

BAB II

STUDI LITERATUR

2.1 Landasan Teori

2.1.1 Pengelolaan Sampah Melalui Pengurangan

Upaya pendekatan yang dilakukan untuk mengendalikan terbentuknya limbah, antara lain [1] :

- a. Pendekatan proaktif, merupakan upaya yang dilakukan untuk meminimalkan limbah yang dihasilkan.
- b. Pendekatan reaktif, merupakan upaya yang dilakukan untuk menangani limbah setelah limbah tersebut terbentuk.

Pendekatan proaktif merupakan strategi yang sudah ditemukan pada tahun 1970-an dalam dunia industri. Pendekatan tersebut lebih dikenal sebagai teknologi bersih yang berfokus pada pengendalian produksi limbah melalui penggunaan teknologi yang lebih akrab dengan lingkungan. Penggunaan bahan, energi, dan limbah melalui kontrol yang baik. Cara mengontrolnya adalah dengan melakukan penghematan, pemakaian kembali, dan pemanfaatan kembali. Teknologi bersih dapat dimodifikasi prosesnya agar limbah yang dihasilkan seminimal mungkin dengan menghasilkan tingkat bahaya serendah mungkin. Produksi limbah juga harus dipisahkan berdasarkan jenisnya agar penanganan menjadi lebih mudah.

Pendekatan reaktif adalah konsep dengan cara mengendalikan limbah setelah limbah tersebut terbentuk, atau lebih dikenal sebagai pendekatan *end-of-pipe*. Penggunaan teknologi pengelolaan dan pengurangan limbah menjadi poin penting pada konsep tersebut agar zat yang dihasilkan menjadi aman jika dilepas kembali ke lingkungan. Pendekatan reaktif tersebut lalu diperbaiki melalui pemanfaatan kembali secara langsung (*reuse*) atau melalui proses terlebih dahulu sebelum dimanfaatkan (*recycle*).

Menurut UU-18/2008 pengurangan sampah dapat dilakukan dengan 3R yang meliputi *reduce*, *reuse* dan *recycle* atau dalam bahasa Indonesia pembatasan, guna-ulang, dan daur-ulang. Penjelasan cara – cara tersebut, yaitu :

- a. Pembatasan (*reduce*), yaitu pengupayaan limbah dengan cara meminimalkan penghasilan limbah.

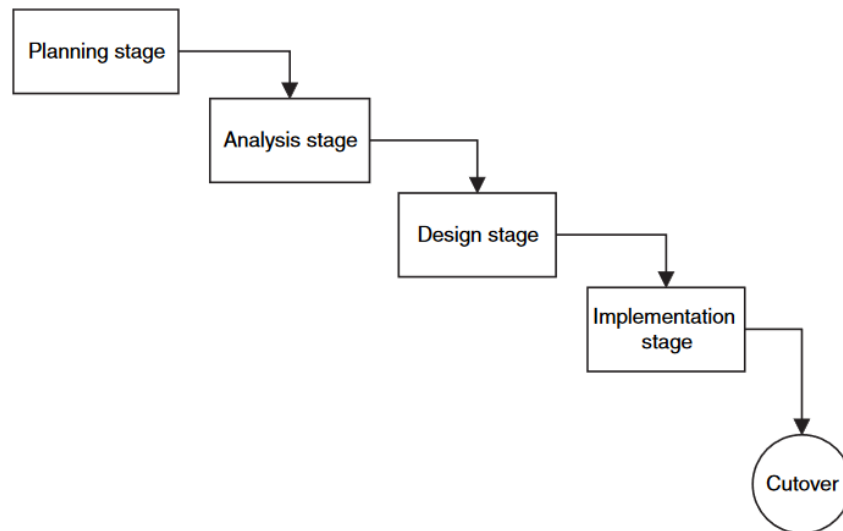
- b. Guna-ulang (*reuse*), yaitu pengupayaan limbah secara langsung ketika limbah akhirnya terbentuk.
- c. Daur-ulang (*recycle*), yaitu pengupayaan limbah yang tidak dapat dimanfaatkan secara langsung dan perlu diterapkan serangkaian proses terlebih dahulu menjadi bahan baku maupun sumber energi.

Pengelolaan limbah atau sampah yang baik, melibatkan beberapa usaha beserta teknologi diantaranya penanganan pendahuluan. Penanganan pendahuluan dilakukan agar mendapatkan hasil daur-ulang limbah yang baik dan penanganan dapat dilakukan dengan mudah. Kegiatan yang dilakukan pada penanganan pendahuluan saat ini adalah memisahkan limbah sesuai jenisnya, mengurangi volume, dan mengurangi ukuran. Kegiatan tersebut mempunyai tujuan untuk mempermudah pengefektifan pengelolaan pada tahap selanjutnya. Pada pengelolaan ini, upaya daur-ulang akan mencapai keberhasilan jika pemisahan dan pemilahan sesuai jenisnya dimulai dari sumber awal hingga ke akhir.

Pemilahan sampah sesuai dengan jenisnya perlu menjadi prioritas sehingga penting didahulukan. Namun, upaya tersebut masih menjadi persoalan bagaimana meningkatkan keterlibatan masyarakat. Pemilahan dianjurkan dimulai dari awal sumber limbah atau sampah itu muncul, karena masih belum terkontaminasi dengan bahan lainnya.

2.1.2 Model Waterfall

Waterfall adalah suatu model pengembangan perangkat lunak atau disebut dengan *Software Development Life Cycle* (SDLC) yang langkah awalnya melakukan perencanaan terlebih dahulu lalu berlanjut ke tahap analisis, perancangan, implementasi, dan *cutover* yang mana menandakan bahwa siklus pengembangan telah selesai [6]. Langkah tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.1. Model ini memiliki beberapa kelebihan, yaitu mudah diimplementasi dan dimengerti, sudah dikenal secara luas dan bekerja dengan baik pada produk yang sudah jadi. Selain itu, kekurangan yang dimiliki oleh model ini, yaitu sulit untuk menentukan manajemen resiko, sulit untuk menentukan semua kebutuhan di awal pengerjaan proyek, dan hasil dari proyek tidak akan terlihat hingga akhir masa proyek [7].



Gambar 2.1 Model Waterfall [6].

2.1.3 *Internet of Things*

Pada perkembangan zaman yang semakin modern ini internet seakan hal yang tidak akan terlepas pada kehidupan sehari – hari. Perkembangan zaman itu melahirkan sebuah konsep IoT (*Internet of Things*) dikutip pada jurnal A. Botta, dkk. yang merupakan sistem interkoneksi antar konfigurasi *node (things)* yang saling berhubungan dalam infrastruktur yang dinamis melalui protokol komunikasi [5].

Pada umumnya IoT berhubungan dengan perangkat tertanam (*embedded device*). Perangkat tertanam dibangun menggunakan papan mikrokontroler atau bisa disebut juga *single-board computer*. Papan mikrokontroler adalah perangkat keras yang terdiri papan sirkuit dan prosesor yang memiliki kemampuan untuk mendapatkan informasi dari sensor di sekitarnya, baik yang sudah tertanam di dalamnya ataupun terhubung dengannya [8]. Papan mikrokontroler ditujukan untuk memfasilitasi sebuah pengembangan proyek IoT. Sebagian besar dari papan mikrokontroler memiliki antarmuka I/O atau *input/output* yang berguna untuk memasang berbagai jenis sensor maupun perangkat pendukung lainnya. Papan mikrokontroler memiliki prosesor yang daya pemrosesannya lebih rendah dibanding komputer biasanya. Beberapa versinya memiliki sebuah antarmuka USB

dan kartu memori. Perkembangan terkini menunjukkan papan mikrokontroler dapat dijadikan sebuah *webserver* atau bahkan dapat berinteraksi dengan layanan *cloud*.

Perangkat tertanam dapat terhubung dengan server melalui modul tambahan atau modul yang sudah terpasang pada papan mikrokontroler. Server dibutuhkan untuk berinteraksi antar aplikasi dengan perangkat komputasi tertanam. Aplikasi yang bisa dijalankan bersama IoT bisa beragam sesuai kebutuhan, mulai dari aplikasi *mobile* yang dapat berjalan pada perangkat *mobile* seperti *smartphone* atau tablet hingga aplikasi web yang dapat berjalan di semua perangkat. Berbagai macam benda juga bisa dihubungkan dengan IoT, seperti baju, perabot, kertas, monumen, karya seni dan benda lainnya. Pada benda – benda tersebut ditanamkan sensor atau aktuator untuk berinteraksi antara satu sama lain untuk mencapai tujuan bersama. Sensor merupakan alat yang digunakan untuk mengumpulkan informasi pada benda tertanam dan aktuator merupakan alat yang digunakan untuk melakukan aksi yang diperlukan pada benda tertanam.

2.1.4 Sensor

Menurut S. Iwan pada Buku Ajar Sensor dan Transduser, sensor merupakan sebuah perangkat yang digunakan sebagai pengubah besaran fisik menjadi besaran listrik, sehingga dapat digunakan bersama rangkaian listrik atau sistem digital [9]. Pada saat ini, teknologi berkembang begitu luar biasa yang menjadikan sensor telah diproduksi oleh pabrik dengan dimensi yang sangat kecil. Sensor tersebut juga telah dimodifikasi sehingga lebih mudah digunakan dan lebih hemat energi.

Sensor terdiri dari dua jenis, yakni sensor fisika dan sensor kimia. Sensor fisika adalah jenis sensor pendeteksi suatu besaran berlandaskan pada hukum - hukum fisika, contohnya sensor cahaya, gaya, kecepatan, suhu, maupun sensor percepatan. Selanjutnya sensor kimia adalah jenis sensor pendeteksi jumlah zat kimia dengan cara mengubah besarannya menjadi besaran listrik yang mana melibatkan beberapa reaksi kimia, contohnya sensor oksigen, pH, gas, hingga sensor ledakan.

2.1.5 Layanan Cloud

Definisi teknologi cloud menurut NIST (*National Institute of Standards and Technology*) adalah model yang dibuat untuk kenyamanan, menghubungkan konfigurasi sumber daya untuk keperluan komputasi seperti aplikasi, jaringan, layanan, server, dan media penyimpanan yang sudah dirilis serta ditetapkan dengan manajemen yang lebih sederhana [10]. Dengan kata lain, teknologi ini bisa memudahkan pengembang untuk menciptakan sesuatu yang baru dengan lebih mudah. Seiring majunya perkembangan teknologi, banyak perusahaan bidang teknologi seperti Google, IBM, Microsoft, Amazon, dan lain – lain menyediakan layanan *cloud* yang bisa digunakan oleh semua orang dengan syarat melakukan pembayaran pada setiap penggunaannya. Semua perangkat bisa terhubung dengan layanan *cloud* jika sudah terhubung dengan internet. Layanan *cloud* yang disediakan oleh berbagai perusahaan bervariasi seperti mendeteksi citra, mendeteksi video, penyimpanan data, dan sebagainya.

2.1.6 Computer Vision

Computer vision atau dalam bahasa Indonesia “penglihatan komputer” merupakan subjek yang kompleks. Oleh karena itu, sangat membantu untuk membaginya menjadi beberapa fungsi atau modul. *Computer vision* mempunyai sistem teknis yang mirip dengan penglihatan manusia sehingga berkaitan dengan sistem biologis [11]. Dengan kata lain, *computer vision* berguna untuk mengotomisasikan penglihatan manusia.

Adapun beberapa komponen yang terdapat pada *computer vision*, yaitu :

1. Sumber radiasi

Jika tidak ada pancaran radiasi dari tempat kejadian atau objek yang diinginkan, tidak ada yang dapat diamati dan diproses.

2. Kamera

Radiasi yang terpancar dikumpulkan oleh kamera kemudian disusun sedemikian rupa agar bisa ditampilkan.

3. Sensor

Sensor mengubah radiasi yang diterima menjadi sinyal yang sesuai untuk diproses lebih lanjut.

4. Unit pemrosesan

Data berbentuk sinyal diproses pada unit pemrosesan yang mana mempunyai dimensi data yang lebih tinggi. Proses selanjutnya adalah mengekstraksi fitur yang dapat digunakan untuk mengukur properti objek dan mengelompokkannya ke dalam kelas tertentu. Mengumpulkan dan menyimpan pengetahuan tentang percobaan objek, termasuk mekanisme untuk menghapus bagian yang tidak penting.

5. Aktor

Aktor melakukan aksi sesuai dengan hasil pengamatan visual. Sebagai contoh, setelah menemukan objek berbentuk bulat aktor akan mengirimkan informasi ke perangkat lain.

2.2 Tinjauan Studi

Adapun berikut penelitian terdahulu yang berhubungan dengan topik penelitian kali ini untuk dijadikan sebagai bahan referensi metode maupun teknologi yang digunakan.

Penelitian yang dilakukan oleh Muhammad Mukrim Al-Mabrur dengan tujuan dapat membantu program pemerintah kota Makassar untuk mewujudkan lingkungan yang bersih [12]. Penelitian tersebut menghasilkan alat yang dibuat menggunakan papan mikrokontroler yang dapat mendeteksi sampah penuh atau tidak menggunakan sensor berat dan sensor jarak serta mengirimkan lokasi tempat sampah berbasis Android. Penelitian sebelumnya mempunyai kesamaan dengan penelitian yang dilakukan oleh Ahmad Alfian Nuradi dengan tujuan untuk menciptakan sebuah lingkungan yang bersih dan indah [13]. Pada penelitian tersebut dijelaskan manusia sering membuang sampah tanpa memisahkan sesuai dengan jenisnya, terutama logam dan non logam. Penelitian tersebut masih menggunakan GSM Shield untuk mengirimkan notifikasi kepada petugas, serta pemilahannya masih menggunakan sensor *proximity*. Pendeteksian kapasitas tempat sampah penuh menggunakan sensor *infrared*. Hasil yang didapat dari penelitian tersebut yakni, sampah berbahan logam dan non logam berhasil dipilah sesuai jenisnya namun waktu jeda untuk mengirimkan notifikasi berbeda – beda tergantung sinyal *provider* yang didapat. Menurut kedua penelitian yang telah

dijelaskan sebelumnya terdapat beberapa pilihan komponen dan aplikasi yang digunakan sesuai dengan fungsinya.

Penelitian yang dilakukan oleh Shamina Hossain, dkk. tentang sistem *autonomous* yang dapat mendeteksi sampah kemudian mengumpulkannya ke tempat yang sudah terletak di robot [14]. Robot tersebut dapat mendeteksi objek dengan kamera Raspberry Pi yang dapat bergerak dengan sendirinya. Citra tersebut kemudian diklasifikasi apakah objek tersebut sampah atau bukan dengan Deep Neural Network. Peningkatan akurasi model klasifikasi dilakukan dengan cara menyiapkan *dataset* yang ditangkap melalui kamera Raspberry Pi. *Dataset* terdiri dari 150 citra dengan dua kelas, yaitu sampah dan bukan sampah. Penangkapan citra divariasi dengan latar belakang, posisi, dan tingkat kecerahan yang berbeda.

Penelitian yang dilakukan oleh Saadia Kulsoom Memon, dkk. tentang sistem pemantauan tempat sampah pintar menggunakan komponen yang relatif murah [15]. Sistem pemantauan tersebut menggunakan Wemos D1 sebagai pengganti ESP8266 untuk kebutuhan koneksi dan sensor ultrasonik HC-SR04 untuk menentukan tempat sampah dalam keadaan penuh atau tidak. Sistem ini cocok digunakan pada skala kecil dengan memakai dua tempat sampah. Kondisinya dapat dipantau melalui alamat IP yang sudah ditentukan. Hasil penelitian tersebut dapat ditentukan bahwa penggunaan Wemos D1 dan sensor ultrasonik HC-SR04 mempunyai biaya yang lebih rendah untuk mengembangkan sistem pemantauan tempat sampah.

Penelitian yang dilakukan oleh Ben Wang, Wenli Zhou, dan Shanhu Shen menjelaskan tentang bagaimana mengatur sistem pengendalian limbah atau sampah pada kota - kota besar terutama di China [16]. Kota besar memerlukan sebuah teknologi yang bisa menangani tumpukan sampah. Manajemen sampah mempunyai poin penting tentang klasifikasi, pengelolaan, dan pemantauan. Klasifikasi diperlukan untuk pengelolaan atau pemanfaatan sampah untuk digunakan kembali sebagai hal yang lebih berguna seperti sumber energi. Pemantauan dilakukan agar sampah tidak tertimbun lama yang dapat mencemari lingkungan. Pada penelitian tersebut sistem pengelolaan memanfaatkan arsitektur inovatif, teknologi IoT dan *cloud computing* untuk pengumpulan dan klasifikasi sampah di perkotaan.

Penelitian yang dilakukan oleh Patric Marques, dkk. tentang arsitektur IoT untuk manajemen limbah atau sampah di perkotaan dengan tujuan untuk merancang sistem yang memiliki biaya rendah dengan performa yang baik [17]. Arsitektur yang telah dirancang diimplementasikan untuk menganalisa tingkat energi yang dihabiskan dan protokol komunikasi. Perbedaan yang signifikan terdapat pada rancangan arsitektur untuk luar ruangan dan dalam ruangan. Perbedaan tersebut berada pada protokol komunikasi yang dipakai, yakni protokol MQTT mempunyai tingkat latensi yang rendah dibanding protokol HTTP dan CoAP.

Penelitian yang dilakukan oleh Wawan Setiawan, Asep Wahyudin, dan Widiyanto G.R. tentang mengidentifikasi sampah berdasarkan label produk [18]. Identifikasi tersebut menggunakan algoritma *Scale Invariant Feature Transform* (SIFT) melalui citra. Algoritma SIFT merupakan salah satu teknik yang digunakan untuk pengenalan objek atau *image recognition*. Klasifikasi sampah dilakukan berdasarkan label produk diperlukan untuk sampah anorganik. Klasifikasi menggunakan algoritma SIFT dimulai dari pengumpulan citra sampah organik maupun anorganik kemudian menghasilkan *keypoint* citra dan labelnya. Setelah itu citra baru diklasifikasi berdasarkan *keypoint* yang dihasilkan sebelumnya. Kesimpulan dari penelitian ini adalah label produk cukup efektif sebagai atribut untuk mengidentifikasi sampah dan algoritma SIFT dapat diandalkan untuk pengenalan objek berdasarkan label produk khususnya pada sampah anorganik.

Penelitian yang dilakukan oleh Zhaokun Wang, dkk. tentang klasifikasi sampah botol plastik berdasarkan warna berbasis *image recognition* [19]. Botol plastik dipilah berdasarkan warna karena setiap warna mewakili nilai yang dibutuhkan untuk keperluan daur ulang. Penelitian tersebut menggunakan kamera untuk melihat citra sampah yang berada di roda berjalan kemudian botol diarahkan ke tempat yang sudah disediakan berdasarkan warnanya. Penelitian ini juga mengidentifikasi masalah umum ketika sampah berada di roda berjalan yaitu berdekatan dan tertutup. Sampah yang berdekatan dapat dipisahkan klasifikasinya dengan cara menghitung selisih jarak antar objek. Sampah yang tertutup harus dipisahkan secara manual agar dapat diklasifikasi. Klasifikasi sampah botol plastik menggunakan algoritma *supports vector machine* (SVM) dengan 700 citra sampel yang masing – masing kategori mempunyai 100 sampel.

Penelitian yang dilakukan oleh Rahmi Arda Aral, dkk. tentang klasifikasi sampah berdasarkan *dataset* Trashnet menggunakan model Deep Learning [20]. Trashnet merupakan *dataset* terbuka yang berisi citra sampah dari berbagai jenis. Dataset tersebut memuat 2527 citra yang terdiri dari 594 kertas, 501 gelas, 410 logam, 482 plastik, 403 kardus, dan 137 sampah lainnya. Citra yang dipakai mempunyai objek tunggal dengan latar belakang putih. Hasil penelitian yang dilakukan mendapatkan akurasi rata – rata 80% menggunakan beberapa model Deep Learning, dimana akurasi tertinggi didapatkan oleh model DenseNet121 yang merupakan optimasi dari *Densely Connected Convolutional Networks*.

Beberapa penelitian yang telah dijelaskan sebelumnya mempunyai hasil bervariasi yang berguna sebagai acuan penelitian. Hasil tersebut mempunyai ringkasan yang tercantum pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Ringkasan Penelitian.

No.	Penulis	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
1.	Zhaokun Wang, dkk (2019)	<i>Classification for plastic bottles recycling based on image recognition</i>	a) Menggunakan kamera dan cahaya yang cukup untuk menangkap citra sampah botol. b) Klasifikasi warna menggunakan algoritma SVM yang sudah dikustomisasi dan menghasilkan akurasi rata – rata 90% untuk setiap warna botol.
2.	Saadia Kulsoom Memon, dkk (2019)	<i>IoT based smart garbage monitoring & collection system using WeMos & Ultrasonic sensors</i>	Sistem pemantauan tempat sampah menggunakan WeMos D1 sebagai koneksi ke jaringan dan sensor ultrasonik HC-SR04 sebagai pendeteksi penuh atau

			tidak memiliki biaya pengembangan yang paling rendah untuk keperluan skala kecil.
3.	Shamima Hossain, dkk (2019)	<i>Autonomous Trash Collector Based on Object Detection Using Deep Neural Network</i>	a) Pengumpul sampah berjalan yang dapat mengidentifikasi sampah atau bukan dengan kamera Raspberry Pi. b) Klasifikasi sampah atau bukan menggunakan Deep Neural Network menghasilkan akurasi di atas 90%.
4.	Ben Wang, dkk (2018)	<i>Garbage Classification and Environmental Monitoring based on Internet of Things</i>	Sistem pemantauan pengelolaan sampah yang memanfaatkan arsitektur inovatif, teknologi <i>Internet of Things</i> dan <i>cloud computing</i> untuk pengelolaan sampah sudah diimplementasikan di beberapa kota di China serta berdampak positif terhadap ekonomi dan sosial selama dua tahun ini.
5.	Patric Marques, dkk (2018)	<i>An IoT-based smart cities infrastructure architecture applied to a waste management scenario</i>	a) Mempunyai empat lapisan, yaitu komponen fisik, komunikasi, <i>cloud platform</i>, dan <i>services</i>. b) Rancangan arsitektur dengan studi kasus di luar maupun dalam ruangan. c) Protokol MQTT mempunyai tingkat latensi yang paling

			rendah dibanding HTTP dan CoAP.
6.	Rahmi Arda Aral, dkk (2018)	<i>Classification of TrashNet Dataset Based on Deep Learning Models</i>	a) Citra yang dipakai mempunyai objek tunggal dengan latar belakang putih. b) Mendapatkan akurasi rata – rata 80% menggunakan beberapa model Deep Learning, dimana akurasi tertinggi didapatkan oleh model DenseNet121 yang merupakan optimasi dari <i>Densely Connected Convolutional Networks</i>
7.	Ahmad Alfian Nuradi (2018)	Rancang Bangun Prototype Tempat Sampah Otomatis Pemilah Logam Dan Non Logam Via Sms Berbasis Arduino	a) Tempat sampah dibangun menggunakan papan mikrokontroler Arduino. b) Sampah yang dipilah berjenis sampah logam dan non logam. c) Pemilahan sampah menggunakan sensor proximity. d) Mengirim notifikasi melalui pesan SMS.
8.	Wawan Setiawan, dkk (2017)	<i>The Use of Scale Invariant Feature Transform (SIFT) Algorithms to Identification Garbage Images Based on Product Label</i>	Label produk cukup efektif sebagai atribut untuk mengidentifikasi sampah dan algoritma SIFT dapat diandalkan untuk pengenalan objek berdasarkan label produk khususnya pada sampah anorganik.

9.	Muhammad Mukrim Al Maburr (2016)	Rancang Bangun Sistem <i>Smart Trash Can</i> Berbasis Android	a) Tempat sampah dibangun menggunakan papan mikrokontroler Arduino. b) Sensor berat dan ultrasonik untuk mendeteksi tempat sampah penuh atau tidak. c) Dapat mengirimkan lokasi tempat sampah ke aplikasi berbasis Android. d) Mendukung pemilahan sampah logam dan non logam menggunakan sensor <i>proximity</i>.
----	----------------------------------	---	--

Berdasarkan Tabel 2.1 dapat ditarik kesimpulan bahwa kamera cukup baik sebagai untuk menangkap citra sampah organik dan anorganik dengan mengatur pencahayaan agar sampah terlihat jelas dan mengatur latar belakang citra berwarna putih. Layanan *cloud* dan teknologi IoT dapat dimanfaatkan untuk pengelolaan sampah. Sensor ultrasonik HC-SR04 digunakan untuk mendeteksi sampah penuh atau tidak dan mempunyai biaya yang paling rendah untuk keperluan skala kecil. Terakhir, protokol MQTT mempunyai tingkat latensi yang rendah, sehingga proses pertukaran data menjadi lebih cepat.