

APLIKASI DAN TANTANGAN PENGEMBANGAN PADA INDUSTRI KONSTRUKSI DI INDONESIA

Christopher Hansel Famdale¹ dan I Gede Agus Widyadana²

¹ Mahasiswa Program Studi Magister Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra, Surabaya

² Dosen Program Studi Magister Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra, Surabaya

¹ b21210006@john.petra.ac.id, ² gede@peter.petra.ac.id

ABSTRAK: Revolusi industri berdampak besar pada kemajuan dari kehidupan manusia. Saat ini, industri konstruksi sedang mengalami transformasi drastis karena kemajuan teknologi yang didukung dengan revolusi industri keempat. Salah satu bentuk penerepan konstruksi 4.0 adalah *internet of things*. Adopsi aplikasi *internet of things* memiliki tantangan – tantangan dalam prosesnya. Indonesia masih tertinggal dalam penggunaan *internet of things* di industri konstruksi. Tantangan yang ditemukan adalah anggaran biaya untuk sektor penelitian dan pengembangan yang kecil. Perbedaan demografi bisa menjadi penyebab berbedanya adopsi IoT di setiap negara. Tujuan penelitian untuk mengetahui dan mengidentifikasi tantangan yang dihadapi pekerja konstruksi dalam mengadopsi *internet of things* di industri konstruksi. Metode penelitian menggunakan kuesioner survei. Kuesioner survei dibagikan kepada pelaku industri konstruksi di Indonesia yang bergerak dibidang konsultan, kontraktor, dan properti melalui aplikasi percakapan. Data survei diolah menggunakan metode SEM (*structural equation modelling*). Hasil penelitian ditemukan bahwa tantangan yang ada signifikan dalam mempengaruhi rencana responden untuk mengadopsi IoT.

Kata kunci: IoT, adopsi, tantangan, industri konstruksi, *Structural Equation Modelling*

ABSTRACT: *Currently, the construction industry is undergoing a drastic transformation due to technological advancements by the fourth industrial revolution. One form of applying Construction 4.0 is the Internet of Things (IoT). The adoption of IoT applications has challenges in the process. Indonesia is behind in the use of IoT in the construction industry. The challenge found is the budget for the small research and development sector. Demographic differences can be the reason for differences in IoT adoption in each country. The objective is to know and identify the challenges faced by construction workers in adopting the IoT. The method uses a questionnaire. Questionnaires were distributed to construction industry players in Indonesia engaged in consultants, contractors, and property through a conversation application. Data was processed using SEM (structural equation modeling) method. The results of the study found that the existing challenges were significant in influencing the respondent's plans to adopt IoT.*

Keywords: *IoT, adoption, challenge, construction industry, Structural Equation Modelling*

1. PENDAHULUAN

Saat ini, industri konstruksi sedang mengalami transformasi drastis karena kemajuan teknologi yang didukung dengan revolusi industri keempat (Adepoju & Aigbavboa, 2021). Namun, transformasi yang drastis dalam dunia konstruksi yang dikenal lambat dalam

pengembangan inovasi menjadi masalah baru pada saat pengaplikasian transformasi oleh perusahaan – perusahaan konstruksi. Transformasi yang ada dalam dunia konstruksi disebut juga dengan konstruksi 4.0.

Konstruksi 4.0, istilah yang diciptakan dari industri 4.0 yang juga dikenal sebagai revolusi industri keempat yang berkembang dari manufaktur (Osunsanmi *et al.*, 2020). Sama seperti industri 4.0, pada konstruksi 4.0 juga bentuk inovasi konstruksi dengan mengintegrasikan teknologi digital. Beberapa bentuk model teknologi digital dalam konstruksi adalah BIM (*Building Information Modeling*), *Cloud-based project management*, *Internet of Things* (IoT). Saat ini, semua teknologi yang ada menawarkan kesempatan – kesempatan yang baru bagi perusahaan yang ingin meningkatkan daya saing, kualitas pekerjaan, ketepatan waktu pengerjaan proyek, dan pelayanan – pelayanan baru untuk pelanggan (Forcael *et al.*, 2020).

Salah satu bentuk penerepan konstruksi 4.0 adalah *internet of things*. *Internet of Things* (IoT) merupakan konsep yang inovatif dari penggunaan *internet*. Konsep yang inovatif ini awalnya dikenalkan oleh Kevin Ashton (Gamil *et al.*, 2020). Makna dari IoT melebihi dari sekadar manusia mendigitalisasi sesuatu yang bersifat fisik, namun komputer yang mampu independen dalam mengumpulkan informasi dan memprosesnya untuk digunakan oleh manusia (Asthon, 2010).

Penggunaan aplikasi *internet of things* di Malaysia terbanyak adalah sosial media (Mahmud *et al.*, 2018). Meski begitu, menurut Mahmud *et al.*, (2018) dari banyaknya *aplikasi internet of things* yang ada hanya sedikit yang digunakan di Malaysia. Masih banyak peluang untuk mengembangkan aplikasi *internet of things* pada industri konstruksi.

Adopsi aplikasi *internet of things* memiliki tantangan – tantangan dalam prosesnya. Lima tantangan yang dominan di Malaysia berupa kurangnya keselamatan dan keamanan, kurangnya standarisasi dokumen, dan kurangnya kesadaran akan manfaat *internet of things*, pengenalan *internet of things* yang tidak tepat, dan kurangnya konektivitas yang kokoh (Gamil *et al.*, 2020).

Aplikasi *internet of things* sudah banyak dalam kehidupan sehari – hari masyarakat Indonesia. Namun, di industri konstruksi belum banyak diterapkan (Wimala & Imanuela, 2022). Dari kesimpulan Wimala & Imanuela, (2022) Indonesia masih tertinggal dalam penggunaan *internet of things* di industri konstruksi. Tantangan yang ditemukan adalah anggaran biaya untuk sektor penelitian dan pengembangan yang kecil. Data penelitian yang digunakan Wimala & Imanuela, (2022) menggunakan data sekunder atau berupa studi literatur.

Menurut Megawati, (2021) penelitian terkait IoT di Indonesia ada pada 2 bidang yaitu pendidikan, dan keamanan. Selain dari pada itu, penelitian terkait IoT dibidang lain masih sangat minim. Penelitian di bidang konstruksi menjadi salah satu bidang yang menarik untuk diteliti.

Perbedaan demografi bisa menjadi penyebab berbedanya adopsi IoT di setiap negara. Karena penerimaan dipengaruhi oleh budaya dan karakteristik (Al-Husamiyah & Al-Bashayreh, 2021).

Di Malaysia, pemerintah mendukung penggunaan *internet of things* secara nasional yang ditandai dari *roadmap* strategi penggunaan IoT nasional pada tahun 2015 (Wimala & Imanuela, 2022). Pengembangan yang dilakukan di Malaysia paling banyak pada *site*

monitoring. Sedangkan di Indonesia, belum ada *roadmap* yang jelas dari pemerintah maupun pengembangan aplikasi *internet of things* di industri konstruksi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Konstruksi 4.0

Secara umum, konstruksi adalah sebuah proses pembangunan sebuah bangunan ataupun infrastruktur. Konstruksi 4.0 belum memiliki arti atau definisi secara spesifik yang menjelaskan tentang konstruksi 4.0. Konstruksi 4.0 dapat didefinisikan sebagai konsep dinamis yang dikembangkan mulai dari awal tahun 1980-an, dengan *Big Data* yang menjadi awalnya (Forcael *et al.*, 2020).

Konstruksi 4.0 diambil dari Revolusi Industri 4.0 (IR4.0). Konsep yang luas dan berkaitan dengan berbagai aspek antar ilmu teknologi dan kolaborasi, yang berarti penting untuk mencapai otomatisasi berkelanjutan melalui proses yang berbeda (Schönbeck *et al.*, 2020). Konstruksi 4.0 perlu terintegrasi penerapannya pada seluruh pihak – pihak terkait. Proyek konstruksi menghadapi tantangan yang memperumit semua aspek integrasi (Schönbeck *et al.*, 2020).

2.2. *Internet of Things*

Internet of Things (IoT) umum dikenal dengan hal – hal fisik dengan sensor yang mampu memproses, mengumpulkan, dan menghubungkan data dengan hal – hal lain melalui jaringan *internet* atau jaringan komunikasi lain. Beberapa peneliti cenderung berpikir, bahwa akar dari makna IoT sudah ada sejak akhir abad ke 19, saat Nikolas Tesla berteori: “*When wireless is perfectly applied the whole earth will be converted into a huge brain, which in fact it is, [...] and the instruments through which we shall be able to do this will be amazingly simple compared with our present telephone*” (Atzori *et al.*, 2017). IoT membawa *internet* dari yang semula primitif kemudian mentransformasi *internet* menjadi bentuk yang terintegrasi penuh (Matharu *et al.*, 2014).

Dibandingkan dengan *internet* tradisional, IoT dirancang untuk mewujudkan komunikasi antara manusia dengan benda, maupun benda dengan benda, di mana obyek yang dikomunikasikan bersifat luas (S. Li, 2017).

IoT menurut Patel & Keyur, (2016) dibagi menjadi 3 kategori, di mana IoT merupakan *internet* dari 3 hal yaitu manusia kepada manusia, manusia dengan mesin, dan mesin dengan mesin ketiga hal ini saling berinteraksi melalui *internet*. Tujuan dari IoT adalah untuk memungkinkan hal – hal terhubung kapanpun, di mana saja, dengan semua hal dan dengan siapapun secara ideal menggunakan jaringan apapun dan layanan apapun.

Menurut Megawati, (2021) ada 3 karakteristik utama untuk lingkungan *internet* dapat disebut sebagai IoT. Yang pertama, obyek – obyek diberi perangkat / alat pengukur. Kedua, terminal – terminal otonom yang saling terhubung. Ketiga, Layanan – layanan yang bersifat cerdas.

2.2.1. *Internet of Things* di Industri Konstruksi

Internet of Things (IoT) sudah diterapkan pada berbagai bidang industri seperti, konsumen, komersial, dan infrastruktur. Di sektor konstruksi, masih sulit untuk mengadopsi dan

menyambut teknologi baru karena kompleksitas dari proyek konstruksi dan risiko kegagalan yang tinggi, yang membatasi pengaplikasian teknologi (Gamil *et al.*, 2020).

Di tengah kesulitan pengaplikasian teknologi baru pada industri konstruksi, IoT sudah diterapkan di industri konstruksi. Teknologi IoT yang paling umum diaplikasikan pada industri konstruksi antara lain melakukan pemantauan dan pengendalian pelaksanaan proyek (Gamil *et al.*, 2020). IoT digunakan juga untuk memperkuat penggunaan *Lean Construction Management* dan teknologi pelacak (RFID, GPS) (Li *et al.*, 2018).

Menurut Oke *et al.*, (2020), hubungan IoT di industri konstruksi yang ada saat ini antara lain:

- a. Keselamatan, Kenyamanan, dan Efisiensi
- b. Penghasil Pendapatan
- c. Konsumsi Energi
- d. Transportasi
- e. Memantau Kesehatan
- f. Keamanan dan Privasi
- g. Peretasan
- h. Pencurian Identitas
- i. Beban Data dan Kompleksitas
- j. Mengumpulkan Data Berharga
- k. Komunikasi dengan Pelanggan
- l. Pengambilan Keputusan yang Baik
- m. Mengurangi Durasi dan Biaya
- n. Peningkatan Keselamatan dan Keamanan

Aplikasi – aplikasi IoT yang berhubungan dengan industri konstruksi saat ini banyak digunakan saat melakukan pekerjaan pengamatan dan pengawasan, serta perencanaan (Gamil *et al.*, 2020). Aplikasi – aplikasi tersebut dapat dilihat pada sub bab 2.2.1.1. sampai dengan 2.2.1.4.

2.2.1.1. BIM

Pada industri konstruksi BIM digunakan pada setiap fase konstruksi yaitu awal konstruksi, konstruksi, setelah konstruksi (Ullah *et al.*, 2019). Hasil BIM mulai dari desain, alternatif desain, kajian otomatis dari reabilitas model, pembuatan laporan, dan perkiraan performa bangunan (Ullah *et al.*, 2019). Sehingga berdampak pada efisiensi pekerjaan, komunikasi yang baik, dan pengambilan keputusan yang baik.

2.2.1.2. Drone

Penelitian Mahmud *et al.*, (2018) mengatakan bahwa aplikasi *drone* digunakan untuk membantu pekerjaan pengawasan pada proyek. Pengawasan dari *drone* dapat dilakukan untuk memantau pekerja konstruksi dan kemajuan proyek. Sehingga berdampak pada peningkatan pengambilan keputusan serta keselamatan dan keamanan.

2.2.1.3. Sensor

Aplikasi *sensor* dapat digunakan untuk membantu pekerjaan pengawasan dan pengamatan. *Sensor* yang digunakan bisa mendapatkan hasil pengawasan dan pengamatan secara

langsung dan terus menerus (Lam *et al.*, 2018). Pengawasan mulai dari kesehatan pekerja hingga masa pakai peralatan proyek. Penelitian Lam *et al.*, (2018) adopsi *sensor* dapat meningkatkan keselamatan dalam jangka waktu yang panjang.

2.2.1.4. Augmented Reality (AR)

Aplikasi IoT AR sudah dikenal sebagai aplikasi yang digunakan untuk menggabungkan dunia nyata dengan *virtual* sebagai hiburan. Pada bidang industri konstruksi, aplikasi AR digunakan untuk membantu meningkatkan efektifitas visualisasi lingkungan proyek (Chi *et al.*, 2013). Di mana bisa mempermudah pekerjaan mengelola proyek konstruksi serta meningkatkan pencegahan kerusakan pada lokasi – lokasi yang sulit diawasi.

2.3. Penelitian Terdahulu

Ada beberapa penelitian yang sudah melakukan penelitian serupa dengan apa yang dilakukan oleh penulis. Kemudian, penulis menjadikan penelitian – penelitian tersebut menjadi referensi dalam penelitian penulis saat ini.

Penerimaan akan IoT berbeda – beda antara negara, karena perbedaan akan budaya dan karakter (Al-Husamiyah & Al-Bashayreh, 2021). Demografi yang berbeda bisa membuat penelitian dengan model yang sama memiliki hasil yang berbeda. Model penelitian yang ada juga bisa dipakai untuk meneliti IoT pada bidang pekerjaan yang lain.

Temuan Mahmud *et al.*, (2018) bahwa responden sadar akan aplikasi – aplikasi IoT yang ada walaupun penggunaannya masih lebih sedikit dibandingkan dengan pengetahuan yang ada. Perlu adanya dorongan dari pihak – pihak lain untuk mau mengadopsi IoT. Tantangan yang ada dihadapi oleh setiap pelaku industri konstruksi dari instansi pemerintahan dan swasta. Pada penelitian Omoyiola, (2020) model penelitian IoT menggunakan gabungan antara 2 kerangka faktor pengaruh adopsi IoT yaitu teori *diffusion of innovation* (DOI) dan *technology organization environment* (TOE).

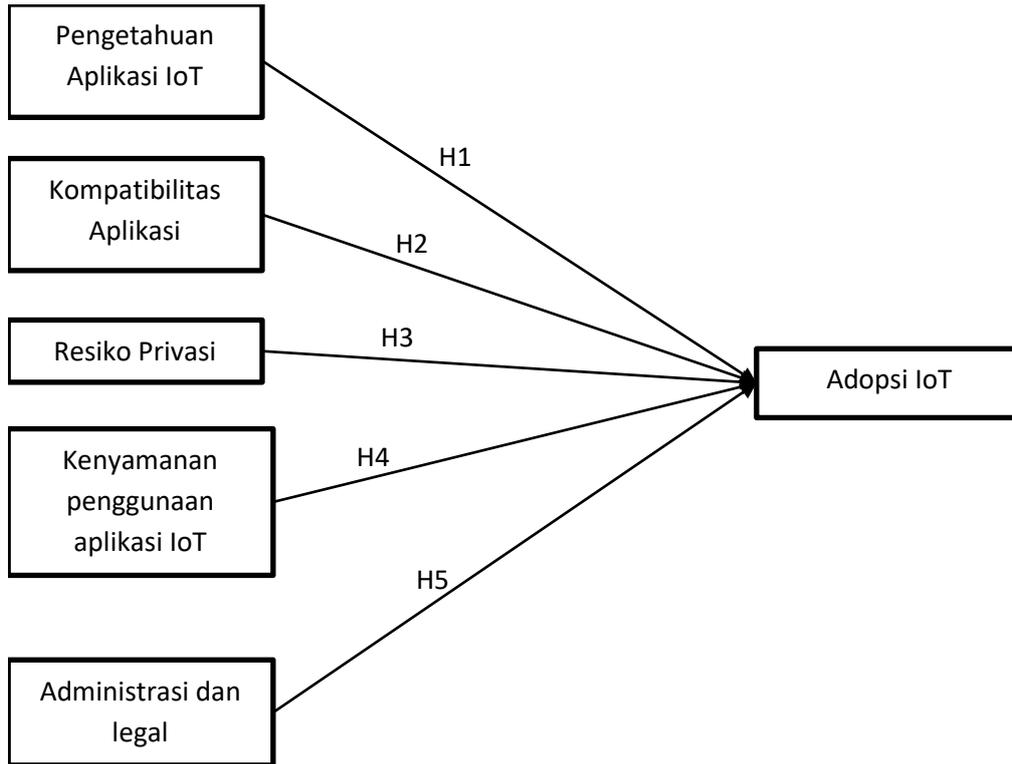
2.4. Ukuran Sampel dan Populasi

Populasi pekerja industri konstruksi di Indonesia menurut Badan Pusat Statistik pada tahun 2020 sebesar 1.130.815 orang (Badan Pusat Statistik, 2020). Dari populasi tersebut diambil sampel untuk menentukan jumlah kuesioner minimum yang sesuai. Ukuran sample digunakan seperti pada penelitian Enshassi & Al. Swaity, (2014) dan penelitian Gamil *et al.*, (2020).

Metode pengambilan sampel menggunakan sampel *non-probability*. Metode sampel ini cocok digunakan untuk penelitian yang populasi sampel diambil dari kelompok atau grup tertentu berkaitan dengan topik yang diteliti (Sharma, 2017).

2.5. Kuesioner Survei

Susunan kuesioner akan dibagi menjadi 3 bagian. Bagian A, B, dan C. Bagian A berisi demografi profil responden. Bagian B berisi tentang aplikasi IoT yang digunakan oleh responden di industri konstruksi. Bagian C berisi tentang tantangan – tantangan yang dihadapi oleh responden dalam mengadopsi aplikasi IoT.



Gambar 1. Model penelitian

Model penelitian pada Gambar 1. mau menunjukkan, bahwa pekerja industri konstruksi berencana dalam mengadopsi IoT dipengaruhi oleh variabel pengetahuan aplikasi IoT, kompatibilitas aplikasi, resiko privasi, kenyamanan penggunaan aplikasi IoT, dan Administrasi dan legal. Juga dapat dilihat pada model penelitian bahwa:

- H1: Pengetahuan aplikasi IoT memiliki pengaruh terhadap Adopsi IoT
- H2: Kompatibilitas aplikasi memiliki pengaruh terhadap Adopsi IoT
- H3 Resiko privasi memiliki pengaruh terhadap Adopsi IoT
- H4: Kenyamanan penggunaan aplikasi IoT memiliki pengaruh terhadap Adopsi IoT
- H5: Administrasi dan legal memiliki pengaruh terhadap Adopsi IoT

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian diawali dengan studi literatur dari berbagai jurnal untuk mengetahui bagaimana IoT dalam dunia industri konstruksi. Studi literatur juga dilakukan untuk penyusunan kuesioner survei. Kemudian dilakukan analisa dan pembahasan dari data yang dikumpulkan melalui kuesioner survei.

Pengumpulan data penelitian menggunakan kuesioner survei yang disebarakan kepada pelaku industri konstruksi. Pelaku industri konstruksi ini antara lain yang bergerak dibidang konsultan, konstruksi, dan properti. Penyebaran kuesioner survei dilakukan secara *online*. Pengisian kuesioner menggunakan aplikasi dari *google form*. Penyebaran tautan untuk pengisian kuesioner survei dibagikan melauai aplikasi percakapan ke dalam grup – grup pekerja industri konstruksi dan pesan langsung ke individu pekerja industri konstruksi.

Pengolahan data yang didapatkan dari kuesioner menggunakan analisis deskriptif, analisis SEM, dan analisis signifikansi perbedaan nilai *mean* dari indikator yang ditinjau. Analisis SEM menggunakan *software SmartPLS*. Analisis signifikansi perbedaan nilai *mean* menggunakan *software SPSS statistics 13*.

4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Proses Penelitian

Jumlah pengisi kuesioner menggunakan metode sampling dengan tingkat keyakinan sebesar 90%. Didapatkan 87 total jumlah responden dari penyebaran yang telah dilakukan. Jumlah responden sudah melebihi minimum responden sebanyak 84. Kemudian, data kuesioner dianalisis menggunakan metode *structural equation modeling* (SEM) menggunakan aplikasi *SmartPLS v3.2.9*.

Analisis data deskriptif dilakukan sebelum memulai analisis SEM dimulai, dengan melihat nilai *mean* dari indikator yang digunakan. Analisis deskriptif bisa digunakan untuk melihat bagaimana karakteristik responden dalam mengisi indikator kuesioner.

Analisis data kuesioner menggunakan aplikasi *SmartPLS* untuk melihat bagaimana signifikansi *variable latent* pada model penelitian yang dibuat terhadap Hipotesa yang sudah dimodelkan. Langkah – langkah dimulai dari uji validitas dengan melihat nilai *loading factor* dan *fornell-Larcker Criterion*. Uji reabilitas menggunakan metode *cronbach's alpha*. Signifikansi hipotesa dengan melihat nilai P dari model penelitian.

4.2. Data Kuesioner

Data kuesioner yang terkumpul sebanyak 87 responden. 87 responden kuesioner terdiri dari 2 jenis perusahaan di industri konstruksi yaitu swasta dan pemerintah (BUMN). Responden kuesioner berasal dari 14 provinsi di Indonesia. Bidang pekerjaan responden di industri konstruksi meliputi, arsitek, *civil engineer*, *developer*, direktur, *drafter*, komisaris, *planning engineer* (konsultan), *project manager*, *quality control*, *site manager*, dan *supervisor*. Jenjang pendidikan responden mulai dari diploma sampai dengan doktor. Pengalaman kerja responden dibidang industri konstruksi mulai dari 0 – 10 tahun, 11 – 20 tahun, 21 – 30 tahun, dan di atas 30 tahun. Demografi responden dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Demografi responden kuesioner

Kategori Responden	Item	Jumlah Sampel	Persentase	
Kategori	Swasta	83	95,40%	
Perusahaan	Pemerintahan (BUMN)	4	4,60%	
	Bali	3	3,49%	
Provinsi	Bangka Belitung	1	1,16%	
	Banten	4	4,65%	
	Jakarta	19	22,09%	
	Jawa Barat	4	4,65%	
	Jawa Tengah	2	2,33%	
	Jawa Timur	42	48,84%	
	Kalimantan Tengah	1	1,16%	
	Nusa Tenggara Timur	4	4,65%	
	Riau	2	2,33%	
	Sulawesi Selatan	2	2,33%	
	Sumatera Barat	1	1,16%	
	Yogyakarta	1	1,16%	
	Bidang Pekerjaan	Arsitek	14	16,28%
		Civil Engineer	38	44,19%
		Developer	1	1,16%
Direktur		14	16,28%	
Drafter		1	1,16%	
Komisaris		1	1,16%	
Planning Engineer (Struktur, Tanah, Pondasi, dll)		10	11,63%	
Project Manager		4	4,65%	
Quality Control		1	1,16%	
Site manager		1	1,16%	
Supervisor		1	1,16%	
Bachelor Degree (Sarjana)		68	78,16%	
Pendidikan Terakhir		Diploma	2	2,30%
		Master (Magister)	14	16,09%
Pengalaman Kerja		PhD (Doctor)	3	3,45%
	0 - 10 Tahun	51	58,62%	
	11 - 20 Tahun	17	19,54%	
	21 - 30 Tahun	13	14,94%	
	Diatas 31 Tahun	6	6,90%	

Pada Tabel 2 dapat dilihat hasil kuesioner tentang aplikasi IoT yang digunakan oleh pekerja industri konstruksi saat ini. Dari data yang terkumpul dapat dilihat bahwa 100% responden menggunakan sosial media dalam pekerjaan mereka di industri konstruksi. Sehingga secara berurutan aplikasi IoT yang digunakan oleh responden diatas 50% adalah sosial media, GPRS, *email*, situs *web*, *database*, dan BIM. Aplikasi IoT yang digunakan 50% ke bawah secara berurutan dari yang tertinggi adalah *drone*, *smart lamp*, *sensor*, dan AR.

Tabel 2. Aplikasi IoT yang digunakan responden

Aplikasi IoT	Responden	Jumlah Sampel	Persentase
Sosial Media	Yes	87	100,00%
	No	0	0,00%
Email	Yes	82	94,25%
	No	5	5,75%
Situs Web	Yes	68	78,16%
	No	19	21,84%
GPRS (General Package Radio Service)	Yes	84	96,55%
	No	3	3,45%
Database	Yes	64	73,56%
	No	23	26,44%
BIM (Building Information Modeling)	Yes	45	51,72%
	No	42	48,28%
Smart Lamp	Yes	34	39,08%
	No	53	60,92%
Drone	Yes	41	47,13%
	No	46	52,87%
Sensor	Yes	25	28,74%
	No	62	71,26%
Augmented Reality (AR)	Yes	20	22,99%
	No	67	77,01%

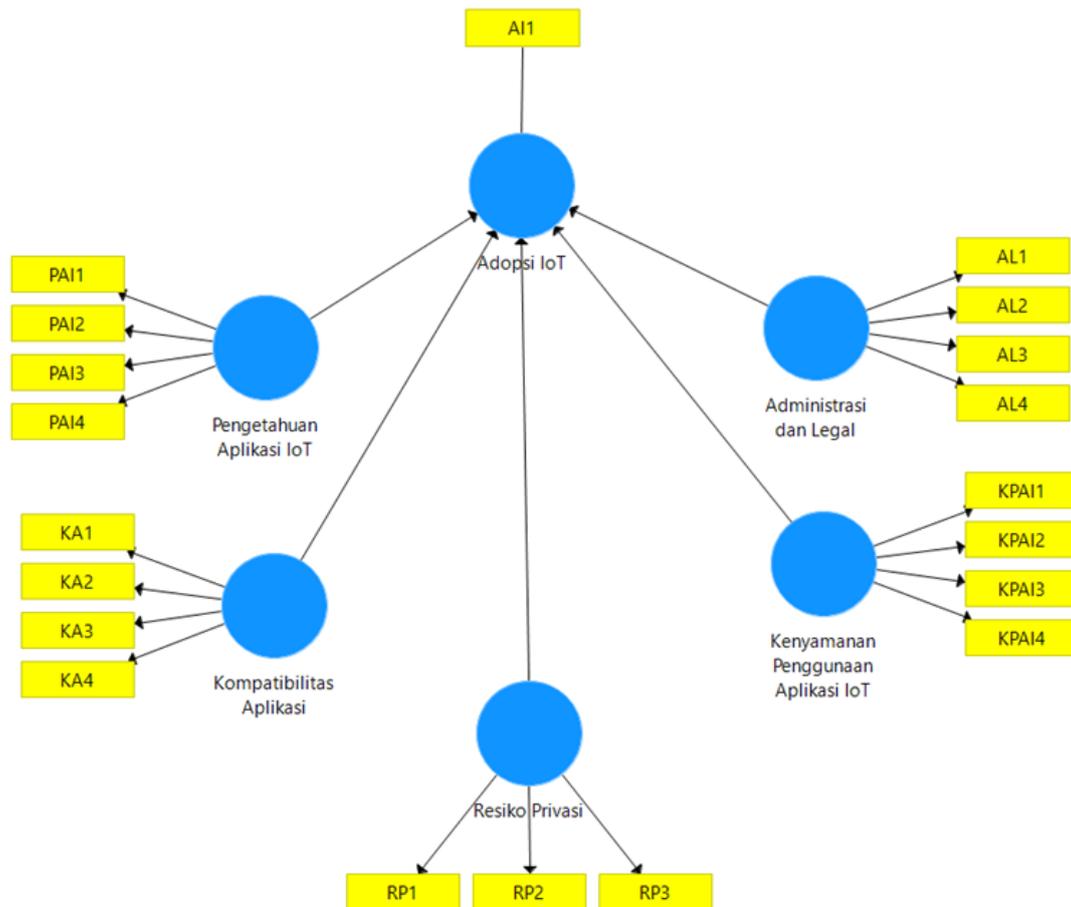
Pada indikator tantangan, responden paling setuju bahwa AL3 merupakan tantangan yang paling dirasakan dengan nilai *mean* tertinggi 4,069. Indikator AL3 adalah kurangnya tenaga ahli IoT yang bisa mengenalkan IoT ke industri konstruksi. Indikator terendah merupakan indikator PAI4, yang dapat diartikan bahwa indikator ini tidak menjadi tantangan yang berarti oleh pekerja konstruksi dengan nilai *mean* 1,954. Indikator PAI4 adalah IoT memberikan dampak negatif kepada masyarakat pelaku industri konstruksi. Data nilai *mean* indikator – indikator dan variabel tantangan dapat dilihat pada Tabel 3.

4.3. Analisis SEM

Analisis SEM dari data indikator tantangan dalam mengadopsi IoT yang sudah terkumpul digunakan aplikasi *SmartPLS*. Proses pada *SmartPLS* melalui dua tahap, yaitu *PLS algorithm* dan *PLS bootstrapping*. Proses *PLS algorithm* dilakukan untuk menganalisis nilai validitas dan reabilitas dari model yang sudah dibuat. Proses *PLS bootstrapping* dilakukan untuk menguji signifikansi variabel independen terhadap variabel dependen. Kedua proses ini juga dikenal dengan pengujian *outer* model untuk menguji validitas dan reabilitas, dan *inner* model untuk menguji signifikansi variabel independen terhadap variabel dependen. Model penelitian pada *software smartPLS* dapat dilihat pada Gambar 2.

Tabel 3. Nilai *mean* indikator – indikator tantangan dalam pengembangan aplikasi IoT

Variabel	Kode	Tantangan	Mean	V Mean
Pengetahuan Aplikasi IoT	PAI1	Penggunaan aplikasi IoT yang rumit	3,057	3.155
	PAI2	Kurangnya kesadaran akan keunggulan IoT	3,598	
	PAI3	Kurangnya pengetahuan tentang IoT oleh pekerja industri konstruksi IoT memberikan dampak negatif kepada masyarakat pelaku industri konstruksi	4,011	
	PAI4		1,954	
Kompatibilitas Aplikasi	KA1	Takut gagal saat menerapkan IoT	2,851	3.170
	KA2	Tidak semua peralatan IoT cocok untuk bekerja bersama dengan peralatan yang sudah ada	3,494	
	KA3	Perlu anggaran besar dalam menerapkan teknologi IoT	3,908	
	KA4	Menggunakan sistem IoT tidak cocok dengan cara kerja perusahaan konstruksi	2,425	
Resiko Privasi	RP1	Adanya masalah kerahasiaan informasi pribadi / perusahaan saat menggunakan IoT	3,057	3.096
	RP2	Penggunaan sistem IoT membuat pekerja konstruksi kehilangan kontrol akan informasi privasi	3,011	
	RP3	Adanya resiko seseorang dapat mengambil alih informasi personal pada saat perusahaan menggunakan sistem IoT	3,218	
Kenyamanan Penggunaan Aplikasi IoT	KPAI1	Konektifitas yang buruk di area kerja industri konstruksi	3,483	3.011
	KPAI2	Kurang percaya diri karena hasil pekerjaan dapat diakses oleh setiap pekerja konstruksi	2,598	
	KPAI3	Data yang tidak akurat pada aplikasi IoT	2,701	
	KPAI4	Buruknya kolaborasi antara pelaku (pekerja) industri konstruksi	3,264	
Administrasi dan Legal	AL1	Kurangnya dukungan dari pemerintah	3,632	3.779
	AL2	Kurangnya pusat pelatihan teknis penggunaan IoT	3,943	
	AL3	Kurangnya tenaga ahli IoT yang bisa mengenalkan IoT ke industri konstruksi	4,069	
	AL4	Pengenalan IoT yang tidak tepat	3,471	
Adopsi IoT	AI1	Perusahaan berencana menerapkan teknologi IoT	3,563	3.563



Gambar 2. Model analisis penelitian pada aplikasi *Smart PLS*

4.4. Uji Validitas

Nilai validitas akan dilihat dari nilai *loading factor* pada model yang ada. Jika *nilai loading factor* pada indikator yang ada tidak memenuhi nilai minimum (0,7) maka indikator dinyatakan tidak valid, dan perlu dihapus dari model. Kemudian bila model sudah valid dapat dilihat nilai *Fornell Larcker Criterion*, dimana nilai *Fornell Larcker Criterion* digunakan untuk melihat validitas antar variabel latent. Nilai *loading factor* pada model penelitian dapat dilihat pada Tabel 4.

Dapat dilihat bahwa beberapa indikator pada tabel *loading factor* bernilai kurang dari 0,7 sehingga model tidak valid. Langkah selanjutnya, indikator yang nilainya kurang dari 0,7 perlu dikeluarkan dari model. Selanjutnya dilakukan kembali proses *PLS algorithm*. Nilai *loading factor* yang baru dapat dilihat pada Tabel 5.

Setelah indikator – indikator yang tidak valid dikeluarkan, dapat dilihat bahwa model sudah valid. Kemudian dilihat nilai *Fornell Larcker Criterion*. Nilai *Fornell Larcker Criterion* dapat dilihat pada Tabel 6.

Dapat dilihat bahwa validitas antara variabel *latent* adalah valid. Dimana nilai variabel *latent* yang ditinjau lebih besar nilainya dibandingkan dengan variabel *latent* yang lainnya. Model penelitian yang valid dapat dilihat pada Gambar 3.

Tabel 4. Tabel nilai *loading factor* model penelitian

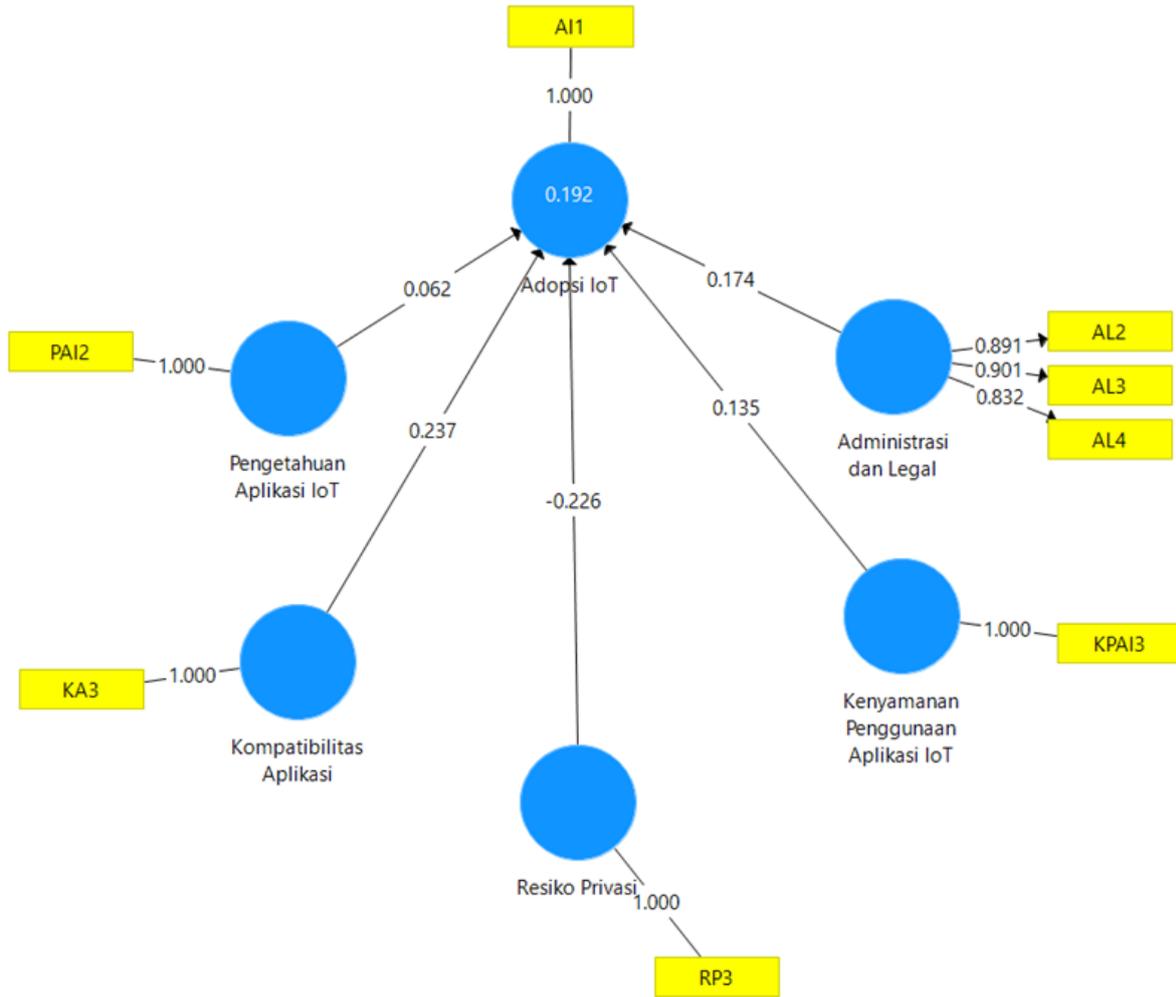
	Adopsi IoT	Administrasi dan Legal	Kompatibilitas Aplikasi	Kenyamanan Penggunaan Aplikasi IoT	Pengetahuan Aplikasi IoT	Resiko Privasi
AI1	1					
AL1		0.6				
AL2		0.893				
AL3		0.899				
AL4		0.811				
KA1			0.242			
KA2			-0.121			
KA3			0.95			
KA4			-0.312			
KPAI1				0.635		
KPAI2				0.175		
KPAI3				0.849		
KPAI4				0.66		
PAI1					-0.418	
PAI2					0.728	
PAI3					0.481	
PAI4					-0.303	
RP1						0.006
RP2						0.568
RP3						0.785

Tabel 5. Tabel Nilai *Loading Factor* Setelah Indikator yang Tidak Valid Dikeluarkan dari Model

	Adopsi IoT	Administrasi dan Legal	Kompatibilitas Aplikasi	Kenyamanan Penggunaan Aplikasi IoT	Pengetahuan Aplikasi IoT	Resiko Privasi
AI1	1					
AL2		0.891				
AL3		0.901				
AL4		0.832				
KA3			1			
KPAI3				1		
PAI2					1	
RP3						1

Tabel 6. Nilai *fornell larcker criterion*

	Administrasi dan Legal	Adopsi IoT	Kenyamanan Penggunaan Aplikasi IoT	Kompatibilitas Aplikasi	Pengetahuan Aplikasi IoT	Resiko Privasi
Administrasi dan Legal	0.875					
Adopsi IoT	0.239	1				
Kenyamanan Penggunaan Aplikasi IoT	0.102	0.181	1			
Kompatibilitas Aplikasi	0.36	0.336	0.14	1		
Pengetahuan Aplikasi IoT	0.323	0.126	0.113	0.147	1	
Resiko Privasi	0.243	-0.171	0.057	-0.032	0.192	1



Gambar 3. Model penelitian yang valid

4.5. Uji Reabilitas

Pada uji reabilitas, akan dilihat nilai *cronbach's alpha* dari *variable latent* yang ada, untuk bisa disimpulkan *variable latent* yang ada dapat dipercaya atau tidak. Nilai yang dapat dipercaya bila nilai *cronbach's alpha* $\geq 0,7$. Nilai *cronbach's alpha* dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Nilai *cronbach's alpha*

	Cronbach's Alpha
Administrasi dan Legal	0.848
Adopsi IoT	1
Kenyamanan Penggunaan Aplikasi IoT	1
Kompatibilitas Aplikasi	1
Pengetahuan Aplikasi IoT	1
Resiko Privasi	1

Dari nilai *cronbach's alpha* yang ada, maka *variable latent* dapat dipercaya nilainya. Dilanjutkan kepada uji signifikansi hipotesa model penelitian.

4.6. Signifikansi Hipotesa

Proses *bootstrapping* pada *SmartPLS* dijalankan untuk mengetahui nilai P masing – masing *variable* independen terhadap *variable* dependen. Dari nilai P yang didapat akan digunakan untuk menyimpulkan *variable* independen manakah yang terbukti mempunyai pengaruh signifikan terhadap *variable* dependen. Nilai P dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Nilai P *variable* independen terhadap *variable* dependen

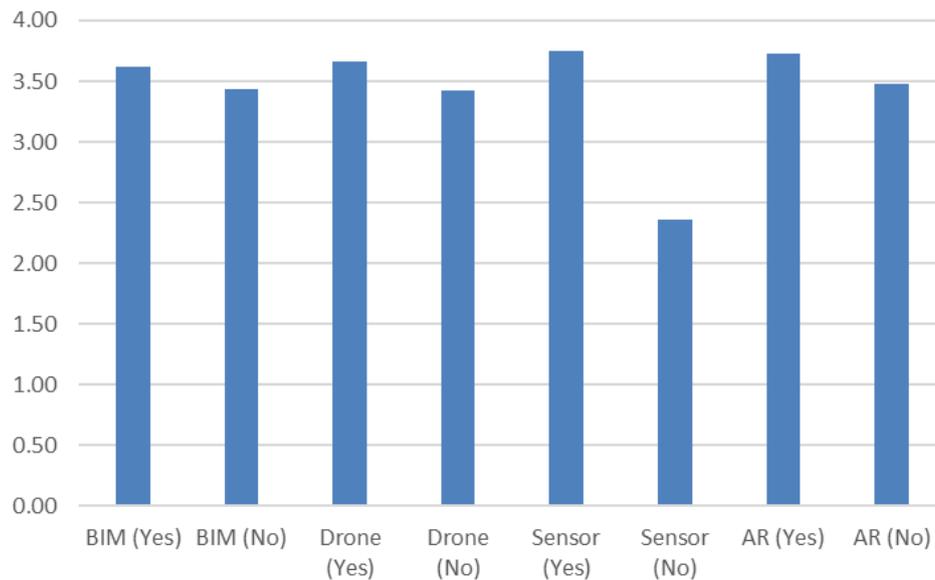
	P Values
Administrasi dan Legal -> Adopsi IoT	0.19
Kenyamanan Penggunaan Aplikasi IoT -> Adopsi IoT	0.187
Kompatibilitas Aplikasi -> Adopsi IoT	0.08
Pengetahuan Aplikasi IoT -> Adopsi IoT	0.595
Resiko Privasi -> Adopsi IoT	0.02

Dari nilai P yang didapat dari proses *bootstrapping*, *variable* resiko privasi yang terbukti signifikan mempengaruhi *variable* Adopsi IoT, dengan nilai $P < 0,05$. Langkah selanjutnya dicari tahu tantangan – tantangan yang dirasakan oleh responden yang sudah menggunakan aplikasi IoT dan tidak menggunakan aplikasi IoT berdasarkan demografi dalam rencana adopsi IoT. Dari data kuesioner yang ada diambil 2 demografi responden yaitu kategori perusahaan dan bidang pekerjaan untuk dilihat bagaimana pengaruh demografi terhadap penggunaan aplikasi IoT dan tantangan yang dirasakan. Melalui nilai deskriptif, dapat diketahui bagaimana pengaruh dua demografi ini.

4.7. Kategori Perusahaan yang Menggunakan IoT dengan Variable Adopsi IoT

Pada Gambar 4. dapat dilihat nilai *mean* A11 dari demografi responden perusahaan swasta yang menggunakan aplikasi IoT dan tidak. Dari nilai *mean* dapat dilihat bahwa responden yang tidak menggunakan aplikasi *sensor* pada pekerjaannya adalah responden yang memiliki preferensi untuk berencana mengadopsi IoT di perusahaannya paling rendah dibandingkan dengan responden lainnya dengan nilai *mean* 2,36.

Dapat dilihat bahwa responden pada kategori perusahaan swasta yang sudah menggunakan aplikasi IoT pada bidang pekerjaannya memiliki kesamaan preferensi yang lebih tinggi untuk berencana mengadopsi IoT di perusahaan mereka dibandingkan dengan yang tidak menggunakan aplikasi IoT. Nilai *mean* A11 responden yang sudah menggunakan aplikasi *sensor* terlihat berbeda secara signifikan dibandingkan dengan yang tidak menggunakan aplikasi *sensor* dalam pekerjaan mereka. Selanjutnya perlu dicari tahu signifikansi perbedaan nilai A11 dari antara dua kelompok responden yang menggunakan aplikasi *sensor* dengan yang tidak menggunakan aplikasi *sensor*. Pengujian menggunakan metode *Mann-Whitney U Test* untuk menguji dua kelompok responden ini. Dengan H_0 dari metode ini adalah tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara dua kelompok ini. Tolak H_0 bila nilai $p < 0,05$. Hasil pengujian *Mann-Whitney U Test* dapat dilihat pada Tabel 10.



Gambar 4. Grafik *mean* variabel ai1 berdasarkan perusahaan swasta Yang menggunakan aplikasi IoT dan tidak

Tabel 9. Hasil uji *mann-whitney u test*

Sensor	AI1
Mann-Whitney U	578.000
Wilcoxon W	2348.000
Z	-1.399
Asymp. Sig. (2-tailed)	.162

Dari hasil uji *Mann-Whitney U* didapatkan nilai $p = 0.162$. Nilai $p > 0.05$ yang memiliki arti terima H_0 . Di mana tidak ada perbedaan bermakna dari nilai *mean* AI1 responden yang menggunakan aplikasi *sensor* dengan yang tidak menggunakan aplikasi *sensor*. Artinya kedua kelompok responden ini memiliki kesamaan dalam rencana mengadopsi IoT pada perusahaan mereka.

4.8. Bidang Pekerjaan yang Menggunakan Aplikasi IoT dengan Variabel Adopsi IoT

Responden terbanyak pada bidang pekerjaan adalah *civil engineer* dengan 38 responden. Bidang pekerjaan arsitek dan direktur masing – masing sebanyak 14 responden. Responden *planning engineer* sebanyak 10 responden. Responden dengan bidang pekerjaan *project manager* sebanyak 4 responden.

Responden lainnya seperti *developer*, *drafter*, komisar, *quality control*, *site manager*, dan *supervisor* masing – masing hanya 1 responden. Sehingga, bidang pekerjaan ini tidak dimasukkan dalam pembahasan antara demografi bidang pekerjaan dengan variabel tantangan. Pembahasan nilai *mean* variabel adopsi IoT (AI1) berdasarkan bidang pekerjaan dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 10. Nilai *mean* variabel ai1 berdasarkan bidang pekerjaan

Arsitek		Civil Engineer		Direktur		Planning Engineer		Project Manager	
Tantangan	Mean	Tantangan	Mean	Tantangan	Mean	Tantangan	Mean	Tantangan	Mean
AI1	3.714	AI1	3.500	AI1	3.714	AI1	3.400	AI1	1.300

Responden pada bidang pekerjaan arsitek dan direktur, menjadi responden yang memiliki preferensi untuk berencana untuk mengadopsi IoT dengan nilai *mean* AI1 3,714 tertinggi dibandingkan dengan nilai *mean* AI1 responden pada bidang pekerjaan yang lain. Dari data responden yang ada maka dicari tahu signifikansi nilai *mean* antara bidang pekerjaan yang ada. Metode yang digunakan yaitu metode uji *Kruskall- Wallis*. Di mana H_0 dari uji ini adalah tidak ada perbedaan signifikan antara variabel bebas dengan variabel yang terikat. Hasil uji tolak H_0 bila nilai $p < 0,05$. Hasil uji *Kruskall-Wallis* dapat dilihat pada Tabel 13.

Tabel 11. Nilai uji *kruskall-wallis*

	AI1
Chi-Square	2.114
df	4
Asymp. Sig.	.715

Dari Tabel 13. dapat dilihat bahwa nilai $p = 0.715$ atau ≥ 0.05 . Berarti, hasil uji *kruskall-wallis* terima H_0 yaitu tidak ada perbedaan signifikan antara nilai *mean* AI1 tiap bidang pekerjaan. Sehingga dapat dikatakan bahwa tidak ada pengaruh signifikan antara bidang pekerjaan dalam mempengaruhi rencana adopsi IoT.

5. KESIMPULAN

Dari penelitian yang sudah dilakukan, pekerja industri konstruksi yang mengisi kuesioner terkumpul sebanyak 87. Hasil penyebaran kuesioner menunjukkan bahwa responden mayoritas merupakan pekerja industri konstruksi di perusahaan swasta dengan bidang pekerjaan *civil engineer*, dan pengalaman kerja mayoritas 0 – 10 tahun. Pendidikan terakhir mayoritas pada sarjana.

Penelitian menemukan bahwa aplikasi IoT yang sudah digunakan oleh semua responden adalah aplikasi sosial media. Sedangkan untuk aplikasi IoT yang tidak digunakan oleh responden adalah aplikasi *Augmented Reality*. Pada demografi-kategori perusahaan swasta tidak ditemukan perbedaan signifikan antara responden yang sudah menggunakan aplikasi IoT dengan yang tidak dalam preferensinya untuk berencana adopsi IoT. Pada bidang pekerjaan tidak ditemukan perbedaan signifikan antara responden yang berbeda bidang pekerjaan dalam rencana adopsi IoT

Tantangan terbesar oleh pelaku industri konstruksi di Indonesia dalam mengadopsi IoT adalah administrasi dan legal yaitu kurangnya tenaga ahli IoT yang bisa mengenalkan IoT ke industri konstruksi. Meskipun demikian, yang memiliki korelasi terhadap rencana adopsi IoT secara signifikan adalah resiko privasi. Berarti, tantangan terbesar yang ada tidak mempengaruhi pekerja industri konstruksi dalam rencana adopsi IoT di perusahaan mereka. .

6. REFERENSI

- Adepoju, O. O., & Aigbavboa, C. O. (2021). "Assessing Knowledge and Skills Gap for Construction 4.0 in a Developing Economy". *Journal of Public Affairs*, 21(3), 1–10. <https://doi.org/10.1002/pa.2264>
- Al-Husamiyah, A., & Al-Bashayreh, M. (2021). "A Comprehensive Acceptance Model for Smart Home Services". *International Journal of Data and Network Science*, 6(1), 45–58. <https://doi.org/10.5267/J.IJDNS.2021.10.005>
- Asthon, K. (2010). "That ' Internet of Things ' Thing". *RFID Journal*, 4986. <http://www.itrco.jp/libraries/RFIDjournal-That Internet of Things Thing.pdf>
- Atzori, L., Iera, A., & Morabito, G. (2017). "Understanding the Internet of Things: Definition, Potentials, and Societal Role of a Fast Evolving Paradigm". *Ad Hoc Networks*, 56, 122–140. <https://doi.org/10.1016/j.adhoc.2016.12.004>
- Badan Pusat Statistik. (2020). *Banyaknya Pekerja Tetap Perusahaan Konstruksi*. <https://www.bps.go.id/indicator/4/223/1/banyaknya-pekerja-tetap-perusahaan-konstruksi.html>
- Chi, H. L., Kang, S. C., & Wang, X. (2013). "Research Trends and Opportunities of Augmented Reality Applications in Architecture, Engineering, and Construction". *Automation in Construction*, 33, 116–122. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2012.12.017>
- Enshassi, A., & Al. Swaity, E. (2014). "Key Stressors Leading to Construction Professionals' Stress in the Gaza Strip, Palestine". *Journal of Construction in Developing Countries*, 19(1), 53–79.
- Forcael, E., Ferrari, I., & Opazo-vega, A. (2020). *Construction 4 . 0 : A Literature Review*.
- Gamil, Y., A. Abdullah, M., Abd Rahman, I., & Asad, M. M. (2020). "Internet of Things in Construction Industry Revolution 4.0: Recent Trends and Challenges in The Malaysian Context". *Journal of Engineering, Design and Technology*, 18(5), 1091–1102. <https://doi.org/10.1108/JEDT-06-2019-0164>
- Lam, R. C. Y., Junus, A., Cheng, W. M. Y., Li, X., & Lam, L. C. H. (2018). "IoT Application in Construction and Civil Engineering Works". *Proceedings - 2017 International Conference on Computational Science and Computational Intelligence, CSCI 2017*, 1320–1325. <https://doi.org/10.1109/CSCI.2017.230>
- Li, C. Z., Xue, F., Li, X., Hong, J., & Shen, G. Q. (2018). "An Internet of Things-enabled BIM Platform for On-Site Assembly Services in Prefabricated Construction". *Automation in Construction*, 89(July 2017), 146–161. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.01.001>
- Li, S. (2017). "Security Architecture in the Internet of Things". *Securing the Internet of Things, Mic*, 27–48. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804458-2.00002-0>
- Mahmud, S. H., Assan, L., & Islam, R. (2018). "Potentials of Internet of Things (IoT) in Malaysian Construction Industry". *Annals of Emerging Technologies in Computing*, 2(4), 44–52. <https://doi.org/10.33166/AETiC.2018.04.004>
- Matharu, G. S., Upadhyay, P., & Chaudhary, L. (2014). "The Internet of Things: Challenges & security issues". *Proceedings - 2014 International Conference on Emerging Technologies, ICET 2014*, 54–59. <https://doi.org/10.1109/ICET.2014.7021016>
- Megawati, S. (2021). "Pengembangan Sistem Teknologi Internet of Things yang Perlu Dikembangkan Negara Indonesia". *Journal of Information Engineering and Educational Technology*, 5(1), 19–26. <https://doi.org/10.26740/jieet.v5n1.p19-26>
- Oke, A. E., Arowoija, V. A., & Akomolafe, O. T. (2020). "Influence of the Internet of Things' Application on Construction Project Performance". *International Journal of Construction Management*, 0(0), 1–11. <https://doi.org/10.1080/15623599.2020.1807731>

- Omoyiola, B. O. (2020). "Factors Affecting IoT Adoption Factors Affecting IoT Adoption OMOYIOLA Bayo Olushola". 21(6), 19–24. <https://doi.org/10.9790/0661-2106011924>
- Osunsanmi, T. O., Aigbavboa, C. O., Emmanuel Oke, A., & Liphadzi, M. (2020). "Appraisal of Stakeholders' Willingness to Adopt Construction 4.0 Technologies for Construction Projects". *Built Environment Project and Asset Management*, 10(4), 547–565. <https://doi.org/10.1108/BEPAM-12-2018-0159>
- Patel, K., & Keyur. (2016). "Internet of Things-IOT: Definition, Characteristics, Architecture, Enabling Technologies, Application & Future Challenges". *Universidad Iberoamericana Ciudad de México, May*, 6123,6131. <http://www.opjstamnar.com/download/Worksheet/Day-110/IP-XI.pdf>
- Schönbeck, P., Löfsjögård, M., & Ansell, A. (2020). "Quantitative Review of Construction 4.0 Technology Presence in Construction Project Research". *Buildings*, 10(10), 1–15. <https://doi.org/10.3390/buildings10100173>
- Sharma, G. (2017). "Pros and Cons of Different Sampling Techniques". *International Journal of Applied Research*, 3(7), 749–752. www.allresearchjournal.com
- Ullah, K., Lill, I., & Witt, E. (2019). "An Overview of BIM Adoption in the Construction Industry: Benefits and Barriers". *Emerald Reach Proceedings Series*, 2, 297–303. <https://doi.org/10.1108/S2516-285320190000002052>
- Wimala, M., & Imanuela, K. (2022). "Perkembangan Internet of Things di Industri Konstruksi". *Journal of Sustainable Construction*, 1(2), 43–51. <https://doi.org/10.26593/josc.v2i1.5701>