

## CSIS Research Report

---

# TERBANG TINGGI DI ATAS “AWAN”:

BAGAIMANA ADOPSI TEKNOLOGI  
AWAN DI SEKTOR PUBLIK  
MENINGKATKAN PEMBANGUNAN  
EKONOMI INDONESIA

Departemen Ekonomi



# TERBANG TINGGI DI ATAS “AWAN”: BAGAIMANA ADOPSI TEKNOLOGI AWAN DI SEKTOR PUBLIK MENINGKATKAN PEMBANGUNAN EKONOMI INDONESIA



A Research Report by CSIS Indonesia

Research Team Members:  
Yose Rizal Damuri, Deni Friawan,  
Adinova Fauri, Haryo Aswicahyono,  
Ahmad Heri Firdaus, Ega Kurnya Yazid,  
Lestary J Barany, Ira Setiati Titiheruw,  
Rania Teguh.

The CSIS Research Report is a means by which members of the Centre for Strategic and International Studies (CSIS) research community can quickly disseminate their research findings and encourage exchanges of ideas.

The author(s) welcome comments on the present form of this Research Report. The views expressed here are those of the author(s) and are not intended to be attributed to CSIS Indonesia.

## Ucapan Terima Kasih

Kami ingin mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Pendayagunaan Aparatur Negara dan Reformasi Birokrasi dan Kementerian Komunikasi dan Informatika Republik Indonesia atas waktu dan kerjasamanya, yang telah memberikan pandangan terutama yang berkaitan dengan konsep dan rencana nasional untuk pengadopsian teknologi digital di sektor publik. Rasa terima kasih juga kami sampaikan pada jajaran Pemerintahan Daerah Provinsi dan Kabupaten/Kota di DKI Jakarta, Bali, Bandung, Gorontalo, dan Surabaya yang telah berkontribusi dan memberikan informasi dalam serangkaian diskusi yang kami selenggarakan. Kami juga ingin mengucapkan terima kasih pada Amazon Web Services (AWS) Indonesia atas bantuan dan input yang mendalam sehingga dapat membantu Kami dalam penyelesaian studi ini. Terakhir, kami juga ingin mengucapkan terima kasih pada the Asia Cloud Computing Association (ACCA), Asia Internet Coalition (AIC), dan Business Software Alliance (BSA) yang telah meluangkan waktunya untuk bertemu dengan tim dan memberikan pemahaman yang komprehensif terkait dengan isu dalam pengadopsian komputasi awan di sektor publik di negara lain.

# Daftar Isi

<b>Ucapan Terima Kasih</b>	<b>1</b>
<b>Tabel, Grafik, dan Boks</b>	<b>4</b>
<b>Ringkasan Eksekutif</b>	<b>5</b>
<b>Bab 1</b>	
<b>Pendahuluan</b>	<b>9</b>
1.1 Latar Belakang	9
1.2 Tujuan	10
1.3 Metodologi	10
<b>Bab 2</b>	
<b>Komputasi Awan: Definisi, Karakteristik, Tipe dan Penyebaran</b>	<b>11</b>
2.1 Definisi	11
2.2 Karakteristik Komputasi Awan	12
2.3 Jenis Jasa Komputasi Awan	14
2.4. Model Penerapan Komputasi Awan	16
<b>Bab 3</b>	
<b>Tren Adopsi Cloud dan Kasus Penggunaan di Sektor Publik Indonesia</b>	<b>19</b>
3.1 Adopsi Komputasi Awan dalam Sektor Publik di Indonesia	19
3.2 Alasan Mengadopsi Layanan Komputasi Awan/Cloud Computing	20
3.3 Jenis Solusi Cloud dan Model Layanan Cloud yang diadopsi Sektor Publik	22
<b>Bab 4</b>	
<b>Manfaat Komputasi Awan di Sektor Publik</b>	<b>24</b>
4.1 Nilai Komputasi Awan untuk Sektor Publik	24
4.2 Komputasi Awan Menurunkan Biaya	27
4.3 Komputasi Awan Meningkatkan Efisiensi dan Produktivitas	29
4.4 Komputasi Awan Meningkatkan Fleksibilitas dan Memungkinkan Layanan Publik Mencapai Skala Ekonomis	30
4.5 Komputasi Awan Meningkatkan Ketahanan	33
<b>Bab 5</b>	
<b>Dampak Ekonomi Komputasi Awan dalam Sektor Publik di Indonesia</b>	<b>36</b>



5.1 Dampak Terhadap Pertumbuhan Ekonomi, Investasi dan Penyerapan Tenaga Kerja	36
5.2 Dampak Terhadap Output Sektoral	38
5.3 Dampak Terhadap Tenaga Kerja Sektoral	39
<b>Bab 6</b>	
<b>Hambatan dan Tantangan Adopsi Komputasi Awan di Sektor Publik</b>	<b>41</b>
6.1 Resiko Keamanan Data dan Privasi Data	41
6.2 Ketidakpastian Hukum dan Regulasi	44
6.3 Sistem Pengadaan Pemerintah	46
6.4 Ketrampilan dan Sumberdaya Manusia	47
6.5 Infrastruktur Broadband	49
<b>Bab 7</b>	
<b>Rekomendasi Kebijakan</b>	<b>50</b>
7.1 Menciptakan Ekosistem Kebijakan yang Mendukung Komputasi Awan	50
7.2 Mengembangkan Strategi dan Rencana Adopsi Awan yang Solid dan Jelas Dapat Diterapkan	52
<b>Pustaka</b>	<b>55</b>
<b>Lampiran</b>	<b>56</b>
Computation General Equilibrium	56

## Grafik

Grafik 3.1 Adopsi Komputasi Awan di Sektor Publik	19
Grafik 3.2 Alasan Mengadopsi Teknologi cloud di Sektor Publik	21
Grafik 3.3 Jenis Layanan Cloud yang Diadopsi di Sektor Publik	22
Grafik 3.4 Model Adopsi Layanan Cloud di Sektor Publik	23
Grafik 4.2 Berbagai Perspektif mengenai Manfaat Layanan Awan	26
Grafik 4.3 Perbaikan dalam Berbagai Aspek Organisasi Sesudah Menggunakan Layanan Awan	27
Grafik 4.4 Dampak Penghematan Biaya dari Penggunaan Komputasi Awan untuk Sektor Publik	28
Grafik 4.5 Perubahan Belanja Investasi dan Operasional Sebelum dan Sesudah Adopsi Awan	29
Grafik 4.6 Perbaikan Produktivitas Pekerja	30
Grafik 4.7 Adopsi Komputasi Awan Memperbaiki Pengembangan Aplikasi	32
Grafik 4.8 Estimasi Peningkatan Pendapatan	33
Grafik 4.8 Adopsi Komputasi Awan Membangun Ketahanan Institusi	34
Grafik 5.1 Dampak Adopsi Awan di Sektor Publik Indonesia terhadap Beberapa Indikator Utama Makroekonomi	38
Grafik 5.2 Dampak Adopsi Komputasi Awan oleh Sektor Publik Indonesia terhadap Output Sektoral	39
Grafik 5.3 Dampak Adopsi Komputasi Awan oleh Sektor Publik Indonesia Terhadap Penyerapan Tenaga Kerja Sektoral	40
Grafik 6.1 Alasan Tidak Mengadopsi Teknologi Awan Menurut Sektor Publik	41
Grafik 6.2 Tantangan Mengadopsi Layanan Awan	42
Grafik 6.3 Berbagai Cara Instansi Publik Memenuhi Kebutuhan Tenaga Teknologi Informasi untuk Adopsi Awan	48

## Tabel

Tabel 2.1 Karakteristik Komputasi Awan	12
Tabel 2.2 Model Layanan Komputasi	15
Tabel 2.3 Model Penerapan Cloud	16
Tabel 4.1 Manfaat Komputasi Awan	24

## Boks

Boks 1. Transformasi Digital Bali dengan Cloud	21
Boks 2. Komputasi Awan Menawarkan Manfaat Lingkungan Hidup	32
Boks 3. Ego Sektoral di Indonesia	43

## Ringkasan Eksekutif

Penggunaan teknologi komputasi awan untuk transformasi dan inovasi digital menjadi langkah penting yang dilakukan oleh pemerintah di seluruh dunia, termasuk Indonesia. Pemerintah Indonesia telah memperkenalkan beberapa kebijakan untuk memfasilitasi agenda transformasi digital di Indonesia dan meningkatkan penyampaian layanan publik. Pemerintah Indonesia menerbitkan Peraturan Pemerintah No. 71 (GR 71) tentang Penyelenggaraan Sistem dan Transaksi Elektronik pada tahun 2019 dan memperkenalkan rencana peningkatan serat optik Palapa Ring untuk menjadi tulang punggung sistem telekomunikasi nasional. Pemerintah juga telah mengumumkan rencana untuk mengembangkan Government Cloud atau Pusat Data Nasional (PDN) yang terintegrasi, yang bertujuan untuk mengkonsolidasikan dan merampingkan berbagai aplikasi layanan publik menuju Sistem Pemerintahan Berbasis Elektronik (SPBE) atau electronic government (e-government) system.

Terlepas dari kemajuan ini, adopsi komputasi awan di Indonesia, terutama di sektor publik, masih terbatas. E-government di Indonesia masih dalam tahap awal adopsi menurut peringkat E-Government Development Index (EGDI). Survei E-Government yang dilakukan PBB tahun 2020 menunjukkan bahwa EGDI Indonesia berada di peringkat 88, dari 193 negara. Di belakang negara lain yang sebanding seperti Malaysia yang berada di peringkat 47. Fakta ini menunjukkan bahwa digitalisasi layanan publik di Indonesia perlu lebih ditingkatkan. Ada beberapa masalah mendasar yang dapat menghambat adopsi awan yang meliputi kualitas dan akses ke infrastruktur, kurangnya talenta digital, dan perlunya kerangka kebijakan dan peraturan yang lebih mendukung tentang komputasi awan di Indonesia.

Studi ini bertujuan untuk memberikan gambaran tentang adopsi komputasi awan di sektor publik Indonesia, membahas beberapa keuntungan krusial dan tantangan yang dihadapi oleh sektor publik yang menggunakannya, mengukur dampak ekonomi dari teknologi awan, dan merumuskan rekomendasi kebijakan. Studi ini diharapkan dapat berkontribusi untuk membuka potensi penuh komputasi awan, khususnya dalam meningkatkan layanan publik. Untuk mencapai tujuan tersebut, penelitian ini menggunakan pendekatan metode campuran yang meliputi pendekatan kuantitatif dan kualitatif. Studi ini melakukan survei, diskusi kelompok terfokus, dan wawancara dengan personel TI dan pengambil keputusan di sektor publik, termasuk instansi Pemerintah Daerah dan Pusat, universitas dan rumah sakit yang berada di 5 provinsi, yaitu DKI Jakarta, Jawa Barat, Jawa Timur, Bali, dan Gorontalo. Berikut adalah beberapa temuan utama yang ditemukan dalam penelitian ini:

Prospek adopsi awan di sektor ini diperkirakan akan meningkat, meskipun layanan komputasi awan saat ini masih digunakan oleh sebagian kecil institusi di sektor publik Indonesia. Hanya 30%, dari 169 lembaga publik yang disurvei, menunjukkan bahwa mereka cukup familiar dengan layanan awan. Di sektor kesehatan atau

rumah sakit, angkanya lebih rendah (8,8%) dan untuk kalangan Pemerintah Daerah tercatat 25%. Namun, prospek adopsi awan di sektor publik Indonesia cukup cerah, karena hampir 40% organisasi publik berencana untuk menggunakannya di masa depan.

Adopsi teknologi awan di sektor publik Indonesia terutama didorong oleh tujuan institusi untuk meningkatkan tujuan operasional, kualitas layanan, dan produktivitas organisasi. Alasan efisiensi biaya bukan menjadi alasan utama. Mayoritas (75%) organisasi publik yang menggunakan layanan awan, mengungkapkan bahwa mereka menggunakan layanan awan untuk meningkatkan efektivitas operasional mereka, diikuti oleh peningkatan kualitas layanan (71%), untuk meningkatkan produktivitas organisasi (61%), untuk mempromosikan berbagi informasi dan koordinasi (53%), dan untuk mengubah skala secara fleksibel (51%). Selain itu, banyak institusi publik yang mengadopsi teknologi awan hanya sebagai tambahan atau perpanjangan dari on-premise dan colocation, hanya ketika mereka menganggap kapasitas yang ada tidak lagi cukup untuk memenuhi kebutuhan organisasi dan tidak melibatkan data sensitif.

*Infrastructure as a Service* (IaaS) paling disukai oleh sebagian besar institusi publik untuk membangun aplikasi, situs web, serta menyimpan data, di mana mereka menangani pengembangan dari awal. Sekitar 18% lembaga publik yang disurvei telah menggunakan layanan awan untuk aplikasi, situs web, penyimpanan/berbagi file, dan email. Hampir 50 institusi publik yang saat ini menggunakan awan dan hampir 33% organisasi publik yang berencana menggunakan layanan awan menyebutkan *Infrastructure as a Service* (IaaS) sebagai jenis model layanan yang sedang mereka gunakan atau rencanakan untuk digunakan. Ini, sekali lagi, menunjukkan bahwa teknologi awan di sektor publik lebih banyak digunakan untuk alasan ekspansi kapasitas.

Lebih dari 27% dan hampir 10% institusi publik yang menggunakan awan menunjukkan bahwa institusi mereka memperoleh penghematan biaya masing-masing sekitar 0-10% dan 11-20%. Setelah adopsi awan, jumlah aplikasi tahunan yang dikembangkan meningkat dari hampir 4 aplikasi menjadi lebih dari 6 aplikasi dan rata-rata waktu yang dihabiskan oleh warga untuk mengakses aplikasi meningkat dari sekitar 7 jam menjadi lebih dari 8 jam. Hal ini menunjukkan penggunaan layanan TI yang lebih tinggi yang disediakan oleh lembaga publik oleh masyarakat umum. Rata-rata waktu henti/*downtime* yang tidak direncanakan per bulan menurun dari 3,7 jam menjadi 0,5 jam dan jumlah insiden waktu kritis turun dari hampir 2 kali per bulan menjadi 0,3 kali per bulan. Insiden keamanan per bulan juga menurun dari 1,7 jam per bulan menjadi 0,6 jam per bulan. Akhirnya, pemanfaatan layanan awan di lembaga publik mengurangi waktu yang diperlukan untuk mengelola server/database/aplikasi sekitar 21%, meskipun jumlah staf yang dibutuhkan untuk mengelola server/database/aplikasi meningkat sebesar 33% karena sebagian besar lembaga ini tetap menjalankan layanannya. warisan di tempat atau server colocation.



Adopsi komputasi awan tidak hanya bermanfaat bagi institusi publik itu sendiri, tetapi juga perekonomian Indonesia. Adopsi teknologi komputasi awan di sektor publik Indonesia dapat meningkatkan PDB negara mulai dari Rp 2,8 triliun (pertumbuhan PDB 0,03 poin persentase) hingga Rp 35 triliun (pertumbuhan PDB 0,37 poin persentase) dan dapat berkontribusi pada peningkatan lapangan kerja, sekitar 0,02 hingga 0,08 poin persentase (menciptakan hingga 95 ribu pekerjaan baru). Menariknya, bagaimanapun, penggunaan teknologi komputasi awan di lembaga publik Indonesia dapat menyebabkan penurunan ICOR sekitar -0,1 hingga -1,23 poin persentase, yang menyiratkan peningkatan efisiensi dalam perekonomian secara keseluruhan.

Pada tingkat sektoral, adopsi komputasi awan dapat berdampak positif pada semua sektor ekonomi, dengan efek terbesar diterima oleh sektor elektronik dan komputer. Menariknya, layanan pemerintah umum dan layanan pemerintah lainnya menerima efek terkecil dari adopsi komputasi awan di sektor publik Indonesia, yang menunjukkan peningkatan alokasi sumber daya pemerintah, dari sektor yang kurang penting ke sektor yang lebih fundamental. Selain peningkatan efisiensi, adopsi teknologi komputasi awan di sektor publik Indonesia juga dapat meningkatkan penyerapan tenaga kerja di banyak sektor.

Terlepas dari potensi manfaat tersebut, adopsi komputasi awan di sektor publik Indonesia menghadapi beberapa hambatan dan tantangan serius. Faktor-faktor penghambat ini termasuk kesalahpahaman tentang risiko keamanan dan masalah privasi data, kurangnya kepastian peraturan dan dukungan hukum, sistem pengadaan yang tidak jelas dan biaya adopsi awan, serta kurangnya keterampilan dan infrastruktur *broadband* yang mendukung. Misalnya, mayoritas non-pengguna dan pengguna awan (atau masing-masing lebih dari 55% dan hampir 65%) menyebutkan kekhawatiran tentang keamanan dan privasi data sebagai faktor utama yang mencegah atau membatasi mereka untuk menggunakan awan. Kekhawatiran ini berakar pada keinginan untuk mengoperasikan jaringan lembaga sendiri dan ketidakpercayaan untuk membaginya dengan pihak lain. Masalah ini disebabkan oleh kesalahpahaman umum tentang keamanan dan perlindungan data di lingkungan awan karena banyak pejabat pemerintah tidak dapat sepenuhnya memahami cara kerja perlindungan dan keamanan data di sistem awan.

Ketidakpastian tentang undang-undang dan peraturan yang ada merupakan faktor nyata lain yang menghambat adopsi komputasi awan di sektor publik, seperti yang diungkapkan oleh 33% non-pengguna menunjukkan lebih dari 25% pengguna awan. Hambatan ini terkait dengan risiko keamanan dan masalah perlindungan data. Meskipun undang-undang dan peraturan yang ada, seperti GR71 dan Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika No. 5/2020 (MR5), telah memberikan kerangka hukum untuk layanan komputasi awan di Indonesia, masih ada tingkat ambiguitas, ketidakpastian, dan peraturan yang terfragmentasi. lingkungan komputasi awan di Indonesia.

Inisiatif NDC yang merupakan bagian dari kerangka hukum untuk layanan e-government—Peraturan Pemerintah No. 95/2018 (GR 95), juga harus digunakan untuk berkontribusi pada tingkat adopsi komputasi awan yang lebih tinggi di lembaga publik Indonesia. Untuk mempersiapkan NDC yang ditargetkan selesai pada tahun 2024, Menteri Komunikasi dan Informatika (Menkominfo) telah menerbitkan dua Surat Edaran (KL), yaitu: CL No. 5/2020 dan CL No.3/2021. Kedua surat edaran ini saling bertentangan dan menciptakan kebingungan di antara lembaga-lembaga publik, menghambat penciptaan lingkungan peraturan yang holistik dan menguntungkan bagi lembaga-lembaga publik untuk mengadopsi teknologi awan.

Untuk benar-benar memanfaatkan potensi awan dalam meningkatkan layanan publik Indonesia dan sepenuhnya meningkatkan pembangunan ekonomi negara, harus ada kolaborasi yang lebih baik antara pemangku kepentingan untuk memberikan solusi atas masalah tersebut, terutama bagi Pemerintah Indonesia. Pertama, harus ada lingkungan peraturan yang menguntungkan untuk awan. Hal ini dapat dilakukan dengan meningkatkan pemahaman di antara pejabat pemerintah tentang keamanan dan perlindungan data di awan; menerapkan mekanisme akuntabilitas data dan mengembangkan kerangka klasifikasi data; dan mencegah potensi kontradiksi antara Pemerintah Pusat dan Daerah. Kedua, harus ada strategi awan dan rencana adopsi yang kuat dan dapat diterapkan. Ini dapat diimplementasikan dengan mengidentifikasi prioritas dan menentukan cakupan migrasi awan pemerintah; dimulai dengan proyek percontohan kecil dan menahan diri dari memulai siklus baru/*reinventing the wheels*; dan membangun fondasi awan yang kuat dan unit koordinasi baru untuk pemerintahan digital.

# Bab 1

## Pendahuluan

### 1.1 Latar Belakang

Komputasi awan—yang didefinisikan sebagai infrastruktur, layanan, dan perangkat lunak sesuai permintaan melalui jaringan, mendapat banyak perhatian di sektor swasta dan publik. Bagi sektor publik, komputasi awan menawarkan peluang distribusi layanan publik digital menjadi lebih fleksibel, lebih cepat, dan lebih murah dibandingkan dengan infrastruktur teknologi informasi (TI) tradisional, sekaligus mendorong pertumbuhan ekonomi. Akibatnya, komputasi awan semakin diakui sebagai blok bangunan teknologi inti untuk transformasi dan inovasi digital di banyak negara di seluruh dunia, termasuk di Indonesia.

Implementasi agenda transformasi digital Indonesia secara signifikan telah mendorong pemanfaatan teknologi komputasi awan sebagai salah satu pendukung penting untuk transisi ini. Sebagai contoh, tekad Pemerintah Indonesia untuk menerapkan teknologi awan diindikasikan dengan pemberlakuan Peraturan Pemerintah No. 71 (PP 71) tentang Penyelenggaraan Sistem dan Transaksi Elektronik pada tahun 2019 dan rencana peningkatan serat optik Palapa Ring. Pemerintah Indonesia juga telah mengumumkan rencana untuk mengembangkan *Government Cloud* atau Pusat Data Nasional (PDN) terintegrasi (secara lokal dikenal sebagai Pusat Data Nasional (PDN)). PDN mengkonsolidasikan dan mengefektifkan berbagai aplikasi pelayanan publik menuju Sistem Pemerintahan Berbasis Elektronik (SPBE) atau *electronic government (e-government)*.

Meski mengalami kemajuan seperti disebutkan di atas, adopsi komputasi awan di Indonesia, khususnya di sektor publik, masih terbatas dan jauh tertinggal dari negara lain. Permintaan layanan awan di negara ini terutama didorong oleh sektor swasta. Beberapa aplikasi *e-commerce* dan *ride-hailing* utama di Indonesia, seperti GoTo dan Grab, telah menggunakan teknologi komputasi awan untuk mempercepat pertumbuhan pasar UKM dengan menyiapkan sistem pembayaran dan pengiriman digital serta mengadopsi instrumen analisis bisnis. Sebaliknya, *e-government* di Indonesia tersebut masih dalam tahap awal adopsi menurut peringkat E-Government Development Index (EGDI). Survei E-Government PBB 2020 menunjukkan bahwa EGDI Indonesia berada di peringkat 88, dari 193 negara. Ini jauh di belakang negara-negara lain di kawasan, seperti Singapura (11), Malaysia (47), Thailand (57), dan Brunei Darussalam (60). Hasil survei ini menunjukkan bahwa digitalisasi pelayanan publik di Indonesia perlu lebih ditingkatkan.

Saat ini, masih ada beberapa tantangan yang dapat menghambat adopsi komputasi awan di Indonesia seperti kualitas dan akses ke infrastruktur telekomunikasi, penerapan praktik terbaik internasional pada kebijakan data dan digital, serta minimnya talenta digital. Selain itu, terdapat pula ketidakpastian, inkonsistensi, dan fragmentasi kebijakan dan regulasi terkait komputasi awan di Indonesia. Beberapa

ketentuan dalam kerangka hukum yang ada di Indonesia terkait dengan layanan awan telah menciptakan ambiguitas dan terputusnya ekosistem kebijakan dan peraturan. Misalnya, kebijakan konten lokal yang ketat di Indonesia yang diatur dalam PP 71 membuat perkembangan ekosistem digital menjadi terhambat.

Dengan demikian, menarik untuk memahami lebih lanjut hambatan dan tingkat adopsi komputasi awan di sektor publik Indonesia. Kajian ini memberikan gambaran tentang adopsi komputasi awan di sektor publik Indonesia, membahas beberapa manfaat dan tantangan utama yang dihadapi sektor publik, mengukur dampak ekonomi dari teknologi awan, dan merumuskan rekomendasi kebijakan. Studi ini diharapkan dapat berkontribusi untuk membuka seluruh potensi komputasi awan, khususnya dalam peningkatan layanan publik di Indonesia. Kebijakan *cloud-first* perlu diarahkan menciptakan regulasi berwawasan ke depan yang lebih menstimulasi adopsi awan.

## 1.2 Tujuan

Studi ini bertujuan untuk mengevaluasi tingkat adopsi komputasi awan di sektor publik Indonesia. Beberapa tujuan studi ini meliputi:

1. Memetakan kondisi adopsi IT dan awan saat ini di sektor publik di Indonesia
2. Mengestimasi dampak ekonomi dari adopsi awan di sektor publik Indonesia
3. Mengidentifikasi masalah dan tantangan utama (infrastruktur, keterampilan, peraturan, dll.) yang menghambat adopsi komputasi awan yang lebih luas di sektor publik Indonesia.
4. Memberikan rekomendasi kebijakan untuk meningkatkan adopsi komputasi awan di sektor publik Indonesia.

## 1.3 Metodologi

Studi ini menggunakan pendekatan metode kuantitatif dan kualitatif untuk memenuhi tujuan penelitian secara tepat. CSIS melakukan survei, diskusi terfokus (FGD) dan wawancara dengan personel IT dan pengambil keputusan di sektor publik, termasuk instansi pemerintah daerah dan pusat, universitas dan rumah sakit yang berada di 5 provinsi, yaitu DKI Jakarta, Jawa Barat, Jawa Timur, Bali, dan Gorontalo. Komposisi sampel survei diperoleh dengan menggunakan metode purposive sampling yang terdiri dari Instansi Pemerintah Pusat (12%), Instansi Pemerintah Daerah (40%), Perguruan Tinggi/Universitas (28%), dan Rumah Sakit (20%). Selain survei, FGD dan wawancara, penelitian ini melakukan analisis kuantitatif menggunakan *Computable General Equilibrium* (CGE) untuk memperkirakan dampak adopsi teknologi awan di sektor publik Indonesia terhadap perekonomian.

## Bab 2

# Komputasi Awan: Definisi, Karakteristik, Tipe dan Penyebaran

### 2.1 Definisi

Terdapat beberapa definisi komputasi awan dalam literatur-literatur sebelumnya. Meskipun demikian, tidak ada definisi tunggal yang secara universal diterima, yang memberikan deskripsi lengkap dan memadai mengenai konsep ini. Ada dua definisi dominan dari komputasi awan yang menggambarkan aspek inti dari istilah ini secara komprehensif. Berkeley RAD Lab mendefinisikan komputasi awan sebagai:

*"Both the applications delivered as services over the Internet and the hardware and systems software in the datacenters that provide those services"* (Armbrust et al., 2009).  
*"Aplikasi berupa layanan melalui Internet termasuk perangkat keras dan perangkat lunak sistem di pusat data yang menyediakan layanan tersebut"* (Armbrust et al., 2009).

Sementara, Institut Standar dan Teknologi Nasional Amerika Serikat/ United States National Institute of Standards and Technology (NIST) mendefinisikan komputasi awan sebagai:

*"A model for enabling ubiquitous, convenient, on-demand network access to a shared pool of configurable computing resources (e.g., networks, servers, storage, applications, and services) that can be rapidly provisioned and released with minimal management effort or service provider interaction"* (NIST, 2011).

"Sebuah model yang memungkinkan akses jaringan yang universal, nyaman, sesuai permintaan ke sekelompok sumber daya komputasi yang dapat dikonfigurasi (misalnya, jaringan, server, penyimpanan, aplikasi, dan layanan) yang dapat dengan cepat disediakan dan dirilis dengan upaya minimal dari pengelola ataupun penyedia layanan interaksi" (NIST, 2011).

Laporan OECD (2014) menunjukkan bahwa pada definisi pertama lebih berfokus pada tujuan komputasi awan, sementara definisi yang kedua lebih terkonsentrasi pada komponennya. Lebih lanjut, komputasi awan juga dapat dipahami sebagai model layanan berdasarkan seperangkat sumber daya komputasi yang dapat diakses secara fleksibel, elastis, dan sesuai permintaan dengan upaya pengelolaan yang minimal. Singkatnya, komputasi awan mengacu pada kombinasi layanan teknologi, penawaran komersial, dan pengiriman/distribusi yang memberikan layanan komputasi yang dapat diakses melalui internet yang tidak berada di infrastruktur TI perusahaan itu sendiri. Layanan teknologi, seperti daya komputasi, penyimpanan, dan basis data tersedia sesuai permintaan dari penyedia layanan komputasi awan dengan harga sesuai pemakaian (tanpa biaya awal), menghilangkan kebutuhan untuk memiliki, dan mengelola pusat data fisik dan



server. Dengan teknologi komputasi awan, konsumen, baik di sektor publik maupun swasta, dapat membeli layanan komputasi dan menyiapkannya serta siap digunakan dalam waktu singkat. Hal ini mengurangi hambatan untuk memiliki akses ke jaringan komputer atau server, meningkatkan fleksibilitas bisnis, dan secara signifikan menurunkan biaya.

Pengembangan ekonomi awan perlu dibangun dengan memperhatikan dua prinsip utama: skala ekonomi dan skala global. Skala ekonomi meningkatkan efisiensi organisasi mengingat penyedia layanan komputasi awan dapat menawarkan sumber daya TI dalam jumlah besar dengan biaya yang lebih rendah. Ketika bisnis menggunakan sumber daya bersama ini, mereka dapat mengurangi biaya modal awal yang substansial untuk pengadaan infrastruktur (Miller, 2009). Setiap sistem informasi dapat diakses hanya dengan perangkat komputasi dan koneksi internet (Bommadevara et al., 2018). Selanjutnya, dengan model bayar sesuai penggunaan/*pay-as-you-go*, pelaku usaha/bisnis hanya membayar sumber daya yang mereka gunakan secara aktif, menambah atau mengurangi kapasitas sesuai kebutuhan. Entitas yang melakukan kontrak membayar secara eksklusif untuk layanan yang benar-benar telah dikonsumsinya (Miller, 2009). Jangkauan global komputasi awan juga memberikan penghematan besar. Ketika server tidak lagi perlu dibangun di tempat sendiri karena dapat ditemukan dan diakses dari mana saja di dunia, pelaku usaha/bisnis dapat secara dramatis mengurangi biaya tenaga kerja (Bommadevara et al., 2018). Ini karena internal tim TI mereka tidak perlu lagi menghabiskan waktu untuk membangun dan memelihara perangkat keras yang kompleks. Selanjutnya, adopsi komputasi awan akan mengurangi kekhawatiran tentang kapasitas infrastruktur TI selama periode investasi dan mengalihkan risiko teknis ke penyedia layanan komputasi awan.

## 2.2 Karakteristik Komputasi Awan

Berdasarkan definisi komputasi awan di atas, Tabel 2.1 menunjukkan beberapa karakteristik yang secara umum melekat pada komputasi awan, meskipun belum tentu merupakan fitur dari setiap solusi komputasi awan yang ditawarkan. Karakteristik ini menjelaskan lebih lanjut konsep komputasi awan.

**Tabel 2.1: Karakteristik Komputasi Awan**

Fitur	Deskripsi
Layanan mandiri sesuai permintaan/ <i>On-demand self-service</i>	Pelanggan dapat langsung "memesan" sumber daya yang diperlukan, seperti waktu prosesor dan kapasitas penyimpanan melalui panel kontrol elektronik yang disediakan. Pelanggan tidak perlu berinteraksi dengan petugas layanan pelanggan jika perlu menambah atau mengurangi sumber daya komputasi yang diperlukan.
Penghapusan komitmen di	Pengguna layanan awan tidak perlu melakukan investasi TI awal yang besar, sehingga memungkinkan pengguna

muka/ <i>Elimination of up-front commitment</i>	memulai investasi perangkat keras dan lunak dari yang kecil dan secara berturut-turut meningkat jika diperlukan. UKM dan institusi bisnis lain memiliki akses yang jauh lebih mudah dan lebih terjangkau ke aplikasi dan platform canggih yang sebelumnya hanya tersedia untuk perusahaan besar.
Pay-as-you-go dan penggunaan jangka pendek/ <i>Short-term use</i>	Pengguna dapat membayar penggunaan layanan awan mereka dalam waktu singkat di mana mereka hanya membayar waktu mereka menggunakan sumber daya komputasi dan dapat melepaskannya saat tidak menggunakan. Dengan demikian, perusahaan dapat mengurangi biaya modal (CapEx) dan mengubahnya menjadi biaya operasional (OpEx). Sedangkan “penggunaan jangka pendek” lebih menekankan pada pekerjaan jangka pendek seperti pengembangan dan pengujian aplikasi.
Perubahan skala yang cepat atau kemampuan elastis dan adaptasi yang cepat	Kapasitas komputasi yang ditawarkan dapat diberikan secara elastis dan cepat, baik berupa penambahan atau pengurangan kapasitas yang dibutuhkan. Untuk pelanggan sendiri, dengan kemampuan ini, permintaan yang berbeda dan persyaratan kapasitas dinamis akan cepat disesuaikan.
Layanan terukur	Sumber daya awan yang tersedia harus dikelola dan dioptimalkan untuk digunakan, dengan sistem pengukuran yang dapat menghitung penggunaan setiap sumber daya komputasi yang digunakan (storage, memori, prosesor, bandwidth, aktivitas pengguna, dan lain-lain). Dengan demikian, jumlah sumber daya yang digunakan dapat diukur secara transparan yang akan menjadi dasar bagi pengguna untuk membayar biaya penggunaan layanan.
Network access	Layanan yang tersedia terhubung melalui jaringan pita lebar/broadband, terutama untuk dapat diakses secara memadai melalui koneksi jaringan publik (internet) dan/atau pribadi dan dapat diakses melalui platform yang berbeda.
Resource pooling	Penyedia layanan awan menyediakan layanan melalui sumber daya yang dikelompokkan di satu atau lebih lokasi pusat data yang terdiri dari beberapa server dengan mekanisme <i>multi-tenant</i> . Mekanisme <i>multi-tenant</i> ini memungkinkan beberapa sumber daya komputasi untuk digunakan bersama oleh sejumlah pengguna, dimana sumber daya tersebut, baik fisik maupun virtual, dapat dialokasikan secara dinamis untuk kebutuhan pengguna/pelanggan sesuai permintaan. Sumber daya komputasi ini termasuk media penyimpanan, memori,

prosesor, pita jaringan, dan mesin virtual.
---

Sumber: NIST (2011), Armbrust et al. (2009), and Schubert et al. (2010)

## 2.3 Jenis Jasa Komputasi Awan

Pengelompokan komputasi awan juga dapat dilakukan berdasarkan jenis teknologi komputasi yang disediakan sebagai layanan. Seperti definisi yang diberikan oleh Berkeley RAD Lab di atas, komputasi awan mencakup berbagai layanan, meliputi perangkat lunak, *platform*, dan layanan infrastruktur. Dengan demikian, ada banyak dan beragam model layanan komputasi awan. Setiap model memiliki kesamaan tetapi memiliki perbedaan yang khas. Memilih model layanan biasanya tergantung pada *trade-off* antara biaya, kompleksitas, dan keamanan. Seringkali, beberapa model layanan digunakan untuk memenuhi kebutuhan yang berbeda-beda.

Tabel 2.2 di bawah ini menunjukkan tiga kategori komputasi awan menurut jenis teknologi komputasi yang ditawarkan sebagai layanan. Di satu sisi, beberapa layanan menawarkan tingkat fleksibilitas dan penyesuaian yang sangat tinggi. Di sisi lain, terdapat pula yang lebih berfokus pada tingkat kenyamanan. Karena variasi layanan, terdapat perbedaan besar dalam manfaat dan tantangan, termasuk tantangan kebijakan, tergantung pada masing-masing model layanan.

**Tabel 2.2 Model Layanan Komputasi**

Jenis/Model Layanan Komputasi Awan	Deskripsi
<i>Infrastructure as a Service (IaaS)</i>	<p>Infrastruktur sebagai Layanan/ <i>Infrastructure as a Service (IaaS)</i> memberi kemampuan untuk mendapatkan dan menggunakan pemrosesan, penyimpanan, jaringan, dan sumber daya komputasi mendasar lainnya dengan mudah. Ini menggantikan kebutuhan konsumen untuk memiliki server dan pusat data mereka sendiri. Penyedia mesin virtual perangkat keras ini menawarkan akses ke sumber daya komputasi mentah, dengan tingkat fleksibilitas yang tinggi. Pengguna IaaS dapat mengakses sumber daya komputasi (misalnya CPU), dan menjalankan sistem operasi dan perangkat lunak pada sumber daya komputasi yang disediakan. IaaS menawarkan lebih banyak kontrol dan fleksibilitas daripada model layanan lainnya dan dapat dengan mudah ditingkatkan atau diturunkan sesuai kebutuhan. Fleksibilitas untuk pengguna sangat tinggi dalam model IaaS karena hanya ada sedikit batasan pada jenis aplikasi yang dapat di-host/ditempatkan pada layanan ini dan pengguna memiliki tanggung jawab untuk mengelola dan memperbarui sistem operasi yang berjalan pada aplikasi.</p> <p><b>Contoh:</b> Amazon Elastic Cloud (EC) 2, Google Cloud Platform, Azure, VMware, Zimory, dan OpenStack</p> <p><b>Pengguna:</b> Arsitek Jaringan dan administrator teknologi</p>
<i>Platform as a Service (PaaS)</i>	<p><i>Platform as a Service (PaaS)</i> memberi platform yang lebih terstruktur kepada pengguna untuk mengatur aplikasi dan layanannya sendiri. Layanan ini menawarkan sumber daya perangkat keras yang sama dengan IaaS, ditambah sistem operasi dan basis data. PaaS terdiri dari layanan pengiriman dari satu set platform komputasi yang berorientasi pada pengembangan, pengujian, penyebaran, hosting dan pemeliharaan sistem operasi dan aplikasi klien sendiri. PaaS memungkinkan pengguna untuk mengembangkan, menjalankan, dan mengelola aplikasi tanpa harus membangun dan memelihara infrastruktur. Ini juga dapat membantu merampingkan alur kerja karena banyak pengguna dapat mengakses aplikasi pengembangan secara bersamaan. Jenis layanan awan ini berguna bagi pengguna yang perlu mengembangkan aplikasi yang lebih</p>

	<p>sesuai/customised untuk pengguna sendiri.</p> <p><b>Contoh:</b> AWS, Platform Windows Azure, Google App Engine, Cloud Foundry, Heroku, Github, Kubernetes, Docker</p> <p><b>Pengguna:</b> Pengembang dan perancang perangkat lunak</p>
Software as a Service (SaaS)	<p>Software as a Service ((SaaS) adalah jenis layanan awan terlengkap, di mana pengguna dapat memanfaatkan perangkat lunak atau aplikasi melalui internet (baik <i>thin client interface</i> seperti <i>browser web</i> (misalnya email berbasis web), atau interface program) dengan hanya menggunakan perangkat pengguna akhir yang sederhana seperti <i>notebook</i> atau bahkan <i>smartphone</i>. Ini adalah lisensi perangkat lunak dan model pengiriman di mana perangkat lunak dilisensikan secara berlangganan dan di-host secara terpusat. Dalam model SaaS, pengguna awan langsung mengakses aplikasi penyedia awan dan oleh karena itu memiliki kemudahan tidak harus mengelola infrastruktur dasar atau kapasitas aplikasi (NIST, 2011). Layanan ini terdiri dari aplikasi untuk proses dan tujuan bisnis tertentu. Spektrum yang ada di layanan ini sangat luas, mulai dari dari aplikasi email yang digunakan oleh konsumen hingga aplikasi bisnis dan solusi perangkat lunak manajemen terintegrasi seperti instrument manajemen hubungan pelanggan (CRM), manajemen dokumen, atau solusi akuntansi.</p> <p><b>Contoh:</b> Slack, Trello, Office 365, Salesforce, Dropbox</p> <p><b>Pengguna:</b> Pengguna akhir</p>

Sumber: OECD (2014), NIST (2011), Armbrust et al. (2009)

## 2.4. Model Penerapan Komputasi Awan

Penting juga untuk membedakan model komputasi awan yang berbeda sesuai dengan bagaimana dan di mana setiap teknologi awan digunakan dan apakah sumber daya dibagikan ke banyak pengguna/pelanggan. Salah satu perbedaan utama adalah seberapa banyak pengguna menggunakan pusat datanya sendiri dibandingkan memanfaatkan pusat data penyedia layanan komputasi awan. Tabel 2.3 di bawah ini menjelaskan berbagai model penerapan komputasi awan.

Table 2.3: Cloud Deployment Models

Model Penerapan Awan/Cloud	Deskripsi
----------------------------	-----------



Deployment	
TI Tradisional	Model ini tidak termasuk dalam kategori komputasi awan karena tidak memiliki karakteristik komputasi awan yang telah dijelaskan pada bagian sebelumnya.
<i>Data center colocation</i>	Model ini juga tidak dianggap sebagai komputasi awan karena tidak menggunakan teknologi awan. Meskipun model ini menunjukkan beberapa karakteristik dalam komputasi awan, seperti sumber daya yang dikumpulkan dan kemungkinan penggunaan <i>charging system</i> untuk layanan yang digunakan pelanggan.
<i>Managed private cloud</i>	Dalam model ini, organisasi membeli layanan awan dari penyedia tetapi menuntut pemasok awan untuk mendedikasikan sumber daya tertentu hanya untuk penggunaan organisasi. Semua fitur layanan awan tersedia dalam model ini, meskipun kumpulan sumber dayanya terbatas.
<i>On-premises private cloud</i>	Model ini hanya digunakan dan dioperasikan untuk satu organisasi. Model ini dapat ditemukan di situs organisasi atau di luar situs. Dalam model ini, pengguna (perusahaan atau institusi) mengimplementasikan teknologi awan ke pusat datanya sendiri. Ini adalah model yang paling kompleks untuk diadopsi oleh sebuah organisasi dan secara tradisional merupakan model yang paling mahal, karena tidak memberikan manfaat skala ekonomi, kecuali jika organisasi itu sendiri sangat besar.
<i>On-premises shared cloud</i>	Model ini adalah versi tambahan dari komputasi awan pribadi lokal. Perbedaannya adalah, dalam model ini, sumber daya komputasi dibagi dengan pihak eksternal di luar organisasi. Model ini juga sering disebut sebagai awan komunitas, di mana penyebaran dan operasi dilakukan untuk beberapa organisasi yang memiliki minat yang sama. Ini mungkin dimiliki, dikelola, dan dioperasikan oleh satu atau lebih organisasi dalam komunitas, oleh pihak ketiga, atau oleh gabungan kedua pihak. Model ini mungkin ada di dalam atau di luar tempat organisasi.
<i>Public cloud</i>	Model ini paling sering disebut sebagai komputasi awan, Komputasi awan disediakan untuk penggunaan terbuka pada masyarakat umum. Layanan di awan publik biasanya dimiliki oleh penyedia layanan awan. Dalam model ini, penyedia layanan komputasi awan mengelola semua infrastruktur komputasi dan menjual layanan awan kepada pelanggannya. Pelanggan menggunakan layanan sesuai kesepakatan dan tidak perlu mengetahui infrastruktur yang mendasarinya dikelola.

<i>Hybrid cloud</i>	Dalam model ini, infrastruktur awan adalah kombinasi dari dua atau lebih infrastruktur awan yang berbeda (antara publik, swasta, dan komunitas), yang tetap merupakan entitas unik, tetapi terikat bersama oleh teknologi standar atau kepemilikan yang memungkinkan portabilitas data dan aplikasi. Contoh umum kombinasi awan pribadi lokal dan model awan publik. Model hybrid ini biasanya diadopsi untuk memecahkan beberapa kendala yang menghalangi pengguna untuk mengadopsi hanya satu model penerapan.
---------------------	--

Sumber: PWC (2021), Shuleski, et al. (2016), OECD (2014), Zwattendorfer and Tauber (2013)

## Bab 3

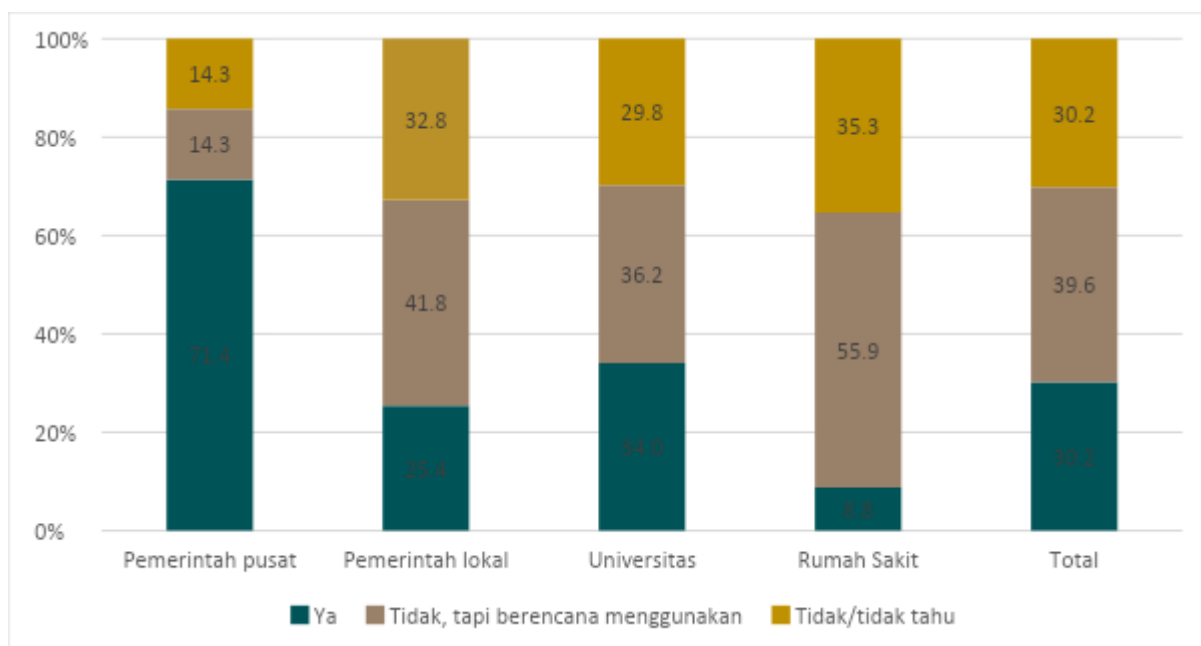
# Tren Adopsi Cloud dan Kasus Penggunaan di Sektor Publik Indonesia

### 3.1 Adopsi Komputasi Awan dalam Sektor Publik di Indonesia

CSIS telah melakukan survei di lima provinsi di Indonesia, yaitu Jakarta, Jawa Barat, Jawa Timur, Bali, dan Gorontalo untuk memetakan tingkat adopsi komputasi awan di sektor publik di Indonesia dan melihat tantangan-tantangan yang dihadapi saat ini. Survei tersebut memperlihatkan bagaimana masih terbatasnya penggunaan layanan komputasi awan di sektor publik Indonesia. Secara keseluruhan, hanya 30 persen dari 169 lembaga publik yang disurvei, menunjukkan bahwa mereka telah menggunakan layanan komputasi awan, dengan tingkat penggunaan terendah terlihat di sektor kesehatan atau rumah sakit (8,8%) dan pemerintah daerah (25%). Angka ini jauh lebih rendah dari adopsi komputasi awan di sektor swasta Indonesia yang menurut PwC (2021) telah mencapai 89 persen.

Namun, prospek adopsi awan di sektor publik Indonesia cukup cerah, karena hampir 40 persen institusi publik memiliki rencana untuk mengadopsinya di masa depan. Hampir 56 persen rumah sakit dan 42 persen instansi pemerintah daerah mengindikasikan bahwa mereka berencana untuk menggunakan layanan awan di masa depan. Selain itu, 54% dari lembaga publik yang berencana menggunakan komputasi awan menunjukkan bahwa mereka akan menggunakan layanan tersebut dalam tiga tahun ke depan, dengan hampir 20% direncanakan untuk tahun ini (2022).

Grafik 3.1: Adopsi Komputasi Awan di Sektor Publik



Sumber: Survei CSIS

Sebagaimana disebutkan, adopsi komputasi awan di sektor publik Indonesia saat ini masih dalam tahap awal pengembangan. Mayoritas institusi publik yang menggunakan layanan cloud (52%), baru memulainya dalam lima tahun terakhir, terutama pada masa pandemi Covid-19. Sebagian besar organisasi publik yang menggunakan komputasi awan ini telah menggunakan *server on-premise* (63%) atau *colocation* (23%) sebelumnya. Dari 51 lembaga publik yang telah menggunakan layanan komputasi awan, sedikit sekali (kurang dari 12%) yang tidak pernah menggunakan *on-premise* server atau *colocation*; sebagai gantinya, mereka langsung menuju ke layanan cloud.

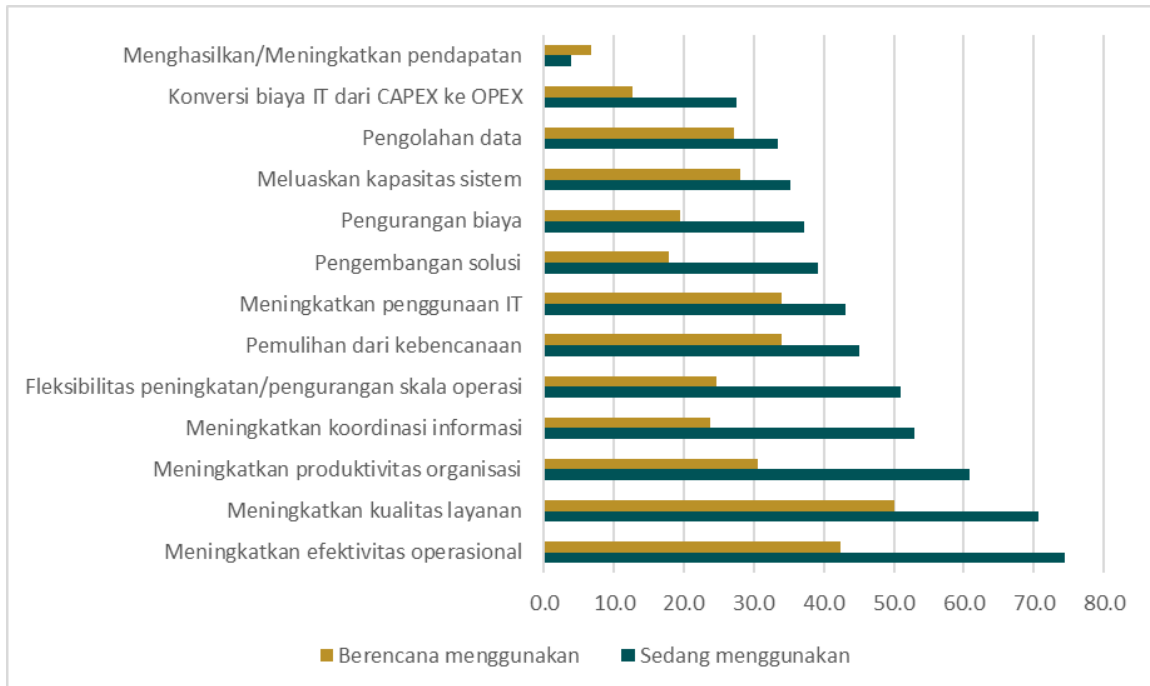
Hal tersebut menyiratkan bahwa institusi publik dapat mengadopsi teknologi komputasi awan hanya sebagai tambahan dari *on-premise* dan *colocation*, yaitu hanya ketika mereka menganggap bahwa kapasitas yang ada tidak lagi dapat memenuhi kebutuhan institusi. Alasan untuk menggunakan layanan komputasi awan di sektor publik, serta alasan untuk tidak menggunakan komputasi awan, yang dinyatakan di bawah ini mengkonfirmasi kesimpulan tersebut. Lebih lanjut, informasi yang dikumpulkan selama Focus Group Discussion (FGD) dan wawancara mengungkapkan bahwa lembaga publik umumnya menggunakan komputasi awan hanya sebagai cadangan untuk server lokal yang ada atau untuk menjalankan aplikasi atau layanan yang ditawarkan kepada masyarakat umum yang tidak melibatkan masalah data sensitif.

### 3.2 Alasan Mengadopsi Layanan Komputasi Awan/Cloud Computing

Adopsi dari teknologi komputasi awan di sektor publik Indonesia didorong oleh keinginan institusi untuk tujuan operasional, peningkatan kualitas layanan, dan produktivitas organisasi. Sementara efisiensi biaya bukanlah menjadi faktor pendorong utama penggunaan komputasi awan di sektor publik. Dari 51 organisasi publik yang menggunakan layanan komputasi awan, hampir tiga perempatnya mengungkapkan bahwa mereka menggunakan layanan komputasi awan untuk meningkatkan efektivitas operasional mereka. Alasan utama lainnya mengapa lembaga publik Indonesia merangkul teknologi komputasi awan adalah untuk meningkatkan kualitas layanan (71%), meningkatkan produktivitas organisasi (61%), mempromosikan distribusi dan koordinasi informasi (53%), dan secara fleksibel mengubah skala (51%).

Sementara itu, peningkatan pendapatan dan efisiensi biaya bukan menjadi perhatian utama bagi sebagian besar lembaga publik yang disurvei, dikarenakan memang tujuan utama dari lembaga publik bukanlah untuk mencari keuntungan. Hanya sedikit organisasi yang menggunakan layanan komputasi awan yang bertujuan untuk meningkatkan pendapatan (3,9%), mengubah biaya TI (CapEx) menjadi OpEx (27,5%) dan mengurangi biaya (37%). Temuan serupa juga diamati di antara lembaga publik yang berencana menggunakan cloud. Peningkatan efektivitas operasional diindikasikan oleh lebih dari 42 persen sebagai tujuan, sedangkan konversi biaya TI (CapEx) ke OpEx dan peningkatan pendapatan hanya diungkapkan masing-masing kurang dari 13 persen dan 7 persen.

**Grafik 3.2: Alasan Mengadopsi Teknologi Cloud di Sektor Publik**



Sumber: Survei CSIS

**Boks 1. Transformasi Digital Bali dengan Cloud**

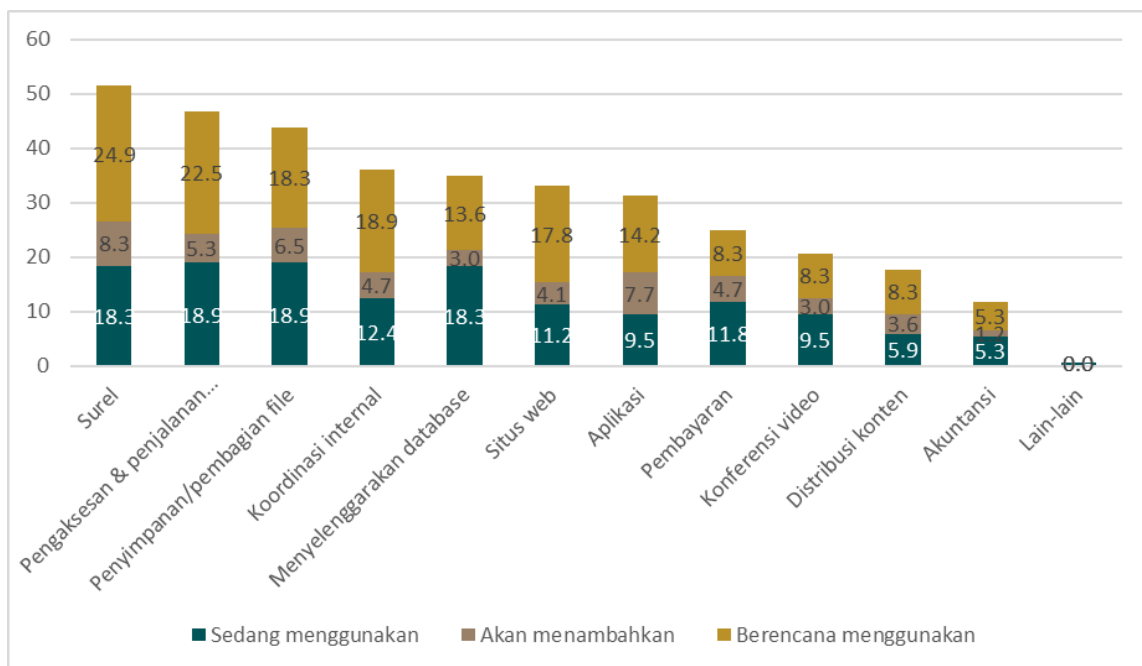
**Boks 1. Transformasi Digital Bali dengan Cloud**  
 Sebagai salah satu daerah dengan adopsi digital dan penetrasi internet yang lebih tinggi daripada daerah lain, Pemerintah Provinsi Bali bertujuan untuk mengembangkan layanan publik yang dapat terhubung dengan baik, transparan, dan maju. Mengetahui keterbatasan server *on-premise*, Pemerintah Provinsi Bali memutuskan untuk menggunakan layanan komputasi awan. Hal ini dikarenakan komputasi awan menawarkan beberapa manfaat seperti efisiensi biaya, skalabilitas, akses ke pembelajaran, dan lain-lain. Berdasarkan temuan dalam studi kami, Pemerintah Provinsi Bali menikmati efisiensi biaya TI hingga 60% setelah menerapkan teknologi komputasi awan. Dengan skalabilitas yang ditawarkan, Bali telah mengembangkan beberapa program, seperti Bali Smart Island dan Love Bali, untuk meningkatkan kualitas dan akses layanan publik 24/7. Inisiatif-inisiatif tersebut telah membuat pemerintah daerah Bali mencapai skor Sistem Pemerintahan Elektronik (SPBE) tertinggi pada tahun 2021, yang diberikan oleh Kementerian Pendayagunaan Aparatur Negara dan Reformasi Birokrasi (KemenPANRB).



### 3.3 Jenis Solusi Cloud dan Model Layanan Cloud yang diadopsi Sektor Publik

Beberapa layanan yang paling populer diadopsi oleh institusi public Indonesia sebagai solusi komputasi awan meliputi layanan aplikasi, situs web, dan media penyimpanan. Paling tidak, 18 persen dari institusi publik saat ini sudah menggunakan layanan-layanan tersebut. Sementara itu, sekitar 18% hingga 25% institusi publik yang belum menggunakan komputasi awan berencana untuk mengadopsi jenis layanan ini. Sebaliknya, untuk jenis layanan lain, seperti pembayaran dan akuntansi, hanya digunakan oleh 5 persen institusi publik.

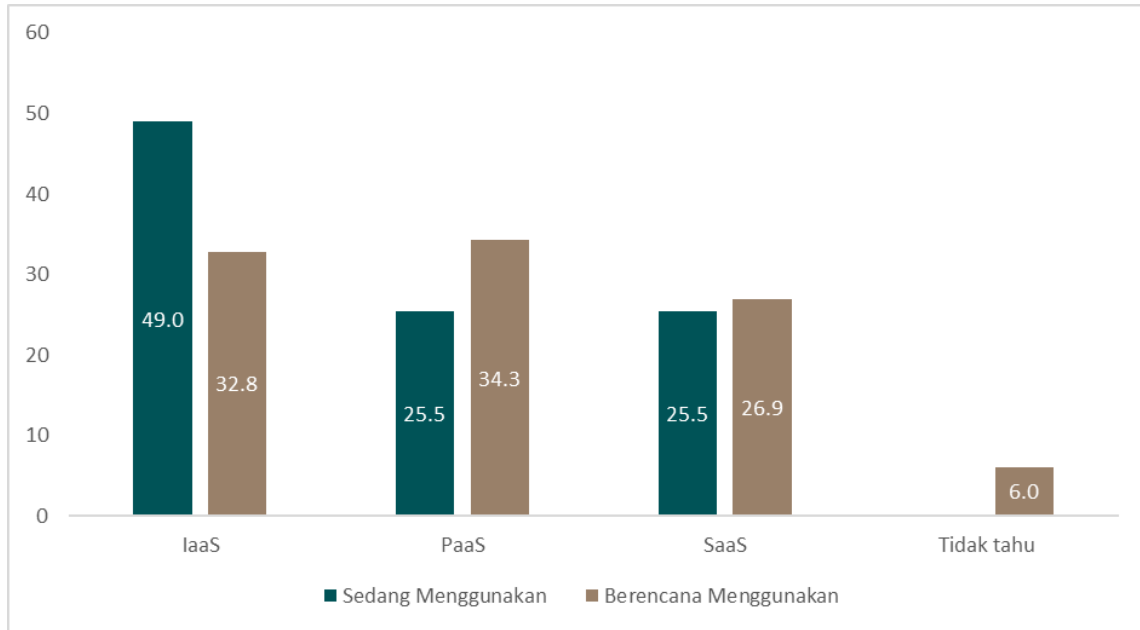
**Grafik 3.3: Jenis Layanan Cloud yang Diadopsi Sektor Publik**



Sumber: Survei CSIS

Dalam hal model layanan komputasi awan, *Infrastructure as a Service* (IaaS) adalah model layanan yang paling umum digunakan oleh sebagian besar institusi publik yang telah menggunakan atau yang bahkan masih berencana untuk menggunakan teknologi komputasi awan. Hampir 50 persen institusi publik yang saat ini menggunakan komputasi awan dan hampir 33 persen organisasi publik yang berencana menggunakan layanan cloud menyebutkan *Infrastructure as a Service* (IaaS) sebagai jenis model layanan komputasi awan yang sedang mereka gunakan atau rencanakan untuk digunakan. Ini, sekali lagi, menunjukkan bahwa komputasi awan di sektor publik lebih banyak digunakan untuk alasan ekspansi kapasitas.

**Grafik 3.4: Model Adopsi Layanan Cloud di Sektor Publik**



Sumber: Survei CSIS

## Bab 4

# Manfaat Komputasi Awan di Sektor Publik

### 4.1 Nilai Komputasi Awan untuk Sektor Publik

Pada bab sebelumnya, kita telah mengamati bahwa komputasi awan sedang digunakan atau dipertimbangkan oleh banyak organisasi publik di Indonesia. Ini dapat secara signifikan mengubah cara organisasi publik mengakses dan memanfaatkan produk dan layanan TI. Dengan menggunakan komputasi awan, institusi publik dapat memenuhi persyaratan TI mereka menggunakan model yang fleksibel, sesuai permintaan, dan dapat disesuaikan skalanya tanpa perlu khawatir tentang kepemilikan atau penyediaan sumber daya. Kedua belah pihak mendapatkan keuntungan dari skala ekonomi yang cukup besar dan ruang lingkup yang dimungkinkan di bawah pengaturan seperti itu.

Tabel 4.1 di bawah ini menunjukkan potensi manfaat yang diperoleh dari adopsi layanan awan. Penting untuk dicatat bahwa besaran manfaat, kapasitas untuk mendapatkan manfaat, dan rasio biaya/manfaat yang dicapai sangat bervariasi dan bergantung pada banyak faktor spesifik. Hal ini termasuk pengeluaran modal dan sistem TI organisasi yang ada saat ini, arsitektur perangkat keras dan perangkat lunaknya saat ini (misalnya, banyak aplikasi yang ada mungkin tidak "siap-cloud"), staf dan kemampuan manajemennya, serta kendala hukum dan kebijakan.

**Tabel 4.1: Manfaat Komputasi Awan**

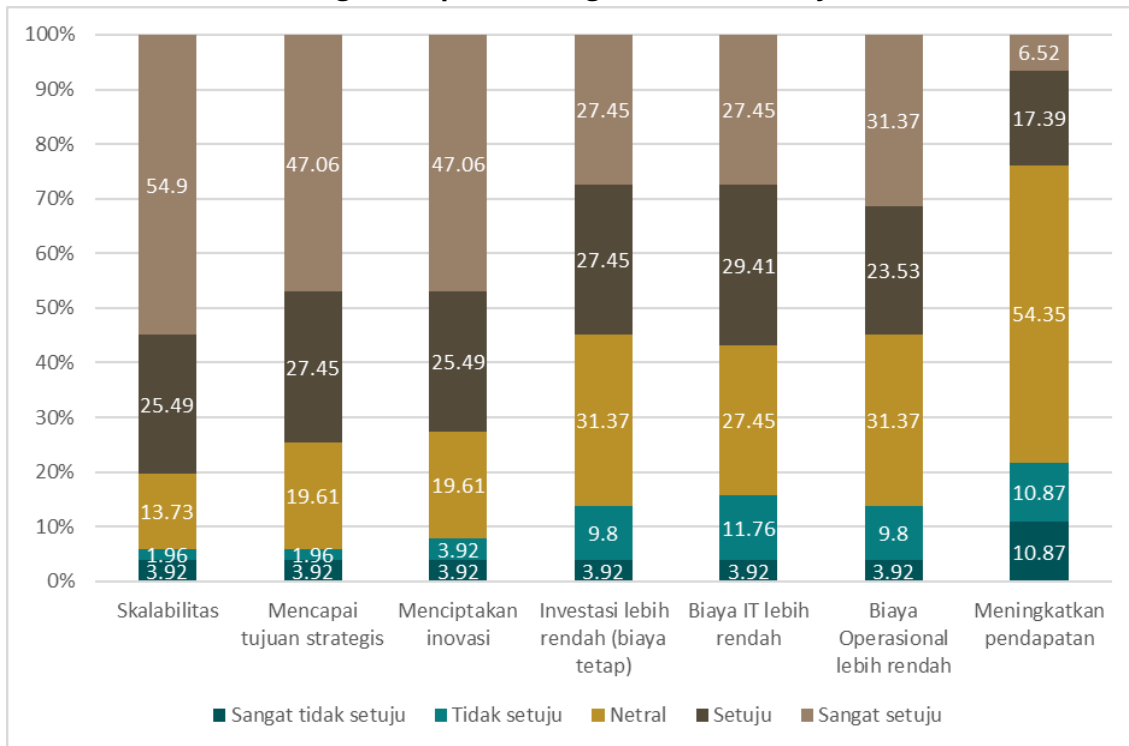
Manfaat	Deskripsi
Hemat Biaya	Organisasi dapat mengurangi atau menghilangkan pengeluaran modal TI dan mengurangi pengeluaran operasional yang sedang berlangsung dengan membayar hanya untuk layanan yang mereka gunakan. Terdapat potensi penurunan biaya lain apabila organisasi mengurangi atau memindahkan staf TI mereka.
Kecepatan dan kelincahan ( <i>Agility</i> )	Sumber daya TI mudah diakses di lingkungan komputasi awan, sehingga mengurangi waktu yang diperlukan untuk menyediakannya bagi pengembang TI. Hal ini dapat meningkatkan kecepatan dan kelincahan organisasi dengan berkurangnya biaya dan waktu yang diperlukan untuk bereksperimen.
Fleksibilitas	Komputasi awan menawarkan lebih banyak fleksibilitas dalam mencocokkan sumber daya TI dengan fungsi bisnis daripada metode komputasi sebelumnya. Ini juga dapat meningkatkan mobilitas staf dengan memungkinkan akses ke informasi dan aplikasi bisnis dari lokasi dan/atau perangkat yang lebih luas.
Skalabilitas	Organisasi yang menggunakan komputasi awan tidak perlu menambah tingkat keamanan, perangkat keras dan perangkat lunak saat beban pengguna meningkat, tetapi sebaliknya dapat menambah dan mengurangi kapasitas sesuai beban jaringan.
Akses terhadap Kemampuan Akhir TI Terbaik	Khususnya untuk organisasi yang lebih kecil, komputasi awan memungkinkan akses ke perangkat keras, perangkat lunak, dan staf TI dengan kemampuan tinggi untuk memberikan akses dan layanan.

	yang baik.
Pengaturan Staf TI yang lebih baik	Dengan mengurangi atau menghilangkan pembaruan server yang konstan dan masalah komputasi lainnya, dan dengan memotong pengeluaran waktu dan uang untuk pengembangan aplikasi, organisasi dapat memfokuskan staf TIK pada tugas yang bernilai lebih tinggi.
Fokus pada Kompetensi Inti	Kemampuan untuk menjalankan pusat data dan untuk mengembangkan dan mengelola aplikasi perangkat lunak belum tentu menjadi kompetensi inti dari sebagian besar organisasi. Komputasi awan dapat mengurangi beban institusi sehingga memungkinkan organisasi untuk berkonsentrasi pada isu-isu lebih penting (dalam pemerintahan) seperti pengembangan kebijakan dan desain serta penyampaian layanan publik.
Keberlanjutan	Efisiensi energi yang rendah dari mayoritas pusat data karena desain di bawah standar atau pemanfaatan aset yang tidak efisien dianggap tidak berkelanjutan secara lingkungan dan ekonomi. Dengan menggunakan skala ekonomi dan kapasitas layanan awan untuk mengelola aset komputasi secara lebih efisien, komputasi awan dapat mengonsumsi jauh lebih sedikit energi dan sumber daya lain daripada pusat data tradisional. Sejumlah perusahaan layanan <i>cloud</i> , termasuk Amazon Web Services, Microsoft Azure, dan Google, telah memberikan perhatian yang signifikan pada pengembangan sumber energi terbarukan dan penurunan emisi karbon.

Sumber: Cisco IBSG (2009)

Dalam sektor publik di Indonesia, peningkatan produktivitas dan kualitas pelayanan publik merupakan hal yang dirasa lebih penting dibandingkan dengan aspek efisiensi. Sebagian besar responden yang menggunakan komputasi awan setuju (sangat setuju dan setuju) bahwa adopsi komputasi awan di institusi publik dapat meningkatkan skalabilitas (80,4%), mencapai tujuan strategis (75%), dan mendorong inovasi (73%). Sebaliknya, hanya sekitar 50 persen responden (sangat setuju dan setuju) dengan potensi manfaat komputasi awan yang dapat menurunkan investasi awal (55%), mengurangi biaya TI (57%), dan menurunkan biaya operasional (54%). Selain itu, hanya kurang dari seperempat responden yang setuju (sangat setuju dan setuju) bahwa komputasi awan dapat meningkatkan pendapatan.

**Grafik 4.2: Berbagai Perspektif mengenai Manfaat Layanan Awan**



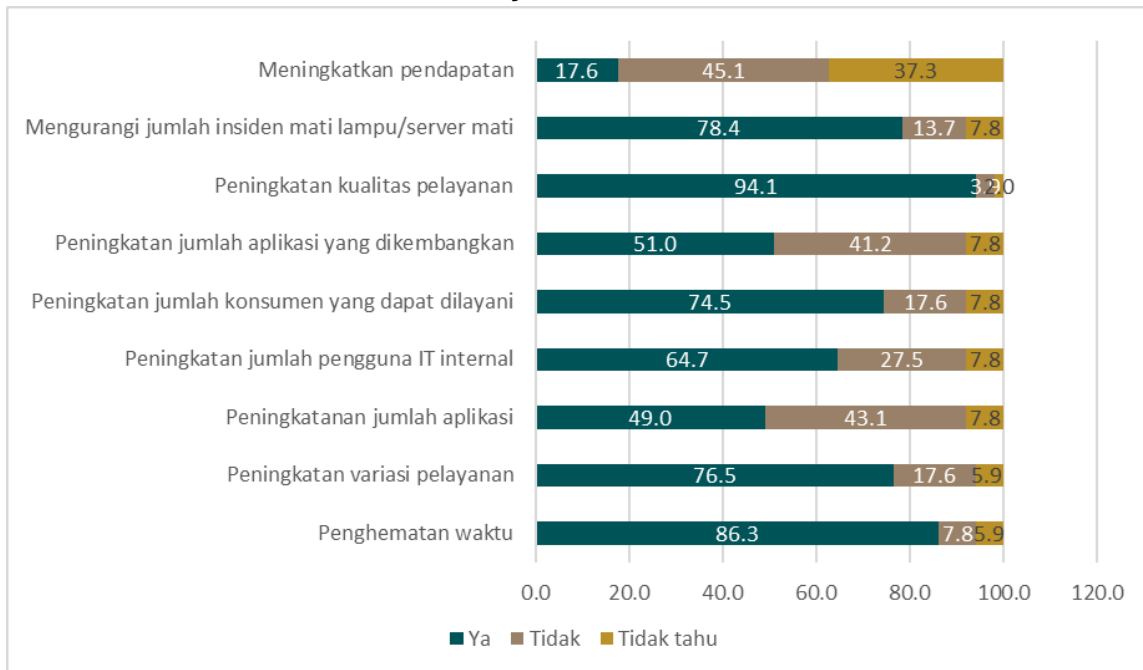
Sumber: Survei CSIS

Dapat dilihat bagaimana sebagian besar institusi publik tidak menganggap efisiensi biaya dan peningkatan pendapatan sebagai tujuan utama institusi mereka ketika mengadopsi komputasi awan. Fakta ini juga terungkap dalam FGD dan sesi wawancara yang mana banyak dari perwakilan lembaga publik di beberapa provinsi menyatakan hal tersebut. Ditambah lagi, sebagian besar institusi ini tetap menjalankan server/pusat data lokal atau *colocation* mereka, meskipun mereka telah menggunakan layanan cloud.

Persepsi responden tentang manfaat layanan komputasi awan di atas juga sejalan dengan pendapat mereka tentang dampak riil yang dialami institusinya setelah pemanfaatan layanan komputasi awan. Misalnya, sebagian besar responden merasa bahwa institusi mereka mendapatkan beberapa manfaat setelah menggunakan komputasi awan. Hal ini termasuk diantaranya, peningkatan kualitas layanan (94%), penghematan waktu (86%), pengurangan jumlah insiden disrupsi/downtime (78%), dan peningkatan variasi layanan (77%). Sebaliknya, hanya kurang dari 18 persen responden yang melaporkan bahwa institusi mereka mengalami peningkatan pendapatan setelah menggunakan layanan komputasi awan.



**Grafik 4.3: Perbaikan dalam berbagai aspek organisasi sesudah menggunakan Layanan Awan**



Sumber: Survei CSIS

## 4.2 Komputasi Awan Menurunkan Biaya

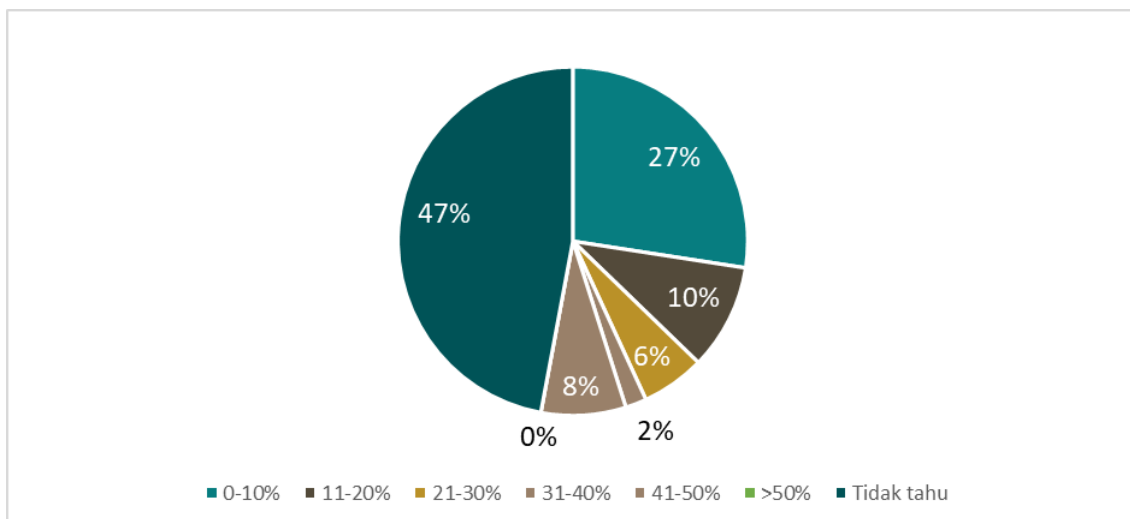
Dengan mengadopsi komputasi awan, secara teoritis, instansi publik dapat mengurangi pengeluaran untuk biaya dengan mencapai skala ekonomi yang lebih tinggi. Hal ini terutama karena institusi tidak perlu membeli, menyiapkan, menjalankan dan memelihara layanan teknologi, pusat data, properti, listrik, dan keamanan. Selain itu, institusi juga tidak perlu membeli kapasitas ekstra di muka untuk mempertimbangkan pertumbuhan yang direncanakan atau untuk menangani beban puncak sistem. Alih-alih harus berinvestasi besar-besaran di pusat data dan server dengan pengetahuan sebelumnya yang tidak memadai tentang penggunaan utamanya, sistem pembayaran sesuai penggunaan komputasi awan (*pay-as-you-go*) memungkinkan pengguna hanya membayar untuk sumberdaya komputasi yang digunakan. Dengan menggunakan layanan komputasi awan, pengguna dapat mengubah biaya modal menjadi biaya operasional variabel.

Komputasi awan memungkinkan instansi publik untuk merampingkan operasi teknologi dan mendorong efisiensi yang tinggi. Menggunakan teknologi awan akan mengurangi biaya staf pendukung TI internal karena beberapa fungsi dukungan TI internal akan dilakukan oleh penyedia awan. Akhirnya, dengan memangkas biaya staf operasional dan pemeliharaan (*maintenance*) untuk pusat data, lembaga publik juga dapat mengalihkan fokus mereka ke peningkatan layanan bagi konsumen mereka.

Survei kami mengungkapkan bahwa sekitar 50 persen dari instansi publik yang menggunakan komputasi awan mengalokasikan sekitar 10 persen dari total pengeluaran TI tahunan mereka untuk komputasi awan. Angka ini juga sama dengan alokasi anggaran untuk infrastruktur *on-premise/colocation* bagi yang belum menggunakan layanan komputasi awan. Sekitar 48 persen dari mereka menunjukkan bahwa mereka mengalokasikan sekitar 10 persen dari total pengeluaran TI untuk server *on-premise/colocation*.

Pada saat yang sama, terkait penghematan biaya organisasi, hasil survei menunjukkan bahwa sekitar setengah dari responden yang menggunakan komputasi awan tidak tahu atau tidak ingin memberi tahu estimasi penghematan yang terjadi pada organisasi mereka setelah mengadopsi layanan komputasi awan. Persentase jawaban non-responsif yang tinggi ini, sekali lagi, dapat mencerminkan bahwa penghematan biaya tidak dilihat sebagai manfaat utama yang ditargetkan oleh banyak instansi publik di Indonesia ketika mereka menggunakan komputasi awan. Bagi mereka yang menggunakan komputasi awan dan merespons, terdapat lebih dari 27 persen dan hampir 10 persen menunjukkan bahwa institusi mereka masing-masing mencapai penghematan biaya sekitar 0-10% dan 11-20%. Menariknya, lebih dari 15 persen dari mereka melaporkan penghematan biaya yang lebih tinggi yaitu 20% atau lebih.

**Grafik 4.4: Dampak Penghematan Biaya dari Penggunaan Komputasi Awan untuk Sektor Publik**

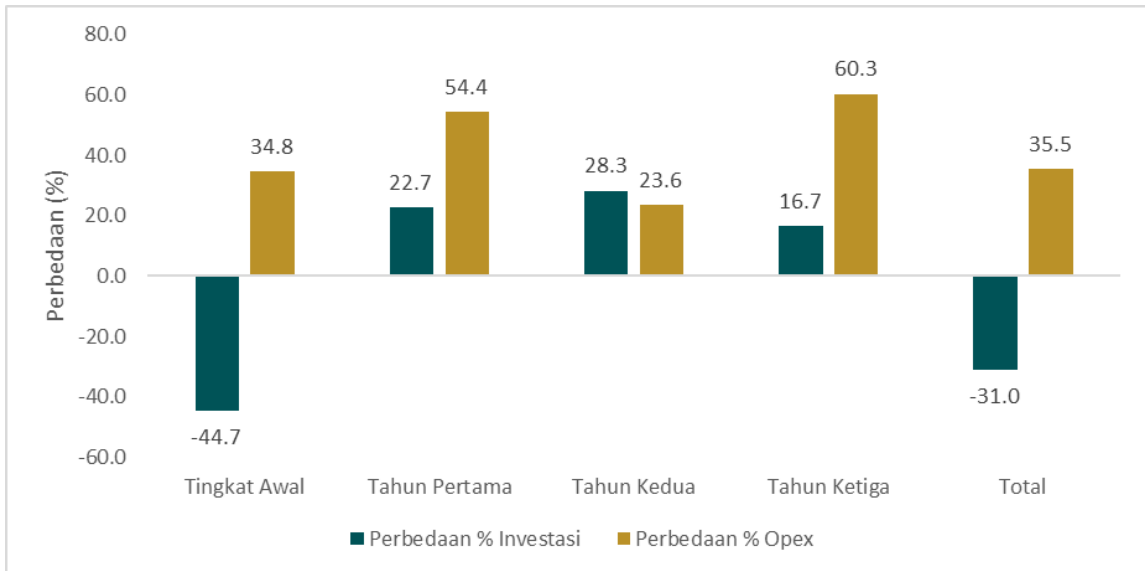


Sumber: Survei CSIS

Melihat lebih dalam ke struktur pengeluaran TI instansi publik, survei menemukan bahwa, meskipun terjadi penurunan belanja investasi, instansi publik yang disurvei mencatat peningkatan biaya operasional setelah menggunakan layanan komputasi awan. Adopsi komputasi awan mengurangi investasi awal (CapEx) sebesar 31%, tetapi meningkatkan biaya operasional sebesar 35%. Hal ini disebabkan bahwa, menurut temuan kami dalam FGD, sebagian besar instansi publik yang

menggunakan komputasi awan masih menjalankan server *on-premise* atau *colocation* mereka sendiri.

**Grafik 4.5: Perubahan Belanja Investasi dan Operasional Sebelum dan Sesudah Adopsi Awan**



Sumber: Survei CSIS

### 4.3 Komputasi Awan Meningkatkan Efisiensi dan Produktivitas

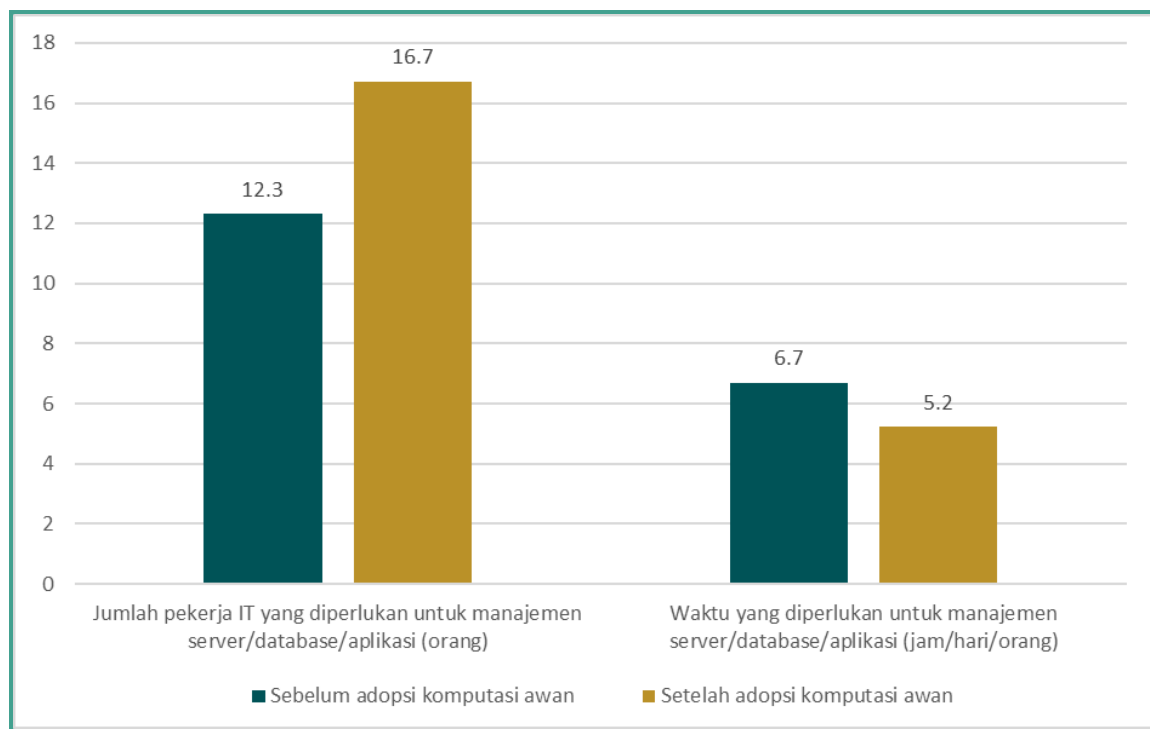
Terkait dengan penghematan biaya, pengadopsian solusi berbasis komputasi awan memungkinkan instansi publik untuk mempersingkat proses dan merampingkan kegiatan operasional, meningkatkan efisiensi dan produktivitas. Platform komputasi awan memberi lembaga publik akses ke berbagai instrumen produktivitas yang dapat mereka gunakan untuk memperkuat proses administrasi dan operasional, dan mentransfer informasi dari jarak jauh di antara berbagai pemangku kepentingan. Ini akan memungkinkan analisis yang lebih baik terhadap proses yang ada, yang dapat meningkatkan manajemen alur kerja dan menemukan hambatan pada penyelesaian masalah. Selain itu, hal ini dapat menghasilkan kumpulan data yang dapat digunakan untuk mengumpulkan pemahaman bagi pengambilan keputusan, pemantauan, dan evaluasi layanan publik di masa mendatang.

Dengan menggunakan layanan komputasi awan, lembaga publik dapat meningkatkan produktivitas mereka dengan cara memungkinkan organisasi, terutama sumberdaya manusianya, untuk lebih fokus pada tugas bernilai tinggi, daripada harus berfokus pada pengelolaan infrastruktur. Berdasarkan survei kami, penggunaan layanan komputasi awan telah menghasilkan penghematan waktu yang signifikan sekaligus meningkatkan jumlah administrator dan pengembang TI. Pemanfaatan layanan komputasi awan di instansi publik mengurangi waktu yang dibutuhkan untuk mengelola server/basisdata/aplikasi sekitar 21 persen, turun dari

6,7 jam/hari/orang sebelum adopsi komputasi awan menjadi 5,2 jam/hari/orang setelah adopsi. Namun, setelah adopsi komputasi awan, jumlah staf yang dibutuhkan untuk mengelola server/basisdata/aplikasi menjadi 16 orang, naik dari sekitar 12 orang sebelum menggunakan komputasi awan.

Hal ini mungkin terjadi karena sebagian besar institusi ini terus menjalankan server/pusat data di lokasi atau *colocation* mereka, meskipun mereka telah menggunakan layanan komputasi awan. Instansi publik yang telah memiliki server sendiri masih sangat enggan untuk bermigrasi sepenuhnya pada layanan komputasi awan. Dengan demikian, penggunaan komputasi awan memerlukan staf tambahan untuk mengelola server asli dan cloud, yang pada akhirnya meningkatkan pengeluaran TI institusi secara keseluruhan.

**Grafik 4.6: Perbaikan Produktivitas Pekerja**



Sumber: Survei CSIS

#### 4.4 Komputasi Awan Meningkatkan Fleksibilitas dan Memungkinkan Layanan Publik Mencapai Skala Ekonomis

Komputasi awan memungkinkan instansi publik untuk meningkatkan layanan publik mereka dan menanggapi permintaan masyarakat secara dinamis. Dengan menggunakan layanan komputasi awan, mereka dapat menangani lonjakan permintaan tanpa adanya gangguan layanan, karena dukungan teknologi dapat ditingkatkan dengan cepat dan mudah bila diperlukan, seperti ketika organisasi menghadapi periode permintaan puncak sebelum batas waktu pengisian Surat Pemberitahuan Tahunan (SPT) pajak. Dalam lingkungan komputasi awan, solusi

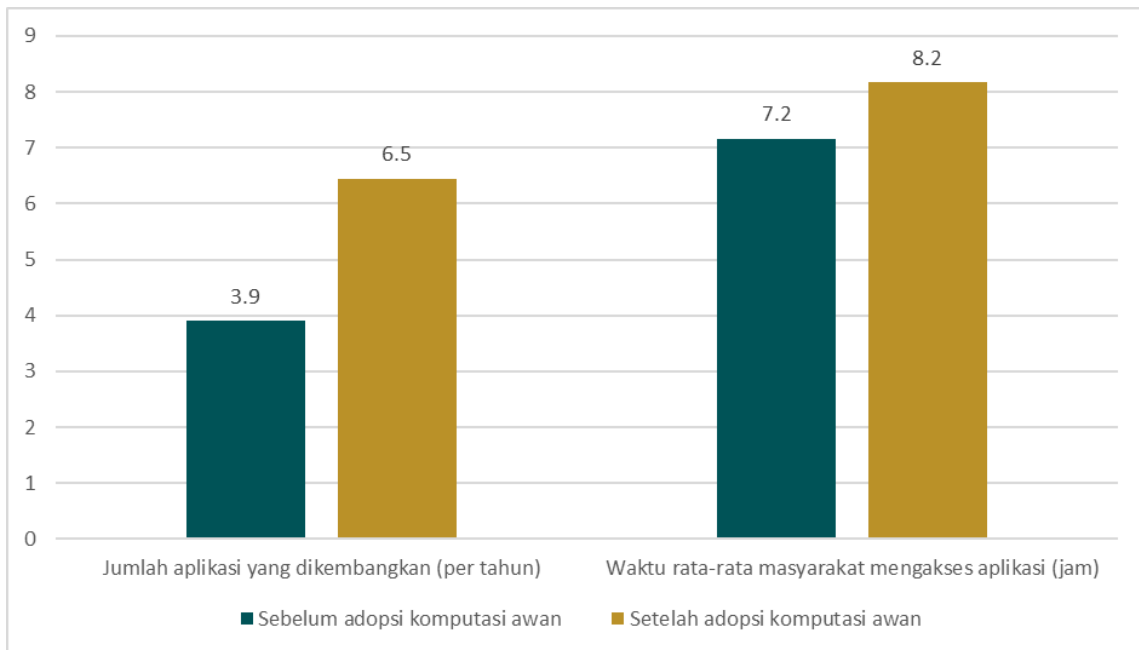
perangkat lunak, penyimpanan data, dan kapasitas komputasi dapat diperluas hanya dengan beberapa klik (atau secara otomatis), sehingga memungkinkan badan publik menjadi sangat fleksibel dalam beradaptasi dengan kebutuhan masyarakat. Demikian juga, tidak seperti menggunakan infrastruktur TI tradisional, menggunakan komputasi awan memungkinkan penggunaan TI secara dramatis berkurang dari beberapa minggu menjadi hanya beberapa menit.

Selain itu, kemampuan komputasi awan untuk menyediakan sumberdaya dengan cepat memungkinkan lembaga publik untuk menguji rencana mereka tanpa membutuhkan banyak waktu dan sumberdaya dalam penyiapan infrastruktur yang diperlukan. Dalam kasus di mana rencana tidak berfungsi dengan baik, mereka dapat dengan mudah menghentikan layanan komputasi awan, dan dengan demikian dapat menghindari pengeluaran biaya lebih besar lagi. Sebaliknya, jika rencana berjalan dengan baik, mereka dapat segera meningkatkan penggunaan layanan komputasi awan sesuai kebutuhan.

Dengan mekanisme pembebanan biaya layanan per penggunaan atau pembayaran sesuai pemakaian, instansi publik tidak perlu berspekulasi tentang kebutuhan infrastruktur dan kapasitas mereka di masa depan. Dengan menggunakan komputasi awan, instansi publik dapat mengakses sumberdaya sesuai yang diperlukan dan dalam waktu yang singkat. Oleh karena itu, migrasi pada komputasi awan akan mencegah masalah di mana instansi publik dapat membeli sumberdaya komputasi secara berlebihan yang akhirnya tidak digunakan atau mengalami krisis sumberdaya saat lalu lintas memuncak. Manfaat ini mendorong inovasi di sektor publik dan meningkatkan pengalaman pengguna.

Manfaat lain yang ditemukan oleh survei kami adalah bagaimana komputasi awan dapat meningkatkan kelincahan dan fleksibilitas. Pemanfaatan komputasi awan di sektor publik meningkatkan jumlah aplikasi tahunan yang dikembangkan oleh lembaga publik dan rata-rata waktu yang dihabiskan oleh warga/pengguna untuk terlibat dengan aplikasi publik. Secara khusus, setelah adopsi komputasi awan, jumlah aplikasi tahunan yang dikembangkan meningkat dari hampir 4 aplikasi menjadi lebih dari 6 aplikasi. Pada saat yang sama, rata-rata waktu yang dihabiskan warga untuk mengakses aplikasi juga meningkat dari sekitar 7 jam menjadi lebih dari 8 jam.

**Grafik 4.7: Adopsi Komputasi Awan Memperbaiki Pengembangan Aplikasi**

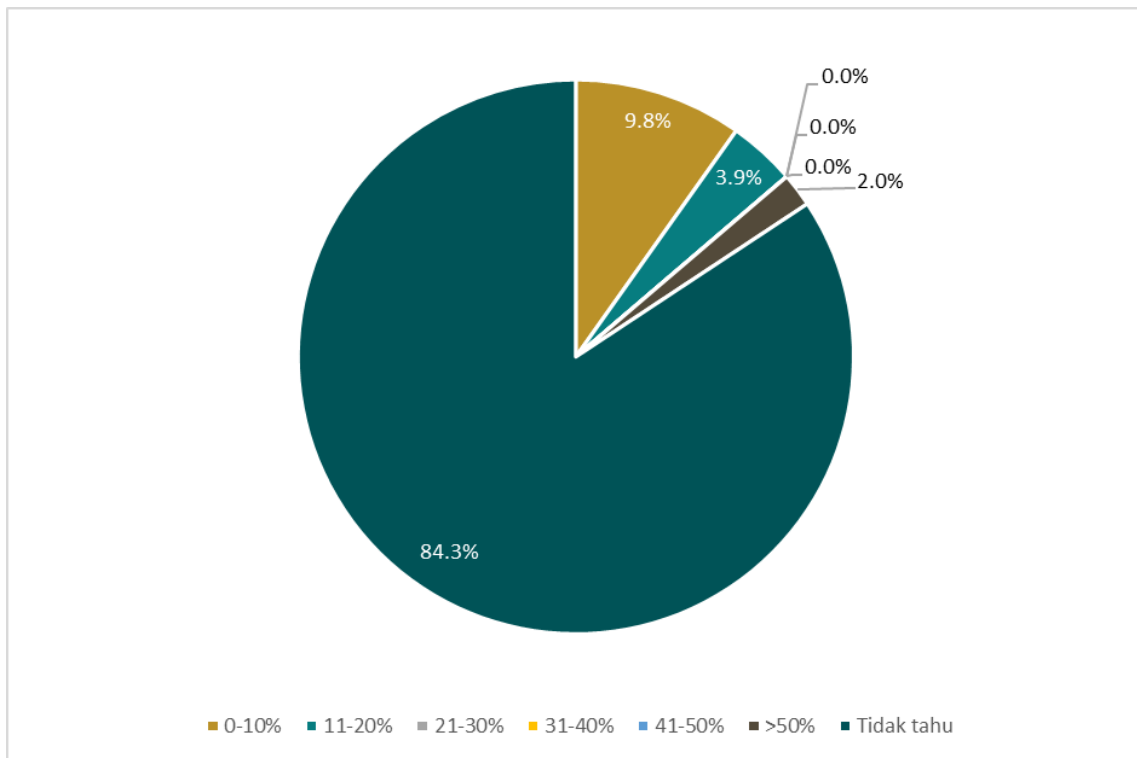


Sumber: Survei CSIS

Hasil survei lebih lanjut mengungkapkan bahwa beberapa perwakilan lembaga publik melihat bagaimana pendapatan organisasinya mengalami peningkatan setelah menggunakan layanan komputasi awan. Hampir 10% dan 4% responden menyatakan bahwa setelah menggunakan layanan cloud institusinya mengalami peningkatan pendapatan, masing-masing sebesar 0-10% dan 11-20%, meskipun mayoritas responden menyatakan tidak mengetahui pengaruh dari adopsi komputasi awan pada pendapatan institusi mereka.



Grafik 4.8: Estimasi Peningkatan Pendapatan



Sumber: Survei CSIS

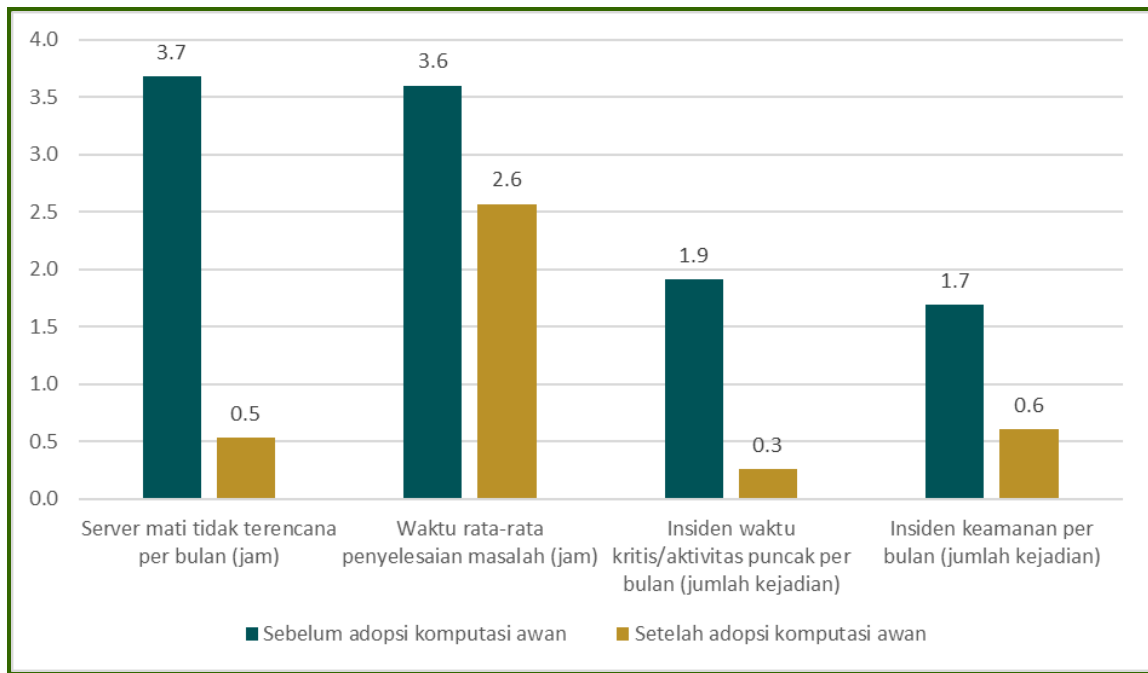
#### 4.5 Komputasi Awan Meningkatkan Ketahanan

Manfaat lain dari komputasi awan adalah peningkatan ketahanan organisasi. Adopsi komputasi awan di sektor publik juga dapat meningkatkan ketahanan melalui mekanisme berkesinambungan pemulihan bencana (BCDR) yang sesuai (*customized*) dan dapat disebar dan/atau meniru (*mirroring*) data dan beban kerja di beberapa pusat data di lokasi geografis yang berbeda secara hampir real-time. Penyedia layanan komputasi awan yang besar, seperti Amazon Web Services (AWS), mengembangkan sistem untuk mencegah titik kegagalan tunggal dan menyediakan aksesibilitas pada pemantauan sistem (terdapat beberapa zona ketersediaan untuk setiap wilayah dan beberapa pusat data fisik di setiap zona ketersediaan). Hal ini membantu instansi publik untuk mengurangi risiko yang terkonsentrasi secara geografis tanpa biaya dan kerumitan pengoperasian beberapa pusat data. Hasilnya, perlindungan dari serangan eksternal dapat terjaga untuk memastikan kelangsungan operasional instansi publik.

Dalam survei kami menemukan bahwa penggunaan komputasi awan dapat meningkatkan ketahanan instansi publik dalam berbagai aspek. Rata-rata waktu henti/*downtime* yang tidak direncanakan per bulan menurun dari 3,7 jam sebelum adopsi komputasi awan menjadi 0,5 jam setelah menggunakan komputasi awan. Selain itu, waktu resolusi rata-rata menurun hampir 40 persen, dari 3,6 jam

sebelum adopsi komputasi awan menjadi 2,6 jam setelah adopsi komputasi awan. Peningkatan kelincahan/*agility* juga dapat dilihat pada insiden waktu kritis/puncak. Jumlah insiden waktu kritis turun dari hampir 2 kali per bulan sebelum adopsi komputasi awan menjadi 0,3 kali per bulan setelah adopsi komputasi awan. Terakhir, penggunaan komputasi awan juga mengurangi waktu insiden masalah terkait keamanan per bulan yang menurun dari 1,7 jam per bulan sebelum adopsi komputasi awan menjadi 0,6 jam per bulan setelah adopsi komputasi awan.

**Grafik 4.9: Adopsi Komputasi Awan Membangun Ketahanan Institusi**



Sumber: Survei CSIS

## Boks 2. Komputasi Awan Menawarkan Manfaat Lingkungan Hidup

### **Komputasi Awan Menawarkan Manfaat Lingkungan Hidup**

Secara umum, organisasi biasanya menggunakan komputasi awan untuk mendapatkan keuntungan dalam hal efisiensi biaya, kecepatan dan kelincihan, serta keamanan dan perlindungan data. Namun dalam beberapa tahun belakangan, aspek lingkungan dan ekonomi yang keberlanjutan menjadi salah satu fokus yang harus diperhatikan. Lebih dari 99 persen CEO perusahaan besar setuju bahwa tantangan keberlanjutan sangat penting untuk kinerja jangka panjang organisasi mereka (UNGC-Accenture, 2019). Dengan mengambil posisi strategis untuk mengurangi emisi karbon dan membuka opsi penggunaan teknologi awan yang lebih etis dimana praktik awan berkelanjutan berfokus pada operasi yang bermanfaat bagi lingkungan. Menurut studi yang dilakukan oleh Accenture (2020), transisi ke komputasi awan yang berkelanjutan melalui *Infrastructure as a Service* (IAAS, juga dikenal sebagai "lift-and-shift") dapat menurunkan emisi karbon dan penggunaan energi masing-masing sebesar 84 persen dan 65 persen. Peningkatan daya dan sistem pendingin, perangkat keras yang lebih baru dan lebih efisien, serta pengoptimalan penyedia layanan komputasi awan lah yang mendorong efisiensi ini. Tidak seperti server *on-premise*, yang membutuhkan daya dan sistem pendingin yang konstan, menggunakan berbagi jaringan seperti teknologi komputasi awan akan secara signifikan mengurangi konsumsi energi secara keseluruhan. Hasil yang serupa dari literatur juga ditemukan dalam survei kami, di mana lembaga publik dapat menghemat hingga 76% dari biaya energi mereka dengan mengonversi ke layanan komputasi awan. Oleh karena itu, penggunaan komputasi awan juga dapat menjadi bentuk dukungan komitmen masa depan pemerintah untuk mengurangi jejak karbon.

## Bab 5

# Dampak Ekonomi Komputasi Awan dalam Sektor Publik di Indonesia

### 5.1 Dampak Terhadap Pertumbuhan Ekonomi, Investasi dan Penyerapan Tenaga Kerja

Manfaat yang dihadirkan dari pengadopsian komputasi awan tidak hanya terbatas pada institusi yang menggunakannya, tetapi juga perekonomian Indonesia secara keseluruhan. Beberapa penelitian di negara lain, seperti di Amerika Serikat, Eropa dan Jepang menggunakan CGE (*Computable General Equilibrium*) untuk mengukur besaran manfaat yang dihadirkan oleh komputasi awan. Etro (2009) dalam penelitiannya menemukan bahwa penerapan teknologi komputasi awan berkontribusi pada tingkat pertumbuhan tahunan di Eropa antara 0,05 persen hingga 0,3 persen. Sementara itu, West (2010) dari Brookings Institute mengungkapkan bahwa penghematan biaya terkait pengeluaran untuk TI di lembaga pemerintah Amerika Serikat hasil dari penggunaan komputasi awan bisa mencapai 25 hingga 50 persen. Lansiti dan Richards (2011) juga menunjukkan bahwa adopsi komputasi awan dapat meningkatkan PDB Amerika Serikat sebesar 0,83 hingga 0,99 persen per tahun (atau 8,64 hingga 10,37 persen dalam 10 tahun mendatang).

Sementara Ozu dan Kasuga (2014) menggunakan *Dynamic Stochastic General Equilibrium* (DSGE) untuk memperkirakan dampak difusi komputasi awan pada kondisi makroekonomi di Jepang dan menemukan bahwa terdapat efek peningkatan PDB sebesar 0,10 persen dalam skenario tingkat adopsi yang cepat dan peningkatan PDB sebesar 0,059 persen dalam skenario tingkat adopsi yang lambat. Menggunakan data mikro untuk simulasi model DSGE, Tamegawa, Ukai, dan Chida (2014) menyimpulkan bahwa 10 persen tingkat adopsi komputasi awan memiliki asosiasi dengan 10 poin peningkatan fungsi produksi ke tingkat lebih tinggi. Lebih lanjut, studi tersebut juga menunjukkan bahwa sistem komputasi awan dapat menstimulasi jalur pertumbuhan ekonomi pada tahap awal, lalu kemudian menjadi cukup stabil pada tahapan berikutnya.

Dalam kasus Indonesia, bisa dikatakan masih sedikit studi yang mencoba untuk melihat pengaruh difusi komputasi awan, terlebih yang secara spesifik pada adopsi komputasi awan di sektor publik. Studi yang dilakukan oleh Anshory (2020) mencoba menilai dampak dari teknologi baru dan disruptif (termasuk komputasi awan) terhadap perekonomian Indonesia. Studi ini menggunakan model CGE multi-regional yang dapat dihitung secara rekursif-dinamis dan menerapkan "shock" berupa perubahan produktivitas tenaga kerja sektor tertentu ke dalam model, yang mewakili efek dari perubahan teknologi baru pada perekonomian.

Dalam studi tersebut, ditemukan bagaimana peningkatan produktivitas tenaga kerja tidak hanya meningkatkan nilai tambah sektor (dengan memproduksi jumlah output yang sama dengan biaya yang lebih rendah), tetapi juga meningkatkan tingkat output. Secara keseluruhan, studi ini menunjukkan bahwa adopsi teknologi disruptif menyebabkan tambahan 0,5% dalam pertumbuhan PDB Indonesia per tahun.

Kemudian, untuk mengisolasi dampak adopsi layanan komputasi awan, PwC (2021) menggunakan temuan Frost and Sullivan (2018) dan temuan surveinya sendiri. Dengan mengasumsikan 12,5 persen proporsi investasi dalam teknologi awan terhadap total investasi semua investasi TI baru, studi PwC memperkirakan bahwa manfaat produktivitas kumulatif bagi perekonomian Indonesia dari adopsi komputasi awan sekitar US\$10,7 miliar dari tahun 2021 hingga 2025.

Untuk mengisi kekosongan dalam literatur studi adopsi komputasi awan di Indonesia, studi ini mencoba mengkaji dampak adopsi komputasi awan di sektor publik terhadap beberapa indikator ekonomi. Mengikuti Anshory (2020), penelitian ini menggunakan model CGE dinamis rekursif yang disebut model IndoTERM CGE untuk mengukur efek adopsi komputasi awan di sektor publik Indonesia terhadap makroekonomi. Dalam model ini, adopsi awan oleh sektor publik Indonesia diasumsikan sebagai bagian dari investasi untuk meningkatkan Faktor Produktivitas Total (*Total Factor Productivity/TFP*). Penjelasan lebih detail mengenai struktur data model CGE yang diterapkan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Lampiran.

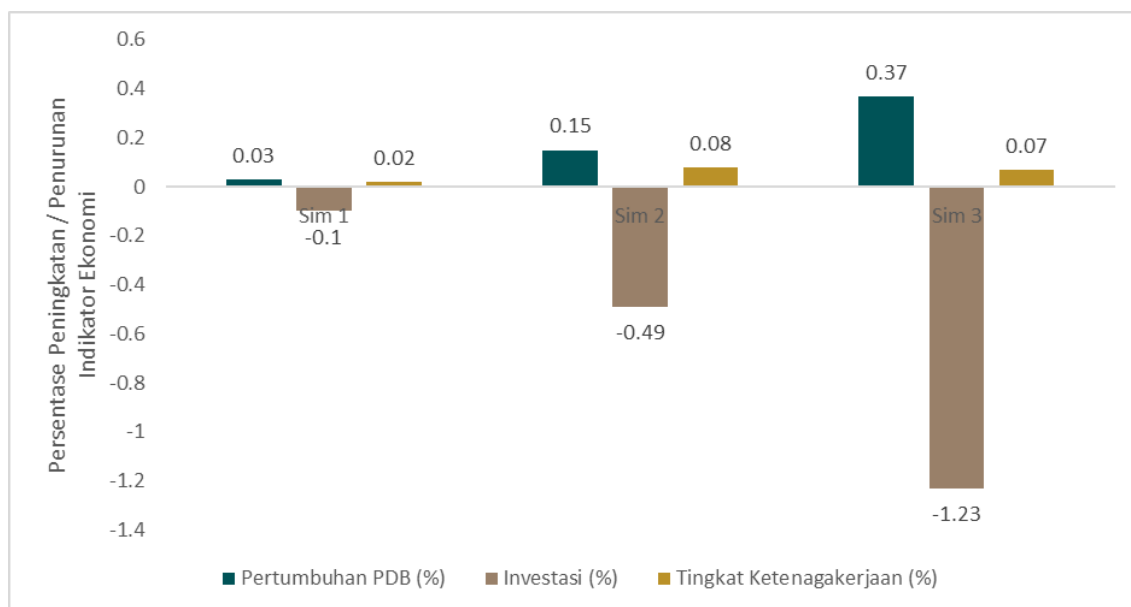
Penelitian ini menggunakan tiga skenario simulasi. Pertama, berdasarkan data historis pertumbuhan TFP di Indonesia, atau peningkatan 2 persen pada TFP di sektor publik. Diasumsikan bahwa pengaruh adopsi komputasi awan di sektor publik sama dengan rata-rata pertumbuhan TFP historis di Indonesia. Dengan kata lain, ini adalah skenario garis dasar atau skenario paling konservatif. Kedua, dengan menggunakan hasil survei sendiri yang disajikan pada bab sebelumnya (Bab 4.2.), penelitian ini menerapkan simulasi peningkatan 10 persen TFP sektor publik. Sebagaimana diungkapkan pada bab sebelumnya, sebagian besar instansi yang telah menggunakan layanan komputasi awan (atau 27%) menyatakan bahwa instansi mereka memperoleh penghematan biaya sekitar 0-10%. Ketiga, memperluas asumsi menggunakan skenario kedua ke sektor swasta, penelitian ini juga melakukan simulasi peningkatan 10 persen TFP sektor publik dan swasta. Peningkatan TFP di sektor publik akibat penggunaan komputasi awan sektor publik akan juga dirasakan manfaatnya oleh private sector dengan besar kenaikan TFP yg sama, yaitu 10%.

Gambar 5.1 mengilustrasikan pengaruh adopsi komputasi awan di sektor publik Indonesia terhadap pertumbuhan PDB, ICOR, dan lapangan kerja. Hal ini menunjukkan bahwa adopsi teknologi komputasi awan di sektor publik Indonesia dapat meningkatkan pertumbuhan PDB negara, mulai dari Rp 2,8 triliun (0,03 poin

persentase) hingga Rp 35 triliun (0,37 poin persentase). Selain itu, pemanfaatan komputasi awan oleh lembaga publik di Indonesia dapat berkontribusi pada peningkatan lapangan kerja, sekitar 0,02 poin persentase.

Menariknya, penggunaan teknologi komputasi awan di instansi publik Indonesia menyebabkan penurunan ICOR sekitar -0,1 poin persentase menjadi -1,23 poin persentase. Penurunan ini, di tengah peningkatan pertumbuhan PDB, dapat diartikan sebagai peningkatan efisiensi perekonomian secara keseluruhan. Ini berarti bahwa setelah adopsi komputasi awan di sektor publik, produksi output ekonomi sekarang membutuhkan lebih sedikit modal untuk menghasilkan keluaran yang sama. Dengan kata lain, terjadi penurunan Incremental Capital Output Ratio (ICOR) yang positif bagi perekonomian secara umum.

**Grafik 5.1. Dampak Adopsi Awan di Sektor Publik di Indonesia Terhadap Beberapa Indikator Utama Makroekonomi**



Sumber: Model CGE, 2022

## 5.2 Dampak Terhadap Output Sektoral

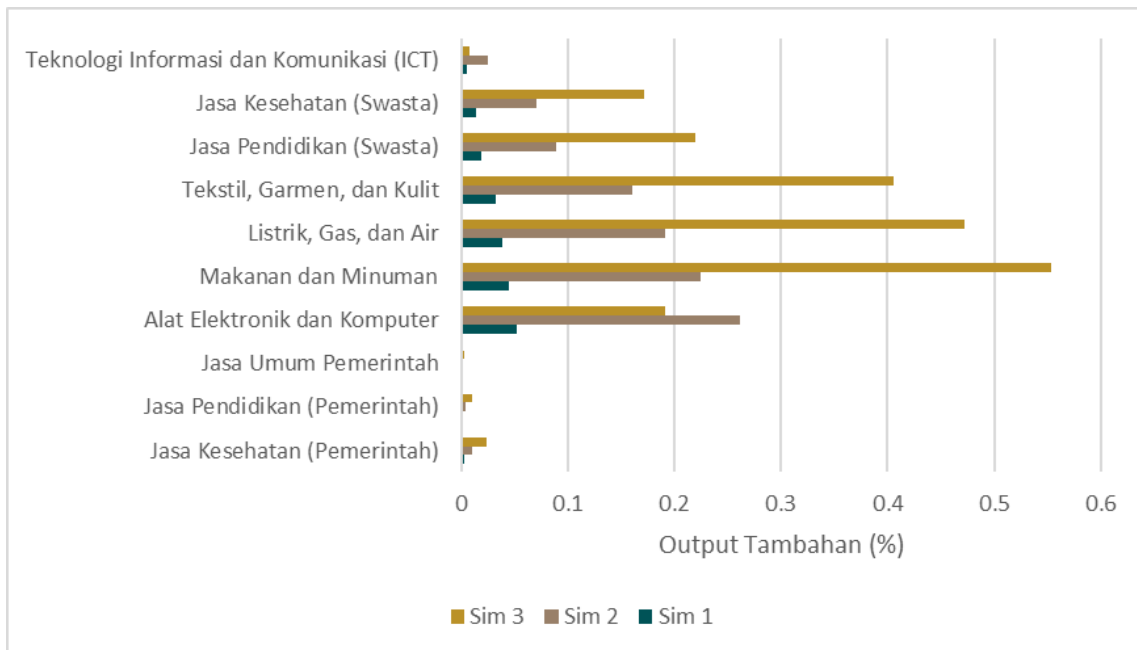
Seperti yang terlihat pada Gambar 5.2, peningkatan TFP yang disebabkan oleh adopsi komputasi awan dapat berdampak positif pada semua sektor ekonomi, dengan efek terbesar diterima oleh sektor elektronik dan komputer. Peningkatan di sektor elektronik dan komputer berkisar antara 0,052 poin persentase hingga 0,261 poin persentase. Hasil ini diharapkan karena permintaan perangkat keras dan perangkat lunak akan meningkat dengan adopsi teknologi komputasi awan yang lebih tinggi.

Menariknya, layanan pemerintah umum dan layanan pemerintah lainnya menerima pengaruh terkecil dari adopsi komputasi awan di sektor publik Indonesia. Misalnya,



layanan pemerintah lainnya hanya meningkat 0,0001 poin persentase untuk skenario pertama. Hasil ini mungkin menunjukkan bahwa adopsi komputasi awan di lembaga publik meningkatkan alokasi sumberdaya pemerintah, dari sektor yang kurang penting ke sektor yang lebih mendasar.

**Grafik 5.2. Dampak Adopsi Komputasi Awan Oleh Sektor Publik Indonesia Terhadap Output Sektoral**

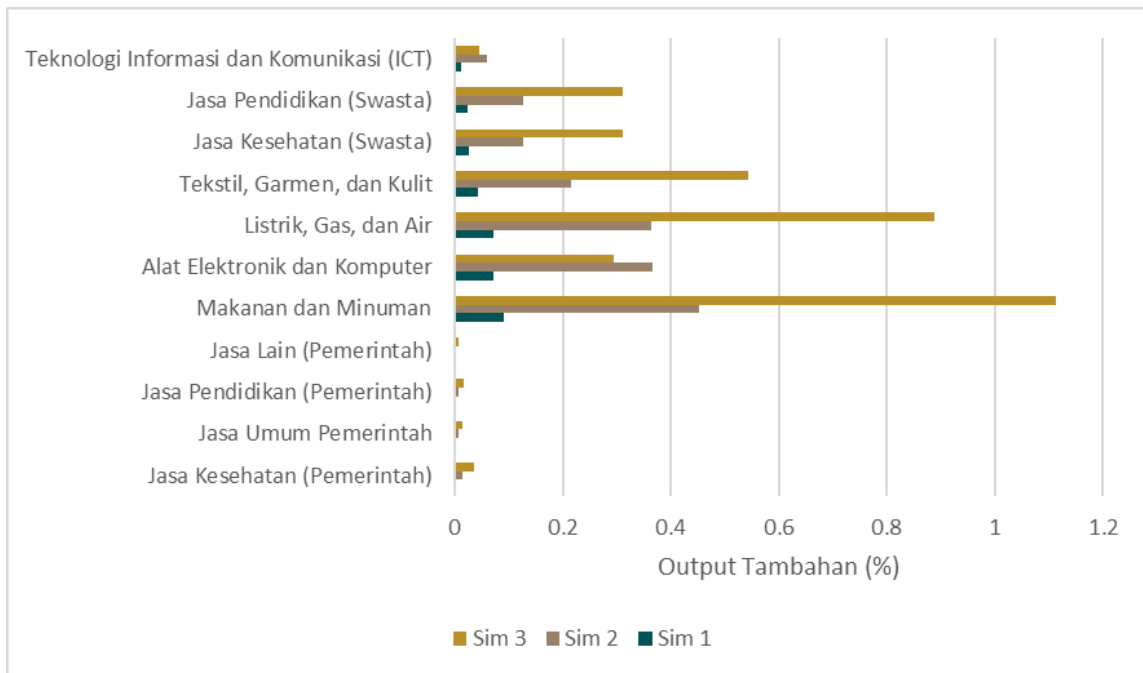


Sumber: Model CGE, 2022

### 5.3 Dampak Terhadap Tenaga Kerja Sektoral

Selain peningkatan efisiensi, adopsi teknologi komputasi awan di sektor publik Indonesia secara umum mungkin juga tidak mengurangi penyerapan tenaga kerja. Bahkan, menurut model kami di ketiga skenario, adopsi layanan komputasi awan di organisasi publik dapat meningkatkan penyerapan tenaga kerja di banyak sektor. Secara keseluruhan, penggunaan komputasi awan di sektor publik Indonesia menciptakan hingga 95 ribu pekerjaan baru. Peningkatan terbesar terjadi pada sektor makanan dan minuman, berkisar 0,091 poin persentase pada skenario 1 hingga 1,11% pada skenario 3. Selain itu, penyerapan tenaga kerja di sektor elektronik dan komputer juga dapat mengalami peningkatan yang relatif besar. Hal ini dimungkinkan terjadi karena keterikatan kedepan dan kebelakang antara kedua sektor tersebut dengan sektor publik. Rincian lebih lanjut tentang dampak adopsi komputasi awan di organisasi publik terhadap penyerapan tenaga kerja sektoral dapat dilihat pada Gambar 5.3.

**Grafik 5.3. Dampak Adopsi Komputasi Awan oleh Sektor Publik di Indonesia Terhadap Penyerapan Tenaga Kerja Sektoral**



Sumber: Estimasi Model CGE, 2022

Secara keseluruhan, hasil estimasi CGE ini serupa dengan temuan survei kami, di mana terjadi peningkatan penyerapan tenaga kerja di sektor publik. Seperti yang dibahas dalam bab sebelumnya, adopsi komputasi awan oleh instansi publik berpotensi untuk mengurangi waktu yang digunakan untuk server, database, dan manajemen aplikasi, namun kebutuhan akan pekerja TI tetap tinggi. Hal ini dikarenakan sebagian besar institusi yang disurvei masih menggunakan server *on-premise* atau *colocation* meskipun telah mengadopsi layanan komputasi awan.

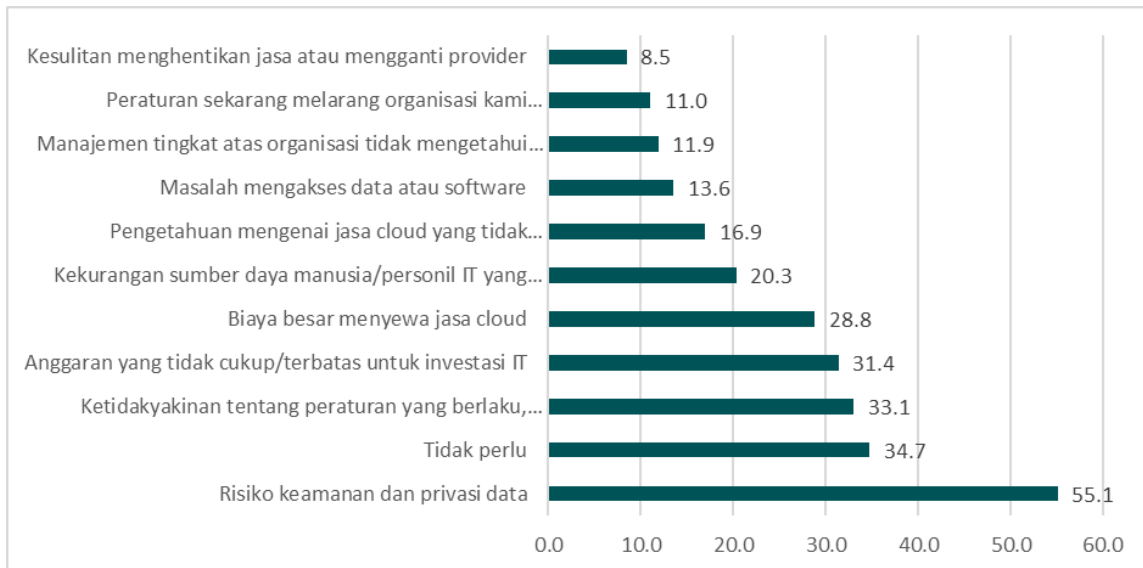
## Bab 6

# Hambatan dan Tantangan Adopsi Komputasi Awan di Sektor Publik

### 6.1 Resiko Keamanan Data dan Privasi Data

Terlepas dari berbagai potensi manfaat yang dijelaskan dalam bab-bab sebelumnya, penggunaan komputasi awan di sektor publik Indonesia masih menghadapi beberapa hambatan dan tantangan. Gambar 6.1 di bawah menjelaskan faktor-faktor yang membuat instansi publik belum menggunakan komputasi awan. Sementara, Gambar 6.2 memperlihatkan hambatan dan tantangan yang dihadapi untuk optimalisasi penggunaan layanan komputasi awan oleh instansi publik. Kedua angka ini menunjukkan bahwa ada berbagai faktor, namun serupa, yang menyebabkan instansi publik belum menggunakan layanan komputasi awan atau membatasi penggunaannya. Beberapa tantangan tersebut meliputi, minimnya pengetahuan tentang manfaat komputasi awan, risiko keamanan dan privasi data, ketidakpastian dukungan peraturan dan hukum, anggaran terbatas untuk investasi TI, dan biaya sewa layanan komputasi awan yang tinggi.

**Grafik 6.1: Alasan Tidak Mengadopsi Teknologi Awan Menurut Sektor Publik**

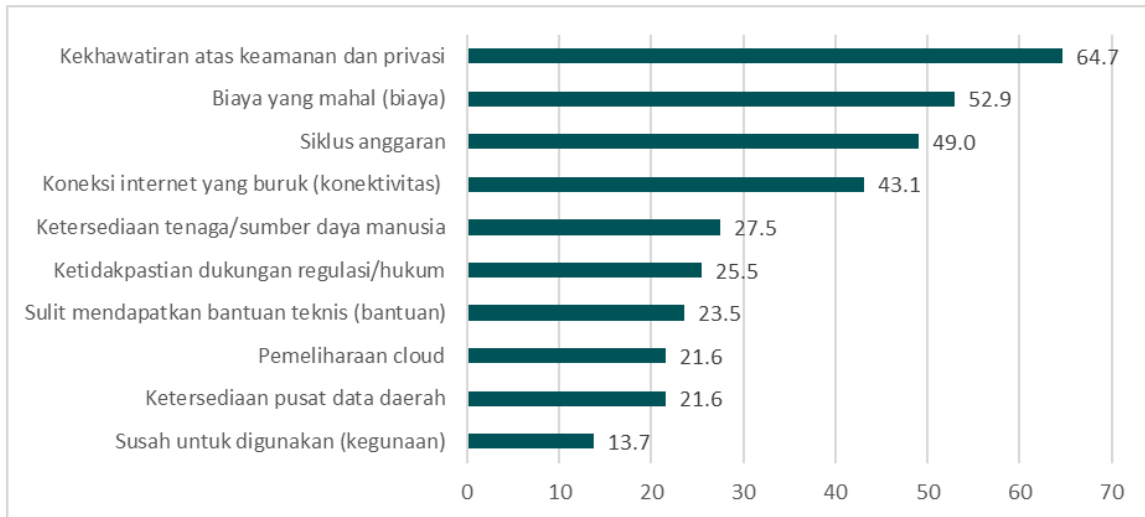


Sumber: Survei CSIS

Risiko keamanan dan privasi data adalah faktor utama yang menjadi kendala dan membatasi instansi publik menggunakan layanan komputasi awan. Mayoritas yang bukan pengguna dan pengguna komputasi awan (atau lebih dari 55 persen dan hampir 65 persen, masing-masing) menyebutkan kekhawatiran tentang keamanan dan privasi data sebagai faktor utama yang menghambat atau membatasi mereka

untuk menggunakan komputasi awan. Kekhawatiran ini lebih umum terjadi pada sektor kesehatan atau rumah sakit dikarenakan beberapa data, seperti riwayat pasien, dianggap terlalu sensitif untuk disimpan di komputasi awan. Terlebih, regulasi yang ada, seperti UU No 36/2009 tentang Kesehatan, melarang penyimpanan data di luar rumah sakit.

**Grafik 6.2. Tantangan Mengadopsi Layanan Awan**



Sumber: Survei CSIS

Kekhawatiran akan keamanan dan privasi ini dapat dikatakan berasal dari keinginan institusi untuk menjalankan jaringan mereka sendiri dan adanya ketidakpercayaan untuk membagikannya dengan pihak luar. Dari masalah ini, instansi publik di Indonesia menggunakan komputasi awan sebagai perpanjangan dari server *on-premise* dan *colocation* mereka di saat opsi tradisional tidak lagi cukup untuk memenuhi tujuan organisasi serta tidak melibatkan data yang dikategorikan sensitif. Berdasarkan FGD dan wawancara, kami menemukan bahwa masalah ketidakpercayaan tidak hanya terjadi antara lembaga publik dan penyedia komputasi awan pihak ketiga-swasta, tetapi juga antara lembaga pemerintah, seperti antara pemerintah daerah dan lembaga pemerintah pusat. Selain itu, beberapa instansi publik menyuarakan ketidakpuasannya atas jaminan kehilangan data yang ditawarkan oleh berbagai penyedia komputasi awan pihak ketiga, meskipun sebenarnya terdapat juga tanggung jawab dari pengguna layanan komputasi awan itu sendiri (instansi publik). Sementara itu, beberapa instansi pemerintah daerah juga mengekspresikan kekhawatirannya terkait dengan kewajiban sentralisasi data dari Pemerintah Pusat yang berpotensi menyulitkan pengaksesan data dengan panjangnya birokrasi.

### Boks 3. Ego Sektoral di Indonesia

#### **Ego Sektoral di Indonesia**

Salah satu isu yang ditemukan dalam wawancara dan FGD yang dilakukan di beberapa daerah di Indonesia adalah adanya ego sektoral untuk tetap menjaga server/jaringan yang ada. Sebelum diundangkannya peraturan yang mengamanatkan semua server pemerintah daerah harus ditempatkan di bawah Kementerian / Dinas Komunikasi dan Informatika, setiap unit lembaga publik memiliki dan mengoperasikan servernya sendiri. Praktik ini sangat tidak efisien, mengingat biaya instalasi server yang besar terutama apabila dibandingkan dengan kebutuhan penggunaannya yang tidak terlalu besar. Ditambah lagi, terdapat pula biaya tambahan untuk kebutuhan listrik dan biaya perawatan yang juga cukup tinggi dan tidak ramah lingkungan. Setelah adanya peraturan yang melarang unit lembaga publik untuk memiliki dan mengoperasikan server sendiri, beberapa dari mereka masih enggan untuk menyerahkan server mereka pada Kementerian / Dinas Komunikasi dan Informatika. Fakta bahwa akan berkurangnya anggaran dan adanya keinginan untuk mengoperasikan server sendiri adalah beberapa alasan utama yang menghambat pemindahan server. Keinginan untuk mengoperasikan jaringan sendiri dan ketidakpercayaan untuk berbagi dengan pihak lain adalah beberapa faktor penghambat tingkat adopsi komputasi awan.

Masalah ketidakpercayaan pada perlindungan data dan keamanan layanan komputasi awan ini disebabkan oleh kesalahpahaman umum tentang keamanan dan perlindungan data di lingkungan komputasi awan. Banyak pejabat pemerintah tidak dapat sepenuhnya memahami cara kerja perlindungan dan keamanan data dalam sistem komputasi awan. Banyak dari mereka percaya bahwa adopsi layanan komputasi awan dari penyedia pihak ketiga diartikan sebagai penyerahan kendali sepenuhnya kepada penyedia layanan atas proses keamanan dan perlindungan data, sehingga meningkatkan potensi risiko yang ada. Padahal, kepastian keamanan data juga sangat dipengaruhi oleh pengguna (pembagian tanggung jawab). Selain itu, solusi keamanan yang ditawarkan oleh penyedia layanan komputasi awan dapat meningkatkan sistem keamanan yang dimiliki oleh instansi publik.

Kesalahpahaman serupa juga berlaku untuk data lokalisasi, sebuah kebijakan yang mengharuskan data harus berada di dalam wilayah yurisdiksi Indonesia untuk menjaga keamanan. Di lingkungan komputasi awan, perlindungan dan keamanan

data tidak hanya menjadi tanggung jawab penyedia layanan tetapi juga pengguna. Keamanan sangat bergantung pada kebijakan yang diterapkan oleh pengguna dikarenakan memang kontrol dan kepemilikan penuh tetap dimiliki oleh pengguna. Sebagai contoh, pengguna sendiri lah yang dapat memilih untuk membagikan kata sandi akunnya pada orang lain yang kemudian dapat berpotensi mengancam sistem keamanan seluruh institusi. Sehingga, tanpa adanya inisiatif kebijakan yang baik dari pengguna, maka letak penyimpanan data tidaklah menjadi relevan dalam sistem keamanan di komputasi awan.

Kesalahpahaman lain yang menghambat adopsi komputasi awan adalah bagaimana penyedia layanan komputasi awan memiliki akses penuh pada data yang disimpan dalam platform mereka. Padahal, umumnya langkah keamanan komputasi awan mensyaratkan kunci enkripsi yang kuat untuk melindungi data pengguna dari akses yang tidak diinginkan dan dengan alasan apapun. Tidak ada Teknik yang memungkinkan bagi penyedia komputasi awan untuk mengakses data yang disimpan dalam platform, dikarenakan data telah terenkripsi dengan efektif.

## 6.2 Ketidakpastian Hukum dan Regulasi

Dukungan regulasi yang suportif menjadi alasan berikutnya yang menghambat penerapan komputasi awan di sektor publik. Ketidakpastian tentang hukum serta tidak suportifnya aturan yang ada saat ini yang menjadi alasan sekitar 33 persen dan 11 persen institusi non-pengguna tidak menggunakan layanan komputasi awan. Selain itu, lebih dari 25 persen pengguna komputasi awan menunjukkan bahwa ketidakpastian peraturan dan dukungan hukum adalah salah satu tantangan terpenting untuk optimalisasi pemanfaatan komputasi awan di institusi mereka.

Dukungan aturan dan hukum sebagian besar diperlukan terutama untuk risiko keamanan dan masalah perlindungan data. Saat ini, Indonesia belum memiliki Undang-Undang yang secara khusus mengatur penyediaan layanan komputasi awan. Namun, karakteristik layanan komputasi awan yang menyediakan berbagai jenis layanan komputasi seperti server, penyimpanan, database, perangkat lunak, dan layanan lainnya, secara tidak langsung dapat dikaitkan dengan beberapa peraturan terkait tentang perlindungan data pribadi dan teknologi informasi elektronik. Peraturan-peraturan tersebut antara lain antara lain Undang-Undang Nomor 11 Tahun 2018 tentang Informasi dan Transaksi Elektronik (ITE), Peraturan Pemerintah Nomor 71 Tahun 2019 (PP 71/2019) tentang Penyelenggaraan Sistem dan Transaksi Elektronik, Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Nomor 5/2020 (Permenkominfo 5/2020) tentang Penyelenggara Sistem Elektronik Swasta, serta Peraturan Presiden Nomor 95/2018 tentang E-Government (Perpres 95/2018).

Meskipun undang-undang dan peraturan ini telah memberikan kerangka hukum untuk layanan komputasi awan di Indonesia, beberapa di antaranya telah



menciptakan ambiguitas dan ketidakpastian. Dengan demikian, lingkup kebijakan dan peraturan komputasi awan di Indonesia menjadi terfragmentasi. Salah satu ambiguitas yang tercipta dari peraturan tersebut adalah tidak adanya posisi yang jelas tentang kewajiban (termasuk kewajiban registrasi) bagi penyelenggara sistem elektronik swasta (ESO).

Dalam Permenkominfo 5/2020 misalnya, sebagai peraturan pelaksana PP 71/2019, menjelaskan persyaratan pendaftaran dan kewajiban lain untuk ESO swasta. Definisi yang dimuat mengenai PSE sangatlah luas, yang pada prinsipnya mencakup hampir semua jenis penyedia sistem elektronik termasuk yang tidak dapat membahayakan keamanan nasional Indonesia. Dalam peraturan ini, penyedia layanan komputasi awan dipersepsikan setara dengan PSE lain, seperti media sosial dan mesin pencari. Hal ini menyebabkan kebingungan atas tanggung jawab komputasi awan, terutama atas data pribadi dan otorisasi akses yang sangat besar untuk tujuan penegakan hukum dan peraturan.

Sementara itu, Indonesia memiliki kebijakan lokalisasi data yang membatasi adopsi komputasi awan di sektor publik. Berdasarkan regulasi yang ada, seperti PP 71/2019, penyedia komputasi awan wajib memenuhi kewajiban tertentu sebagai PSE layanan publik, seperti menempatkan Data Center (DC) dan Disaster Recovery (DRC) di wilayah Indonesia.

Kebijakan lokalisasi data yang membatasi ini telah membuat terbatasnya ekosistem digital di Indonesia untuk berkembang. Information Technology and Innovation Foundation (ITIF) (2021) menunjukkan bahwa pembatasan data yang lebih ketat yang diterapkan oleh Indonesia dari tahun 2013 hingga 2018 telah berkontribusi pada penurunan 7,8 persen pada output ekonomi bruto negara, produktivitas yang lebih rendah, dan kenaikan harga. Untuk penyedia layanan komputasi awan, khususnya, lokalisasi data telah menghambat mereka menerapkan praktik terbaik keamanan siber, seperti melalui "*sharding*", di mana data didistribusikan ke beberapa server, bahkan melintasi perbatasan di berbagai wilayah.

Ada juga ketidakjelasan seputar inisiatif Pusat Data Nasional (PDN), bagian dari kerangka hukum untuk layanan *e-government*—Perpres 95/2018, yang telah berkontribusi pada rendahnya adopsi komputasi awan di lembaga publik Indonesia. PDN adalah suatu inisiatif yang bertujuan untuk menjadi infrastruktur/layanan terkelola bersama untuk meningkatkan efisiensi antara pemerintah pusat dan daerah. Untuk mempersiapkan proyek ini yang ditargetkan selesai pada tahun 2024, Menteri Komunikasi dan Informatika (Menkominfo) telah menerbitkan dua Surat Edaran, yaitu: SE No. 5/2020 dan SE No.3/2021. Kedua surat edaran ini saling bertentangan karena yang pertama mengharuskan semua organisasi publik untuk meminta izin dari Menkominfo sebelum membeli atau menyewa pusat data, sedangkan yang kedua menjabarkan persyaratan pengadaan komputasi awan menurut Menkominfo. Kontradiksi ini telah menciptakan

kebingungan di antara lembaga-lembaga publik, menghambat pembentukan lingkungan komputasi awan yang holistik yang menguntungkan bagi lembaga-lembaga publik.

Selain itu, posisi Kemenkominfo terkait penggunaan komputasi awan pada instansi publik setelah tahun 2021 masih belum jelas. Surat Edaran No.3/2021 mencatat bahwa kementerian dan lembaga pemerintah lainnya dapat menggunakan pusat data mereka sendiri untuk meningkatkan ketersediaan dan kapasitas layanan komputasi awan, meskipun mereka harus memprioritaskan integrasi ke dalam Pusat Data Nasional (PDN). Sikap ini menyiratkan bahwa komputasi awan, terutama yang disediakan oleh pihak ketiga tidak memiliki kejelasan legal. Hal ini membatasi pemanfaatan layanan komputasi awan di sektor publik Indonesia dan berpotensi menghambat pelayanan pemerintahan berbasis elektronik (*e-government*).

### 6.3 Sistem Pengadaan Pemerintah

Hambatan dan tantangan utama lainnya untuk adopsi komputasi awan di sektor publik Indonesia memiliki keterkaitan dengan sistem pengadaan pemerintah, termasuk biaya komputasi awan, kendala anggaran unit dan siklus anggaran. Hasil survei kami menemukan bahwa sekitar 31 persen dan 29 persen non-pengguna komputasi awan menyebut bahwa anggaran yang terbatas untuk investasi TI dan tingginya biaya sewa layanan komputasi awan sebagai alasan untuk tidak menggunakan layanan komputasi awan. Demikian pula, biaya layanan komputasi awan yang mahal dan siklus anggaran disebut-sebut sebagai hambatan utama yang menghambat pemanfaatan komputasi awan untuk sekitar 50 persen pengguna komputasi awan.

Beberapa responden yang mewakili instansi publik dalam FGD berpendapat bahwa biaya berlangganan layanan komputasi awan cukup mahal mengingat anggaran kelembagaan mereka yang terbatas. Sementara beberapa dari mereka menyadari potensi manfaat dari penggunaan layanan komputasi awan dalam jangka panjang, namun mereka juga mengkhawatirkan biaya adopsi awal, yang terdiri dari membangun aplikasi baru yang menggunakan kemampuan platform komputasi awan, memindahkan data dan layanan ke platform komputasi awan baru, dan kemungkinan risiko yang terkait dengan migrasi tersebut. Akibatnya, manfaat komputasi awan sering diabaikan atau diremehkan demi kemudahan dan kenyamanan untuk melanjutkan sistem TI yang ada.

Selain itu, beberapa dari mereka menyatakan bahwa model pembiayaan komputasi awan yang bersifat *on-demand* tidak terlalu cocok untuk siklus anggaran dan sistem pengadaan mereka, yang perlu menerbitkan rencana anggaran pada awal tahun anggaran. Dikhawatirkan, jika sumberdaya yang dianggarkan tidak digunakan secara optimal maka penyerapan anggaran juga tidak akan optimal sehingga mempengaruhi proses penganggaran di tahun berikutnya.

Masalah-masalah ini berasal dari pemahaman yang kurang tepat tentang struktur biaya komputasi awan dan sistem pengadaan utilitas. Proses pengadaan pemerintah disiapkan berdasarkan model pengadaan perangkat keras, lisensi perangkat lunak, dan konsultasi (CapEx), tetapi tidak dapat mengakomodasi pengadaan layanan komputasi awan, di mana biaya bertambah seiring waktu (OpEx). Beberapa perwakilan pengguna komputasi awan dari lembaga publik dalam FGD dan wawancara menjelaskan bahwa ini merupakan masalah yang terkait dengan keahlian penganggaran dan estimasi dari para pejabat divisi keuangan dan TI dalam memprediksi biaya implementasi atau operasi layanan komputasi awan sesuai dengan kebutuhan mereka.

#### **6.4 Ketrampilan dan Sumberdaya Manusia**

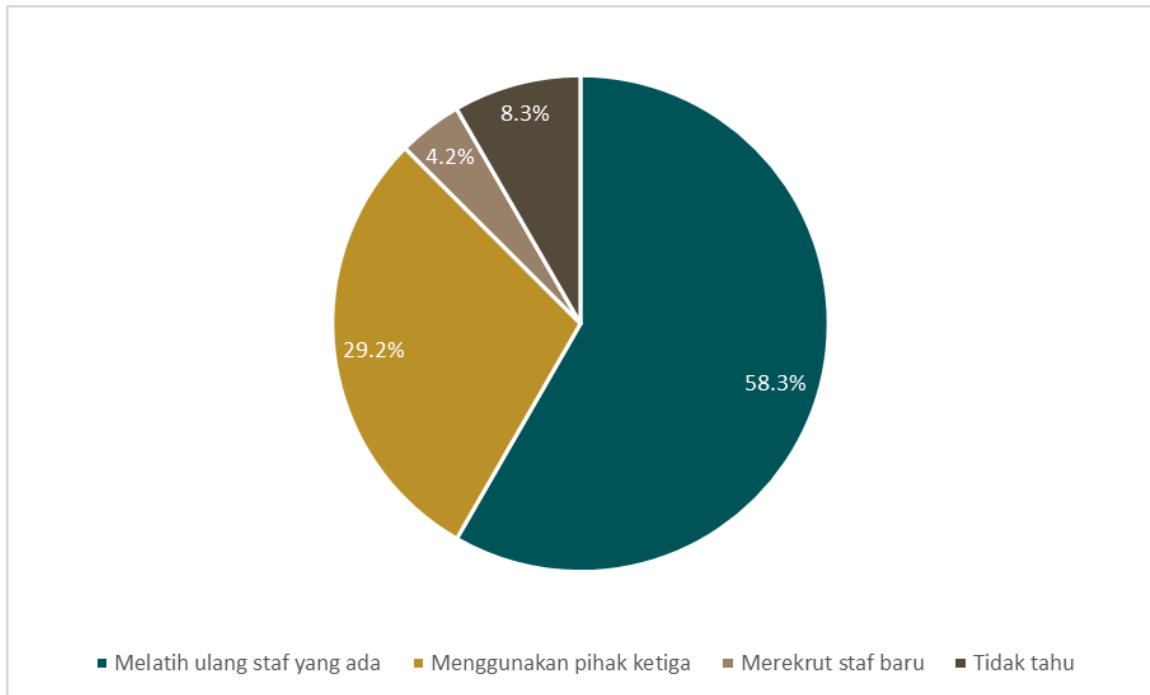
Untuk memanfaatkan teknologi komputasi awan secara efektif, instansi publik perlu memastikan bahwa staf memiliki keterampilan yang tepat. Keterampilan tidak hanya dibutuhkan oleh staf dari departemen TI yang bertugas untuk membangun platform atau aplikasi di komputasi awan, tetapi juga untuk mereka yang berasal dari departemen lain. Keterampilan yang dibutuhkan mencakup kemampuan untuk memahami bagaimana komputasi awan memengaruhi keputusan pengadaan dan penganggaran, untuk menerapkan praktik terbaik untuk migrasi ke komputasi awan, dan untuk menerapkan manajemen komputasi awan dan praktik keamanan siber yang efektif.

Kurangnya keterampilan dan pengetahuan tentang teknologi komputasi awan merupakan hambatan yang berpotensi membatasi adopsi komputasi awan di sektor publik Indonesia. Hasil survei kami mengungkapkan bahwa kurangnya personel TI yang memiliki pengetahuan tentang komputasi awan dan pengetahuan yang tidak memadai tentang komputasi awan adalah dua hambatan yang masing-masing bertanggung jawab sebanyak 20 persen dan 17 persen sebagai alasan bagi instansi publik untuk tidak menggunakan layanan komputasi awan. Demikian pula, lebih dari 27 persen institusi pengguna komputasi awan menyatakan bahwa ketersediaan tenaga kerja yang dilengkapi dengan pemahaman yang baik tentang teknologi komputasi awan sebagai salah satu tantangan serius untuk adopsi teknologi ini.

Secara demografis, usia memiliki peranan yang penting akan pengadopsian teknologi. Dalam contoh instansi publik, banyaknya pekerja dalam kategori usia senior membuat terbiasanya penggunaan infrastruktur TI tradisional. Sementara, minimnya tenaga ahli yang dapat membantu adopsi teknologi komputasi awan juga menjadi persoalan lainnya. Dengan permintaan akan keterampilan komputasi awan meningkat pesat, banyak institusi yang merasa kesulitan untuk mempekerjakan dan mempertahankan pekerja dengan kemampuan TI yang baik. Survei kami menemukan bahwa hampir 59 persen lembaga publik melatih kembali pekerja yang ada, daripada menggunakan pihak ketiga (29%) dan merekrut pekerja

baru untuk memenuhi kebutuhan mereka akan pakar TI pemahaman yang baik tentang aplikasi komputasi awan. Hal tersebut menyiratkan bahwa pelatihan, baik untuk personel TI dan non-TI, diperlukan untuk adopsi dan migrasi komputasi awan yang efektif.

**Grafik 6.3. Berbagai Cara Instansi Publik Memenuhi Kebutuhan Tenaga Teknologi Informasi untuk Adopsi Awan**



Sumber: Survei CSIS

## 6.5 Infrastruktur *Broadband*

Tantangan lain yang cukup besar yang dihadapi sektor publik Indonesia dalam mengadopsi layanan komputasi awan adalah masalah konektivitas. Lebih dari 43 persen lembaga publik dalam survei kami menunjukkan bahwa rendahnya kualitas koneksi internet menjadi kendala utama saat menggunakan layanan komputasi awan. Kesulitan ini disebabkan oleh tidak adanya infrastruktur pendukung yang andal untuk operasi komputasi awan, seperti infrastruktur *broadband*. Berdasarkan laporan yang dikeluarkan BAKTI (2021), lebih dari 12.000 desa di Indonesia masih belum memiliki jaringan internet 4G. Selain itu, kecepatan internet di Indonesia juga masih jauh tertinggal dibandingkan negara lain. Indonesia berada di peringkat 112 dengan kecepatan 9-20 Mbps untuk *fixed broadband*, bahkan tertinggal dari negara tetangga seperti Thailand, Malaysia, dan Filipina.

Jaringan internet adalah pondasi utama ekonomi digital dan infrastruktur dasar perlu disiapkan oleh Pemerintah Indonesia untuk memperluas adopsi komputasi awan di seluruh Indonesia. Akses internet, kecepatan, dan stabilitas adalah kunci untuk bermigrasi ke komputasi awan. Tanpa infrastruktur dasar yang memadai, adopsi teknologi digital untuk pelayanan publik dapat terhambat dan tidak optimal. Untuk mendorong pembangunan infrastruktur dasar, Pemerintah Indonesia harus memberikan skema insentif bagi sektor swasta untuk berinvestasi dalam infrastruktur *broadband* yang dapat memberikan manfaat universal baik bagi instansi publik maupun masyarakat.

## Bab 7

# Rekomendasi Kebijakan

### 7.1 Menciptakan Ekosistem Kebijakan yang Mendukung Komputasi Awan

Studi ini menunjukkan bahwa adopsi komputasi awan di sektor publik Indonesia masih terbatas dan belum optimal. Sebagian kecil instansi publik yang telah menggunakan teknologi tersebut masih mempertahankan server *on-premise* mereka, membatasi manfaat yang dapat diperoleh dari solusi komputasi awan. Berbagai hambatan dan tantangan telah menghambat dan membatasi ekspansi adopsi komputasi awan di sektor publik Indonesia. Hambatan ini termasuk persepsi yang salah tentang risiko keamanan dan masalah privasi data, ketidakpastian regulator dan dukungan hukum, sistem pengadaan dan biaya adopsi komputasi awan, serta kurangnya keterampilan dan infrastruktur pendukung pita lebar (*broadband*).

Untuk memanfaatkan potensi komputasi awan sepenuhnya dalam meningkatkan layanan publik Indonesia dan meningkatkan pembangunan ekonomi negara, pemerintah harus memberikan solusi untuk menghilangkan hambatan tersebut. Mempertimbangkan kondisi dan isu komputasi awan di Indonesia saat ini yang ditemukan dalam penelitian ini dan belajar dari pengalaman negara lain, seperti yang dijelaskan dalam Abell et al. (2021), di bawah ini adalah beberapa rekomendasi kebijakan yang diusulkan oleh studi ini untuk mengembangkan adopsi komputasi awan yang efektif di sektor publik Indonesia.

#### *Memperbaiki Pemahaman Mengenai Keamanan dan Perlindungan Data di Awan*

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, privasi, risiko keamanan, dan ketidakpastian peraturan adalah hambatan utama yang mencegah dan membatasi adopsi komputasi awan di sektor publik Indonesia. Untuk mengatasi masalah ini, Pemerintah Indonesia harus meningkatkan pemahamannya tentang teknologi komputasi awan, sehingga tidak muncul kesalahpahaman tentang keamanan di lingkungan awan. Kesalahpahaman ini telah menciptakan ketidakpastian dan ambiguitas kebijakan dan peraturan komputasi awan di Indonesia, karena banyak dari para pemangku kepentingan mengaitkan keamanan data dengan lokalisasi data.

Kesalahpahaman tentang keamanan data di lingkungan komputasi awan ini juga turut berkontribusi pada munculnya inisiatif Pusat Data Nasional (PDN) yang tidak membuka alternatif lain setelah PDN. Kebijakan ini membatasi pemanfaatan layanan komputasi awan di sektor publik Indonesia, mengurangi potensi manfaat dari adopsi komputasi awan untuk penyampaian layanan *e-government*. Selain itu,

proyek PDN bisa saja kurang berhasil jika dilaksanakan oleh pemerintah sendiri, mengingat anggaran yang terbatas dan kurangnya keahlian. Studi ini menunjukkan bahwa kurangnya sumberdaya keuangan, keterampilan, dan sumberdaya manusia di lembaga publik Indonesia dan infrastruktur pendukung yang tidak memadai merupakan hambatan utama untuk adopsi komputasi di sebagian besar instansi publik di Indonesia.

### *Mengimplementasikan Mekanisme Akuntabilitas Data dan Mengembangkan Kerangka Klasifikasi Data*

Dibandingkan lokalisasi data dan PDN, mendorong terbentuknya kerangka peraturan untuk mekanisme akuntabilitas data dan membangun kerangka klasifikasi data merupakan alternatif yang lebih praktis bagi Pemerintah Indonesia untuk melindungi privasi data warganya. Mekanisme akuntabilitas data ini harus sesuai dengan standar bisnis dan internasional untuk mekanisme pemindahan data antar yurisdiksi dengan perlindungan data dan/atau sistem privasi yang berbeda. Kerangka akuntabilitas multilateral, seperti Kerangka Manajemen Data ASEAN (ASEAN Data Management Framework) dan Klausul Kontrak Model ASEAN (ASEAN Model Contractual Clauses), serta sistem Aturan Privasi Lintas Batas (Cross-Border Privacy Rules/CBPR) dari APEC, dapat digunakan sebagai referensi untuk serangkaian standar dan persyaratan yang konsisten untuk akuntabilitas data layanan komputasi awan. Ini dapat membantu Pemerintah Indonesia untuk dengan mudah mengidentifikasi interoperabilitas dan standar perlindungan data yang setara tanpa harus menetapkan kewajiban khusus untuk setiap penyedia atau kontrak pihak ketiga. Selain pendekatan regional ini, Pemerintah Indonesia dapat saja memasukkan standar bisnis teknis internasional, seperti seri ISO/IEC 27000 mengenai keamanan data.

Pada saat yang sama, Pemerintah Indonesia dapat juga memperbaiki klasifikasi datanya. Ini dapat digunakan sebagai alat oleh pemerintah untuk menentukan tingkat keamanan dan persyaratan perlindungan yang berbeda untuk kategori data yang berbeda, sesuai dengan perkiraan risikonya dalam hal kekritisitas atau sensitivitas data. Dengan metode kategorisasi data berbasis risiko ini, pemerintah dapat dengan mudah memutuskan bagaimana setiap jenis data sektor publik yang terlibat dalam migrasi menuju proses komputasi awan diklasifikasikan dan ditangani dengan tepat.

Sebagai contoh, data pemerintah yang tergolong sangat sensitif atau rahasia harus dikelola menggunakan *private cloud*, sedangkan yang tergolong dalam jumlah besar dengan sensitivitas rendah dan beberapa data dengan sensitivitas sedang masing-masing dapat dikelola menggunakan *public cloud* dan *hybrid cloud*. Selain itu, untuk mengurangi insiden terjadinya klasifikasi data yang terlalu sensitif, di mana data diklasifikasikan memiliki tingkat sensitivitas yang lebih tinggi dari yang dipersyaratkan, pemerintah perlu melakukan pelatihan rutin untuk meningkatkan



kesadaran para aparaturnya mengenai pentingnya penerapan dan pengelolaan kerangka klasifikasi data berbasis risiko untuk adopsi komputasi awan yang lebih tepat.

### *Menghindari Potensi Ketidakkonsistenan antara Pemerintah Pusat dan Pemerintah Daerah*

Agar pengembangan sistem komputasi awan berfungsi dengan baik, Pemerintah Indonesia harus mampu mencegah terjadinya potensi ketidakkonsistenan antara instansi publik pusat dan daerah. Konflik dapat terjadi karena ketidakjelasan kebijakan dan peraturan tentang pemanfaatan layanan komputasi awan di sektor publik. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, ketidakpastian regulasi, ego sektoral, dan isu kepercayaan antar lembaga pemerintah telah mendorong beberapa lembaga untuk tetap mempertahankan server dan jaringan mereka sendiri.

Beberapa lembaga juga masih menggunakan aplikasi yang mereka kembangkan sendiri untuk memberikan layanan *e-government* karena masalah kompatibilitas dan kebutuhan. Lebih lanjut, beberapa peserta FGD yang mewakili instansi publik menjelaskan bahwa lembaga mereka telah investasi untuk mengembangkan sistem atau jaringan yang ada yang terlalu “besar” untuk dihapuskan. Pemerintah Indonesia perlu mengembangkan kebijakan dan peraturan yang jelas dan kuat yang dapat memfasilitasi atau menggabungkan sistem warisan yang ada, sehingga mencegah penolakan migrasi sistem ke layanan komputasi awan.

## **7.2 Mengembangkan Strategi dan Rencana Adopsi Awan yang Solid dan Jelas Dapat Diterapkan**

Untuk menciptakan kerangka peraturan guna mendorong instansi publik untuk menggunakan teknologi komputasi awan, Pemerintah Indonesia harus mengembangkan strategi komputasi awan yang jelas dan kuat. Strategi tersebut dapat mencakup metode migrasi dan/atau implementasi komputasi awan yang didukung oleh kebijakan menyeluruh, seperti strategi *cloud-first*. Pengembangan kebijakan *cloud first* atau *cloud-by-default* nasional ini dapat diartikan sebagai tanda bahwa Pemerintah Indonesia terbuka terhadap teknologi komputasi awan.

Pemerintah Indonesia juga harus mengembangkan mekanisme lain untuk memfasilitasi adopsi komputasi awan, seperti pembentukan unit pemerintah yang tepat untuk mempromosikan adopsi komputasi awan dan sistem pengadaan untuk membantu mempercepat penilaian dan pembelian layanan komputasi awan yang aman untuk sektor publik. Untuk mengembangkan dan menerapkan strategi dan rencana tersebut, berikut adalah beberapa aspek yang perlu dipertimbangkan oleh Pemerintah Indonesia.

### *Mengidentifikasi Prioritas dan Memfokuskan Ruang Lingkup Migrasi Awan bagi Pemerintah*

Untuk mengadopsi komputasi awan, organisasi publik harus memprioritaskan kasus migrasi awan yang memiliki probabilitas tinggi untuk berhasil, menunjukkan dampak tertinggi, dan membangun kapasitas internal. Ini termasuk, misalnya, layanan bagi warganegara, sistem *back-office*, dan solusi operasional. Kasus penggunaan ini ditentukan melalui penilaian risiko secara menyeluruh. Selain itu, sama pentingnya bagi pembuat kebijakan untuk menentukan ruang lingkup migrasi komputasi awan atau pengembangan aplikasi karena akan menentukan keberhasilan proyek adopsi komputasi awan.

Dengan sumberdaya yang terbatas dan kurangnya dukungan manajemen yang tepat dan terampil, ruang lingkup migrasi komputasi awan atau aplikasi yang terdefinisi dengan baik sangat diperlukan untuk mengurangi ambisi untuk dapat memenuhi semua kebutuhan warga dalam satu proyek sekaligus. Fleksibilitas lingkungan komputasi awan memungkinkan untuk fokus pada satu masalah dan membangun solusi untuk kebutuhan khusus. Kemudian meningkatkannya dengan pembaruan dan penyesuaian, sementara solusi awal sedang diuji dan digunakan.

### *Mulai dengan Proyek Percontohan kecil dan Tidak Perlu Memulai dari Awal Kembali*

Memulai dengan proyek percontohan kecil perlu dipertimbangkan untuk memudahkan proses migrasi ke sistem komputasi awan. Lebih praktis untuk menguji coba transisi komputasi awan untuk layanan yang mudah dimigrasikan agar kemajuan yang cepat dapat mendorong dan menginspirasi instansi untuk melakukan migrasi komputasi awan yang lebih besar dengan lebih tegas, dan dengan pemahaman yang lebih dalam, dan keterampilan yang lebih baik.

Sementara itu, untuk mempercepat proses implementasi komputasi awan, mungkin lebih praktis, layak dan cocok untuk mendukung instansi publik untuk mengembangkan aplikasi menggunakan sumberdaya berbagi pakai (*shared resources*) atau solusi terbuka (*open solution*) yang bisa dicoba dan diuji secara umum. Dengan kata lain, instansi publik tidak perlu memulai sesuatu yang baru lagi karena mereka dapat mengembangkan solusi dari aplikasi yang sudah ada yang dikembangkan oleh pihak lain.

### *Membentuk Pondasi yang kuat dan Unit Baru untuk Koordinasi Digital*

Untuk mengembangkan pondasi kuat berbasis komputasi awan yang dapat memicu inovasi penyediaan layanan publik, Pemerintah Indonesia harus menetapkan pemberdayaan komputasi awan sebagai pertimbangan penting dalam mendorong agenda transformasi digital. Strategi pemberdayaan komputasi awan

harus diperluas dari sekedar kebijakan *cloud-first* sederhana yang mengharuskan penggunaan komputasi awan, agar juga mencakup langkah-langkah yang membantu instansi publik untuk mengimplementasikan kebijakan dengan mudah.

Pemberdayaan komputasi awan sangat penting karena akan mendorong kebijakan dukungan lainnya yang lebih luas dan mengoperasionalkannya ke dalam langkah-langkah yang siap untuk diterapkan oleh pembuat kebijakan. Ini akan membantu memperkuat peran penting komputasi awan sebagai teknologi dasar dan mempromosikan penerapan komputasi awan di seluruh instansi publik terkait dengan isu-isu strategis nasional.

Untuk mewujudkan semua strategi di atas, Pemerintah Indonesia mungkin perlu mempertimbangkan untuk mengembangkan unit koordinasi digital yang bertujuan untuk mendukung instansi publik dalam proses adopsi komputasi awan mereka dan memantau praktik penerapannya. Unit koordinasi digital ini mengkonsolidasikan departemen TI di seluruh instansi publik untuk berbagi sumberdaya, keterampilan, pengetahuan dan praktik terbaik mereka serta mendukung pembuatan strategi komputasi awan yang kuat. Keberadaan unit ini dapat digunakan sebagai katalis penting untuk adopsi komputasi awan di sektor publik.

## Pustaka

- Abell, T., A. Husar, and L. May-Ann. 2021. "Cloud Computing as a Key Enabler for Digital Government Across Asia and the Pacific." *ADB Sustainable Development Working Paper Series No.77*. <<http://dx.doi.org/10.22617/WPS210196-2>>
- Armbrust, M., A. Fox, R. Griffith, A. Joseph, R. Katz, A. Konwinski, G. Lee, D. Patterson, A. Rabkin, I. Stoica, and M. Zaharia. 2009. "Above the Clouds: A Berkeley View of Cloud Computing". *UC Berkeley Reliable Adaptive Distributed (RAD) Systems Laboratory*, Berkeley. <[www.eecs.berkeley.edu/Pubs/TechRpts/2009/EECS-2009-28.pdf](http://www.eecs.berkeley.edu/Pubs/TechRpts/2009/EECS-2009-28.pdf)>
- Bommadevara, N., Del Miglio, A., and Jansen, S. 2018. "Cloud adoption to accelerate IT modernization". *Digital McKinsey: Insights*, 1-8.
- Miller, Michael. 2009. *Cloud Computing: Web-Based Applications That Change the Way You Work and Collaborate Online*. Que Publishing.
- NIST (US National Institute of Standards and Technology). 2011. "The NIST Definition of Cloud Computing". <<http://csrc.nist.gov/publications/nistpubs/800-145/SP800-145.pdf>>
- OECD. 2014. "Cloud Computing: The Concepts, Impacts and the Role of Government Policy". *OECD Digital Economy Papers No. 240*. <<http://dx.doi.org/10.1787/5jxzf4lcc7f5-en>>
- PricewaterhouseCoopers (PwC). 2021. "The Impact of Cloud Computing on the Indonesian Economy." <<https://www.pwc.com/id/en/publications/digital/the-impact-of-cloud-computing-on-the-indonesian-economy.pdf>>
- Schubert, L., Jefferey, K. and B. Neidecker-Lutz. 2010. "The Future of Cloud Computing: Opportunities for European Cloud Computing beyond 2010, Public Version 1.0." <<http://cordis.europa.eu/fp7/ict/ssai/docs/cloud-report-final.pdf>>
- Shuleski, D., Birsan, A., Cristea, C. V., and Radu, I. 2016. "Impact of Cloud Computing Technology Implementation in the Public Sector". *International Management Conference*, 5-7. <[http://conference.management.ase.ro/archives/2016/PDF/3\\_14.pdf](http://conference.management.ase.ro/archives/2016/PDF/3_14.pdf)>
- Zwattendorfer, B. and Tauber, A. 2013. "The Public Cloud for E-Government". *International Journal of Distributed Systems and Technologies (IJ DST)*, 4, 1-14. <<http://dx.doi.org/10.4018/ijdst.2013100101>>

## Lampiran

### Computation General Equilibrium

Untuk menjalankan model CGE, penelitian ini menggunakan beberapa data utama seperti Tabel I-O, Sistem Keseimbangan Sosial Ekonomi (SEBS), Situasi Angkatan Kerja di Indonesia (Sakernas) dan data pendukung lainnya. Tabel I-O (I-O) Nasional yang digunakan dalam penelitian ini adalah Tabel I-O terbaru yang diterbitkan oleh Badan Pusat Statistik (BPS), yaitu Tabel I-O 2016. Tabel I-O terbitan 2016 ini berbeda dengan Tabel I-O sebelumnya. I-O Table 2016 merupakan hasil adopsi dari rekomendasi internasional tentang penyusunan indikator makroekonomi. Dalam publikasi ini, Tabel I-O disajikan dari segi harga dasar selain harga pembeli. BPS menyusun I-O Table 2016 dengan total 185 sektor.

Detail struktur Tabel I-O dapat dilihat pada Gambar A.1. Matriks yang terdapat pada Tabel I-O terdiri dari matriks penyerapan input di masing-masing industri, matriks produk bersama dan matriks pajak bersama. Kolom matriks penyerapan menunjukkan 6 pelaku ekonomi yaitu produsen dalam negeri, investor, rumah tangga, ekspor, pemerintah dan persediaan.

**GRAFIK A.1. Data Input-Output data pada Model *General Equilibrium***

		Absorption Matrix					
		1	2	3	4	5	6
		Produs er	Invest or	Househ old	Export	Other s	Invento ry change
Size	$\leftarrow I \rightarrow$	$\leftarrow I \rightarrow$	$\leftarrow 1 \rightarrow$	$\leftarrow 1 \rightarrow$	$\leftarrow 1 \rightarrow$	$\leftarrow 1 \rightarrow$	
Raw material flow	$\begin{matrix} \uparrow \\ C \\ \times \\ S \\ \downarrow \end{matrix}$	V1BAS	V2BAS	V3BAS	V4BAS	V5BAS	V6BAS
Margin	$\begin{matrix} \uparrow \\ C \times S \\ \times M \\ \downarrow \end{matrix}$	V1MAR	V2MAR	V3MAR	V4MAR	V5MAR	n/a
Tax	$\begin{matrix} \uparrow \\ C \\ \times \\ S \\ \downarrow \end{matrix}$	V1TAX	V2TAX	V3TAX	V4TAX	V5TAX	n/a
Labor	$\begin{matrix} \uparrow \\ O \\ \downarrow \end{matrix}$	V1LAB	where : C = Number of commodity I = Number of inndustries S = Commodity origin O = Number of type of labor M = Number of commodity as margin				
Capitan	$\begin{matrix} \uparrow \\ 1 \\ \downarrow \end{matrix}$	V1CAP					

Land	↑ 1 ↓	V1LND
Other costs	↑ 1 ↓	V1OCT

	Joint production matrix		Import tax
Size	← I →	Size	← I →
↑ C ↓	MAKE	↑ C ↓	VOTAR

Sumber: Horridge, *et al.* (1998) dan Oktaviani (2000)

Model CGE yang dibangun untuk menganalisis tujuan penelitian ini memiliki klasifikasi sektor berdasarkan Tabel I-O 2016. Untuk mendapatkan tujuan penelitian ini, kami mengagregasi sektor menjadi 30, dan menyoroti sebagian besar diskusi tentang sektor terkait layanan publik.

**TABEL A.1. Agregasi Sektor dalam Studi (30 sektor) berdasarkan Tabel I-O 2016**

No	Sector	No	Sector
1	Agriculture	16	Construction
2	Mining	17	Trade
3	Food and Beverages	18	Transportation Serv
4	Textile, Garment and Leather	19	Hotel, restaurant and accommodation
5	Wood Industry	20	Telecommunication
6	Paper and Publishing	21	Information and communication technology (ICT)
7	Refinery Oil	22	Financial Serv
8	Chemical and rubber	23	Real Estate
9	Non-metallic minerals	24	general government services
10	Iron Industry	25	Education serv (government)
11	electronics and computers	26	Health serv (government)
12	electric machinery	27	Other Services (government)
13	Vehicle Industry	28	Education Service (Private)
14	Other Industries	29	Health Service (Private)
15	Electricity, gas and water	30	Other Services

Sumber: Badan Pusat Statistik