

Implementasi *Digital Signature* dan *QR Code* Pada Sertifikat Profesi Digital untuk Mengatasi Kasus Pemalsuan Sertifikat

Desti Eka Sintyaningrum¹, Muladi², Muhammad Ashar³

1. Universitas Negeri Malang, Indonesia | desti.eka.1905354@students.um.ac.id
2. Universitas Negeri Malang, Indonesia | muladi@um.ac.id
3. Universitas Negeri Malang, Indonesia | muhammad.ashar.ft@um.ac.id

Abstract

Sertifikat profesi merupakan dokumen penting yang digunakan sebagai bukti pengakuan yang sah sehingga tidak boleh dipalsukan. Namun di Indonesia masih banyak terjadi kasus pemalsuan sertifikat. Kurangnya sistem keamanan sertifikat dan sulitnya proses verifikasi sertifikat keaslian menjadi faktor utama terjadinya kasus pemalsuan sertifikat. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan sistem keamanan dengan mengimplementasikan *digital signature* dan *QR Code* untuk otentikasi keaslian sertifikat dan memudahkan pengguna dalam memverifikasi sertifikat mereka serta untuk meminimalkan kasus pemalsuan sertifikat. Aplikasi dibangun dalam sistem web sehingga memudahkan pengguna untuk mengaksesnya dimana saja dan kapan saja. Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* dengan pendekatan 4D. Pengujian black box dipilih sebagai metode pengujian untuk setiap fungsi dalam sistem ini. Metode pengumpulan data yang digunakan adalah kuesioner. Metode analisis yang digunakan adalah rumus analisis deskriptif. Terdapat dua skema utama dalam sistem yaitu skema pembuatan e-certificate dan skema verifikasi QR Code. Hasil dari penelitian ini adalah terciptanya aplikasi yang dirancang untuk mendukung penerbitan dan verifikasi keaslian sertifikat digital secara online. Hasil pengujian *usability*, aplikasi ini dinyatakan berkualitas sangat tinggi dengan nilai validitas sebesar 83,08%. Aplikasi pembuatan sertifikat profesi dengan menerapkan *digital signature* dan *QR code* dapat menerbitkan sertifikat dalam bentuk digital yang dapat mencegah dari tindak pidana pemalsuan sertifikat, yang ditunjukkan pada implementasi dan terbukti pada pengujian.

Kata Kunci

Sertifikat Profesi, *Digital Signature*, *QR Code*, Pemrograman Web

1. Pendahuluan

Sertifikat profesi adalah dokumen pengakuan untuk melakukan praktik profesi yang diperoleh lulusan pendidikan profesi dalam suatu program pendidikan tertinggi setelah lulus uji kompetensi (Pemeristekdikti, 2018). Tenaga kerja yang memegang sertifikat mendapatkan keunggulan lebih banyak dibandingkan yang tidak memegang sertifikat diantaranya memiliki keunggulan kompetitif, mendapat upah yang lebih tinggi, menunjang karir profesional, dan masih banyak lagi. Dengan banyaknya manfaat yang didapatkan, tenaga kerja berkompetisi untuk bisa mendapatkan sertifikat. Oleh sebab itu, sertifikat merupakan dokumen penting yang perlu terjamin keasliannya, sehingga tidak dapat disalahgunakan oleh pihak yang tidak berwenang.

Proses untuk mendapatkan sertifikat tidaklah mudah, membutuhkan beberapa tahapan uji kompetensi yang harus dilalui oleh para calon profesional. Pada bulan Agustus 2020, dilansir dari jurnas.com terdapat kurang lebih 8000 sarjana kedokteran yang belum lulus uji kompetensi. Bahkan disalah satu universitas fakultas kedokteran 70 persen mahasiswanya gagal dalam uji kompetensi. Banyaknya peserta uji kompetensi yang tidak lulus tes, karena sulitnya tahapan uji kompetensi menjadi faktor oknum jahat untuk membuat sertifikat palsu. Pada Juni 2020, polisi menangkap sindikat kasus pemalsuan sertifikat keterampilan pelaut yang sudah beroperasi selama 3 tahun, dan sudah memproduksi 5.041 lembar sertifikat keterampilan palsu (suara.com, 2020). Dalam membuat sertifikat palsu, oknum jahat tersebut menggunakan blanko asli yang diseludupkan oleh oknum pegawai honorer dan oknum jahat meretas serta memasukkan nomor sertifikat kedalam website Kemenhub, agar sertifikat yang dibuatnya teregistrasi.

Dari kasus tersebut dapat disimpulkan bahwa kurangnya tingkat keamanan informasi dan pengelolaan data berbentuk kertas fisik sehingga banyak tenaga profesional di Indonesia yang menggunakan sertifikat palsu. Perlunya tindak lanjut upaya yang harus dilakukan dalam menangani kasus ini agar tidak ada lagi oknum pemalsuan sertifikat. Dalam (Undang-undang RI Nomor 20, 2003), menjelaskan bagaimana kejahatan pemalsuan sertifikat beserta hukumannya. Peralihan dari sertifikat fisik menjadi sertifikat profesi digital diharapkan dapat meningkatkan efisiensi dan keamanan dalam segi penggunaannya.

Penelitian terbaru mengusulkan untuk keamanan sertifikat digital berbentuk gambar dapat menggunakan *digital signature* yang menandatangani sub gambar sertifikat (Somsuk and Thakong, 2020). *Digital signature* hanya dapat memverifikasi dokumen digital. Namun, implementasi saat ini masih ada kebutuhan sertifikat dalam bentuk fisik atau hasil *print out*. Jadi kelemahan dari penelitian tersebut adalah tidak adanya sistem keamanan ketika sertifikat perlu dicetak. Penggunaan *QR code* dalam mengamankan data juga dapat mengautentikasi dokumen fisik untuk verifikasi dan validasi (Ali and Farhan, 2020). *QR code* merupakan salah satu bentuk enkripsi yang dicetuskan oleh Denso Wave dalam bentuk persegi (Denso, 2011). Penggabungan antara *digital signature* dan *QR code* meningkatkan sistem keamanan pada sertifikat.

Penelitian ini membahas mengenai sistem keamanan yang diterapkan pada sertifikat profesi digital menggunakan *digital signature* dan *QR code*. *Digital signature* merupakan sebuah data string yang menghubungkan antara pesan dengan beberapa entitas asli (Menezes et al., 1996)

sehingga dapat memastikan bahwa pengirim pesan merupakan entitas yang sah. Penggunaan *digital signature* pada penelitian ini untuk mengatasi pemalsuan sertikat profesi yang dibuat oleh oknum. Sedangkan QR code digunakan untuk menjembatani sertifikat profesi bentuk fisik ke dalam bentuk digital agar dapat diverifikasi. Output yang dihasilkan adalah sertifikat profesi digital (e-sertifikat) yang aman karena menerapkan *digital signature* dan QR code untuk mengautentikasi keaslian sertifikat sehingga mengurangi konflik maupun perkara pengadilan mengenai pendidikan.

2. Metode

Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* karena metode ini menjadi model standar untuk inovasi berbagai bidang dalam pengembangan maupun peningkatan produk yang berfungsi di masyarakat luas (Gustiani, 2019). Model R&D yang digunakan yaitu model 4D (*Four-D Model*) yang memiliki empat tahapan yaitu *define*, *design*, *develop*, dan *dessiminate* (Sutarti and Irawan, 2017 : 12).

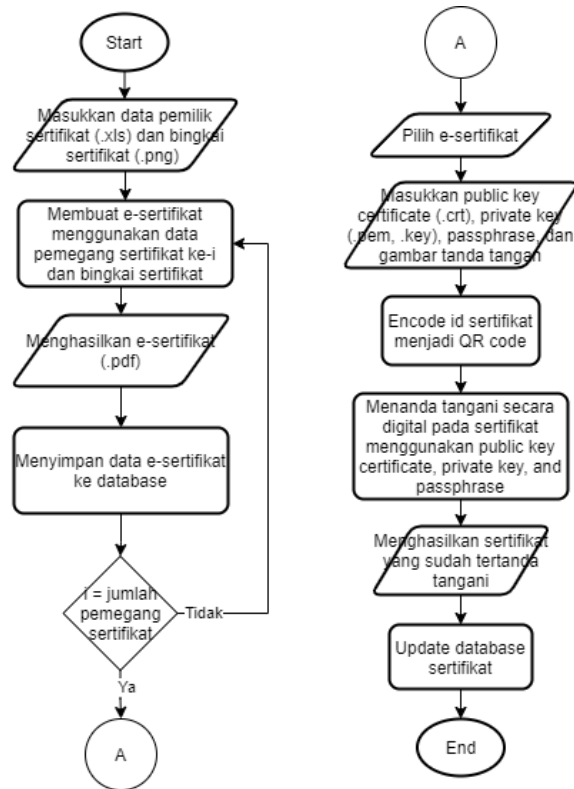
1) *Define* (Pendefinisian)

Tahap pendefinisian merupakan pencarian informasi dari perancangan aplikasi, sehingga memudahkan peneliti dalam menerjemahkan masalah yang timbul. Alasan mengapa sertifikat profesi perlu ditambahkan sistem pengamanan karena sertifikat profesi merupakan dokumen penting sebagai bukti pengakuan yang sah sehingga tidak boleh dipalsukan. Hasil studi awal yang didapatkan adalah terdapat penelitian serupa untuk memberikan sistem autentikasi terhadap sertifikat digital berupa penerapan *digital signature* pada dokumen sertifikat digital berbasis gambar. Dalam penelitian tersebut sistem menandatangani sub gambar e-sertifikat.

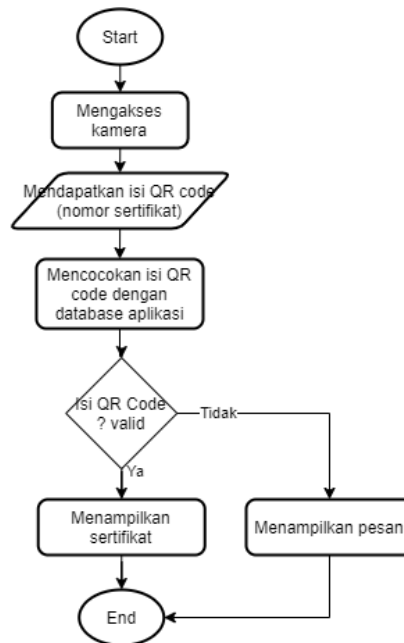
2) *Design* (Perancangan)

Pada tahap perancangan, peneliti membuat penggambaran sistem secara keseluruhan yang digambarkan menggunakan *flowchart* dan *Unified Modeling Language* (UML). Diagram UML digunakan sebagai pemodelan visual dalam menggambarkan, membangun, dokumentasi dari sistem yang dibangun (Dennis et al., 2012). *Flowchart* menunjukkan proses diagram aliran data dan urutan proses pada sistem (IBM, 1969).

Gambar 1 merupakan alur utama dalam pembuatan e-sertifikat aplikasi *creatcate.com*. Pada proses pembuatan sertifikat dimulai dari petugas memasukkan data sertifikat dan *template* sertifikat kedalam aplikasi. Lalu sistem akan memproses pembuatan sertifikat sehingga menghasilkan sertifikat digital berekstensi pdf. Proses pembuatan sertifikat dilanjutkan oleh admin dengan menambahkan sistem keamanan berupa *digital signature* dan QR code pada e-sertifikat sehingga e-sertifikat dapat diterbitkan.



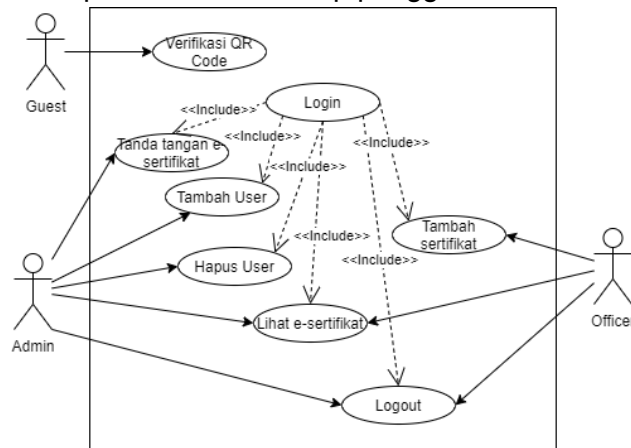
Gambar 1. Flowchart pembuatan e-sertifikat



Gambar 2. Flowchart verifikasi QR code

Dokumen sertifikat digital yang sudah ditandatangani sudah dapat diterbitkan dan diberikan kepada pemilik sertifikat. Pemilik sertifikat atau pengguna sertifikat dapat memverifikasi keaslian sertifikat dengan menscan QR code yang tertera pada sertifikat. Flowchart alur proses verifikasi QR code dapat dilihat pada Gambar 2.

Aplikasi memiliki tiga aktor yaitu *guest*, *admin*, dan *petugas* dengan masing-masing fitur yang dapat diakses yang digambarkan pada *use case diagram* seperti pada Gambar 3. *Use case diagram* berfungsi untuk memperlihatkan hubungan atau interaksi apa saja yang dapat dilakukan pengguna terhadap sistem maupun sistem terhadap pengguna.



Gambar 3. Use Case Diagram Aplikasi

3) *Develop* (Pengembangan)

Pada tahap ini dibuat aplikasi pembuatan dan verifikasi sertifikat profesi digital bernama *creatcate.com*. Aplikasi *creatcate.com* diimplementasikan pada web menggunakan bahasa pemrograman PHP native dan CSS menggunakan editor Sublime Text, dan MySQL untuk membuat *database* sistem. Pada proses pengkodean aplikasi, peneliti menggunakan beberapa *library* untuk mendukung proses berjalannya aplikasi, seperti *excel_reader*, *FPDI*, *TCPDF*, dan *FPDF*.

Selama proses pengembangan aplikasi, dilakukan testing untuk mencari bug dan mencegah bug, memastikan software dapat memiliki kualitas yang baik (Chauhan, 2010). Pengujian yang dilakukan selama proses pembangunan adalah *unit testing* dan *integration testing* menggunakan metode *Blackbox*. *Unit testing* dan *integration testing* dilakukan untuk memastikan bahwa interaksi sistem dan tampilan antarmuka berjalan dengan baik dan benar. *Black box testing* sering disebut *data-driven*, *input/output driven* (Myers et al., 2011) karena metode ini dilakukan dengan memasukkan beberapa inputan sehingga dapat dicek hasilnya apakah sesuai dengan yang diharapkan atau tidak.

4) *Dessiminate*

Pada tahap ini aplikasi dipublikasikan melalui *hosting*. Sebelum disebarluaskan, aplikasi harus benar-benar dipastikan layak untuk digunakan. Oleh karena itu, dilakukan *usability testing*.

Usability adalah sejauh mana suatu produk dapat digunakan oleh pengguna tertentu untuk mencapai target yang ditetapkan dengan efektivitas, efisiensi dan mencapai kepuasan penggunaan dalam konteks tertentu (ISO 9241-11, 1998). Jadi *usability testing* bertujuan untuk mengukur keefektifan dan efisiensi serta kepuasan pengguna dalam menggunakan aplikasi. Pengujian ini dilakukan oleh dosen Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Malang yaitu Bapak Dr. Heru Wahyu, S.T., M.Kom. dengan mengisi kuisioner yang terdiri dari pertanyaan terkait aspek *usability* (*Learnability, Efficiency, Memorability, Errors, dan Satisfaction*). Angket kuisioner yang digunakan adalah jenis angket dengan skala *Likert* dengan skala 1 jika penilai tidak setuju sampai dengan 5 jika penilai sangat setuju.

Data kuantitatif yang didapatkan dari kuisioner akan dianalisis menggunakan rumus analisis deskriptif persentase (Fariana, 2017).

$$Vp = \frac{TSEV}{S_{max}} \times 100\%$$

Keterangan:

- Vp = validasi persentase
- TSEV = total skor empiric validator
- S_{max} = skor maksimal yang diharapkan

3. Hasil dan Pembahasan

1) Aplikasi Pembuatan Sertifikat

Proses penerbitan sertifikat tidak dapat dilakukan oleh semua pengguna, hanya pengguna yang memiliki akun yang dapat mengaksesnya. Pengguna membutuhkan *username* dan *password* untuk melakukan aktivitas *login*. Setelah login, sistem akan mendeteksi peran pengguna dan menampilkan halaman utama menurut peran yang didapatkan. Dalam sistem ini terdapat dua pengguna yaitu petugas untuk membuat sertifikat digital dan admin untuk mengesahkan sertifikat.

a) Web Petugas

No.	No. Sertifikat	Nama	Tgl. Kelahiran	Prodi	Program	Status	Aksi
1.	12388	Pati Adharnand	2000-04-26	Teknik Farmasi	Farmasi	Valid	Detail
2.	12393	Salwa Hafid	2000-04-26	Teknik Farmasi	Farmasi	Valid	Detail
3.	12397	Prasasti Kusumanti	2000-04-27	Teknik Farmasi	Farmasi	Valid	Detail
4.	12398	Devya Pratiwi	2000-04-26	Teknik Farmasi	Farmasi	Valid	Detail
5.	12399	Yusuf Prayoga Dewa Rara Angga	2000-04-26	Teknik Farmasi	Farmasi	Valid	Detail
6.	12400	Yusuf Rha Mahardani	2000-04-24	Teknik Farmasi	Farmasi	Valid	Detail
7.	12403	Edy Heli	2000-04-23	Teknik Farmasi	Farmasi	Valid	Detail
8.	12402	Andri Nurcahyo	2000-04-22	Teknik Farmasi	Farmasi	Valid	Detail
9.	12401	Fania Vita Nurafida	2000-04-21	Teknik Farmasi	Farmasi	Valid	Detail
10.	12405	Toni	2000-04-28	Infomatika	Infomatika	Valid	Detail
11.	12404	Rajwa	2000-04-28	Infomatika	Infomatika	Valid	Detail
12.	12406	Rajwa	2000-04-27	Infomatika	Infomatika	Valid	Detail
13.	12409	Chani	2000-04-26	Infomatika	Infomatika	Valid	Detail
14.	12407	Ray	2000-04-25	Infomatika	Infomatika	Valid	Detail
15.	12408	Chani	2000-04-24	Infomatika	Infomatika	Valid	Detail
16.	12410	Rafiq	2000-04-23	Infomatika	Infomatika	Valid	Detail
17.	12404	Rafiq	2000-04-22	Infomatika	Infomatika	Valid	Detail
18.	12403	Dani	2000-04-21	Infomatika	Infomatika	Valid	Detail

Gambar 4. Halaman Dashboard Petugas

Tambah Data Sertifikat

Pilih File Excel Data Peserta

No file chosen

Pilih Template Sertifikat

No file chosen

Gambar 5. Form input membuat e-sertifikat

Web petugas merupakan halaman yang digunakan oleh petugas untuk membuat dan mengelola sertifikat digital yang ada pada aplikasi. Halaman awal web petugas seperti pada Gambar 4. Pada proses pembuatan sertifikat digital, diperlukan file data pemilik sertifikat dengan

ekstensi .xls, dan template sertifikat berekstensi .png atau .jpg. Untuk *form* input untuk membuat e-sertifikat dapat dilihat pada Gambar 5.

Data yang dimasukkan akan diproses untuk membuat sertifikat profesi digital. Proses pembuatan e-sertifikat akan terus berulang hingga menghasilkan e-sertifikat sebanyak jumlah peserta yang terdapat dalam *excel*. Proses pembuatan e-sertifikat menggunakan library FPDF. Setelah proses pembuatan e-sertifikat selesai, sistem akan menyimpan seluruh data sertifikat kedalam *database*. Sertifikat yang dihasilkan oleh petugas belum dapat diterbitkan, karena belum disahkan atau ditanda tangani oleh admin.

b) Web Admin

Web admin adalah web yang hanya dapat diakses oleh administrator untuk menanda tangani dokumen sertifikat digital agar sertifikat memiliki sistem keamanan sehingga tidak dapat dipalsukan. Web admin terdiri dari dua halaman yaitu halaman utama admin dan halaman *manage* pengguna. Halaman utama admin merupakan halaman awal dari web admin aplikasi creatcate.com yang menampilkan tabel data sertifikat seperti pada halaman web petugas dengan kolom aksi yang terdapat dua tombol, yaitu tanda tangan dan lihat sertifikat.

Aksi tanda tangan digunakan untuk mengesahkan sertifikat digital, dan aksi lihat sertifikat untuk melihat sertifikat digital dalam bentuk pdf. Proses tandatangan digital digunakan untuk memberikan sistem keamanan otentikasi agar sertifikat tidak dapat dipalsukan (Somsuk and Thakong, 2020). Selain itu, pada proses tanda tangan terdapat proses generate nomor sertifikat menjadi QR *code* agar ketika sertifikat diperlukan dalam bentuk fisik akan tetap dapat diverifikasi keotentikannya.

Saat proses penanda tanganan, admin perlu memasukkan sertifikat digital berekstensi .crt atau .pem, *privat key* berekstensi .pem atau .key, dan *passphrase* yang dimiliki admin serta admin harus memasukkan file gambar tanda tangannya berekstensi .png. *Form* tanda tangan dapat dilihat pada Gambar 6 dan untuk hasil e-sertifikat dapat dilihat pada Gambar 7.

Gambar 6. *Form* tanda tangan



Gambar 7. e-sertifikat profesi

Halaman *manage* pengguna digunakan untuk mengelola pengguna aplikasi terutama untuk menambahkan akun petugas agar dapat login kedalam aplikasi. Halaman ini berisi tentang data pengguna aplikasi dan tiga tombol untuk mengelola user aplikasi.

2) Aplikasi Verifikasi Sertifikat Menggunakan QR Code

Verifikasi yang terdapat dalam aplikasi create adalah verifikasi keaslian sertifikat menggunakan QR code. Pada halaman awal aplikasi terdapat halaman login dan text link jika pengguna ingin memverifikasi QR code pada sertifikat. Proses verifikasi QR code tidak membutuhkan akun untuk mengaksesnya, jadi siapapun yang ingin mengecek sertifikatnya dapat mengakses fitur ini. Untuk mengakses fitur scan QR code, pengguna dapat masuk ke halaman login aplikasi, dan dibawah form login terdapat text link untuk menuju fitur QR code.

Arahkan QR Code ke kamera perangkat, lalu sistem akan menangkap isi yang ada dalam sertifikat. Sistem melakukan pengecekan isi data dalam QR code dengan database aplikasi, jika data didalam QR code terdapat pada database aplikasi maka sistem akan menampilkan dokumen sertifikat digital tersebut.

3) Pengujian Aplikasi

Pengujian aplikasi menggunakan metode *blackbox* terbagi menjadi dua bagian yaitu pengujian pada web pembuatan sertifikat digital dan web verifikasi QR code. Selain itu, dilakukan pengujian terhadap *digital signature* yang terdapat pada e-sertifikat menggunakan aplikasi Adobe Acrobat. Berikut tabel hasil dari pengujian aplikasi.

Tabel 1. Hasil Pengujian *Blackbox* pada Web Pembuatan Sertifikat

Data Masukan	Kesimpulan
Mengakses halaman sesuai peran ketika username dan password benar	Berhasil
Tidak dapat mengakses aplikasi ketika username dan password salah	Berhasil
Membuat sertifikat digital	Berhasil
Menanda tangani sertifikat digital	Berhasil
Melihat sertifikat digital	Berhasil
Menghapus sertifikat digital	
Menambahkan petugas baru	Berhasil
Melihat detail data petugas	Berhasil
Mengubah data petugas	Berhasil
Menghapus data petugas	Berhasil
Keluar dari aplikasi	Berhasil

Tabel 2. Hasil Pengujian *Blackbox* pada Web Verifikasi QR Code

Data Masukan	Kesimpulan
Menampilkan sertifikat digital ketika hasil scan QR Code terdapat pada database	Berhasil
Menampilkan notifikasi data tidak ditemukan ketika hasil scan QR code tidak terdapat dalam database	Berhasil

Tabel 3. Hasil Pengujian Digital Signature

No	Data masukan	Kesimpulan
1.	Pengujian sertifikat valid artinya sertifikat sudah terinstall pada Trusted Certificate dan tidak mengalami perubahan.	Berhasil
2.	Sertifikat tidak valid karena aplikasi verifikasi tanda tangan belum atau tidak terinstal Trusted Certificate dari sertifikat digital yang digunakan	Berhasil
3.	Tanda tangan tidak valid karena dokumen sertifikat profesi digital sudah diubah isinya	Berhasil

Tabel 1 dan Tabel 2 merupakan hasil dari pengujian dengan metode blackbox. Dari hasil yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa interaksi sistem dan antarmuka pada aplikasi sudah berjalan dengan baik. Tabel 3 merupakan hasil pengujian *digital signature* pada sertifikat profesi digital. Berdasarkan hasil yang diperoleh, implementasi *digital signature* pada sertifikat profesi digital dapat mendeteksi pemalsuan sertifikat.

Tabel 4. Data Hasil Usability Testing

No	Aspek	TSEV	S-min	S-max	V(%)	Kriteria
1.	<i>Learnability</i>	12	9	15	80%	Berkualitas
2.	<i>Effeciency</i>	8	6	10	80%	Berkualitas
3.	<i>Memorability</i>	10	6	10	100%	Sangat Berkualitas
4.	<i>Errors</i>	11	9	15	73,3%	Berkualitas
5.	<i>Satisfication</i>	13	9	15	86,7%	Sangat Berkualitas
Total					83,08%	Sangat Berkualitas

Hasil *usability testing* yang ditunjukkan pada Tabel 4 mendapatkan persentase sebesar 83,08%. Berdasarkan kriteria penilaian, persentase 81%-100% termasuk dalam tingkat sangat berkualitas dan layak untuk disebarluaskan (Ariantoro, 2017). Namun aplikasi perlu untuk revisi dikarenakan masih terdapat beberapa kekurangan yaitu pengecekan format pada excel, pengecekan pengguna dengan identitas ganda, dan menambahkan petunjuk penggunaan.

4. Kesimpulan

Dalam penelitian ini, *digital signature* dan QR code yang diusulkan untuk diterapkan pada sertifikat profesi digital dapat mengatasi pemalsuan sertifikat. Tanda tangan yang diimplementasikan dapat memverifikasi keaslian dokumen sertifikat dalam bentuk digital, dan QR code dapat menghubungkan sertifikat profesi hasil *print-out* untuk diverifikasi digital signaturnya. Nilai *usability* dari aplikasi ini adalah 83,08% sehingga menunjukkan bahwa aplikasi yang diusulkan dapat dipilih untuk diterapkan dalam proses pembuatan sertifikat agar menghasilkan sertifikat yang aman dan tidak dapat dipalsukan.

Acknowledgement

Penelitian ini didanai oleh hibah PNBP dari Universitas Negeri Malang untuk program tahun anggaran 2021.

Daftar Rujukan

- Ali, A.M., Farhan, A.K., 2020. Enhancement of QR code capacity by encrypted lossless compression technology for verification of secure E-Document. *IEEE Access* 8, 27448–27458.
- Ariantoro, T.R., 2017. Penerapan Metode Usability Pada Sistem Informasi Pelayanan Pelanggan (Studi Kasus: Website Pdam Tirta Musi Palembang), in: *Prosiding Seminar Nasional Darmajaya*. pp. 252–265.

- Chauhan, N., 2010. Software Testing Principles And Practice. Oxford University Press.
- Dennis, A., Wixom, B.H., Roth, R.M., 2012. System Analysis and Design, 5th edition. ed. USA.
- Denso, 2011. QR Code Essentials.
- Fariana, M., 2017. Implementasi Model Problem Based Learning untuk meningkatkan pemahaman konsep dan aktivitas siswa. *Journal of Medives: Journal of Mathematics Education IKIP Veteran Semarang* 1, 25–33.
- Gustiani, S., 2019. Research And Developmnet (R&D) Method As A Model Design In Educational Research And Its Alternatives. *HOLISTICS* 11.
- IBM, 1969. Data Processing Techniques. Technical Publication Department, 112 East Post Road, White Plains, N.Y. 10601.
- ISO 9241-11, I.S.O., 1998. Ergonomic Requirements for Office Work With Visual Display Terminals (VDT) Part 11: Guidance in Usability.
- Menezes, A.J., Oorschot, P.C.V., Vanstone, S.A., 1996. Applied Cryptography. USA.
- Myers, G.J., Sandler, C., Badgett, T., 2011. The art of software testing. John Wiley & Sons.
- Pemenristekdikti, 2018. Permenristekdikti Nomor 59 Tahun 2018.
- Somsuk, K., Thakong, M., 2020. Authentication system for e-certificate by using RSA's digital signature. *Telkomnika* 18, 2948–2955.
- suara.com, 2020. Polisi Ungkap Sindikat Pemalsuan Sertifikat Keterampilan Pelaut [WWW Document]. URL <https://www.suara.com/news/2020/06/25/215926/polisi-ungkap-sindikat-pemalsuan-sertifikat-keterampilan-pelaut?page=all> (accessed 7.28.21).
- Sutarti, T., Irawan, E., 2017. Kiat sukses meraih hibah penelitian pengembangan. Deepublish.
- Undang-undang RI Nomor 20, 2003. Undang-undang Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 2003 Tentang Sistem Pendidikan Nasional.