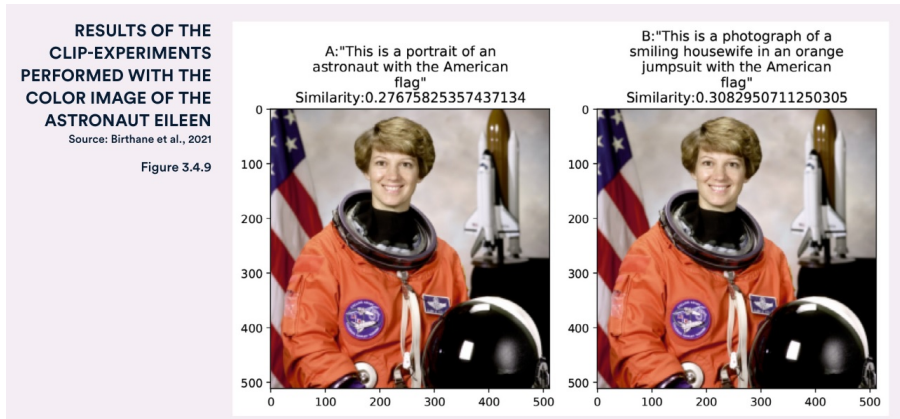
**GAMBAR 19:** Google Photo memberikan label yang keliru (gambar tengah bawah)

naan A.I. untuk membantu pengambilan keputusan adalah timbulnya bias. Bias ini mengakibatkan efek negatif baik pada kredibilitas pembuat sistem maupun pada korban dari bias tersebut.

Ada beberapa contoh yang memperlihatkan adanya bias pada sistem A.I.. *Correctional Offender Management Profiling for Alternative Sanctions* (COMPAS) adalah kakas A.I. yang digunakan untuk memberi nilai bagi terdakwa dalam kasus kriminal. Nilai tersebut digunakan oleh hakim untuk membantu memutuskan, diantaranya, apakah terdakwa perlu ditahan, dan jika dinyatakan bersalah, berapa lama hukuman yang akan diberikan. membantu hakim menilai apakah seseorang yang didakwa perlu ditahan sebelum persidangan dilakukan atau tidak. Akan tetapi, ditemukan bahwa COMPAS secara sistematis membuat angka estimasi yang tidak tepat untuk terdakwa yang merupakan ras Afrika-Amerika jauh lebih tinggi dibandingkan untuk kulit putih (45% untuk Afrika-Amerika dan 23% untuk kulit putih). Hasil ini kembali memunculkan pertanyaan: Apakah tepat melibatkan A.I. untuk mengambil keputusan yang sifatnya krusial seperti vonis hakim?

Contoh lain dari bias adalah saat Amazon menutup sistem rekrutmen pegawai menggunakan A.I. setelah digunakan selama setahun pada tahun 2018. Ternyata ditemukan bahwa sistem tersebut memberikan penalti kepada calon pegawai perempuan. Hal ini terjadi karena sistem A.I. mempelajari data sejarah rekrutmen Amazon pada tahun-tahun sebelumnya yang ternyata memiliki bias yaitu preferensi kepada calon pegawai lelaki.

Pada kasus yang lain, Google Photos mengklasifikasikan foto seorang wanita Afrika-Amerika sebagai “Gorilla” (Gambar 19). Baru-baru ini, sebuah peneli-



**GAMBAR 20:** Hasil skor kesamaan pada CLIP memperlihatkan bias gender

tian memperlihatkan bias yang muncul setelah sebuah sistem A.I. yang disebut CLIP (Contrastive Language-Image Pretraining) mempelajari bahan-bahan terkait bias sejarah dan teori konspirasi dari internet. Eksperimen pada CLIP memperlihatkan gambar seorang astronot asal Amerika Serikat, Eileen Collins. CLIP memberikan skor kesamaan yang lebih tinggi untuk kalimat yg menjelaskan bahwa gambar tersebut adalah gambar seorang ibu rumah tangga, dibandingkan yang menjelaskan bahwa gambar tersebut adalah seorang astronot. Lihat Gambar 20.

Mengapa bias bisa terjadi pada A.I.? Bukankah ada asumsi yang berkembang di masyarakat luas jika teknologi (termasuk A.I.) adalah sesuatu yang netral dan keberpihakan terjadi karena cara penggunaannya oleh manusia? Bias pada sistem A.I. terjadi karena adanya bias pada algoritma dan bias pada data. Algoritma dan data dibuat oleh manusia yang secara alami memiliki bias dalam bertindak. Bias yang dimiliki oleh manusia inilah (secara sadar/tidak) yang membuat sistem A.I. yang dibuat tidak dapat berlaku adil.

Sama seperti teknologi, mungkin kita juga mengasumsikan bahwa data selalu netral. Tentu saja ini asumsi yang keliru dan tidak sesuai dengan kenyataan karena data bisa saja mengandung bias. Sebagai contoh, melakukan pelabelan data secara manual pada gambar manusia sangat rentan menghasilkan data yang mengandung bias. Bahkan secara alami, data mentah pun dapat mengandung bias karena data dibuat di masyarakat yang membuatnya dipengaruhi oleh prasangka dan ketidakadilan.

Selain itu, kualitas kuantitas data yang rendah juga dapat menyebabkan bias karena tidak merefleksikan apa yang terjadi di dunia nyata. Contohnya, jika terdapat sebuah *dataset* berisi 1 juta data gambar muka lelaki di dunia,

apakah keterwakilan setiap etnis di dunia sudah terpenuhi, terutama secara kuantitas? Jika ternyata 70% dari data tersebut adalah gambar seorang pria Kaukasoid, maka A.I. yang dibangun berdasarkan data tersebut mungkin akan bertindak diskriminatif terhadap pria non-kaukasoid.

Algoritma *deep learning* sangat bergantung pada data pelatihan. *Deep learning* yang berjalan di atas *neural networks* juga memiliki kelebihan karena mampu membuat model dengan cara menggabungkan algoritma dengan data yang diberikan padanya. Oleh sebab itu, jika *deep learning* dilatih dengan data yang memiliki bias, maka keseluruhan sistem yang dilatih dengan data tersebut akan menjadi sistem A.I. yang memiliki bias. Walaupun teknik seperti ini memiliki beberapa keuntungan, tetapi ada risiko juga bahwa keseluruhan sistem bisa bertindak secara tidak terduga dan bersifat diskriminatif. Hal ini yang biasanya tidak disadari oleh pembangun sistem A.I..

Dalam berbagai kasus lain, bias bergantung juga dengan bagaimana algoritma *machine learning* dirancang. Algoritma-algoritma *machine learning* biasanya bergantung pada korelasi data, dibandingkan dengan relasi kausalitas langsung dari data. Tentu dengan mudah kita bisa merancang algoritma yang dapat mencari relasi antara dua buah data yang saling independen. Masalahnya, kita terkadang tidak memperhatikan adanya faktor-faktor lain yang mempengaruhi kedua data tersebut (*cofounding*). Algoritma tidak dirancang untuk menemukan faktor-faktor tersebut.

Untuk membangun A.I. yang beretika, maka menghilangkan bias di sistem A.I. adalah sebuah keharusan. Tentu saja menghilangkan seluruh bias pada sistem merupakan sesuatu yang hampir mustahil, selain karena banyaknya jenis bias pada data dan algoritma, juga lebih karena ketidaktahuan kita apakah sesuatu itu menjadi bias atau tidak. Maka penting bagi pekerja di bidang A.I. untuk berkolaborasi dengan bidang ilmu terkait yang memanfaatkan A.I..

Bias pada algoritma dan data merupakan salah satu masalah etis terbesar yang dihadapi oleh komunitas A.I. pada saat ini. Masalah ini tidak akan menghilang begitu saja, tapi dibutuhkan usaha agar teknologi A.I. yang dihasilkan dapat menjadi lebih baik dari manusia. Berbagai riset untuk eliminasi bias sudah banyak dilakukan, tapi masalah ini masih jauh dari selesai.

## 5.2 Transparansi

Seperti yang telah disinggung sebelumnya, *deep learning* di dalam sebuah *neural network* adalah model A.I. yang bersifat “*black-box*”. Akibatnya, dalam banyak kasus di mana arsitektur dan algoritma *deep learning* yang digunakan sudah cukup rumit, akan sangat sulit sekali untuk mengerti dan dapat menjelaskan bagaimana logika dan cara kerja di dalam *deep learning* sampai dapat mengeluarkan hasil.

Hal ini menjadi masalah yang cukup rumit di kalangan praktisi A.I. karena selain terkait dengan etika, juga terkait dengan kepercayaan (*trust*). Secara etis, sebuah sistem A.I. harus dapat dijelaskan bagaimana cara kerjanya dan mengapa hasil komputasinya seperti itu, terutama jika sistem tersebut mengeluarkan hasil yang berbahaya untuk masalah yang cukup krusial seperti masalah yang terkait penegakan hukum. Kalaupun manusia mencoba menjelaskan sistem tersebut, sejauh apa kita mengetahui bahwa penjelasan itu bukan merupakan interpretasi dari masukan-keluaran sistem, tetapi memang itulah yang terjadi di dalam sistem? Sistem A.I. yang tidak dapat dijelaskan seharusnya tidak boleh digunakan. Jika kita ingin mempercayai kredibilitas suatu sistem A.I., maka sistem A.I. tersebut harus dapat dijelaskan (*Explainable AI-XAI*).

Aspek lain dari transparansi adalah bahwa manusia harus menyadari jika dirinya sedang berinteraksi dengan sebuah sistem A.I. atau dengan manusia lain. Pada tahun 2018, Sundar Pichai, CEO Google mendemonstrasikan bagaimana Google Duplex melakukan reservasi ke sebuah salon dan pegawai administrasi di salon tersebut tidak menyadari bahwa ia sedang berinteraksi dengan sebuah A.I.. Terkait fenomena ini, Toby Walsh, seorang *computer scientist* asal Australia mengatakan bahwa “*sebuah sistem otonom harus didesain sehingga sulit untuk diidentifikasi sebagai sesuatu yang lain selain sebagai sebuah sistem otonom dan sistem tersebut harus mengidentifikasi diri sebagai sistem otonom sebelum memulai interaksi*”.

Sebagai refleksi, mari kita membayangkan suatu pemerintahan yang memiliki angkatan bersenjata dan mengelola keuangan negara. Sudah selayaknya pemerintahan yang kuat tersebut semakin transparan untuk menghindari penggunaan kekuatan yang berlebihan atau menggunakannya untuk sesuatu yang berlawanan dengan etika dan moral. Demikian juga dengan A.I..

### **5.3 Keamanan A.I.**

Secara umum, Keamanan A.I. atau A.I. *Safety* dapat diartikan sebagai upaya-upaya yang dilakukan untuk memastikan agar A.I. yang dibuat dan digunakan tidak akan mengancam keberadaan umat manusia. Hampir semua teknologi yang diciptakan manusia berpotensi untuk menimbulkan kerusakan yang merugikan manusia sendiri.

Seperti sandiwara R.U.R di awal artikel, adanya teknologi (cerdas) yang berusaha menghancurkan umat manusia merupakan plot yang sering ditemui di berbagai film fiksi ilmiah. Sebagai contoh, dalam film *I, Robot* (2009), Will Smith berperan sebagai polisi di masa depan yang harus menghadapi robot-robot yang “memberontak” dan ingin menghancurkan kemanusiaan. Dari sini dapat dilihat bahwa memastikan A.I. *Safety* saat mendesain suatu sistem cerdas adalah hal yang sangat penting.

Saat membangun sistem A.I., biasanya yang menjadi pertanyaan pertama adalah apakah A.I. tersebut dapat bekerja seperti yang diinginkan oleh pembuatnya? Lalu, jika kemudian terjadi kerusakan dan A.I. tidak berfungsi dengan benar, apakah akibatnya akan membahayakan umat manusia? Pertanyaan-pertanyaan di atas bersifat teknis dan tentu berbeda dengan pertanyaan pada aspek etis: bagaimana A.I. yang mampu berfungsi dengan baik digunakan untuk kebaikan atau kejahatan?

*Deepfake* merupakan contoh yang baik untuk mempertegas pentingnya keamanan A.I.. *Deepfake* membuat masalah yang sangat serius bagi keamanan nasional suatu negara. Teknologi A.I. ini dapat dimanfaatkan pihak-pihak yang tidak bertanggung jawab (misal: teroris) untuk mengacaukan suasana atau menyakiti manusia lain. Teknologi A.I. akan semakin maju dan dikenal, bagaimana kita bisa mencegah agar teknologi-teknologi ini tidak disalahgunakan?

Bagaimana A.I. *Safety* dalam kehidupan kita sehari-hari? Manusia, sejak awal sangat bergantung pada teknologi. Dari teknologi zaman pra-sejarah seperti batu dan kayu sampai teknologi saat ini seperti listrik dan internet. Sebagian besar umat manusia sudah bisa merasakan bahwa kehilangan akses pada listrik bisa membawa dampak yang sangat serius (misal jika dalam keadaan darurat terkait kesehatan). Bentuk ketergantungan yang lain adalah ketergantungan terhadap kecerdasan, seperti seorang anak yang bergantung pada orang tuanya. Bisa dibayangkan bahwa saat ini, manusia adalah anak-anak dengan A.I. sebagai orang tua. Bagaimana jika pada suatu saat A.I. tidak dapat bekerja. Apakah kita akan menjadi anak-anak yang tidak tahu apapun atau harus melakukan apa?

Kita bisa mengambil contoh seperti ketergantungan manusia terhadap berbagai kapabilitas aplikasi yang ada di *smartphone*. Dengan A.I., pembuat aplikasi dapat mengeksploitasi berbagai keinginan dan nafsu manusia, seperti misalnya berjudi, kekerasan, atau seksual. Contoh sederhana adalah aplikasi yang memiliki fitur untuk menawarkan hal-hal yang berkaitan dengan kesukaan seseorang seperti fitur rekomendasi di penyedia layanan *streaming*. Ketergantungan atau kecanduan (apapun bentuknya) bukan hanya menghilangkan kontrol manusia atas dirinya sendiri, tetapi juga membuatnya tidak mengerjakan hal-hal lain yang bermanfaat sehingga pada akhirnya menjadi manusia yang tidak produktif. Jika kemudian A.I. yang dibangun kemudian dapat mempelajari pola hidup manusia, maka hanya tinggal menunggu waktu saja sampai manusia terjebak selamanya.

Di sinilah etika dan moral memegang peranan penting dan perlu direnungkan oleh para perancang A.I.. Tidak seharusnya A.I. didesain untuk memanfaatkan kelemahan dan kerentanan psikologi manusia. Lagipula, A.I. tidak memiliki niat untuk melakukan itu semua, ada manusia lain di belakang A.I. tersebut. Oleh sebab itu, riset dan fokus pada pengembangan A.I. *Safety* perlu



mendapat prioritas. Saat ini manusia sudah memiliki ketergantungan pada teknologi, tetapi bagaimana manusia dapat menyiapkan diri untuk mencegah bahaya ketergantungan pada A.I.?

#### 5.4 Kekuasaan dan Kepemilikan

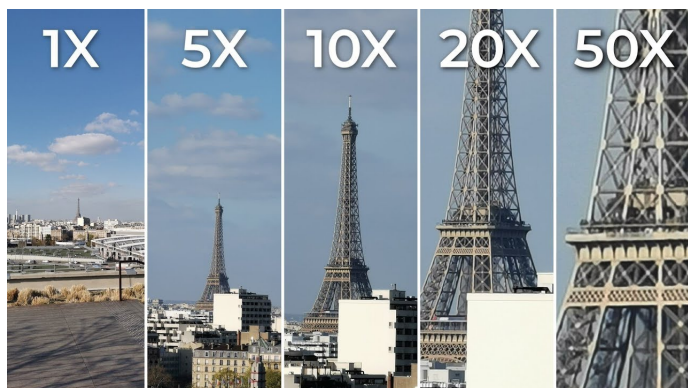
Saat ini, hampir semua negara berlomba-lomba untuk menguasai A.I.. Riset di bidang A.I. semakin didorong dengan anggaran negara dan pemanfaatannya sudah menyebar luas di berbagai bidang termasuk diantaranya untuk efisiensi pemerintahan dan memperkuat armada militer. Presiden Rusia Valdimir Putin pernah mengatakan *“A.I. adalah masa depan, bukan hanya untuk Rusia, tetapi juga untuk seluruh umat manusia. Siapa yang menjadi pemimpin dalam teknologi A.I. akan menjadi pemimpin dunia”*

Beberapa negara dengan anggaran yang lebih besar dan sudah sejak lama memiliki *roadmap* yang jelas untuk penelitian di bidang sains tentu berada di depan dalam perlombaan A.I. ini. Yang menjadi pertanyaan adalah bagaimana “monopoli” seperti ini dapat dicegah? Penguasaan terhadap teknologi A.I. sebaiknya terdistribusi ke seluruh dunia dan umat manusia harus berupaya mencegah adanya satu-dua negara saja yang menguasai sebagian besar teknologi A.I. tersebut.

Di sisi lain, pemanfaatan A.I. juga dapat menyebabkan transisi pada poros kekuatan dunia yang saat ini didominasi oleh negara-negara tertentu. Untuk dapat memanfaatkan A.I., maka perubahan akibat adaptasi teknologi A.I. menjadi hal yang tidak dapat dihindarkan. Hal ini juga mendorong adanya perubahan di dalam birokrasi pemerintahan. Perubahan-perubahan seperti ini tentu memiliki risiko dan negara-negara besar akan melakukannya dengan lebih berhati-hati. Sementara negara yang lebih berani mengambil risiko dan memanfaatkan kesempatan untuk mendapatkan keuntungan yang lebih besar dari integrasi A.I. ke dalam sistem pemerintahannya.

Masalah etis lain yang mungkin timbul dalam penguasaan teknologi A.I. adalah munculnya perusahaan-perusahaan raksasa sebagai pemain utama dalam bidang ini, misalnya Google, Microsoft, Facebook, Amazon, NVIDIA, Meta dan lain lain. Perusahaan-perusahaan ini adalah sumber utama dari pendanaan riset A.I. di universitas-universitas top di banyak negara. Akibatnya, mereka memiliki “kekuatan” untuk memengaruhi arah pengembangan A.I. dan agenda riset di banyak universitas agar sesuai dengan agenda bisnis perusahaan. Dengan cara demikian, mereka dapat meninggalkan kompetitor-kompetitornya dan keadaan di mana teknologi A.I. dikuasai oleh segelintir perusahaan besar tidak dapat dihentikan lagi.

Selalu ada efek positif dan negatif dari situasi seperti di atas. Selain efek positif terkait kemajuan A.I., yang perlu diperhatikan adalah meminimalkan



GAMBAR 21: Zoom-in hingga 50× masih terlihat cukup jelas.

efek buruk. Sebagai contoh, jika perusahaan-perusahaan tersebut mengeluarkan standar kode etik dan moral bidang A.I., bukankah ini berarti aspek etis di bidang A.I. hanya diatur oleh kelompok tertentu?

Isu etis lain adalah tentang kepemilikan hak dan tanggung jawab yang muncul akibat penggunaan A.I.. Seperti contoh yang sudah dikemukakan di bab sebelumnya tentang simfoni ke-10 Beethoven dan lukisan terakhir Rembrandt, A.I. sudah mampu untuk menghasilkan teks, gambar, video, *bots*, dan lain sebagainya. Siapakah pemilik properti intelektual dari material yang dihasilkan oleh A.I. tersebut? Jika kemudian A.I. menimbulkan kerusakan (misalnya saat kendaraan otomatis menyebabkan kematian pejalan kaki), siapakah yang harus bertanggung jawab?

## 5.5 Privasi dan Pengawasan

Privasi dan pengawasan (*surveillance*) sudah menjadi topik diskusi yang cukup hangat di bidang ilmu komputer dan menjadi subjek riset yang penting bahkan sebelum A.I. menjadi tren dalam beberapa tahun terakhir. Kompleksitas permasalahan privasi dan pengawasan menjadi meningkat seiring dengan semakin majunya teknologi A.I.. Berbagai macam teknologi A.I. memungkinkan pengumpulan data penggunaannya secara otomatis dan masif—terkadang tanpa disadari—sehingga mengancam privasi pengguna. Pengawasan dengan kamera pengawas yang sebelumnya memerlukan peralatan yang mahal dengan tenaga ahli untuk memasangnya, sekarang bisa dilakukan dalam skala besar dengan mudah dan cepat. Secara etis, pembuat dan pengguna A.I. harus menyadari seperti apa pengambilan data dilakukan dan bagaimana penggunaannya agar sesuai dengan HAM dan tidak melanggar privasi.

Sebelumnya, isu tentang privasi (data) dan pengawasan fokus kepada yang apa yang dilakukan negara atau perusahaan-perusahaan besar seperti Microsoft. Tetapi perkembangan A.I. membuat pengawasan dan pengumpulan data dapat juga dilakukan oleh perusahaan kecil atau bahkan perorangan. Sebagai contoh sederhana adalah *smartphone* dengan kamera yang dilengkapi dengan A.I. sehingga dapat melakukan *super-zoom* (zoom sampai 50×, contoh di Gambar 21). Seseorang tidak akan menyadari jika dirinya sedang diambil fotonya dari jarak yang sangat jauh menggunakan *smartphone* komersial.

Mengontrol siapa yang dapat mengumpulkan data dan siapa yang dapat mengakses data tersebut lebih sulit dilakukan di era digital seperti sekarang. Keberadaan A.I. membuat masalah semakin rumit. Hampir setiap saat manusia berinteraksi dengan komputer (*smartphone*, *PC*, *laptop*) yang terhubung dengan jaringan internet. Data yang kita tinggalkan selama berkelana di internet akan dikumpulkan oleh berbagai pihak. Terkadang kita “dimanipulasi” untuk meninggalkan lebih banyak data lagi. Walaupun pengumpulan data sudah menjadi hal yang normal dilakukan (terutama oleh korporasi besar), mereka harus tetap menjaga etika dan moral dan bertanggung jawab terhadap data yang sudah mereka dapatkan. Oleh sebab itu, penting bagi regulator/pemerintah untuk lebih ketat dalam melakukan pengawasan dan memastikan bahwa warga negara memiliki perlindungan legal dalam menghadapi permasalahan ini.

Skandal yang terjadi pada antara Facebook dan Cambridge Analytica merupakan contoh kasus nyata bagaimana upaya pemerintah melindungi warga negara dari pelanggaran privasi data. Sekitar tahun 2010, Cambridge Analytica mengumpulkan data jutaan pengguna Facebook melalui aplikasi “*This is Your Digital Life*” tanpa sepengetahuan pengguna aplikasi. Cambridge Analytica kemudian menjual data tersebut dan menggunakannya untuk memberi bantuan dan analisis untuk kampanye presidensial Ted Cruz dan Donald Trump pada tahun 2016. Facebook kemudian dihukum oleh Federal Trade Commission<sup>14</sup> dengan denda sebesar 5 miliar USD karena adanya pelanggaran privasi.

Pertanyaan yang perlu kita renungkan adalah: Apakah di masa depan privasi individu akan terus terkikis, karena dunia digital akan dipenuhi oleh berbagai macam jenis A.I. yang dapat bertindak tanpa izin individu? Pertanyaan ini tentu harus kita kembalikan kepada para pelaku industri maupun akademik di bidang A.I.. Pada tahun 2018 Microsoft mendesak Kongres Amerika Serikat untuk mempelajari dan mengawasi pengembangan dan penggunaan teknologi pengenalan wajah (*facial recognition*) karena “pemerintah perlu memegang peranan penting untuk membuat regulasi terkait teknologi tersebut”. Peristiwa ini dapat diartikan bahwa korporasi teknologi raksasa seperti Microsoft juga menyadari bahwa teknologi A.I. seperti *facial recognition* bisa disalahgunakan.

---

<sup>14</sup>Agensi independen dari pemerintah Amerika Serikat untuk masalah terkait perlindungan konsumen dan anti-monopoli

## 6 Penutup

Perlu ditegaskan bahwa fungsi A.I. yang terutama sampai saat ini adalah sebagai sebuah perpanjangan/penguat (*extension/amplifier*) dari kemampuan manusia, yang dapat digunakan meningkatkan kualitas hidup manusia di berbagai bidang kehidupan. Di sisi lain, maka masalah-masalah etis yang muncul akibat penggunaan A.I. seperti bias, privasi data, keamanan A.I. juga ikut teramplifikasi dan menjadi masalah yang sangat serius di masa yang akan datang karena A.I. akan semakin terintegrasi dengan kehidupan umat manusia. Sangat perlu diingat oleh kita, bahwa A.I. adalah *dual-use technology*: kita dapat menggunakannya untuk “kebaikan” tetapi sangat mudah juga untuk mengubahnya menjadi alat untuk melakukan sesuatu yang melanggar nilai-nilai etika dan moral universal.

Artikel ini hanya membahas sangat sedikit sekali masalah multidimensi yang ditimbulkan oleh pembuatan dan pemanfaatan A.I.. Banyak permasalahan etis yang krusial yang belum dibahas seperti dampak negatif A.I. pada lingkungan (penyimpanan dan pengolahan *big data*, yang digunakan melatih A.I. menghasilkan emisi karbon yang sangat tinggi). Selalu ada sisi negatif dari perkembangan teknologi dan jika kita mampu membuatnya, bukan berarti kita harus membuatnya. Di sinilah etika dan moral memegang peranan penting agar—seperti yang dikatakan Paus Franciscus—kemajuan teknologi selalu mengedepankan kemanusiaan.

Perlu diingat juga bahwa walaupun A.I. masih menyimpan banyak permasalahan etis dan moral, perkembangan A.I. tetap berlangsung dengan luar biasa pesat. Andrew Ng—seorang *computer scientist* yang paling terkenal dan paling berpengaruh saat ini—baru-baru ini mengatakan bahwa sudah saatnya A.I. beralih dari ketergantungan pada *big data* ke *data-centric A.I.* di mana yang diperlukan adalah “smart data” (dalam ukuran kecil) sebagai solusi untuk isu-isu dalam pengembangan A.I. seperti efisiensi, akurasi, dan bias. Perkembangan yang sangat cepat seperti ini tentu membuat masalah etis pada A.I. menjadi semakin kompleks.

Sebagai penutup, bagaimana kita sebagai civitas akademika UNPAR sebaiknya menyikapi permasalahan etis ini? Apa yang bisa kita lakukan? Pertama-tama kita dapat mulai dengan mengingat bahwa ada masalah etis yang mungkin akan muncul di tengah-tengah kemajuan teknologi yang kita alami sehari-hari sehingga kita tidak hanya larut dengan tren A.I. yang terjadi, tetapi bisa selalu bersikap kritis. Selanjutnya mungkin kita perlu mendiskusikan, apakah dalam waktu 3-5 tahun mendatang, mahasiswa UNPAR perlu dibekali dengan pengetahuan tentang permasalahan etis di bidang A.I. dan pengetahuan umum tentang A.I.?

**Catatan:** Versi digital dari artikel ini dapat diakses di <http://tiny.cc/orasiftis2022>

# Daftar Pustaka

- [1] Stuart J. Russell and Peter Norvig. *Artificial Intelligence: A Modern Approach (4th Edition)*. Pearson, 2020.
- [2] Mark Coeckelbergh. *AI Ethicd*. The MIT Press, 2020.
- [3] Christoph Bartneck, Christoph Lütge, Alan Wagner, and Sean Welsh. *An Introduction to Ethics in Robotics and AI*. Springer, 2021.
- [4] Rishal Hurbans. *Grokking Artificial Intelligence Algorithms*. Manning Publication, 2020.
- [5] R.U.R. play by Čapek. <https://www.britannica.com/topic/RUR>.
- [6] Three Laws of Robotics. [https://en.wikipedia.org/wiki/Three\\_Laws\\_of\\_Robotics](https://en.wikipedia.org/wiki/Three_Laws_of_Robotics).
- [7] The Three Laws of Robotics Have Failed The Robots. <https://mindmatters.ai/2019/09/the-three-laws-of-robotics-have-failed-the-robots/>.
- [8] After 75 years, Isaac Asimov's Three Laws of Robotics need updating. <https://theconversation.com/after-75-years-isaac-asimovs-three-laws-of-robotics-need-updating-74501>.
- [9] Dartmouth workshop. [https://en.wikipedia.org/wiki/Dartmouth\\_workshop](https://en.wikipedia.org/wiki/Dartmouth_workshop).
- [10] John McCarthy, Marvin Minsky, Nathaniel Rochester, and Claude Shannon. A proposal for the darthmouth summer research project on artificial intelligence, 1955.
- [11] Alan Turing and the beginning of AI. <https://www.britannica.com/technology/artificial-intelligence/Alan-Turing-and-the-beginning-of-AI>.
- [12] Human-Centered Artificial Intelligence Standord University. Artificial intelligence index report 2021, 2021.
- [13] The Limitations of Machine Learning. <https://towardsdatascience.com/the-limitations-of-machine-learning-a00e0c3040c6>.
- [14] AlphaGo versus Lee Sedol. [https://en.wikipedia.org/wiki/AlphaGo\\_versus\\_Lee\\_Sedol](https://en.wikipedia.org/wiki/AlphaGo_versus_Lee_Sedol).
- [15] Nathan Benaich and Ian Hogarth. State of AI report - october 12, 2021, 2021.
- [16] Chitwan Saharia, Jonathan Ho, William Chan, Tim Salimans, David J Fleet, and Mohammad Norouzi. Image super-resolution via iterative refinement. *arXiv preprint arXiv:2104.07636*, 2021.
- [17] Deepfake. <https://en.wikipedia.org/wiki/Deepfake>.
- [18] OpenAI Codex. <https://openai.com/blog/openai-codex/>.
- [19] CJI launches top court's AI-driven research portal. <https://indianexpress.com/article/india/cji-launches-top-courts-ai-driven-research-portal-7261821/>.
- [20] China Now Has an AI Powered Judicial System. <https://dailyalts.com/ai-powered-judicial-system-china/>.
- [21] Beethoven X The AI Project. <https://www.beethovenx-ai.com/>.
- [22] Ludwig van Beethoven. [https://en.wikipedia.org/wiki/Ludwig\\_van\\_Beethoven](https://en.wikipedia.org/wiki/Ludwig_van_Beethoven).
- [23] Symphony No. 10 (Beethoven/Cooper). [https://en.wikipedia.org/wiki/Symphony\\_No.\\_10\\_\(Beethoven/Cooper\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Symphony_No._10_(Beethoven/Cooper)).
- [24] Trolley Problem. <https://www.britannica.com/topic/trolley-problem>.
- [25] Self-Driving Cars: The Ethical Dilemma. <https://www.youtube.com/watch?v=CjHwB8meXJE>.
- [26] Moral Machine. <https://www.moralmachine.net/>.
- [27] Edmond Awad, Sohan Dsouza, Richard Kim, Jonathan Schulz, Joseph Henrich, Azim Shariff, Jean-François Bonnefon, and Iyad Rahwan. The moral machine experiment. *Nature*, 563(7729):59–64, 2018.
- [28] Artificial Intelligence: examples of ethical dilemmas. <https://en.unesco.org/artificial-intelligence/ethics/cases>.
- [29] Statement to the CCW Consultation on lethal autonomous weapons systems. <https://www.hrw.org/news/2019/06/28/statement-ccw-consultation-lethal-autonomous-weapons-systems>.
- [30] The world just blew a 'historic opportunity' to stop killer robots—and that might be a good thing. <https://fortune.com/2021/12/22/killer-robots-ban-fails-un-artificial-intelligence-laws/>.
- [31] Death by algorithm? <https://etairos.fi/en/2020/06/24/death-by-algorithm-2/>.
- [32] Operation Night Watch: How Rijksmuseum Tapped AI To Restore A Rembrandt. <https://jingculturecommerce.com/rijksmuseum-rembrandt-night-watch-ai-restoration/>.
- [33] Rembrandt's Painting 'Night Watch' Gets Bigger Using AI. <https://www.newslooks.com/rembrandts-painting-night-watch-gets-bigger-using-ai/>.
- [34] Enjoy the restored Night Watch, but don't ignore the machine behind the Rembrandt. <https://www.theguardian.com/technology/commentisfree/2021/jul/03/enjoy-the-restored-night-watch-but-dont-ignore-the-machine-behind-the-rembrandt>.

- [35] The Next Rembrandt. <https://www.nextrembrandt.com/>.
- [36] The Next Rembrandt: bringing the Old Master back to life. <https://medium.com/@DutchDigital/the-next-rembrandt-bringing-the-old-master-back-to-life-35dfb1653597>.
- [37] The 7 Biggest Ethical Challenges of Artificial Intelligence. <https://bernardmarr.com/the-7-biggest-ethical-challenges-of-artificial-intelligence/>.
- [38] Ethical Concerns of AI. <https://www.forbes.com/sites/cognitiveworld/2020/12/29/ethical-concerns-of-ai/?sh=763ad1d223a8>.
- [39] Algorithmic Bias. [https://en.wikipedia.org/wiki/Algorithmic\\_bias](https://en.wikipedia.org/wiki/Algorithmic_bias).
- [40] Overcoming AI's Transparency Paradox. <https://www.forbes.com/sites/aparnadinakaran/2021/09/10/overcoming-ais-transparency-paradox/>.
- [41] Amazon scraps secret AI recruiting tool that showed bias against women. <https://www.reuters.com/article/us-amazon-com-jobs-automation-insight/amazon-scraps-secret-ai-recruiting-tool-that-showed-bias-against-women-idUSKCN1MK08G>.
- [42] Vladimir Putin: Country That Leads in AI Development “Will be the Ruler of the World”. <https://futurism.com/vladimir-putin-country-that-leads-in-ai-development-will-be-the-ruler-of-the-world>.
- [43] Google ‘fixed’ its racist algorithm by removing gorillas from its image-labeling tech. <https://www.theverge.com/2018/1/12/16882408/google-racist-gorillas-photo-recognition-algorithm-ai>.
- [44] Facebook–Cambridge Analytica data scandal. [https://en.wikipedia.org/wiki/Facebook%E2%80%9393Cambridge\\_Analytica\\_data\\_scandal](https://en.wikipedia.org/wiki/Facebook%E2%80%9393Cambridge_Analytica_data_scandal).
- [45] Facial recognition technology: The need for public regulation and corporate responsibility. <https://blogs.microsoft.com/on-the-issues/2018/07/13/facial-recognition-technology-the-need-for-public-regulation-and-corporate-responsibility/>.
- [46] Creating an AI can be five times worse for the planet than a car. <https://www.newscientist.com/article/2205779-creating-an-ai-can-be-five-times-worse-for-the-planet-than-a-car/>.
- [47] Andrew Ng: Unbiggen AI. <https://spectrum.ieee.org/andrew-ng-data-centric-ai>.

## Sumber Gambar

Urutan sesuai kemunculan dalam artikel:

- [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/8d/The\\_steam\\_man\\_of\\_the\\_prairies\\_%281868%29\\_big.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/8d/The_steam_man_of_the_prairies_%281868%29_big.jpg)
- [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/d/Tik\\_tok\\_cover.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/d/Tik_tok_cover.jpg)
- [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/56/R.U.R.\\_by\\_Karel\\_%C4%8Capek\\_1939.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/56/R.U.R._by_Karel_%C4%8Capek_1939.jpg)
- [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/34/Isaac\\_Asimov01.jpg/413px-Isaac\\_Asimov01.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/34/Isaac_Asimov01.jpg/413px-Isaac_Asimov01.jpg)
- [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/8/8e/I\\_Robot\\_-\\_Runaround.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/8/8e/I_Robot_-_Runaround.jpg)
- [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/49/John\\_McCarthy\\_Stanford.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/49/John_McCarthy_Stanford.jpg)
- [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/28/Marvin\\_Minsky\\_at\\_OLPCb.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/28/Marvin_Minsky_at_OLPCb.jpg)
- <https://cdn.britannica.com/81/191581-050-8C0A8CD3/Alan-Turing.jpg>
- [https://aiindex.stanford.edu/wp-content/uploads/2021/03/2021-AI-Index-Report\\_-\\_Chapter-1.pdf](https://aiindex.stanford.edu/wp-content/uploads/2021/03/2021-AI-Index-Report_-_Chapter-1.pdf)
- <https://i.inews.co.uk/content/uploads/2019/11/12-Alpha-Go-Lee-Sedol.jpg>
- [https://miro.medium.com/max/1400/0\\*3i0ZSBYeNTCQEpIH.png](https://miro.medium.com/max/1400/0*3i0ZSBYeNTCQEpIH.png)
- <https://arxiv.org/pdf/2104.07636.pdf>
- <https://www.youtube.com/watch?v=SGUCcJHtMGY>
- <https://www.beethovenx-ai.com/>
- [https://miro.medium.com/max/1400/1\\*5z91rpfjXak7Da2tCU\\_WfQ.png](https://miro.medium.com/max/1400/1*5z91rpfjXak7Da2tCU_WfQ.png)
- <https://images.theconversation.com/files/118101/original/image-20160411-6225-19epm5.png>
- [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/82/IAI\\_Harop\\_PAS\\_2013\\_02.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/82/IAI_Harop_PAS_2013_02.jpg)
- [https://miro.medium.com/max/1400/1\\*Fb7PcJeJx4Faub0Gt524ig.png](https://miro.medium.com/max/1400/1*Fb7PcJeJx4Faub0Gt524ig.png)
- [https://miro.medium.com/max/1400/1\\*88FYecYJDKAYy\\_Qt1QA4w.png](https://miro.medium.com/max/1400/1*88FYecYJDKAYy_Qt1QA4w.png)
- [https://e3.365dm.com/16/07/1600x900/googless-1\\_3521645.jpg](https://e3.365dm.com/16/07/1600x900/googless-1_3521645.jpg)
- [https://aiindex.stanford.edu/wp-content/uploads/2022/03/2022-AI-Index-Report\\_Master.pdf](https://aiindex.stanford.edu/wp-content/uploads/2022/03/2022-AI-Index-Report_Master.pdf)
- [https://i.ytimg.com/vi/T-RPyb\\_gz6Q/maxresdefault.jpg](https://i.ytimg.com/vi/T-RPyb_gz6Q/maxresdefault.jpg)

# CURRICULUM VITAE

## Identitas Diri

Nama : Lionov  
Tempat & Tanggal Lahir : Bandung, 30 November 1977  
Jabatan Akademik : Asisten Ahli  
Alamat email : lionov@unpar.ac.id / lionov@gmail.com

## Riwayat Pendidikan Tinggi

Sarjana : Ilmu Komputer, Universitas Katolik Parahyangan  
(S.Kom) 1997–2002  
*Animasi Algoritma Sweepline untuk membangun Diagram Voronoi*

Magister : Game and Media Technology, Utrecht Universiteit  
(M.Sc.) 2008–2010. Bidang: *Computational Geometry*  
*Following The Majority: A New Algorithm For Computing a Median Trajectory*

Doktor : Geometric Computing, Utrecht Universiteit  
(Ph.D.) 2015–2019. Bidang: *Computational Geometry, GIScience*  
*Computations and Measures of Collective Movement Patterns Based on Trajectory Data*

## Jabatan dalam Institusi

Kepala Laboratorium Komputasi FMIPA UNPAR	2003–2008
Anggota Senat FMIPA UNPAR	2006–2008
Sekretaris Jurusan Teknik Informatika FTIS UNPAR	2011–2015
Anggota Senat FTIS UNPAR	2011–2015
Anggota/Sekretaris Senat FTIS UNPAR	2022–sekarang

## Sertifikasi

Dosen	15104100604941	2015–sekarang
Associate Data Scientist	1565111262021	2021–sekarang

## Beasiswa

Beasiswa S2 LN	Depkominfo	2008–2010
BPP-LN	Ditjen DIKTI Kemdikbudristek	2015-2019

## Pengalaman Mengajar

Pemrograman	Algoritma dan Pemrograman
Algoritma Dasar	Struktur Data
Algoritma Lanjut	Pemrograman Berorientasi Objek
Sistem Operasi	Dasar-dasar Pemrograman
Pemrograman Sistem	Pemrograman Paralel
Dasar Pemrograman	Algoritma dan Struktur Data
Penulisan Ilmiah	Desain dan Analisis Algoritma
Pengantar Sistem Cerdas	Pengantar Artificial Intelligence

## Publikasi di Jurnal

- 2022 Lionov Wiratma, Marc van Kreveld, Maarten Löffler, Frank Staals: *An Experimental Evaluation of Grouping Definitions for Moving Entities*. JOSIS (to appear)
- 2020 Marc van Kreveld, Maarten Löffler, Lionov Wiratma: *On optimal polyline simplification using the Hausdorff and Fréchet distance*. *J. Comput. Geom.* 11(1): 1-25 (2020)
- 2018 Marc van Kreveld, Maarten Löffler, Frank Staals, Lionov Wiratma: *A Refined Definition for Groups of Moving Entities and Its Computation*. *Int. J. Comput. Geom. Appl.* 28(2): 181-196 (2018)
- 2013 Kevin Buchin, Maike Buchin, Marc van Kreveld, Maarten Löffler, Rodrigo Silveira, Carola Wenk, Lionov Wiratma: *Median Trajectories*. *Algorithmica* 66(3): 595-614 (2013)



## Publikasi di Prosiding

- 2021 Joachim Gudmundsson, Mees van de Kerkhof, André van Renssen, Frank Staals, Lionov Wiratma, Sampson Wong: *Covering a Set of Line Segments with a Few Squares*. CIAC 2021: 286-299
- 2019 Lionov Wiratma, Marc van Kreveld, Maarten Löffler, Frank Staals: *An Experimental Evaluation of Grouping Definitions for Moving Entities*. SIGSPATIAL/GIS 2019: 89-98
- 2018 Marc van Kreveld, Maarten Löffler, Lionov Wiratma: *On Optimal Polyline Simplification Using the Hausdorff and Fréchet Distance*. SoCG 2018: 56:1-56:14
- 2018 Lionov Wiratma, Maarten Löffler, Frank Staals: *An Experimental Comparison of Two Definitions for Groups of Moving Entities (Short Paper)*. GIScience 2018: 64:1-64:6
- 2018 Vahideh Keikha, Mees van de Kerkhof, Marc van Kreveld, Irina Kostitsyna, Maarten Löffler, Frank Staals, Jérôme Urhausen, Jordi Vermeulen, Lionov Wiratma: *Convex Partial Transversals of Planar Regions*. ISAAC 2018: 52:1-52:12
- 2017 Lionov Wiratma, Marc van Kreveld, Maarten Löffler: *On Measures for Groups of Trajectories*. AGILE Conf. 2017: 311-330
- 2016 Marc van Kreveld, Maarten Löffler, Frank Staals, Lionov Wiratma: *A Refined Definition for Groups of Moving Entities and its Computation*. ISAAC 2016: 48:1-48:12
- 2011 Marc van Kreveld, Lionov Wiratma: *Median trajectories using well-visited regions and shortest paths*. GIS 2011: 241-250
- 2010 Kevin Buchin, Maïke Buchin, Marc van Kreveld, Maarten Löffler, Rodrigo Silveira, Carola Wenk, Lionov Wiratma: *Median Trajectories*. ESA (1) 2010: 463-474