

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 4G (*Fourth Generation*)

Pada bulan Maret 2008, *International Telecommunications Union-Radio* komunikasi sektor (ITU-R) ditentukan satu set persyaratan standar 4G, bernama *International Mobile Telecommunications Lanjutan (IMT-Advanced)* spesifikasi, pengaturan persyaratan kecepatan puncak untuk layanan 4G di 100 *megabit* per detik (Mbit/s) untuk komunikasi mobilitas tinggi (seperti dari kereta dan mobil) dan 1 *gigabit* per detik (Gb/s) untuk komunikasi mobilitas rendah (seperti pejalan kaki dan pengguna stasioner). [4] Sebuah sistem 4G tidak hanya menyediakan layanan suara dan 3G lainnya, tetapi juga menyediakan akses jaringan ultra-broadband untuk perangkat mobile. Aplikasi bervariasi dari IP *telephony*, HD Ponsel televisi, konferensi video untuk layanan *gaming* dan komputasi awan. Satu perangkat awal untuk mengakses jaringan 4G adalah modem nirkabel USB yang kemudian diikuti oleh telepon seluler dengan WiMax dan LTE teknologi.[1].

2.1.1 Teknologi LTE

LTE merupakan jaringan evolusi jangka panjang yang dikeluarkan oleh standar 3GPP. Teknologi LTE menjadi kelanjutan dari teknologi UMTS HSPA+ (3.9G) yang memiliki laju kanal *downlink* maksimum 21 Mbps (menggunakan 64QAM) dan laju kanal *uplink* maksimum 21 Mbps (menggunakan 16 QAM). Besar laju data puncak untuk LTE sendiri pada *downlink* mencapai 100 Mbps dan pada *uplink* 50 Mbps[2]. Kemunculan teknologi LTE ditunjang oleh teknologi-teknologi lain seperti OFDMA, MIMO, dan arsitektur berbasis IP. LTE harus mampu bekerjasama dengan teknologi-teknologi yang telah ada sebelumnya (*Convergence Network*) baik dari 3GPP maupun non 3GPP. Karena itu arsitektur jaringan 4G didesain dengan mengadopsi dari jaringan sebelumnya dan lebih sederhana dibandingkan dengan arsitektur 3G[3].

Pada sisi *air interface* Long Term Evolution (LTE) menggunakan teknologi OFDMA pada sisi *downlink* dan menggunakan SC-FDMA pada sisi *uplink*. Dan pada sisi antenna Long Term Evolution (LTE) mendukung penggunaan *multiple-antenna* (MIMO). *Bandwidth* operasi pada Long Term Evolution (LTE) fleksibel yaitu up to 20 MHz, dan maksimal bekerja pada kisaran *bandwidth* 10 - 20 MHz. Dengan *bandwidth* yang fleksibel, sehingga diharapkan dapat menempati slot kanal kosong pada alokasi frekuensi teknologi lain. Berikut adalah spesifikasi dari LTE[4] :

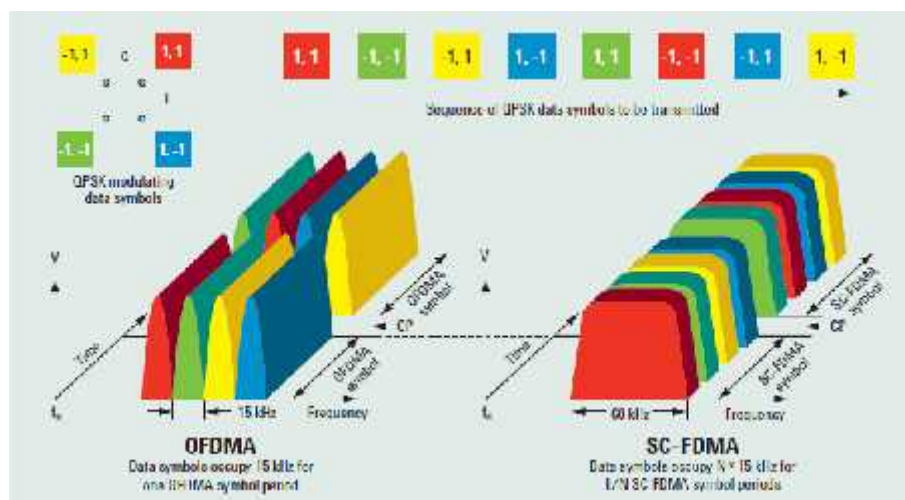
Tabel 2.1 Spesifikasi LTE[4].

PARAMETER	DETAILS
Peak downlink speed 64 QAM (Mbps)	100 (SISO), 172 (2x2 MIMO), 326 (4x4 MIMO)
Peak uplink speed (Mbps)	50 (QPSK), 57 (16QAM), 86 (64QAM)
Data Type	All packet switched data (voice and data). No circuit switched.
Channel Bandwidths (MHz)	1.4, 3, 5, 10, 15, 20
Duplex schemes	FDD and TDD
Mobility	0 – 15 km/h (optimized), 15 – 120 km/h (high performance)
Latency	Idle to active less than 100ms Small packets ~10ms
Spectral efficiency	Downlink: 3 – 4 times Rel 6 HSDPA Uplink: 2 – 3 x Rel 6 HSUPA
Access schemes	OFDMA (Downlink) SC-FDMA (Uplink)
Modulation types Supported	QPSK, 16QAM, 64QAM (Uplink and downlink)
Coverage	5 – 30 km cells

PARAMETER	DETAILS
RSSI	Coverage by C/(I+N) Level (DL), “RSSI level (DL) (dBm)”
RSRP	Effective signal Analysis (DL), “RSRP level (DL)(dBm)”.
Latency	Delay by C/(I+N) Level (DL).
CINR	Coverage by C/(I+N) Level (DL), “RS C/(I+N) Level (DL)
Overlap	Overlapping Zones (DL). Number of servers”
RSRQ	Coverage by C/(I+N) Level (DL), “RSRQ Level (DL) (dBm)”
Access schemes	OFDMA (Downlink) SC-FDMA (Uplink)

1. Orthogonal Frequency Division Multiple Access

OFDMA adalah teknik modulasi dengan membagi user dengan penjadwalan dalam domain waktu dan frekuensi secara bersamaan sehingga pada OFDMA dimungkinkan adanya penggunaan bandwidth secara bersamaan. Salah satu keunggulan OFDMA adalah tahan terhadap ISI dan ICI akibat *multipath delay spread* untuk meningkatkan level QoS. Cara yang digunakan pada OFDMA selain mengirim data secara parallel ialah dengan menyisipkan suatu data khusus yang digunakan seperti *Guard Period (GP)*, teknik ini disebut *Cyclic Prefix*[5].



Gambar 2.1 Perbandingan Modulasi OFDMA dan SC-FDMA[6]

2. Single-Carrier Orthogonal Frequency Division Multiple Access (SC-OFDMA)

Pemilihan OFDMA pada LTE dirasa mampu mengakomodir kebutuhan layanan. Namun penggunaan OFDMA pada sisi uplink belum optimal, salah satu faktornya adalah tingginya nilai PAPR (*Peak Average Power Ratio*). PAPR adalah tingkat perbandingan daya rata-rata dengan daya puncak (Gambar 2.).



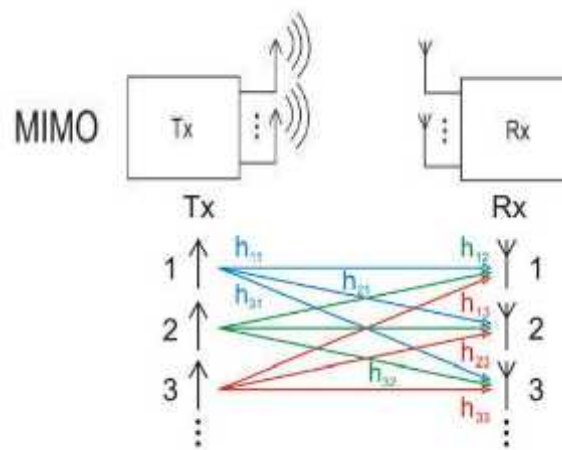
Gambar 2.2 Peak Average Power Ratio[5]

Untuk mengatasi PAPR pada OFDMA dapat diatasi dengan diberlakukannya pengaturan titik kompresi tinggi pada power amplifiernya. Cara tersebut mengatur sedemikian rupa power yang dipancarkan pada beberapa titik yang menjadi nilai power tertinggi. Hal ini tidak begitu bermasalah untuk komunikasi downlink sebab alokasi daya yang digunakan bias takterbatas karenadisupply oleh jaringan listrik. Berbeda pada komunikasi *uplink* yang dayanya disupply hanya melalui baterai. Untuk mengatasi komunikasi uplink tersebut, LTE menggunakan SC-FDMA.

Pada prinsipnya SC-FDMA merupakan kebalikan dari modulasi OFDMA. Pada SC-FDMA symbol ditransmisikan pada durasi cepat (bit rate tinggi) namun dengan pita yang lebar.[5]

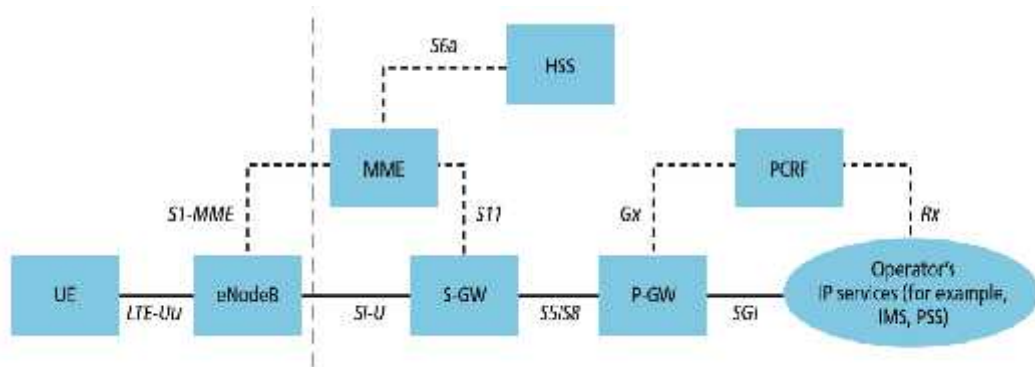
2.1.2 MIMO (*Multiple Input Multiple Output*)

Multiple-input dan multiple-output yang (MIMO) menggunakan beberapa antenna pemancar dan penerima untuk secara substansial meningkatkan *air interface*. Menggunakan ruang-waktu coding dari aliran data yang sama dipetakan ke beberapa antenna pemancar. pengolahan MIMO juga menggunakan multiplexing spasial, pengolahan MIMO juga menggunakan *multiplexing* spasial, yang memungkinkan data yang berbeda stream yang akan dikirimkan secara bersamaan dari pemancar antenna yang berbeda. spasial *multiplexing* meningkatkan data rate pengguna akhir dan kapasitas sel. Selain itu, ketika pengetahuan tentang saluran radio tersedia di pemancar, seperti melalui informasi umpan balik dari penerima, MIMO dapat menerapkan balok pembentuk untuk lebih meningkatkan kecepatan data yang tersedia dan efisiensi spektrum. antenna beberapa juga digunakan untuk mengirimkan aliran data yang sama, sehingga memberikan redundansi dan ditingkatkan cakupan, terutama dekat dengan tepi sel[7].



Gambar 2.3 MIMO pada LTE [8]

2.1.3 Arsitektur Jaringan LTE



Gambar 2.4 Arsitektur jaringan LTE[9].

Arsitektur LTE terdiri atas dua bagian utama, yaitu LTE sendiri yang dikenal sebagai E-UTRAN (*Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network*) dengan nama EPC (*Evolved Packet Core*) dan SAE (*System Architecture Evolution*). Komponen jaringan yang berpengaruh dalam perencanaan jaringan adalah bagian akses (E-UTRAN) yang terdiri atas UE dan eNodeB. Berikut penjelasan dua bagian tersebut:

1. *User Equipment (UE)*

User Equipment (UE) merupakan perangkat handset yang dimiliki oleh *end-user*. UE terdiri dari *Universal Subscriber Identity Modul (USIM)* dan *Terminal equipment (TE)*, dengan memiliki kemampuan untuk berkomunikasi berbasis *Circuit Switch* maupun *Packet Switch*). UELTE sudah mendukung penggunaan MIMO *downlink* yang jumlahnya tergantung dari masing-masing kategori atau klasifikasinya. Fungsi dari UELTE hampir sama dengan UEUMTS, namun UELTE dapat mendukung penggunaan modulasi QPSK, 16QAM, dan 64QAM. Kategori UE memiliki peranan penting agar user dapat mencapai *peakrate* yang dijanjikan oleh 3GPP baik pada *downlink* maupun *uplink*[4].

2. E-UTRAN

Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network merupakan sistem arsitektur LTE yang memiliki fungsi menangani sisi radio akses dari UE ke jaringan *core*. Berbasis seperti teknologi sebelumnya yang memisahkan NodeB dan RNC menjadi elemen tersendiri, pada sistem LTE E-UTRAN hanya terdapat satu komponen yakni *Evolved Node B* (eNodeB) yang telah menggabungkan fungsi keduanya. eNodeB secara fisik adalah suatu *base station* yang terletak di permukaan bumi (*BTS Greenfield*) atau ditempatkan di atas gedung – gedung (*BTS rooftop*).

Pada eNodeB LTE memungkinkan dilakukan *protocol control plane* dan *air interface user plane* secara bersamaan dalam satu unit tersebut. Sehingga perbedaan tersebut mengilangkan sisi hirarki pada sisi *Radio Network*. Bila pada arsitektur UTRAN NodeB hanya memiliki konektivitas dengan RNC sehingga apabila NodeB ingin berkomunikasi dengan RNC sehingga apabila NodeB ingin berkomunikasi dengan NodeB lainnya harus melewati RNC. Hal tersebut menimbulkan ketidak efisienan karena menimbulkan *delay time*. Namun pada LTE hal tersebut dapat diminimalisirkan karena eNodeB langsung dapat berhubungan dengan eNodeB lainnya. ENodeB memiliki 2 *interface* sekaligus yakni *interface S1* untuk hubungan dengan EPC, dan *interface X2* untuk hubungan langsung antar eNodeB. Fungsi dari X2 sendiri adalah untuk mendukung akses komunikasi dan penerusan paket trafik pada saat UE melakukan *handover*. Perlu diingat bahwasanya *interface X2* merupakan suatu *logical interface* dan bukan berupa *physical interface*[5].

3. eNB (eNodeB)

Evolved NodeB merupakan penghubung antara jaringan LTE dan UE. Perangkat eNodeB mempunyai dua fungsi utama: mengirim sinyal transmisi radio ke semua UE (*downlink*) dan menerima transmisi dari UE yang masuk dalam *coverage* miliknya (*uplink*) dengan melakukan fungsi pemrosesan sinyal analog dan digital dari LTE *air interface*, mengontrol

operasi level rendah dari semua UE yang dilayaninya dengan mengirimkan pesan seperti perintah *handover* jika daya yang diterima dibawah batas minimal. Untuk menjalankan fungsi kedua, eNodeB menggabungkan fungsi Node B dan RNC (*radio network controller*). Dengan arsitektur jaringan yang lebih sederhana dari sebelumnya, *latency* yang tinggi ketika pertukaran informasi antara mobile dengan jaringan kini dapat dikurangi[3].

4. ***Mobility Management Entity(MME)***

MME mengontrol satu tingkat mobilitas diatas E-UTRAN. Dengan cara mengirim pesan sinyaling, contohnya seperti keamanan dan manajemen data yang tidak berhubungan. Setiap UE terhubung oleh satu MME, yang biasa disebut *serving MME*, tetapi dapat berubah jika pergerakan user sudah terlalu jauh. MME juga mengatur beberapa elemen dalam jaringan, artinya memberi sinyaling ke semua yang berada dalam EPC. Selain itu, MME bertanggung jawab dalam melakukan prosedur *tracking* dan *paging*. MME juga bertugas memilih SGW yang akan digunakan UE pada saat *initial attach*. Serta memilih SGSN tujuan untuk *handover* dengan akses teknologi 2G atau 3G[4].

5. ***Serving Gateway (SGW)***

Serving Gateway berperan sebagai packet router dengan menentukan jalur dan meneruskan data Antara base station dengan PDN *gateway*, sebagai penghubung Antara UE dengan eNB pada waktu terjadi *inter-handover*, dan sebagai link penghubung Antara teknologi LTE dengan teknologi 3GPP (dalam hal ini 2G dan 3G).

6. ***Packet Data Network Gateway (PGW)***

Gateway ini terhubung dengan jaringan luar (internet) atau hubungan teknologi LTE dengan teknologi non 3GPP (WiMAX) dan 3GPP2 (CDMA20001X dan EVDO) melalui SGi *interface*. Bertanggung jawab untuk pengalokasian alamat IP, per-user *packet filtering*, dan tingkat layanan *charging* berdasarkan aturan PCRF.

7. *Policy Control and Charging Rules Function (PCRF)*

PCRF bertanggung jawab untuk memutuskan kebijakan kontrol, misalnya otorisasi dan autentikasi. PCRF menyediakan *otorisasi* QOS (identifikasi kelas QOS) yang menentukan bagaimana transfer data akan dilakukan[4].

2.2 *Major Quality of Services (QOS) KPI pada LTE*

Menurut [12] parameter Quality of Services KPI yang ada pada teknologi LTE terdiri atas 4 macam, yaitu sebagai berikut:

1. *Accessibility*

Kemampuan user mengakses jaringan untuk menginisiasi komunikasi. Contoh pada jaringan 4G LTE yang termasuk dalam kategori *Accessibility* adalah ERAB Success Rate(%), LTE RRC Setup Success(%), Call Setup Success Rate(%), LTE Attach Success Rate(%), Services Request (EPS) Success Rate(%).

2. *Retainability*

Bagaimana menjaga jaringan pada performansi bagus. Contoh pada jaringan LTE yang termasuk dalam kategori *retainability* adalah: Services Drop Rate(%).

3. *Mobility*

Bagaimana pengguna dapat bergerak dengan mudah dari suatu tempat ke tempat lain tanpa terjadi pemutusan hubungan. Contoh pada jaringan LTE yang termasuk dalam kategori *Mobility* adalah *Intra Freq HO Attemp Success Rate(%)*, *Intra Freq HO Success Rate(%)*, dll

4. *Integrity*

Bagaimana trafik besar di dalam jaringan, Contoh pada jaringan LTE yang termasuk dalam kategori *integrity* adalah sebagai berikut, MAC *Troughput* UL dan DL Avg (Kbit/s) dll.

2.3 KPI Parameter

1. RSRP (*Reference Signal Received Power*)

RSRP merupakan kekuatan sinyal tertentu sel yang digunakan sebagai masukan untuk reseksi sel dan serah terima keputusan.

pengukuran RSRP, biasanya dinyatakan dalam dBm, digunakan terutama untuk membuat peringkat di antara sel-sel calon yang berbeda sesuai dengan kekuatan sinyal mereka. Umumnya, sinyal referensi pada *port* antena pertama digunakan untuk menentukan RSRP, bagaimanapun, sinyal referensi dikirim pada kedua *port* juga dapat digunakan selain RSs (*Reference Signals*) pada *port* pertama jika UE dapat mendeteksi bahwa mereka sedang ditransmisikan[11] .

Tabel 2.2 RSRP dan Nilainya Parameter Analisis *Drive Test*

RSRP (dBm) Range	Kategori RSRP
>= -90 dan < 0	Good
< -90 dan > -110	Fair
<= -110 dan >= -150	Poor

2. SINR

Untuk mendapatkan kualitas sinyal pada penerima maka digunakan perhitungan SINR. Pada penelitian ini kualitas sinyal diukur pada sisi HeNB dan eNB dengan persamaan

$$SINR = \frac{S}{I+N} \dots \dots \dots (1)$$

S = Mengindikasikan daya sinyal diinginkan untuk diterima pada UE

I = daya sinyal yang di ukur atas sinyal interferensi dari *cell – cell* yang lain.

N = Mengindikasikan *noise background*, yang

berkaitan dengan perhitungan *bandwidth* dan koefisien *noise* yang diterima.

Dimana SINR adalah rasio perbandingan daya sinyal dan daya interferensi ditambah *noise*. S merupakan daya sinyal, I adalah daya interferensi, dan N adalah daya *noise*[10].

Tabel 2.3 SINR dan Nilainya Parameter Analisis *Drive Test*

SINR (dBm) Range	Kategori SINR
≥ 10	Good
< 10 dan ≥ 0	Fair
< 0	Poor

3. RSRQ (*Reference Signal Received Quality*)

RSRQ adalah rasio antara RSRP dan *Received Signal Strength Indicator* (RSSI) [12]. Seperti pada persamaan berikut :

$$RSRQ = 10 \cdot \log_{10}(RB) + (RSRP)_{dB} - RSSI_{dB}$$

RB adalah *resource Block* dari bandwidth yang diukur. RSRQ dapat dibandingkan dengan E_c/N_0 yaitu kualitas sinyal pada UMTS. Dalam praktiknya RSRQ merupakan hasil pengukuran RSRP dalam keadaan *idle mode*.

Tabel 2.4 RSRQ dan Nilainya Parameter Analisis *Drive Test*

RSRQ (dBm) Range	Kategori RSRQ
≥ -12	Good
< -12 dan > -18	Fair
< -18	Poor

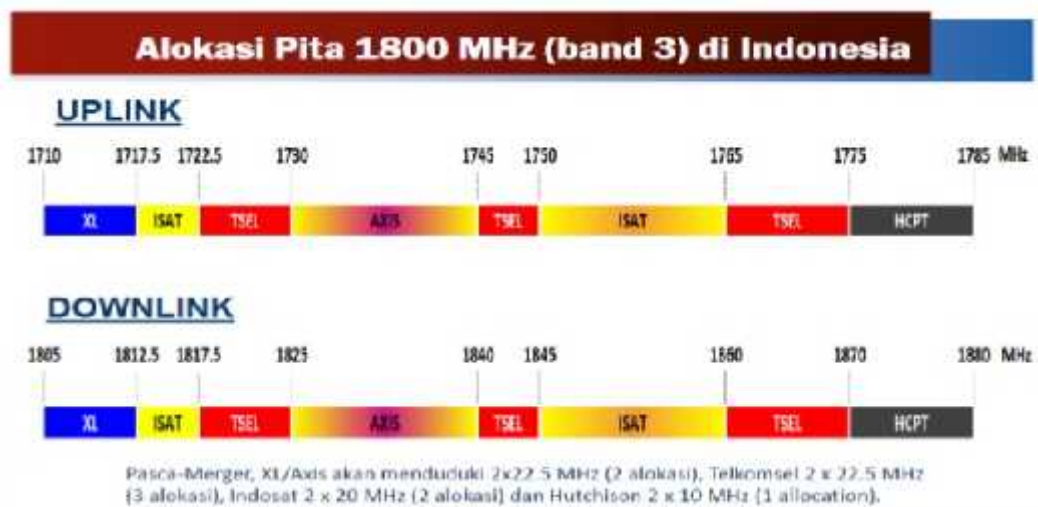
4. Throughput

Menurut [12] Throughput pada *drivetest* LTE adalah nilai Kecepatan data (Kbit/s) dari UE ke ENodeB, Kita dapat menghitung 2 tipe Throughput yaitu Download dan Upload.

Akan tetapi, Untuk menyesuaikan dengan kebutuhan masyarakat biasanya kegiatan *drive test* dilakukan dengan menggunakan metode download.

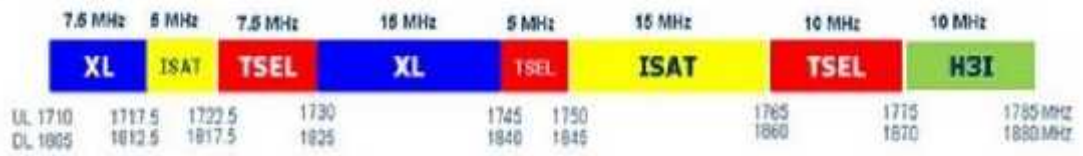
2.4 GFR (*Global Frequency Retuning*)

GFR Secara umum merupakan susunan frekuensi yang sudah ada sebelumnya. maka untuk implementasi teknologi LTE pemerintah memberikan interupsi agar frekuensi di tata ulang yang dimana kondisi sebelumnya total frekuensi sebuah operator itu tidak dalam deret atau satu blok. Fungsi GFR itu untuk merapikan frekuensi, intinya pada sebuah operator untuk merapikan suatu deret, di setiap *provider* pasti melakukan GFR.



Gambar 2.5 Alokasi pita *bandwith* 1800MHz lama [14]

Eksisting:



Hasil penataan :



Gambar 2.6 Hasil Penataan GFR pada setiap operator [14]