**1. Pendahuluan**

* 1. **Latar Belakang Masalah**

Lab sharing (laboratorium komputer) merupakan isu yang ada pada operasional laboratorium komputer Universitas Kristen Petra, karena banyak mata kuliah yang menggunakan satu komputer bersamaan, sementara beda mata kuliah butuh konfigurasi yang beda. Seringkali ‘solusinya’ adalah melakukan banyak instalasi software yang berbeda - beda, karena di Lab Pemrograman dan Lab Sistem Informasi, banyak sekali mata kuliah yang menggunakan komputer tersebut. Ada yang melakukan instalasi Docker, dan ada juga yang melakukan instalasi VM. Alhasil, kinerja komputer menjadi berat. Selain dari instalasi, tiap kali komputer akan dipakai untuk mata kuliah lain, komputer harus dikonfigurasi ulang, karena setiap mata kuliah butuh konfigurasi yang berbeda dan setelah kelas selesai, komputer tidak dikonfigurasi ulang ke pengaturan awal, sehingga menyita waktu untuk penkonfigurasian mata kuliah berikut - berikutnya. Pada awal semester ketika tiap - tiap kelas yang melibatkan laboratorium sudah ditentukan, asisten lab akan menanyakan dosen untuk tools yang akan dibutuhkan selama mata kuliah tersebut berlangsung dan oleh karena itu, hasil instalasi membuat kinerja komputer menjadi berat, ditambah dengan setiap aplikasi harus selalu dilakukan instalasi setiap semester semasa mata kuliah berlangsung, mengakibatkan komputer lebih cepat aus (secara hard disk / storage), terlebih kondisi yang lebih berat ketika idle, karena harus melakukan pemrosesan yang lebih berat, membuat lifespan komputer berkurang.

Melihat ke sisi program studi, bisa saja hal ini menjadi rekomendasi, karena cloud computing bisa menjadi sebuah alternatif, karena mengenai aset, setiap 4 atau 5 tahun sekali, komputer di laboratorium harus di upgrade. Hingga 2022, badan yang bertanggung jawab untuk standarisasi komputer, PTIK, juga sudah mencantumkan standar spesifikasi dan pembelian komputer. Perkiraan biaya satu komputer adalah Rp. 6.908.000 - Rp. 7.805.543, akhirnya masalah yang ditimbulkan akhirnya berupa cost, karena setiap 4 sampai 5 tahun, muncullah estimasi biaya yang harus dikeluarkan untuk melakukan upgrade komputer di beberapa laboratorium yang ada di gedung P (jurusan Informatika).

Salah satu permasalahan lain yang timbul dari penggunaan shared resource adalah isu jaringan komputer yang tidak terisolasi mengakibatkan gangguan jaringan pada Universitas. Selain isu jaringan, antar user bisa saling mengganggu karena perubahan konfigurasi yang terus menerus antar mata kuliah dengan karakteristik yang berbeda - berbeda dapat menyebabkan kehilangan data. Perbedaan permintaan atau ketentuan sebuah versi software juga bisa menyebabkan collision pada komputer karena terdapat dua versi yang berbeda dari kebutuhan mata kuliah tersebut. Selain isu hardware, ada juga isu yang ditimbulkan dari segi software, berdampak terhadap mobilitas dan fleksibilitas mahasiswa dalam pembelajaran yang dilakukan. Lisensi aplikasi yang digunakan hanya bisa dilakukan di dalam satu laboratorium tertentu, sehingga apabila mahasiswa ingin mengakses aplikasi tertentu yang berlisensi, maka mahasiswa harus menuju laboratorium tersebut. Walaupun cloud computing menyediakan beberapa layanan komputasi yang relevan untuk isu - isu yang ada di dalam proses pembelajaran, redundansi perangkat masih akan terjadi, karena komputer di dalam laboratorium masih perlu digunakan sebagai media untuk membuka browser.

Maintenance yang dibutuhkan oleh infrastruktur fisik secara software maupun hardware jauh lebih rumit seperti yang disampaikan pada paragraf sebelumnya. Menurut Olaloye, F. J., et al. (2019), "Tidak ada bisnis yang tidak beroperasi secara efektif berdasarkan informasi. Data seperti itu perlu dijaga dan disimpan dengan baik untuk kelancaran bisnis. Hal ini melibatkan dana besar untuk pembelian infrastruktur TI dan sistem penyimpanan yang mahal. Ini menimbulkan beban keuangan yang berat bagi kebanyakan organisasi." (p. 3159). Pengurangan aset fisik di instansi atau perusahaan, terutama pada aset komputer fisik pada Laboratorium Sistem Informasi milik program studi Informatika memang tidak berkaitan dengan data, namun konsep infrastruktur tersebut tetap mirip dan menjadi kekhawatiran. Cloud computing dapat menjadi alternatif yang berguna karena memudahkan scaling dan perubahan spesifikasi atau infrastruktur sewaktu-waktu. Dua hal yang dapat diperhatikan adalah dari permasalahan di atas adalah ketersediaan dan skalabilitas. Hal ini dapat membantu program studi Informatika dalam mengurangi aset fisik dan beralih ke aset digital untuk alasan finansial dan ruang.

Cloud computing merupakan model komputasi yang memungkinkan pengguna untuk mengakses sumber daya komputasi melalui internet, seperti server, jaringan, dan perangkat lunak. Menurut Mell dan Grance (2011), "Cloud computing adalah model untuk memungkinkan akses jaringan yang mudah, terus-menerus, dan on-demand ke sumber daya komputasi yang dapat dikonfigurasi secara bersama (seperti jaringan, server, penyimpanan, aplikasi, dan layanan) yang dapat diatur dan dilepaskan dengan usaha manajemen minimal atau interaksi dengan penyedia layanan" (p. 2). Keuntungan dari model ini adalah pengguna dapat menggunakan sumber daya komputasi secara elastis dan on-demand dengan bantuan teknologi virtualisasi, sehingga dapat mengelola jumlah yang dibutuhkan dalam waktu singkat serta biaya operasional dan investasi dalam infrastruktur IT. Komputasi awan memiliki beberapa kelebihan, seperti memungkinkan pengguna untuk mengakses sumber daya komputasi dari mana saja dan kapan saja, meningkatkan efisiensi operasional, meningkatkan skalabilitas dan elastisitas infrastruktur, serta memudahkan kolaborasi dan integrasi antara pengguna. Beberapa manfaat dari cloud computing yang menonjol adalah CCE (Cloud Computing and Education), Cloud Computing and Remote Learning, dan CBDM (Cloud-based Design and Manufacturing). Sektor pendidikan akan mendapatkan manfaat dari penggunaan teknologi ini, terutama di negara-negara berkembang di mana pendidikan dipengaruhi oleh kendala sosio-ekonomi dan geografis. Menurut Uden et al. (2014), "Masyarakat sekolah dan guru dapat terhubung melalui awan dan internet bahkan pada saat-saat sulit ketika perjalanan ke institusi umum tidak mungkin dilakukan. Oleh karena itu, komputasi awan telah menjadi topik penting dalam penelitian dan diskusi bagi para peneliti pendidikan untuk mengatasi pengetahuan implisit yang diubah menjadi tipe online" (p. 5).

Menanggapi kurangnya penelitian yang ada di bidang pemindahan aset fisik menuju cloud, dapat dikatakan bahwa permasalahan yang diangkat butuh penelitian lebih lanjut. Penelitian yang ditujukan untuk melakukan migrasi aset fisik ke cloud dengan menerapkan sistem pendidikan berdasarkan cloud (virtual lab atau Qwiklabs by Google Cloud Platform) akan ditujukan pada mata kuliah yang ada pada program studi Informatika. Penelitian difokuskan untuk mencari tahu apabila resource yang ada pada cloud computing dapat menjawab permasalahan pemisahan resource yang tidak merata dan menerapkan pembelajaran dengan virtual labs sebagai alternatifnya serta mengidentifikasi apabila layanan cloud dapat mengurangi redudansi perangkat yang ada pada laboratorium. Hasil yang diharapkan dari penelitian ini adalah menjawab isu pemisahan resource berdasarkan mata kuliah dan melakukan perbandingan biaya, sehingga setiap mata kuliah memiliki instance sendiri dan resource yang digunakan sesuai dengan kebutuhan masing - masing mata kuliah, serta lebih efisien dari segi biaya dan optimalisasi infrastruktur.

* 1. **Rumusan Masalah**

1. Penggunaan Cloud dibandingkan aset fisik akankah lebih menguntungkan secara biaya ?
2. Bagaimana kemudahan *maintenance* dan *preparation* Cloud Computing dibandingkan aset fisik ?
3. Bagaimana implementasi Cloud Computing untuk menggantikan *redundancy* perangkat ?
   1. **Tujuan Penelitian**

Tujuan skripsi ini dibuat adalah untuk membandingkan biaya yang dikeluarkan, kemudahan maintenance, keuntungan, kekurangan, dan kemudahan antara penggunaan aset fisik dan penggunaan aset digital. Skripsi akan ditujukan pada beberapa mata kuliah dengan karakteristik yang berbeda untuk mendapatkan data yang lebih akurat dan presisi, terutama dari segi estimasi perbandingan biaya pengeluaran pada masing - masing *instance*, baik komputer fisik maupun *virtual machine* pada Cloud Computing.

* 1. **Manfaat Penelitian**

Manfaat dari dibuatnya skripsi ini adalah dapat memberikan rekomendasi perbandingan biaya untuk permasalahan pengurangan aset fisik di Laboratorium Sistem Informasi dan Laboratorium Pemrograman, serta memberikan solusi untuk pemisahan resource atau sumber daya sesuai kebutuhan per mata kuliah sesuai dengan instance yang berbeda dan spesifik untuk masing - masing penggunaan virtual machine.

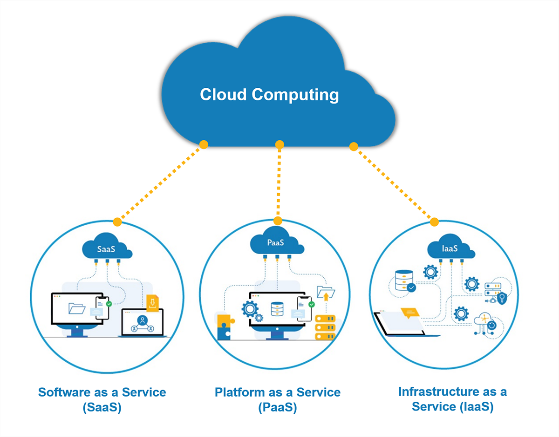
* 1. **Ruang Lingkup**

Ruang lingkup dibatasi pada :

1. Lokasi pengerjaan dilaksanakan di Universitas Kristen Petra.
2. Platform yang digunakan adalah Amazon Web Service menggunakan AWS Learner Lab.
3. Fitur cloud yang digunakan akan menyesuaikan eksplorasi fitur Amazon Web Services, seperti Virtual Machine EC2, AWS Cloud9, AWS RDS, AWS CloudFormation, VPC, dan tidak terbatas pada fitur itu saja.
   1. Fitur CloudFormation akan digunakan untuk melakukan otomasi penyediaan resource komputasi yang akan digunakan untuk pembelajaran mata kuliah.
   2. Fitur EC2 akan lebih menonjolkan konfigurasi CLI menggunakan Amazon Linux.
   3. Fitur AWS Cloud9 akan digunakan untuk mempermudah penyimpanan kode dan pengerjaan kode pada IDE milik AWS.
   4. Fitur VPC akan digunakan sebagai pemisahan resource pada AWS sesuai untuk penggunaan masing - masing mata kuliah.
4. Mata kuliah yang akan diujikan menggunakan Cloud adalah Teknologi Web, Sistem Terdistribusi, Basis Data Lanjutan dan (opsional) Pemrograman Game.
5. Simulasi laboratorium dilakukan di Laboratorium Sistem Informasi dan Laboratorium Pemrograman.
6. Perhitungan biaya akan dilakukan satu semester penuh, menggunakan perbandingan biaya antara penggunaan Cloud dengan komputer Laboratorium Pemrograman dan atau Laboratorium Sistem Informasi.
7. Perhitungan biaya akan dilakukan berdasarkan jam pakai di dalam suatu mata kuliah, berkisar antara 2 jam hingga maksimal 4 jam.
8. Pengujian maintenance akan diukur berdasarkan tingkat kerumitan untuk menyediakan resource untuk mata kuliah yang bersangkutan dan keberlanjutan untuk pertemuan berikut - berikutnya.
9. Pengujian kemudahan akses akan ditinjau dari segi persiapan Laboratorium dan Cloud tepat sebelum digunakan untuk kelas.
10. Perhitungan jumlah laptop atau ketersediaan laptop pribadi mahasiswa masing - masing pada saat mata kuliah berlangsung akan digunakan untuk tingkat feasibility sistem BYOD.
11. Pengujian akan dilakukan di laptop pribadi menggunakan platform cloud computing milik Amazon Web Service menggunakan AWS Learner Lab.
12. Resource yang digunakan berupa tiga jenis karakteristik VM yang berbeda (tidak terbatas pada VM) untuk mata kuliah Sistem Terdistribusi, Teknologi Web, dan Basis Data Lanjutan.
    1. **Sistematika Penulisan**

**2. TINJAUAN PUSTAKA**

1. **Cloud Computing**

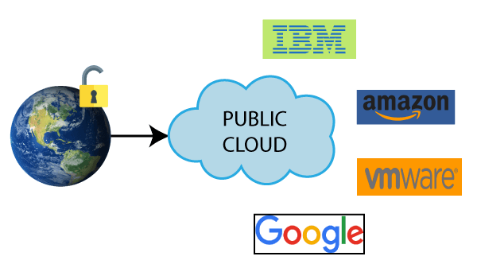


Gambar 1.1 Cloud Computing

Sumber: <https://development.asia/explainer/why-cloud-computing-key-enabler-digital-government>

Sesuai yang disampaikan oleh Mell dan Grance (2011), "Cloud computing adalah model untuk memungkinkan akses jaringan yang mudah, terus-menerus, dan on-demand ke sumber daya komputasi yang dapat dikonfigurasi secara bersama (seperti jaringan, server, penyimpanan, aplikasi, dan layanan) yang dapat diatur dan dilepaskan dengan usaha manajemen minimal atau interaksi dengan penyedia layanan" (p. 2). Menurut Riahi (2015), Cloud Computing adalah infrastruktur yang menjanjikan yang menyediakan sumber daya komputasi dan penyimpanan sebagai layanan. Dunia teknologi dan layanan Cloud computing diklasifikasikan ke dalam empat kategori: i) SaaS (Software as a Service), yang menyediakan aplikasi perangkat lunak sebagai layanan, ii) PaaS (Platform as a Service), yang menyediakan platform sebagai layanan yang menarik bagi para programmer dan mendukung bahasa pemrograman, iii) IaaS (Infrastructure as a Service), yang menyediakan layanan infrastruktur seperti hardware dan media penyimpanan, dan iv) Business Intelligence (BI), yang memanfaatkan berbagai sumber informasi seperti informasi konsumen, informasi layanan, produk, log iklan, dan informasi terkait seperti sejarah penjualan produk atau transaksi pelanggan. Sesuai yang dikatakan oleh Solanke Vikas et. al. (2013), Pada dasarnya, sumber daya TI disewakan dan dibagi di antara beberapa penyewa sebagaimana ruang kantor, apartemen, atau ruang penyimpanan digunakan oleh penyewa. Dikirimkan melalui koneksi Internet, "awan" menggantikan pusat data perusahaan atau server yang menyediakan layanan yang sama (p. 9).

1. **Public Cloud**



Gambar 1.2 Public Cloud

Sumber: https://www.javatpoint.com/public-cloud

Solanke Vikas et. al. (2013) mengatakan bahwa “public cloud digunakan sebagai layanan melalui Internet oleh pengguna. Pengguna harus membayar tagihan bulanan untuk layanan public cloud. Public cloud berfungsi pada prinsip utama skalabilitas permintaan penyimpanan, yang berarti tidak memerlukan perangkat keras” (p. 80). Jenis layanan komputasi awan yang disebut public cloud computing disediakan oleh penyedia luar dan tersedia secara online, melibatkan banyak pengguna, yang disebut sebagai penyewa atau pelanggan, yang berbagi sumber daya TI termasuk server, penyimpanan, dan aplikasi. Pelanggan hanya membayar untuk apa yang mereka gunakan dalam public cloud karena penyedia layanan memiliki, mengelola, dan memelihara infrastruktur. Kemampuan untuk dengan cepat dan efektif meningkatkan atau menurunkan sumber daya adalah salah satu penawaran utama dari public cloud computing, yang membuatnya menjadi pilihan yang fleksibel untuk instansi dari berbagai ukuran. Keuntungan lainnya termasuk harga, karena rata - rata public cloud menerapkan sistem pay-as-you-go sesuai yang sudah disebut di atas.

* 1. **Amazon Web Service**



Gambar 2.1 Amazon Web Services

Sumber: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Amazon\_Web\_Services\_Logo.svg

AWS (Amazon Web Services) adalah platform komputasi awan dan layanan penyimpanan awan yang memungkinkan perusahaan, pemerintah, dan individu untuk menyimpan data mereka dan menawarkan API (*Application Programming Interface*) (BANDARU, 2020, 1). Platform komputasi awan Amazon Web Services (AWS) menawarkan kombinasi dari perangkat lunak sebagai layanan (SaaS), infrastruktur sebagai layanan (IaaS), dan platform sebagai layanan (PaaS) (Barney, n.d.). Daya komputasi, penyimpanan database, distribusi konten, dan layanan lainnya termasuk di dalamnya. Melalui penggunaan REST API, CLI, atau konsol AWS, pelanggan AWS dapat mengakses *cluster* virtual komputer dengan ketersediaan yang sangat tinggi (*high availability*) melalui internet. Bermula pada tahun 2004 sebagai virtual-servers-as-a-service, AWS rilis ulang pada tahun 2006 dan meluncurkan 3 servis, yaitu *Amazon S3*, *SQS*, dan *EC2*. Pada tahun 2009, *S3* dan *EC2* diluncurkan di Eropa dan *Elastic Block Store* bersama dengan *Amazon CloudFront* dirilis dan diadopsi oleh AWS. Semenjak tahun 2013, AWS mulai menawarkan program sertifikasi untuk layanan AWS dan pada tahun 2018, perilisan *autoscaling* mulai dilakukan. AWS memungkinkan pengguna untuk membuat aplikasi mereka menjadi lebih baik dan mudah digunakan dengan antarmuka yang halus, AWS menyediakan struktur yang halus untuk setiap industri (BANDARU, 2020, p. 2).

* 1. **EC2 Instance**

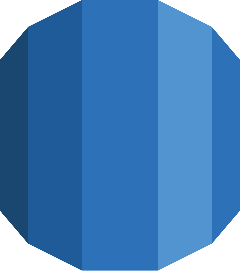
****

Gambar 2.2 Amazon EC2

Sumber: https://towardsai.net/p/cloud-computing/step-by-step-creation-of-an-ec2-instance-in-aws-and-access-it-via-putty-winscp

Amazon EC2 (Elastic Compute Cloud) dianggap sebagai layanan web yang menawarkan kapasitas komputasi ke cloud yang dapat diubah ukurannya (Bandaru, 2020, p.2). Amazon Elastic Compute Cloud membantu dalam menyediakan kapasitas komputasi yang dapat diubah ukurannya karena pengguna dapat menggunakan komputasi sesuai dengan kebutuhannya. Pengguna dapat menggunakan sumber daya sebanyak yang diinginkan dengan melihat jumlah pengguna. Pengguna juga dapat meningkatkan sumber daya selama waktu puncak atau juga dapat meminimalkannya dan dipercaya bahwa Waktu henti 7x lebih sedikit dibandingkan dengan penyedia cloud lainnya, bahkan EC2 juga tersedia di 22 wilayah dan memiliki 69 zona ketersediaan (Singh et al., 2021, p. 3918). Unit dasar dari EC2 adalah “instance”, yang mewakili sumber daya virtual dengan karakteristik komputasi, penyimpanan, dan jaringan tertentu, menjalankan Sistem Operasi (OS) tertentu dan secara fisik berlokasi di salah satu pusat data Amazon di seluruh dunia. Karakteristik di atas juga menentukan biaya instance. Ada dua jenis instance utama: i) Instance On-Demand (ODI) dan ii) Instance yang Dipesan (RI). Dengan ODI, pengguna membayar kapasitas komputasi per jam, tanpa komitmen jangka panjang, sedangkan dengan instance yang dipesan, pengguna melakukan pembayaran satu kali untuk memesan sebuah instance dan kemudian membayar lagi per jam tetapi dengan diskon yang signifikan (P et al., 2014, p. 4).

* 1. **Amazon RDS**

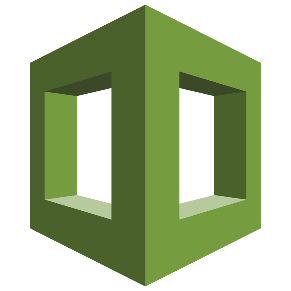
****

Gambar 2.3 Amazon RDS

Sumber: https://anypoint.mulesoft.com/exchange/organizations/68ef9520-24e9-4cf2-b2f5-620025690913/assets/com.mulesoft.connectors/mule-amazon-rds-connector/icon/svg/?sha=587fe2cc7f169912d3a36aa7fed5b5cd25e16f0c

Amazon Relational Database Service (Amazon RDS) adalah layanan basis data cloud yang sepenuhnya dikelola dan open-source yang memungkinkan Anda untuk dengan mudah mengoperasikan dan menyesuaikan skala basis data relasional pilihan Anda, termasuk Amazon Aurora, PostgreSQL, SQL Server, dan MySQL (Amazon Web Services, n.d. -a). Amazon RDS memungkinkan pengguna untuk membuat dan mengoperasikan database relasional di cloud yang merupakan solusi hemat biaya dan mudah dikelola dibandingkan dengan database on-premise dan juga membantu untuk mengurangi intervensi manual pada tugas-tugas database. Ini menawarkan berbagai jenis RDBMS seperti Oracle, Microsoft SQL Server, PostgreSQL, MySQL, dan MariaDB (G, 2018, p.3). Amazon RDS memudahkan dalam proses *scale up*, karena hanya dengan beberapa klik, maka database akan *scale up*, kedua Amazon RDS cepat karena tidak perlu menyediakan infrastruktur fisik, selain itu Amazon RDB juga tidak mahal dan aman karena menggunakan IPsec VPN yang terenkripsi (G, 2018, p.3).

* 1. **Amazon CloudFormation**

****

Gambar 2.4 Amazon Lightsail

Sumber: https://coralogix.com/wp-content/uploads/2023/01/aws-cloudformation-1000X1000.png

AWS CloudFormation adalah alat yang membantu dalam pemodelan dan konfigurasi sumber daya AWS Anda sehingga lebih banyak waktu dapat digunakan untuk fokus pada aplikasi berbasis AWS dan menghabiskan lebih sedikit waktu untuk melakukan *maintenance* terhadap sumber daya tersebut. Sumber daya AWS yang dibutuhkan (seperti instance Amazon EC2 dan Amazon RDS) tercantum dalam template yang dibuat, dan CloudFormation menangani penempatan dan konfigurasi sumber daya tersebut (Amazon Web Services, n.d. -b). Perancangan dan penyediaan instalasi infrastruktur AWS yang teratur dapat dilakukan dengan CloudFormation. Tanpa harus memikirkan tentang mengembangkan dan mengkonfigurasi infrastruktur AWS yang mendasar, ini memungkinkan untuk menggunakan teknologi AWS seperti Amazon EC2, Amazon Elastic Block Store, Amazon SNS, Elastic Load Balancing, dan Auto Scaling untuk membangun aplikasi yang andal, *scalable*, dan hemat biaya (Amazon Web Services, n.d. -c).

* 1. **Amazon Cloud9**

****

Gambar 2.5 AWS Cloud9

Sumber: https://miro.medium.com/v2/resize:fit:400/1\*NgtJ1cJU5TG1oB0qh8\_Reg.png

AWS Cloud9 adalah IDE berbasis cloud yang memungkinkan untuk menulis, menjalankan, dan melakukan *debug* kode hanya dengan menggunakan browser web. Ini dikonfigurasi sebelumnya dengan pendukung penting berkaitan dengan bahasa pemrograman populer, dan memungkinkan untuk mengerjakan proyek dari lokasi manapun menggunakan perangkat yang terhubung ke internet. Cloud9 juga memberikan akses mengembangkan aplikasi tanpa server dan memungkinkan untuk dengan cepat membagikan lingkungan pengembangan dengan tim pengerjaan (Amazon Web Services, 2017).

* 1. **VPC**

****

Gambar 2.6 VPC

Sumber: https://cdn.worldvectorlogo.com/logos/aws-lambda.svg

Menurut More & Jadhav (2019), “Amazon memungkinkan pengguna untuk membuat koneksi VPN IPsec antara VPC dan jaringan pelanggan yang jauh satu sama lain melalui internet. Ini berarti bahwa Amazon VPC memungkinkan pengguna untuk meluncurkan instance Amazon Web Services (AWS) ke dalam lingkungan yang telah ditentukan” (p. 8433).  Setiap VPC yang diberikan dapat dibagi secara logis menjadi jaringan yang lebih kecil yang disebut subnet. Sangat berguna ketika Anda memiliki terlalu banyak domain atau departemen di organisasi Anda. Di Amazon Web Services, pengguna dapat membuat subnet publik atau pribadi di dalam VPC (Venkatesh et al., 2020, p. 58).