

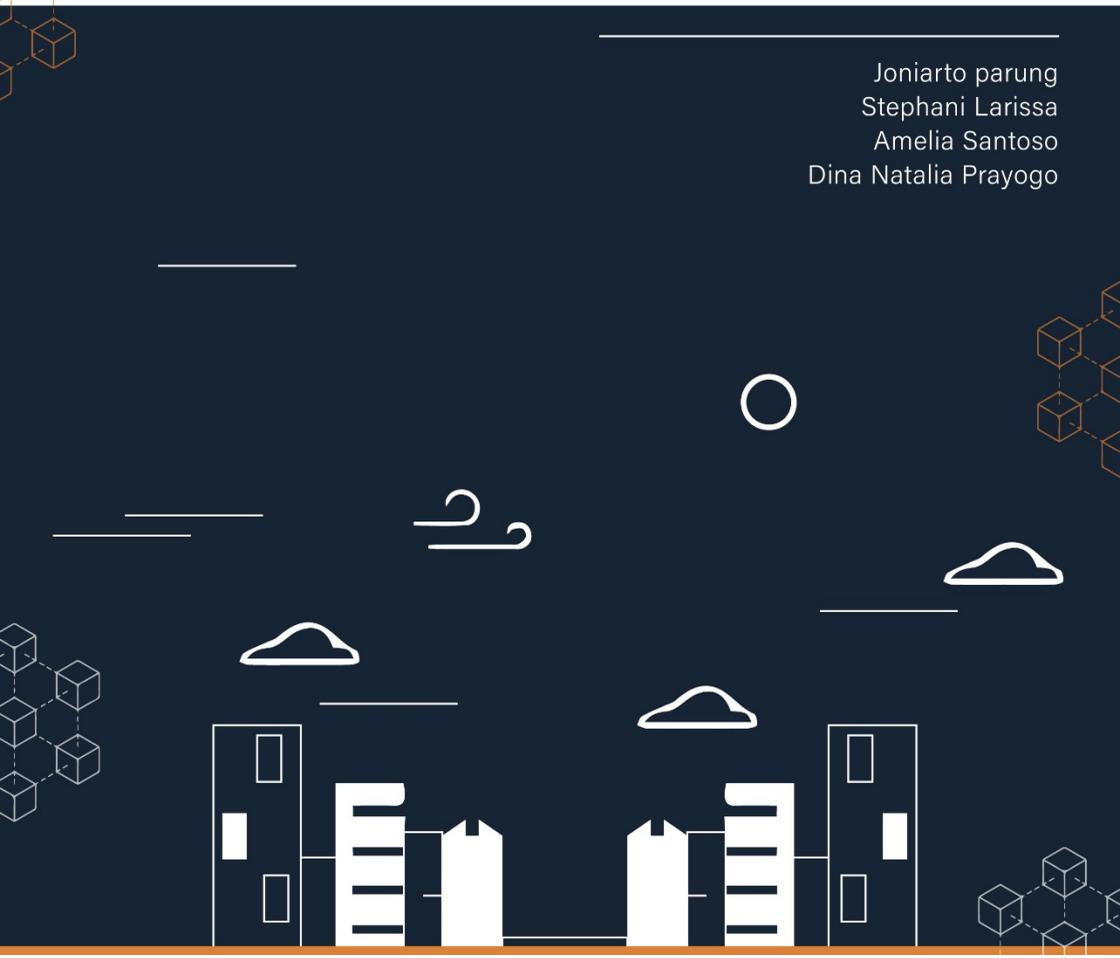


PENGGUNAAN TEKNOLOGI BLOKCHAIN INTERNET OF THINGS DAN ARTIFIAL INTELLIGENCE UNTUK MENDUKUNG KOTA CERDAS

Studi kasus: Supply Chain Industri Perikanan

ISBN 978-623-6373-86-6

Joniarto parung
Stephani Larissa
Amelia Santoso
Dina Natalia Prayogo



PENGGUNAAN TEKNOLOGI *BLOKCHAIN*,
INTERNET OF THINGS DAN *ARTIFIAL*
INTELLIGENCE UNTUK MENDUKUNG KOTA
CERDAS.

Studi kasus: Supply Chain Industri Perikanan

Oleh:

Joniarto Parung

Stephani Larissa

Amelia Santoso

Dina Natalia Prayogo

KATA PENGANTAR

Perserikatan Bangsa Bangsa (PBB) mengutip bank dunia, memproyeksikan, bahwa pada tahun 2050 dua pertiga (67%) penduduk Indonesia akan tinggal di perkotaan jauh lebih banyak dibandingkan data tahun 2015, ketika penduduk yang tinggal di kota sejumlah 54%. Beberapa kota di Indonesia menghadapi krisis kelebihan penduduk, menyebabkan kelangkaan sumber daya. Ketidakseimbangan sosial dan ekonomi antar warga menimbulkan masalah dalam masyarakat. Salahsatu solusi yang ditawarkan dan banyak diteliti insan akademik adalah mengembangkan kota menjadi *smart city* (kota cerdas). Tujuan utama kota cerdas adalah untuk mengoptimalkan fungsi kota dan mendorong pertumbuhan ekonomi sekaligus meningkatkan kualitas hidup warga dengan menggunakan teknologi pintar dan analisis data. Nilainya terletak pada bagaimana teknologi ini digunakan daripada hanya seberapa banyak teknologi yang tersedia. Seiring berkembangnya teknologi, konsep *Blockchain*, Kecerdasan Buatan (*AI=Artificial Intelligence*) dan *Internet of Things* (*IoT*), dapat digunakan dalam perencanaan kota cerdas (*smart cities*) yang secara bertahap dapat mengatasi beberapa masalah dalam masyarakat yang hidup berdampingan serta memudahkan dalam transaksi bisnis.

Pembangunan kota cerdas membutuhkan investasi besar dari pemerintah. Meskipun demikian, kota cerdas adalah salah satu perubahan terbaik dalam menata kota jika dilakukan dengan implementasi yang sadar. Kota cerdas dirancang untuk penggunaan ruang dan sumber daya yang optimal bersama dengan distribusi manfaat yang efisien dan optimal. Hal ini juga bertujuan untuk meningkatkan konektivitas di berbagai tingkatan di antara warga, serta antara administrasi dan

penduduk. Buku ini membahas hasil penelitian yang didanai hibah penelitian dari Ditjen Diktiristek, terkait *smart cities* (kota cerdas), diawali dengan pemahaman istilah kota cerdas, manfaat penataan kota cerdas, teknologi utama yang digunakan khususnya teknologi *Blockchain, IoT dan AI*, serta contoh aplikasinya dalam sebuah supply chain industri untuk kebutuhan bisnis.

Buku ini terdiri dari 5 bab, diawali dengan latar belakang yang mendasari penulisan buku referensi sebagai luaran penelitian hibah Dikti, kemudian dilanjutkan dengan bab yang membahas pengertian tentang kota cerdas, teknologi utama yang mendorong terbentuknya kota cerdas, studi kasus aplikasi teknologi untuk mendukung kota cerdas serta diakhiri dengan kesimpulan.

Penulis

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan YMK atas berkat melimpah dan kasih setiaNya, sehingga buku ini dapat diselesaikan.

Buku ini merupakan luaran dari hasil penelitian yang didanai Ditjen Diktiristek, Kemendikbudristek, dengan nomor kontrak 016/SP-Lit/AMD/LPPM-01/Dikbudristek/Multi/FT/VII/2021.

Terima kasih kepada Ditjen Diktiristek atas dukungan dana penelitian, juga kepada LPPM Ubaya, Unit Penerbitan dan Publikasi Imiah Ubaya, Program Studi Magister Teknik Industri, Fakultas Teknik Universitas Surabaya, atas semua dukungan selama penelitian. Terima kasih pula kepada Stepanhi mahasiswa Magister Teknik Industri yang ikut menjadi bagian dalam penelitian yang kami lakukan.

Terima kasih juga kepada semua pihak yang terlibat dan mendukung moril maupun materil selama penelitian.

Surabaya, 8 November 2021

Joniarto Parung, Stepanhi Larissa, Amelia Santoso, Dina Natalia Prayogo

DAFTAR ISI

1.	BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1.	Latar Belakang	1
1.2.	Menetapkan Tema.....	4
1.3.	Maksud dan Tujuan	5
1.4.	Metodologi.....	5
2.	BAB 2 KOTA CERDAS.....	7
2.1.	Konsep Kota Cerdas.....	7
2.2.	Elemen Inti Kota Cerdas.....	11
2.2.1.	Interaksi Manusia	12
2.2.2.	Institusi.....	14
2.2.3.	Data.....	16
2.2.4.	Informasi Dan Teknologi.....	23
2.2.5.	Iklm dan Energi.....	25
2.3.	Manfaat Solusi Kota cerdas dan Kekurangan..	26
3.	BAB 3 TEKNOLOGI UTAMA KOTA CERDAS.....	36
3.1.	Sensor dan Aktuator	36
3.1.1.	Sensor.....	36
3.1.2.	Aktuator	50
3.1.3.	Transducer.....	52
3.2.	Blockchain.....	56

3.2.1.	Konsep Dasar Blockchain.....	57
3.2.2.	Karakteristik <i>Blockchain</i>	60
3.2.3.	Kelebihan Blockchain.....	64
3.2.4.	Aplikasi <i>Blockchain</i> dalam Rantai Pasok ..	66
3.2.5.	Pengaruh Blockchain	67
3.2.6.	Peran Penting Blockchain	68
3.3.	Internet of Things	70
3.4.	Artificial Intelligence	77
3.5.	Deep Learning.....	78
4.	BAB 4 STUDI KASUS.....	80
4.1.	Latar Belakang Kasus	80
4.2.	Metodologi	81
4.3.	Proses pelaksanaan Disain.....	82
4.3.1.	Disain Penggunaan IoT	82
4.3.2.	Disain Penggunaan Blockchain	86
4.3.3.	Penggunaan Artificial Intelligence untuk Deteksi Kualitas Ikan	100
5.	BAB 5 KESIMPULAN.....	110
	DAFTAR PUSTAKA	114

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Jenis <i>Blockchain</i>	61
Tabel 3.2. Perbandingan Blockchain dengan Database .	63
Tabel 4.1. Daftar Aktor dalam <i>Blockchain</i>	90
Tabel 4.2. Aktivitas Aktor dalam Sistem	93
Tabel 4.3. <i>Confusion Matrix</i> Hasil AI.....	104
Tabel 4.4. Percobaan Konfigurasi Jaringan.....	106

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Aplikasi Praktis Kota Cerdas (TWI, 2021) .	18
Gambar 3.1. Berbagai jenis sensor	39
Gambar 3.2 Sensor digital	40
Gambar 3.3. Sensor suhu digital.	41
Gambar 3.4. Accelerometer digital.	42
Gambar 3.5. Accelerometer.	43
Gambar 3.6. Sensor cahaya.....	43
Gambar 3.7. Sensor suara.	45
Gambar 3.8. Sensor tekanan.....	45
Gambar 3.9. Klasifikasi sensor.....	46
Gambar 3.10. Sistem jaringan sensor.....	47
Gambar 3.11. Sensor cerdas jaringan terintegrasi.	49
Gambar 3.12. Sensor ke aliran aktuatur.....	50
Gambar 3.13. Peralatan pusat elektronik.....	52
Gambar 3.14. Transducer.....	52
Gambar 3.15. Klasifikasi transduser.....	55
Gambar 3.16. Diagram Artificial Intelligence (Sihono, 2018)	77
Gambar 4.1. Kode <i>Tracking</i> di PT. SSA	83
Gambar 4.2. Proses Produksi	85
Gambar 4.3. Rantai Pasok Perikanan	87
Gambar 4.4. Rantai Pasok Perikanan dengan <i>Blockchain</i>	89
Gambar 4.5. Sistem <i>Blockchain</i> dalam Rantai Pasok.....	90
Gambar 4.6. Diagram Peran Aktor	92
Gambar 4.7. Alur Pembentukan Blok dalam <i>Blockchain</i>	94
Gambar 4.8. Rincian Data dalam Jaringan <i>Blockchain</i> ...	94
Gambar 4.9. <i>Blockchain</i> di PT. SSA	98
Gambar 4.10. Keuntungan Implementasi <i>Blockchain</i>	99

Gambar 4.11. Tahapan Perancangan <i>Artificial Intelligence</i>	102
Gambar 4.12. Folder Ikan Bawal Putih Segar	103
Gambar 4.13. Folder Ikan Bawal Putih Rusak.....	104
Gambar 4.14. ikan bawal putih sehat (a) dan rusak (b)	106
Gambar 4.15. Plot <i>Fit Model Epoch 600</i>	107

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Menurut Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB), saat ini, 55% dari populasi dunia tinggal di daerah perkotaan, proporsi yang diperkirakan akan meningkat menjadi 68% pada tahun 2050. PBB juga menyatakan bahwa penduduk Indonesia diperkirakan akan melebihi 270 juta pada tahun 2025, bahkan mencapai 285 juta pada tahun 2035. PBB mengutip bank dunia, memproyeksikan, bahwa pada tahun 2050 dua pertiga (67%) penduduk Indonesia akan tinggal di perkotaan yang meningkat cukup signifikan dibandingkan data tahun 2015, masih pada angka 54%. Hal itu menunjukkan, bahwa dalam tahun tahun terakhir negara ini telah mengalami proses urbanisasi yang cepat dengan segala permasalahannya (United Nations, 2018).

Urbanisasi yang meningkat pesat, ikut meningkatkan masalah perkotaan yang sangat krusial yaitu masalah sosial, diantaranya terkait kepadatan penduduk yang memengaruhi persediaan dan aliran makanan serta obat-obatan, lalu lintas, polusi, pendidikan publik, dan kejahatan. Permasalahan tersebut sebagian terkait langsung dengan jumlah penduduk yang besar untuk ditangani dalam kurun waktu singkat secara real time. Permasalahan kota yang kompleks ini menimbulkan berbagai upaya penanganan secara komprehensif menggunakan teknologi informasi dan komputer (TIK) yang dikenal dengan nama “kota

cerdas”. Saat ini, semakin banyak kota di seluruh dunia mempertimbangkan pendekatan kota cerdas untuk meningkatkan kualitas hidup warganya dan untuk mendorong keberlanjutan (De Jong et al., 2015; Herrschel, 2013). Istilah kota cerdas telah digunakan secara luas oleh masyarakat dan media untuk menggambarkan tempat di mana teknologi modern, sebagian besar teknologi informasi dan komunikasi (TIK) digunakan oleh pemerintah daerah, institusi, dan warga negara dalam aktivitas sehari-hari. Konsep kota cerdas sudah merupakan istilah umum untuk pembangunan perkotaan modern yang mengintegrasikan teknologi informasi dan komunikasi dalam membantu warga, pemerintah serta organisasi nirlaba maupun bisnis menghasilkan dan bertukar data secara real-time demi meningkatkan efisiensi operasi kota di berbagai bidang seperti konsumsi energi, logistik, transportasi, dan layanan publik (Kim et al., 2019).

Konsep kota cerdas mencakup banyak faktor termasuk keberadaan berbagai peralatan elektronik, dan mekanik dengan sensor untuk mengumpulkan data. Kota cerdas antara lain ditampilkan dengan keberadaan transportasi tanpa pengemudi, drone untuk pengiriman barang, kamera kota untuk pemantauan keamanan kota, lampu lalu lintas otomatis, dan peralatan lain untuk membantu memudahkan aktivitas masyarakat. Hal ini membuat pengumpulan data pribadi penduduk kota menjadi fakta yang tak terhindarkan. Kondisi ini akan menimbulkan masalah baru bagi masyarakat, khususnya terkait keamanan data. Pengumpulan dan penyimpanan

data pribadi menimbulkan risiko bagi kehidupan pribadi setiap penduduk, oleh karena itu diperlukan upaya untuk mencegah data ini diakses oleh pihak ketiga yang tidak diinginkan. Terkait itu, pengelola kota cerdas harus menyediakan kebijakan transparansi untuk pertukaran, kerahasiaan, dan keamanan data bagi pengguna akhir. Kebutuhan kebijakan transparansi dan keamanan ditawarkan oleh teknologi blockchain. Teknologi ini membuka kemungkinan bagi semua penduduk yang terkait aktivitas cerdas dari dari sebuah kota cerdas untuk mengumpulkan dan bertukar data mereka dengan tingkat keandalan dan keamanan yang tinggi tanpa keterlibatan administrator atau perantara terpusat.

Blockchain menjadi sangat menarik ketika diintegrasikan dengan teknologi lain seperti jaringan *Internet of Things* (IoT) dan kecerdasan buatan atau *Artificial Intelligence* (AI). Jaringan Blockchain dan IoT terintegrasi mendukung penggunaan teknologi lain yang memerlukan integrasi fisik dengan interaksi multi-pihak yang didasarkan pada kebenaran data yang dibagikan. Kecanggihan teknologi ditambah kemampuan komputasi menghasilkan algoritma yang dapat diimplementasikan dengan mudah. Secara keseluruhan, teknologi terintegrasi ini dapat memotong biaya, mendorong aliran pendapatan baru, dan meningkatkan pengalaman pelanggan (Blaha, 2020). Di kota cerdas, semua perangkat yang terhubung ke jaringan IoT dapat menerima dan menyampaikan data serta menjalankan perintah. IoT bekerja dengan memanfaatkan instruksi pemrograman yang setiap perintahnya bisa

menghasilkan interaksi ke sesama perangkat terhubung secara otomatis tanpa adanya intervensi pengguna, bahkan dalam jarak jauh sekali pun. Menambahkan model AI dapat membantu mengelola proses terintegrasi ini, misalnya dalam pendeteksian kerusakan makanan, pendeteksian ingredient obat, pengoptimalan inventaris, dan mendeteksi transaksi palsu atau tidak sah. AI merupakan bagian dari Ilmu Komputer yang melakukan simulasi proses sebagai perilaku cerdas pada manusia (Goyache et al., 2001). AI mencoba mengkloning perilaku manusia, yakni menerjemahkan pengetahuan ke dalam sistem yang disimpan di komputer.

1.2. Menetapkan Tema

Berdasarkan latar belakang yang sudah diuraikan sebelumnya, diketahui bahwa kota cerdas tidak terlepas dari peran teknologi. Buku ini merupakan bagian dari penelitian yang akan memaparkan bagaimana teknologi tersebut dapat berfungsi sebagai pendorong atau enabler untuk penciptaan kota cerdas. Sebagai inovasi teknologi, penggunaan aplikasi teknologi *blockchain*, IoT, dan AI, menjadi salahsatu kajian penelitian yang mendorong pengembangan rantai pasokan makanan untuk membantu perkembangan kota cerdas. Pada buku ini disusun kerangka kerja komprehensif untuk mengaitkan peran teknologi Blockchain, IoT, dan AI dalam supply chain kota cerdas. Buku ini disusun sebagai upaya menjelaskan permasalahan penelitian yang

dikelompokkan dalam dua pertanyaan penelitian berikut:

- 1) Bagaimana peran *Blockchain*, *IoT* dan *AI* secara terintegrasi dalam membentuk kota cerdas
- 2) Bagaimana teknologi *blockchain*, *IoT* dan *AI* digunakan secara komprehensif dalam pengembangan supply chain industri makanan untuk mendorong penciptaan kota cerdas?

1.3. Maksud dan Tujuan

Buku ini disusun dengan maksud untuk mengungkap bagaimana peran Blockchain, IoT dan AI dalam membentuk kota cerdas secara komprehensif. Dengan maksud tersebut maka tujuan penulisan buku referensi hasil penelitian ini adalah berikut :

- 1) Untuk mengidentifikasi peran *Blockchain*, *IoT* dan *AI* dalam membentuk kota cerdas
- 2) Untuk menguji penggunaan teknologi *Blokchain*, *IoT* dan *AI* dalam *suplychain* makanan

1.4. Metodologi

Buku ini disusun sesuai dengan metodologi yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian yaitu menggunakan pendekatan studi kasus. Pelaksanaan penelitian diawali dengan studi literatur untuk

mengidentifikasi peran Blockchain, IoT dan AI dalam membentuk kota cerdas. Berdasarkan *outcome*, penelitian ini dikategorikan dalam penelitian aplikasi dengan cara mencari solusi permasalahan multi dimensi yang terjadi di sebuah kota besar. Metode pengumpulan data yang digunakan untuk menjawab pertanyaan penelitian pertama yaitu menggunakan studi literatur dan diperoleh berbagai data data sekunder. Sedangkan ujicoba penggunaan teknologi untuk mendukung kota cerdas diujicoba dalam studi kasus rantai pasokan ikan menggunakan data primer dengan cara pengumpulan data langsung dari perusahaan perikanan.

BAB 2 KOTA CERDAS

2.1. Konsep Kota Cerdas

Kota Cerdas merupakan istilah umum untuk membangun perkotaan yang mengintegrasikan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) demi membantu warga, pemerintah serta organisasi (nirlaba dan bisnis) menghasilkan dan bertukar data *real-time* (Kim et al., 2019). Menurut Tobergte & Curtis (2013) kota cerdas berusaha untuk mengatasi masalah publik melalui solusi berbasis TIK berdasarkan kemitraan multi-stakeholder, berbasis kota. Ini menyiratkan bahwa kota cerdas diaktifkan oleh beberapa *driver*, termasuk teknologi. Kota cerdas bertujuan untuk meningkatkan efisiensi operasi kota di berbagai bidang seperti konsumsi energi, logistik, transportasi, dan layanan publik. Meskipun tidak ada definisi "kota cerdas" yang disepakati secara universal saat ini (Morabito, 2015), tapi dapat diketahui, bahwa kota cerdas adalah wilayah geografis dengan kepadatan penduduk tinggi yang menggunakan TIK untuk menghubungkan dan memantau komponen dan layanan infrastruktur penting dengan tujuan meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan lingkungan, ekonomi, dan sosial dari operasinya sebagai serta kualitas hidup warganya. Konsep kota cerdas dapat didefinisikan sebagai suatu sistem terintegrasi di mana modal manusia (human capital) dan modal sosial sangat berinteraksi, menggunakan solusi berbasis teknologi. Menurut IEEE, kota cerdas, menyatukan technology, pemerintah, dan

masyarakat untuk memungkinkan terjadinya ekonomi cerdas, mobilitas cerdas, lingkungan cerdas, kehidupan cerdas, dan tata kelola cerdas.

Untuk memanfaatkan sepenuhnya manfaat kota cerdas, investasi yang signifikan dalam modal manusia dan sosial, infrastruktur tradisional (misalnya, transportasi) dan infrastruktur TIK modern harus dilakukan sehingga tercapai pertumbuhan ekonomi yang berkelanjutan, meningkatkan kualitas hidup warga, dan memelihara pengelolaan sumber daya alam secara bijaksana. Menurut Caragliu et al. (2013), kota cerdas dicirikan oleh struktur tata kelola partisipatif yang menekankan peran pengembangan kota berbasis bisnis untuk membangun infrastruktur jaringan, posisi kritis industri teknologi tinggi dan kreatifitas untuk memberdayakan inklusi sosial, pentingnya modal sosial dan relasional dalam pembangunan perkotaan, dan perlunya keberlanjutan sosial dan lingkungan

Penerapan paradigma *Internet of Things* (IoT) pada skenario perkotaan menjadi perhatian khusus untuk mendukung visi kota cerdas (Perera et al., 2014; Pieroni, Scarpato, & Brilli., 2018) Kota cerdas Songdo, Korea Selatan, dinyatakan sebagai kota cerdas pertama pada tahun 2019. Songdo dibangun dari bottom-up dengan fondasi teknologi yang didukung melalui Cisco Systems.

Semua kota harus lebih cerdas, karena menurut PBB, 68% populasi pada tahun 2050 diperkirakan akan tinggal di daerah perkotaan. Rencana pembangunan akan semakin difokuskan pada modifikasi dan

modernisasi infrastruktur, layanan, dan sistem ekonomi; tuntutan ruang fisik akan menuntut perluasan pemanfaatan ruang *digital*.

Pengembangan kota cerdas diawali oleh kegiatan yang didominasi oleh perusahaan swasta yang mengedepankan teknologi, namun masuknya produk teknologi belum tertanam dalam dinamika kehidupan kota secara strategis (Townsend, 2013). Meskipun ini merupakan langkah pertama yang penting untuk memperkenalkan, dan mendapatkan pengakuan kota cerdas, tetapi menjadi jelas bahwa teknologi perlu lebih terintegrasi ke dalam hubungan tata kelola yang lebih besar dengan warganya. Teknologi perlu dipertimbangkan dengan kerangka pembangunan perkotaan yang lebih besar, yang dapat diakses oleh warga, dan terintegrasi dalam proses tata kelola kota. Mosco (2019) mengidentifikasi tiga pendorong yang dapat mengkatalisasi pengembangan kota cerdas: (1) didorong oleh negara; (2) didorong oleh swasta atau perusahaan; dan, (3) didorong oleh warga. Bergantung pada penggerak utamanya, logika operasional kota cerdas mungkin memiliki implikasi tidak hanya untuk fungsi umumnya tetapi juga untuk dampak jaringan kota cerdas terhadap warga dan dampak warga terhadap tata kelola kota.

Pada studi berbagai kota cerdas, diketahui banyak kota tetap fokus pada teknologi; yang lain mengandalkan model tata kelola; yang lain fokus pada kesejahteraan dan keterlibatan warga negara; yang lain lagi berfokus

pada keberlanjutan. Karena keberagaman fokus kota cerdas inilah berbagai indeks akan mengidentifikasi kota-kota yang berbeda sebagai kota yang cerdas, menurut kriteria yang berbeda. Banyak indikator menunjukkan bahwa kota cerdas memiliki perencanaan, penerapan, dan nilai yang beragam. Kota cerdas dipahami sebagai kota idealis, dimana kualitas hidup warga meningkat secara signifikan dengan menggabungkan TIK dalam tata kelola (D'Ambrogio et al., 2016).

Karakteristik fundamental utama dari kota cerdas adalah manusia dan interaksi manusia untuk tujuan bersama. Interaksi ini sering berhasil dan sinergis diatur melalui kolaborasi Perguruan tinggi-industri-pemerintah-penduduk. Fitur pembeda lebih lanjut dari kota cerdas adalah jumlah dan jenis data yang belum pernah ada sebelumnya yang sekarang dapat dikumpulkan dan diproduksi melalui teknologi digital. Teknologi juga memungkinkan kota untuk memprioritaskan interaksi dan membangun hubungan yang dinamis, memungkinkan identifikasi dan penyelesaian tantangan yang berkelanjutan.

Berdasarkan pemahaman tersebut di atas, maka konsep kota cerdas dapat didefinisikan sebagai suatu sistem terintegrasi di mana modal manusia dan sosial sangat kuat berinteraksi, menggunakan solusi berbasis teknologi. Konsep kota cerdas bertujuan untuk menciptakan lingkungan di mana teknologi sepenuhnya tertanam di dalam kota, mensinergikan berbagai dimensi sosial untuk mengalokasikan sumber daya secara efisien,

menambahkan layanan bernilai tinggi, dan meningkatkan kualitas hidup warga. Penerapan paradigma *Internet of Things* (IoT) pada skenario perkotaan menjadi perhatian khusus untuk mendukung visi kota cerdas (Perera et al., 2014; Pieroni et al., 2018).

2.2. Elemen Inti Kota Cerdas

Menurut James et al. (2021) konsep kota cerdas memiliki 5 elemen inti, yaitu: (1) Interaksi Manusia, (2) Kelembagaan, (3) Data, (4) Teknologi, dan (5) Iklim dan Energi.

Interaksi manusia berfokus pada masalah privasi dan keamanan, kekayaan media, adaptasi sikap, dan perkembangan manusia dalam lingkungan teknologi. Interaksi individu dibawa ke tingkat kelembagaan di mana munculnya model triple helix menawarkan kemampuan untuk membingkai perkembangan teknologi di dalam dan di antara kemitraan universitas, pemerintah, dan kepentingan swasta. Pengambilan keputusan berbasis data untuk individu dan organisasi adalah perkembangan logis dari kemampuan untuk memproses data besar dan untuk menyediakan hubungan antara komputasi dan pembelajaran yang lebih dalam. Teknologi Informasi berfokus pada fondasi platform IoT, konektivitas dan akses nirkabel, dan penggunaan blockchain untuk mengelola informasi, catatan, dan kepemilikan dalam pengaturan cloud yang

aman. Iklim dan Energi mempertimbangkan penggunaan energi yang efisien dan berkelanjutan, melalui sistem pemantauan dan adaptasi, serta sumber daya energi terdistribusi yang tersedia dalam lingkungan kota cerdas, dan berfungsi sebagai aplikasi ilustratif dari konsep yang dibahas sebelumnya.

2.2.1. Interaksi Manusia

Manusia memerlukan makanan, tempat tinggal, pakaian, dan beberapa hal untuk meningkatkan penghidupan yang diperlukan, tidak hanya untuk kelangsungan hidup tetapi juga untuk kesejahteraan. Manusia adalah makhluk sosial, sehingga untuk berkembang, manusia perlu berinteraksi dengan orang lain. Kota tidak hanya harus mempertimbangkan aspek tersebut tetapi juga harus menciptakan ruang untuk mendorong dan mendukung kehidupan sosial. Manusia menyukai berbagai bentuk hiburan, yang berarti bahwa kota perlu menyediakan tempat untuk permainan, musik, teater, dan bentuk ekspresi lainnya. Manusia juga harus produktif. Ini tidak berarti bahwa manusia perlu menjadi roda penggerak di beberapa mesin industri, melainkan bahwa manusia suka menyelesaikan sesuatu. Beberapa kota memenuhi kebutuhan itu melalui pekerjaan mereka sementara yang lain melakukannya melalui hobi mereka.

Manusia juga memiliki kebutuhan akan privasi dan keamanan. Keduanya sangat penting ketika mempertimbangkan pengembangan kota cerdas karena

secara teknologi keduanya dapat dikembangkan. Hal yang perlu diperhatikan adalah bahwa privasi dan keamanan tidak identik. Privasi adalah tentang membatasi akses pihak lain dan membiarkan seseorang sendirian. Keamanan adalah tentang dilindungi dari bahaya.

Teknologi canggih dan Kota Cerdas mengubah bentuk interaksi manusia dengan mengubah cara interaksi manusia yang dimediasi oleh entitas nonmanusia. Karena penekanan kota cerdas pada teknologi, maka perhatian terhadap komunikasi di kota cerdas cenderung terfokus pada penggunaan teknologi komunikasi, penyebaran informasi, dan penggunaan data. konsekuensi dari terlalu menekankan interaksi termediasi adalah penurunan perhatian pada mereka yang hadir secara fisik, kecanduan digital, dan penurunan "kedekatan". Interaksi di kota yang dimediasi secara digital mencakup informasi, tetapi juga mencakup fungsi komunikasi lainnya seperti pembentukan hubungan.

Area perubahan lain dalam interaksi manusia di kota cerdas adalah interaksi manusia-komputer dan manusia-mesin. Semakin lama, manusia akan berinteraksi dengan komputer, robot, mesin, dan kecerdasan buatan daripada hanya dengan manusia lain. Guzman (2018) menguraikan perbedaan ini dengan menjelaskan bahwa "dalam komunikasi manusia-mesin, teknologi dikonseptualisasikan sebagai lebih dari sekadar saluran atau media: ia masuk ke dalam peran komunikator. Perbedaannya adalah di mana interaksi

bukan hanya tentang penyebaran informasi tetapi juga "pembuatan makna". Komputer, mesin, dan teknologi canggih lainnya bukan hanya alat tetapi merupakan interaksi yang memengaruhi cara orang memahami dunia.

Dalam kota cerdas, mungkin ada beberapa peluang untuk interaksi manusia-komputer atau manusia-mesin di berbagai bidang seperti transportasi (misalnya, robot taksi), layanan, drone pengiriman, dan banyak lagi. Selain area layanan, manusia dapat berinteraksi dengan robot di tempat kerja. Masing-masing bidang ini memiliki kelebihan dan juga kekhawatirannya masing-masing. Sikap terhadap teknologi tersebut dapat berkisar dari positif karena bantuan yang diberikan melalui teknologi ini hingga kekhawatiran atau perasaan terancam. Teknologi canggih kota cerdas bukan hanya alat tetapi sekarang menjadi bagian dari persamaan interaksi manusia.

2.2.2. Institusi

Semua kota adalah sistem sosial, ekonomi dan politik. Kota cerdas memanfaatkan teknologi untuk meningkatkan tata kelola, tetapi juga untuk memperkenalkan dinamika baru ke dalam tata kelola melalui integrasi dan pembelajaran sistem. Meskipun ada banyak aktor yang dapat membentuk pengembangan dan implementasi teknologi di kota cerdas, ada pandangan yang berkembang bahwa model triple helix dari hubungan 3 insitusi, universitas-industri-pemerintah (Leydesdorff & Etzkowitz, 1998). Ketiga

institusi dapat memberikan keseimbangan konfigurasi yang diperlukan untuk inovasi dan pengembangan pengetahuan. Pada titik-titik persimpangan tiga institusi dalam heliks, inovasi kemungkinan besar terjadi. Koeksistensi kompleks dalam heliks juga menunjukkan bahwa interaksi institusional berbeda dari "bisnis seperti biasa" dalam hal mereka kolaboratif daripada kompetitif, paralel daripada hierarkis, dan terhubung daripada terpisah.

Warga di kota cerdas menginginkan kolaborasi dan partisipasi sesuai dengan budaya komunitas mereka. Untuk keberlanjutan kota cerdas, warga harus berkontribusi pada perumusan kebijakan dan pembangunan kota. Kontribusi ini berupa partisipasi langsung warga dalam pengambilan kebijakan perkotaan, bukan hanya sebagai penerima manfaat. Sebagai warga negara yang aktif, mereka mengungkapkan keinginan mereka dan mencari solusi. Dalam model *triple helix*, Universitas, sebagai aktor kunci, mendukung pertumbuhan penduduk melalui peluang kemajuan pendidikan, menarik warga yang terlibat, dan membantu mengidentifikasi peluang kewirausahaan untuk partisipasi warga (Gudrun, 2010).

Model *triple helix* menggabungkan sumber daya akademik universitas, industri, dan pemerintah masyarakat sipil. Ketika gerakan kota cerdas berkembang di seluruh dunia, para pemimpin progresif berfokus pada model *quadruple helix* di mana warga negara dirangkul sebagai mitra dan menjadi agen keempat yang tidak

terpisahkan. Dengan warga sebagai mitra, maka peran sentral universitas, industri, dan pemerintah mulai runtuh dan semua dimensi dalam *quadruple helix* bekerja secara kolaboratif untuk mendorong modernisasi dan transformasi demi kemajuan kota secara keseluruhan. Penunjukan kota cerdas bukan sekadar kota yang telah mengintegrasikan lebih banyak teknologi; tujuan kota cerdas adalah untuk meningkatkan kualitas hidup warganya melalui teknologi canggih yang memungkinkan pendekatan kebijakan dari bawah ke atas daripada pendekatan dari atas ke bawah yang mendikte keterlibatan warga negara yang pasif. Warga adalah basis pengetahuan dalam hal karakteristik dan masalah di dalam wilayah kota dan tidak boleh dikecualikan dari proses pengambilan keputusan kebijakan. Meskipun keterlibatan warga telah disebut-sebut sebagai salah satu manfaat kota cerdas, lebih sedikit upaya yang dilakukan tentang cara warga dapat terlibat dan dalam kapasitas apa. *Quadruple helix* menunjukkan sentrisitas keterlibatan warga dalam budaya kota cerdas, tetapi sedikit upaya yang telah dilakukan untuk menilai seberapa baik warga telah terlibat.

2.2.3. Data

Kota membutuhkan data untuk beroperasi. Kota menyediakan sistem untuk perumahan, transportasi, sanitasi, keamanan, utilitas, penggunaan lahan, dan komunikasi yang memberikan manfaat bagi masyarakat.

Di sisi lain, pemukiman besar juga memunculkan hal negatif atau kerugian seperti kejahatan dan polusi yang lebih tinggi. Kota tumbuh karena manfaat yang diperoleh lebih besar dibandingkan kerugiannya. Pemerintah kota harus memutuskan berapa banyak makanan yang akan disiapkan, di mana membangun perumahan, berapa banyak pajak yang harus dibayar orang, atau daerah mana yang paling terkena dampak kejahatan. Keputusan tersebut harus didukung oleh data, dan hal itu menunjukkan bahwa data telah memainkan peran penting dalam pengoperasian sebuah kota. Teknologi pintar memungkinkan kota cerdas untuk mengumpulkan dan memproses lebih banyak variasi data pada skala dan kecepatan yang semakin hari semakin cepat.

Pejabat kota dapat menggunakan data untuk menemukan masalah dan menawarkan solusi secara real time. Hal ini membuat kota lebih efisien, lebih aman, dan lebih menyenangkan untuk ditinggali. Pada Gambar 2.1 di bawah ini ditunjukkan beberapa aplikasi praktis dari teknologi ini.



Contoh Kota Cerdas Kehidupan Nyata

Barcelona menghemat miliaran dolar setiap tahun dengan memasang sistem energi pintar seperti:

- Lampu jalan pintar yang menyesuaikan tingkat pencahayaan di jalan berdasarkan aktivitas
- Sensor parkir yang memberi tahu pengemudi tentang tempat parkir yang kosong melalui aplikasi seluler

- Sensor sampah dan pengumpulan sampah otomatis
Teknologi kota cerdas IoT juga digunakan di Singapura, di mana sensor digunakan untuk memantau kepadatan kerumunan dan pola lalu lintas. Faktanya, *internet of things* untuk kota cerdas dapat membantu mengurangi kemacetan lalu lintas dalam jangka panjang melalui lampu lalu lintas terhubung yang menerima data dari sensor tentang volume lalu lintas di jalan dan menyesuaikan semua lampu lalu lintas dengan kondisi jalan sebenarnya untuk mengurangi kemacetan lalu lintas.

Di masa lalu, data ada di atas kertas. Saat ini dan di masa depan, semakin banyak data yang digunakan untuk mengelola kota yang dikumpulkan, disimpan, dan diproses melalui Internet, dan dengan demikian data ada di dunia maya. Hal terpenting tentang data adalah data tersebut memberi informasi kepada pengambil keputusan (dan dapat digunakan oleh mesin untuk membuat keputusan menggunakan kecerdasan buatan) dan membentuk kerangka kerja keputusan. Di kota-kota masa depan, orang-orang akan semakin terhubung ke internet dan akan membuat data sekaligus bertindak sebagai entitas tentang data mana yang dikumpulkan. Selain itu, IoT akan ada di mana perangkat cerdas seperti kendaraan dan bangunan akan terhubung ke Internet melalui sensor, kamera perangkat lunak, mikrofon, *Radio Frequency Identification* (RFID), dan sensor nirkabel yang memungkinkan perangkat ini mengumpulkan, bertukar, dan memanfaatkan data. Proses ini akan menghasilkan sejumlah besar data. Jumlah data yang

hampir tak terbayangkan dan membutuhkan paradigma baru untuk menghadapinya. Jumlah data yang besar ini memunculkan istilah “*big data*”. *Big data* mengacu pada volume data yang besar dan semakin meningkat (Hashem et al., 2016). Secara umum, ini mengacu pada memiliki sejumlah data yang melampaui kemampuan teknologi untuk menyimpan, mengelola, dan memproses (Manyika et al., 2011). Data besar seringkali dalam format yang tidak dapat dibaca manusia dan juga membutuhkan daya komputasi yang besar untuk pemrosesan dan analisis untuk menerjemahkan data menjadi wawasan yang berharga (Hashem et al., 2016).

Big data sering digambarkan dengan karakteristik yang disebut “4V” yang menyediakan kerangka kerja untuk memahami dan memanfaatkannya. 4 V tersebut adalah (1) Volume, (2) Variation, (3) Velocity, dan (4) Veracity (Manyika et al., 2011; Marr, 2014; Zikopoulos & Eaton, 2011)

Volume mengacu pada jumlah data yang dikumpulkan dan disimpan menggunakan berbagai perangkat. *Volume* memainkan peran penting dalam pemanfaatan data. *Big data* menawarkan wawasan yang lebih besar dan berpotensi untuk mengungkapkan pola tersembunyi selama analisis, tetapi juga membutuhkan teknologi baru untuk dikumpulkan, disimpan, dan diproses.

Variation atau Ragam mengacu pada jenis dan sifat data yang dikumpulkan dan disimpan dari berbagai perangkat. Contoh tipe data termasuk teks, video,

gambar, audio, dan data log. Sekitar 80% data dianggap “tidak terstruktur” dan oleh karena itu tidak dapat dengan mudah dimasukkan ke dalam jenis tabel database yang saat ini digunakan (Manyika et al., 2011).

Velocity mengacu pada kecepatan pembuatan dan transfer data. Data besar sering dikumpulkan secara real time dan dapat terus diproduksi menciptakan volume data yang sangat besar. *Velocity* juga dapat merujuk pada waktu pemrosesan dan turn-around untuk pemanfaatan data.

Veracity mengacu pada kualitas dan nilai data. Ini kadang-kadang disebut "kekacauan" atau "kepercayaan" dari kumpulan *big data*. Kualitas dan nilai dapat sedikit berbeda dan secara langsung mempengaruhi kegunaan data dalam analisis dan pemodelan prediktif.

Selain karakteristik yang dijelaskan oleh “4V”, *Big Data* dapat diklasifikasikan ke dalam kategori berdasarkan lima aspek tambahan (Hashem et al., 2016). Aspek-aspek tersebut adalah (1) sumber data, (2) format konten, (3) penyimpanan data, (4) staging data, dan (5) pengolahan data. Sumber data termasuk media sosial (data yang dihasilkan oleh URL untuk berbagi atau bertukar informasi dan ide dalam komunitas dan jaringan virtual), data yang dihasilkan mesin (dihasilkan secara otomatis oleh komputer tanpa campur tangan manusia), penginderaan (menggunakan perangkat untuk mengukur kuantitas fisik), transaksi (data keuangan dan lainnya yang memerlukan dimensi waktu), dan *Internet of Things* (ponsel pintar, kamera, perangkat lain yang terhubung

melalui Internet yang melayani kebutuhan ekonomi, lingkungan, dan kesehatan).

Format konten mengacu pada apakah data terstruktur (angka, kata, tanggal yang mudah diformat menggunakan teknologi database saat ini), semi terstruktur (data yang tidak mengikuti desain sistem database konvensional), dan tidak terstruktur (pesan teks, video, data media sosial), dll. yang tidak mengikuti format yang ditentukan).

Penyimpanan data mengacu pada struktur penyimpanan data. Ini termasuk berorientasi dokumen (menyimpan dokumen dalam database berdasarkan baris atau catatan), berorientasi kolom (menyimpan data dalam baris/catatan dan kolom), database grafik (penyimpanan dalam model grafik memanfaatkan node, tepi, properti), dan kunci -value (menggunakan kunci baris untuk menyimpan kumpulan data besar dalam database relasional).

Pementasan data mengacu pada proses pembersihan (mengidentifikasi data yang tidak lengkap atau tidak masuk akal), mengubah (mengubah data menjadi format yang dapat digunakan), dan normalisasi (menstrukturkan data untuk meminimalkan redundansi) data.

Pemrosesan data mengacu pada cara-cara di mana data dikumpulkan dan digunakan. Ini termasuk pemrosesan *batch* dari sebagian besar data, pengumpulan waktu nyata, melakukan analisis menggunakan komputasi awan, melakukan operasi

menggunakan kekuatan terdistribusi dari jaringan terdesentralisasi, dll.

Selain itu, kota cerdas kemungkinan akan bergantung pada kombinasi komputer terpusat serta jaringan terdesentralisasi. Baik itu lokasi bangunan, orang, atau perangkat pengumpulan data, lokasi memainkan peran utama dalam pengelolaan kota. *Sistem Informasi Geografis* (GIS) dapat memainkan peran utama dalam perencanaan cerdas, pembuatan kebijakan cerdas, praktik berkelanjutan, manajemen cerdas, layanan cerdas, dan solusi ujung ke ujung yang cerdas (Deogawanka, 2016).

Di masa depan kota cerdas, *big data* di Internet akan memainkan peran utama. Data akan dikumpulkan di mana-mana dalam segala hal. Saat abad kedua puluh satu dimulai, beberapa kekhawatiran utama seputar *big data* melibatkan privasi dan keamanan. Data akan terus dikumpulkan tidak hanya tentang “siapa” orang dan “apa” yang dilakukan orang tetapi juga “di mana” mereka melakukannya.

2.2.4. Informasi Dan Teknologi

Kemajuan teknologi dalam tiga dekade terakhir telah memungkinkan berkembangnya kota cerdas. Teknologi meningkatkan kemampuan dalam mengumpulkan data, menganalisis, dan menghubungkan data, baik secara real time maupun sesuai analisis prediktif, yang memberikan dasar bagi kota cerdas.

Kota cerdas dibangun di atas penciptaan hubungan teknologi yang mampu mengontekstualisasikan banyak data secara dinamis. Hal ini memungkinkan pengambilan keputusan yang dinamis pada titik pengumpulan dan infrastruktur teknologi untuk meningkatkan efisiensi dalam layanan dan kegiatan pemerintah. Ini juga memungkinkan adaptasi jangka panjang untuk menciptakan ketahanan dalam sistem. Baik kegiatan jangka panjang maupun jangka pendek menghasilkan platform kota yang terus-menerus responsif terhadap kebutuhan warganya.

Kemampuan ini tidak muncul sekaligus; Secara teknologi, terdapat pola evolusi menuju kota cerdas yang memungkinkan perpindahan dari teknologi terintegrasi ke teknologi responsif. Lima tahap dapat diidentifikasi: (1) Teknologi pengukuran memungkinkan sensor diimplementasikan untuk mengumpulkan data yang dapat digunakan untuk memantau status operasional, (2) Teknologi jaringan menghubungkan ini sensor yang memungkinkan pertukaran data, (3) Sistem terkelola menyediakan analisis waktu nyata dari informasi yang dikumpulkan dari susunan sensor, (4) Sistem terintegrasi membuat data dan analisis tersedia di seluruh sistem intra dan antar kota, (5) Sistem teknologi cerdas menyediakan perangkat lunak sebagai layanan sehingga individu, bisnis, dan organisasi komunitas dapat mengakses layanan, mengelola partisipasi, dan berintegrasi langsung dengan platform.

2.2.5. Iklim dan Energi

Pemerintah kota saat ini semakin dituntut untuk melakukan tata kelola iklim sekaligus energi di tingkat dasar. Pemerintah kota juga diperhadapkan pada pengelolaan bahaya langsung dari masalah iklim dan menerapkan upaya pengelolaan pengaruh iklim dalam jangka panjang. Pemerintah kota juga memiliki yurisdiksi utama atas berbagai kebijakan penggunaan lahan yang harus mengantisipasi perubahan iklim dan melindungi warganya dari dampak buruknya.

Pada saat yang sama isu pemanasan global telah memberikan tekanan lain kepada pemerintah kota. Terkait hal itu, manusia harus mengurangi emisi gas rumah kaca menjadi nol pada tahun 2050 untuk menghindari peningkatan suhu rata-rata global lebih dari 1,5 derajat Celcius. Hampir semua jalur mitigasi yang menghindari kenaikan 1,5 derajat C juga memerlukan penerapan teknologi dan metode penghilangan karbon dioksida secara ekstensif. Secara global, kota menyumbang sekitar 70% dari semua emisi gas rumah kaca.

Respons yang memadai terhadap pemanasan global kemudian mengharuskan pemerintah kota untuk menanggapi dan mengantisipasi bencana iklim, meningkatkan jumlah total sumber daya energi yang tersedia untuk konstituen mereka yang berkembang, secara tajam mengurangi emisi gas rumah kaca total dan per kapita, mengamankan akses yang adil ke sumber daya energi, dan untuk melakukannya dalam dialog dan

kemitraan transnasional. Dalam konteks iklim dan energi, kota cerdas yang ideal adalah kota kosmo-polit yang hijau dan tangguh. Di antara tren lainnya, individu, utilitas, dan kota besar memasukkan teknologi energi baru ke dalam jaringan listrik yang lebih besar dan ruang pribadi. Kecerdasan dan penghijauan penggunaan teknologi energi ini mencontohkan dalam banyak hal tantangan yang dihadapi kota-kota ketika mereka berusaha untuk menjadi pintar. Struktur tata kelola baru diperlukan untuk mendukung teknologi energi hijau; teknologi tersebut menghasilkan data besar yang harus ditransisikan ke dalam keputusan manajemen, privasi dan keamanan individu terancam, dan janji inklusi teknologi tersebut dapat menghilang ke dalam divisi sosial dan ekonomi yang lebih ekstrem.

2.3. Manfaat Solusi Kota cerdas dan Kekurangan

Terdapat 10 manfaat yang dapat diperoleh kota dari teknologi pintar setiap hari (Rujan, 2018):

- 1) Pengambilan keputusan berdasarkan data yang lebih efektif

Kemajuan dalam "*big data*" dan perangkat yang terhubung telah memungkinkan kota mengakses informasi yang belum pernah tersedia sebelumnya. Strategi analitik data yang dirancang dengan baik memberi pejabat kota kemampuan untuk mengakses dan menganalisis sejumlah besar informasi — dan dengan mudah mengumpulkan wawasan yang bermakna dan dapat ditindaklanjuti.

Ketika sebuah kota dapat memantau metrik yang diinginkan secara real-time, tingkat layanan meningkat dengan cepat. Aplikasi dan strategi big data yang efektif memberikan informasi kepada kota untuk mengidentifikasi dan menempatkan polisi di area berisiko tinggi, misalnya, serta memperkirakan dan merencanakan ekspansi pertumbuhan populasi di seluruh kota dan mengidentifikasi tren minat, kekhawatiran, dan kebutuhan warga. Big data dan Internet of Things (IoT) menawarkan kemungkinan tak terbatas untuk memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih kuat. Hal ini pada gilirannya meningkatkan kehidupan penduduk dengan memotong biaya dan meningkatkan layanan.

2) Peningkatan keterlibatan warga dan pemerintah

Warga saat ini mengharapkan kota mereka untuk memberikan layanan digital yang kuat dan ramah pengguna. Alat kolaborasi, situs web modern dan intuitif, aplikasi seluler, portal swalayan, dan akun online yang nyaman telah menjadi standar di banyak aspek kehidupan, dan warga berharap tidak kurang dari kota mereka. Memperluas layanan digital di komunitas membuat kota cerdas menjadi tempat yang lebih menarik bagi penduduk untuk tinggal dan mempromosikan pengalaman warga yang terhubung. Memperluas layanan digital di komunitas membuat kota cerdas menjadi tempat yang lebih menarik bagi penduduk untuk tinggal

dan mempromosikan pengalaman warga yang terhubung. Data pemerintah yang dapat diakses, peta interaktif, dasbor kinerja pemerintah, transparansi anggaran, pertemuan balai kota yang disiarkan langsung, dan kehadiran media sosial yang kuat, semuanya membantu kota cerdas dalam menciptakan hubungan yang lebih dekat dengan warga. Teknologi pintar ini membantu meningkatkan keterlibatan dan kepercayaan masyarakat pada pejabat kota.

3) Komunitas yang lebih aman

Kota cerdas adalah kota yang lebih aman. Memanfaatkan kemajuan teknologi dan mengejar kemitraan swasta/publik membantu mengurangi aktivitas kriminal. Teknologi seperti pengenalan plat nomor, detektor tembakan, pusat kejahatan yang terhubung ke hotline polisi, dan kamera yang dapat mendeteksi wajah, semuanya memberikan keunggulan bagi penegak hukum saat bekerja. Banyak kota sudah mulai berinvestasi dalam teknologi pintar untuk membantu mempromosikan komunitas yang lebih aman. Sebagai contoh, Kota Detroit USA baru-baru ini bekerja sama dengan bisnis lokal untuk mengembangkan platform video terhubung ke cloud yang memberikan kesempatan kepada penegak hukum untuk mengakses rekaman dari kamera keamanan bisnis secara real-time. Hasilnya sampai saat ini sangat signifikan sehingga mampu menurunkan tingkat kejahatan kekerasan

sampai 50 persen di daerah yang telah bermitra dengan penegak hukum untuk menggunakan *platform* kota.

4) Mengurangi jejak lingkungan

Dengan meningkatnya gas rumah kaca, puing-puing dan sampah plastik di lautan, dan sampah di jalan-jalan kota, maka kota cerdas harus berjuang untuk mengurangi efek negatif terhadap lingkungan. Bangunan hemat energi, sensor kualitas udara, dan sumber energi terbarukan memberi kota alat baru untuk mengecilkan dampak ekologisnya. Menyebarkan sensor kualitas udara di sekitar kota, misalnya, dapat menyediakan data untuk melacak waktu puncak kualitas udara rendah, mengidentifikasi penyebab polusi, dan memberikan analisis data yang dibutuhkan pejabat untuk mengembangkan rencana aksi. Sensor ini dapat membantu meletakkan dasar untuk mengurangi polusi udara bahkan di kota-kota terpadat sekalipun, sesuatu yang pasti dapat menyelamatkan banyak nyawa karena masalah medis terkait polusi telah merenggut jutaan nyawa setiap tahun.

5) Peningkatan transportasi

Investasi transportasi kota cerdas diperkirakan akan meningkat lebih dari 25 persen setiap tahun selama lima tahun ke depan. Sistem transportasi yang terhubung memiliki beberapa potensi untuk secara drastis meningkatkan efisiensi di seluruh

kota. Dari peningkatan manajemen lalu lintas hingga kemampuan pengendara angkutan umum untuk melacak lokasi bus atau kereta api, teknologi pintar memungkinkan kota untuk melayani warga dengan lebih baik meskipun populasinya sering berkembang pesat. Teknologi seperti sinyal lalu lintas cerdas mengoptimalkan arus lalu lintas, mengurangi kemacetan selama waktu perjalanan puncak. Teknologi transportasi cerdas lainnya, seperti manajemen parkir cerdas, memungkinkan kota untuk memanfaatkan aliran pendapatan tambahan. Berkurangnya kemacetan, pertumbuhan kendaraan otonom, dan rute kendaraan yang efisien semuanya mengurangi kebutuhan ruang terkait kendaraan di daerah perkotaan, yang berpotensi memperluas penggunaan lahan untuk pembangunan.

6) Peningkatan ekuitas digital

Teknologi kota cerdas memiliki kemampuan untuk menciptakan lingkungan yang lebih adil bagi warga. Untuk memastikan kesetaraan digital, individu harus memiliki akses ke layanan internet berkecepatan tinggi dan perangkat yang terjangkau. Penerapan hotspot Wi-Fi publik yang ditempatkan secara strategis di seluruh kota dapat menawarkan layanan internet yang dapat diandalkan untuk semua penduduk. Ambil contoh Kota Seattle, yang telah mengembangkan rencana untuk memberikan pelatihan keterampilan,

memastikan ketersediaan perangkat yang terjangkau, dan menyediakan koneksi internet yang dapat diakses dan murah.

7) Peluang pengembangan ekonomi baru

Investasi publik dalam teknologi kota cerdas memiliki potensi efek pengganda yang besar — hingga 10 kali lipat, menurut laporan baru-baru ini, yang berarti ekspansi besar-besaran dalam pertumbuhan produk domestik bruto ketika kota-kota berinovasi. Banyak perusahaan sektor swasta besar juga bekerja sama dengan pemerintah daerah untuk menginvestasikan jutaan dolar dalam infrastruktur dan inisiatif kota cerdas. Investasi kota cerdas memainkan peran yang semakin penting dalam meningkatkan daya saing regional dan global kota untuk menarik penduduk dan bisnis baru. Menyediakan platform data terbuka dengan akses ke informasi kota, bisnis lebih mampu membuat keputusan berdasarkan informasi melalui analitik data dari teknologi kota cerdas terintegrasi.

8) Utilitas publik yang efisien

Dengan keterbatasan pasokan sumber daya alam yang tersedia untuk memenuhi permintaan manusia, teknologi cerdas memberi kota alat yang dibutuhkan untuk menghemat dan mengurangi pemborosan air dan listrik secara tidak sengaja. Sensor cerdas sekarang memungkinkan kota untuk mengidentifikasi kebocoran pipa dengan cepat dan memperbaiki segmen yang rusak dalam jangka

waktu yang lebih singkat, sehingga mengurangi jumlah air yang hilang. Jaringan listrik pintar juga memungkinkan komunikasi dua arah antara penyedia listrik dan konsumen untuk membantu mengidentifikasi waktu penggunaan puncak dan pemadaman dengan lebih baik. Cape Town, Afrika Selatan, telah menggunakan teknologi smart metering untuk memerangi krisis air yang sedang melanda kota tersebut. Meteran pintarnya melacak penggunaan air untuk pelanggan dan menyampaikan data itu ke akun mereka. Warga Cape Town kemudian mendapatkan tagihan harian terperinci yang menampilkan konsumsi air mereka. Setelah proyek percontohan pengukuran cerdas diluncurkan, rumah-rumah hunian menyadari penurunan konsumsi air sebesar 40 hingga 60 persen. Analisis data dan teknologi sensor pintar telah membuktikan solusi yang layak untuk membantu melestarikan sumber daya yang berharga.

9) Peningkatan infrastruktur

Jalan, jembatan, dan bangunan yang menua sering kali membutuhkan investasi besar-besaran untuk pemeliharaan dan perbaikan selama masa pakainya. Teknologi pintar dapat memberi kota analitik prediktif untuk mengidentifikasi area yang perlu diperbaiki sebelum terjadi kegagalan infrastruktur. Sensor cerdas dapat mengirimkan data yang menunjukkan perubahan struktural yang

merugikan, mengidentifikasi kemiringan atau retakan pada bangunan dan jembatan, dan mengirim pesan untuk memberi tahu personel tentang perlunya inspeksi atau pemeliharaan.

10) Peningkatan keterlibatan tenaga kerja

Tenaga kerja yang sangat efektif merupakan kriteria penting untuk mewujudkan kota cerdas yang efisien. Menerapkan teknologi pintar membantu meringankan beban tugas manual yang dihadapi banyak pegawai kota setiap hari. Kemajuan dalam kemampuan agen otonom, perangkat seluler, dan sensor memungkinkan karyawan kota mengarahkan upaya mereka ke inisiatif yang lebih strategis, mengurangi waktu yang dihabiskan untuk operasi manual sehari-hari.

Kota cerdas dapat mengubah lingkungan kerja dengan merampingkan proses manual dan memberi karyawan peluang lebih besar untuk mencapai potensi penuh mereka sambil juga memberikan layanan yang lebih baik kepada warga.

Kekurangan Kota cerdas

Meskipun Kota Cerdas memiliki banyak kelebihan, tetapi ada juga beberapa kekurangannya. Mengetahui hal ini dapat membantu seseorang untuk memahami sisi lain dari kota. Kekurangan tersebut diantaranya:

- a) Privasi terbatas: Karena pihak berwenang atau pemerintah akan memiliki akses ke kamera keamanan dan sistem cerdas yang terhubung melalui banyak ruang berbeda, warga akan kesulitan mempertahankan anonimitas mereka. Pengenalan wajah dan hal-hal semacam itu akan secara drastis mengubah konsep privasi atau ruang pribadi.
- b) Kontrol sosial: Orang-orang yang dapat melacak dan memusatkan data yang mereka kumpulkan dengan kamera keamanan akan memiliki kekuatan yang lebih besar. Itu bisa pemerintah, lembaga swasta, atau otoritas lainnya. Mereka akan memiliki kekuatan untuk mengontrol data warga dan dapat dengan mudah memanipulasi opini publik.
- c) Kepercayaan jaringan berlebih: Karena warga kota cerdas ini akan bergantung hampir sepenuhnya pada elektronik dan jaringan, mereka akan kehilangan otonomi dalam pengambilan keputusan dan bisa menjadi tidak kompeten. Mereka tidak akan dapat bereaksi dengan tepat dalam skenario di mana alat-alat ini tidak dapat digunakan.
- d) Kesulitan dalam tahap pra-niaga: Meskipun uang akan tersedia, teknologi pintar akan masih dalam tahap pra-komersial. Kota-kota ini akan kekurangan keterampilan dan kapasitas terkait teknologi.
- e) Pra-pelatihan diperlukan: Jika masyarakat kota tidak tahu tentang teknologi, maka mereka tidak akan bisa menggunakannya. Tanpa pelatihan, mereka akan

merasa tidak relevan dengan kehidupan sehari-hari mereka dan akan sulit untuk menggunakannya.

BAB 3 TEKNOLOGI UTAMA KOTA CERDAS

3.1. Sensor dan Aktuator

Sensor dan aktuator adalah dua komponen penting dari setiap sistem kontrol tertutup. Sistem seperti ini disebut juga sistem mekatronik. Sebuah sistem mekatronik terdiri dari unit penginderaan, pengontrol, dan unit penggerak. Unit penginderaan dapat sesederhana sensor tunggal atau dapat terdiri dari komponen tambahan seperti filter, amplifier, modulator, dan pengkondisi sinyal lainnya. Kontroler menerima informasi dari unit penginderaan, membuat keputusan berdasarkan algoritma kontrol, dan mengeluarkan perintah ke unit penggerak. Unit penggerak terdiri dari aktuator dan opsional catu daya dan mekanisme kopling.

3.1.1. Sensor

Sensor adalah suatu alat yang bila terkena fenomena fisik (suhu, perpindahan, gaya, dll) menghasilkan sinyal output yang proporsional dalam bentuk listrik, mekanik, magnetik, dll. Istilah transduser sering digunakan secara sinonim dengan sensor. Namun, idealnya, sensor adalah perangkat yang merespon perubahan fenomena fisik. Di sisi lain, transduser adalah perangkat yang mengubah satu bentuk energi menjadi bentuk energi lain. Sensor adalah transduser ketika mereka merasakan satu bentuk input dan output energi dalam bentuk energi yang barbed. Misalnya, termokopel

merespons perubahan suhu (energi panas) dan menghasilkan perubahan proporsional dalam gaya gerak listrik (energi listrik). Oleh karena itu, termokopel dapat disebut sebagai sensor dan atau transduser.

Beberapa jenis sensor yang banyak digunakan di kota cerdas, diantaranya: sensor suhu, sensor kelembaban, sensor pendeteksi kehadiran dan sebagainya. Sensor memperoleh informasi dari dunia nyata. Keluaran umumnya berupa sinyal yang diubah menjadi tampilan yang dapat dibaca manusia di lokasi sensor atau ditransmisikan secara elektronik melalui jaringan untuk dibaca atau diproses lebih lanjut. Di bawah ini ada enam (6) fitur yang harus dipertimbangkan saat memilih sensor.

- **Akurasi:** Kesesuaian antara nilai aktual dan nilai terukur.
- **Resolusi:** Perubahan variabel terukur yang akan ditanggapi oleh sensor.
- **Pengulangan:** Variasi pengukuran sensor ketika kuantitas yang sama diukur beberapa kali.
- **Range:** Batas atas dan bawah dari variabel yang dapat diukur.
- **Sensitivitas:** Input minimum parameter fisik yang akan membuat perubahan output yang dapat dideteksi. Dalam beberapa sensor, sensitivitas didefinisikan sebagai perubahan parameter input yang diperlukan untuk menghasilkan perubahan output standar.

- **Linearitas:** Linearitas sensor adalah ekspresi sejauh mana kurva terukur aktual dari sensor menyimpang dari kurva ideal.

Saat ini sangat mudah untuk menemukan beberapa jenis sensor di pasaran. Tetapi salah satu hal terpenting adalah memilih sensor yang tepat dan menganggapnya sebagai bagian penting dari siklus desain membutuhkan pemikiran dan pemahaman tentang banyak fitur, seperti:

- Jenis gerakan
- Ketepatan gerakan
- Besarnya gerakan
- Kondisi operasi

Beberapa contoh sensor antara lain:

- a. **Sensor temperature.** Sensor suhu adalah perangkat yang digunakan untuk mengukur jumlah energi panas yang memungkinkan untuk mendeteksi perubahan fisik suhu dan dapat digunakan dalam berbagai aplikasi.
- b. **Sensor kelembaban.** Sensor kelembaban adalah jumlah uap air di atmosfer udara atau gas lainnya.
- c. **Sensor pendeteksi kehadiran.** Sensor pendeteksi kehadiran adalah perangkat yang digunakan untuk mendeteksi ada atau tidak adanya fisik. Ini memonitor zona deteksi untuk hunian berdasarkan inframerah, jika seseorang dirasakan, detektor akan secara otomatis memicu tindakan seperti menyalakan lampu.

Jenis-jenis sensor.

Sensor dapat dikategorikan menjadi tiga kelompok, dengan berbagai jenis sensor dapat dilihat pada Gambar 3.1.



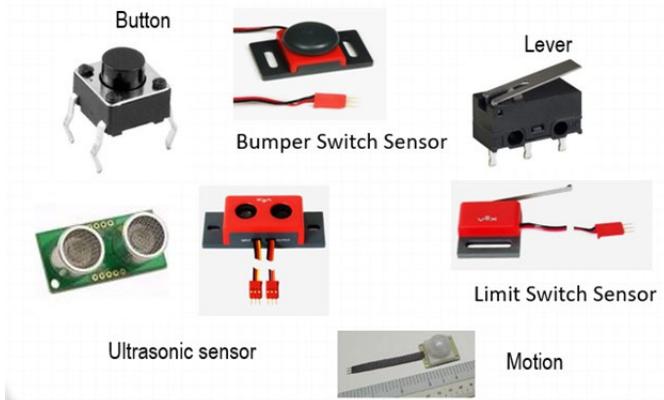
Gambar 3.1. Berbagai jenis sensor

Ketiga kelompok sensor sebagai berikut:

- 1) **Sensor aktif:** memerlukan sumber daya eksternal yang menyediakan sebagian besar daya keluaran sinyal. misalnya radar, GPS, sinar-X, inframerah, seismic.
- 2) **Sensor pasif:** output hampir seluruhnya disediakan oleh sinyal terukur tanpa tegangan eksitasi. Fotografi, termal, penginderaan medan listrik, kimia, inframerah dan seismik. Sensor dapat diklasifikasikan sebagai pasif atau aktif. Pada sensor

pasif, daya yang dibutuhkan untuk menghasilkan output disediakan oleh fenomena fisik yang dirasakan itu sendiri (seperti termometer)

- 3) **Sensor digital:** sinyal yang dihasilkan atau dipantulkan oleh sensor adalah biner. Mereka digunakan untuk konversi dan transmisi, misalnya: suhu, aliran gas, ultrasonic (Gambar 3.2). Sensor digital ini menggantikan sensor analog karena mampu mengatasi kelemahan sensor analog. Pada sensor digital, sinyal yang diukur secara langsung diubah menjadi keluaran sinyal digital di dalam sensor digital itu sendiri.



Gambar 3.2 Sensor digital

a. Sensor suhu digital

DS1620 adalah sensor suhu digital yang menyediakan suhu perangkat dengan pembacaan suhu 9-bit. Ini bertindak sebagai termostat dengan tiga output alarm termal. Jika suhu

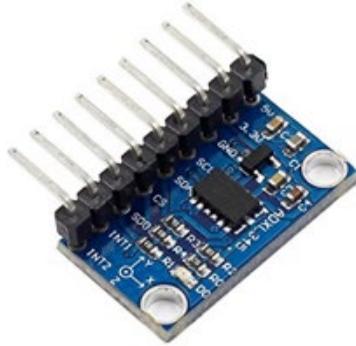
perangkat lebih besar dari atau sama dengan suhu yang ditentukan pengguna TH, maka THIGH didorong tinggi. Jika suhu perangkat kurang dari atau sama dengan suhu yang ditentukan pengguna TL, maka TLOW didorong tinggi. Jika suhu perangkat melebihi TH dan tetap tinggi sampai turun di bawah TL, maka TCOM didorong tinggi.



Gambar 3.3. Sensor suhu digital.

b. Accelerometer Digital

Metode pembangkitan keluaran gelombang persegi frekuensi variabel oleh accelerometer digital disebut sebagai modulasi lebar-pulsa. Sinyal PWM keluaran, lebar pulsa atau siklus kerja sebanding dengan nilai percepatan.

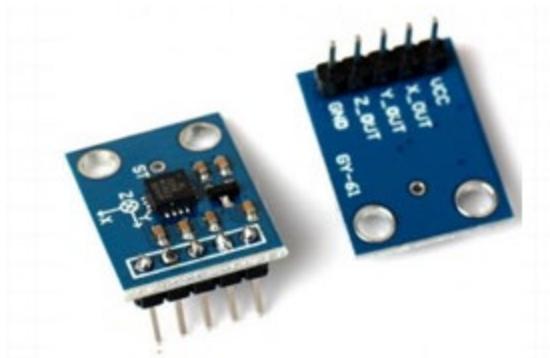


Gambar 3.4. Accelerometer digital.

4) Sensor Analog

Sensor analog: menghasilkan sinyal output analog terus menerus. Misalnya. Accelerometer, sensor suhu, sensor tekanan, sensor suara.

Sensor analog yang mendeteksi perubahan posisi, kecepatan, orientasi, guncangan, getaran, dan kemiringan dengan merasakan gerakan disebut sebagai accelerometer. *Accelerometer* ini tersedia sebagai sensor analog dan digital, berdasarkan sinyal keluaran. *Accelerometer* analog menghasilkan tegangan variabel konstan berdasarkan jumlah percepatan yang diterapkan pada accelerometer.



Gambar 3.5. Accelerometer.

b. Sensor cahaya

Sensor analog yang digunakan untuk mendeteksi jumlah cahaya yang mengenai sensor disebut sebagai sensor cahaya. Sensor cahaya analog ini lagi-lagi diklasifikasikan ke dalam berbagai jenis seperti *photoresistor*, *Cadmium Sulfide (CdS)*, dan, *photocell*.



Gambar 3.6. Sensor cahaya.

Salah satu sensor yang termasuk kelompok sensor cahaya yaitu sensor *Infrared* yang memiliki kemampuan untuk meneruskan

gelombang cahaya, namun dalam pengaliksiannya, sensor ini harus dihubungkan dengan komponen-komponen lainnya yang dirangkai menjadi satu sistem rangkaian yang di dalamnya memuat resistor, saklar, sumber tegangan, mikrokontroler, dan lain-lain. Komponen yang terpenting dalam rangkaian ini adalah mikrokontroler yang berperan sebagai pengatur utama dari rangkaian untuk mengolah dan menyimpan program untuk mengolah data yang diterima oleh sensor.

c. Sensor Suara

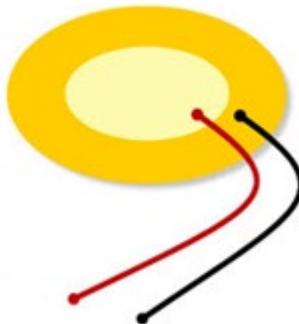
Sensor analog yang digunakan untuk mendeteksi tingkat suara disebut sensor suara. Sensor suara analog ini menerjemahkan amplitudo volume akustik suara menjadi tegangan listrik untuk mendeteksi tingkat suara. Proses ini memerlukan beberapa sirkuit, dan menggunakan mikrokontroler bersama dengan mikrofon untuk membuat sinyal output analog.



Gambar 3.7. Sensor suara.

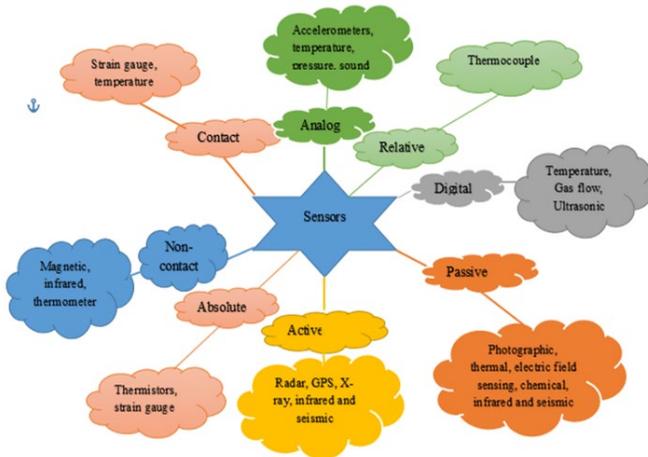
d. Sensor tekanan

Sensor analog yang digunakan untuk mengukur jumlah tekanan yang diterapkan pada sensor disebut sebagai sensor tekanan analog. Sensor tekanan akan menghasilkan sinyal output analog yang sebanding dengan jumlah tekanan yang diberikan. Sensor piezoelektrik ini digunakan untuk pembangkitan muatan listrik.



Selain itu, sensor diklasifikasikan menjadi 4 (empat) jenis, yaitu:

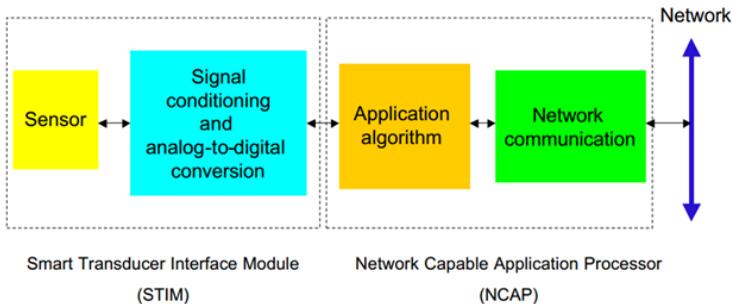
- 1) **Sensor kontak:** membutuhkan kontak fisik dengan stimulus. misalnya pengukur regangan, sensor suhu.
- 2) **Sensor non-kontak:** memerlukan kontak non-fisik. Sensor magnetik, sensor inframerah, termometer.
- 3) **Sensor absolut:** bereaksi terhadap stimulus pada skala absolut. Misalnya. Termistor, pengukur regangan.
- 4) **Sensor relatif:** stimulus dirasakan relatif terhadap referensi tetap atau variabel. Misalnya. Termokopel.



Gambar 3.9. Klasifikasi sensor.

Sistem Jaringan Sensor

Sistem jaringan sensor diilustrasikan pada Gambar 3.10. Partisi fungsional menjadi modul untuk implementasi.



Gambar 3.10. Sistem jaringan sensor

Sistem manufaktur sensor

- *Interface* fisik standar
- Satu set *interface* standar untuk dirancang dan didukung
- Produk multi-level dikembangkan berdasarkan Transducer Electronic Data Sheet (TEDS)
- Spesifikasi kalibrasi standar dan format data Pengguna akhir

- Berdasarkan TEDS, perangkat lunak dapat secara otomatis menyediakan:
 - a. Satuan fisik
 - b. Pembacaan dengan angka signifikan seperti yang didefinisikan dalam TEDS
 - c. spesifikasi transduser lengkap

- d. Detail pemasangan seperti instruksi, ID, & lokasi sensor

Sensor cerdas adalah perangkat yang mengambil input dari lingkungan fisik dan menggunakan sumber daya komputasi bawaan untuk melakukan fungsi yang telah ditentukan setelah mendeteksi input tertentu dan kemudian memproses data sebelum meneruskannya, misalnya, sidik jari (Liu et al., 2020).

Keuntungan dan kekurangan sensor cerdas

Berikut ini beberapa keuntungan dan kekurangan sensor cerdas.

- a. Keuntungan dari sensor cerdas

Interkoneksi minimum, Keandalan tinggi, Kinerja tinggi, Mudah dirancang, mudah digunakan, mudah dirawat, sistem fleksibel yang dapat diskalakan, kemasan kecil yang tidak rata, dan sebagainya.

- b. Kekurangan sensor cerdas

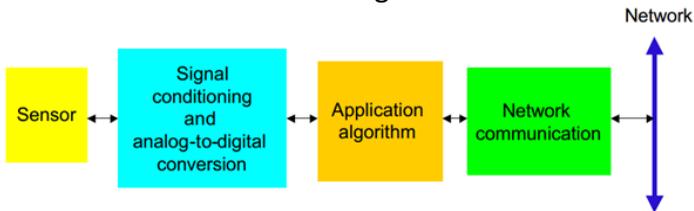
- Sensor cerdas terdiri dari aktuator dan sensor, sehingga lebih kompleks daripada sensor sederhana lainnya.
- Kompleksitasnya jauh lebih tinggi pada sensor cerdas berkabel, karena urutan biayanya juga lebih tinggi.
- Kalibrasi sensor harus dikelola oleh prosesor eksternal.

- Fungsi tertanam yang telah ditentukan sebelumnya harus diberikan selama desain sensor cerdas.

Kemampuan fungsional dari sensor cerdas

Kemampuan fungsional dari sensor cerdas meliputi:

- kecerdasan terintegrasi lebih dekat ke titik pengukuran dan kontrol
- Kemampuan komputasi dasar
- Kemampuan untuk mengkomunikasikan data dan informasi dalam format digital standar.



Gambar 3.11. Sensor cerdas jaringan terintegrasi.

Mengapa Jaringan Sensor Cerdas?

Sensor cerdas jaringan memungkinkan fitur yang tidak tersedia dengan sensor tradisional (Iniewski, 2017):

- Secara signifikan menurunkan total biaya sistem dengan pengkabelan yang disederhanakan
- "sadar waktu" untuk fungsi time-stamping
- Jaringan lokal untuk berbagi pengukuran dan kontrol menyediakan konektivitas Internet, sehingga global atau di mana saja, akses "informasi sensor"

3.1.2. Aktuator

Aktuator adalah perangkat yang mengubah sinyal listrik menjadi sifat fisik. Aktuator membutuhkan sinyal kontrol dan sumber energi. Contoh: motor servo DC, motor AC, motor stepper dan sebagainya.



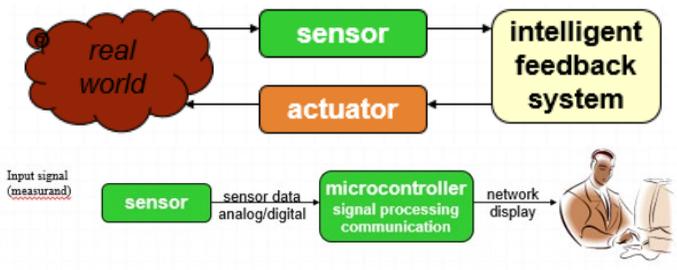
Gambar 3.12. Sensor ke aliran aktuator

Berbagai jenis aktuator, antara lain:

- 1) Listrik: adalah sistem pengkabelan listrik yang mampu menghasilkan listrik. Hal ini didukung oleh motor yang mengubah energi listrik menjadi torsi mekanik.
- 2) Fluida: fungsi aktuator untuk operasi aliran tekanan dan cairan penggerak.
- 3) Termal atau magnetik: Aktuator termal adalah sistem mekanis yang menggunakan ekspansi dan kontraksi material yang diinduksi secara termal sebagai mekanisme untuk menciptakan gerakan pada perangkat.

- 4) Aktuator mekanik: melakukan gerakan dengan mengubah satu jenis gerak menjadi jenis gerak yang lain.
- 5) Sensor dan Aktuator MEMS (Microelectro-mechanical System): bagian dari perangkat yang menerjemahkan sejumlah besar defleksi perangkat, artinya ia bekerja sebagai perangkat mikromekanis dengan menghasilkan gerakan dengan amplifikasi ekspansi termal.
- 6) Hidrolik: mengubah energi hidrolik menjadi energi mekanik. Ini menggunakan cairan hidrolik untuk memperkuat sinyal perintah pengontrol
- 7) Pneumatik: mengubah energi yang dibentuk oleh udara terkompresi pada tekanan tinggi menjadi gerakan mekanis. Gerak tersebut dapat berupa gerak putar atau gerak linier. Ini menggunakan udara terkompresi sebagai kekuatan pendorong
- 8) Magnetic actuator: mengubah energi listrik menjadi energi magnet. Mereka menggunakan medan magnet untuk menghasilkan gerakan.
- 9) Kriteria kinerja aktuator meliputi kecepatan, volume, kondisi operasi, akselerasi, gaya, efisiensi energi dan daya tahan aktuator.

Sensor adalah alat yang mendeteksi/mengukur suatu sinyal atau stimulus. Aktuator adalah perangkat yang menghasilkan sinyal atau stimulus.



Gambar 3.13. Peralatan pusat elektronik.

3.1.3. Transducer

Transduser adalah perangkat listrik yang digunakan untuk mengubah satu bentuk energi menjadi bentuk lain. Secara umum, perangkat ini menangani berbagai jenis energi seperti energi mekanik, energi listrik, energi cahaya, energi kimia, energi panas, energi akustik, energi elektromagnetik, dan sebagainya.



Gambar 3.14. Transducer

Sebuah transduser pada dasarnya memiliki dua komponen utama.

- 1) Elemen Penginderaan Kuantitas fisik atau laju perubahannya dirasakan dan ditanggapi oleh bagian transistor ini.

- 2) Elemen Transduksi Keluaran dari elemen penginderaan diteruskan ke elemen transduksi. Elemen ini bertanggung jawab untuk mengubah sinyal non-listrik menjadi sinyal listrik proporsionalnya.

Proses transduksi melibatkan konversi satu bentuk energi ke bentuk lain. Proses ini terutama mencakup elemen penginderaan untuk merasakan energi input dan kemudian mengubahnya menjadi bentuk lain oleh elemen transduksi. Ukur dan beri tahu properti, kuantitas, atau status bahwa transduser terlihat menerjemahkan ke dalam output listrik. Di sini artikel ini membahas tentang apa itu transduser, jenis transduser, dan aplikasi transduser.

Mungkin ada kasus ketika elemen transduksi melakukan aksi transduksi dan penginderaan. Contoh terbaik dari transduser semacam itu adalah termokopel. Termokopel digunakan untuk menghasilkan tegangan yang sesuai dengan panas yang dihasilkan di persimpangan dua logam yang berbeda.

Klasifikasi Transduser

Klasifikasi Transduser dilakukan dengan banyak cara. Beberapa kriteria untuk klasifikasi didasarkan pada area aplikasinya, Metode konversi energi, Sifat sinyal keluaran, Menurut prinsip kelistrikan yang terlibat, Parameter kelistrikan yang digunakan, prinsip operasi, &

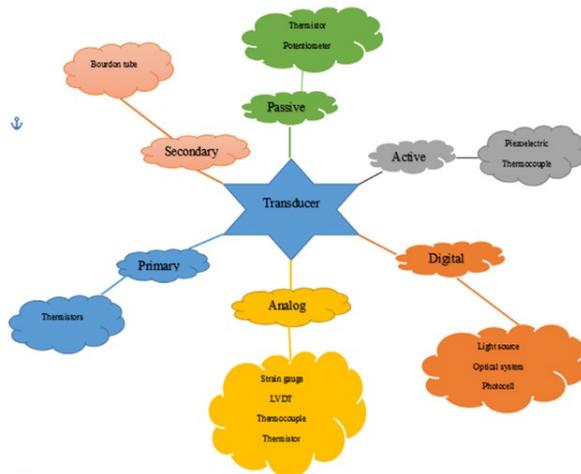
aplikasi tipikal. Transduser dapat diklasifikasikan secara luas

- a. Berdasarkan bentuk transduksi yang digunakan
- b. Sebagai transduser primer dan sekunder
- c. Sebagai transduser aktif dan pasif
- d. Sebagai transduser dan transduser terbalik.

Secara umum salah satu generalisasi tersebut berkaitan dengan pertimbangan energi di mana mereka diklasifikasikan sebagai transduser aktif & pasif. Komponen yang energi keluarannya dipasok seluruhnya oleh sinyal masukannya (kuantitas fisik yang diukur) biasanya disebut 'transduser pasif'. Dengan kata lain transduser pasif memperoleh daya yang dibutuhkan untuk transduksi dari sumber tambahan. Transduser aktif adalah transduser yang tidak memerlukan sumber daya tambahan untuk menghasilkan outputnya.

- 1) Transduser aktif: menghasilkan sinyal listrik sebanding dengan kuantitas fisik. Mereka tidak memerlukan sumber daya apa pun untuk pengoperasiannya. misalnya. Piezoelektrik, termokopel.
- 2) Transduser pasif: menghasilkan perubahan dalam beberapa kuantitas listrik pasif sebagai akibat dari stimulasi. Misalnya. termistor, potensiometer.
- 3) Transduser analog: mengubah sinyal input menjadi sinyal output, yang merupakan fungsi kontinu waktu. Misalnya. Strain Gauge, transformator diferensial variabel linier [LVDT], Termokopel, Termistor

- 4) Transduser digital: mengubah sinyal input menjadi sinyal output dalam bentuk pulsa. Ini memberikan output diskrit. Misalnya sumber cahaya, sistem optik, dan fotosel
- 5) Transduser Primer: mengubah kuantitas fisik yang akan diukur menjadi sinyal mekanis. Misalnya termistor
- 6) Transduser sekunder: mengubah sinyal mekanik menjadi sinyal listrik yang sesuai. tabung Bourdon.



Gambar 3.15. Klasifikasi transduser

Parameter Transduser

Karakteristik operasi transduser biasanya ditentukan oleh sejumlah parameter. Beberapa parameter utama yang harus diperhatikan adalah: sensitivitas, linearitas, jangkauan, histeresis, rentang, presisi dan lain-lain.

- 1) Kepekaan. Sensitivitas adalah kemampuan transduser untuk menghasilkan output untuk perubahan input yang diberikan.
- 2) Hysteresis. Sebuah transduser harus menghasilkan output yang sama apakah nilainya telah tercapai karena input yang terus meningkat atau input yang terus menurun.
- 3) Jangkauan. Rentang adalah nilai tertinggi dan terendah yang dirancang untuk diukur oleh transduser.
- 4) Menjangkau. Rentang adalah perbedaan antara nilai atas dan bawah yang dirancang untuk diukur oleh transduser.
- 5) Linearitas. Linearitas mengacu pada perubahan output dibandingkan dengan perubahan input. Jika perubahan output sebanding dengan perubahan input, transduser dikatakan linier.

3.2. Blockchain

Blockchain diperkenalkan melalui Bitcoin oleh Satoshi Nakamoto pada tahun 2008 dalam bidang *cryptocurrency* (Nakamoto, 2008). Awalnya, *blockchain* dirancang hanya untuk menghindari *double spending*. Namun, kini *blockchain* telah banyak diimplementasikan dalam berbagai hal, diantaranya identitas digital, pemungutan suara digital, atau notaris terdesentralisasi.

Blockchain digambarkan sebagai basis data yang terdesentralisasi, dengan adanya kepercayaan antar peserta (Morkunas et al., 2019). Aset digital (seperti unit

kredit, obligasi, kepemilikan, atau hak fundamental) dikelola sebagai daftar blok berisi transaksi yang berurutan. Setiap blok dalam *blockchain* akan terhubung dengan blok sebelumnya melalui *hash* (Parung, 2019).

Hal tersebut membuat blockchain aman dari serangan peretas. Perbedaan mendasar dengan database saat ini adalah penghilangan elemen pusat; akibatnya data didistribusikan dan didesentralisasi. Ini berarti bahwa tidak ada unit kontrol pusat yang dapat memeriksa keakuratan informasi.

3.2.1. Konsep Dasar Blockchain

Secara historis, dalam hal transaksi uang atau apa pun yang bernilai, orang dan bisnis sangat bergantung pada perantara seperti bank dan pemerintah untuk memastikan kepercayaan dan kepastian. Perantara melakukan berbagai tugas penting yang membantu membangun kepercayaan ke dalam proses transaksional seperti otentikasi dan penyimpanan catatan. Kebutuhan terhadap perantara sangat penting saat melakukan transaksi digital, karena aset digital seperti uang, saham dan kekayaan intelektual, pada dasarnya adalah file, mereka sangat mudah untuk direproduksi. Ini menciptakan apa yang dikenal sebagai masalah pembelanjaan ganda (tindakan membelanjakan unit nilai yang sama lebih dari sekali) yang sampai sekarang telah mencegah transfer aset *digital peer to peer*.

Teknologi *blockchain* merupakan solusi untuk melakukan transaksi digital tanpa perantara pihak ketiga.

Untuk memahami cara kerja *blockchain*, diberikan ilustrasi sebagai berikut:

Bayangkan spreadsheet yang digandakan ribuan kali di seluruh jaringan komputer. Kemudian bayangkan bahwa jaringan ini dirancang untuk memperbarui spreadsheet ini secara teratur dan Anda memiliki pemahaman dasar tentang blockchain.

Cara tradisional berbagi dokumen dengan kolaborasi adalah mengirim dokumen Microsoft Word ke penerima lain dan meminta mereka untuk merevisinya. Masalah dengan skenario itu adalah kita harus menunggu hingga menerima salinan yang dikembalikan sebelum kita dapat melihat atau mengeditnya. Hal itu berarti dua pemilik tidak dapat mengotak-atik catatan yang sama sekaligus. Begitulah cara bank menjaga saldo dan transfer uang; mereka mengunci akses sebentar (atau mengurangi saldo) saat mereka melakukan transfer, lalu memperbarui sisi lain, lalu membuka kembali akses (atau memperbarui lagi). Selanjutnya dengan Google Documents (atau Google Spreadsheet), kedua belah pihak memiliki akses ke dokumen yang sama pada saat yang sama, dan versi tunggal dari dokumen tersebut selalu terlihat oleh keduanya. Ini seperti buku besar bersama, tetapi ini adalah dokumen bersama. Bagian terdistribusi ikut bermain ketika berbagi melibatkan sejumlah orang. Bayangkan berapa banyak dokumen hukum yang harus digunakan seperti itu. Permasalahan yang sering muncul adalah bagaimana meneruskan dokumennya satu sama lain, kehilangan

jejak versi atau hasil edit, dan tidak sinkron dengan versi lain. Blockchain hadir sebagai solusi.

Informasi yang disimpan di *blockchain* adalah basis data bersama dan terus direkonsiliasi. Basis data *blockchain* tidak disimpan di satu lokasi mana pun, artinya catatan yang disimpannya benar-benar bersifat publik dan mudah diverifikasi. Tidak ada versi terpusat dari informasi ini yang dapat dirusak oleh peretas. Informasi di-host oleh jutaan komputer secara bersamaan, datanya dapat diakses oleh siapa saja di internet. Blockchain mendapatkan begitu banyak perhatian karena:

- Tidak dimiliki oleh satu entitas, sehingga terdesentralisasi
- Data disimpan secara kriptografis di dalam jaringan
- *Blockchain* tidak dapat diubah, jadi tidak ada yang bisa mengutak-atik data yang ada di dalam *blockchain*
- *Blockchain* transparan sehingga seseorang dapat melacak data jika mereka mau

Tiga sifat utama Teknologi Blockchain adalah sebagai berikut:

- Desentralisasi
- Transparansi
- Kekekalan

3.2.2. Karakteristik *Blockchain*

Blockchain dapat dilihat sebagai database terdistribusi dengan beberapa karakteristik unggulan, antara lain (Perboli et al., 2018):

- Desentralisasi
Basis data didistribusikan dan salinan semua informasi dibagikan di antara para peserta. Mereka dapat memvalidasi informasi tanpa adanya otoritas terpusat. Jika suatu transaksi diubah, blok baru dibuat dan dirantai ke blok sebelumnya.
- Keamanan
Data besar antara node dari jaringan blockchain dicocokkan secara acak (Korpela, 2017). Pencocokan acak inilah yang membuat teknologi ini aman dari peretas, karena tidak ada bank informasi atau identitas para pihak dan data dapat diakses secara real-time. Riwayat transaksi dalam blockchain pun tidak dapat diubah atau dihapus (Weber I., 2016).
- Berbasis konsensus dan kepercayaan
Peserta dapat menyetujui konsensus mengenai kebenaran data dan memvalidasi transaksi. Mekanisme konsensus memungkinkan penghindaran kesalahan atau tindakan penipuan dalam basis data.
- Disegel secara kriptografis
Teknologi kriptografi (misal, *The Secure Hash Algorithm* SHA-256) diperlukan untuk tanda tangan

digital dan integritas data, menghindari manipulasi satu blok setelah transaksi telah divalidasi dan direkam.

- Anonimitas

Setiap pengguna dalam jaringan *blockchain* dapat berinteraksi satu sama lain menggunakan suatu alamat tertentu. Dalam hal ini, identitas sebenarnya dari setiap pengguna tidak ditampilkan pada interaksi tersebut.

Karakteristik ini membuat blockchain diterapkan di berbagai bidang dan khususnya di sektor publik, dengan fokus pada identifikasi biaya dan manfaat (Allessie et al., 2018).

Jenis *Blockchain*

Teknologi *blockchain* memiliki tiga jenis untuk diimplementasikan, dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Jenis *Blockchain*

Keterangan	Publik	Pribadi	Federasi/Konsorsium
Konsensus	Proof of work mahal	Proof of work murah	Proof of work murah
Mekanisme	Semua pengguna	Pengguna tertentu	Pemimpin
Identitas	Tidak diketahui	Pengguna diketahui	Pengguna diketahui
Efisiensi protocol	Rendah	Tinggi	Tinggi

Konsumsi energi	Tinggi	Rendah	Rendah
Kepemilikan	Publik	Tertentu	Semi-Publik
Perizinan	Tanpa izin	Perlu izin	Perlu izin

Dalam rantai pasok industri obat-obatan, makanan dan produk konsumsi lain, jenis blockchain yang digunakan ialah blockchain pribadi. Dimana setiap aktor dalam rantai pasok dapat berinteraksi dan melakukan transaksi secara real time monitoring. Menurut International Business Machines Corporation, jaringan blockchain pribadi memerlukan undangan dan harus divalidasi oleh starter jaringan. Ini menempatkan pembatasan pada siapa yang diizinkan untuk berpartisipasi dalam jaringan, dan hanya dalam transaksi tertentu. Peserta harus mendapatkan undangan atau izin untuk bergabung.

Tabel 3.2. Perbandingan Blockchain dengan Database

Atribut	Prasyarat	Database Tradisional	Blockchain	
			Tanpa izin	Izin
Kepercayaan	Akuntabilitas	Tinggi	Tinggi	Tinggi
	Kekebalan	Medium	Tinggi	Tinggi
	Transaksi P2P	Rendah	Tinggi	Tinggi
Konteks	Pelacakan	Rendah	Tinggi	Tinggi
	Verifikasi	Rendah	Tinggi	Tinggi
	Transparansi	Rendah	Tinggi	Tinggi
	Keamanan	Rendah	Tinggi	Tinggi
Performansi	Latensi	Tinggi	Rendah	Medium
	Biaya pemeliharaan	Rendah	Tinggi	Tinggi
	Skalabilitas	Tinggi	Rendah	Medium

Tradisional (Casino et al., 2019)

3.2.3. Kelebihan Blockchain

Teknologi blockchain menjadi unggulan dibandingkan database tradisional. Beberapa keunggulan tersebut antara lain:

Berdasarkan Tabel 2, teknologi blockchain memberikan hasil yang powerfull dibandingkan dengan database tradisional yang rawan dimanipulasi dan susah dilacak. Penggunaan blockchain memberikan berbagai manfaat dalam rantai pasok, diantaranya: (Chang et al., 2019)

- 1) Mempermudah pelacakan

Kerangka kerja yang diusulkan mendorong peserta untuk memiliki smart contract sendiri. Smart contract dapat berkomunikasi dengan kontrak lain secara langsung untuk mengakses informasi atau bahkan mengaktifkan notifikasi secara otomatis.

- 2) Penyimpanan data lebih rapi

Untuk mencegah pemborosan kapasitas penyimpanan dan biaya tambahan untuk biaya transaksi, hanya data penting seperti logistik dan pembayaran yang relevan saja yang dicatat di blockchain. Kerangka yang diusulkan berfokus melacak perubahan status pengiriman, memeriksa pembayaran, dan waktu perekaman.

- 3) Privasi

Blockchain pribadi menguntungkan perusahaan untuk mengelola identitas tiap anggota melalui

mekanisme izin sehingga memiliki akses yang lebih baik.

4) Pengurangan biaya

Pertanyaan umum tentang status pelacakan lebih mudah diakses dan pengurangan biaya dapat dilakukan.

5) Kepercayaan

Potensi blockchain untuk menciptakan kepercayaan dalam rantai pasokan (Paliwal, 2020), dimana kurangnya kepercayaan merupakan penghalang signifikan untuk kolaborasi. Kepercayaan antar pihak rantai pasok diidentifikasi sebagai keuntungan paling signifikan dari blockchain. Blockchain bisa mengganti beban pembuktian yang dibutuhkan pengguna saat bertukar informasi, dan memberikan efisiensi yang tinggi.

6) Identitas Digital

Jaringan blockchain dapat menyimpan berbagai macam informasi penting dan menyediakan identitas digital. Jaringan pertukaran dokumen yang tidak dapat diubah mulai muncul dalam perdagangan global. Karenanya, identitas digital akan bekerja sebagai konstruksi utama bagi para pemangku kepentingan dalam rantai pasokan.

7) Kolaborasi Tanpa Perantara

Kolaborasi tanpa perantara mempercepat waktu siklus dan meningkatkan efisiensi operasional dengan meningkatkan koordinasi internal dan kinerja pemasok.

8) Anti-Pemalsuan

Blockchain dapat menghilangkan masalah penipuan, karena catatan hanya dapat diperbarui melalui *smart contract*. *Blockchain* dijamin sebagai solusi yang menghadirkan pelacakan terpadu dan dapat mencegah pemalsuan.

Dengan segala manfaatnya, blockchain dapat menghadirkan manajemen rantai pasok yang lebih efisien. Namun, ada juga beberapa tantangan yang harus dipertimbangkan. Pertama dan terpenting, infrastruktur pendukung yaitu alat, mesin, dan pengaktifan teknologi yang dibutuhkan untuk menjalankan blockchain, harus tersedia sesuai kebutuhan para pihak. Misalnya, jika tujuan penggunaan blockchain adalah untuk bahan baku melalui rantai pasokan, maka platform yang dapat mengidentifikasi arus masuk dan keluar bahan baku harus tersedia dan diimplementasikan.

3.2.4. Aplikasi *Blockchain* dalam Rantai Pasok

Blockchain merupakan teknologi terbaru yang dapat digunakan untuk mendukung rantai pasok barang, dan itu penting untuk menentukan apakah teknologi ini lebih efektif daripada beberapa pendahulunya. Kurang adanya perhatian akademis pada kemunculan blockchain

terkait rantai pasok, bahkan dalam literatur terbaru (Büyüközkan & Göçer, 2018).

Dalam jangka pendek, tujuan operasional blockchain dalam rantai pasok adalah untuk meningkatkan produktivitas, serta mengurangi persediaan dan waktu pelacakan. Tujuan jangka panjang lebih difokuskan pada peningkatan dan inovasi dalam proses *end-to-end* antara perusahaan (Rai, A., 2006; Yao, Y., 2007).

Smart contract adalah bagian dari kode perangkat lunak yang berisi instruksi untuk melaksanakan perjanjian diantara para pemangku kepentingan. Sistem secara otomatis memproses pesanan pemilihan pemasok. *Smart contract* dapat digunakan secara efektif untuk membuat modalitas sinkronisasi dalam logistik, dan memfasilitasi layanan yang sangat efisien, andal, fleksibel, dan berkelanjutan (Giusti, 2019). Dengan smart contract, kewajiban pemangku kepentingan dapat didefinisikan dengan jelas dan transparan.

3.2.5. Pengaruh Blockchain

Penggunaan blockchain dalam rantai pasok mempengaruhi beberapa aspek antara lain (Paliwal, 2020):

1) Lingkungan Hidup

Pada tahun 2017, untuk mengelola operasinya, *blockchain* mengonsumsi lebih banyak daya listrik (Blinder, 2018). *Blockchain* dinilai lebih ramah

lingkungan di masa depan, pencatatan secara digital mengurangi penggunaan dokumen fisik yang sering kali menjadi limbah. Teknologi *blockchain* dapat membantu mengontrol pembuangan limbah dan memprioritaskan pelestarian lingkungan.

2) Tujuan Pembangunan Berkelanjutan

Blockchain adalah teknologi yang memungkinkan adanya "Ketertelusuran untuk Keberlanjutan" (Torres, 2019). Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB) telah mengakui pentingnya rantai pasokan untuk pemenuhan beberapa *Sustainable Development Goals* (SDGs), termasuk pertumbuhan yang inklusif dan berkelanjutan, infrastruktur berkelanjutan, industrialisasi, dan konsumsi berkelanjutan.

3.2.6. Peran Penting Blockchain

Penerapan blockchain dalam dunia industri memiliki dampak signifikan sebagai berikut: (Paliwal, 2020)

1) Transformasi digital

Dengan menggunakan teknologi seperti AI dan *blockchain*, sebuah perusahaan dapat mengubah struktur biayanya dengan mengoptimalkan aliran logistik dan mengurangi lamanya pasokan. Beberapa survei profesional rantai pasok yang dilakukan dalam jangka waktu 10 tahun menemukan bahwa sepertiga dari para responden percaya pada potensi *blockchain* untuk menciptakan keunggulan kompetitif. *Blockchain* memfasilitasi kolaborasi

antar bisnis, dengan demikian memperkuat dan memperluas rantai pasokan (Morkunas et al., 2019). Teknologi *blockchain* menciptakan rantai pengawasan yang aman dan transparan untuk semua anggota rantai pasokan (Hughes, 2019).

2) Industri 4.0

Mekanisme kolaborasi sistem informasi dan Supply Chain Management (SCM) akan terpengaruh dengan teknologi *blockchain* (Yuan, 2019). Hal ini diharapkan dapat mengoptimalkan manajemen proses transaksi, sistem konsensus, dan akuntansi.

Data pencarian Google dari tahun 2010 hingga 2018 menunjukkan tren Industri 4.0 (Schniederjans, 2020). Industri 4.0 terdiri dari teknologi yang memfasilitasi konektivitas dan komunikasi antara berbagai perangkat.

Teknologi *blockchain* adalah bagian dari Industri 4.0 yang memastikan keterlacakan, transparansi, kepercayaan, pencegahan manipulasi data, dan integritas data. Manfaat mendasar ini diperoleh dari rantai pasokan berbasis *blockchain* (Zhao, 2019). *Blockchain* mengamankan transaksi dan meningkatkan efisiensi dan transparansi rantai pasokan. *Blockchain* membagikan semua data kepada semua pengguna, dengan demikian mencegah setiap perselisihan.

Ada sinergi antara manajemen informasi dan SCM untuk merancang rantai pasokan modern. Di Industri 4.0,

blockchain dapat beroperasi sebagai buku besar dan menyediakan transaksi keuangan yang cepat dan tanpa penipuan antara pemasok, industri, dan pelanggan (Ghobakhloo, 2018).

3.3. Internet of Things

Internet of Things (IoT) telah menjadi topik hangat di dunia yang didorong oleh perkembangan teknologi saat ini. Kerangka kerja komputasi *Cloud* yang kuat, didukung oleh perpaduan sempurna antara sensor dan aktuator dengan lingkungan di sekitar kita, membuat "jejaring antar objek otonom" ini menjadi kenyataan (Wortmann & Flüchter, 2015).

IoT telah dimanfaatkan pada kehidupan rumah tangga hingga industri sampai ke kota cerdas. Aplikasi pada kota cerdas dalam bentuk solusi keamanan pintar, otomatisasi rumah pintar, transportasi kota atau jaringan listrik pintar dan perawatan kesehatan pintar adalah sebagian dari aplikasi IoT yang sedang tren.

IoT bisa membuat dunia menjadi lebih cerdas dan juga lebih responsif dengan cara menggabungkan teknologi digital dan juga perangkat fisik atau *device*. Dewasa ini, dengan adanya komputer yang memiliki harga relatif terjangkau dan jaringan nirkabel atau *wireless* di mana-mana, akan memungkinkan untuk mengubah hal apapun dari mulai hal yang sekecil seperti pil obat atau sesuatu yang terlihat besar seperti pesawat terbang menjadi bagian dari IoT.

Secara sederhana, Internet of Things dapat didefinisikan sebagai suatu deskripsi dari jaringan fisik (*device*) atau "*things*" yang dipasang dengan menggunakan sensor, *software* dan juga teknologi lain dengan tujuan agar bisa terhubung dan bertukar data antar divisi dan sistem lain yang menggunakan internet. "*Things*" ini bisa berbentuk peralatan rumah tangga yang dapat kita jumpai sehari-hari, sampai peralatan industri yang canggih. IoT mampu menghubungkan seluruh *device* yang berbeda dengan cara menambahkan sensor dan kecerdasan digital, sehingga akan memungkinkan pengguna untuk melakukan komunikasi secara *real-time* tanpa harus melibatkan campur tangan manusia.

IoT terdiri dari perangkat pintar berkemampuan web yang menggunakan sistem tertanam, seperti prosesor, sensor, dan perangkat keras komunikasi, untuk mengumpulkan, mengirim, dan bertindak berdasarkan data yang mereka peroleh dari lingkungan mereka. Perangkat IoT berbagi data sensor yang mereka kumpulkan dengan menghubungkan ke gateway IoT atau perangkat edge lainnya tempat data dikirim ke cloud untuk dianalisis atau dianalisis secara lokal. Terkadang, perangkat ini berkomunikasi dengan perangkat terkait lainnya dan bertindak berdasarkan informasi yang mereka dapatkan dari satu sama lain. Perangkat melakukan sebagian besar pekerjaan tanpa campur tangan manusia, meskipun orang dapat berinteraksi dengan perangkat -- misalnya, untuk mengaturnya, memberi mereka instruksi, atau mengakses data.

Dalam kurun waktu beberapa tahun terakhir, IoT sudah menjadi salah satu teknologi yang paling penting di abad ke-21. Saat ini kita bisa menghubungkan berbagai barang sehari-hari, seperti peralatan dapur ataupun kendaraan ke internet dengan memasang *device*. Komunikasi tanpa batas bisa dilakukan pada setiap orang, proses, dan juga benda. Dengan adanya komputasi berbiaya rendah, *cloud*, *big data*, *analytic*, dan teknologi seluler, maka semua *device* bisa berbagi dan juga mengumpulkan data. Sebagai pengguna, manusia hanya akan terlibat sedikit mungkin dalam proses pelaksanaannya. Di dunia yang sudah saling terhubung seperti saat ini, sistem digital mampu memantau, merekam, memonitoring, dan juga menyesuaikan seluruh interaksi antar berbagai hal yang terhubung. Dunia fisik bisa bertemu dan bekerjasama dengan sistem dunia digital.

Penggunaan IoT sudah semakin luas, dan perusahaan bisa menggunakan IoT untuk mendukung perkembangan bisnisnya. Di bawah ini beberapa manfaat yang bisa didapatkan oleh perusahaan jika menggunakan IoT:

- Memperoleh insight berbasis data dari data IoT agar bisa membantu mengelola bisnis secara baik.
- Meningkatkan produktivitas dan juga efisiensi operasi bisnis
- Membuat model bisnis dan juga pemasukan baru

- Menghubungkan dunia bisnis fisik ke dunia digital secara mudah agar mampu mengkonversi *waktu* secara cepat menjadi nilai yang berharga.

Industrial Internet of Things (IIoT)

Industrial Internet of Things atau IIoT adalah penerapan dari teknologi Internet of Things dalam suatu proses industri, khususnya yang berhubungan dengan instrumentasi dan juga kontrol sensor serta perangkat yang memanfaatkan teknologi *Cloud*. Perkembangan terakhir, sudah banyak industri yang memanfaatkan *machine-to-machine* atau M2M agar bisa mencapai otomatisasi dan juga kontrol pada jaringan nirkabel. Namun dengan kehadiran *cloud* dan juga teknologi yang terkait di dalamnya, seperti analitik dan juga *Artificial Intelligence (AI)*, maka suatu industri akan mampu mencapai proses otomatisasi baru yang mampu menghasilkan suatu pendapatan dan juga model bisnis yang baru. IIoT terkadang disebut juga sebagai gelombang keempat yang terdapat dalam revolusi industri atau industri 4.0. Beberapa fungsi umum dari IIoT adalah sebagai *smart manufacturing*, asset management, *smart power grids*, *smart cities*, *connected logistics*, dan juga sebagai *smart digital supply chains*.

Di bawah ini dapat diketahui beberapa industri yang sangat potensial dan sesuai menggunakan IoT. Perusahaan tersebut adalah perusahaan yang menerapkan *device* sensor di dalam proses bisnisnya.

1) Manufaktur

Produsen dapat memperoleh keunggulan kompetitif dengan menggunakan pemantauan lini produksi untuk memungkinkan pemeliharaan proaktif pada peralatan saat sensor mendeteksi kegagalan yang akan datang. Sensor benar-benar dapat mengukur ketika output produksi terganggu. Dengan bantuan peringatan sensor, produsen dapat dengan cepat memeriksa keakuratan peralatan atau menghapusnya dari produksi hingga diperbaiki. Hal ini memungkinkan perusahaan untuk mengurangi biaya operasi, mendapatkan waktu kerja yang lebih baik, dan meningkatkan manajemen kinerja aset.

Industri otomotif dapat memperoleh keuntungan signifikan dari penggunaan aplikasi IoT. Selain manfaat penerapan IoT ke lini produksi, sensor dapat mendeteksi kegagalan peralatan yang akan datang pada kendaraan yang sudah ada di jalan dan dapat memperingatkan pengemudi dengan detail dan rekomendasi. Berkat informasi agregat yang dikumpulkan oleh aplikasi berbasis IoT, produsen dan pemasok otomotif dapat mempelajari lebih lanjut tentang cara menjaga mobil tetap berjalan dan pemilik mobil mendapat informasi.

2) Transportasi dan Logistik

Sistem transportasi dan logistik mendapat manfaat dari berbagai aplikasi IoT. Armada mobil, truk, kapal, dan kereta api yang membawa persediaan dapat dialihkan berdasarkan kondisi cuaca, ketersediaan kendaraan, atau ketersediaan pengemudi, berkat

data sensor IoT. Persediaan itu sendiri dapat dilengkapi dengan sensor untuk melacak dan melakukan pemantauan kontrol suhu. Industri makanan dan minuman, bunga, dan farmasi umumnya merupakan produk yang peka terhadap suhu, sehingga akan sangat diuntungkan dengan aplikasi pemantauan IoT yang mengirimkan peringatan saat suhu naik atau turun ke tingkat yang mengancam produk.

3) Pengecer

Aplikasi IoT memungkinkan perusahaan ritel untuk mengelola inventori, meningkatkan pengalaman pelanggan, mengoptimalkan rantai pasokan, dan mengurangi biaya operasional. Misalnya, pada ritel diberi rak pintar yang dilengkapi dengan sensor berat dapat mengumpulkan informasi berbasis RFID dan mengirim data ke platform IoT untuk secara otomatis memantau inventori dan memberi peringatan jika barang hampir habis.

4) Sektor publik

Manfaat IoT di sektor publik dan lingkungan terkait layanan lainnya juga sangat luas. Misalnya, utilitas milik pemerintah dapat menggunakan aplikasi berbasis IoT untuk memberi tahu penggunaanya tentang pemadaman listrik massal dan bahkan gangguan kecil pada layanan air, atau saluran pembuangan. Aplikasi IoT dapat mengumpulkan data mengenai ruang lingkup pemadaman dan menyebarkan sumber daya untuk membantu

pemulihan dari pemadaman dengan kecepatan yang lebih tinggi.

5) Kesehatan

IoT dapat memberikan banyak manfaat bagi pemantauan aset industri perawatan kesehatan. Dokter, dan perawat seringkali perlu mengetahui lokasi pasti aset bantuan pasien seperti kursi roda. Ketika kursi roda rumah sakit dilengkapi dengan sensor IoT, mereka dapat dilacak dari aplikasi pemantauan aset IoT sehingga siapa pun yang mencarinya dapat dengan cepat menemukan kursi roda terdekat yang tersedia. Banyak aset rumah sakit dapat dilacak dengan cara ini untuk memastikan penggunaan yang tepat.

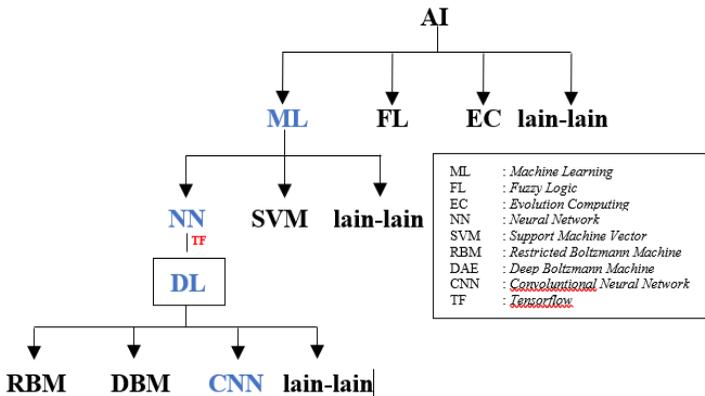
6) Keamanan Umum Di Semua Industri

Selain melacak aset fisik, IoT dapat digunakan untuk meningkatkan keselamatan pekerja. Karyawan di lingkungan berbahaya seperti pertambangan, ladang minyak dan gas, serta pembangkit listrik dan kimia, misalnya, perlu mengetahui tentang terjadinya peristiwa berbahaya yang mungkin memengaruhi mereka. Ketika mereka terhubung ke aplikasi berbasis sensor IoT, mereka dapat diberi tahu tentang kecelakaan dan/atau dilakukan penyelamatan secepat mungkin. Aplikasi IoT juga digunakan untuk perangkat wearable yang dapat memantau kesehatan manusia dan kondisi lingkungan. Jenis aplikasi ini tidak hanya membantu orang lebih memahami kesehatan mereka sendiri,

tetapi juga memungkinkan dokter memantau pasien dari jarak jauh.

3.4. Artificial Intelligence

Artificial Intelligence (AI) merupakan bagian dari Ilmu Komputer yang melakukan simulasi proses sebagai perilaku cerdas pada manusia (Goyache et al., 2001). AI mencoba mengkloning perilaku manusia yakni menerjemahkan pengetahuan ke dalam sistem yang disimpan di komputer. Canggihnya teknologi ditambah kemampuan komputasi menghasilkan algoritma yang dapat diimplementasikan dengan mudah. Diagram atau kerangka dari Artificial Intelligence dapat dilihat pada Gambar 3.16



Gambar 3.16. Diagram Artificial Intelligence (Sihono, 2018)

Mekanisme kontrol akses dapat bervariasi: peserta yang ada dapat memutuskan peserta berikutnya; otoritas regulasi dapat mengeluarkan lisensi untuk partisipasi;

atau konsorsium bisa membuat keputusan sebagai gantinya. Setelah suatu entitas bergabung dengan jaringan, entitas akan memainkan peran dalam mempertahankan blockchain secara desentralisasi.

Untuk menerapkan artificial intelligent, terdapat tiga metode yang dapat digunakan yaitu Fuzzy Logic, Evolutionary Computing, hingga Machine Learning yang banyak dikenal dan akan digunakan dalam penelitian ini.

3.5. Deep Learning

Deep learning adalah cabang ilmu dari *machine learning* berbasis jaringan saraf tiruan (JST). Perbedaan dengan JST adalah banyaknya *hidden layer* pada *deep learning* yang di modelkan sedemikian rupa hingga mampu memberikan output yang lebih akurat (Azizah et al., 2018). *Deep learning* menemukan struktur yang rumit dalam kumpulan data yang besar menggunakan algoritma *back propagation* untuk menunjukkan bagaimana sebuah mesin mengubah parameter internal untuk menghitung representasi pada setiap lapisan (Cun et al., 2015).

Salah satu algoritma *deep learning* yang umum digunakan ini adalah *Convolutional Neural Network (CNN)* yang dapat memproses data berupa gambar. CNN diklaim sebagai algoritma terbaik dan paling banyak digunakan untuk mendeteksi obyek dari data citra digital (Mathworks., 2017).

BAB 4 STUDI KASUS

4.1. Latar Belakang Kasus

PT. Sinar Surya Alam, Tuban merupakan salah satu industri yang bergerak dalam bidang usaha ekspor berupa produk ikan pelagis beku, kerang beku, udang beku, cephalopoda beku, dan ikan demersal beku. Ikan tangkapan diperoleh dari 45 supplier dan diproses melalui beberapa tahapan diantaranya: pencucian I, sortasi, penimbangan, pencucian II, penyusunan, pembekuan, glazing, metal detecting, pengemasan labeling, penyimpanan, dan *stuffing*. Negara importir yang bekerja sama dengan PT. Sinar Surya Alam (PT SAA) adalah Singapura dan China. Permasalahan yang dihadapi adalah produk ikan yang dikirim PT SAA seringkali mengalami penolakan di negara importir karena alasan produk ikan sudah rusak. PT SAA sulit untuk mengetahui kapan dan dimana produk ikan mengalami kerusakan atau cacat, sehingga menimbulkan ketidaknyamanan semua stakeholder dalam bisnis ini. Kadang timbul dugaan bahkan kecurigaan, bahwa salahsatu pihak tidak transparan menyampaikan kapan dan dimana ikan rusak. PT SAA berharap menemukan suatu metode yang memudahkan perusahaan mendeteksi kerusakan lebih awal secara transparan yang diketahui semua pihak terkait.

Penelitian dilakukan untuk membuat perancangan sistem *blockchain* rantai pasok perikanan yang diintegrasikan dengan IoT dan penggunaan *Artificial*

Intelligence untuk menyelesaikan berbagai permasalahan tersebut.

4.2. Metodologi

Pengumpulan data dilakukan dengan cara wawancara dan pengamatan langsung ke PT. Sinar Surya Alam. Wawancara dilakukan kepada pemilik dan kepala produksi untuk mengetahui permasalahan yang terjadi selama proses produksi dan *tracking* produk. Alur rantai pasok juga diteliti untuk mengetahui berbagai data yang diperlukan dalam pelacakan produk saat menggunakan teknologi *blockchain*. Pengamatan langsung dilakukan untuk mengetahui proses produksi yang berlangsung di PT. Sinar Surya Alam. Data yang diperlukan dalam penelitian antara lain:

- Data Proses Produksi
- Dokumentasi foto ikan bawal putih segar dan rusak
- Data kode *tracking* produk ikan

Setelah data terkait rantai pasok dikumpulkan, maka dilakukan pengolahan dan analisis data. Langkah-langkah pengolahan dan analisis data menggunakan IoT, *blockchain* dan AI sebagai berikut:

- Mendisain IoT pada proses produksi
- Membuat model rantai pasok yang ada di industri perikanan.
- Merancang desain rantai pasok PT. Sinar Surya Alam dengan menggunakan *blockchain*.

- Mengumpulkan dataset yang digunakan untuk *Artificial Intelligence* berupa 130 gambar ikan segar dan rusak. Proses analisis dalam penelitian ini menggunakan Python, Tensorflow dan openCV. Metode yang digunakan adalah *Convolutional Neural Network* untuk mendeteksi serta mengenali objek sebuah gambar dan *Backpropagation* untuk menyesuaikan kembali tiap weight dan bias berdasarkan *error* yang didapat pada saat *forward pass*.

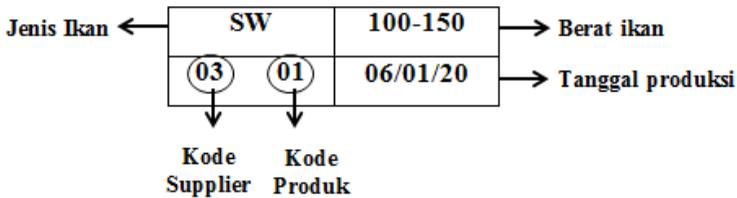
4.3. Proses pelaksanaan Disain

4.3.1. Disain Penggunaan IoT

IoT dilaksanakan mengikuti Proses Produksi. Proses produksi seperti pada Gambar 4.2. Ikan tangkapan yang dikirim oleh supplier akan ditampung dalam bak plastik besar di proses penerimaan. Berikutnya, ikan hasil tangkapan akan melalui proses sortir terlebih dahulu. Proses ini untuk memilah ikan dengan kondisi segar dan rusak. Setelah itu, ikan akan ditimbang dan dipilah berdasarkan beratnya. Ikan tersebut akan ditempatkan pada sebuah bak plastik yang telah diberi label berdasarkan kode supplier, jenis ikan, dan berat ikan.

Ikan yang telah terkumpul akan dicuci, disusun, dibekukan, dan di-*glazing*. Selanjutnya, produk ikan akan melalui alat *metal detector*. Apabila produk ikan telah memenuhi standar, maka produk tersebut akan dikemas dalam kardus dan diberi label.

Setiap produk olahan memiliki label berisi kode *tracking* yang di stempel pada setiap kardus pengiriman. Kode *tracking* dapat dilihat pada Gambar 4.1 beserta penjelasannya.

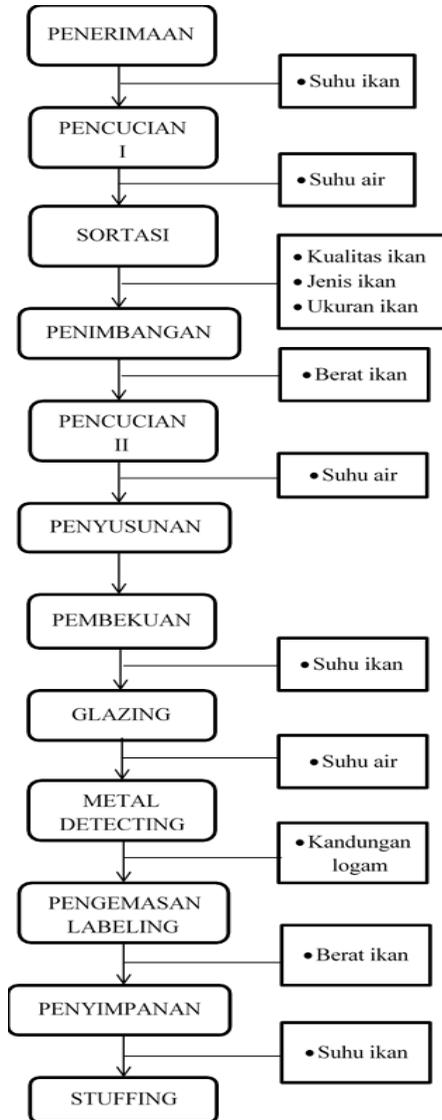


Gambar 4.1. Kode *Tracking* di PT. SSA

Pelacakan di PT. SSA mengandalkan kode *tracking* yang tertera pada setiap kardus produk ikan. Apabila terdapat penolakan produk ikan saat diekspor, maka PT. SSA dapat mengetahui data produk ikan tersebut pada label kemasan. Namun, terdapat beberapa kelemahan dari sistem pelacakan di PT. SSA yang menyebabkan proses pelacakan menjadi tidak efisien. Beberapa kelemahan di PT. SSA antara lain:

- Penyebab utama kerusakan produk ikan tidak dapat diketahui. Faktor kerusakan produk ikan bisa terjadi karena waktu bongkar muat terlalu lama sehingga suhu ikan meningkat, alat pendingin dalam *storage* mengalami kerusakan, terjadinya kelalaian (*human error*) saat proses sortir, dan sebagainya.
- Tidak adanya transparansi antar pihak rantai pasok. Hal ini memungkinkan terjadinya manipulasi data dan tindakan penipuan lainnya.

- Proses *tracking* yang kurang efisien. Kode *tracking* yang digunakan di PT. SSA belum menerapkan *real-time monitoring*. Sehingga produk hanya bisa dilacak berdasarkan tanggal produksi saja.



Gambar 4.2. Proses Produksi

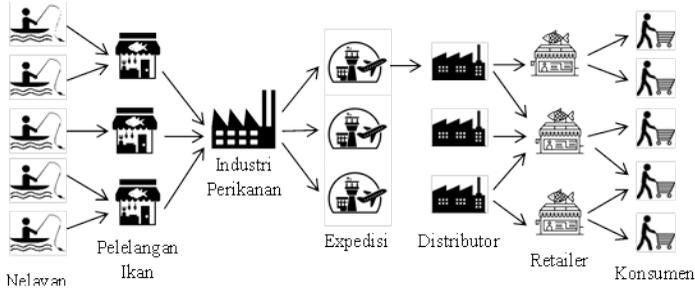
Pada Proses Produksi sesuai Gambar 4.2, pengukuran suhu ikan, pengukuran ukuran panjang-lebar ikan, pengukuran kandungan logam dan deteksi kualitas ikan semuanya dilakukan secara manual menggunakan alat pengukur suhu (thermometer), meteran/mistar penggaris dan spektrofotometer. Pengukuran secara manual kadang tidak akurat dan sangat tergantung kepada operator. Untuk meningkatkan keakuratan dan mempercepat proses dan tidak tergantung kepada operator maka dapat digunakan IoT dengan bantuan sensor. Pada proses ini sensor suhu digunakan untuk melacak dan melakukan pemantauan kontrol suhu. Aplikasi pemantauan IoT yang mengirimkan peringatan saat suhu naik atau turun ke tingkat yang mengancam produk dalam proses. Sensor infrared digunakan untuk mengukur panjang dan lebar ikan, sehingga kalau ada ikan yang tidak memenuhi standar, maka aplikasi IoT akan memberi peringatan. Kualitas ikan dan kandungan logam dapat dideteksi menggunakan AI. Bagaimana proses menggunakan AI akan dibahas pada bagian yang lain.

4.3.2. Disain Penggunaan Blockchain

Rantai Pasok Perikanan

Proses perancangan rantai pasok perikanan dilakukan dengan mengidentifikasi alur bahan baku ikan dari penangkapan hingga dikirim ke distributor. Model

rantai pasok industri perikanan dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3. Rantai Pasok Perikanan

Sebagian besar pelaku dalam rantai pasokan perikanan saat ini menggunakan kertas dan telpon untuk komunikasi atau sistem komputer yang hampir tidak berinteraksi satu sama lain, yang mengakibatkan kurangnya ketertelusuran dan transparansi (Bryan Horsu et al., 2019). Teknologi *blockchain* yakni sistem basis data digital terdesentralisasi, terdistribusi, tidak dapat diubah, yang menyimpan banyak transaksi yang dibagikan antar pihak dapat meningkatkan keterlacakan dan transparansi.

Transaksi yang terjadi di *blockchain* akan diverifikasi berdasarkan kesepakatan di antara para pihak. Saat informasi terkait dengan transaksi yang diselesaikan masuk ke dalam sistem, data tersebut tidak dapat dibantah atau diubah, karena setiap transaksi memegang catatan khusus yang dapat diverifikasi (Crosby et al., 2016). *Blockchain* dikombinasikan dengan teknologi lain misalnya sensor, tag, kode QR, dan *big data*

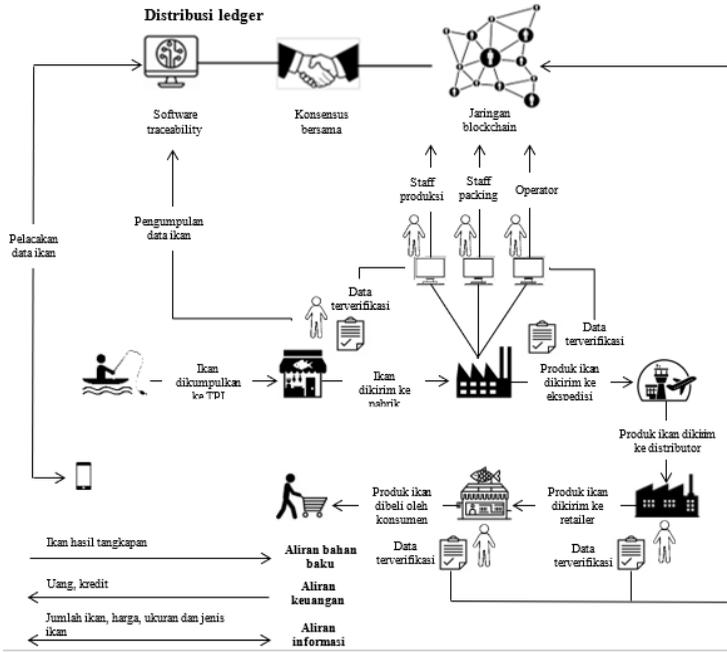
dapat berpotensi meningkatkan keterlacakan dan transparansi. Hal itu dapat memberikan wawasan tentang parameter sosial dan lingkungan seperti tempat asal, kondisi transportasi (misalnya waktu, suhu dan kelembaban), sertifikasi dan perusahaan yang terlibat di sepanjang rantai pasokan. *Blockchain* memiliki aplikasi yang lebih luas dan berpotensi meningkatkan efisiensi transaksi bisnis, dan dapat mengembangkan model bisnis yang inklusif, mempercepat proses administrasi, logistik, dan memfasilitasi pertukaran nilai tanpa harus bergantung pada lembaga pihak ketiga, misal dana investasi (Westerkamp, 2018). Selain itu, keterlacakan dan transparansi sangat penting untuk menjamin keamanan pangan dan mencegah penipuan.

Keterlacakan barang olahan saat ini kurang efisien dan membutuhkan transformasi dalam proses produksi. Selain itu, standar ISO 9001:2015 dan peningkatan kesadaran konsumen terhadap masalah keberlanjutan merupakan tuntutan yang menantang untuk sistem manajemen rantai pasokan tradisional (Westerkamp, 2018).

Rantai Pasok Perikanan dengan *Blockchain*

Dalam rantai pasok perikanan, beberapa pihak turut terlibat dan bekerja sama menyalurkan bahan baku, informasi, dan keuangan. Pihak-pihak ini akan memiliki akses untuk menginput, menambah, dan memverifikasi setiap *nodes* yang tercetak. Apabila konsensus menyetujui hasil transaksi, maka data ini akan

berubah menjadi sebuah *block*. Kumpulan *block* yang tersimpan akan disatukan menjadi *blockchain*. Alur kerja *blockchain* dalam rantai pasok perikanan dapat dilihat pada Gambar 4.4 (Larissa, 2021)

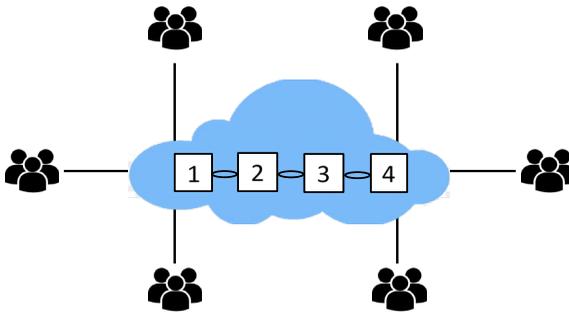


Gambar 4.4. Rantai Pasok Perikanan dengan *Blockchain*

Penggunaan basis data desentralisasi dalam rantai pasok membuat integritas data menjadi lebih terbuka dan terpercaya. Solusi penggunaan teknologi *blockchain* diharapkan mampu mempermudah pelacakan produk ikan dengan adanya *real-time monitoring* dan otomatisasi transaksi melalui *smart contract*.

Penentuan Aktor dalam Sistem *Blockchain*

Sistem *blockchain* dalam rantai pasok melibatkan beberapa aktor yang saling bertukar informasi dan data dalam sebuah konsensus (Gambar 4.5). Jaringan terdesentralisasi yang terbentuk membuat pelacakan produk ikan lebih mudah dilakukan.



Gambar 4.5. Sistem *Blockchain* dalam Rantai Pasok

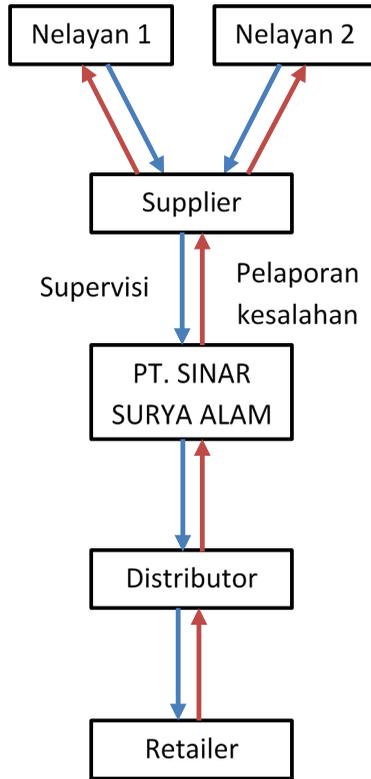
Pada bagian ini akan dilakukan penentuan terhadap aktor yang terlibat di dalam jaringan. Penentuan aktor ini didasarkan dari pihak-pihak yang terlibat dalam arsitektur sistem. Berikut merupakan daftar aktor yang terlibat dalam jaringan:

Tabel 4.1. Daftar Aktor dalam *Blockchain*

No	Aktor
1	Nelayan
2	Supplier
3	PT. Sinar Surya Alam
4	Distributor
5	Retailer

Aktivitas Aktor dalam Sistem *Blockchain*

Setiap aktor yang terlibat dalam sistem *blockchain* memiliki peran dan tugas yang berbeda satu sama lain. *Blockchain* pribadi yang digunakan dalam tesis ini memungkinkan pihak PT. Sinar Surya Alam untuk memberikan kontrol akses kepada setiap aktor yang terlibat. Sedangkan, aktor lain akan memberikan inputan data dan melakukan verifikasi data terhadap setiap transaksi yang terjadi. Setiap aktor dapat saling mengawasi dan melaporkan adanya kesalahan data dalam proses transaksi. Diagram peran para aktor dalam sistem *blockchain* dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6. Diagram Peran Aktor

Berdasarkan peran para aktor, aktivitas yang dilakukan pun berbeda. Aktivitas ini antara lain menginput data, mengawasi data, memverifikasi data, dan sebagainya. Tabel 4.4 memberikan penjabaran dari aktivitas yang dilakukan oleh masing-masing aktor.

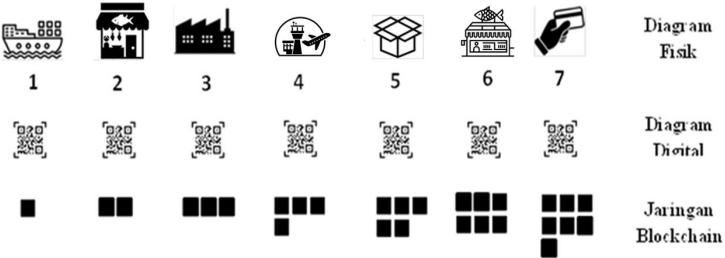
Tabel 4.2. Aktivitas Aktor dalam Sistem

No	Aktor	Aktivitas
1	Nelayan	Memasukkan data Membaca data Melaporkan kesalahan data
2	Supplier	Memasukkan data Membaca data Melaporkan kesalahan data
3	PT. Sinar Surya Alam	Mengatur akses kontrol Memasukkan data Membaca data Melaporkan kesalahan data
4	Distributor	Memasukkan data Membaca data Melaporkan kesalahan data
5	Retailer	Memasukkan data Membaca data Melaporkan kesalahan data

Pencatatan Data dengan *Blockchain*

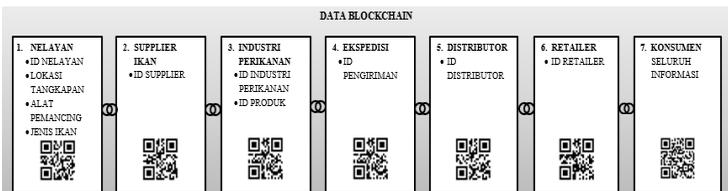
Input data diawali oleh para nelayan saat hendak menyetorkan hasil tangkapan ikan kepada supplier. Nelayan akan memasukan data berupa ID nelayan, lokasi tangkapan, alat pemancing, dan jenis ikan. Selanjutnya, data ini akan menjadi sebuah blok dan diteruskan dengan

inputan data dari pihak berikutnya. Gambar 4.7 menunjukkan proses pembentukan blok di setiap aktor.



Gambar 4.7. Alur Pembentukan Blok dalam *Blockchain*

Para pihak rantai pasokan akan menginputkan setiap data berdasarkan informasi yang mereka punya. Informasi ini akan terhubung didalam jaringan *blockchain* dan akan diverifikasi oleh pengguna lain. Setiap blok yang terbentuk akan terkunci satu sama lain dan membuat rantai blok (*blockchain*). Seluruh data tersebut ditampilkan pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8. Rincian Data dalam Jaringan *Blockchain*

Banyak industri kesulitan karena alur kerja tidak dapat menjamin efisiensi data maupun transparansi, dan rantai pasokan internasional akan mendapatkan keuntungan dari teknologi *blockchain*. Tampilan data

yang ditampilkan secara *real-time monitoring* memudahkan pelacakan produk ikan secara tepat dan cepat. Selain itu, pengiriman internasional memerlukan keamanan dalam mengirimkan file barang yang dikirim. Penerimaan dan pengiriman produk ikan yang terhubung dengan *blockchain* dan sensor terkait akan membuat sistem yang tidak dapat diubah, menawarkan ketertelusuran lengkap dan dilengkapi dengan *smart contract* untuk mengotomatiskan proses tersebut.

Adanya kombinasi dengan perangkat keras *crypto-enabled, blockchain* meningkatkan keamanan secara signifikan di semua tingkat rantai pasokan. Di sisi administratif, alur kerja manual dapat didigitalisasi dan data terkait tersedia di *blockchain*. Selain itu, tingkat keandalan dan keamanan di sepanjang rantai pasok meningkat dengan adanya pembatasan akses berdasarkan ID yang tertanam ke dalam dokumen. Hanya pihak berwenang misal supplier ikan yang berhak untuk membuka kunci krypto dan mendapatkan akses ke PT. Sinar Surya Alam. Setelah membuka kunci krypto, status pengiriman dapat diperiksa dan dengan menerima pengiriman maka sistem mengubah kepemilikan secara otomatis dan *smart contract* melakukan pembayaran.

Kemampuan pemantauan yang luas mengoptimalkan penggunaan sumber daya yang terbatas seperti energi dan waktu. Konsumen akan membeli produk yang diamankan dengan *tag crypto* seperti segel dan kode QR yang berisi perjalanan

transaksi produk ikan. Dengan begitu, konsumen dapat mengetahui asal usul dan rangkaian proses yang dilalui produk tersebut.

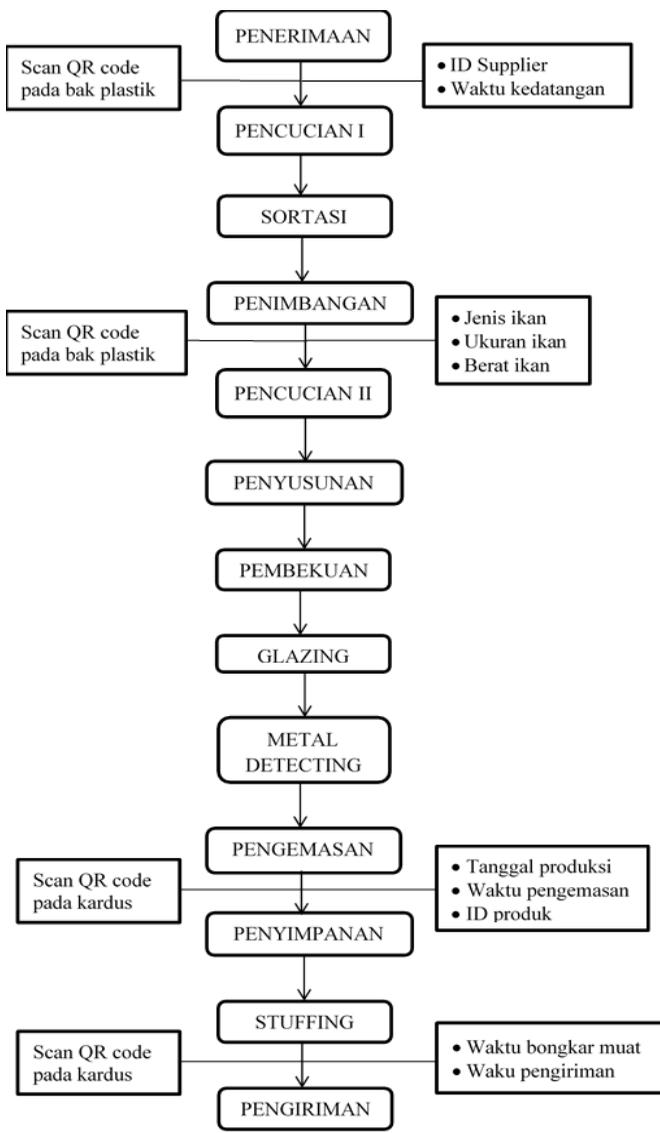
Penerapan Teknologi Blockchain di PT SSA

Teknologi *blockchain* dapat mencegah kebocoran informasi dengan mengizinkan para aktor seperti supplier, pabrik, dan distributor untuk memverifikasi transaksi dan memberlakukan kontrak tanpa mengungkapkan informasi kepada pihak ketiga. Penggunaan *blockchain* pada proses produksi di PT. SSA ditampilkan pada Gambar 4.9.

Ikan tangkapan yang dikirim oleh supplier ditampung dalam wadah drum plastik besar, lalu dipindahkan kedalam bak plastik yang terdapat di proses penerimaan. Ikan hasil tangkapan akan dipilah berdasarkan bentuk fisiknya yaitu segar dan rusak. Ikan rusak yang ditandai dengan adanya goresan atau sayatan pada badan ikan dapat mengontaminasi ikan segar. Oleh sebab itu, ikan rusak akan langsung dipindahkan ke dalam bak retur dan dikembalikan ke supplier.

Sebelum ikan segar masuk ke tahap selanjutnya, bagian ekor ikan akan diberi tag *QR code*. Tag ini melekat pada setiap unit ikan dan berfungsi untuk menyimpan seluruh informasi dan proses yang dilalui sebuah produk. Penggunaan *QR code* dapat mempercepat proses input data dan memudahkan pelacakan produk ikan.

Produk ikan yang dijual oleh *retailer* telah dikemas per satuan unit dan memiliki QR *code* yang berisi seluruh informasi perjalanan ikan. Dengan begitu, konsumen hanya perlu melakukan *scanning* dan membaca informasi yang tersimpan dalam QR *code*.

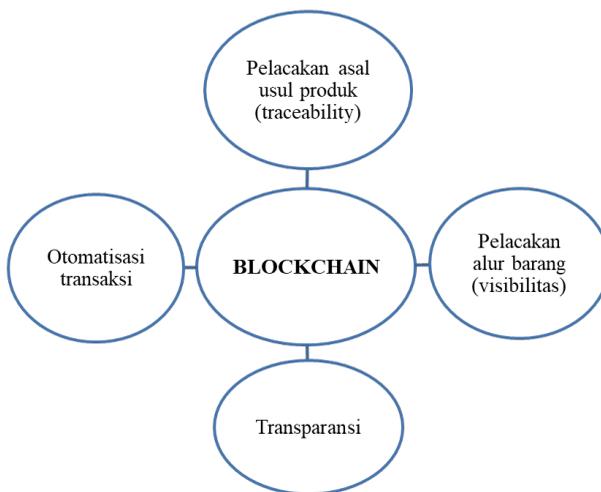


Gambar 4.9. *Blockchain* di PT. SSA

Proses digitalisasi ini memungkinkan pengawasan produk secara *real-time monitoring* yang meningkatkan kepercayaan konsumen saat hendak membeli produk ikan. Dengan begitu, konsumen dapat mengetahui secara jelas asal usul produk dan proses yang dilalui selama produksi.

Keuntungan Penerapan *Blockchain* di PT. SSA

Beberapa keuntungan dari implementasi *blockchain* di PT.SSA (Gambar 4.10) antara lain: melacak asal usul produk serta melacak aliran produk, transparansi, dan otomatisasi transaksi melalui *smart contract*.



Gambar 4.10. Keuntungan Implementasi *Blockchain*

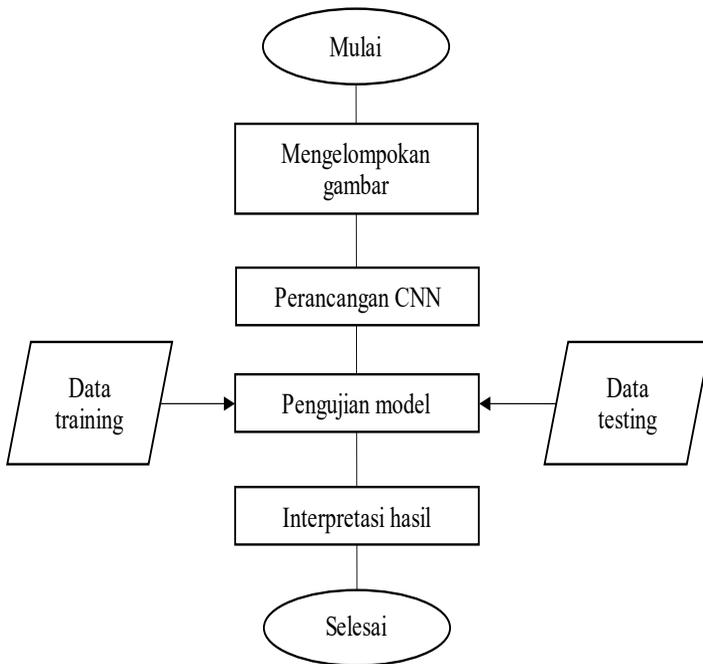
Teknologi *blockchain* memungkinkan untuk melacak produk ikan melalui kode unik seperti *QR code*. Transaksi dari supplier hingga distributor menjadi otomatis dan tidak perlu pekerjaan manual. Setiap produk diberi ID produk oleh produsen. Semua aktor yang menangani produk ini akan mendaftarkan kepemilikan mereka atas produk tersebut.

4.3.3. Penggunaan Artificial Intelligence untuk Deteksi Kualitas Ikan

Penggunaan *Artificial Intelligence* di PT. SSA akan ditempatkan pada proses sortir ikan. Hal ini dilakukan untuk mencegah kontaminasi ikan rusak terhadap ikan segar di awal proses produksi. Dengan begitu, proses sortir diharapkan menjadi lebih cepat dan pemilahan ikan menjadi lebih akurat.

Klasifikasi dilakukan menjadi dua kelas gambar yaitu ikan bawal putih segar dan rusak menggunakan algoritma *Convolutional Neural Network (CNN)*. CNN merupakan *neural network* yang didalamnya terdapat konvolusi minimal pada salah satu lapisannya, diklaim sebagai model terbaik untuk memecahkan permasalahan pada *object recognition* maupun *object detection*. Proses diawali dengan *training data*, bertujuan untuk membuat model dengan tingkat akurasi tinggi pada saat mendeteksi objek yang diinginkan. Parameter untuk mengukur tingkat keberhasilan adalah nilai akurasi dari objek yang terdeteksi diatas 50% serta membandingkan jumlah iterasi saat proses *training* model. Rancangan

sistem yang digunakan adalah masukan (*input*), pengolahan citra dan keluaran (*output*). Instalasi Python, Tensorflow, dan OpenCV dilakukan untuk mendukung proses deteksi objek. *TensorFlow* adalah perangkat lunak yang digunakan untuk mengimplementasikan pembelajaran mesin dan sistem pembelajaran mendalam. Dikembangkan oleh Tim Google dalam penelitian Kecerdasan Pembelajaran Mesin Google, untuk melakukan pembelajaran mesin dan jaringan saraf. *OpenCV* adalah pustaka lintas *platform* yang dapat digunakan untuk mengembangkan aplikasi komputer. Berfokus pada pemrosesan gambar, pengambilan video dan analisis termasuk deteksi wajah dan deteksi objek. Berikut ini tahapan yang dilakukan untuk mendeteksi kualitas ikan menggunakan *Artificial Intelligence*:



Gambar 4.11. Tahapan Perancangan *Artificial Intelligence*

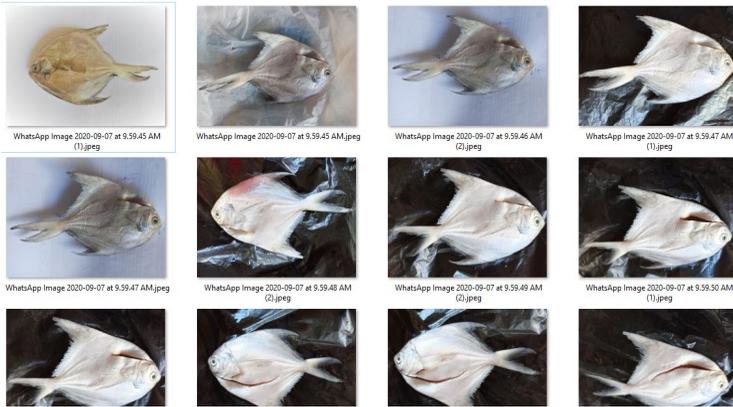
Pengelompokan Data

Foto yang telah dikumpulkan sebelumnya akan disimpan dalam satu folder bernama dataset. Dalam folder ini, foto ikan bawal putih segar dan rusak dipisahkan kedalam dua folder yang berbeda. Dataset yang digunakan sebanyak 130 gambar dan terbagi menjadi 90:10 untuk data *training* dan *testing*. Dengan begitu, data *training* yang digunakan sebanyak 117 gambar dan data *testing* sebanyak 13 gambar. Ukuran dataset gambar yang digunakan adalah 96x96 piksel. Sumber gambar ikan bawal putih segar dan rusak



diperoleh sebagian dari PT. Sinar Surya Alam dan sebagian dari peneliti.

Gambar 4.12. Folder Ikan Bawal Putih Segar



Gambar 4.13. Folder Ikan Bawal Putih Rusak

Hasil *Testing* Data

Proses *testing* menggunakan data uji sebanyak 13 gambar. Hasil *confusion matrix* adalah sebagai berikut:

Tabel 4.3. *Confusion Matrix* Hasil AI

Matrix		Prediksi	
		Ikan segar	Ikan rusak
Aktual	Ikan segar	2	4
	Ikan rusak	2	5

Berdasarkan Tabel 4.3. hasil prediksi dari model terhadap data *testing* menunjukkan hasil yang cukup baik. Prediksi terhadap ikan segar di klasifikasikan ke dalam ikan segar, artinya klasifikasi terhadap gambar tersebut adalah benar. Prediksi pada ikan segar diklasifikasikan benar sebanyak 2 dan missing data sebanyak 4 gambar. Prediksi pada ikan rusak diklasifikasikan benar sebanyak

5 dan missing data sebanyak 2 gambar. Perhitungan akurasi dari keseluruhan matrix di atas adalah sebagai berikut:

$$\text{Akurasi} = \frac{\text{jumlah prediksi benar}}{\text{jumlah total prediksi}} \times 100\%$$

$$\text{Akurasi} = \frac{7}{13} \times 100\%$$

$$\text{Akurasi} = 53,85\%$$

Jadi akurasi yang dihasilkan oleh model dengan input gambar 96x96 piksel, dan jumlah sampel *testing* sebanyak 13 data didapatkan nilai akurasi sebesar 53,85%.

Penentuan Parameter

Penelitian ini menggunakan arsitektur jaringan *Visual Geometry Group* (VGGNet) untuk mendeteksi kualitas ikan. Pertama, peneliti membuat satu folder dengan nama VGGNet yang berisi *script* VGGNet.py dalam *Python*. Kemudian *script* VGGNet.py akan menjadi program *driver* yang digunakan untuk arsitektur jaringan, melatih model, dan mengevaluasi kinerja jaringan pada dataset. Terakhir, direktori keluaran akan menyimpan model VGGNet setelah dilatih. Citra percobaan menggunakan gambar ikan bawal putih segar dan rusak (Gambar 4.14).

Penentuan model terbaik harus dicari dengan mengubah parameter-parameter dalam model CNN. Parameter yang dimaksud adalah pengaruh jumlah *epoch* dan pengaruh jumlah data *training*. Tujuan dari penentuan parameter model ini adalah membandingkan

model mana yang paling terbaik dengan memperhatikan nilai parameternya.



(a)

(b)

Gambar 4.14. ikan bawal putih sehat (a) dan rusak (b)

Sumber: PT. Sinar Surya Alam dan peneliti

Pengaruh Jumlah Epoch dan Jumlah Data

Epoch adalah iterasi dimana seluruh dataset sudah melalui proses *training* sampai dikembalikan ke awal dalam satu putaran. Pemilihan *epoch* (jumlah iterasi) dan jumlah data *training* yang digunakan berdasarkan percobaan pada Tabel 4.4.

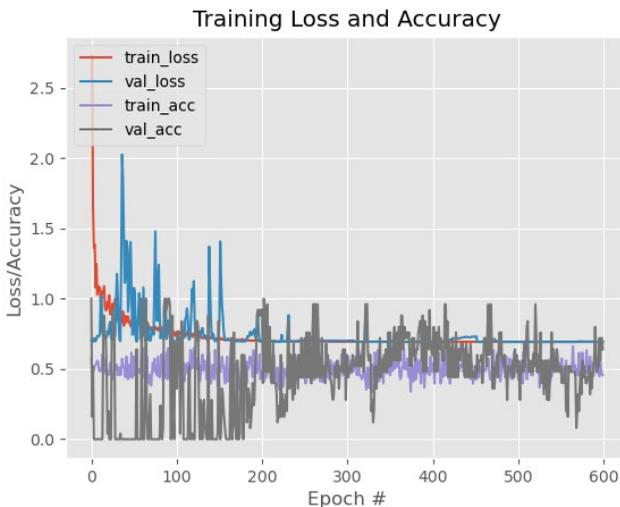
Tabel 4.4. Percobaan Konfigurasi Jaringan

Jumlah Epoch	Ratio	Jumlah data training	Jumlah data testing	Accuracy validation	Loss validation
400	70:30	91	39	48%	0,6950
	80:20	104	26	52%	0,6949
	90:10	117	13	64%	0,6948
600	70:30	91	39	48%	0,6934
	80:20	104	26	56%	0,6933
	90:10	117	13	64%	0,6932

Berdasarkan tabel tersebut, terlihat bahwa model yang paling bagus adalah *epoch* 600 dengan menggunakan ratio 90:10. Artinya semakin tinggi *epoch*, persentase ketepatan semakin tinggi. Penggunaan data *training* yang lebih banyak menghasilkan akurasi yang lebih tinggi.

Hasil Training Loss dan Akurasi

Dalam proses *fit* model, *output* dapat dibuat dalam bentuk plot yang ditampilkan pada Gambar 4.15 untuk *epoch* 600. Berdasarkan grafik, terlihat bahwa nilai akurasi data *training* dan validasi cenderung fluktuatif namun stabil dalam kenaikan. Sedangkan nilai *loss* dari data uji cenderung fluktuatif namun stabil dalam penurunan.



Gambar 4.15. Plot *Fit* Model *Epoch* 600

Untuk memilih model yang bagus, memerlukan nilai *loss* yang semakin rendah dan nilai akurasi yang semakin meningkat. Oleh sebab itu, nilai *epoch* 600 dipilih karena menghasilkan nilai *loss* terendah dan nilai akurasi tertinggi. Penggunaan gambar yang lebih banyak memungkinkan program untuk menemukan banyak perbedaan dan persamaan dalam gambar secara tepat dan akurat. Alhasil, jumlah gambar yang banyak berpotensi untuk meningkatkan persentase keakuratan sebuah objek yang terdeteksi.

Analisa Hasil AI

Hasil uji menggunakan *Artificial Intelligence* belum maksimal, hal ini dibuktikan dari hasil percobaan yang menghasilkan nilai akurasi sekitar 50%. Beberapa faktor yang menyebabkan *error* antara lain:

- Jumlah data kurang banyak. Menurut penelitian (Wang et al., 2020), jumlah data yang digunakan untuk mendeteksi kesehatan lidah manusia sebanyak 1.548 gambar dan hasil akurasi yang dihasilkan sebesar 89,41%. Sedangkan, jumlah data yang digunakan oleh peneliti kurang dari 150 gambar, dikarenakan sulitnya memperoleh data berupa ikan bawal putih rusak. Peneliti telah mencoba untuk menemukan gambar tersebut dari mesin pencarian Google, namun gambar tersebut tidak sesuai dengan kriteria penelitian.

- Gambar yang kurang variatif. Klasifikasi ikan segar dan rusak dalam satu jenis ikan yang sama lebih susah untuk di variasi, karena terdapat kemiripan dalam bentuk dan warna ikan. Perbedaan dari warna mata dan bentuk fisik ikan yang kurang variatif menyebabkan hasil deteksi AI tidak maksimal.

BAB 5 KESIMPULAN

- 1) Hasil analisis atas temuan dan diskusi dalam literatur tentang *blockchain*, *IoT* dan AI diketahui, bahwa masing masing teknologi tersebut memiliki peran penting dalam mendukung kota cerdas. Sebagai contoh, *Blockchain* mendukung kota cerdas dengan meningkatkan transaksi otomatis sebagai *smart contracts* atau pertukaran data dengan tingkat keandalan dan transparansi yang tinggi tanpa memerlukan administrator terpusat. Pertukaran data antar pemangku kepentingan sangat penting untuk layanan perkotaan yang nyaman dan cepat. Aplikasi *Internet of Things (IoT)* secara individu juga memungkinkan inisiatif kota cerdas di seluruh dunia. Hal ini memberikan kemampuan untuk memantau, mengelola, dan mengontrol perangkat dari jarak jauh, dan untuk menciptakan wawasan baru dengan informasi yang dapat ditindaklanjuti dari aliran data secara *real-time*. Komponen penting dari pembangunan kota untuk menuju kota cerdas harus mencakup teknologi cerdas, industri cerdas, layanan cerdas, manajemen cerdas, dan kehidupan cerdas yang semuanya dapat terjadi dengan keberadaan IoT.

Internet of Things adalah tentang memasang sensor untuk *devices* pada proses produksi ikan, dan menghubungkannya ke internet melalui protokol khusus untuk pertukaran informasi dan komunikasi, sehingga tercapai pendeteksian cerdas, lokasi, pelacakan, pemantauan dan pengelolaan cerdas.

Pada sisi yang lain, AI dapat secara efisien menyaring *Big Data* untuk menghasilkan prediksi data dan solusi hemat biaya untuk mendorong kota cerdas. Beberapa contoh aplikasi AI untuk mendukung kota cerdas, diantaranya pengendalian lampu lalu lintas, pengelolaan sumber daya energi dan air atau posisi dan rute yang diambil oleh patroli polisi adalah beberapa contoh yang memanfaatkan potensi AI untuk memberi manfaat bagi warga. Ini tidak hanya memodernisasi kota, tetapi juga mengoptimalkan sumber daya dan membuatnya lebih berkelanjutan.

- 2) *Blockchain* menjadi semakin *powerful* ketika diintegrasikan dengan teknologi lain seperti jaringan IoT dan AI. Jaringan *Blockchain* dan IoT terintegrasi mendukung penggunaan yang memerlukan integrasi fisik dengan interaksi multi-pihak yang didasarkan pada kebenaran data yang dibagikan. Menambahkan model AI dapat membantu mengelola transaksi ini, misalnya dalam pendeteksian ikan, pengoptimalan inventaris, dan mendeteksi transaksi palsu atau tidak sah. Secara keseluruhan, teknologi terintegrasi ini dapat memotong biaya, mendorong aliran pendapatan baru, dan meningkatkan pengalaman pelanggan
- 3) Desain *blockchain* yang diintegrasikan dengan IoT dan AI sesuai untuk rantai pasok produk makanan secara khusus untuk produk perikanan. Teknologi ini melibatkan semua *stakeholders* atau dalam studi

kasus ini disebut para aktor utama yang terdiri dari supplier ikan yang aktif berinteraksi dengan nelayan, produsen, perusahaan transportasi, dan importir yang berfungsi sebagai distributor dan retailer. Para aktor utama ini memiliki potensi manfaat yang lebih besar dari kerugiannya selama sepakat untuk bertanggung jawab pada fungsi masing masing. Sebagai contoh, supplier sepakat untuk bertanggung jawab pada pengiriman ikan yang sehat sampai di produsen; produsen sepakat untuk mengirim ikan olahan yang baik, perusahaan transportasi bertanggung jawab pada metode pengangkutan dan penyimpanan sesuai standar dan importir akan menerima ikan olahan yang baik pada saat sampai di tujuan dan bertanggung jawab untuk pendistribusian produk yang baik serta retailer sepakat untuk menerima produk baik saat sampai di tempat dan hanya menjual produk yang baik. Penetapan ikan yang baik dilakukan secara transparan. Proses sortir ikan telah dilakukan secara otomatis selama proses menggunakan AI yang mampu mendeteksi ikan rusak untuk dibedakan dari produk baik. Hasil deteksi AI dapat disampaikan ke mesin lain, sebagai aplikasi IoT. Pada aplikasi *blockchain*, setiap aktor akan melakukan transaksi secara digital dan tersimpan dalam database *blockchain*. Hal ini memudahkan pelacakan produk ikan dan meningkatkan transparansi antar pihak. Desain *blockchain* akan melacak asal usul ikan serta melacak aliran ikan olahan yang transparan bagi

semua aktor, dan transaksi secara otomatis melalui *smart contract*. Teknologi *blockchain* memungkinkan untuk melacak produk ikan melalui kode unik seperti *QR code* atau hasil deteksi *AI yang disampaikan melalui IoT*. Melalui desain ini maka proses verifikasi asal ikan, hasil deteksi ikan dan hasil olahan (tempat, waktu dan proses) serta informasi tentang jalur yang dilewati produk dilakukan secara terbuka. Desain penggunaan *IoT*, *AI* dan *blockchain* tepat untuk PT SSA yang sebelumnya menggunakan dokumen berbasis kertas yang rawan terhadap manipulasi data. Dengan menggunakan *blockchain*, pencatatan data berubah menjadi digital dan mencegah terjadinya manipulasi data. Semua informasi yang relevan dikirim ke PT. SSA dan disimpan dalam database yang dikendalikan oleh mereka.

DAFTAR PUSTAKA

- Allessie, D., Sobolewski, M., & Vaccari, L. (2018). Identifying the true drivers of costs and benefits of blockchain implementation for public services. *ACM International Conference Proceeding Series*, 1, 1–2. <https://doi.org/10.1145/3209281.3209405>
- Azizah et al., L. M. (2018). *Deteksi Kecacatan Permukaan Buah Manggis Menggunakan Metode Deep Learning dengan Konvolusi Multilayer*. 21(2), 230–236. <https://doi.org/10.18196/st.212229>
- Blahe, F. (2020). Blockchain Application in Seafood Value Chain'. *FAO Fisheries and Aquaculture Circular; (C1207)*, 1207(1207), 1–43.
- Blinder, M. (2018). Making Cryptocurrencies More Environmentally Sustainable. *Harvard Business Press*.
- Bryan Horsu et al. (2019). The potential value of blockchain technology in the seafood supply chain. *International Aquafeed*.
- Büyükožkan, G., & Göçer, F. (2018). Digital Supply Chain: Literature review and a proposed framework for future research. *Computers in Industry*, 97, 157–177. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2018.02.010>
- Caragliu, A., Del Bo, C., & Nijkamp, P. (2013). Smart cities in Europe. *Smart Cities: Governing, Modelling and Analysing the Transition*, 18(2), 173–195. <https://doi.org/10.4324/9780203076224>
- Casino, F., Kanakaris, V., Dasaklis, T. K., Moschuris, S., & Rachaniotis, N. P. (2019). Modeling food supply chain traceability based on blockchain technology. *IFAC-PapersOnLine*, 52(13), 2728–2733. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.11.620>
- Chang, S. E., Chen, Y. C., & Lu, M. F. (2019). Supply chain re-engineering using blockchain technology: A case of smart contract based tracking process. *Technological Forecasting and Social Change*, 144(March 2018), 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.03.015>

- Crosby et al. (2016). *Blockchain technology: Beyond bitcoin. Applied Innovation*. 2, 6–10.
- D’Ambrogio, A., Gaudio, P., Gelfusa, M., Luglio, M., Malizia, A., Roseti, C., Zampognaro, F., Giglio, A., Pieroni, A., & Marsella, S. (2016). Use of integrated technologies for fire monitoring and first alert. *Application of Information and Communication Technologies, AICT 2016 - Conference Proceedings*, 10–11. <https://doi.org/10.1109/ICAICT.2016.7991707>
- De Jong, M., Joss, S., Schraven, D., Zhan, C., & Weijnen, M. (2015). Sustainable-smart-resilient-low carbon-eco-knowledge cities; Making sense of a multitude of concepts promoting sustainable urbanization. *Journal of Cleaner Production*, 109, 25–38. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.02.004>
- Deogawanka, S. (2016). *Making a Career in Geointelligence How GIS Supports the Planning and Development of Smart Cities*.
- Garcia Torres, S. (2019). *Traceability for sustainability-literature review and conceptual framework*. 24, 22.
- Ghobakhloo, M. (2018). *The future of manufacturing industry: A strategic roadmap toward Industry 4.0*. 29, 27.
- Giusti, R. (2019). *Synchromodal logistics: An overview of critical success factors, enabling technologies, and open research issues*. 129, 19.
- Goyache, F., Bahamonde, A., Alonso, J., López, S., Coz, J. J., Quevedo, J. R., Ranilla, J., & Luaces, O. (2001). *The usefulness of Artificial Intelligence techniques to assess subjective quality of products in the food industry* *The usefulness of Artificial Intelligence techniques to assess subjective quality of products in the food industry*. July.
- Goyache, F., Bahamonde, A., Alonso, J., Lopez, S., Del Coz, J. J., Quevedo, J. R., Ranilla, J., Luaces, O., Alvarez, I., Royo, L. J., & Diez, J. (2001). The usefulness of artificial intelligence techniques to assess subjective quality of products in the food industry. *Trends in Food Science and Technology*, 12(10), 370–381.

- innovation studies. *Science and Public Policy*, 25(3), 195–203. <https://doi.org/10.1093/spp/25.3.195>
- Manyika, J., Chui, M., Brown, B., Bughin, J., Dobbs, R., Roxburgh, C., & Byers, A. H. (2011). Big data: The next frontier for innovation, competition, and productivity. In *McKinsey Global Institute* (Issue June, p. 156).
- Marr, B. (2014). *Big Data: Using SMART big data, analytics and metrics to make better decisions and improve performance* (Issue 2014). John Wiley & Sons, Inc.
- Morabito, V. (2015). Big Data and Analytics for Government Innovation. *Big Data and Analytics*, 23–45. https://doi.org/10.1007/978-3-319-10665-6_2
- Morkunas, V. J., Paschen, J., & Boon, E. (2019). How blockchain technologies impact your business model. *Business Horizons*, 62(3), 295–306. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2019.01.009>
- Mosco, V. (2019). *The Smart City in a Digital World*. Emerald Group Publishing.
- Nakamoto, S. (2008). Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. *Decentralized Business Review*, 23(4), 552–557. https://doi.org/10.1162/ARTL_a_00247
- Parung, J. (2019). The use of blockchain to support sustainable supply chain strategy. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 703(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/703/1/012001>
- Perboli, G., Musso, S., & Rosano, M. (2018). Blockchain in Logistics and Supply Chain: A Lean Approach for Designing Real-World Use Cases. *IEEE Access*, 6, 62018–62028. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2875782>
- Perera, C., Zaslavsky, A., Christen, P., & Georgakopoulos, D. (2014). Sensing as a service model for smart cities supported by Internet of Things. *Transactions on Emerging Telecommunications Technologies*, 25(1), 81–93. <https://doi.org/10.1002/ett.2704>

- Pieroni, A., Scarpato, N., & Brilli., M. (2018). Industry 4.0 revolution in autonomous and connected vehicle a non-conventional approach to manage big data. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 41–72.
- Pieroni, A., Scarpato, N., & Brilli, M. (2018). Performance study in autonomous and connected vehicles a industry 4.0 issue. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 96(4), 984–994.
- Rai, A., et al. (2006). Firm performance impacts of digitally enabled supply chain integration capabilities. *MISQuarterly*, 225–246.
- Rujan, A. (2018). *Thinking about becoming a smart city ? 10 benefits of smart cities 2 . Enhanced citizen and government engagement.*
- Schniederjans, D. G. (2020). *Supply chain digitisation trends: An integration of knowledge management.* 220.
- Sihono, K. F. (2018). *Implementasi Convolutional Neural Network Untuk Deteksi Katarak Dan Iritasi Berbasis Citra Digital Menggunakan Tensorflow.*
- Tobergte, D. R., & Curtis, S. (2013). Mapping Smart Cities in the EU. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Townsend, A. M. (2013). *Smart Cities.*
- TWI. (2021). *What is a Smart City? – Definition and Examples.* Twi Ltd. <https://www.twi-global.com/technical-knowledge/faqs/what-is-a-smart-city>
- United Nations. (2018). *World Urbanization Prospects, Department of Economic and Social Affairs, 2018 Revision.* <https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-Report.pdf>
- Vineet Paliwal, S. C. and S. S. (2020). Blockchain Technology for Sustainable Supply Chain Management: A Systematic Literature Review and a Classification Framework. *MDPI*, 12, 18. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.3390/su12187638>

- Wang, X., Liu, J., Wu, C., Liu, J., Li, Q., Chen, Y., Wang, X., Chen, X., Pang, X., Chang, B., Lin, J., Zhao, S., Li, Z., Deng, Q., Lu, Y., Zhao, D., & Chen, J. (2020). Artificial intelligence in tongue diagnosis: Using deep convolutional neural network for recognizing unhealthy tongue with tooth-mark. *Computational and Structural Biotechnology Journal*, 18, 973–980. <https://doi.org/10.1016/j.csbj.2020.04.002>
- Weber I., et al. (2016). *Untrusted Business Process Monitoring and Execution Using Blockchain*. 9850, 329–347.
- Westerkamp, M. (2018). Blockchain-based supply chain traceability: Token recipes model manufacturing processes. *IEEE*. https://doi.org/https://doi.10.1109/Cybermatics_2018.2018.00267
- Wortmann, F., & Flüchter, K. (2015). Internet of Things: Technology and Value Added. *Business and Information Systems Engineering*, 57(3), 221–224. <https://doi.org/10.1007/s12599-015-0383-3>
- Yao, Y., et al. (2007). An interorganizational perspective on the use of electronically-enabled supply chain. *Decision Support Systems*, 43(3), 884–896.
- Yuan, H. (2019). *Analysis of coordination mechanism of supply chain management information system from the perspective of blockchain*. 1–23.
- Zhao, G. et al. (2019). *Blockchain technology in agri-food value chain management: A synthesis of applications, challenges and future research directions*. 109, 17.
- Zikopoulos, P., & Eaton, C. (2011). *Understanding Big Data: Analytics for Enterprise Class Hadoop and Streaming Data*.