

## Optimasi Sistem Komunikasi Seluler dengan Penempatan *Portable Base Station* untuk Mitigasi Bencana Alam Gunung Kelud

Paramita Eka Wahyu Lestari<sup>1</sup>, Okkie Puspitorini<sup>2</sup>, Nur Adi Siswandari<sup>3</sup>, Ari Wijayanti<sup>4</sup>, Hani'ah mahmudah\*

<sup>1,2,3,4,5</sup> Program Studi Teknik Telekomunikasi Politeknik Elektronika Negeri Surabaya  
Jln. Raya ITS, Keputih, Sukolilo 60111 INDONESIA

<sup>1</sup>mita@pens.ac.id

<sup>2</sup>okkie@pens.ac.id

<sup>3</sup>nuradi@pens.ac.id

<sup>4</sup>ariw@pens.ac.id

<sup>5</sup>haniah@pens.ac.id

**Abstrak**— Peningkatan aktivitas Gunung Kelud sudah terdeteksi di akhir tahun 2013. Namun situasi kembali normal dan terjadi kembali peningkatan status dari Normal menjadi Waspada terjadi sejak tanggal 2 Februari 2014. Pada 10 Februari 2014 status naik menjadi Siaga. Status terus meningkat yang dipertegas oleh Kepala Pusat Data Informasi dan Humas BNPB, Sutopo Purwo Nugroho pada 13 Februari 2014 pk. 21.15 menjadi Awas (Level IV), yang artinya radius 10 km harus dikosongkan dari manusia. Tidak berangsur lama tepatnya pukul 22.50 terjadi letusan pertama dengan tipe *Eksplorisif*. Perpindahan penduduk dari tempat tinggalnya menuju ke lokasi pengungsian inilah yang menimbulkan munculnya permasalahan baru dari segi ketersediaan dan kemudahan akses komunikasi. Pada area sekitar Gunung Kelud tercatat oleh Telkomsel bahwa terjadi peningkatan traffic sebesar 80,21 % (No of NodeB : 257) dan pada area pengungsian tercatat peningkatan traffic sebesar 280,09 % (No of NodeB : 17). Dengan demikian, dilakukan optimasi dengan perencanaan penempatan *Portable Base Station* dengan melihat kebutuhan traffic di lokasi pengungsian maka diperlukan penempatan 4 *Portable Base Station* yakni di sekitar BTS Brumbung dengan koordinat (7.780765137323027, 112.27423512192377), *Portable Base Station* Asmorobangun dengan koordinat (7.835017442317956, 112.22033344956048), *Portable Base Station* Ngancar PTPN dengan koordinat (7.937380241942788, 112.199 90574570306), dan *Portable Base Station* Gadungan dengan koordinat (7.787015565638981, 112.24231147022 851).

**Kata kunci**— *Eksplorisif, BTS, Ring of Fire, Traffic, Portable BTS.*

**Abstract** The increasing of mount Kelud's activity had been detected since 2013. But situation got normal and the status increase from Normal to Waspada happened since 2nd February 2014. In 10th February 2014, status change to High Alert. The status immediately increase like being told by Head of National Disaster Mitigation Agency, Sutopo Purwo Nugroho in 13th February 2014 at 21.15 o'clock becoming Danger (Level IV), it means that from radius 10 kilometer, that place should be empty from human. Not long after that, at 22.50 pm, the first explosion happened under the Explosive type. In Kelud area that noted by Telkomsel, there is an increased of traffic, 80.21% (No of Node B : 257) and in the evacuation place, there is an increased of traffic, 280.09% (No of Node B : 17). Thus, in this project to finish this problem, planning and placement optimization *Portable Base Station* with monitoring traffic to see the demand of telecommunication in the evacuation area, then needed placement 4 *Portable Base Station* surrounding BTS Brumbung, the coordinates is (7.780765137323027, 112.27423512192 377), *Portable Base Station* Asmorobangun the coordinates is (7.835017442317956, 112.22033344956048), *Portable Base Station* Ngancar PTPN the coordinates is (7.937380241942788, 112.19990574 570306) and the last *Portable Base Station* Gadungan the coordinates is (7.787015565638981 , 112.24231147022 851 ).

**Keywords**— *Eksplorisif, BTS, Ring of Fire, Traffic, Portable BTS.*

### I. PENDAHULUAN

Geografis Indonesia terletak di antara dua Benua yakni Benua Asia dan Benua Australia, serta terletak di antara dua Samudra yakni Samudra Hindia dan Samudra Pasifik yang memiliki 17.508 Pulau [1]. Indonesia merupakan gugusan kepulauan terbesar di dunia, meskipun tersimpan kekayaan alam dan keindahan pulau-pulau yang luar biasa, Indonesia perlu menyadari bahwa wilayah Nusantara ini memiliki 127 gunung api aktif, atau dikenal dengan *ring of fire*, serta terletak pada pertemuan tiga lempeng tektonik aktif dunia yakni Lempeng Indo-Australia, Eurasia, dan Pasifik. Akibatnya, Indonesia berhasil mengemban status sebagai salah satu daerah rawan bencana di dunia mulai dari banjir, tanah longsor, gempa, tsunami, hingga erupsi gunung berapi.

Pada tahun 2014, salah satu bencana alam yang terjadi di Jawa Timur, Indonesia adalah Bencana Erupsi Gunung Kelud. Bencana ini terjadi pada tanggal 13 Februari 2014 pukul 22.50 WIB dengan erupsi pertama bertipe letusan *Eksplorisif*. Dampak letusan *eksplorisif* ini adalah terjadinya hujan kerikil yang cukup lebat di wilayah Ngancar hingga Pare Kediri. Tidak hanya itu abu vulkanik Erupsi Gunung Kelud juga melebihi abu vulkanik Erupsi Merapi yang mengakibatkan

beberapa Bandar Udara Nasional di beberapa kota ditutup sementara waktu. Keadaan ini tentu menimbulkan dampak yang cukup besar bagi penduduk sekitar dengan perubahan kondisi alam, perekonomian bahkan jaringan komunikasi [2].

Erupsi Gunung Kelud juga berakibat pada perpindahan penduduk dari tempat tinggalnya menuju ke lokasi pengungsian. Pemerintah Kabupaten Kediri mencatat sebanyak 21.061 penduduk dievakuasi ke Kecamatan Ngancar, 18.661 penduduk dievakuasi ke Kecamatan Kepung, 11.895 penduduk dievakuasi ke Kecamatan Puncu dan 3.325 penduduk dievakuasi ke Kecamatan Plosoklaten [3]. Kondisi ini menimbulkan munculnya permasalahan baru dari segi ketersediaan dan kemudahan akses komunikasi. Operator seluler mencatat bahwa terjadi peningkatan traffic di area pengungsian mencapai 280.09% sementara di area sekitar Gunung Kelud hanya mencapai 80.21%. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi kepadatan traffic yang menyebabkan kurang terpenuhinya kebutuhan komunikasi korban Erupsi Kelud di lokasi pengungsian. Data pendukung lainnya mengatakan terdapat 3 BTS yang mengalami kerusakan pada jarak 0-10 KM [4].

Kebutuhan akan jaringan telekomunikasi yang tersedia mengalami peningkatan di area pengungsian sementara

infrastruktur jaringan komunikasi belum bisa mendukung kebutuhan komunikasi di area pengungsian tersebut, padahal dalam kondisi yang demikian komunikasi menjadi sebuah kebutuhan primer dan sangat mendesak. Sehingga diperlukan ketersediaan jaringan komunikasi seluler dalam jangka waktu sesingkat-singkatnya dalam upaya pemenuhan kebutuhan komunikasi di daerah pengungsian untuk meningkatkan kesiapan dalam proses mitigasi bencana.

Dengan demikian penulis melakukan penelitian untuk menghasilkan sebuah perencanaan dalam meletakkan BTS bergerak yang dikenal dengan *Portable Base Station* di lokasi pengungsian tersebut. Diharapkan akan didapatkan titik peletakkan *Portable Base Station* dan jumlah *Portable Base Station* yang dibutuhkan di lokasi pengungsian bencana Gunung Kelud yang tersebar di 4 kecamatan yakni Kecamatan Ngancar, Kecamatan Plosoklaten, Kecamatan Kepung dan Kecamatan Puncu. Sehingga dapat meningkatkan ketersediaan jaringan komunikasi pada proses mitigasi bencana alam ketika terjadi lagi erupsi Gunung Kelud di kemudian hari.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Adapun metode yang digunakan pada penelitian ini dengan tahap pertama adalah mendapatkan data *survey* meliputi pengumpulan data lokasi pengungsian Bencana Gunung Kelud 2014, data BTS yang berada di lokasi pengungsian Bencana Gunung Kelud 2014, data jumlah pengungsi di empat kecamatan yakni Ngancar, Kepung, Plosoklaten dan Puncu, pengukuran data kondisi *BTS existing* diantaranya melalui tahap penentuan lokasi pengukuran, rute pengukuran (*drivetest*), pengambilan data dengan alat *drivetest* meliputi data *RxLevel* dan *RxQual*, pengolahan data meliputi perhitungan *pathloss*, *coverage area* dan jumlah *BTS Portable* yang dibutuhkan, lalu dilakukan perencanaan peletakkan *Portable BTS* menggunakan algoritma genetika dan dilakukan visualisasi dengan peta elektronik atau *Sketch Up*.

A. Data Survey

Dalam tahapan ini dilakukan *survey* dengan pengambilan data *primer* dan *sekunder*. Pengambilan data *sekunder* terdapat pada lokasi-lokasi pengungsian Bencana Gunung Kelud 2014, jumlah pengungsi di lokasi pengungsian Bencana Gunung Kelud 2014 dan data *BTS existing* yang menjangkau lokasi pengungsian Bencana Gunung Kelud 2014 serta kondisi jaringan telekomunikasinya. Adapun data *primer* yang didapatkan berupa data hasil pengukuran menggunakan metode *drivetest*, kemudian dikelompokkan berdasarkan kecamatan dan Kawasan Rawan Bencana 1,2 dan 3. Diharapkan dengan adanya data kondisi jaringan komunikasi yang real tersebut nantinya didapatkan hasil yang mendekati data real.

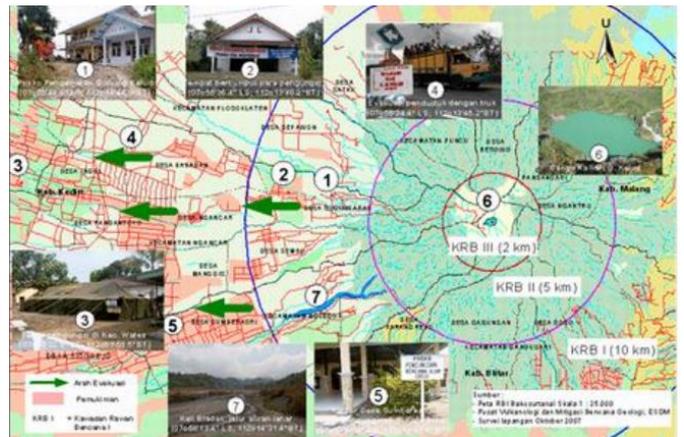
B. Perencanaan dan Pengukuran

Pada tahap ini akan di jelaskan bagaimana langkah-langkah dalam perencanaan pengukuran. Pertama diperlukan survei lokasi pengukuran. Kemudian dari lokasi dapat dilakukan penentuan rute untuk pengukuran. Pengukuran bertujuan untuk mengetahui kondisi real performansi jaringan yang berada di sekitar lokasi pengungsian yang meliputi 4 kecamatan yakni Ngancar, Plosoklaten, Kepung dan Puncu. Selama pengukuran diperoleh beberapa data seperti tower yang mencakup area rute pengukuran, *longitude* dan *latitude* tower, parameter kualitas jaringan yang diterima oleh mobile station yang terhubung dengan *TEMS*. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan metode *drivetest*. Setelah itu

mengklasifikasikan daerah site berdiri , dilanjutkan dengan mengolah data hasil drive test dengan software MapInfo Professional 11 untuk kemudian dilihat performansi jaringannya. Kemudian baru dihitung *pathloss* dan *coverage area*, sehingga didapatkan jumlah *site* yang dibutuhkan untuk mendukung jaringan komunikasi di lokasi pengungsian tersebut.

1) Lokasi Pengukuran

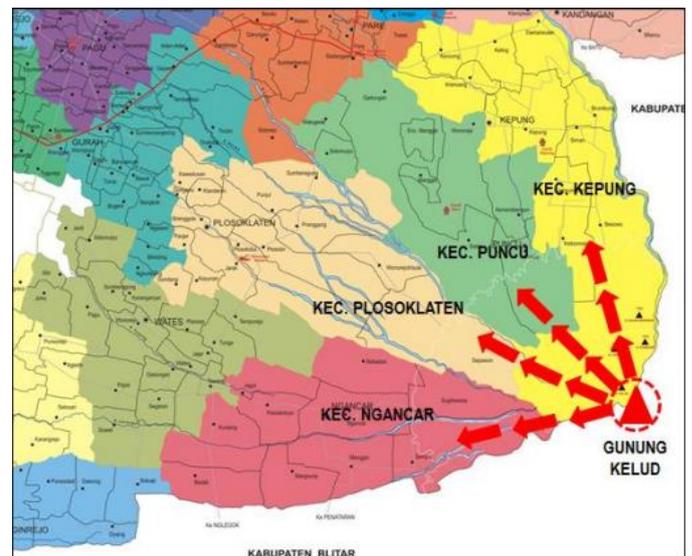
Adapun lokasi yang akan diukur adalah rute Gunung Kelud melalui puncak Gunung sampai dengan batas terakhir kecamatan-kecamatan yang menjadi lokasi pengungsian. Berikut ini gambar 1 akan memberikan gambaran mengenai lokasi pengukuran.



Gambar 1. Lokasi Pengukuran

2) Rute Pengukuran dan Kondisi Lingkungan

Rute pengukuran meliputi daerah di wilayah Kecamatan Ngancar, Plosoklaten, Kepung dan Puncu yang ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Peta Daerah Terdampak Erupsi Gunung Kelud

Rute Pengukuran pada Kecamatan Ngancar terdapat 5 BTS yang menjangkau seluruh wilayah Kecamatan Ngancar dimulai dari BTS yang paling dekat dengan Gunung Kelud yakni BTS Ngancar PTPN, kemudian BTS Ngancar, BTS Margourip, BTS Jagul dan BTS Wates. BTS Ngancar PTPN memiliki 3 buah sektor dimana sektor pertama menjangkau area menuju ke Gunung Kelud, sektor kedua menjangkau area

perkebunan dan jalanan yang menjauhi Gunung Kelud dan sektor ketiga menjangkau daerah perkebunan kopi. Kondisi jalanan menuju ke lokasi yang menjangkau sektor pertama dan kedua cukup bagus untuk dilakukan pengambilan data sementara untuk sektor ketiga jalannya kurang mendukung untuk dilakukan pengambilan data. Untuk kondisi jalannya mayoritas jalannya beraspal hanya minoritas saja yang berbatu seperti pada area sekitar Ngancar PTPN yang menuju kearah Gunung Kelud.

Sementara itu untuk posko terpadu untuk proses evakuasi menuju ke radius aman terletak di lokasi yang tidak jauh dari BTS Ngancar PTPN, sehingga sudah pasti BTS Ngancar PTPN lah yang melayani kebutuhan jaringan komunikasi saat proses evakuasi. Dari kelima kecamatan yang dijadikan sebagai lokasi pengukuran dan pengambilan data, lingkungan yang mengelilingi 5 Kecamatan tersebut masuk ke dalam kategori lingkungan *sub urban* dan *rural*.



Gambar 3. Kondisi Wilayah Rural



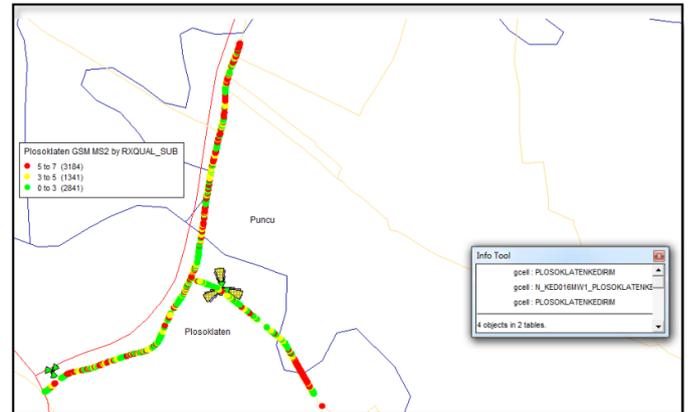
Gambar 4. Kondisi Wilayah Sub urban

Kondisi lingkungan rural banyak didapati pada radius 0-10 kilometer dari puncak Gunung Kelud sementara untuk kondisi suburban didapati pada radius 10-30 kilometer dari puncak Gunung Kelud. Yang termasuk daerah *rural* adalah 3 BTS yakni BTS Sepawon, BTS Ngancar PTPN dan BTS Puncu. Selain 3 BTS tersebut berada di lingkungan suburban. Penentuan daerah suburban dan rural ini dititik beratkan pada lingkungan sekitar BTS.

### 3) Skenario Pengukuran

Pengukuran berawal dari memilih BTS yang diukur kemudian mengitari BTS tersebut dari jarak 100 meter sampai

2000 meter. Untuk beberapa BTS yang saat jarak 2000 meter level daya terima MS (*Mobile Station*) masih baik dilanjutkanlah pengukuran hingga jarak 4000 meter. Setiap perpindahan jarak secara otomatis daya terima MS direkam TEMS dan lokasi BTS ditampilkan layar TEMS oleh GPS. Setiap jarak yang dipilih sebaiknya memperoleh beberapa sampel untuk meningkatkan akurasi data. Hal yang sama juga dilakukan untuk BTS yang lain. Sehingga didapatkan daya terima MS (dBm) fungsi jarak. Skenario pengukuran ditunjukkan Gambar 5.



Gambar 5. Skenario Pengukuran

### C. Pengukuran Drive Test

PC portable digunakan sebagai alat monitoring parameter hasil *drivetest* secara visual. *Software* penunjang yang digunakan dalam melakukan *drivetest* adalah *tems investigation 8.1.3 & mapinfo professional11*. Sehingga PC *Portable* selalu dilengkapi dengan *software TEMS Investigation* untuk mengambil dan mengolah data.

*Handset* yang digunakan adalah yang sudah mendukung operator 2G(GSM) yaitu Sony Ericson K800i sebanyak 2 unit, sebagai terminal untuk *idle* dan *dedicated* ataupun untuk mengukur kekuatan sinyal yang diterima oleh pelanggan. Selain itu perlu juga disiapkan *sim card* dari operator yang memang akan dicek kondisinya. Untuk menunjukkan lokasi dari tempat yang sedang di lakukan pengambilan data, PC *Portable* dihubungkan dengan GPS, GPS yang digunakan dalam pengambilan data pada penelitian ini adalah GPS dengan merk Hulux. Kemudian Kabel data digunakan sebagai penghubung antara handset dengan laptop dan penghubung antara GPS dan laptop.

HASP4 adalah gabungan proteksi antara *hardware key (dongle)* dan *software* yang biasanya sudah terintegrasi dengan aplikasi. *Software* yang terintegrasi dengan aplikasi (seperti *TEMS Investigation*) secara periodik akan memeriksa apakah *hardware key* tersebut valid atau tidak, jika tidak valid *software* tidak akan berjalan sempurna. Tujuan dari *dongle* adalah menggantikan serial number dan hanya komputer yang terpasang *dongle* yang bisa menggunakan aplikasi tersebut.

Peralatan *Inverter* digunakan sebagai alat catu daya perangkat *drivetest*, dimana fungsinya untuk mengubah tegangan DC dari mobil menjadi tegangan AC. Inti dari inverter ini adalah untuk memeberikan tenaga listrik untuk laptop dan *handshet*.

### D. Perhitungan Pathloss

Perhitungan *Pathloss* pada penelitian ini didasarkan pada tipe area site yang ada apakah berada di daerah *urban*, *suburban*, atau *rural*. Kemudian nilai *pathloss* akan dihitung sesuai model propagasi *Okumura-Hatta*. Dimana parameter perhitungan *Pathloss* adalah sebagai berikut :

- a) Frekuensi yang digunakan adalah 975 MHz
- b) Jarak BTS dengan MS adalah 2 Km
- c) Tinggi antenna pemancar adalah 30-70 Meter
- d) Tinggi antenna penerima adalah 1-1.5 Meter

Kemudian hasil akhir dari perhitungan *Pathloss Okumura-Hatta* ditampilkan dalam bentuk grafik menggunakan perangkat lunak *Matlab*. Langkah yang harus dilakukan adalah memanggil data *RxLevel* pengukuran dari salah satu BTS.

#### E. Perhitungan Coverage Area

Dalam perhitungan *coverage area* dapat dilakukan dengan menggunakan rumus *Two Ray Model*. *Coverage Area* dapat dihitung dengan *Two Ray Model* setelah dilakukan perhitungan *Free Space Loss*. Adapun parameter yang mempengaruhi perhitungan *coverage area* adalah sebagai berikut :

- a) Perhitungan *Free Space Loss*
- b) Tinggi Antena Pemancar dan Penerima
- c) Frekuensi yang digunakan
- d) Daya yang dipancarkan Antena Pemancar
- e) Daya yang diterima Antena Penerima

Nilai *breakpoint* pada *Two Ray Model* adalah perpotongan antara daya terima, *Free Space Loss* dan regresi linier. Dimana *breakpoint* merupakan jarak terjauh dari jangkauan BTS yang dapat menjangkau user atau pengguna. Sama halnya dengan perhitungan *Pathloss Okumura-Hatta*, perhitungan *coverage area* juga menggunakan perangkat lunak *Matlab* dimana langkah yang harus dilakukan adalah memanggil data *RxLevel* pengukuran dari salah satu BTS.

#### F. Perhitungan Radius Sel dan Jumlah BTS

Besarnya radius sel atau yang biasanya di sebut luas dari *coverage area*. Untuk menghitung luas *coverage area*, dapat dipergunakan persamaan berikut.

$$LuasCA = k \times R \times R \tag{1}$$

Dimana:

- k = Konstanta 1.95
- R = Radius sel

#### G. Perhitungan estimasi Kapasitas Di Lokasi Pengungsian

Perencanaan kapasitas sangat penting pula untuk mengetahui berapa besar kapasitas dari komunikasi seluler yang akan dirancang untuk memenuhi kebutuhan di lokasi pengungsian Berdasarkan data bencana Gunung Kelud 2014.

$$Erlang = \frac{NC \times AC}{3600s} \tag{2}$$

Dimana:

- NC (Number of call) = Jumlah pengungsi yang tersebar di 4 Kecamatan

- AC (Average Call Length) = Asumsi panjang telepondalam 1 jam adalah 3 menit

#### H. Sistem Jaringan Telekomunikasi darurat

Jaringan telekomunikasi darurat di lokasi pengungsian dengan menambahkan *Portable Base Station* di lokasi-lokasi yang memang terjadi peningkatan *traffic*. Sebelum dilakukan penambahan *Portable Base Station*, dilakukan terlebih dahulu investigasi-investigasi mengenai hal-hal apa saja yang bisa dilakukan untuk memastikan apakah memang diperlukan penambahan *Portable Base Station*. Hal-hal berikut ini tertuang di *Standart Operasional Prosedur* Sistem Jaringan Telekomunikasi Darurat yang meliputi :

##### 1) Pengecekan Hardware / TRX Problem

Ini dimaksudkan untuk memastikan terlebih dahulu apakah peningkatan *traffic* yang terjadi di akibatkan oleh permasalahan *hardware* atau memang peningkatan *traffic* diakibatkan karena jumlah user yang mengalami peningkatan. Jika sudah dipastikan tidak terjadi permasalahan *Hardware/ TRX* maka dapat dilanjutkan ke pengecekan kedua yakni pengecekan sekitar *Cell*.

##### 2) Pengecekan Surrounding Cell

Tahapan ini dilakukan setelah benar-benar dipastikan bahwa tidak ada permasalahan yang terjadi pada *Hardware* dan *TRX*, yang perlu dilakukan adalah melihat data *traffic* sekitar *cell-cell* yang berdekatan dengan *cell* yang mengalami peningkatan. Jika kondisi *cell* sekitar juga mengalami kenaikan *traffic* maka permasalahannya terletak peningkatan jumlah user, bukan lagi karena *cell-cell* sekitar bekerja tidak maksimal dalam melayani user yang ada. Barulah dilakukan tindakan pada langkah ketiga yakni Merubah *Mode Full Rate* menjadi *Half Rate*.

##### 3) Perubahan Full Rate to Half Rate mode

Langkah ini dilakukan untuk menangani *TCH Congestion/ TCH Block* yang berimbas pada peningkatan *traffic*. Pada mode ini apabila sebuah *Mobile Service* pertama menggunakan timeslot no 3 dan menggunakan TDMA frame 0, 2, 4 dan seterusnya maka MS yang kedua dapat menggunakan timeslot yang sama dan akan menggunakan TDMA frame 1,3,5 dan seterusnya. Akan tetapi hal ini akan berdampak pada penurunan kualitas suara.

##### 4) Check Problem/ Overshooting

Tindakan di langkah ketiga, hanya dapat dilakukan sementara saja, oleh karena itu harus dilanjutkan dengan tindakan ke 4 yakni mulai melakukan pengecekan pada antenna. Dimana antenna akan diarahkan ke area yang memang menjadi lokasi keberadaan user.

##### 5) Pengecekan Missing Adjacencies

Ini adalah salah satu kemungkinan yang bisa terjadi jika *TCH Blocking* atau *Congestion*, yakni dengan melakukan perhitungan yang matang mengenai *load sharing* yang artinya memastikan bahwa *neighbor relationship* dan *surrounding cell* sudah dibuat.

##### 6) TRX Upgrade

Langkah ini dilakukan setelah semua parameter *tunning* maupun *physical tunning* dilakukan namun kondisinya tetap *TCH Congestion*. Dimana *TRX Upgrade* ini merupakan penambahan jumlah *TRX* pada sebuah *cell* sesuai kebutuhan *traffic* yang ditangani. Untuk *collocated* antenna GSM 900 (GSM) yang dimiliki Telkomsel sendiri memiliki jumlah *TRX* maksimal yakni 4/4/4 dan GSM 1800 (DCS) jumlah *TRX* maksimalnya 8/8/8.

##### 7) Load Sharing / Traffic Sharing

Langkah ini dilakukan dengan maksud sebuah BTS yang memiliki *collocated* antenna untuk melakukan perencanaan ulang pada TRX di GSM 900 (GSM) dan GSM 1800 (DCS). Pada penelitian ini, tidak didapatkan data *traffic* yang ada pada GSM 1800 (DCS) sehingga diharapkan dipenelitian mendatang data ini bisa diperoleh untuk dapat mengimplementasikan SOP Sistem Jaringan Telekomunikasi Darurat.

8) *Penambahan Portable BTS*

Terakhir adalah penambahan *Portable* BTS di daerah-daerah yang mengalami peningkatan *traffic* lebih dari 2 kali kapasitasnya. *Portable* BTS yang dimiliki Telkomsel mampu dipergunakan untuk memancarkan antenna GSM 900 maupun GSM 1800.

III.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini membahas tentang hasil penelitian kondisi jaringan telekomunikasi saat Bencana Gunung Kelud 2014 dan pengolahan data pengukuran berupa level daya terima pada jaringan GSM pada 15 BTS di sekitar lokasi pengungsian Bencana Gunung Kelud 2014 yang meliputi Kecamatan Ngancar, Kecamatan Plosoklaten, Kecamatan Kepung dan Kecamatan Puncu. Analisa tersebut meliputi jumlah BTS yang mati pada Bencana Gunung Kelud 2014 dan simulasi *coverage area* setelah ada BTS yang mati. Kemudian untuk menghitung jumlah *Portable Base Station* yang diperlukan dilakukan *plot level* daya terima, *pathloss*, cakupan area BTS berdasarkan pengukurann, perhitungan kapasitas jaringan telekomunikasi yang tersedia dan estimasi kapasitas jaringan, sehingga dapat dilakukan penentuan jumlah dan letak *Portable Base Station* yang dibutuhkan untuk memenuhi ketersediaan jaringan telekomunikasi di lokasi pengungsian.

A. *Kondisi SisteK Komunikasi Darurat berdasarkan Daya Terima dan Pathloss*

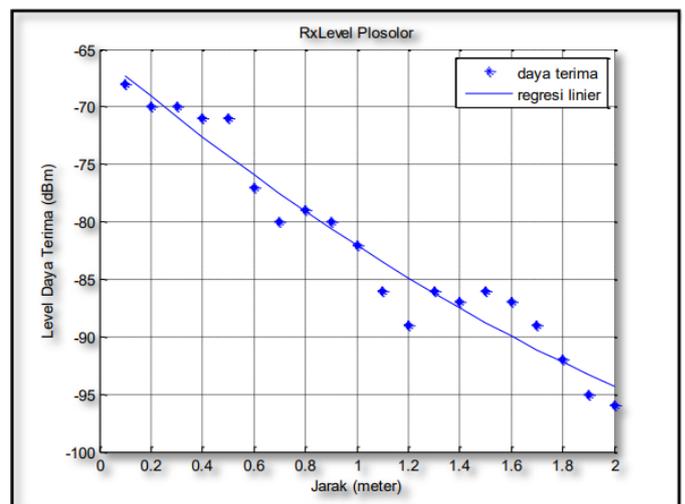
Pada saat sebelum melakukan *drivetest* dengan menggunakan metode *lock sektor*, maka harus diketahui BTS existing yang mencakup area lokasi pengungsian Bencana Gunung Kelud 2014. Berikut adalah daftar BTS existing yang mencakup area sepanjang jalan rute pengukuran di daerah Kediri.

Tabel 1. Daftar BTS existing di Wilayah Kediri

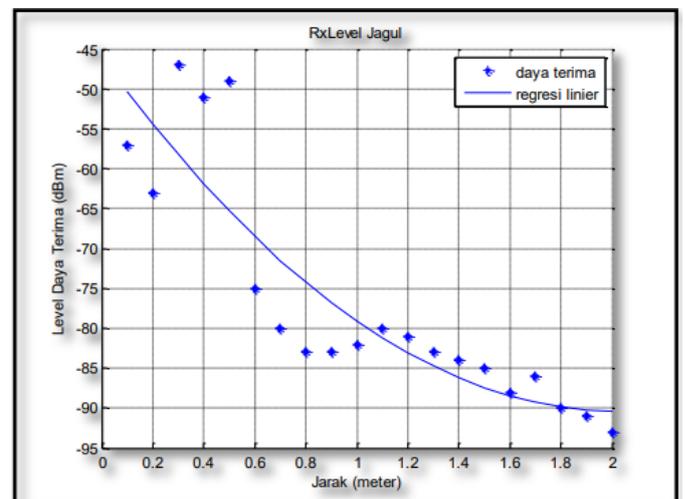
No	Nama Wilayah	Longitude	Latitude	BCCH
1	Ngancar PTPN	112.2279	-7.92644	5 52,62,55
2	Ngancar	112.179	-7.93257	60,64,57
3	Margourip	112.1633	-7.92644	56,63,68
4	Jagul	112.156	-7.92985	51,54,67
5	Wates	112.0856	-7.92197	51,56,68
6	Sepawon	112.2266	-7.90065	68,64,58
7	Plosolor	112.1545	-7.85939	60,53,66
8	Polorejo	112.2104	-7.88008	60,55,57
9	Plosoklaten	112.1476	-7.84005	54,58,62
10	Kalasan	112.146	-7.88154	55,63,61
11	Gadungan	112.294	-8.01474	67,55,59
12	Brumbung	112.292	-7.80993	87,95,103
13	Kepung	112.257	-7.80896	64,65,56
14	Asmorobangun	112.2621	-7.84588	54,51,58
15	Puncu	112.2678	-7.86207	53,63,68

Dari tabel 1, dapat diketahui informasi mengenai BCCH dari tiap sektor BTS existing yang mencakup area pengungsian dan jalur evakuasi, sehingga pada saat melakukan *drivetest* dengan metode *lock sektor*, maka nilai BCCH tersebut digunakan untuk melakukan *lock*. BCCH adalah frekuensi yang digunakan untuk downlink BTS ke MS. Metode *lock* merupakan metode dimana *user equipment* dikunci pada nilai BCCH tertentu, sehingga *user equipment* hanya menerima sinyal dari BTS existing yang memiliki nilai BCCH yang di *lock*. Berikut ini akan dijelaskan mengenai daya terima yang diperoleh dari pengukuran per BTS.

Untuk BTS existing di Kecamatan Ngancar terdapat 5 BTS existing yakni BTS Ngancar PTPN, BTS Ngancar, BTS Margourip, BTS Jagul dan BTS Wates. Kelima BTS ini berada di sekitar lokasi pengungsian dan pemukiman warga. Kemudian di Kecamatan Plosoklaten, terdapat 5 BTS existing yakni BTS Sepawon, Plosolor, Polorejo, Plosoklaten dan Kalasan. Sementara di Kecamatan Kepung dan Kecamatan Puncu yang daerahnya begitu luas dengan persawahan, tercatat bahwa hanya ada 5 BTS existing yakni BTS Gadungan, BTS Brumbung dan BTS Kepung di Kecamatan Kepung, lalu BTS Puncu dan Asmorobangun di Kecamatan Puncu.



Gambar 5. Daya Terma BTS Existing Plosolor Sektor 2



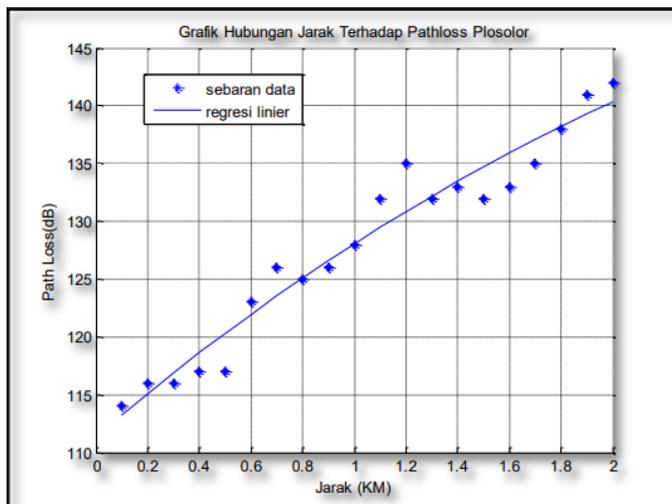
Gambar 6. Daya Terima BTS Existing Jagul Sector 2

Pengukuran *level* daya terima dimana yang diukur adalah nilai *level* daya ini dengan melakukan metode *drivetest* dengan metode *lock sektor* dengan pengambilan data pada jarak 100 meter sampai 2000 meter. *Level* daya adalah nilai untuk menentukan kuat/lemahnya suatu daya Tx/Rx pada tiap-tiap antenna. Pengukuran ini dilakukan kepada 15 BTS yang terdapat tabel 1, dan kemudian kita mendapatkan data daya terima dari jarak 100 meter hingga 2000 meter dari BTS, data-data tersebut kemudian di rata-rata untuk mendapatkan nilai rata-rata daya terima pada setiap BTS *existing* tersebut.

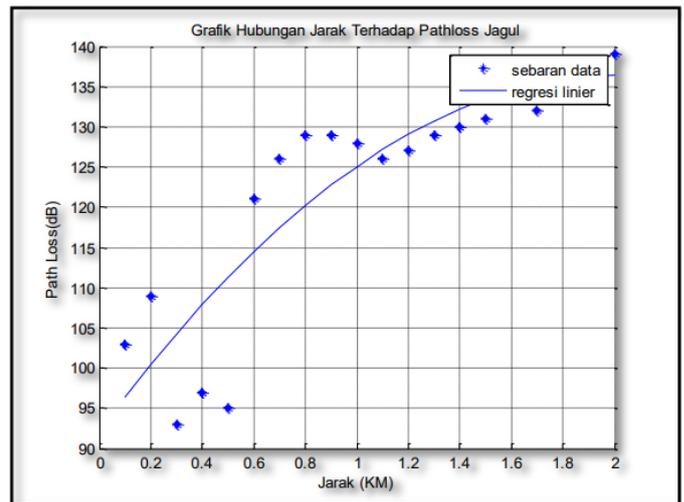
Tabel 2. Daya Terima Rata-Rata pada per Kecamatan

No	Nama Wilayah	Daya Terima Rata-Rata
1	Ngancar PTPN	-74
2	Ngancar	-79
3	Margourip	-80
4	Jagul	-69
5	Wates	-79
6	Sepawon	-69
7	Plosolor	-70
8	Polorejo	-70
9	Plosoklaten	-74
10	Kalasan	-81
11	Gadungan	-82
12	Brumbung	-76
13	Kepung	-76
14	Asmorobangun	-71
15	Puncu	-81

Sebagai contoh pengukuran daya terima BTS *existing* Plosolor di Lokasi Pengungsian Kecamatan Plosoklaten yang ditunjukkan pada gambar 5 dan Daya Terima BTS Existing Jagul di Lokasi Pengungsian Kecamatan Ngancar yang ditunjukkan pada gambar 6. Dari kedua contoh pengukuran *level* daya yang diterima dari ke 15 BTS *existing* terlihat trend penurunan daya terima dan hal ini disebabkan karena besarnya *loss* yang terjadi yang dimungkinkan salah satunya adalah kondisi setelah bencana dan beberapa BTS *existing* tidak berfungsi karena bencana erupsi Gunung Kelud tersebut dan juga besarnya atau padatnya *traffic* yang terjadi pada BTS *existing* yang masih berfungsi.



Gambar 7. Grafik *Pathloss* Plosolor Fungsi Jarak



Gambar 8. Grafik *Pathloss* Jagul Fungsi Jarak

**B. Kondisi Radiun Sel BTS Existing pada Lokasi Pengungsian**

Dalam analisa kondisi BTS *existing* diperlukan juga perhitungan radius sel dari BTS *existing* tersebut. Dimana untuk mencari jarak terjauh yang bisa dijangkau oleh BTS *existing* dapat ditentukan oleh nilai *breakpoint* dari perhitungan *two ray model*. Adapun parameter yang berpengaruh pada perhitungan *two ray model* diantaranya *regresi linier*, *free space loss* dan daya terima.

Degan demikian akan dilakukan perhitungan *two ray model* di semua BTS *existing* yang berada dalam 4 Kecamatan disekitar lokasi pengungsian Bencana Gunung Kelud 2014. Kecamatan tersebut adalah Kecamatan Ngancar, Kecamatan Plosoklaten, Kecamatan Puncu dan Kecamatan Kepung. Berikut ini tabel 3 menunjukkan parameter yang digunakan dalam perhitungan *two ray model*.

Tabel 3. Parameter *Two Ray Model*

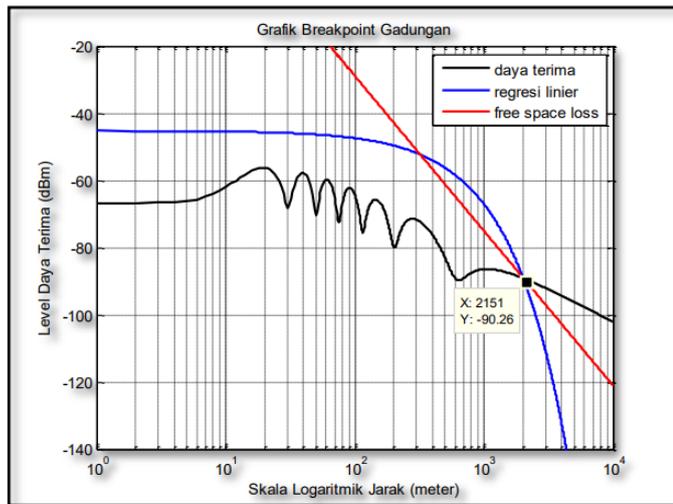
Parameter	Nilai
Parameter Umum	
Frekuensi Kerja	975MHz
Parameter Transmitter	
Tinggi Antena Pemancar	30-70 Meter
Power Transmitter	46 dBm
Parameter Receiver	
Tinggi Antena Penerima	1-1.5 Meter

Setelah dilakukan perhitungan *two ray model* di semua BTS *existing* kemudian didapatkan nilai radius sel yang ditunjukkan oleh tabel 4 dan contoh grafik *breakpoint two ray model* BTS gadungan terdapat pada gambar 9 dibawah ini.

Tabel 4. Radius Sel dari BTS Existing

No	BTS Existing	Radius Sel (Meter)
1	Ngancar PTPN	3576
2	Ngancar	3935
3	Margourip	2363
4	Jagul	2668
5	Wates	4080
6	Sepawon	2573
7	Plosolor	1447
8	Polorejo	2820
9	Plosoklaten	3343
10	Kalasan	2167

11	Gadungan	2151
12	Brumbung	3845
13	Kepung	3685
14	Asmorobangun	2673
15	Puncu	3685



Gambar 9. Grafik Breakpoint Two Ray Model BTS Gadungan

C. Kondisi Sistem Komunikasi Darurat pada Coverage Area BTS Existing

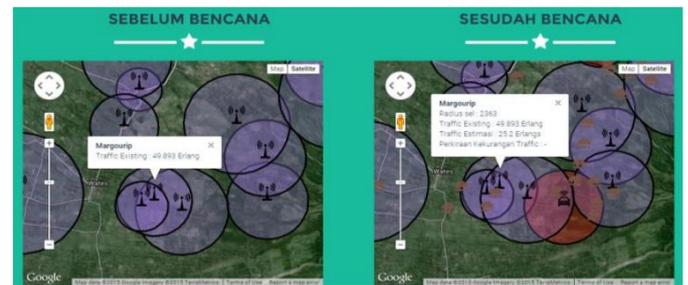
Setelah didapatkan radius sel dari semua BTS existing yang terletak di sepanjang rute pengukuran, maka akan dapat dihitung luas coverage area dari semua BTS. Digunakan perhitungan yang sama dengan mencari luas lingkaran untuk mengetahui luas coverage area dari BTS-BTS existing, radius yang digunakan adalah radius hasil dari perhitungan two ray model. Berikut ini tabel 5 menunjukkan luas coverage area semua BTS existing yang terletak di lokasi pengungsian.

Tabel 4. Luas Coverage Area BTS Existing Sepanjang Rute Pengukuran

No	BTS existing	Radius Sel (Meter)	Luas Coverage Area (KM2)
1	Ngancar PTPN	3576	40.1
2	Ngancar	3935	48.6
3	Margourip	2363	17.5
4	Jagul	1668	8.7
5	Wates	4080	52.2
6	Sepawon	2573	20.7
7	Plosolor	1447	6.5
8	Polorejo	2820	24.9
9	Plosoklaten	3343	35.09
10	Kalasan	2167	14.7
11	Gadungan	2151	14.5
12	Brumbung	3845	46.4
13	Kepung	3685	42.6
14	Asmorobangun	2673	22.4
15	Puncu	3685	42.6

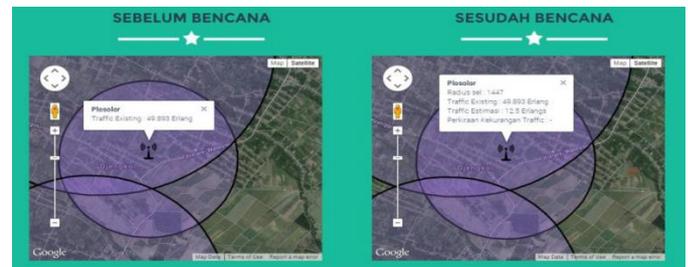
Berikut ini visualisasi dari perhitungan radius sel dan coverage area pada google earth pada BTS existing Margourip ditunjukkan oleh gambar 10 dibawah ini. Dimana BTS Existing Margourip terletak di sekitar BTS Ngancar dan BTS Jagul. Jarak dari ketiga BTS ini cukup dekat sekitar 5 KM sementara berbeda dengan BTS Margourip dan BTS Jagul yang termasuk ke dalam area urban, BTS Ngancar

termasuk dalam area suburban, sehingga radius dan coverage dari BTS Ngancar jauh lebih luas jika di bandingkan BTS yang terletak di area urban.



Gambar 10. Visualisasi Radius Sel dan Coverage Area BTS Existing Margourip

Kemudian untuk BTS Plosolor seperti gambar 11, BTS Plosolor juga berada di antara 2 BTS lainnya yakni BTS Plosoklaten dan BTS Kalasan. Ketiga BTS ini terletak di Kecamatan Plosoklaten. Dari segi wilayah, di sekitar BTS oleh persawahan dan perumahan penduduk, sehingga tinggi menara BTS Plosolor sepanjang 20 meter. Itu artinya BTS Plosolor termasuk ke dalam area urban.



Gambar 11. Visualisasi Radius Sel dan Coverage Area BTS Existing Plosolor

D. Traffic Estimasi di Sekitar evakuasi Area

Pada sistem jaringan telekomunikasi darurat, selain dibutuhkan data mengenai kapasitas existing dan traffic busy juga dibutuhkan adanya traffic estimasi yang dipengaruhi oleh data pergerakan jumlah pengungsi, data lokasi pengungsian dan jumlah pengungsi yang menempati lokasi pengungsian. Berikut ini perhitungan traffic estimasi dengan menggunakan persamaan Erlang yang di tunjukkan pada persamaan 2.

Berikut ini traffic estimasi di Kecamatan Ngancar ditunjukkan pada Tabel 5 dibawah ini. Traffic tertinggi terjadi di Desa Sugihwaras dan Sempu dengan jumlah pengungsi yang mencapai 3667 jiwa, jika di asumsikan sebanyak 70 % dari jumlah pengungsi melakukan percakapan telepon selama 3 menit maka didapatkan traffic estimasi sebesar 128.345 Erlang. Kemudian Traffic tertinggi kedua terjadi di Desa Jagul dengan jumlah pengungsi yang mencapai 2374 jiwa, jika di asumsikan sebanyak 70 % dari jumlah pengungsi melakukan percakapan telepon selama 3 menit maka didapatkan traffic estimasi sebesar 83.09 Erlang. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 5 di bawah ini.

Tabel 5. Traffic Estimasi Di Kecamatan Ngancar

Serving BTS	Nama Desa	Jumlah Pengungsi	Lama Panggilan (Menit)	Traffic Estimasi (Erlang)
Ngancar PTPN	Sugihwaras dan Sempu	3667	3	128.345
Ngancar	Ngancar	2108	3	73.78
Margourip	Margourip	720	3	25.2
Jagul	Manggis	2374	3	83.09

Kemudian untuk *traffic* estimasi di Kecamatan Plosoklaten, pada tabel 6 dibawah ini dapat dilihat bahwa *traffic* estimasi tertinggi terjadi di Desa Sepawon dengan pengungsi sebanyak 1040 jiwa, dari perhitungan yang dilakukan didapatkan besar *traffic* estimasi sebesar 53 Erlang. Desa Sumber Agung menjadi lokasi pengungsian terbanyak kedua di Kecamatan Plosoklaten, jumlah pengungsi di desa sumberagung mencapai 500 jiwa dengan perhitungan *traffic* estimasi sebesar 25 Erlang.

Tabel 6. *Traffic* Estimasi Di Kecamatan Plosoklaten

Serving BTS	Nama Desa	Jumlah Pengungsi	Lama Panggilan (Menit)	Traffic Estimasi (Erlang)
Sepawon	Sepawon	1040	3	52
Plosolor	Wonorejo	250	3	12.5
Plosorejo	Trisula	250	3	12.5
Polorejo	Plosokidul	325	3	16.25
Kalasan	Sumberagung	500	3	25

Kecamatan ketiga di Kabupaten Kediri yang menjadi lokasi pengungsian bencana gunung kelud 2014 adalah Kecamatan Puncu, di Kecamatan Puncu ini jumlah pengungsi mencapai 6185 jiwa yang tersebar di Desa Puncu, Desa Satak, Desa Asmorobangun dan Desa Wonorejo. Untuk *traffic* estimasi tertinggi terjadi di Desa Puncu dan Desa satak sebesar 137.585 Erlang dengan jumlah pengungsi mencapai 3931 jiwa. Besar *traffic* estimasi ini mencapai 3 kali lipat lebih besar dari kapasitas estimasi yang ada di BTS Asmorobangun yang menjadi Serving BTS untuk Desa Puncu dan Satak. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat di Tabel 7 *Traffic* Estimasi di Kecamatan Puncu.

Tabel 7. *Traffic* Estimasi Di Kecamatan Puncu

Serving BTS	Nama Desa	Jumlah Pengungsi	Lama Panggilan (Menit)	Traffic Estimasi (Erlangs)
Asmorobangun	Puncu dan Satak	3931	3	137.585
Puncu	Asmorobangun dan Wonorejo	2254	3	78.89

Kecamatan Kepung merupakan kecamatan dengan jumlah pengungsi terbanyak yang tersebar di Desa Besowa, Desa Kampung Baru dan Desa Kebunrejo. Di Desa Kampung Baru misalnya, jumlah pengungsi bisa mencapai 4.185 jiwa. Sementara BTS Brumbung yang menjadiserving BTS nya hanya memiliki kapasitas estimasi untuk jaringan 2G sebesar 49 Erlang, padahal perhitungan estimasi *traffic* menggunakan variable 70% dari jumlah pengungsi yang ada mencapai 209.25 Erlang. Peningkatan *traffic* yang terjadi mencapai 4 kali lebih besar daripada kapasitas yang dimiliki serving BTS. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat di tabel 8 mengenai perhitungan *traffic* estimasi di Kecamatan Kepung.

Tabel 8. *Traffic* Estimasi Di Kecamatan Kepung

Serving BTS	Nama Desa	Jumlah Pengungsi	Lama Panggilan (Menit)	Traffic Estimasi (Erlang)
Gadungan	Besowo	3411	3	119.385
Brumbung	Kampung Baru	4185	3	209.25
Kepung	Kebunrejo	2108	3	105.4

E. SOP Sistem Jaringan Telekomunikasi Darurat

Berikut ini *Standart Operasional Prosedur* Sistem Jaringan Telekomunikasi di 4 Kecamatan yakni Kecamatan Ngancar, Kecamatan Plosoklaten, Kecamatan Puncu dan Kecamatan Kepung. Seperti yang telah dijelaskan pada metode penelitian bahwa terdapat 8 langkah-langkah dalam Standart Operasional Prosedur pada Sistem Jaringan Telekomunikai Darurat ini. Pada langkah 1 hingga langkah 6 dapat dilakukan setelah bencana terjadi dan sedang berlangsungnya proses evakuasi untuk mempertahankan jaringan telekomunikasi yang berasal dari BTS Existing. Jika BTS Existing sudah tidak lagi mampu mengatasi kebutuhan barulah langkah 7 dan langkah 8 menjadi alternatif terakhir.

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat penerapan SOP di Kecamatan Ngancar pada Tabel 9 Kondisi BTS pada Sistem Jaringan Telekomunikasi Darurat. Untuk Ketersediaan Jaringan Komunikasi di Desa Sugihwaras dan Sempu, dibutuhkan ketersediaan *Portable Base Station* mengingat bahwa dua desa ini adalah desa yang menjadi titik kumpul pengungsi sebelum pengungsi di distribusikan ke titik pengungsian lain.

Tabel 9. Kondisi BTS Pada Sistem Jaringan Telekomunikasi Darurat Pasca Erupsi Gunung Kelud 2014 di Kecamatan Ngancar

Serving BTS	Nama Desa	Traffic Estimasi (Erlang)	Traffic Existing (Erlang)	Prediksi Kekurangan Traffic	PORTABLE BTS	Decision
Ngancar PTPN	Sugihwaras dan Sempu	128.345	49.893	78.452	1 BTS (4/4/4) Colocated Cell	Tetap TRX 4/4/4
Ngancar	Ngancar	73.78	49.893	23.887	-	Tetap TRX 4/4/4
Margourip	Margourip	25.2	49.893	-	-	Tetap TRX 4/4/4
Jagul	Manggis	83.09	49.893	33.197	-	Tetap TRX 4/4/4
Wates	Babadan	75.25	49.893	25.357	-	Tetap TRX 4/4/4

Kecamatan Kedua yakni Kecamatan Plosoklaten. Dengan melihat jumlah pengungsi di Kecamatan Plosoklaten tidak terlalu banyak, maka di Kecamatan Plosoklaten dapat dikatakan *traffic* estimasi masih dibawah nilai *traffic existing*. Hanya pada Desa Sepawon, berdasarkan perhitungan *traffic* estimasi didapatkan *traffic* yang dibutuhkan sebesar 52 Erlang sementara *traffic existing* yang ada sebesar 49.893 Erlang. Dengan demikian total *traffic* yang tidak teratasi sebesar 2.107 Erlang. Kemudian jika kita lihat letak Desa Sepawon ternyata berdekatan dengan Desa Wonorejo maka *traffic* yang tidak teratasi tersebut masih dapat diatasi oleh BTS sekitar Desa Sepawon. Untuk lebih jelas berikut ini Tabel 10 Kondisi BTS pada Sistem Jaringan Telekomunikasi Darurat di Kecamatan Plosoklaten .

Tabel 10. Kondisi BTS Pada Sistem Jaringan Telekomunikasi Darurat Pasca Erupsi Gunung Kelud 2014 di Kecamatan Plosoklaten

Serving BTS	Nama Desa	Traffic Estimasi (Erlang)	Traffic Existing (Erlang)	Traffic Tidak Tercover	PORTABLE BTS	Decision
Sepawon	Sepawon	52	49.893	2.107	-	Tetap TRX (4/4/4)
Plosolor	Wonorejo	12.5	49.893	-	-	Tetap TRX (4/4/4)
Plosoklaten	Trisula	12.5	49.893	-	-	Tetap TRX (4/4/4)
Polorejo	Plosokidul	16.5	49.893	-	-	Tetap TRX (4/4/4)
Kalasan	Sumberagung	25	49.893	-	-	Tetap TRX (4/4/4)

Berbeda dengan Kecamatan Plosoklaten, Kecamatan Puncu menjadi lokasi pengungsian dengan jumlah pengungsi yang cukup banyak. Di desa Puncu dan Satak misalnya jumlah pengungsi mencapai 3931 jiwa dengan estimasi jumlah *traffic* yang dibutuhkan sebesar 137.585 Erlang. Sementara itu di desa Asmorobangun dan desa Wonorejo jumlah pengungsi

mencapai 2254 jiwa dengan estimasi jumlah *traffic* yang dibutuhkan sebesar 78.89 Erlang. Dengan demikian di Kecamatan Puncu estimasi *traffic* melebihi *traffic existing* yang tersedia. Oleh karena itu diberikan beberapa keputusan agar jaringan telekomunikasi tetap tersedia. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 11 Kondisi BTS pada Sistem Jaringan Telekomunikasi Darurat di Kecamatan Puncu.

Tabel 11. Kondisi BTS Pada Sistem Jaringan Telekomunikasi Darurat Pasca Erupsi Gunung Kelud 2014 di Kecamatan Puncu

Serving BTS	Nama Desa	Traffic Estimasi (Erlangs)	Traffic Existing (Erlangs)	Traffic Tidak Tercover	PORTABLE BTS	Decision
Asmorobangun	Puncu dan Satak	137.585	49.893	87.692	1 BTS (4/4/4) Colocated Cell	Tambahkan Portable BTS
Puncu	Asmorobangun dan Wonorejo	78.89	49.893	28.997	-	Lakukan Load Sharing

Pada Kecamatan Kepung kecamatan dengan jumlah pengungsi terbanyak yang tersebar di Desa Besowo, Desa Kampung Baru dan Desa Kebunrejo. Di Desa Kampung Baru misanya, jumlah pengungsi bisa mencapai 4.185 jiwa. Dengan demikian jika ditinjau dari *traffic* estimasi diperoleh *traffic* sebesar 209.25 Erlang. Sementara *traffic* yang tersedia hanya mencapai 49.893 Erlang untuk antena GSM 900 dengan TRX 4/4/4. Oleh karena itu akan dilakukan beberapa upaya untuk menyediakan ketersediaan jaringan telekomunikasi. Untuk lebih jelasnya dapat di lihat pada Tabel 12 Kondisi BTS pada Sistem Jaringan Telekomunikasi Darurat di Kecamatan Kepung.

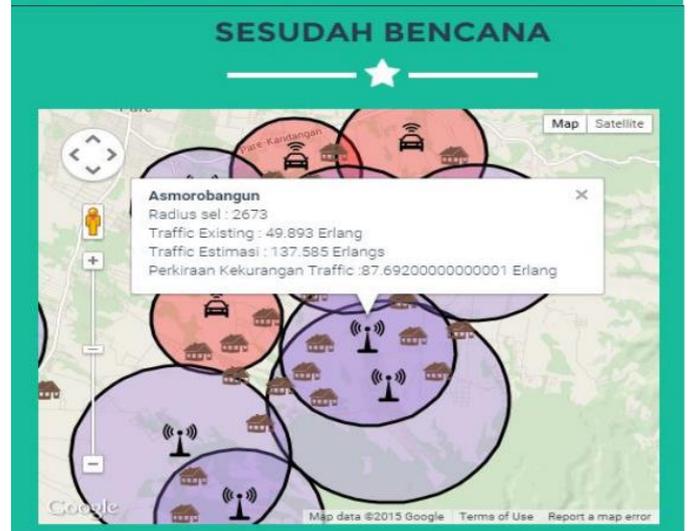
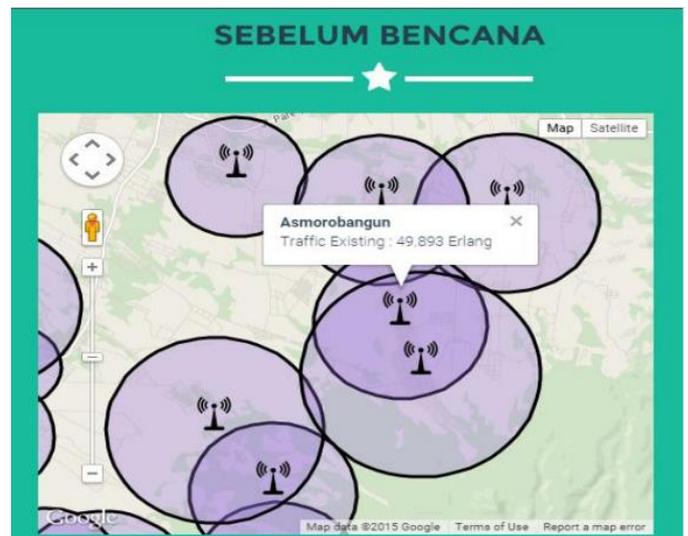
Tabel 12. Kondisi BTS Pada Sistem Jaringan Telekomunikasi Darurat Pasca Erupsi Gunung Kelud 2014 di Kecamatan Kepung

Serving BTS	Nama Desa	Traffic Estimasi (Erlangs)	Traffic Existing (Erlangs)	Traffic Tidak Tercover	PORTABLE BTS	Decision
Gadungan	Besowo	119.385	49.893	69.492	1 BTS (4/4/4) Colocated Cell	Lakukan Load Sharing
Brumbung	Kampung Baru	209.25	49.893	159.357	1 BTS (4/4/4) Colocated Cell	Lakukan Load Sharing
Kepung	Kebunrejo	105.4	49.893	55.507	-	Lakukan Load Sharing

**F. Optimasi Kapasitas BTS berdasarkan peletakan lokasi Portable Base Station**

Berikut ini optimasi berdasarkan hasil peletakan titik lokasi *Portable Base Station* di sekitar BTS *existing* Asmorobangun, dimana BTS *existing* Asmorobangun terdapat 7 lokasi pengungsian yang meliputi SD Asmorobangun 4, SMP Airlangga, Balai Desa Asmorobangun, SD Asmorobangun 3, Masjid Hidayatul Ummah, Rumah H. Sholeh dan Pasar Asmorobangun. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 12 Kondisi *traffic* sebelum bencana dan sesudah bencana di sekitar BTS Asmorobangun.

Dengan melihat kondisi *traffic* di sekitar BTS Asmorobangun, dibutuhkan *traffic* estimasi sebesar 137,585 Erlang padahal *traffic existing* yang dimiliki BTS hanya 49.893 Erlang. Sehingga *traffic* SD Asmorobangun, Balai Desa Asmorobangun dan SMP Airlangga dilayani 137 oleh *Portable Base Station*, *traffic* yang dilayani *Portable Base Station* sebesar 87,692 Erlang. Sehingga *Portable Base Station* bisa di set dengan TRx GSM 900 sebesar 4/4/4 dan TRx GSM 1800 sebesar 4/4/4. Berikut ini lokasi peletakan *Portable Base Station* ditunjukkan oleh gambar 13.



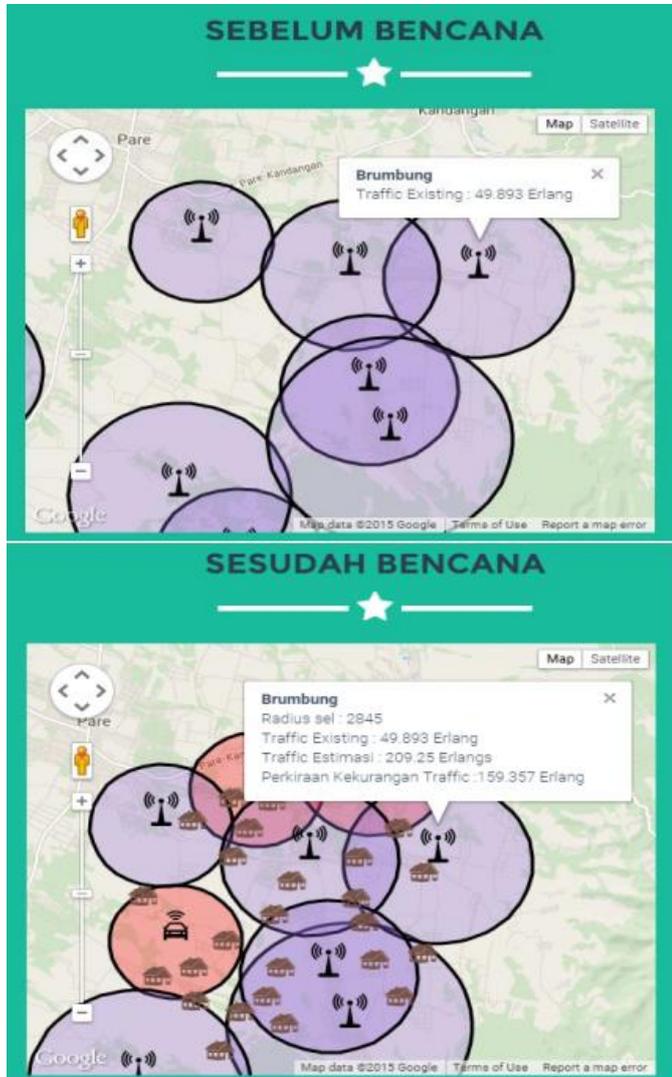
Gambar 12. Kondisi *Traffic* Sebelum dan Sesudah Bencana BTS Asmorobangun



Gambar 13. Peletakkan *Portable Base Station* di sekitar BTS Asmorobangun

Berikut ini hasil dari optimasi berdasarkan lokasi peletakkan *Portable Base Station* di sekitar BTS *existing*

Brumbung, dimana BTS Existing Brumbung terdapat 5 lokasi pengungsian yang meliputi Balai Desa Brumbung, SDN Brumbung, Balai Desa Siman, Gedung KPN Gunung dan SDN Siman I. Desa yang berada di sekitar BTS Brumbung mencakup Desa Besowo dan Desa Kebunrejo. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 14 Kondisi *traffic* sebelum bencana dan sesudah bencana di sekitar BTS Brumbung.

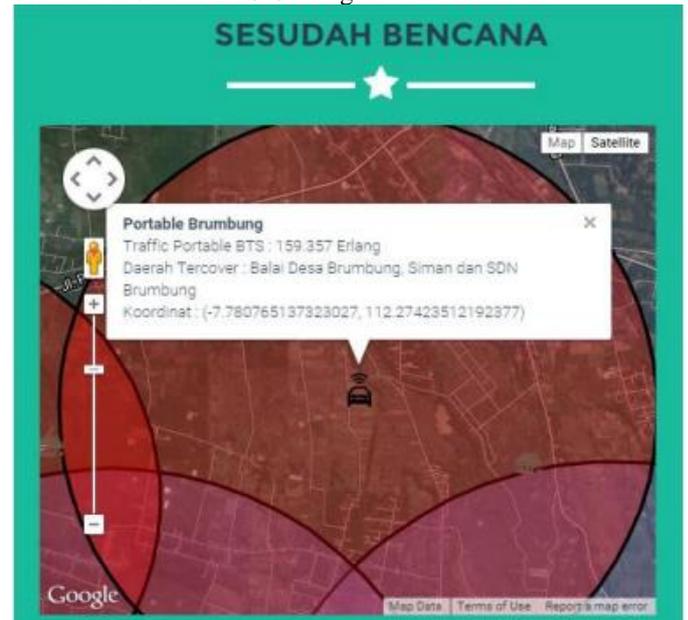


Gambar 14. Kondisi *Traffic* Sebelum dan Sesudah Bencana BTS Brumbung

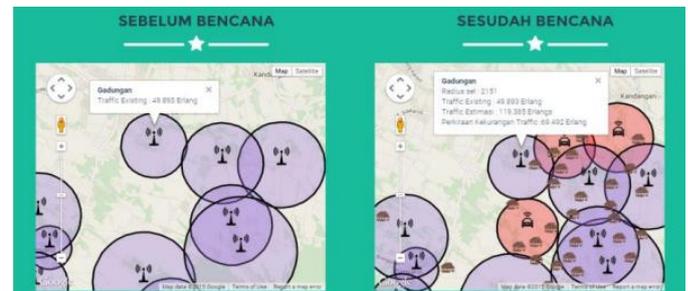
Dengan melihat kondisi *traffic* di sekitar BTS Brumbung, dibutuhkan *traffic* estimasi sebesar 209.25 Erlang padahal *traffic existing* yang dimiliki BTS hanya 49.893 Erlang. Sehingga *traffic* Balai Desa Brumbung, Balai Desa Siman dan SDN Brumbung dilayani oleh *Portable Base Station*, *traffic* yang dilayani *Portable Base Station* sebesar 159.357 Erlang. Sehingga *Portable Base Station* bisa di set dengan TRx GSM 900 sebesar 4/4/4 dan TRx GSM 1800 sebesar 8/8/8. Berikut ini lokasi peletakan *Portable Base Station* ditunjukkan oleh gambar 15.

Berikut ini hasil dari optimasi berdasarkan lokasi peletakan *Portable Base Station* di sekitar BTS existing Gadungan, dimana di BTS existing Gadungan terdapat 4 lokasi pengungsian yang meliputi MTS Mujahidin Kepung, SMP Islam Kepung, SDN Kepung 7 Purworejo, Balai Desa Krenceng. Desa yang berada di sekitar BTS Gadungan mencakup Desa Wonorejo. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat

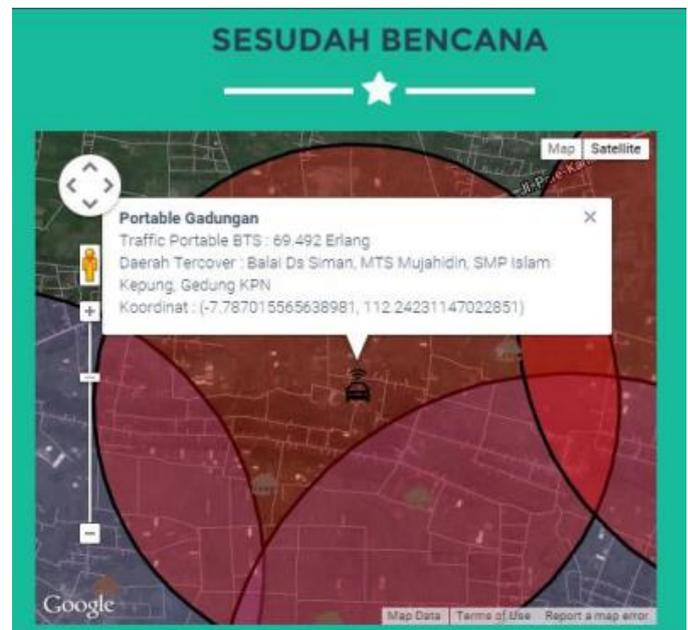
pada Gambar 16 Kondisi *traffic* sebelum bencana dan sesudah bencana di sekitar BTS Gadungan.



Gambar 15. Peletakkan *Portable Base Station* di sekitar BTS Brumbung



Gambar 16. Kondisi *Traffic* Sebelum dan Sesudah Bencana BTS Gadungan

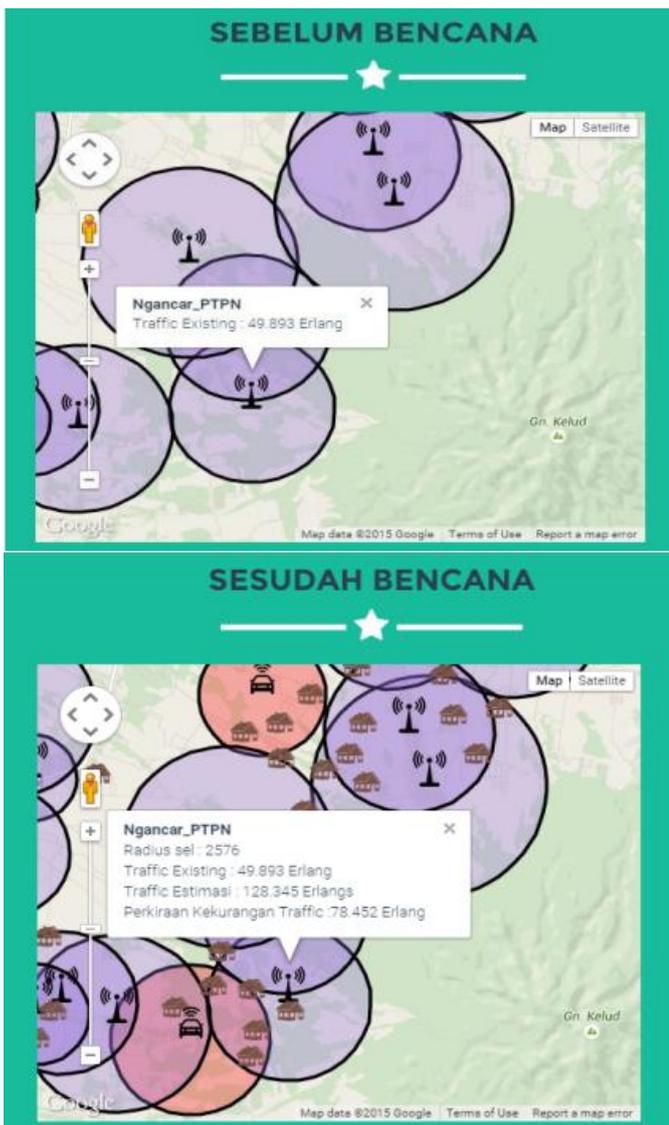


Gambar 17. Peletakkan *Portable Base Station* di sekitar BTS Gadungan

Dengan melihat kondisi *traffic* di sekitar BTS Gadungan, dibutuhkan *traffic* estimasi sebesar 119.385 Erlang padahal *traffic existing* yang dimiliki BTS hanya 49.893 Erlang. Sehingga *traffic* Balai Desa Siman, MTS Mujahidin, SMP Islam Gedung dan Gedung KPN Gunung dilayani oleh

*Portable Base Station*, *traffic* yang dilayani *Portable Base Station* sebesar 69.492 Erlang. Sehingga *Portable Base Station* bisa di set dengan TRx GSM 900 sebesar 4/4/4 dan TRx GSM 1800 sebesar 8/8/8. Berikut ini lokasi peletakan *Portable Base Station* ditunjukkan oleh gambar 17.

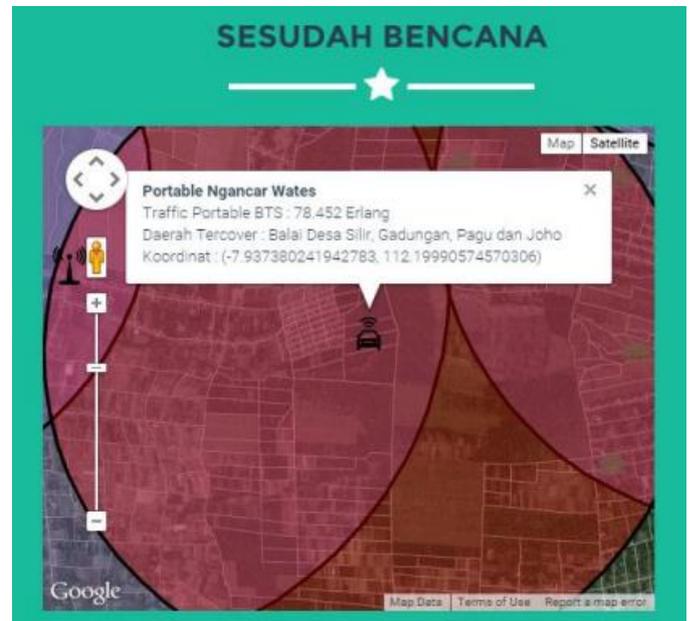
Berikut ini hasil dari optimasi berdasarkan lokasi peletakan *Portable Base Station* di sekitar BTS *existing* Ngancar PTPN, dimana di BTS *existing* Ngancar PTPN terdapat 4 lokasi pengungsian yang meliputi Balai Desa Tawang, Balai Desa Wates, Balai Desa Gadungan, Balai Desa Segaran dan Balai Desa Pojok. Desa yang berada di sekitar BTS Ngancar PTPN mencakup Desa Sugihwaras dan Desa Sempu. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 18 Kondisi *traffic* sebelum bencana dan sesudah bencana di sekitar BTS Ngancar PTPN.



Gambar 18. Kondisi *Traffic* Sebelum dan Sesudah Bencana BTS Ngancar PTPN

Dengan melihat kondisi *traffic* di sekitar BTS Ngancar PTPN, dibutuhkan *traffic* estimasi sebesar 128.345 Erlang padahal *traffic existing* yang dimiliki BTS hanya 49.893 Erlang. Sehingga *traffic* Balai Desa Siman, MTS Mujahidin, SMP Islam Gedung dan Gedung KPN Gunung dilayani oleh *Portable Base Station*, *traffic* yang dilayani *Portable Base Station* sebesar 78.452 Erlang. Sehingga *Portable Base*

*Station* bisa di set dengan TRx GSM 900 sebesar 4/4/4 dan TRx GSM 1800 sebesar 8/8/8. Berikut ini lokasi peletakan *Portable Base Station* ditunjukkan oleh gambar 19 dan salah bentuk dari pada *portable base station* yang di pasang pada saat bencana erupsi Gunung Kelud tahun 2014 di tunjukkan pada gambar 20.



Gambar 19. Peletakan *Portable Base Station* di sekitar BTS Ngancar PTPN



Gambar 20. *Portable Base Station* saat instalasi Bencana Gunung Kelud 2014

## V. KESIMPULAN

Bencana erupsi Gunung kelud yang terjadi pada tahun 2014 yang terjadi secara *eksposif* melumpuhkan Beberapa BTS *existing* yang berada pada kisaran Gunung Kelud. Selain itu terjadi peningkatan *traffic* pada BTS *existing* yang berada di sekitar tempat-tempat daerah evakuasi korban bencana erupsi Gunung Kelud. Pada Proses Mitigasi Bencana saat Erupsi Gunung Kelud 2014 dibutuhkan penambahan 4 *Portable Base Station* di Kecamatan Ngancar, Kecamatan Puncu dan Kecamatan Kepung dikarenakan *traffic* estimasi melampau batas *traffic existing*. Sesuai dengan lokasi pengungsian Bencana Gunung Kelud 2015, maka peletakan *Portable Base Station* diletakkan berdasarkan kondisi sebenarnya yaitu di sekitar BTS Brumbung dengan koordinat (-7.780765137323027, 112.27423512192377) dengan *traffic* estimasi sebesar 209,25 Erlang, disekitar BTS *existing* Asmorobangun dengan koordinat (-7.835017442317956, 112.22033344956048) dengan *traffic* estimasi sebesar

137,585 Erlang, disekitar BTS *existing* Ngancar PTPN dengan koordinat (7.937380241942788, 112.19990574570306) dengan *traffic* estimasi sebesar 128,345 Erlang, dan disekitar BTS *existing* Gadungan dengan koordinat (7.787015565638981, 112.24231147022 851) dengan *traffic* estimasi Gadungan sebesar 119,385 Erlang.

#### REFERENSI

- [1] Tribunnews.com, 2014, Status Gunung Kelud Meningkatkan Jadi Awas: Daerah Merah Beradius 10Kilometer[online]
- [2] Satuan Pelaksana Bencana Gunung Kelud 2013.
- [3] Report Telkomsel, "Kelud Eruption East Java", Surabaya, Februari, 2014.
- [4] Communication and Technology Information Commition, "Guidelines on Disaster Recovery Planning for the ICT Industry", Kingdom of Saudi.
- [5] Michael.R Bartolacci, Albenah Mihovska, Dilek Ozceylan, "Optimization Modeling and Decision Support for Wireless Infrastructure Deployment in Disaster Planning and Management," the 10th International ISCRAM Conference, Germany, May 2013.
- [6] Arabia Paolina Monica, 2010, " Compact Base Station : a new step in the evaluation of base station design", Senze Fail Consulting, 2010.
- [7] Report ITU-R M.2033, "Radio communication objectives and requirements for public protection and disaster relief", June, 2003.
- [8] Andreas Meissner, Thomas Luckenbach, Thomas Risse, Thomas Kirste, dan Holger Kirchner, "Design Challenges for an Integrated Disaster Management Communication and Information System", Institute for Open Communication Systems, Berlin, Germany, 2009.
- [9] Dr. Suvit Yodmani, David Hollister, "Disaster and Communication Technology: Perspective from Asia", Second Tampere Conference on Disaster Communication, 28-30 Mei 2001.
- [10] Tapan K. Sarkar, et al., "A Survey of Various Propagation Models for Mobile Communication", IEEE Antennas and Propagation Magazine, Vol. 45, No. 3, June 2003.
- [11] Rappaport, Theodora. S., "Wireless Communication Principle", Prentice Hall International Edition, New York, 2002.
- [12] Suroso Yulianto, "Link Budget Satelit", Satellite Communication System Engineering Training Course, Cimacam, Puncak, 16 Oktober 2012.
- [13] Regulasi Telekomunikasi Indonesia, URL: <http://denysetia.wordpress.com/regulasi-perizinan-telekomunikasi-2/perizinan-satelit/>, diakses pada tanggal 3 Juli 2013 pukul 10.00 WIB.
- [14] Suem Ping Loo, "System Design of an Integrated Terrestrial Satellite Communications Network fir Disaster Recovery", Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia, 2004.
- [15] Barry Satiman, "Algoritma Genetika", Gramedia, 2011.