

DAFTAR ISI

| | |
|--|------|
| HALAMAN PERSETUJUAN TIM PROMOTOR | iii |
| HALAMAN PERSETUJUAN TIM PENGUJI | iv |
| PERNYATAAN PROMOVENDUS | v |
| PRAKATA | vi |
| DAFTAR ISI | viii |
| DAFTAR TABEL | xi |
| DAFTAR GAMBAR | xii |
| DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN | xiv |
| ABSTRAK | xv |
| <i>ABSTRACT</i> | xvii |
| BAB 1 PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1. Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2. Rumusan Masalah..... | 8 |
| 1.3. Tujuan Penelitian..... | 9 |
| 1.4. Batasan Penelitian..... | 9 |
| 1.5. Kontribusi Penelitian..... | 10 |
| 1.6. Keaslian Penelitian..... | 11 |
| BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI | 13 |
| 2.1. Tinjauan Pustaka..... | 13 |
| 2.1.1. Penelitian-Penelitian Terkait..... | 13 |
| 2.1.2. Posisi Penelitian dan Potensi Pengembangan..... | 18 |
| 2.2. Internet of Things..... | 20 |
| 2.2.1. Aplikasi Smart Vehicle..... | 22 |
| 2.2.2. Aplikasi <i>Smart Building</i> | 23 |
| 2.2.3. Aplikasi Pemantauan Kesehatan..... | 23 |
| 2.2.4. Aplikasi Manajemen Energi..... | 23 |
| 2.2.5. Aplikasi Manajemen Konstruksi..... | 24 |
| 2.2.6. Aplikasi Pemantauan Lingkungan..... | 24 |
| 2.3. Teori Graf dan <i>Social Network Analysis</i> | 24 |
| 2.3.1. Teori Graf..... | 24 |

| | |
|--|-----------|
| 2.3.2. <i>Social Network Analysis</i> | 26 |
| 2.4. Ancaman Keamanan Internet of Things | 29 |
| 2.4.1. Ancaman Keamanan IoT pada Layer <i>Node</i> | 30 |
| 2.4.2. Ancaman Keamanan IoT pada Layer Komunikasi | 33 |
| 2.4.3. Ancaman Keamanan IoT pada Layer Komputasi | 35 |
| 2.4.4. Ancaman Keamanan Pada Sistem IoT Berbasis <i>Trust</i> | 37 |
| 2.5. Keamanan pada Internet of Things | 37 |
| 2.6. Keamanan berbasis <i>Trust</i> | 40 |
| 2.6.1. Komposisi <i>Trust</i> | 42 |
| 2.6.2. Algoritma <i>Trust</i> | 44 |
| 2.6.3. Pembaruan <i>Trust</i> | 45 |
| 2.6.4. Propagasi <i>Trust</i> | 45 |
| 2.6.5. Pembentukan <i>Trust (Trust Formation)</i> | 46 |
| 2.7. Pertanyaan Penelitian..... | 48 |
| BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN | 49 |
| 3.1. Alat dan Bahan..... | 49 |
| 3.2. Metode dan Tahapan Penelitian..... | 49 |
| 3.3. Desain Model Keamanan IoT | 52 |
| 3.3.1. Model Ekosistem IoT | 52 |
| 3.3.2. Desain Model Keamanan QS-Trust | 54 |
| 3.4. Analisis Konstruksi Model Keamanan | 56 |
| 3.4.1. Analisis Model Arsitektur IoT | 57 |
| 3.4.2. Analisis Model Matematika | 60 |
| 3.4.3. Analisis Model Interaksi | 70 |
| 3.5. Rancangan Pengujian..... | 71 |
| 3.5.1. Pemilihan Koordinator Komunitas IoT..... | 72 |
| 3.5.2. Pengujian <i>Trust Assesment</i> | 73 |
| 3.5.3. Pengujian Waktu Eksekusi Pada Beragam Perangkat IoT..... | 76 |
| 3.5.4. Pengujian Deteksi Terhadap Serangan..... | 77 |
| 3.6. Perbandingan Model QS-Trust Dengan Model <i>Nitti-Trust</i> | 81 |
| 3.6.1. Pengujian Waktu Eksekusi..... | 81 |
| 3.6.2. Pengujian Skalabilitas | 82 |
| BAB 4 HASIL PENELITIAN | 84 |
| 4.1. Pengujian Kinerja Algoritma Pemilihan Koordinator Komunitas..... | 84 |

| | |
|--|-----|
| 4.2. Pengujian dan Analisis <i>Trust Assesment</i> | 89 |
| 4.2.1. Perhitungan <i>Trust</i> Berdasarkan QoS Parameter (<i>QoS Trust</i>) | 90 |
| 4.2.2. Perhitungan <i>Trust</i> Berdasarkan Interaksi (<i>Social Trust</i>) | 96 |
| 4.2.3. Pengujian Waktu Eksekusi Pada Beragam Perangkat IoT | 100 |
| 4.2.4. Pengujian Terhadap Serangan | 102 |
| 4.2.5. Perbandingan Dengan Model Keamanan Lain | 110 |
| 4.3. Rekomendasi Implementasi Model Keamanan <i>QS-Trust</i> | 117 |
| 4.4. Kelebihan dan Peluang Riset Lanjutan | 118 |
| BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN | 121 |
| 5.1. Kesimpulan | 121 |
| 5.2. Saran dan Pengembangan | 121 |
| DAFTAR PUSTAKA | 123 |
| DAFTAR PUBLIKASI | 131 |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|-----|
| Tabel 1.1 Karakteristik IoT dan Tantangan Riset | 3 |
| Tabel 1.2 Kelemahan Penelitian Sebelumnya..... | 7 |
| Tabel 2.1 Penelitian Terkait | 15 |
| Tabel 2.2 Gap Penelitian dan Desain Pendekatan Solusi..... | 20 |
| Tabel 2.3 Kebutuhan Keamanan Sistem IoT | 39 |
| Tabel 2.4 Komposisi <i>Trust</i> | 42 |
| Tabel 2.5 Algoritma Perhitungan <i>Trust</i> | 44 |
| Tabel 3.1 Definisi dan komponen pada ekosistem IoT..... | 54 |
| Tabel 3.2 Deskripsi komponen dalam arsitektur model keamanan IoT..... | 55 |
| Tabel 3.3 Perbedaan Arsitektur <i>Distributed</i> , <i>Decentralized</i> , dan <i>Semi-Distributed</i> | 59 |
| Tabel 3.4 Nilai <i>trust</i> pada metrik berbasis kemampuan komputasi [19] | 66 |
| Tabel 3.5 Nilai QoS <i>Trust</i> berbasis Kapasitas Memori | 66 |
| Tabel 3.6 Spesifikasi Objek IoT pada Pemilihan Koordinator Komunitas..... | 72 |
| Tabel 3.7 Hasil Perhitungan Skor Pemilihan Koordinator Komunitas | 73 |
| Tabel 3.8 Inisialisasi pengujian..... | 75 |
| Tabel 3.9 Daftar perangkat IoT untuk pengujian | 77 |
| Tabel 4.1 Hasil Skor Pemilihan Koordinator dengan berbagai variasi bobot..... | 85 |
| Tabel 4.2 Hasil Skor Pemilihan Koordinator dengan bobot ekstrem | 86 |
| Tabel 4.3 Waktu eksekusi algoritma <i>trust</i> dengan 10 <i>node</i> pada beragam perangkat IoT | 100 |
| Tabel 4.4 Nilai rerata dan standar deviasi waktu eksekusi | 101 |
| Tabel 4.5 Perbandingan Waktu Eksekusi Model <i>QS-Trust</i> dan <i>Nitti-Trust</i> | 112 |
| Tabel 4.6 Perbandingan Karakteristik Model <i>QS-Trust</i> dan <i>Nitti-Trust</i> | 113 |
| Tabel 4.7 Perbandingan Hasil Penelitian | 116 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 1.1 Arsitektur IoT [4] | 2 |
| Gambar 1.2 Tantangan Keamanan IoT [7] | 5 |
| Gambar 1.3 Faktor-faktor berpengaruh terhadap keamanan IoT | 8 |
| Gambar 2.1 Teknologi dan Arsitektur IoT [42] | 21 |
| Gambar 2.2 Aplikasi IoT | 22 |
| Gambar 2.3 Graf dengan <i>undirected edge</i> (G1) dan <i>directed edge</i> (G2) | 25 |
| Gambar 2.4 Kategori, jenis, dan target serangan serta solusi keamanan pada sistem IoT [63] | 36 |
| Gambar 2.5 Klasifikasi Penelitian Keamanan Berbasis <i>Trust</i> | 42 |
| Gambar 3.1 Tahapan Penelitian | 50 |
| Gambar 3.2 Ekosistem IoT | 53 |
| Gambar 3.3 Arsitektur Berlapis pada Model Keamanan <i>QS-Trust</i> | 55 |
| Gambar 3.4 Dekomposisi Analisis Model Keamanan IoT | 56 |
| Gambar 3.5 Model Arsitektur a) Terpusat dan b) Terdistribusi | 58 |
| Gambar 3.6 Model Arsitektur Semi-Terdistribusi | 59 |
| Gambar 3.7 Desain Pembentukan, Pembaruan, dan Propagasi Nilai <i>Trust</i> | 61 |
| Gambar 3.8 Observasi langsung dan tak-langsung dalam interaksi antar objek-objek dalam komunitas IoT | 68 |
| Gambar 3.9 Model interaksi langsung dan tak-langsung antar objek dalam komunitas IoT | 71 |
| Gambar 3.10 Tahapan Perhitungan Nilai <i>Trust</i> | 74 |
| Gambar 4.1 Skor pemilihan kandidat koordinator dengan berbagai kombinasi pembobotan | 85 |
| Gambar 4.2 Skor pemilihan kandidat koordinator dengan tiga kombinasi pembobotan ekstrem | 87 |
| Gambar 4.3 Proses Perhitungan Nilai <i>Trust</i> | 90 |
| Gambar 4.4 Variasi skor <i>trust</i> berdasar sumber daya komputasi objek | 91 |

| | |
|--|-----|
| Gambar 4.5 Grafik nilai QoS (oranye) dan memori (biru) untuk variasi <i>device class</i> | 92 |
| Gambar 4.6 Objek IoT untuk Simulasi | 93 |
| Gambar 4.7 Pengaruh <i>Centrality</i> pada Nilai <i>Trust</i> | 95 |
| Gambar 4.8 Observasi langsung dan tak-langsung dalam interaksi antar objek-objek dalam komunitas IoT..... | 96 |
| Gambar 4.9 Fluktuasi Nilai <i>Trust</i> (biru) Sebagai Fungsi Jumlah Histori Interaksi pada Suatu Objek. Garis Oranye merupakan Nilai <i>Trust</i> Tanpa Histori Interaksi. | 98 |
| Gambar 4.10 Fluktuasi Nilai <i>Trust</i> Sebagai Fungsi Jumlah Histori Interaksi. Nilai berdasarkan <i>interaction</i> (biru); <i>interactions + centrality</i> (hijau); tanpa histori interaksi (oranye) | 99 |
| Gambar 4.11 Waktu Eksekusi Algoritma pada Beragam Perangkat IoT..... | 102 |
| Gambar 4.12 Pengaruh Serangan <i>Bad Mouthing Attack</i> pada Nilai <i>Trust</i> suatu objek. Penyerang memalsukan 20 interaksi gagal. Keterangan: fluktuasi nilai trust berdasarkan <i>interaction</i> (biru); <i>interactions + centrality</i> (hijau); tanpa histori interaksi (oranye) | 106 |
| Gambar 4.13 Pengaruh serangan <i>good mouthing attack</i> pada nilai <i>trust</i> suatu objek. Penyerang memalsukan 20 interaksi sukses. Keterangan: fluktuasi nilai trust berdasarkan <i>interaction</i> (biru); <i>interactions + centrality</i> (hijau); tanpa histori interaksi (oranye) | 109 |
| Gambar 4.14 Grafik perbandingan waktu eksekusi algoritma <i>trust</i> antara <i>QS-Trust</i> dan <i>Nitti-Trust</i> | 110 |
| Gambar 4.15 Pengujian skalabilitas algoritma <i>trust</i> antara <i>QS-Trust</i> dan <i>Nitti-Trust</i> | 114 |
| Gambar 4.16 Arsitektur Berlapis | 117 |