

## Small Cells sebagai Kunci Penentu Teknologi 5G

*Uke Kurniawan Usman*  
Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom  
*ukeusman@telkomuniversity.ac.id*

**Abstrak.** *Generasi kelima (5G) merupakan salah satu sistem komunikasi nirkabel yang sedang dikembangkan untuk membahas permasalahan untuk peningkatan kapasitas dan data, tetapi jaringan ini masih dalam tahap penelitian dan pengembangan. Pada jaringan 5G, jumlah trafik data meningkat secara eksponensial, dan untuk manajemen trafik data menjadi lebih sulit. Salah satu solusi untuk masalah ini adalah menempatkan small cell dalam jaringan macro cell.*

**Kata kunci:** *5G, Small-cell, Macro-cell*

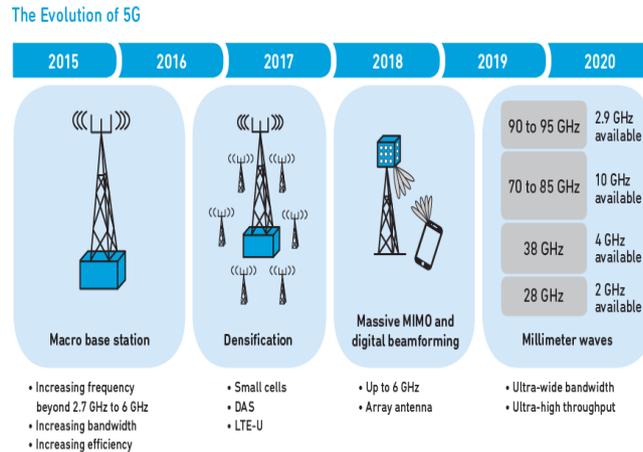
### 1. Pendahuluan

Dalam beberapa tahun terakhir, karena kejenuhan pasar yang disebabkan oleh penyediaan hanya layanan suara saja, operator seluler komunikasi telah mengarahkan perhatian mereka terhadap layanan data berbasis IP. Karena ini, seperti yang dijelaskan di atas, hasil pendapatan rata-rata per pengguna meningkat untuk operator yang menawarkan kecepatan layanan data. Meskipun demikian, satu hambatan penting untuk ke depannya adalah fakta bahwa cakupan menggunakan jaringan tradisional *macrocellular* bisa sangat mahal, terutama di daerah dengan kepadatan penduduk yang tinggi, yang memiliki tuntutan sejalan lebih tinggi dalam hal tingkat layanan. Diperkirakan bahwa sekitar 66% dari semua panggilan suara dan 90% dari semua data transfer yang terjadi di dalam ruangan, itulah sebabnya mengapa sangat penting untuk memastikan cakupan indoor yang baik di daerah ini, tidak hanya untuk layanan suara, tetapi juga untuk layanan data yang menjadi lebih dan lebih penting lagi. Survei baru-baru telah menunjukkan bahwa sekitar 45% dari lingkungan rumah dan 30% dari lingkungan bisnis menderita karena lemahnya cakupan di dalam ruangan. Itu sebabnya diharapkan bahwa cakupan di dalam ruangan yang baik dan kualitas tinggi dari layanan akan mengakibatkan peningkatan pendapatan untuk operator dan akan meningkatkan loyalitas pelanggan. Pendekatan tradisional terhadap masalah jaminan cakupan dalam ruangan diwakili oleh penggunaan *macrocellular* stasiun base (MBSs). Teknik ini menyediakan serangkaian kelemahan yang mengungkapkan kebutuhan untuk alternative solusi:

- Sangat tidak efisien untuk memastikan cakupan indoor yang baik menggunakan pendekatan tradisional. Untuk contoh, dalam jaringan UMTS indoor pengguna harus menggunakan lebih banyak daya untuk mengganti kerugian yang ditimbulkan akibat penetrasi dinding. Hal ini akan mengakibatkan meningkatkan keseluruhan kebisingan sel yang dapat membatasi kapasitas jaringan dan/atau kualitas layanan yang diberikan
- Kapasitas jaringan akan membutuhkan sejumlah besar stasiun base, yang akan mengakibatkan peningkatan penggunaan biaya untuk operator. Selain itu, dengan peningkatan jumlah *base station*, perencanaan dan optimalisasi jaringan akan lebih sulit untuk menyadari. Kepadatan tinggi di pangkalan pemancar akan menyebabkan masalah interferensi pada *downlink*, karena melapiskan daerah cakupan.
- Di 3G dan di luar jaringan komunikasi nirkabel, frekuensi pembawa yang digunakan akan 2 GHz atau lebih tinggi, sehingga penetrasi bangunan akan menjadi masalah penting. Lebih dari itu, performansi dari jaringan akan mengalami *downfalls*, karena kecepatan data tidak dapat dijamin untuk pengguna *indoor* karena kondisi saluran komunikasi. Oleh karena itu, perlu memiliki modulasi yang unggul dan pengkodean skema mutlak diperlukan dalam penyebaran HSDPA, WiMAX atau LTE.

## 2. Small Cell

Small cell adalah sebuah stasiun basis miniatur yang memecah *cell site* menjadi jauh lebih kecil, dan ada istilah yang meliputi *pico cell*, *micro cell*, *femto cell* dan dapat terdiri berdasarkan ukuran. Dengan *base station macro*, ada satu pipa yang akan masuk ke jaringan; dengan *small cell*, bisa memecah satu pipa tersebut menjadi banyak pipa. Tujuan utama dari *small cell* adalah untuk meningkatkan kapasitas data di daerah tepi *macro cell*, kecepatan dan efisiensi keseluruhan jaringan.

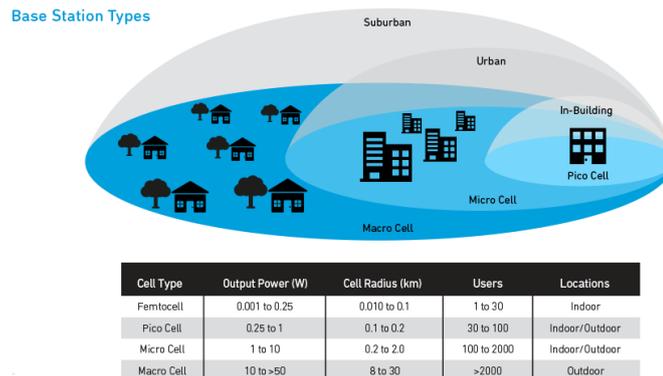


Gambar 1. Evolusi dari 5G

*Small cell* sudah dirilis pada 9 dari 3GPP LTE spesifikasi pada tahun 2008, dan merupakan salah satu elemen dari kepadatan jaringan, atau menambahkan lebih dari satu *Base Station* yang telah ada.

*Small cell* biasanya digunakan di daerah perkotaan yang sangat padat, seperti pusat perbelanjaan, tempat-tempat olahraga, bandara dan stasiun kereta api atau di mana pun yang memiliki banyak orang yang menggunakan data pada titik tertentu dalam waktu tertentu. Kebanyakan penyebaran *small cell* saat ini ditargetkan untuk penggunaan outdoor. Sebaliknya, *small cell* mungkin termasuk di dalam WIFI, *unlicensed band LTE (LTE-U)/licensed assisted access (LAA)* atau tidak, tergantung pada kemampuan yang penyedia layanan.

Gambar 2 di bawah ini adalah foto dari daya output, ukuran radius sel dan fitur lainnya dari *base station* yang berbeda jenis, dari *small cell* untuk *macro cell*.



Gambar 2. Type dari Base Station

Dalam istilah awam, 5G akan menyediakan peningkatan kapasitas data, latensi lebih rendah dan baterai lebih tahan lama.

- 5G tidak akan menggantikan 4G; ini hanya memungkinkan keragaman yang lebih banyak aplikasi yang tidak dapat dilakukan 4G. Jaringan 4G seperti *small cell* akan terus maju secara paralel dengan 5G.
- NR (baru radio) 5G jaringan tidak diharapkan akan beroperasi sampai setidaknya tahun 2020, yang berarti ponsel 5G tidak akan muncul sampai jaringan 5G diimplementasikan.

*Small cell* membantu dalam transisi pra-5G/Pro LTE-Advanced (LTE-A Pro) karena:

- Menyediakan peningkatan kapasitas data

- Membantu penyedia layanan menghilangkan sistem perawatan dan instalasi atau biaya sewa, yang mengurangi biaya keseluruhan.
- Membantu meningkatkan kinerja ponsel. Jika ponsel Anda dekat dengan titik *small cell*, dapat mentransmisikan dengan tingkat daya yang lebih rendah, yang secara efektif menurunkan kekuatan dari ponsel dan secara substansial meningkatkan masa pakai baterai.

Saat ini ada banyak diskusi tentang 5G akan beroperasi pada frekuensi bandwidth yang lebih tinggi, seperti *small cell* 28 GHz atau 39 GHz. *Small cell* juga akan sangat penting pada frekuensi gelombang (mmWave) milimeter ini karena sinyal tidak dapat menembus dinding atau bangunan dan ukuran sel akan memiliki cakupan radius kurang dari 500 meter. Beberapa tahun ke depan, mungkin ada lapisan untuk jaringan 5G tersebut, maka sistem yang akan digunakan salah satunya adalah *small cell* ini.

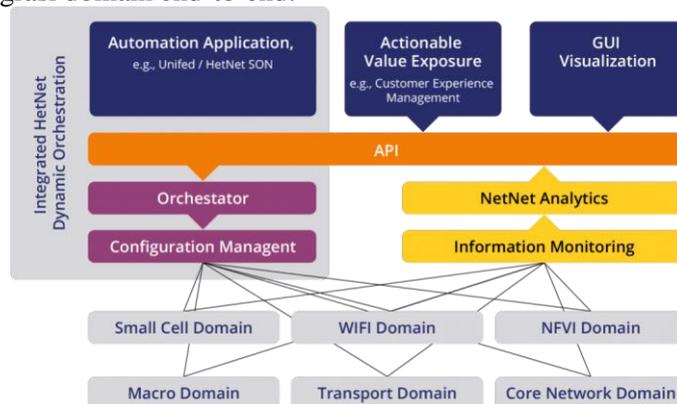
**2.1. Hubungan *Small cell* dengan *HetNets***

Sekarang ini jaringan komunikasi *mobile* modern terdiri dari kombinasi dari berbagai jenis sel dan teknologi akses yang berbeda.



Gambar 3. Jaringan *HetNets*

Jaringan berkembang heterogen RAN atau *HetNets*- yang dapat mencakup aset konvensional makro, RAN transportasi, sel-sel kecil dan Wi-Fi. Penting bahwa seperti *HetNets* mempunyai domain terintegrasi yang berbeda. Inilah sebabnya mengapa SCF menempatkan *HetNet* densification di jantung pekerjaannya, termasuk menentukan target arsitektur untuk mendukung otomatisasi dari *HetNet*, termasuk integrasi domain end-to-end.

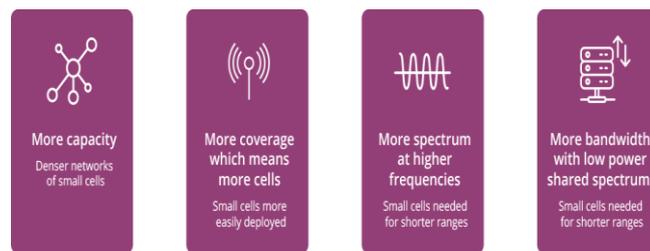


Gambar 4. Hubungan *Small cell* dengan *HetNets*

**2.2. Hubungan *Small cell* dengan 5G**

*Small cell* akan menjadi komponen penting dari jaringan 5G, karena *small cell* meningkatkan kapasitas jaringan, kepadatan, dan cakupan, terutama di dalam ruangan.

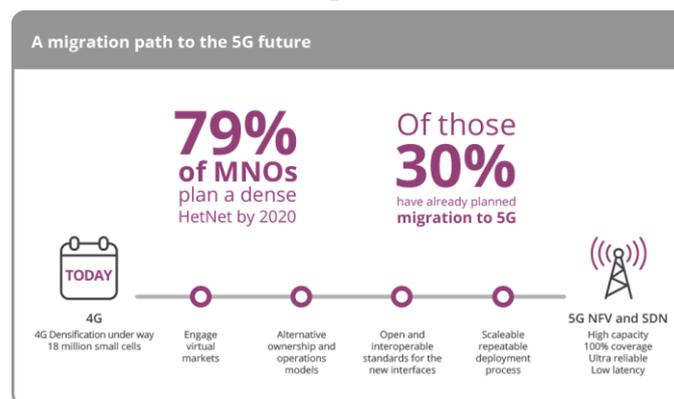
Dari tahap awal 5G berencana untuk evolusi secara detail untuk persyaratan 5G, sudah jelas bahwa *small cell* merupakan komponen kunci untuk membuat jalan ke 5G secara praktis dan menguntungkan. Hal ini karena permintaan :



Gambar 5. Hubungan *Small cell* dengan 5G

Alasan penggunaan *small cell* layak untuk menjadi salah satu kunci skenario era 5G:

- Spektrum 6GHz, dimana propagasi batas ukuran sel
- Radio yang menggunakan spektrum bersama dan lisensi-dikecualikan, yang umumnya menggunakan daya yang rendah
- Permintaan kepadatan lalu lintas seperti di kota, stadion, hubungan transportasi dll
- Scalable, rendah-biaya penyebaran menggunakan tenaga kerja berketrampilan rendah, pihak ketiga, atau pengguna akhir
- Perusahaan kecil/medium yang membutuhkan cakupan di dalam ruangan
- Ekstensi cakupan untuk skenario penggunaan pedesaan, terpencil, bergerak, dan sementara dengan kendala-kendala ukuran, berat, atau kekuatan peralatan.



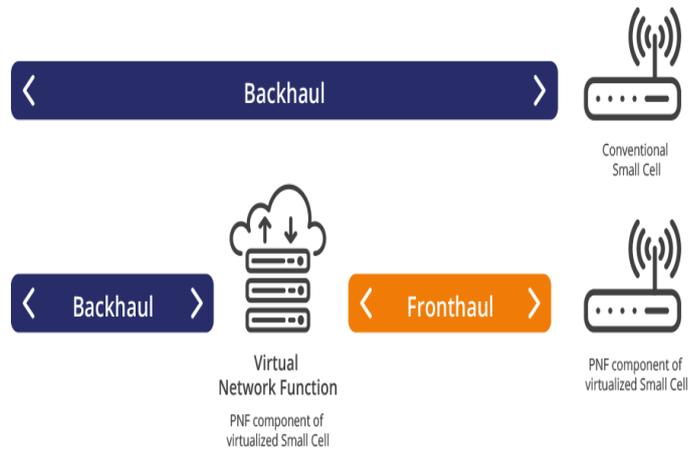
Gambar 6. Migrasi ke 5G

### 3. Virtual Small Cell

#### 3.1. Definisi

Virtualisasi fungsi jaringan adalah transisi industri-berdedikasi 'kotak' menggunakan perangkat keras yang lebih dahulu telah digantikan dengan perangkat lunak yang dapat dijalankan pada platform komputasi standar. Virtualisasi membawa manfaat penting untuk *mobile operator*, termasuk skalabilitas, ketangkasan, pengurangan biaya dan kemampuan untuk membuat irisan di jaringan mereka.

Menerapkan virtualisasi RAN, pertama membutuhkan *base station* untuk 'secara fungsional dibagi' menjadi fungsi fisik dan virtual network (dengan antarmuka 'jarak x' di antara)



Gambar 7. Virtual Small Cell

Untuk menghindari fragmentasi di sekitar meningkatkan adopsi *small cell* virtualisasi BTS, SCF mengembangkan antarmuka terbuka yang disebut nFAPI untuk mendukung ekosistem yang kuat dengan *interchangeability* dari bagian, meletakkan dasar untuk multi vendor dan multi operator divirtualisasi pada penyebaran *small cell*. Menghasilkan 'jaringan FAPI' atau antarmuka nFAPI mendukung MAC PHY fungsional perpecahan dan memungkinkan virtualisasi ke lapisan yang lebih tinggi *base station* dan terdistribusi.

**3.2. Persamaan Matematis**

Jaringan selular konvensional yang terdiri dari *macro cell* BSs di mana UE didistribusikan sebagai proses *Poisson* poin homogen dengan densitas  $\lambda$ . Juga diasumsikan bahwa ketika  $\lambda$  melampaui ambang, *macro cell* secara virtual dibagi menjadi sel-sel kecil di mana serangkaian UEs yang dipilih secara acak bertindak sebagai *small cell* BSs untuk UEs lain dari jaringan. Kemudian, semua UE dalam wilayah cakupan dari BS sel kecil terhubung dengan mereka melalui teknik komunikasi jarak dekat dan sisa UE yang terisolasi terhubung langsung ke *macro cell* BSs. Selain itu, BS sel kecil akan langsung berkomunikasi dengan *macro cell* BSs menggunakan tautan trunk. Dalam hal ini, setiap sel kecil BS mengumpulkan semua lalu lintas data dari UE yang melayani di uplink dan mendistribusikan data yang diterima di antara

UEs yang sama dalam downlink.

Independen dari UEs lainnya, pergi ke mode BS sel kecil dengan probabilitas  $\alpha$ . Oleh karena itu, menggunakan teorema pewarnaan, BS sel kecil dan UE yang melayani dalam mode pengguna merupakan dua proses *Poisson* point independen dengan kepadatan

$$\lambda_b = \alpha\lambda \tag{1a}$$

dan,

$$\lambda_u = (1 - \alpha)\lambda \tag{1b}$$

Perhatikan bahwa  $\alpha$  dapat diuraikan menjadi dua faktor sebagai  $\alpha = \alpha_c \alpha_r$  dimana  $\alpha_c$  adalah probabilitas bahwa serangkaian batasan kualifikasi, misalnya, daya baterai yang tersedia atau keadaan saluran yang baik ke *macro cell* BS, dipenuhi dan  $\alpha_r$  adalah probabilitas faktor pengacakan yang mengendalikan jumlah dari BS sel kecil.

Saluran antara sel kecil BS dan UE terhubung untuk BS ini dimodelkan dengan kerugian path skala besar ditambah kecil

$$P_r = P_0 \left(\frac{R_0}{R}\right)^\beta \Omega \tag{2}$$

dimana  $P_r$ ,  $P_0$ ,  $R_0$ ,  $\beta$ , dan  $\Omega$  adalah kekuatan yang diterima di jarak  $R$ , kekuatan referensi, jarak referensi, eksponen path loss, dan gain kekuatan unit-memudar, masing-masing. Dalam hal ini, jika  $P_{th}$  adalah kekuatan minimum yang diterima diperlukan untuk komunikasi yang andal dan  $R_m$  adalah maksimal jangkauan komunikasi, kami punya

$$E\{R_m^{-2}\} = R_0^{-2} \left(\frac{P_0}{P_{th}}\right)^{\frac{2}{\beta}} E\{\Omega^{\frac{2}{\beta}}\} \tag{3}$$

di mana  $E\{\cdot\}$  menunjukkan operator harapan. Dalam hal ini, itu luas rata-rata wilayah cakupan untuk sel kecil BS adalah diberikan oleh

$$\bar{A} = \pi E\{R_m^2\} \quad (4)$$

Perlu dicatat bahwa daerah rata-rata ini tidak bergantung pada apakah rentang komunikasi (yaitu,  $R_m$ ) untuk dua arah berbeda bersifat independen atau tidak. Sebagai contoh lingkungan yang memudar, dengan asumsi model Nakagami- $m$  fading menggunakan, kami mendapatkan

$$\bar{A} = \pi R_0^2 \left(\frac{P_0}{P_{th}}\right)^{\frac{2}{\beta}} \frac{\Gamma(m + \frac{2}{\beta})}{\Gamma(m)m^{\frac{2}{\beta}}} \quad (5)$$

di mana  $\Gamma(\cdot)$  adalah fungsi gamma. Liputannya area  $A^-$  in (5) adalah fungsi monotonik yang meningkat dari  $m$ .

Oleh karena itu, ketika  $m$  menjadi lebih besar, yang berarti memudar menjadi kurang parah, area cakupan meningkat.

Bidang Poisson dari BS sel kecil di mana masing-masing BS terkait dengan wilayah cakupan acak independen dengan luas rata-rata  $A^-$  dapat dianggap sebagai proses cakupan.

Dalam hal ini, gunakan, UE dalam mode pengguna bisa dihubungkan ke setidaknya satu sel kecil BS dengan probabilitasnya

$$\begin{aligned} P_{con}(\alpha) &= 1 - e^{-\lambda b A^-} \\ &= 1 - \exp(-\alpha \lambda \pi E\{R^2 m\}) \end{aligned} \quad (6)$$

mendefinisikan,

$$\bar{n} = \lambda \pi E\{R^2 m\} \quad (7)$$

sebagai jumlah rata-rata pengguna yang terhubung ke sel kecil BS, kita punya

$$P_{con}(\alpha) = 1 - e^{-\alpha \bar{n}} \quad (8)$$

Mode UE dan konektivitasnya ke sel kecil BS adalah dua peristiwa independen. Oleh karena itu, kepadatan pengguna yang terhubung melalui BS sel kecil, yaitu, pengguna dengan konektivitas ke setidaknya satu sel kecil BS, diberikan oleh

$$\begin{aligned} \Delta c(\alpha) &= (1 - \alpha) \lambda P_{con}(\alpha) \\ &= (1 - \alpha) \lambda (1 - e^{-\alpha \bar{n}}) \end{aligned} \quad (9)$$

Perhatikan bahwa untuk  $\alpha = 0$  dan  $\alpha = 1$  dalam (9), kita punya

$$\begin{aligned} \Delta c(0) &= 0 \\ \Delta c(1) &= 0 \end{aligned} \quad (10)$$

## 4. Kesimpulan Dan Tantangan

### 4.1. Kesimpulan

Setelah dilakukan analisa trend perkembangan, maka dapat dibuat kesimpulan sebagai berikut :

- LTE untuk penggunaan dalam pita yang tidak berlisensi: Juga dikenal sebagai LTE-U dan Akses Bantuan Berlisensi (LAA), spektrum tanpa lisensi mulai diterapkan di stasiun pangkalan sel kecil. Akses band tanpa izin ini melapisi LTE melalui pita Wi-Fi dan menyediakan operator dengan jalur pipa lain di mana mereka dapat mengontrol dan menjamin kualitas layanan (QoS).
- Peningkatan jumlah band per sistem: Beberapa tahun yang lalu, banyak stasiun BTS kecil hanya untuk band tunggal. Banyak yang sekarang dual band, dan bergerak maju dalam satu atau dua tahun ke depan, pelanggan mengembangkan dan menerapkan sistem triple-band. Ini akan meningkatkan persyaratan tingkat sistem untuk solusi sel kecil, baik dalam hal jumlah komponen yang dibutuhkan dan kompleksitas desain sistem secara keseluruhan.
- Pelanggan merancang dengan sistem yang lebih efisien: Sistem yang ditargetkan untuk pengiriman akhir tahun ini menerapkan linearisasi, yang membutuhkan penguat daya yang jauh lebih efisien daripada sekarang. Saat ini, sistem dirancang di mana penguat daya biasanya beroperasi dalam mode cadangan, yang berarti bahwa sistem hanya bekerja tanpa mengkhawatirkan bagaimana kinerja PA. Linearisasi menggunakan umpan balik sehingga sinyal mendapat "dibersihkan" oleh

chipset baseband dan memungkinkan PA untuk beroperasi dengan efisiensi yang jauh lebih tinggi, yang diterjemahkan ke dalam konsumsi daya yang lebih rendah untuk sistem.

- Pertumbuhan berkelanjutan: Pasar sel kecil telah muncul untuk sementara waktu, tetapi selama dua tahun terakhir kami telah melihat pertumbuhan yang signifikan, pada 50% dari tahun ke tahun. Beberapa analis seperti IHS Technology dan Mobile Experts memperkirakan bahwa penyebaran sel kecil akan berjumlah lebih dari 1 juta base station sel kecil untuk tahun 2017.

#### 4.2. Tantangan

Tantangan umum atau baru yang akan dihadapi pada aplikasi *small cell*:

- Peningkatan jumlah pita per sistem: Pelanggan secara historis merancang sistem sel kecil ini untuk aplikasi MIMO (beberapa input / beberapa output), yang biasanya memiliki 2 pemancar dan 2 penerima per pita frekuensi. Karena stasiun pangkalan menggabungkan beberapa saluran, itu berarti lebih banyak komponen - misalnya, sistem tiga band membutuhkan enam PA terpisah (2 pemancar x 3 band = 6 PA) - yang menambah kompleksitas, ukuran dan konsumsi daya. Pelanggan membutuhkan sistem agar mudah dirancang, mudah digunakan (yaitu, komponen yang dicocokkan secara internal), dan efisien.
- Memastikan isolasi yang baik dan pemisahan band untuk saluran transmisi / penerima, khususnya untuk Band 3 (1,8 GHz). Pemisahan band hanya 20 MHz, yang membutuhkan isolasi yang sangat tinggi dari duplexer.

#### Daftar Pustaka

- [1] Aydin Behnad, Member, IEEE, and Xianbin Wang, Senior Member, IEEE, "Virtual Small Cells Formation in 5G Networks"
- [2] Imed Allal<sup>1,4</sup>, Bruno Mongazon-Cazavet<sup>2</sup>, khaldoun Al Agha<sup>3</sup>, Sidi-Mohammed Senouci<sup>4</sup>, and Yvon Gourhant<sup>1</sup>, "A Green Small Cells Deployment in 5G - Switch ON/OFF via IoT Networks & Energy Efficient Mesh Backhauling"
- [3] Interference Avoidance Techniques for Closed Access Small Cells Networks. International Journal of Wireless & Mobile Networks (IJWMN) Vol. 4, No. 2, April 2012.
- [4] W. Richard, "Millimeter-Wave Small-Cell Deployment Scenarios as an Enabler for 5G Applications and Use Cases," Advanced Networking Technologies LAB, Milano, Italy.
- [5] M. R. "millimeter wave (MM wave)," searchtelecom.techtarget.com, 2018.
- [6] S. E. "Apa itu mmWave dan Hubungannya Dengan 5G," telko.id, 2016.
- [7] T."Beamforming,"www.technopedia.com
- [8] V. M. "Key Milimeter Wave Technologies for 5G," ResearchGate, 2016.