

WHATSAPP FORENSICS: EKSPLORASI SISTEM BERKAS DAN BASIS DATA PADA APLIKASI ANDROID DAN IOS

Ahmad Raf'ie Pratama

Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia
Jalan Kaliurang Km.14,5 Sleman, Yogyakarta 55501
ahmad.rafie@uii.ac.id

ABSTRACT

WhatsApp is a multiplatform instant messenger with the most users worldwide by 2013. The popularity of WhatsApp has raised the need of better understanding on how it stores chat archives within the application. This knowledge is useful in term of mobile forensics purposes. In this paper, the latest version of WhatsApp applications in two major platforms, Android and iOS are used in order to explore the file systems and database, to learn where and how the messages and other files are stored, and then to analyze the strength and the weakness of this implementation. The main finding of this research is that WhatsApp uses different file system and database structure in its iOS and Android application. While the database in iOS platform is well structured and makes use of good normalization, the database in Android platform is much simpler and stored as encrypted file within the file system. Furthermore, this research also shows that it is relatively easy to recover all messages history from the database in both platforms; given the Android devices have been rooted but not necessarily jailbreak the iOS devices. Based on this finding, it is possible to develop an application to read WhatsApp database and display it in a more user-friendly format to make forensic activity much easier.

Keywords: WhatsApp, Forensics, Database, Android, iOS

1. PENDAHULUAN

Dalam dunia telekomunikasi, terdapat dua fitur layanan utama yang selalu ada dan terus berevolusi seiring dengan perkembangan teknologi, suara (*voice*) dan pesan (*message*). Dibandingkan dengan layanan suara yang mengharuskan pengguna untuk terhubung secara bersamaan di waktu yang sama (*synchronous*), layanan pesan memiliki keunggulan pada keleluasaan untuk bertukar informasi secara kasual, pengguna dapat bertukar pesan kapanpun tanpa harus menunggu lawan komunikasinya siap layaknya pada layanan suara. Layanan pertukaran pesan bukan hanya monopoli dunia telekomunikasi, di dunia jaringan komputer pun layanan pertukaran pesan, atau biasa disebut dengan *chat*, banyak digunakan untuk berbagai keperluan.

Layanan pesan singkat, atau biasa dikenal dengan istilah SMS (*Short Messaging Service*) telah digunakan secara luas oleh semua pelanggan telepon seluler, baik di jaringan GSM maupun jaringan CDMA selama beberapa dekade terakhir. Di sisi

lain, aplikasi pesan instant berbasis internet pada platform PC juga memiliki segmentasi tersendiri, aplikasi-aplikasi seperti *MiRC*, *Yahoo! Messenger*, *MSN Messenger*, ataupun *Google Talk* juga lazim digunakan sebagai media komunikasi sehari - hari oleh pengguna internet.

Pesatnya perkembangan teknologi informasi dan komunikasi telah melahirkan inovasi baru dalam layanan pertukaran pesan. Beberapa jenis aplikasi pesan singkat baru muncul dengan konsep baru, mereka berjalan di berbagai platform telepon pintar seperti Android, iOS, Blackberry, hingga Windows Phone layaknya layanan SMS namun dengan menggunakan jaringan internet, bukan jaringan telepon seluler sebagai jalur komunikasi utamanya.

Aplikasi - aplikasi seperti *WhatsApp*, *WeChat*, *Line*, *KakaoTalk*, *Blackberry Messenger*, hingga *Telegram* menjadi alternatif baru dalam bertukar pesan dikarenakan kemudahan penggunaannya, di samping tentu saja biaya yang jauh lebih murah jika dibandingkan dengan bertukar

pesan melalui layanan SMS. Cukup dengan akses ke jaringan internet pada telepon genggam mereka, pengguna dapat berkiriman pesan secara bebas kepada siapapun yang juga telah menggunakan aplikasi yang sama. Pengguna tidak perlu mengkhawatirkan tarif lintas operator ataupun internasional layaknya layanan SMS biasa.

Di antara beberapa aplikasi yang ada, *WhatsApp* merupakan salah satu pioner dan telah mencapai kesuksesannya dengan keberadaan xxx juta pengguna per Januari 2014. Bahkan, per xxx jumlah pesan yang diproses *WhatsApp* untuk satu harinya telah melebihi peredaran seluruh SMS yang beredar di seluruh dunia untuk waktu yang sama.

Mengingat tingginya popularitas dan tingkat penggunaan *WhatsApp* saat ini, potensi penyalahgunaannya pun meningkat sebagaimana juga yang telah terjadi pada layanan SMS. Arsip pesan yang tersimpan pada aplikasi *WhatsApp* yang terpasang di telepon seluler dapat dijadikan bukti digital untuk mengungkap kejahatan - kejahatan yang menggunakan aplikasi ini sebagai media komunikasinya.

Penelitian ini difokuskan pada eksplorasi sistem berkas dan basis data dari aplikasi *WhatsApp* pada dua platform utama, Android dan iOS. Eksplorasi basis data yang dilakukan bertujuan untuk memetakan dan memberikan gambaran yang menyeluruh mengenai peluang dan tantangan penggalian bukti digital dari arsip pesan *WhatsApp* yang tersimpan di telepon seluler penggunaannya. Penelitian dilakukan dengan menggunakan masing - masing satu perangkat berbasis Android dan satu perangkat berbasis iOS di mana pada keduanya telah terpasang versi *WhatsApp* terbaru saat penelitian ini dilakukan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian di bidang forensika pesan instan telah banyak dilakukan, di antaranya saat Van Dongen melakukan eksplorasi sistem berkas dari aplikasi *Windows Live Messenger 8.0* yang berjalan di platform

Windows PC untuk menggali potensi bukti digital yang bisa ditemukan (2007). Penelitian lain yang juga pernah dilakukan pada kurun waktu yang berdekatan adalah pada beberapa aplikasi pesan instan lainnya, yakni *AOL Messenger*, *Yahoo! Messenger*, dan *MSN Messenger* (Killey, M., Danker, S., & Rogers, M., 2008) yang juga berjalan pada platform PC, terutama yang berbasis sistem operasi *Windows*. Khusus untuk aplikasi *Yahoo! Messenger* yang notabene sangat populer digunakan di Indonesia pada kurun waktu tersebut, terdapat penelitian lainnya yang juga telah dilakukan dalam rangka mengevaluasi dan menemukan jejak data dari berbagai macam fitur yang disediakan oleh aplikasi pesan instan tersebut (Levendoski et.al, 2011).

Sementara itu, penelitian lainnya tentang forensika aplikasi pesan instan sejenis yang berjalan pada perangkat bergerak juga telah pernah dilakukan, di mana aplikasi *AIM*, *Yahoo! Messenger* dan *Google Talk* yang berjalan pada *Apple iPhone* menjadi objek eksplorasinya (Husain & Sridhar, 2010). Meskipun telah berpindah dari platform PC ke perangkat bergerak, penelitian ini masih mengeksplorasi aplikasi pesan instan generasi pertama yang masih menggunakan akun tersendiri dan belum mengintegrasikan nomer telepon seluler pengguna sebagai identitasnya

Seiring dengan meredupnya popularitas aplikasi pesan instan generasi pertama ini yang juga diiringi tumbuh suburnya aplikasi pesan instan generasi baru, beberapa penelitian lain juga lantas dilakukan seperti yang dilakukan oleh Mahajan, et.al (2013) yang mengeksplorasi aplikasi *WhatsApp* dan *Viber*, serta penelitian oleh Thakur (2013) yang difokuskan pada aplikasi *WhatsApp*. Kedua penelitian ini dilakukan pada perangkat bergerak berbasis sistem operasi *Android*.

Meskipun beberapa penelitian di atas telah dilakukan, masih terdapat banyak ruang yang belum dieksplorasi secara mendalam atau bahkan belum tersentuh sama sekali. Di antara semua aplikasi pesan instan generasi baru yang ada, tidak dapat

dipungkiri *WhatsApp* merupakan pilihan utama dengan jumlah pengguna terbanyak. Namun demikian, popularitas *WhatsApp* yang begitu tinggi tidak bisa dilepaskan dari ketersediaannya pada beberapa platform perangkat bergerak yang berbeda, di mana selain Android masih ada platform iOS yang menjadi dua pemain utama di dunia. Kebanyakan penelitian yang dilakukan masih terbatas pada satu platform perangkat bergerak saja, karenanya penelitian yang dilakukan akan memberikan gambaran yang lebih baik jika eksplorasi dilakukan pada beberapa platform sekaligus pada waktu yang bersamaan.

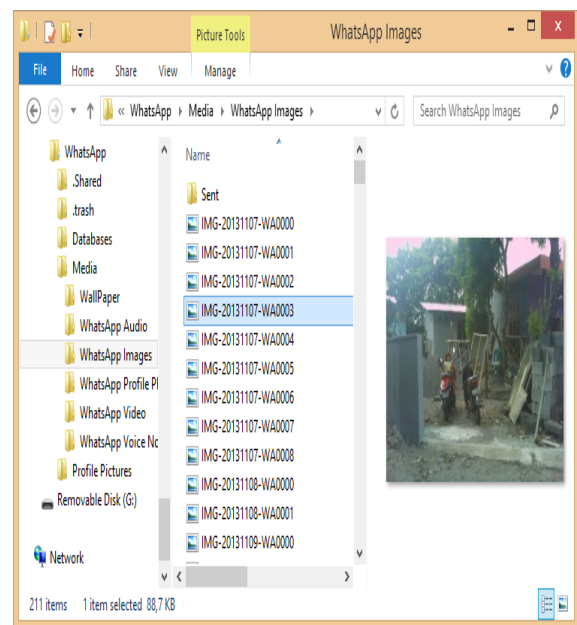
Selain itu, perkembangan aplikasi di perangkat bergerak yang lebih cepat jika dibandingkan dengan di platform PC menuntut proses eksplorasi ulang setiap kali perubahan (*update*) aplikasi dilakukan oleh pengembangnya. Pembaharuan aplikasi seringkali melibatkan hal - hal seperti perubahan sistem berkas, struktur basis data, hingga penambahan fitur - fitur keamanan (semisal enkripsi sistem berkas atau basis data) pada aplikasi yang bersangkutan.

3. EKSPLORASI PADA ANDROID

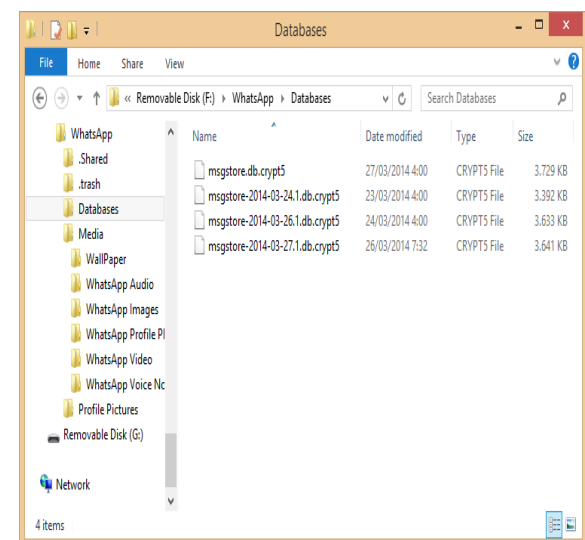
Dalam penelitian ini, eksplorasi pada platform Android dilakukan dengan menggunakan perangkat uji telepon pintar *iOcean X7 Turbo* produksi Cina dengan spesifikasi perangkat keras prosesor *MT6589 Quad Core 1,5 GHz*, *RAM 1GB*, *internal storage 2GB*, *external memory 8GB*, dan bentang layar 5" dengan resolusi *Full HD 1920x1080*. Adapun dari sisi perangkat lunaknya terpasang sistem operasi Android 4.2.1 *Jelly Bean* dan *WhatsApp* versi 2.11.186.

Proses eksplorasi dimulai dengan menghubungkan perangkat uji ke sebuah PC dengan mode *USB storage* untuk dilihat struktur sistem berkasnya. Dari proses eksplorasi ditemukan sebuah folder *WhatsApp* tersimpan dalam memori eksternal gambar 1 memperlihatkan bagaimana semua media tersimpan dengan struktur yang rapi, baik itu berupa gambar,

audio, video, pesan suara, hingga foto profil dari pengguna lainnya. Sementara itu, ditemukan juga sebuah folder yang diduga berisikan arsip pesan dalam folder lain sebagaimana dapat dilihat pada gambar 2. Setelah diverifikasi lebih lanjut, ditemukan basis data ini tersimpan dalam format terenkripsi sehingga tidak dapat dibaca isi di dalamnya. Adapun rangkuman keseluruhan folder yang ditemukan beserta keterangan untuk masing-masingnya dapat dilihat pada tabel 1.



Gambar 1. Sistem berkas penyimpanan media pada *WhatsApp* di platform Android

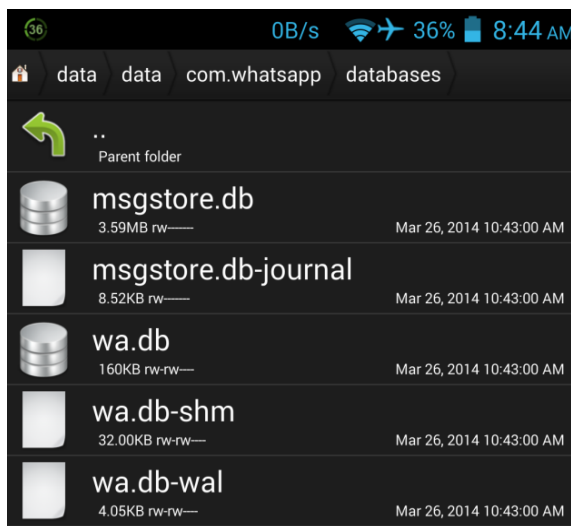


Gambar 2. Sistem berkas penyimpanan basis data pada *WhatsApp* di platform Android

Tabel 1. Sistem berkas yang ditemukan pada *WhatsApp* di platform Android

No	Lokasi	Keterangan
1	\\.Shared	Kosong
2	\\.trash	Kosong
3	\\Database	Database arsip terenkripsi
4	\\Media\\WallPaper	Wallpaper Chat
5	\\Media\\WhatsApp Audio	Audio masuk
6	\\Media\\WhatsApp Audio\\Sent	Audio keluar
7	\\Media\\WhatsApp Images	Gambar masuk
8	\\Media\\WhatsApp Images\\Sent	Gambar keluar
9	\\Media\\WhatsApp Profile Photos	Foto profil pengguna
10	\\Media\\WhatsApp Video	Video masuk
11	\\Media\\WhatsApp Video\\Sent	Video keluar
12	\\Media\\WhatsApp Voice Notes	Pesan suara masuk
13	\\Media\\WhatsApp Voice Notes\\Sent	Pesan suara keluar
14	\\Profile Pictures	Foto profil pengguna lain

Proses eksplorasi dilanjutkan dengan melakukan proses *rooting* pada perangkat uji dan memasang aplikasi khusus agar dapat mengakses sistem berkas tersembunyi dan terlindungi di mana sistem operasi dan seluruh aplikasi terpasang disimpan. Pada penelitian ini, digunakan aplikasi *Root Browser** yang dapat diunduh secara gratis di *Google Play Store*. Hasil eksplorasi lebih lanjut yang dilakukan berhasil menemukan basis data yang tidak terenkripsi di simpan pada sistem berkas tersembunyi dan terlindungi ini di lokasi **/data/data/com/whatsapp/database** seperti yang tampak pada gambar 3. Adapun rangkuman seluruh sistem berkas yang ditemukan tampak pada tabel 2.

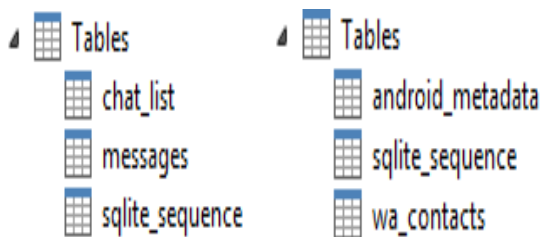


Gambar 3. Basis data yang tidak terenkripsi di dalam sistem berkas tersembunyi dan terlindungi pada *WhatsApp* di platform Android

Tabel 2. Sistem berkas tersembunyi dan terlindungi yang ditemukan pada *WhatsApp* di platform Android

No	Lokasi	Keterangan
1	\\app_Keys	Kosong
2	\\cache	Cache DNS dan beberapa lainnya
3	\\databases	Database arsip dalam format tidak terenkripsi
4	\\files	Tipe akun, Emoji (<i>emoticon</i>), <i>Expiration Date</i> , dan beberapa file lainnya
5	\\files\\Avatars	Avatar/Profile Photos dari semua pengguna lain dengan format penamaan <i>no.hp@s.whatsapp.net.j</i> untuk pengguna individual dan <i>no.hp.admin-kode.grup@g.us.j</i> untuk grup.
6	\\files\\Logs	Beberapa log dari aplikasi dan server <i>WhatsApp</i>
7	\\lib	Beberapa <i>library</i> yang dibutuhkan dalam format <i>.so</i>
8	\\shared_prefs	Konfigurasi dan beberapa berkas pengaturan lain dalam format XML

Selanjutnya, eksplorasi dilanjutkan pada basis data yang ditemukan. Format basis data yang digunakan oleh *WhatsApp* adalah *SQLite* versi 3, karenanya diperlukan bantuan aplikasi pembaca basis data *SQLite* untuk dapat melihat isi di dalamnya. Pada penelitian ini aplikasi yang digunakan adalah *SQLiteStudio* versi 2.1.5 dan *Navicat for SQLite Trial edition* versi 11.0.17. Dari eksplorasi awal, didapatkan dua basis data yang ditemukan memiliki beberapa tabel seperti yang tampak pada gambar 4.



Gambar 4. Daftar tabel pada basis data *msgstore.db* (kiri) dan basis data *wa.db* (kanan)

#	Name	Data type	P	F	U	H	N	C	Default value
1	_id	INTEGER	🔑						NULL
2	key_remote_jid	TEXT					🚫		NULL
3	key_from_me	INTEGER							NULL
4	key_jid	TEXT					🚫		NULL
5	status	INTEGER							NULL
6	needs_push	INTEGER							NULL
7	data	TEXT							NULL
8	timestamp	INTEGER							NULL
9	media_url	TEXT							NULL
10	media_mime_type	TEXT							NULL
11	media_wa_type	TEXT							NULL
12	media_size	INTEGER							NULL
13	media_name	TEXT							NULL
14	media_hash	TEXT							NULL
15	media_duration	INTEGER							NULL
16	origin	INTEGER							NULL
17	latitude	REAL							NULL
18	longitude	REAL							NULL
19	thumb_image	TEXT							NULL
20	remote_resource	TEXT							NULL
21	received_timestamp	INTEGER							NULL
22	send_timestamp	INTEGER							NULL
23	receipt_server_timestamp	INTEGER							NULL
24	receipt_device_timestamp	INTEGER							NULL
25	raw_data	BLOB							NULL
26	recipient_count	INTEGER							NULL

Gambar 5. Struktur tabel *messages* pada basis data *msgstore.db* di platform Android

Struktur tabel *messages* pada basis data *msgstore.db* yang menyimpan seluruh arsip pesan dapat dilihat pada gambar 5, sementara struktur tabel *wa_contacts* pada basis data *wa.db* yang menyimpan seluruh kontak pengguna lain dapat dilihat pada gambar 6. Masing - masing *field* menyimpan informasi sesuai dengan nama yang dimiliki, namun demikian untuk keperluan forensika tingkat dasar, dapat dicermati beberapa *field* tertentu dengan melakukan *SQL query* seperti yang tampak pada gambar 7 sehingga menghasilkan arsip percakapan seperti yang dapat dilihat pada gambar 8.

#	Name	Data type	P	F	U	H	N	C	Default value
1	_id	INTEGER	🔑						NULL
2	jid	TEXT					🚫		NULL
3	is_whatsapp_user	BOOLEAN					🚫		NULL
4	status	TEXT							NULL
5	number	TEXT							NULL
6	raw_contact_id	INTEGER							NULL
7	display_name	TEXT							NULL
8	phone_type	INTEGER							NULL
9	phone_label	TEXT							NULL
10	unseen_msg_count	INTEGER							NULL
11	photo_ts	INTEGER							NULL
12	thumb_ts	INTEGER							NULL
13	photo_id_timestamp	INTEGER							NULL
14	given_name	TEXT							NULL
15	family_name	TEXT							NULL
16	wa_name	TEXT							NULL
17	sort_name	TEXT							NULL
18	status_timestamp	INTEGER							NULL

Gambar 6. Struktur tabel *wa_contacts* pada basis data *wa.db* di platform Android

```

1 SELECT
2 messages.key_remote_jid,
3 messages.key_from_me,
4 messages.data,
5 messages.remote_resource
6 FROM
7 messages
8

```

Gambar 7. Contoh *SQL Query* untuk menyaring arsip percakapan pada tabel *messages*

key_remote_jid	key_from_me	data	remote_resource
628122698973@s.whatsapp.net	1	Terus di xor	
628122698973@s.whatsapp.net	1	P1 xor C1 = K	
628122698973@s.whatsapp.net	1	K xor C2 = P2	
628122698973@s.whatsapp.net	1	Dengan kata lain, P2 = C2 xor C1 xor P1	
628122698973@s.whatsapp.net	1	Nek wis ketemu P2 dalam bentuk hex, tinggal diubah keep ASCII nganggo he	
628122698973@s.whatsapp.net	1	Jelas?	
628800284221@s.whatsapp.net	1	Walaikumussalam	
628800284221@s.whatsapp.net	1	Maaf baru sempat saya baca mas	
628800284221@s.whatsapp.net	1	Secara umum sudah bagus	
628800284221@s.whatsapp.net	1	Tapi masih perlu diperbaiki untuk strukturisasi laporannya	
628800284221@s.whatsapp.net	1	Jumat depan aja ketemu saya di kampus ya	
628122698973@s.whatsapp.net	0	Oke pak. Nomer 2 ya tak cocokke manu rumus + itung2an	
628800284221@s.whatsapp.net	1	Atau kalo mau besok senin ini juga boleh	
628122698973@s.whatsapp.net	0	Sing nomer 3 durung. Sitik bgt sing garap kui, dan nggak selesai	
628800284221@s.whatsapp.net	1	Selasa saya ke Jakarta	
628122698973@s.whatsapp.net	0	Jelas. Suk tak cobane garap. Lagi ke koreksi separo iki pak	
628122698973@s.whatsapp.net	0	Oiya, nomer 2 & 3 milane py pak?	

key_remote_jid	key_from_me	data	remote_resource
62801152003-1376619856@g.us	0	Kok cuman selitig y kitu outbond, selain ngajar sl pada kamana yak?	6203867336413@s.whatsapp.net
62801152003-1376619856@g.us	0	.	628122691510@s.whatsapp.net
62801152003-1376619856@g.us	0	Pak Yu di sama mas Affan yg ndak klian nih...	6203867336413@s.whatsapp.net
62801152003-1376619856@g.us	0	Main pereset bounding kita di acara ini...	6203867336413@s.whatsapp.net
62801152003-1376619856@g.us	0	Yang tertinggal bus, silakan boleh meluncur pake kendaraan masing2...	6203867336413@s.whatsapp.net
62801152003-1376619856@g.us	0	pak affan dan pak syarif kelihatannya sendiri menuju lokasi	628157909806@s.whatsapp.net
62801152003-1376619856@g.us	0	Saya pernit mas, diuhur hansi ke solo..*	628122691510@s.whatsapp.net
62801152003-1376619856@g.us	0	Mas Jarno, saya sudah di lokasi sesuai jadwal. Orang pertama yang datang *	628112510605@s.whatsapp.net
62801152003-1376619856@g.us	0	(Null)	6203867336413@s.whatsapp.net
62801152003-1376619856@g.us	0	Wihualu, bisanya ndak bs mbur kayak mobil Pak Fathul hehe	6203867336413@s.whatsapp.net
62801152003-1376619856@g.us	0	Ohu Pak.	6203867336413@s.whatsapp.net
62801152003-1376619856@g.us	0	Ris-nya mmng g bisa mbur, tp bisa delay take off nya *	628112538822@s.whatsapp.net
62801152003-1376619856@g.us	0	👍	6203867336413@s.whatsapp.net
62801152003-1376619856@g.us	0	Hehehe Di sini gopelannya tu sido gak sih? 🙄🙄🙄	628112510605@s.whatsapp.net
62801152003-1376619856@g.us	0	Seperit biasa saja pak Fathul, yang hadir seadanya mohon dimulaila duluan	6280802740009@s.whatsapp.net
62801152003-1376619856@g.us	0	Makan nasi goreng dulu g	6285220619416@s.whatsapp.net
62801152003-1376619856@g.us	0	Awas modus PHP	60146420571@s.whatsapp.net

Gambar 8. Hasil SQL Query table messages berupa arsip percakapan individual (atas) dan grup (bawah) pada WhatsApp di platform Android

Dari hasil eksplorasi ditemukan bahwa struktur basis data pada platform Android, field *key_remote_jid* berisikan ID pengguna lain yang menjadi lawan bicara dalam format standard WhatsApp yang menyerupai alamat email, yakni *<no.hp>@s.whatsapp.net* untuk percakapan individual, atau *<no.hp.admin>-<kode.grup>@g.us* untuk percakapan grup. Khusus untuk percakapan grup, ID pengirim pesan akan menempati field lain, yakni *remote_resource* yang dikosongkan untuk percakapan individual. Selanjutnya, field *key_from_me* akan menunjukkan arah pengiriman pesan, di

mana nilai 0 berarti pesan masuk sementara nilai 1 bermakna pesan keluar.

Di sisi lain, struktur basis data pada tabel *wa_contacts* berisikan gabungan grup dan pengguna individual dengan perbedaan terdapat pada field *number*, di mana grup berisikan *<no.hp.admin>@s.whatsapp.net* sementara pengguna individual hanya berisikan *<no.hp.pengguna>*. Selain itu, pengguna individual juga memiliki beberapa field tambahan yang berisikan data, yakni *raw_contact_id* dan *status*. Yang juga menarik adalah ditemukannya seluruh nomer telepon lain yang tersimpan dalam *phonebook* meski yang bersangkutan tidak terinstall WhatsApp, dalam hal ini ditandai dengan nilai "0" pada field *is_whatsapp_user*. Temuan ini dapat menjadi isu privasi tersendiri apabila ditemukan bukti lain bahwa WhatsApp juga mengunggah dan menyimpan semua nomer telepon ini ke server yang mereka miliki.

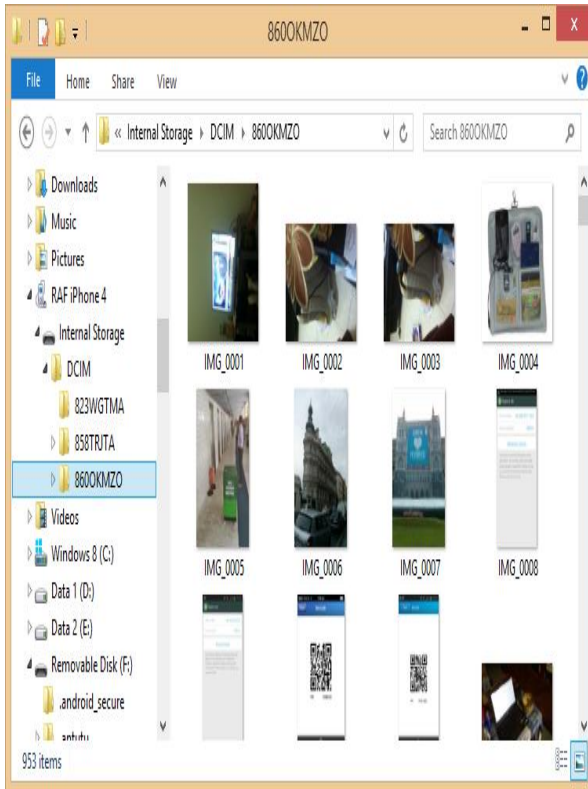
id	jid	is_whatsapp_user	status	number	raw_contact_id	display_name
1	6203867158933-1354091128@g.us	1	(Null)	6203867158933@s.whatsapp.net	(Null)	Lovely fana
2	6203867211823-1355488803@g.us	1	(Null)	6203867211823@s.whatsapp.net	(Null)	Me & My Bro
3	62801152003-137588014@g.us	1	(Null)	62801152003@s.whatsapp.net	(Null)	All in One
4	628122691510-1382142676@g.us	1	(Null)	628122691510@s.whatsapp.net	(Null)	Forensika
5	62801152003-1376619856@g.us	1	(Null)	62801152003@s.whatsapp.net	(Null)	TF-III
6	62801152003-1340365730@g.us	1	(Null)	62801152003@s.whatsapp.net	(Null)	Dosen Tetap INF UII
7	6281295426907@s.whatsapp.net	1	Sabar, bersahaja, bahagia.. IngaAllah..	081295426907		Beni Suranto
8	61401566721@s.whatsapp.net	1	Available	+61401566721		Indira Albans
9	6285288286042@s.whatsapp.net	0	(Null)	6285288286042		Nahdian Edhiya
10	628138115863@s.whatsapp.net	1	Busy	+628138115863		Nadi Apartment
11	628131208832@s.whatsapp.net	0	(Null)	08131208832		Moh Budiono Santoso
12	628195341948@s.whatsapp.net	1	Macet dimana2.. Butuh helikopter	08195341948		Moh Budiono Santoso
13	6283869248001@s.whatsapp.net	1	Moving to Telegram	+6283869248001		Akhya Amanullah
14	61425310850@s.whatsapp.net	0	(Null)	+61425310850		Denny Andianto
15	61425020203@s.whatsapp.net	0	(Null)	+61425020203		Eko Purwantoro
16	628138615207@s.whatsapp.net	1	Hey there! I am using WhatsApp.	+628138615207		Aguny GP
17	6281328211075@s.whatsapp.net	1	Home finally....!!!	+6281328211075		Rison Mahrisun
18	61451660553@s.whatsapp.net	1	Hey there! I am using WhatsApp.	+61451660553		Hani Adillah
19	6281951706660@s.whatsapp.net	1	* Ayah idola.	+6281951706660		Wahyu Kresna
20	61412330613@s.whatsapp.net	0	(Null)	+61412330613		Apson
21	6203867211823@s.whatsapp.net	1	Available	+6203867211823		Ahmad Rafie Pratama
22	628523890911@s.whatsapp.net	1	7AA3A6FP My Last.. #WAP ...	+628523890911		Niken Madumita
23	002133650708@s.whatsapp.net	0	(Null)	002133650708		Zedryan
24	628524804377@s.whatsapp.net	0	(Null)	+628524804377		Aditya Eka Tama
25	61434057751@s.whatsapp.net	0	(Null)	+61434057751		Ahithomo Dinto
26	61413854573@s.whatsapp.net	1	Pertanyak yng baik, kurang yng buruk...	+61413854573		Novat Pujo Sambodo

Gambar 9. Isi tabel wa_contacts pada basis data wa.db di platform Android

4. EKSPLORASI PADA IOS

Pada platform iOS, perangkat uji yang digunakan pada proses eksplorasi adalah telepon pintar iPhone 4 yang telah terpasang iOS 7.1 dan WhatsApp versi 2.11.8 di dalamnya. Dikarenakan karakteristik sistem operasi iOS yang tertutup, folder aplikasi

WhatsApp ataupun aplikasi - aplikasi lainnya tidak bisa diakses secara langsung hanya dengan menyambungkan perangkat uji ke sebuah PC. Gambar 10 menunjukkan bagaimana iOS hanya mengizinkan akses ke folder DCIM yang berisikan hasil *screenshot*, foto, dan atau video yang direkam melalui kamera ataupun didapat dari aplikasi lain.

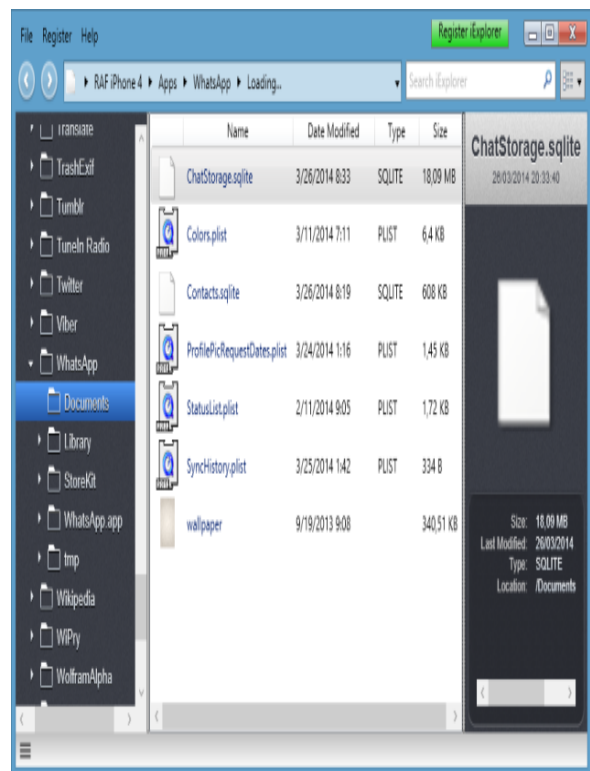


Gambar 10. Sistem berkas iOS berisi foto dan hasil *screenshot* yang dapat diakses melalui PC

Eksplorasi dilanjutkan dengan bantuan aplikasi *iExplorer* versi 3.2.5.2 *Trial Mode* yang dapat membaca sistem berkas iOS yang tidak bisa diakses dengan cara sebelumnya guna mengakses folder khusus dari masing-masing aplikasi yang terpasang, termasuk *WhatsApp*. Dari hasil eksplorasi didapatkan beberapa berkas multimedia (gambar 11) serta berkas basis data penyimpanan arsip pesan (gambar 12). Rekapitulasi lengkap sistem berkas yang ditemukan pada folder *Apps\WhatsApp* dapat dilihat pada tabel 3.



Gambar 11. Sistem berkas penyimpanan media pada *WhatsApp* di platform iOS

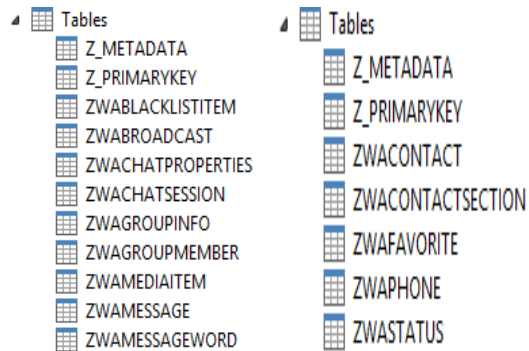


Gambar 12. Sistem berkas penyimpanan basis data pada *WhatsApp* di platform iOS

Tabel 3. Sistem berkas yang ditemukan pada WhatsApp di platform iOS

No	Lokasi	Keterangan
1	\Documents	Basis data arsip pesan (.sqlite) dan berkas konfigurasi (.plist)
2	\Library\Caches	Snapshot, Thumbnail, dan beberapa berkas lainnya
3	\Library\Cookies	Berkas cookies
4	\Library\Logs	Berkas catatan kejadian pada aplikasi dan koneksi dengan server
5	\Library\Media	Berkas multimedia (foto, video, dll) yang disimpan per pengguna
6	\Library\Preferences	Berkas pengaturan global, termasuk akun WhatsApp yang terpasang (.plist)
7	\StoreKit	Receipt (bukti pembelian aplikasi dari AppStore)
8	\WhatsApp app	Berkas penyusun aplikasi (icon, dll)
9	\tmp	Kosong

Selanjutnya, eksplorasi dilanjutkan pada basis data yang ditemukan. Format basis data yang digunakan pada aplikasi iOS adalah SQLite versi 3, sama dengan format yang digunakan pada aplikasi Android, meski dengan ekstensi berbeda (.sqlite). Sama halnya dengan aplikasi Android, didapatkan juga dua basis data (ChatStorage.sqlite dan Contacts.sqlite) yang masing - masingnya memiliki tabel - tabel seperti yang tampak pada gambar 13.



Gambar 13. Daftar tabel pada basis data ChatStorage.sqlite (kiri) dan basis data Contacts.sqlite (kanan) pada WhatsApp di platform iOS

Struktur tabel ZWAMESSAGE pada basis data ChatStorage.sqlite yang menyimpan seluruh arsip pesan dapat dilihat pada gambar 14, sementara struktur tabel ZWACONTACT pada basis data Contacts.sqlite yang menyimpan seluruh kontak pengguna lain dapat dilihat pada gambar 15. Beberapa nama field memberikan informasi mengenai data apa yang disimpan, namun demikian untuk keperluan forensika tingkat dasar dapat disaring beberapa field tertentu dengan melakukan SQL query seperti yang tampak pada gambar 16 sehingga menghasilkan arsip percakapan seperti yang dapat dilihat pada gambar 17. Perbedaan struktur tabel yang dimiliki aplikasi iOS ini memungkinkan untuk melakukan penyaringan arsip pesan berdasarkan sesi percakapan sehingga menjadi lebih mudah untuk dibaca secara kronologis dan sistematis.

#	Name	Data type	P	F	U	H	N	C	Default value
1	Z_PK	INTEGER	🔑						NULL
2	Z_ENT	INTEGER							NULL
3	Z_OPT	INTEGER							NULL
4	ZCHILDMESSAGESDELIVEREDCOUNT	INTEGER							NULL
5	ZFILTEREDRECIPIENTCOUNT	INTEGER							NULL
6	ZFLAGS	INTEGER							NULL
7	ZGROUPEVENTTYPE	INTEGER							NULL
8	ZISFROMME	INTEGER							NULL
9	ZMESSAGESTATUS	INTEGER							NULL
10	ZMESSAGETYPE	INTEGER							NULL
11	ZSORT	INTEGER							NULL
12	ZBROADCAST	INTEGER							NULL
13	ZCHATSESSION	INTEGER							NULL
14	ZGROUPMEMBER	INTEGER							NULL
15	ZLASTSESSION	INTEGER							NULL
16	ZMEDIAITEM	INTEGER							NULL
17	ZPARENTMESSAGE	INTEGER							NULL
18	ZMESSAGEDATE	TIMESTAMP							NULL
19	ZFROMJID	VARCHAR							NULL
20	ZPUSHNAME	VARCHAR							NULL
21	ZSTANZAID	VARCHAR							NULL
22	ZTEXT	VARCHAR							NULL
23	ZTOJID	VARCHAR							NULL

Gambar 14. Struktur tabel ZWAMESSAGE pada basis data ChatStorage.sqlite di platform iOS

#	Name	Data type	P	F	U	H	N	C	Default value
1	Z_PK	INTEGER	🔑						NULL
2	Z_ENT	INTEGER							NULL
3	Z_OPT	INTEGER							NULL
4	ZABUSERID	INTEGER							NULL
5	ZSORT	INTEGER							NULL
6	ZSECTION	INTEGER							NULL
7	ZFIRSTNAME	VARCHAR							NULL
8	ZFULLNAME	VARCHAR							NULL
9	ZIMAGEHASH	VARCHAR							NULL
10	ZINDEXNAME	VARCHAR							NULL
11	ZTOKENS	BLOB							NULL

Gambar 15. Struktur tabel ZWACONTACT pada basis data Contacts.sqlite di platform iOS

```

1 SELECT
2 ZWAMESSAGE.ZPUSHNAME,
3 ZWAMESSAGE.ZTEXT,
4 ZWAMESSAGE.ZFROMJID,
5 ZWAMESSAGE.ZTOJID,
6 ZWAMESSAGE.ZCHATSESSION
7 FROM
8 ZWAMESSAGE
9 ORDER BY
10 ZWAMESSAGE.ZCHATSESSION ASC
    
```

Gambar 16. Contoh SQL Query untuk menyaring arsip percakapan pada tabel ZWAMESSAGE pada WhatsApp di platform iOS

ZPUSHNAME	ZTEXT	ZFROMJID	ZTOJID	ZCHATSESSION
(Null)	Malem gan	(Null)	6281900147304@whatsapp.net	35
(Null)	iCream 7 Plus nya masih ready?	(Null)	6281900147304@whatsapp.net	35
Fabala	Masih	6281900147304@whatsapp.net	(Null)	35
(Null)	Kalo besok cool bisa? Daeroh mana?	(Null)	6281900147304@whatsapp.net	35
Fabala	Bisa di cilendak	6281900147304@whatsapp.net	(Null)	35
(Null)	Jam berapa? Harga supermet?	(Null)	6281900147304@whatsapp.net	35
Fabala	Pagi ahm jam 9 atau sore stlh jam 4	6281900147304@whatsapp.net	(Null)	35
Fabala	Net 52	6281900147304@whatsapp.net	(Null)	35
(Null)	Apa garansi gk?	(Null)	6281900147304@whatsapp.net	35
Fabala	Garansi personal 3hr	6281900147304@whatsapp.net	(Null)	35
(Null)	Kalo dari pakhan?	(Null)	6281900147304@whatsapp.net	35
Fabala	Garansi pakhan 1hr	6281900147304@whatsapp.net	(Null)	35
(Null)	Ini barangnya masih segeal apa gk?	(Null)	6281900147304@whatsapp.net	35
Fabala	Nggak segeal lah, km mol bandar panti dibuka	6281900147304@whatsapp.net	(Null)	35
(Null)	Owh gitu. Taus garansi pakhan 1 tahun itu udah jalan kan ya? Sempe kapan habis	(Null)	6281900147304@whatsapp.net	35

ZPUSHNAME	ZTEXT	ZFROMJID	ZTOJID	ZCHATSESSION
(Null)	Lho.. Kik masih bisa ngirim WA?	(Null)	6280115320203-1340365730@yus	1
Andhik	Saljane alu isin mas ngomong terus terang	6280115320203-1340365730@yus	(Null)	1
(Null)	@HUI salah kamar masbro..	(Null)	6280115320203-1340365730@yus	1
Andhik	HP ne ketinggalan disitu tempat	6280115320203-1340365730@yus	(Null)	1
Andhik	WA dari awal bukan pake simpati, tapi pake mettani	6280115320203-1340365730@yus	(Null)	1
(Null)	Innalillah. Semoga diganti yg lebih baik masbro	(Null)	6280115320203-1340365730@yus	1
Beni	Amin..	6280115320203-1340365730@yus	(Null)	1
(Null)	Pindah Android po iPhone aja Ndhik, bisa dilacak lewat Android Device Manager	(Null)	6280115320203-1340365730@yus	1
cicelusumebeni	@ipink ada mhs yg mengusulkan judul TA kayaknya dirimu pas jadi pembimbing	6280115320203-1340365730@yus	(Null)	1
Beni	@	6280115320203-1340365730@yus	(Null)	1
Kang Ir' King -	Ber?	6280115320203-1340365730@yus	(Null)	1
Kang Ir' King -	Kami TA informatika??	6280115320203-1340365730@yus	(Null)	1
cicelusumebeni	Ho oh lah... pjay! Gelem ora?	6280115320203-1340365730@yus	(Null)	1
Kang Ir' King -	Lha lha...	6280115320203-1340365730@yus	(Null)	1
Kang Ir' King -	Ora wani bu	6280115320203-1340365730@yus	(Null)	1

Gambar 17. Hasil SQL Query dari tabel ZWAMESSAGE berupa arsip percakapan individual (atas) dan grup (bawah) pada WhatsApp di platform iOS

Eksplorasi yang dilakukan pada basis data *Contacts.sqlite* menghasilkan temuan struktur tabulasi yang lebih kompleks jika dibandingkan dengan basis data wa.db aplikasi Android. Penyimpanan kontak pada aplikasi iOS ini tersebar pada beberapa tabel, yakni tabel *ZWACONTACT* yang menyimpan nama pengguna disertai user ID nya (gambar 18) sementara nomer telepon yang digunakan tersimpan dalam tabel *ZWAPHONE* bersama dengan *WhatsApp ID* yang notabene berupa nomer telepon dengan kode negara di bagian depannya (gambar 19). Kedua tabel ini dihubungkan oleh sebuah field *Z_PK* yang menjadi *primary key* di keduanya.

Z_PK	Z_ENT	Z_OPT	ZARUSERID	ZSORT	ZSECTION	ZFRSTNAME	ZFULLNAME	ZIMAGEHASH	ZINDEXNAME	ZTOKEN9
1	595	204	48000	22	(Null)	HeyWire	HeyWire	(Null)	HeyWire	lpst004
2	1	2	185	78000	20	Reno	Reno Imam	(Null)	Reno	lpst004
3	1	2	239	24000	2	Dama Supri Sabang	Dama Supri Sabang	(Null)	Dama Supri	lpst004
4	1	2	198	58000	26	Juan	Juan Friantoro	(Null)	Juan	lpst004
5	1	2	240	95000	18	YesTV	YesTV Telekomision	(Null)	YesTV	lpst004
6	1	3	226	96249	18	Yoga	Yoga Henggara	(Null)	Yoga	lpst004
7	1	2	187	10000	6	Arwan	Anwan Ahmad Khoiruddin	(Null)	Arwan	lpst004
8	1	2	161	34000	2	Dinard	Dinard Tobing	(Null)	Dinard	lpst004
9	1	2	181	5000	6	Andrih	Andrih Budi Cahyono	(Null)	Andrih	lpst004
10	1	2	132	54000	10	Izzy	Izzy Muhammad Dirgehayu	(Null)	Izzy	lpst004
11	1	2	223	41000	22	Hafidh	Hafidh	(Null)	Hafidh	lpst004
12	1	2	166	57000	26	Jimmy	Jimmy Hemomo	(Null)	Jimmy	lpst004
13	1	2	188	20000	23	Ekroman	Ekroman	(Null)	Ekroman	lpst004
14	1	2	211	98000	18	Yudho	Yudho Pedjanto	(Null)	Yudho	lpst004
15	1	2	244	78000	21	Salim	Salim PR	(Null)	Salim	lpst004
16	1	2	177	97000	18	Yovi	Yovi Sujeno	(Null)	Yovi	lpst004
17	1	2	231	12000	6	Aulanta	Aulanta Rizki Fitri	(Null)	Aulanta	lpst004
18	1	2	172	21000	16	Budi	Budi Sulis	(Null)	Budi	lpst004
19	1	2	250	55000	26	Jaka	Jaka Pamungkas	(Null)	Jaka	lpst004
20	1	2	214	70000	7	Nicholas	Nicholas Mario Wardhana	(Null)	Nicholas	lpst004
21	1	4	199	17000	16	Beni	Beni Surranto	(Null)	Beni	lpst004
22	1	2	184	61000	25	Khoiril	Khoiril Muslim	(Null)	Khoiril	lpst004
23	1	2	207	6000	6	Andika	Andika Sahadeva	(Null)	Andika	lpst004
24	1	2	176	59000	26	Juni	Juni Eka Wardana	(Null)	Juni	lpst004
25	1	2	205	66000	9	Luqman	Luqman Zaini	(Null)	Luqman	lpst004
26	1	2	158	85000	21	Supri	Supri Danni Aceh	(Null)	Supri	lpst004

Gambar 18. Isi tabel *ZWACONTACT* pada basis data *Contacts.sqlite* di platform iOS

Z_PK	Z_ENT	Z_OPT	ZCONTACT	ZFAVORITE	ZSTATUS	ZLABEL	ZPHONE	ZWHATSAPPID
1	4	2	26	(Null)	(Null)	_s<i>Mobile</i>-15_	08136255553	628136255553
2	4	3	71	538	192	_s<i>Mobile</i>-15_	+61413479099	61413479099
4	4	3	62	576	181	_s<i>Mobile</i>-15_	+6285649488189	6285649488189
5	4	2	70	(Null)	(Null)	_s<i>Mobile</i>-15_	+6281225310352	6281225310352
6	4	3	21	(Null)	(Null)	BB	08569950070	628569950070
7	4	2	92	(Null)	(Null)	_s<i>Mobile</i>-15_	+61425020283	61425020283
8	4	2	9	(Null)	(Null)	_s<i>Mobile</i>-15_	+6281322441290	6281322441290
9	4	3	78	510	124	_s<i>Mobile</i>-15_	+6285374959003	6285374959003
10	4	3	21	(Null)	(Null)	BB	+6285643861076	6285643861076
11	4	3	56	421	270	_s<i>Mobile</i>-15_	+62817260475	62817260475
12	4	2	85	(Null)	(Null)	_s<i>Mobile</i>-15_	+61403255116	61403255116
13	4	3	40	547	281	_s<i>Mobile</i>-15_	081930409552	6281930409552
14	4	3	91	424	99	_s<i>Mobile</i>-15_	+628121504947	628121504947
15	4	3	14	382	211	_s<i>Mobile</i>-15_	08174888847	628174888847
16	4	3	10	561	196	_s<i>Mobile</i>-15_	+628112535151	628112535151
17	4	3	13	670	34	_s<i>Mobile</i>-15_	+61432147874	61432147874
18	4	3	82	399	64	_s<i>Mobile</i>-15_	+6282141618138	6282141618138
19	4	3	16	603	161	_s<i>Mobile</i>-15_	+6281905288486	6281905288486
20	4	3	28	426	179	mobile	+628164992821	628164992821
21	4	2	28	(Null)	(Null)	Android	+6288914675285	6288914675285
22	4	3	32	453	140	_s<i>Mobile</i>-15_	081281005433	6281281005433
23	4	3	7	609	67	_s<i>Mobile</i>-15_	087739107485	6287739107485
24	4	2	100	(Null)	(Null)	_s<i>Mobile</i>-15_	+628562630882	628562630882
25	4	2	68	(Null)	(Null)	_s<i>Mobile</i>-15_	91331760288	6281331760288
26	4	3	76	366	138	Mobile	085643219065	6285643219065
27	4	3	67	429	236	_s<i>Mobile</i>-15_	+6285228869304	6285228869304

Gambar 19. Isi tabel *ZWAPHONE* pada basis data *Contacts.sqlite* di platform iOS

Selain dua tabel di atas, masih terdapat satu tabel lagi, yakni *ZWASTATUS* yang menyimpan status akun yang bersangkutan, dihubungkan dengan *WhatsApp ID* sebagai *foreign key*-nya.

ZPKTUREDATE	ZPKTUREID	ZPKTUREPATH	ZTEXT	ZWHATSAPPID
41066812.88831	130296210	Media Profile:6201393985725	Available	6201393985725
40956530.002715	137970588	Media Profile:61411980134	This is My main Whatsapp 0411980134	61411980134
41174267.302036	139002072	Media Profile:6205640302303	Lulus gek makary!!!	6205640302303
(Null)	1376681042	Media Profile:6205743080054	Pasti sakit. amien -	6205743080054
40956519.234745	1370131443	Media Profile:61433048070	Anak sholeh	61433048070
40956519.398407	1352522085	Media Profile:6201320844110	- Rabbana maa khalq bahtadza bahlaha	6201320844110
40956530.615913	1352178963	Media Profile:6201320844110	Moving forward	6201320844110
41167070.926894	1382886206	Media Profile:6205743035010	Katakanlah "jika bapa-bapa, anak-anak, saudara-saudara, tetangga, kaum keluargamu, harta kekayaan	6205743035010
410712923.888012	1389013371	Media Profile:620895141545	Mesul pit	620895141545
401359575.38663	140973074	Media Profile:6205743035010	Light Spear Cannon!!!	6205743035010
40956530.615913	1380282275	Media Profile:62011268873	Don't panic! I'm just romantic..	62011268873
401359546.712565	137047521	Media Profile:6202141618138	Hey there! I am using WhatsApp.	6202141618138
410666871.335886	1381801251	Media Profile:620882008042	Hey there! I am using WhatsApp.	620882008042
410879571.181786	1386930143	Media Profile:620882140019	Sege	620882140019
41040553.128231	1388712746	Media Profile:6205640302303	Jangan menunggu bahagia baru tersenyum, namun tersenyumlah makan kamu kian bahagia.	6205640302303
410666871.375216	(Null)	(Null)	Bismillah.	6205743035010
41042028.2151906	1351595448	Media Profile:6203867803713	Mari Cintai Hanmu - W	6203867803713
40956530.604393	134197249	Media Profile:6205743035010	-	6205743035010
40981301.031546	1380286990	Media Profile:6205640302303	Emang harus lebih sabar... ☺	6205640302303
411708398.19535	1380015064	Media Profile:62018227657	Available	62018227657
40956519.659377	1380838407	Media Profile:6201215152101	Fokuslah pada usaha jangan terlalu fokus pada bujukan, hasilny paraihkan pada Allah	6201215152101
40956210.162492	1384952099	Media Profile:6205743035010	Saling memahami dan mengerti :)	6205743035010
40956530.6170415	1379524036	Media Profile:61433048070	Hey there! I am using WhatsApp.	61433048070
40956530.1970211	1383275452	Media Profile:620132705071	Available	620132705071
410666871.700785	1351027414	Media Profile:620175482366	In a meeting	620175482366

Gambar 20. Isi tabel *ZWASTATUS* pada basis data *Contacts.sqlite* di platform iOS

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil eksplorasi yang telah dilakukan pada aplikasi *WhatsApp* di platform Android dan platform iOS, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Berkas basis data pada aplikasi *WhatsApp* di platform Android tersimpan dalam format terenkripsi. Jika perangkat Android sudah memiliki hak akses *root*, maka basis data yang tidak terenkripsi dapat ditemukan dengan bantuan aplikasi *file manager* khusus semisal *Root Browser* atau yang sejenis, yang terpasang di perangkat Android bersangkutan.
2. Berkas basis data pada aplikasi *WhatsApp* di platform iOS tidak tersimpan dalam format terenkripsi. Namun demikian, karakteristik platform iOS tidak memungkinkan untuk mengakses berkas secara langsung tanpa bantuan aplikasi pihak ketiga, semisal *iExplorer* atau yang sejenis.

Dengan bantuan aplikasi tersebut, berkas basis data dapat ditemukan tanpa mensyaratkan proses *jailbreak* pada perangkat berbasis iOS bersangkutan.

3. Struktur basis data yang dimiliki aplikasi *WhatsApp* pada perangkat berbasis Android berbeda dengan struktur basis data yang dimiliki aplikasi *WhatsApp* pada perangkat iOS. Pada platform Android, struktur basis data yang digunakan cenderung terpusat baik itu untuk arsip percakapan maupun kontak pengguna lain. Sementara itu pada platform iOS, basis data yang digunakan lebih terstruktur dengan rapi dan terdistribusi pada beberapa tabel yang berbeda dengan bantuan *foreign key* untuk menghubungkan tabel - tabel yang memiliki relasi.
4. Perbedaan struktur basis data aplikasi *WhatsApp* pada platform Android dan iOS tidak memiliki pengaruh besar mengingat informasi yang tersimpan tidak jauh berbeda. Konsekuensi logis dari perbedaan ini adalah cara *query* yang berbeda untuk menggali informasi yang sama di kedua platform yang berbeda ini.
5. Informasi utama yang bisa didapatkan dari sistem berkas aplikasi *WhatsApp* di media penyimpanan, baik pada platform Android maupun iOS adalah arsip percakapan disertai informasi lawan bicaranya serta berkas - berkas multimedia (semisal foto dan video) yang dikirimkan pada percakapan.
6. Penelitian ini membuka peluang untuk dilakukannya penelitian - penelitian lanjutan, baik itu terkait aktivitas *WhatsApp forensics* maupun aktivitas - aktivitas lain yang relevan. Salah satu peluang yang dapat dilakukan adalah pengembangan aplikasi khusus untuk melakukan pembacaan berkas basis data *WhatsApp* yang dapat melakukan *automatic query* sesuai dengan hasil temuan pada penelitian ini agar dapat menyajikan arsip percakapan dari berkas basis data yang ditemukan layaknya tampilan pada aplikasi *WhatsApp* aslinya.

Selain itu, penelitian sejenis juga dapat dilakukan pada aplikasi pesan instan lainnya yang juga memiliki popularitas cukup besar agar dapat memberikan wawasan yang lebih luas yang dapat berguna untuk keperluan *mobile forensics* secara umum. Dengan adanya gambaran serupa pada masing-masing aplikasi yang berbeda, penelitian lain juga dapat dilakukan untuk membandingkan perbedaan karakteristik dari masing - masing aplikasi yang ada, baik dari sisi keamanan hingga kemudahan proses forensika yang bisa dilakukan dari masing-masing aplikasi tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Husain, M. I., & Sridhar, R. (2010). *iForensics: Forensic Analysis of Instant Messaging on Smart Phones*. In *Digital Forensics and Cyber Crime* (pp. 9-18). Springer Berlin Heidelberg. DOI: 10.1007/978-3-642-11534-9_2
- Killey, M., Danker, S., & Rogers, M., (2008). *Forensics Analysis of Volatile Instant Messaging*. In *Advances in Digital Forensics IV* (pp. 129-138). Springer US. DOI: 10.1007/978-0-387-84927-0_11
- Levendoski, M., et al. (2011). Yahoo Messenger Forensics for Windows Vista and Windows 7. Purdue University, US. Diakses dari <http://www.cerias.purdue.edu/assets/symposium/2011-posters/7DD-26B.pdf>
- Mahajan, A., Dahiya, M.S., & Shanvi, H.P., (2013). *Forensic Analysis of Instant Messenger Applications on Android Devices*. In *International Journal of Computer Applications*. Volume 68–No.8, April 2013. DOI: 10.5120/11602-6965
- Thakur, Neha S. 2013. *Forensic Analysis of WhatsApp on Android Smartphones*. Thesis. University Of New Orleans, US. Diakses dari <http://scholarworks.uno.edu/td/1706/>
- Van Dongen, W. S. (2007). Forensic Artefacts Left by Windows Live Messenger 8.0. *Digital Investigation*, 4(2), 73-87.