

MENGAPA IPv6 GAGAL ?

Dedy Syamsuar

Universitas Bina Darma

e-mail: dedy_syamsuar@binadarma.ac.id

ABSTRACT

IPv6 was introduced to replace IPv4 as the main IP address. However, despite being more than 15 years since its standardization, IPv6 failed to achieve any meaningful diffusion through the Internet. While previous research has debated, discussed and explored the IPv6 adoption, this study provides a theoretical perspective to investigate the failure of IPv6 to diffuse from resistance perspective. Drawing on Tornatzky and Fleischer's TOE (Technology-Organization-Environment) framework and integrating prior adoption and resistance literatures, we propose a model of IPv6 resistance. The antecedents of the proposed model basically represent three dimensions of TOE framework including Technological context (lack of need, satisfaction with current system, switching cost and perceived of threat), Organizational context (resource barrier and IT sophistication) and Environmental context (regulatory support). Furthermore, the model can be used to explore and recognize why most of organization as end user still resist over the IPv6.

Keywords: IPv6, resistance technology, adoption technology

ABSTRAK

IPv6 diperkenalkan untuk menggantikan IPv4 sebagai protocol pengalaman utama di Internet. Tetapi meskipun telah lebih dari 15 tahun ditetapkan sebagai standard, IPv6 gagal mencapai difusi yang berarti. Sementara penelitian sebelumnya telah memperdebatkan, membahas dan mengeksplorasi adopsi IPv6, penelitian ini memberikan perspektif teoritis untuk menyelidiki kegagalan IPv6 untuk menyebar dari perspektif resistansi. Menggunakan kerangka kerja Tornatzky & Fleischer's TOE (Technology-Organization-Environment) dan integrasi dengan literatur adopsi dan resistensi sebelumnya, kami mengusulkan sebuah model resistensi IPv6. Antecedent dari model yang diusulkan pada dasarnya mewakili tiga dimensi kerangka TOE termasuk konteks Teknologi (lack of need, satisfaction with current system, switching cost and perceived of threat), konteks organisasi ((resource barrier and IT sophistication) dan konteks lingkungan (regulatory support). Selanjutnya, model tersebut dapat digunakan untuk mengeksplorasi dan mengenali mengapa sebagian besar organisasi masih menolak IPv6.

Keywords: IPv6, penolakan teknologi, adopsi teknologi

1. PENDAHULUAN

Pengguna Internet telah mencapai 3,88 milyar pada pertengahan 2017 yang berarti telah mencapai lebih dari separuh populasi dunia – 51,7% [1]. Trend pertumbuhan ini terus berlangsung secara signifikan mengingat semakin berkembangnya teknologi yang membutuhkan koneksi internet [2] untuk memfungsikan sistem secara menyeluruh. Ditambah lagi masifnya pertumbuhan Internet di negara-negara berkembang [3], juga menjadi alasan lain dari tingginya pertumbuhan Internet. Hal ini berimbas kepada meningkatnya kebutuhan *IP address* sebagai pengenal atau identitas perangkat di Internet.

Setelah ICANN mengumumkan telah terdistribusinya blok IP terakhir kepada RIR (*Regional Internet Registry*) pada February 2011, beturut-turut APNIC (April 2011), RIPE (September 2012) , LACNIC (Juni 2014) dan ARIN (September 2015) menyatakan telah mengalokasikan *pool* alamat terakhir ke pengguna. Ini indikasi jelas masalah kekurangan alamat menjadi ancaman nyata dimana hampir seluruh alamat IPv4 yang tersedia telah dialokasikan ke pengguna.

IPv4 secara teoritis dapat mengakomodir sampai dengan 4,3 milyar (2^{32}) perangkat dengan alamat unik. Dalam implementasinya di lapangan, jumlah tersebut berkurang secara signifikan karena berbagai alasan [4]. Pengurangan tersebut seperti adanya alamat private, loopback, dan alokasi khusus (class D & E). Jumlah alamat yang tidak di-routing ke Internet tersebut lebih dari 600 alamat IP. Lebih lanjut adanya alamat yang telah dialokasikan kepada pengguna, tetapi belum digunakan juga turut berkontribusi kepada habisnya alamat IP.

Dengan pertumbuhan Internet yang sangat cepat, beberapa peneliti menunjukkan kekuatirannya akan kekurangan alamat IP tersebut [5-8] selain kekurangan lain dari *protocol* ini. Bahkan, Wang & Crowcroft [9 cited in Mueller 2008] telah mengingatkan akan permasalahan ini jauh sebelum Internet sebesar sekarang ini. Oleh karenanya, peneliti lain [8, 10, 11] mengingatkan pentingnya *protocol* pengganti untuk mencegah permasalahan lebih serius terhadap Internet dimasa sekarang ataupun depan nanti. Mueller [6] menganalogikan dampak permasalahan ini seperti krisis minyak di era 1970an, dimana dampaknya dirasakan oleh seluruh dunia.

Selanjutnya, IPv6 diperkenalkan sebagai standar baru pengganti IPv4 sekaligus menjadi solusi untuk mengakomodir pertumbuhan Internet. Dengan jumlah alamat unik yang sangat besar, IPv6 tidak hanya menjadi jawaban atas kekurangan alamat IP, tetapi juga menjadi solusi akan kebutuhan keamanan dan mobilitas pengguna. Hanya saja meski telah menjadi satu-satunya standar pengganti, penggunaannya masih sangat jarang [3, 12].

Studi ini dilakukan untuk memahami mengapa organisasi sebagai pengguna Internet mengabaikan IPv6, meski memiliki fitur yang lebih baik. OECD [13] menggarisbawahi pentingnya organisasi-organisasi untuk mengantisipasi permasalahan ini. Lebih lanjut, Czyz et al [14] menyatakan pentingnya melakukan study untuk mengevaluasi pandangan pengguna baik dari sisi perilaku, sosial maupun ekonomi.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk memahami belum digunakannya IPv6 secara luas dengan melakukan studi literatur secara intensif. Adapun hasil yang diharapkan terbangun sebuah model resistansi terhadap IPv6. Markus [15] beralasan bahwa pemahanan akan faktor-faktor resistansi terhadap implementasi suatu teknologi dapat menghasilkan strategi yang lebih efektif. Disini, kombinasi faktor penghambat dan pendorong penggunaan teknologi dari studi-studi terdahulu baik adopsi maupun resistansi teknologi digunakan untuk menginvestigasi penolakan IPv6. Cenfetelli [16] menyakini bahwa faktor pendorong dan penghambat berkontribusi pada penggunaan suatu teknologi, sehingga menjadi penting untuk dipahami. Hal ini sejalan dengan saran dari Gatignon and Robertson [17] untuk menyelidiki kedua faktor tersebut. Variable dari model yang diusulkan merepresentasikan tiga dimensi dari framework *Technology-Organization-Environment (TOE)* [18]. Sebagai theory generik [19], kami menyakini teori yang tepat untuk dijadikan pedoman dalam penelitian ini.

Pada bagian awal, literatur yang relevan mengenai studi adopsi IPv6 akan didiskusikan untuk mengetahui apa yang telah diidentifikasi. Kedua, kami mempelajari studi terdahulu mengenai adopsi teknologi termasuk juga studi adopsi teknologi pada level organisasi. Pada bagian akhir, rewiuw studi terdahulu tentang resistensi teknologi akan diuraikan untuk membantu mengembangkan model yang diusulkan mengenai resistensi organisasi terhadap IPv6.

3. PEMBAHASAN

3.1 Adopsi IPv6

Perdebatan dan diskusi tentang lambatnya adopsi IPv6 di Internet saat ini telah mengemuka beberapa tahun terakhir. Sebagian besar studi dan literatur akademis berfokus pada beberapa aspek, mulai dari masalah teknis [3, 14, 20, 21], ekonomi [7, 22], kebijakan [5, 11, 23] dan sosial [24-26]. Diantaranya juga membahas mengapa standar tersebut diabaikan sementara IPv6 telah dipercaya sebagai standar de-facto yang dirancang untuk menggantikan protokol saat ini.

Pertama, Hovav and Schuff [2] yang menyelidiki delapan ISP (Internet Service Provider) dari enam negara dan kemudian memperkenalkan model *Internet Standard Adoption* (ISA). Hasilnya menunjukkan bahwa meskipun ISP tergolong baru dan memiliki perangkat yang mendukung IPv6, mereka tidak juga mengaktifkan fitur tersebut. Selanjutnya Czyz, Allman, Zhang, Iekel-Johnson, Osterweil and Bailey [27] menyediakan seperangkat metrik untuk menilai adopsi IPv6 dimana hasilnya menunjukkan adopsi IPv6 tidak signifikan. Sementara itu, beberapa studi mencoba menjelaskan level adopsi dari berbagai cara. Colitti, Gunderson, Kline and Refice [10] mengukur level adopsi dari sisi operator web site dimana meskipun penggunaan IPv6 meningkat, tingkat adopsi masih sangat rendah. Trafik IPv6 masih didominasi oleh trafik query DNS dan paket ICMP [20] yang mengindikasikan masih minimnya pemanfaatan aplikasi berbasis IPv6. Lemahnya kesiapan pengguna juga berkontribusi besar terhadap penggunaan IPv6 ini [28].

Penelitian terdahulu [8, 29] membahas bahwa beberapa teknologi tambahan dapat memperpanjang masa pakai IPv4. Kekhawatiran tentang kekurangan alamat muncul di awal tahun 1990 seiring dengan kelemahan IPv4 lainnya. Oleh karena itu, teknologi tambahan ini diperkenalkan sebagai solusi teknis untuk sementara memecahkan masalah, seperti CIDR¹, NAT², DHCP³ dan IPsec. Sementara itu, otoritas menyiapkan teknologi yang sama sekali baru, IPv6, untuk menggantikan Protokol Internet saat ini. Namun, beberapa penulis (Bohlin & Lindmark, 2002; DeNardis, 2009; Wellman & Haythornthwaite, 2008) mempercayai bahwa teknologi opsional inilah yang menjadi alasan mengapa orang enggan untuk pindah teknologi.

Kedua, beberapa artikel juga membahas adopsi IPv6 dari perspektif ekonomi, mengapa orang masih ragu karena pertimbangan finansial. Teknologi IPv6 tidak kompatibel dengan IPv4, sehingga dapat menyebabkan timbulnya biaya untuk penggantian perangkat. Akibatnya, faktor biaya ini menjadi salah satu penghalang [7, 8, 30]. OECD [13] menginformasikan bahwa transisi antara IPv4 ke IPv6 akan memakan waktu lama karena teknologi IPv4 yang dominan terpasang pada jaringan saat ini. Meskipun IPv6 tidak kompatibel dengan IPv4, IPv4 menjadi penghalang besar bagi mereka yang ingin menerapkan IPv6 ke dalam jaringan mereka [31]. Dengan sebagian besar infrastruktur Internet yang menggunakan IPv4, maka akan menciptakan biaya drag, inersia, dan konversi yang tinggi untuk sebuah organisasi memutuskan untuk mengadopsi IPv6 [2, 7]. Jelas, beralih dari teknologi ke yang baru mahal, terutama dalam kasus ini ketika sebagian besar infrastruktur Internet bergantung pada IPv4. Beberapa penulis [3, 22] berpendapat bahwa pada awalnya, biaya yang dikeluarkan tidak hanya untuk mengganti peralatan jaringan dan perangkat lunak, namun biaya lain seperti pengeluaran untuk pelatihan, mempekerjakan konsultan berpengalaman, menerapkan kebijakan baru dan prosedur, membangun infrastruktur pendukung dan menyerap kerugian dalam produktivitas selama transisi [8]. [32] memperkirakan bahwa Amerika Serikat membutuhkan biaya sebesar \$ 25,4 miliar untuk mengadopsi IPv6 selama periode

¹ CIDR (Class Inter Domain Routing) is defined on RFC1518 and RFC 1519

² NAT (Network Address Translation) is defined on RFC1631

³ DHCP (Dynamic Host Control Protocol) is defined on RFC2131

1997-2025. Namun, mereka meyakini bahwa manfaatnya jauh lebih tinggi. Hal ini karena IPv6 dapat meningkatkan efisiensi jaringan dan mengurangi biaya pemeliharaan Internet global [22, 24]. Selanjutnya, IPv6 dapat memberi beberapa kesempatan untuk menerapkan lebih banyak komunikasi IP ke depan yang tidak dapat diberikan IPv4 [33], seperti komunikasi end-to-end, kualitas layanan dan mobilitas. Beberapa penulis menyarankanantisipasi dini bagi pengguna untuk meminimalkan biaya pindah [7, 23].

Terakhir, mereka yang mengadopsi IPv6 masih perlu mengakomodasi IPv4 dalam jaringannya. Hal ini dikarenakan masih dominannya teknologi IPv6 di jaringan Internet saat ini. Keadaan ini akan menghasilkan eksternalitas negatif saat lingkungan tidak kondusif [34] untuk IPv6. Ini mengarah pada *network effect* untuk tidak mengadopsi IPv6 karena kebutuhan untuk berkomunikasi dengan orang lain. Literatur lain juga berpendapat bahwa kurangnya insentif atau sponsor membuat transisi jauh dari harapan [2, 7, 8]. Efek dari teknologi IPv4 yang telah terpasang menjadi alasan tersendiri yang menyebabkan konversi jaringan ke IPv6 yang bisa sangat mahal [35]. Argumen ini mengarah pada pentingnya dukungan pemerintah atau pemain utama untuk mengurangi risiko ekonomi [24]. Seperti yang disarankan oleh Roger [36], insentif atau sponsor dapat menurunkan switching cost. Mueller [11] menyoroti signifikansi insentif untuk menjembatani kebutuhan pengguna dan kebutuhan pemasok dalam suatu network. Demikian pula, Hovav and Kim [25] mengemukakan pentingnya dukungan pemerintah melalui peraturan dan keuangan untuk mendorong adopsi IPv6. Dalam studinya, Dell [26] melaporkan hasil yang sama bahwa walaupun kesadaran di antara organisasi Australia cukup tinggi pada IPv6 tetapi mereka belum mulai mengintegrasikan IPv6 ke dalam jaringannya. Adopsi yang lambat juga karena tidak adanya kesamaan pandangan yang dapat menjadi perekat kebutuhan dan harapan para pengguna. Dell, Kwong, Syamsuar, Francois and Choy [37] menyoroti tidak adanya motivasi atau kemauan karena pengguna merasa puas dengan teknologi terkini - "jika tidak rusak, jangan diperbaiki".

Pada bagian selanjutnya akan dibahas teori adopsi teknologi untuk mengetahui faktor-faktor dominan yang digunakan penelitian terdahulu.

3.2 Adoption theories

Faktor yang menentukan penerimaan atau pengadopsian teknologi telah menjadi topik yang menarik dalam Sistem Informasi. Oleh karenanya banyak model atau teori diperkenalkan dalam menjelaskan, mengevaluasi ataupun memprediksi faktor-faktor yang mempengaruhi penerimaan teknologi itu sendiri. Diantara teori-teori tersebut adalah *Technology Acceptance Model (TAM)*, *Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT)*, *Innovation Diffusion Theory (IDT)* dan *Technology Organization Environment (TOE) framework*.

TAM [38] telah dipergunakan secara luas dalam penelitian penerimaan teknologi. Ada dua variable kunci yang menentukan penerimaan teknologi baru yaitu *perceived of usefulness (PoU)* dan *perceived ease of use (PEoU)*. Teori lain yang merupakan pengembangan dari beberapa teori adopsi teknologi adalah UTAUT [39]. Teori ini digunakan untuk mengetahui niat (intention) pengguna individu dalam penerimaan teknologi. Niat ini ditentukan oleh tiga faktor, yaitu *performance expectation*, *effort expectation* dan *social influence*. Selanjutnya, dengan adanya niat, pengguna akan memiliki sikap positif terhadap suatu teknologi apalagi jika ada kondisi yang memfasilitasi (*facilitating condition*).

Sedangkan untuk adopsi di level organisasi, ada dua teori yang umum digunakan yaitu IDT [36] dan TOE [18]. IDT sangat populer digunakan peneliti untuk menjelaskan atau memprediksi penerimaan teknologi baik secara mandiri maupun dikombinasikan dengan teori lainnya [30, 39].

Tornatzky and Fletcher [18] memperkenalkan framework TOE untuk menjelaskan adopsi di tingkat organisasi dimana ditentukan oleh tiga elemen yaitu konteks teknologi, organisasi dan lingkungan sekitar. “*As generic theory of technology diffusion, the TOE can be used for studying the adoption of IS innovation*” (Zhu et al., 2003, p.252). Elemen-elemen tersebut dapat dipergunakan untuk menjelaskan baik faktor pendukung maupun penghalang dari penerimaan organisasi terhadap suatu teknologi. Oleh karenanya, TOE digunakan sebagai framework awal untuk mengetahui serta memahami mengapa pengguna menolak menggunakan IPv6. Pada bagian selanjutnya akan dibahas mengenai penelitian-penelitian tentang resistensi teknologi. Hal ini dilakukan mengingat penggunaan IPv6 sendiri masih sangat jarang, dengan kata lain, banyak pengguna yang masih resisten terhadap teknologi IPv6.

3.3 Resistance studies

Sementara banyak peneliti menyelidiki adopsi dari sisi positif, penelitian lain mencoba untuk melihat adopsi dari sudut yang berbeda, dari perspektif resistensi teknologi. Studi sebelumnya menginformasikan bahwa memahami alasan resisten sangat penting untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang menjadi penghambat [40, 41] atau juga pendorong perubahan teknologi serta dapat memberikan strategi penyelesaian yang lebih baik [42].

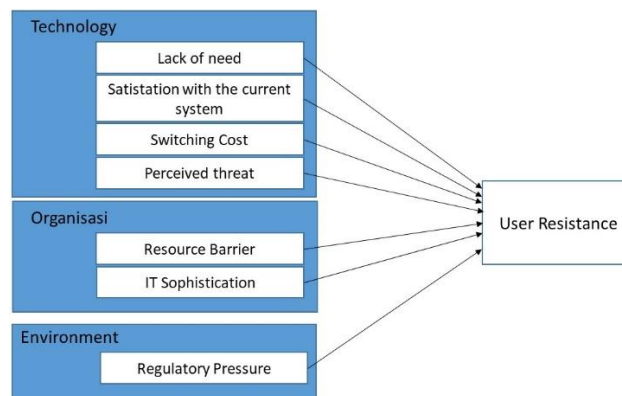
Resistensi pengguna didefinisikan sebagai penolakan untuk beralih dari satu teknologi kepada teknologi yang lainnya yang dilakukan oleh para pengguna [43]. Resistensi ini bisa berakibat buruk atau sebaliknya [17, 44]. Resistensi berubah menjadi buruk saat perubahan itu menyebabkan terjadinya konflik dan menghabiskan waktu serta perhatian pihak terkait [40]. Cenfetelli and Schwarz [41] berpendapat bahwa “*understanding why users reject technology is important so as to avoid its occurrence*” (hal.808). Kemudian, Cenfetelli & Schewarz menjelaskan bahwa hukuman lebih efektif daripada reward dalam belajar dan respon orang lebih cepat terhadap hal-hal negatif daripada yang positif. Selain itu, Cenfetelli [16] mempercayai bahwa hal buruk lebih kuat daripada informasi yang bagus dan negatif yang mengarah pada keputusan yang lebih cepat dan lebih percaya diri. Identifikasi faktor resistensi dapat membantu mengembangkan strategi implementasi yang lebih baik [42].

Studi tentang resistensi pengguna terhadap teknologi baru telah mendapat perhatian yang signifikan dalam literatur [45]. Banyak peneliti meneliti resistensi inovasi di berbagai bidang, dengan berbagai strategi dan tujuan yang berbeda. Berbagai faktor telah diidentifikasi dari beberapa konteks yang berbeda seperti dari pengaruh lingkungan [17, 46, 47], karakteristik inovasi [43, 44, 46, 48] dan dimensi organisasi [45, 49, 50].

Hirschheim and Newman [44] menyatakan faktor *lack of need* merupakan salah satu faktor yang berkontribusi terhadap resistensi pengguna. Venkatesh and Brown [48] menyelidiki adopsi PC dan menemukan bahwa faktor tingginya biaya, perubahan yang cepat dan kurangnya pengetahuan adalah alasan orang untuk menolaknya. Kim and Kankahalli [43] menggarisbawahi *switching cost* adalah faktor terpenting yang meningkatkan resistensi pengguna. Biaya itu termasuk biaya transisi, biaya ketidakpastian dan *sunk cost*. Bhattacharjee and Hikmet [42] mengemukakan bahwa *perceived threat* (rasa terancam) terbukti menjadi faktor yang paling signifikan terhadap resistensi. IPv6 bukanlah teknologi yang berdiri sendiri dan membutuhkan partisipasi antar organisasi untuk membuatnya dapat digunakan dengan baik. Bagaimana kecanggihan teknologi dalam organisasi juga mempengaruhi suatu organisasi menyikapi perubahan teknologi. Penelitian IT terdahulu (Teo et al 1998, Kuan dan Chau 2001) juga menggarisbawahi pentingnya tekanan dari lingkungan. Tekanan ini baik berupa tekanan untuk lebih kompetitif, aturan maupun kolega.

4. USULAN MODEL RESISTENSI IPv6

Dengan menggunakan kerangka kerja TOE, kami mengembangkan sebuah model untuk menginvestigasi faktor dominan sebagai alasan yang memotivasi pengguna Internet untuk tidak mengadopsi IPv6. Gambar 1 menunjukkan model yang diusulkan. Adapun diskusi hubungan dari faktor-faktor tersebut disajikan di bawah ini.



Gambar 1. Usulan Model Resistensi terhadap IPv6

4.1 Konteks *Technology*

Konteks teknologi difokuskan pada teknologi baik internal dan eksternal yang relevan dengan perusahaan [18]. Dalam studi ini, faktor teknologi berasal dari studi adopsi dan resistensi, termasuk *lack of need* (kurangnya kebutuhan), *satisfaction with existing system* (nyaman terhadap sistem yang ada), *switching cost* (persepsi biaya) dan *perceived threat* (ancaman yang dirasakan).

Pertama, studi ini mencakup faktor *lack of need* untuk mengubah seperti yang disarankan oleh beberapa penulis [44, 46]. Robey, Ghiyoung and Wareham [47] menjelaskan bahwa persepsi kebutuhan mengacu pada potensi keuntungan langsung dan tidak langsung untuk adopsi teknologi. Kebutuhan didorong karena adanya keuntungan yang diperoleh dari penggunaan teknologi baru. Keuntungan itu dapat langsung dirasakan oleh si pengguna, misalnya mempercepat proses, ataupun keuntungan lain dalam jangka waktu panjang. Ada beberapa theory adopsi yang mengakomodir hal ini seperti *relative advantage* [36], *Perceived of usefulness* [38], *performance expectation* [51]). Suatu organisasi akan mengevaluasi manfaat inovasi berdasarkan kebutuhan bisnis mereka apakah teknologinya akan memberi manfaat bagi bisnis dan seberapa besar kontribusi inovasi terhadap pertumbuhan bisnis. Premkumar dan Ramamurthy (1995) berpendapat bahwa sebuah organisasi bersedia mengadopsi sebuah inovasi jika ada kebutuhan internal yang sesungguhnya. Di sisi lain, kurangnya kebutuhan yang dirasakan memiliki dampak negatif terhadap adopsi dan pengguna cenderung untuk menolak penggunaannya. Oleh karenanya, *lack of need* digunakan sebagai salah satu faktor dalam model ini.

Kedua, beberapa penelitian tentang adopsi atau resistensi teknologi menekankan pada teknologi saat ini sebagai alasan penting untuk menolak teknologi baru [52-54]. Pengguna yang merasa nyaman dan puas dengan suatu teknologi akan cenderung enggan pindah ke teknologi lainnya. Sebelum mengadopsi teknologi baru, organisasi memerlukan pertimbangan cermat karena keputusan untuk mengadopsi mengharuskan mereka mengubah cara atau proses kerja mereka

(DeNardis 2009). IPv4 sekarang ini telah menjadi *protocol* utama dalam Internet dan meskipun ada permasalahan dari kapasitasnya, permasalahan tersebut tidak dirasakan langsung oleh pengguna. Akibatnya, urgensi perpindah teknologi dimata pengguna nyaris tidak ada. NAT secara dramatis dapat menekan kebutuhan akan publik IP dan telah menjadi bagian penting dari banyak organisasi didunia. Oleh karenanya rasa puas atau nyaman terhadap IPv4 ini berpengaruh positif terhadap penolakan organisasi terhadap IPv6.

Faktor penghambat ke tiga dalam konteks teknologi adalah *switching cost* atau biaya peralihan. Biaya peralihan menjadi isu yang relevan untuk dipertimbangkan oleh organisasi ketika mereka ingin beralih ke teknologi tertentu [8, 25, 52]. Penelitian Kuan and Chau [55] mengenai adopsi EDI (*Electornic Data Interchange*) menemukan bahwa persepsi tentang biaya dapat menjadi hambatan untuk menggunakan teknologi tersebut. Kim and Kankahalli [43] meneliti dampak *switching cost* terhadap penolakan terhadap teknologi baru. Meskipun dihadapkan pada pilihan untuk mendapatkan keuntungan dari teknologi baru, biaya peralihan yang ditemukan menjadi alasan mengapa organisasi menolak beralih ke teknologi baru dan akibatnya memaksimalkan teknologi yang ada menjadi rasional. Selain itu, biaya lain yang terkait juga berasal dari pelatihan, perekrutan pekerja dan konsultan berpengalaman, menerapkan kebijakan dan prosedur baru, membangun infrastruktur pendukung dan menyerap kerugian dalam produktivitas [56]. Furneaux and Wade [57] menyakini investasi besar-besaran di bidang TIK (Teknologi Informasi dan Komunikasi) dapat menjadi pertimbangan besar organisasi untuk menghentikan penggunaan teknologi IPv4. Dengan sebagian besar peralatan jaringan yang terpasang saat ini berdasarkan teknologi IPv4, biaya pindah ke IPv6 menjadi hambatan utama ketika organisasi harus mengubah perangkat mereka. Sementara IPv6 tidak kompatibel, biaya ini bahkan akan lebih tinggi lagi dimana pengguna yang telah menginvestasikan infrastruktur IPv4 secara masif. Berdasarkan alasan ini, *switching cost* memiliki efek positif terhadap resistensi pengguna untuk pindah ke IPv6.

Faktor keempat dari konteks teknologi yang diusulkan dalam model ini adalah *perceived threat*. Faktor ini didefinisikan sebagai persepsi pengguna akan ancaman yang mungkin terjadi akibat adanya perubahan teknologi. Beberapa ancaman potensial mungkin termasuk hilangnya *power*, kehilangan kontrol [15], reorganisasi pekerjaan [42], kehilangan status [40] dan kehilangan kinerja [43]. Pada penelitian empiris mereka, Bhattacharjee and Hikmet [42] menyakini bahwa ancaman memiliki pengaruh signifikan terhadap resistensi terhadap perubahan penggunaan sistem baru. Disaat pengguna potensial takut kehilangan kontrolnya terhadap suatu sistem, mereka cenderung bertahan dengan status quo [40]. Saat ini, banyak organisasi sangat bergantung pada IPv4 sebagai *protocol* utama jaringan komputer untuk mendukung kegiatan operasional mereka. Sebagai bagian integral dari bisnis harian mereka, gangguan TI dapat mempengaruhi keseluruhan bisnis. Lebih jauh lagi, karena IPv6 tidak kompatibel dengan IPv4, hal itu bahkan dapat menyebabkan sebagian besar sumber daya saat ini tidak berguna.

4.2 Konteks Organisasi

Tornatzky and Fleischer [18] mendefinisikan konteks organisasi sebagai kondisi internal atau sumber daya untuk mendukung adopsi. Pada model ini, dua faktor yaitu *IT sophistication* and *resource barrier* diusulkan menjadi faktor yang berkontribusi pada penolakan IPv6 dalam konteks organisasi. Secara berturut-turut kedua faktor tersebut dijelaskan pada bagian berikut.

Pertama, Chwelos, Benbasat and Dexter [49] mengemukakan bahwa kecanggihan TIK merupakan faktor penting yang berkontribusi terhadap studi adopsi teknologi pada tingkat

organisasi. Menurut Chewlos, faktor tersebut tidak hanya berhubungan dengan tingkat keahlian sumber daya, namun juga pemahaman dan dukungan dari pihak manajemen untuk menerapkan TIK. Di tingkat organisasi, dukungan dari manajemen puncak merupakan kontribusi yang sangat signifikan untuk mengurangi resistensi pengguna [43]. Peran penting lain dari dukungan manajemen puncak adalah karena mereka memiliki kekuatan untuk memastikan keberhasilan penerapan teknologi baru dengan menyediakan sumber daya yang memadai [58]. Dengan peran mereka dalam organisasi, manajemen puncak dapat mempengaruhi, mendorong dan memfasilitasi anggota lainnya. Hirschheim and Newman [44] berpendapat bahwa adopsi akan menemukan hambatan ketika manajemen puncak tidak memberi dukungan penggunaan teknologi. Demikian pula, Rogers [59] menggarisbawahi peran dukungan organisasi yang dapat meningkatkan tingkat resistensi pengguna jika tidak memberikan dukungan yang memadai untuk adopsi teknologi.

Faktor kedua adalah *resource barrier*. Beberapa peneliti menggarisbawahi pentingnya sumber daya dalam ketahanan teknologi [60]. Misalnya, Zhu *et al.* [19] menggarisbawahi pentingnya pengetahuan tentang keberhasilan adopsi teknologi. Bila pengguna tidak merasa memiliki pengetahuan yang cukup, kemungkinan akan menyebabkan penolakan (Venkatesh & Brown, 2001).

4.3 Konteks Lingkungan

Tornatzky and Fleischer [18] menjelaskan bahwa konteks lingkungan adalah arena di mana organisasi menjalankan bisnisnya seperti industri, pesaing, pemerintah dan pihak eksternal lainnya. Beberapa literatur menunjukkan peran pengaruh lingkungan dalam keberhasilan atau kegagalan adopsi teknologi [43, 61]. Venkatesh, Morris, Gordon and Davis [39] memperkenalkan faktor *social influence* untuk menjelaskan bagaimana lingkungan mempengaruhi niat perilaku. Pengaruh sosial yang terkait dengan keyakinan pihak terkait lainnya dalam penggunaan teknologi baru. Dalam adopsi tingkat organisasi, hal itu mungkin berasal dari regulator, mitra bisnis, atau pelanggan [18]. Eckhardt, Laumer and Weitzel [62] menggambarkan pentingnya pengaruh sosial dalam membedakan adopter dan non-adopter. Demikian pula dengan Kim and Kankahalli [43] yang menyatakan bahwa pandangan dari kolega menjadi salah satu faktor penting yang berpengaruh kepada ketidakinginan pengguna menggunakan teknologi baru. Oleh karena penggunaan Protokol Internet menuntut partisipasi dan koordinasi dengan pihak eksternal, keterlibatan organisasi lain sangat penting untuk dinilai. Dalam lingkungan bisnis yang kompleks, keputusan untuk menerapkan inovasi akan sangat dipengaruhi oleh lingkungan sekitarnya [63] terutama pihak yang berkompeten. Disini, kami hanya memasukkan faktor dukungan otoritas (*regulatory support*) [55, 63, 64] dalam konteks lingkungan.

Dalam penelitian di bidang sistem informasi, faktor regulator dalam penerapan teknologi menjadi bagian penting [8]. Regulator dapat mempengaruhi pengguna dengan mempromosikan suatu inovasi serta memberikan dukungan yang memadai untuk memfasilitasinya [18]. Zhu, Kraemer, Gurbaxani and Xu [64] menemukan fungsi regulator sebagai faktor penentu dalam penelitian mereka. Dalam kasus ini, Zhu *et al.* menyarankan keterlibatan pemerintah pada tahap awal implementasi teknologi baru. Hal ini dilakukan untuk memberi jaminan investasi, serta mengurangi beban biaya yang dibutuhkan pengguna diawal implementasinya, misalnya berupa insentif. Beberapa istilah digunakan penelitian sebelumnya untuk menyatakan faktor ini, misalnya Kuan and Chau [55] menggunakan faktor *government pressure*, [63] menetapkan *regulatory policy* untuk mengungkapkan faktor regulator yang penting dalam studi tentang adopsi atau penolakan teknologi. Pada penelitian ini kami menggunakan istilah *regulatory support* untuk menyatakan

dukungan yang diberikan tidak hanya pemerintah tetapi pihak-pihak lain yang memiliki otoritas untuk memfasilitasi penerapan IPv6.

5. KESIMPULAN AND SARAN

Secara resmi alamat IPv4 telah habis pada bulan Februari 2011 ketika IANA mengumumkan bahwa alamat IP terakhir telah didistribusikan. Kemudian, diharapkan IPv6 sebagai penerusnya akan lepas landas dan mendapat daya tarik untuk mengganti IPv4 secara bertahap. Namun, hal itu tidak terjadi - IPv6 gagal meraih momentum. Oleh karena itu, tujuan dari makalah ini adalah untuk memberikan perspektif teoritis untuk menyelidiki resistensi pengguna terhadap IPv6 di antara organisasi sebagai pengguna akhir teknologi. Model ini memberi kesempatan untuk mengidentifikasi mengapa organisasi masih menolak IPv6 padahal standard ini merupakan standar de facto yang disepakati untuk menggantikan IPv4.

Berdasarkan kerangka TOE, kami mengusulkan tujuh faktor yang diidentifikasi dari penelitian sebelumnya yang dapat mempengaruhi resistensi pengguna terhadap teknologi. Di bawah dimensi teknologi, kami mengusulkan keempat antecedent dapat menyebabkan resistensi pengguna, termasuk termasuk *lack of need* (kurangnya kebutuhan), *satisfaction with existing system* (nyaman terhadap sistem yang ada), *switching cost* (persepsi biaya) dan *perceived threat* (ancaman yang dirasakan). Hambatan sumber daya dan kecanggihan TI mewakili dimensi organisasi dan selanjutnya ada dukung regulator untuk mewakili konteks lingkungan. Dengan memahami faktor-faktor tersebut, pihak yang berwenang termasuk regulator internet atau pemerintah dapat mengembangkan strategi yang lebih baik untuk mendorong adopsi dan juga meningkatkan kesadaran akan masalah ini. Dari perspektif akademis, model ini memberikan wawasan penting mengenai faktor penentu teknologi adopsi atau resistensi. Juga penting untuk melakukan penelitian lebih lanjut melalui pembuktian empiris dan juga memeriksa faktor lain yang terkait dengan adopsi atau penolakan teknologi oleh berbagai organisasi yang menggunakan jaringan komputer dalam aktivitas sehari-hari.

DAFTAR RUJUKAN

1. www.InternetWorldStats.com, "Internet Usage Statistics," 2017; <http://www.internetworldstats.com/stats.htm>.
2. A. Hovav and D. Schuff, "Global Diffusion of the Internet V - The Changing Dynamic of the Internet: Early and Late Adopters of the IPv6 Standard," *Communications of the Association for Information Systems*, vol. 15, no. 1, 2005.
3. X. Che and D. Lewis, "IPv6: Current Deployment and Migration Status," *International journal of research and reviews in computer science*, vol. 1, no. 2, 2010.
4. M. Cotton and L. Vegoda, *Special-Use IPv4 Addresses*, RFC 3330, Internet Engineering Task Force (IETF), 2010.
5. L. DeNardis, *Protocol Politics: The Globalization of Internet Governance*, The MIT Press, 2009.
6. M. Mueller, "Scarcity in IP addresses: IPv4 Address Transfer Markets and the Regional Internet Address Registries," 2008; http://www.internetgovernance.org/pdf/IPAddress_TransferMarkets.pdf.
7. P. Dell, "Two Economic Perspectives on the IPv6 Transition," *Info*, vol. 12, no. 4, 2010.
8. E. Bohlin and S. Lindmark, "Incentives to Innovate with Next Generation Networks," *Communications & Strategies*, vol. 48, no. 4, 2002, pp. 97.
9. Z. Wang and J. Crowcroft, *A Two-Tier Address Structure for the Internet: A Solution to the Problem of Address Space Exhaustion*, RFC 1335, Internet Engineering Task Force, 1992.
10. L. Colitti, et al., "Evaluating IPv6 Adoption in the Internet," *Passive and Active Measurement*, Lecture Notes in Computer Science 6032, A. Krishnamurthy and B. Plattner, eds., Springer Berlin, 2010, pp. 141-150.
11. M. Mueller, "IP Addressing: The Next Frontier of Internet Governance Debate," *Info*, vol. 8, no. 5, 2006.
12. T.A. Limoncelli, "Successful Strategies for IPv6 Rollouts. Really," *Communications of the ACM*, vol. 54, no. 4, 2011, pp. 44-48; DOI 10.1145/1924421.1924438.
13. OECD, "Internet Addressing: Measuring Deployment of IPv6," 2010; www.oecd.org/dataoecd/48/51/44953210.pdf.
14. J. Czyz, et al., *Measuring IPv6 Adoption*, 2013.
15. M.L. Markus, "Power, politics, and MIS implementation," *Commun. ACM*, vol. 26, no. 6, 1983, pp. 430-444; DOI 10.1145/358141.358148.
16. R. Cenfetelli, "Inhibitors and Enablers as Dual Factor Concepts in Technology Usage," *Journal of the Association for Information Systems*, vol. 5, no. 11, 2004.
17. H. Gatignon and T.S. Robertson, "Technology Diffusion: An Empirical Test of Competitive Effects," *Journal of Marketing*, vol. 53, no. 1, 1989, pp. 35-49.
18. L.G. Tornatzky and M. Fleischer, *The Process of Technological Innovation*, Lexington Books, 1990, p. 298.
19. K. Zhu, et al., "Electronic Business Adoption by European Firms: A Cross-country Assessment of the Facilitators and Inhibitors," *Book Electronic Business Adoption by European Firms: A Cross-country Assessment of the Facilitators and Inhibitors*, Series Electronic Business Adoption by European Firms: A Cross-country Assessment of the Facilitators and Inhibitors, ed., Editor ed.^eds., 2003, pp. 252.

20. E. Karpilovsky, et al., "Quantifying the Extent of IPv6 Deployment" *Passive and Active Measurement*, Lecture Notes in Computer Science 5448, S. Moon, et al., eds., Springer Berlin, 2009, pp. 13-22.
21. J.M. Chasser, "Security Concerns in IPv6 and Transition Networks," *Information Security Journal: A Global Perspective*, vol. 19, no. 5, 2010, pp. 282-293; DOI <http://dx.doi.org/10.1080/19393555.2010.514653>
22. B. Rowe and M.P. Gallaher, *IPv6 Economic Impact Assesment*, RTI International for NIST, 2005.
23. M. Mueller, "Critical resource: An institutional Economics of the Internet Addressing-routing Space," *Telecommunications Policy*, vol. 34, no. 8, 2010, pp. 405.
24. A. Hovav, et al., "Determinants of Internet standards adoption: The case of South Korea," *Research Policy*, vol. 40, no. 2, 2011, pp. 253-262; DOI 10.1016/j.respol.2010.09.016.
25. A. Hovav and Y.J. Kim, "Determinants of IP Version 6 Adoption," *Proc. Computing in the Global Information Technology, 2006. ICCGI '06. International Multi-Conference on*, 2006, pp. 9-9.
26. P. Dell, "Australian IPv6 Readiness: Results of a national survey," *Journal of Research and Practice in Information Technology*, vol. 43, no. 4, 2011, pp. 123-135.
27. J. Czyz, et al., "Measuring IPv6 Adoption," *Proc. Proceedings of the 2014 ACM conference on SIGCOMM*, ACM, 2014, pp. 87-98.
28. V. Svedek, et al., "Towards Assessment of IPv6 Readiness, Deployment and Tansition Plans in Croatia," *Proc. International Conference on Software, Telecommunications and Computer Networks (SoftCOM), 19th*, 2011, pp. 1-7.
29. M.P. Gallaher and B.R. Rowe, "The costs and benefits of transferring technology infrastructures underlying complex standards: the case of IPv6," *The Journal of Technology Transfer*, vol. 31, no. 5, 2006, pp. 519-544.
30. A. Hovav, et al., "A model of Internet standards adoption: the case of IPv6," *Information Systems Journal*, vol. 14, no. 3, 2004, pp. 265-294; DOI 10.1111/j.1365-2575.2004.00170.x.
31. S.V. Limkar, et al., "IPv6: Features, Current Deployment Scenario, Issues and Migration Status in India," *Proc. International Conference in Software and Computing Technology (ICSCT 2010)*, IEEE, 2010.
32. B. Rowe and M. Gallaher, "Could IPv6 Improve Network Security-And, If So, at What Cost," *ISJLP*, vol. 2, 2005, pp. 231.
33. P. Grossetete, et al., *Global ipv6 strategies: from business analysis to operational planning*, Cisco Press, 2008.
34. A. Hovav and C. Popoviciu, "Adoption leadership and early planners: Comcast's IP upgrade strategy," *Communications of the ACM*, vol. 52, no. 7, 2009, pp. 143-146.
35. G. Tassej, et al., "Complex Standards and Innovation in the Digital Economy: the Internet Protocol," *International Journal of Technology Management*, vol. 48, no. 4, 2009, pp. 448.
36. E.M. Roger, *Diffusion of innovations*, Free Press, 2003.
37. P. Dell, et al., "A Comparison of Attitudes to IPv6 in Three Countries," *Proc. Corporate Strategy and the Part to a New Economy*, 2007.
38. F.D. Davis, "Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology," *MIS Quarterly*, vol. 13, no. 3, 1989, pp. 319-340.
39. V. Venkatesh, et al., "User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View," *MIS Quarterly*, vol. 27, no. 3, 2003, pp. 425-478.

40. L. Lapointe and S. Rivard, "A Multilevel Model of Resistance to Information Technology Implementation," *MIS Quarterly*, vol. 29, no. 3, 2005, pp. 461-491.
41. R. Cenfetelli and A. Schwarz, "Identifying and testing the inhibitors of technology usage intentions," *Information Systems Research*, vol. 22, no. 4, 2011, pp. 808.
42. A. Bhattacharjee and N. Hikmet, "Physicians' resistance toward healthcare information technology: a theoretical model and empirical test," *European journal of information systems*, vol. 16, no. 6, 2007, pp. 725.
43. H.-W. Kim and A. Kankahalli, "Investigating User Resistant to Information Systems Implementation: A Status Quo Bias Perspective," *MIS Quarterly*, vol. 33, no. 3, 2009, pp. 567-582.
44. R. Hirschheim and M. Newman, "Information Systems and User Resistance: Theory and Practice," *The Computer Journal*, vol. 31, no. 5, 1988, pp. 398-408; DOI 10.1093/comjnl/31.5.398.
45. J.J. Jiang, et al., "User resistance and strategies for promoting acceptance across system types," *Information & Management*, vol. 37, no. 1, 2000, pp. 25-36; DOI 10.1016/s0378-7206(99)00032-4.
46. P. Ellen, et al., "Resistance to technological innovations: An examination of the role of self-efficacy and performance satisfaction," *Journal of the Academy of Marketing Science*, vol. 19, no. 4, 1991, pp. 297-307; DOI 10.1007/bf02726504.
47. D. Robey, et al., "Theoretical Foundations of Empirical Research on Interorganizational Systems: Assessing Past Contributions and Guiding Future Directions," *Journal of the Association for Information Systems*, vol. 9, no. 9, 2008, pp. 497-518.
48. V. Venkatesh and S.A. Brown, "A longitudinal investigation of personal computers in homes: adoption determinants and emerging challenges," *MIS Quarterly*, 2001, pp. 71-102.
49. P. Chwelos, et al., "Research Report: Empirical Test of an EDI Adoption Model," *Information Systems Research*, vol. 12, no. 3, 2001, pp. 304.
50. M. Kleijnen, et al., "An exploration of consumer resistance to innovation and its antecedents," *Journal of Economic Psychology*, vol. 30, no. 3, 2009, pp. 344-357.
51. V. Venkatesh, et al., "User acceptance of information technology: Toward a unified view," *MIS quarterly*, 2003, pp. 425-478.
52. C.L. Iacovou, et al., "Electronic Data Interchange and Small Organizations: Adoption and Impact of Technology," *MIS Quarterly*, vol. 19, no. 4, 1995, pp. 465-485.
53. P.Y.K. Chau and K.Y. Tam, "Factors Affecting the Adoption of Open Systems: An Exploratory Study," *MIS Quarterly*, vol. 21, no. 1, 1997, pp. 1-24.
54. R.T. Cenfetelli and A. Schwarz, "Identifying and testing the inhibitors of technology usage intentions," *Information Systems Research*, vol. 22, no. 4, 2011, pp. 808.
55. K.K.Y. Kuan and Y.K. Chau, "A perception-based model for EDI adoption in small businesses using a technology-organization-environment framework," *Information & management*, vol. 38, no. 8, 2001, pp. 507.
56. R.G. Fichman, "Real options and IT platform adoption: Implications for theory and practice," *Information Systems Research*, vol. 15, no. 2, 2004, pp. 132.
57. B. Furneaux and M. Wade, "An Exploration of Organizational Level Information Systems Discontinuance Intentions," *MIS Quarterly*, vol. 35, no. 3, 2011, pp. 573-598.
58. T.E. Yoon and J.F. George, "Why aren't organizations adopting virtual worlds?," *Computers in Human Behavior*, vol. 29, no. 3, 2013, pp. 772-790.

59. E.M. Roger, *Diffusion of Innovation*, The Free Press, 1995.
60. K. Mathieson, et al., "Extending the technology acceptance model: the influence of perceived user resources," *SIGMIS Database*, vol. 32, no. 3, 2001, pp. 86-112; DOI 10.1145/506724.506730.
61. S. Rivard and L. Lapointe, "Information Technology Implementers' Responses To User Resistance: Nature And Effects," *MIS Quarterly*, vol. 36, no. 3, 2012, pp. 897-920.
62. A. Eckhardt, et al., "Who influences whom? Analyzing workplace referents' social influence on IT adoption and non-adoption," *Journal of Information Technology*, vol. 24, no. 1, 2009, pp. 11-24.
63. M. Pan and W. Jang, "Determinants of the adoption of enterprise resource planning within the technology organization environment framework: Taiwan's communications industry," *The Journal of computer information systems*, vol. 48, no. 3, 2008, pp. 94.
64. K. Zhu, et al., "Migration to Open-Standard Interorganizational Systems: Network Effects, Switching Costs, and Path Dependency," *MIS Quarterly*, vol. 30, 2006, pp. 515-539.