

PENGARUH SAMBARAN PETIR TERHADAP SISTEM PROTEKSI PADA PERALATAN TELEKOMUNIKASI PT. TELKOM PEKANBARU

Muhammad Ibrahim*,Edy Ervianto**,Firdaus**

*Alumni Teknik Elektro Universitas Riau**Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau
Kampus Bina Widya Km 12,5 Simpang Baru Pekanbaru 28293
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Riau
Email : Muhammad_ibrahim21@yahoo.co.id

ABSTRACT

The tower BTS (Base Transceiver Station) is a high tower that is susceptible to lightning strikes. If a BTS tower was struck by lightning directly, then it would occur a more currents that flows on the system derived from the lightning surges, the lightning surge will distributed to a those channels made of metallic material with system connected to a telecommunication equipment through bonding bar. To protect the power lines from damage due to overcurrent the resulting by lightning strikes, then install the cutting tool, namely voltage surge arresters, in this case arresters used are metal oxide arrester varistor (MOV). In this research conducted to determine the arrester surge current capacity of required on the power channel that is connected to the arresters on the equipment telekomunikasis by simulation Alternative Transient Electromagnetic transients Program-Program (ATP-EMTP).

Keywords : tower BTS, surge current, arrester MOV, ATP-EMTP

PENDAHULUAN

Petir merupakan peristiwa alam mengenai muatan listrik dan pelepasan listrik elektrostatik antara awan bermuatan dengan awan dan antara awan bermuatan dengan bumi. Sambaran petir dapat merusak peralatan-peralatan elektronika dan peralatan telekomunikasi.

Sambaran petir merupakan fenomena alam yang terjadi secara random, tidak dapat dikendalikan kejadiannya dan dapat mengakibatkan kerusakan pada obyek yang disambarnya. Tower BTS merupakan salah satu struktur menara tinggi yang rentan terhadap sambaran petir secara langsung. Tower BTS yang tersambar oleh petir secara langsung, akan terjadi arus lebih mengalir pada sistem yang berasal dari surja petir, surja petir tersebut akan terdistribusi ke setiap saluran yang terbuat dari logam, dalam penelitian ini terhubung dari bonding bar. Pada umumnya beberapa saluran dilengkapi dengan peralatan proteksi petir yaitu arrester (SPD).

Jika besarnya arus terdistribusi pada saluran yang dilengkapi dengan arrester lebih besar dari kemampuan kapasitas arus arrester, maka arrester tidak dapat bekerja secara optimal untuk memproteksi peralatan telekomunikasi yang terhubung dengan saluran daya. Oleh karena itu, perlun dilakukan penelitian mengenai pengaruh

sambaran petir terhadap sistem proteksi pada peralatan telekomunikasi.

BTS (Base Transceiver Station)

BTS merupakan salah satu komponen penting dalam jaringan *mobile* yang merupakan sebagai menerima dan mengirim sinyal atau berfungsi sebagai menjembatani perangkat komunikasi pengguna dengan jaringan menuju jaringan lain. BTS terdiri dari dua bagian yaitu tower dan *shelter*.

1. Tower

Tower yang dibahas dalam penelitian disini merupakan menara yang terbuat dari rangkaian besi berbentuk segi empat, yang bertujuan untuk menempatkan antena dan radio pemancar maupun penerima gelombang telekomunikasi dan informasi.

2. Shelter

Shelter merupakan suatu tempat yang berada disamping tower, yang didalamnya terdapat berbagai macam perangkat telekomunikasi.

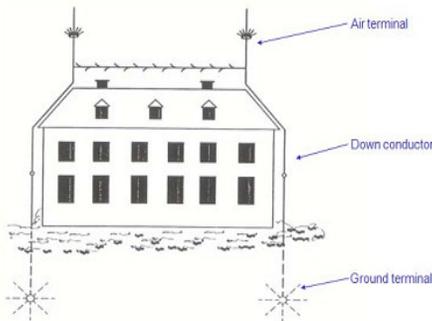
Sistem Proteksi Petir pada Peralatan Telekomunikasi

Sistem proteksi petir merupakan sistem pengamanan yang dilakukan terhadap peralatan-peralatan telekomunikasi. Berdasarkan skema, sistem proteksi petir dapat dibagi menjadi dua

bagian, sistem proteksi eksternal dan sistem proteksi internal.

Sistem Proteksi Eksternal

Sistem proteksi eksternal merupakan sebagai pengaman suatu menara atau bangunan untuk mencegah dan menghindari bahaya yang ditimbulkan oleh sambaran petir, maka saran inilah yang akan menyalurkan arus petir ke dalam tanah dengan aman tanpa menimbulkan bahaya bagi manusia atau benda berbahaya yang berada didalam atau sekitarnya. Sistem proteksi eksternal pada dasarnya terdiri dari terminasi udara (*Air Terminal*), konduktor penyalur (*Down Conductor*), dan Sistem pembumian (*Grounding*).



Gambar 1. Perancangan Sistem Proteksi Petir untuk Rumah

Air Terminal

Terminasi udara berfungsi sebagai mengundang dan menghantarkan sambaran petir ke konduktor penyalur. Terminasi udara pada penelitian ini berupa batang tembaga yang dipasang diatas menara secara tegak yang ujungnya runcing. Dibuat runcing karena muatan listrik mempunyai sifat mudah terkumpul dan lepas pada ujung logam yang runcing. Dengan demikian dapat memperlancar proses tarik menarik dengan muatan listrik yang ada di awan.

Down Conductor

Konduktor penyalur adalah konduktor yang menyalurkan arus petir dari terminasi udara untuk kemudian disalurkan ke elektroda pembumian. Konduktor penyalur terdiri atas jalur resistansi rendah untuk mengalirkan arus ke elektroda pembumian dengan aman. Kabel konduktor harus dipasang vertical atau tegak lurus di atas pemungkaan bumi sehingga tercipta jarak pendek antara ujung menara atau bangunan dengan tanah. setiap tower BTS minimal memiliki satu

konduktor penyalur penghubung tanah yang diletakkan di sudut tower.

Grounding System

Sistem pembumian yang berfungsi mengalirkan muatan listrik dari konduktor penyalur ke tanah. elektroda pembumian ditanam didalam tanah yang terdiri dari satu atau beberapa elektroda dengan cara tertentu untuk mendapatkan tahanan pentanahan yang diinginkan. Elektroda pembumian tersebut membuat kontak langsung dengan bumi. Penghantar pembumian yang tida berisolasi yang ditanam dalam tanah dianggap sebagai bagian elektroda tanah.

Sistem Proteksi Internal

Berdasarkan pengertian dari IEC (*International Electrotechnical Commission*) TC 81/1989 yang dikutip oleh (Sepannur, 2014) tentang konsep Lightning Protection Zone (LPZ), sistem proteksi internal adalah proteksi eralatan elektronik terhadap efek dari arus petir. Terutama efek medan magnet dan medan listrik pada intalasi metal atau sistem listrik. Proteksi internal terdiri atas pencegahan terhadap dampak sambaran langsung, pencegahan terhadap dampak sambaran tidak langsung, dan ekuipotensialisasi. Sistem proteksi internal dapat terdiri dari SPD (*Surge Protective Devices*), *shelter*, dan Bonding.

Arrester atau SPD (*Surge Protective Devices*)

SPD atau arrester ini bekerja sebagai alat pemotong teganganlebih dan menghantarkan arus petir ke tanah. merupakan pelindung bagi peralatan sistem tenaga listrik terhadap surja petir. Ia berlaku sebagai jalan pintas sekitar isolasi. SPD membentuk jalan yang mudah dilalui oleh arus kilat atau surja petir, sehingga tidak timbul tegangan lebih yang tinggi pada peralatan. Jalan pintas itu harus sedemikian rupa sehingga tidak mengganggu aliran arus daya yang dapat merusak peralatan telekomunikasi. SPD dalam keadaan normal sebagai isolator sedangkan dalam keadaan gangguan sebagai konduktor.

Shelter

Shelter merupakan bangunan yang berada di samping menara tower yang diperuntukkan sebagai tempat melindungi ruangan atau area perangkat-perangkat telekomunikasi yang rentan dari induksi elektromagnetik yang disebabkan oleh arus petir yang mengalir melalui konduktor yang terbuat dari bahan metal. Sehingga dalam

kontruksi dinding dan lantai secara khusus didesain untuk menghilangkan induksi elektromagnetik. Pada umumnya perangkat telekomunikasi yang berada dalam *shelter* adalah *rectifier*, PDB (*Power Distribution Board*), MDP (*Main Distribution Panel*), AC (*Air Conditioner*), dan Alarm.

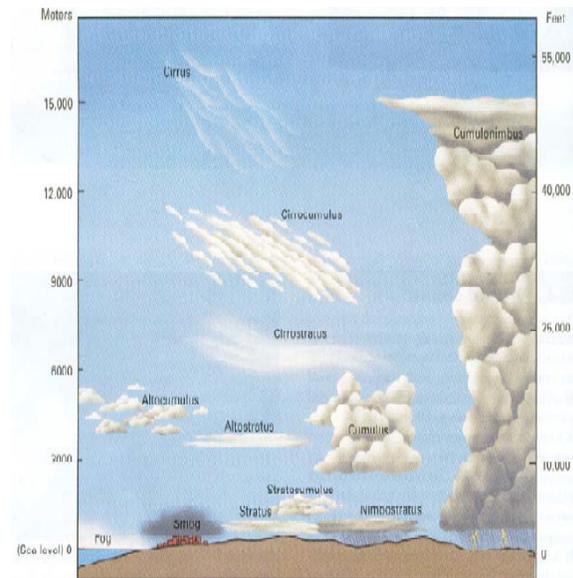
Bonding

Bonding berfungsi sebagai menghilangkan perkecil perbedaan tegangan diantara bagian-bagian metal dan sistem dalam ruangan diproteksi terhadap petir. Pada umumnya bonding digunakan untuk sistem dalam ruangan, diamana titik bonding harus diintegrasikan ke sistem pembumian hanya pada satu titik.

Petir

Petir didefinisikan sebagai kilatan besar yang terjadi karena lompatan muatan listrik di atmosfer atau diantara atmosfer dengan tanah di bumi

Sumber terjadinya petir adalah awan *Cummulonimbus* atau awan guruh yang berbentuk gumpalan dengan ukuran vertical lebih besar dari ukuran horizontal (Gambar 2.2). Ukuran vertical dapat mencapai 14 KM dan ukuran horizontal berkisar 1,5 sampai 7,5 KM. karena ukuran vertikalnya yang cukup besar terjadinya perbedaan *temperature* antarabagian bawah dengan bagian atas. Bagian bawah bisa mencapai 5° C sedangkan bagian atas -60° C.



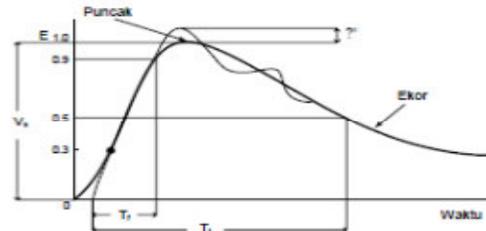
Gambar 2. Nama Awan Berdasarkan Bentuk dan Ketinggian

Parameter Petir

Parameter petir menyatakan karakteristik atau penggambaran petir itu sendiri. Parameter petir cukup banyak, terutama yang berkaitan dengan usaha-usaha proteksi petir. Selain itu, parameter petir ini juga berguna dalam studi efek perusahaan akibat sambaran petir dan kemungkinan pemanfaatannya. Parameter-parameter tersebut antara lain bentuk gelombang petir, kerapatan sambaran, arus puncak, kecuraman gelombang.

Bentuk Gelombang Petir

Bentuk tegangan impul petir dinyatakan dalam dua besaran yakni, waktu muka (T_f) yang menyatakan lamanya muka gelombang (*front duration*) dan kecuraman pada waktu ekor (T_r). Bentuk tegangan impuls petir dapat dinyatakan dengan bentuk gelombang seperti ditunjukkan pada gambar 3. Dibawah ini.



Gambar 3. Bentuk Tegangan Impuls Petir

Kecuraman Gelombang

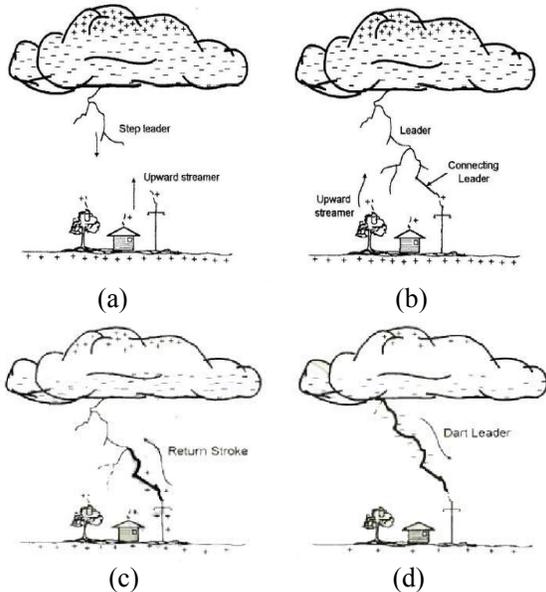
Kecuraman gelombang merupakan salah satu parameter paling penting. Parameter ini menyatakan kecepatan kenaikan arus muka gelombang petir dalam setiap satuan waktu (di/dt). Semakin besar nilai arus dalam setiap satuan waktu, berarti semakin curam bentuk gelombang arusnya dan semakin pendek durasi muka gelombang (*front duration*).

Proses Terjadinya Sambaran Petir

Angin kencang yang meniup awan akan membuat awan mengalami pergeseran secara horizontal maupun vertical, ditambah dengan benturan antara titik-titik air yang dalam awan tersebut dengan partikel-partikel udara yang dapat memungkinkan terjadinya pemisahan muatan listrik di dalam awan tersebut. butiran air yang bermuatan positif, biasanya berada dibagian atas dan yang bermuatan negative dibagian bawah. Dengan adanya awan bermuatan induksi pada permungkaan bumi sehingga menimbulkan medan listrik antar bumi dengan awan.

Meningingat dimensi bumi dianggap rata terhadap awan sehingga bumi dan awan dianggap sebagai dua plat sejajar membentuk kapasitor. Jika medan listrik yang terjadi melebihi medan tembus udara, maka akan terjadi pelepasan muatan. Terjadinya pelepasan udara inilah yang disebut sebagai petir. Setelah adanya peluahan di udara sekitar awan bermuatan yang medan listriknya cukup tinggi, terbentuk peluahan awal yang biasa disebut *pilot leader*. *pilot leader* ini menentukan arah perambatan muatan dari awan ke udara, diikuti dengan titik-titik cahaya.

Setiap sambaran petir bermula dari suatu lidah petir (*leader*) yang bergerak turun dari awan bermuatan dan disebut *downward leader* (lihat pada gambar 4. a). *downward leader* ini bergerak menuju bumi dalam bentuk langkah-langkah yang disebut *step leader*. Pergerakan *step leader* ini arahnya selalu berubah-ubah sehingga secara keseluruhan arah jalannya tidak beraturan dan patah-patah. Panjang setiap 50 m (dalam rentang 3-200 sm), dengan interval waktu antara setiap step $\pm 50 \mu s$ (30-125 μs). dari waktu ke waktu, dalam perambatannya ini *step leader* mengalami percabangan sehingga terbentuk lidah petir yang bercabang-cabang.



Gambar 4. Tahapan Proses Sambaran Petir

Ketika *leader* bergerak mendekati bumi, maka ada beda potensial yang makin tinggi antara ujung *step leader* dengan bumi hingga terbentuk peluahan mula yang disebut *upward streamer* pada permungkaan bumi atau objek akan bergerak ke atas menuju ujung *step leader*. Apabila *upward*

leader telah masuk ke zona jarak sambaran atau *striking distance*, terbentuk petir penghubung (*connecting leader*) yang menghubungkan ujung *step leader* dengan objek yang disambar (Gambar 4.b). setelah itu akan timbul sambaran balik (*return stroke*) yang bercahaya sangat terang bergerak dari bumi atau objek menuju awan dan melepas muatan di awan (Gambar 4.c)

Jalan yang ditempuh oleh *return stroke* sama dengan jalan turunnya *step leader*, hanya arahnya yang berbeda. Kemudian terjadi sambaran susulan (*subsequent stroke*) dari awan menuju bumi atau objek tersebut. sambaran susulan ini tidak memiliki percabangan dan biasa disebut lidah panah atau *dart leader* (Gambar 4.d). pergerakan dari *leader* ini sekitar 10 kali lebih cepat dari *leader* yang pertama (sambaran pertama atau *first stroke*) (Nedi, 2011).

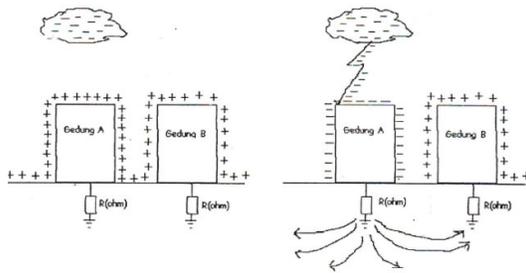
Kerusakan Akibat Sambaran Tidak Langsung

Kerusakan jenis ini terjadi karena petir menyambar suatu titik lokasi misalnya pada suatu menara telekomunikasi kemudian terjadi hantaran secara induksi melalui kabel yang bebahan metal yang bersifat konduktif sampai jarak tertentu yang tanpa disadari telah merusak peralatan elektronik yang jarak nya jauh dari lokasi sambaran semula.

Sambaran tidak langsung ini menimbulkan efek yang cukup merusak, karena gelombang surja petir yang terjadi dapat menginduksi atau merambat k sistem telekomunikasi akibat adanya perangkat (*Coupling*) yang dapat dibedakan menjadi *Coupling Resistive*, *Coupling Inductive*, dan *Coupling Capacitive*.

1. Coupling Resistive

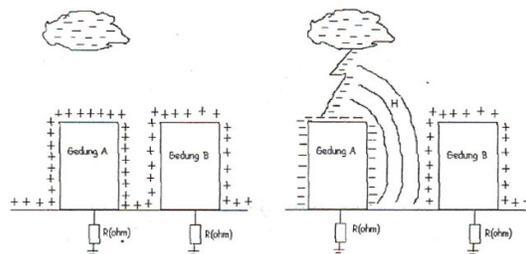
Merupakan kpling yang terjadi akibat adanya perbedaan tegangan antara dua bangunan pada saat petir menyambar. Perbedaan tegangan terjadi karena tahanan pembumian pada bangunan tidak saling terhubung. Akibatnya akan berpengaruh pada sistem pertanahan bangunan dimana pada sistem pertanahan yang berbeda akan memiliki nilai potensial yang berbeda pula sehingga akan dimungkinkan mengalirnya tegangan balik melalui sistem tenaga listrik yang ada pada bangunan tersebut yang tentu saja menimbulkan kerusakan sepanjang jalur dilaluinya. Pada gambar 2.5 dapat dilihat bahwa saat gedung A dialiri arus petir, maka akan terdapat tegangan pada pembumian gedung B akibat tahanan pembumian yang dimiliki gedung tersebut sehingga arus dapat mengalir pada gedung B.



Gambar 5. Mekanisme *Coupling Resistive*

2. *Coupling Inductive*

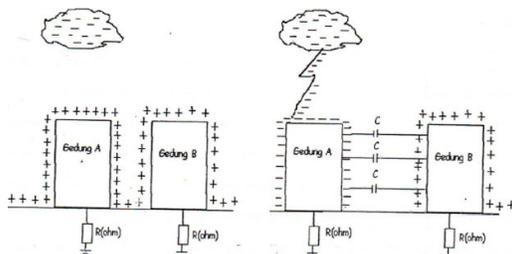
Merupakan kopling yang terjadi mengalirnya arus petir melalui suatu objek (bangunan A) sehingga timbul medan magnet akibat arus petir tadi karena adanya induktansi pada penghantar dari gedung A (Gambar 6). Akibat gedung B akan merasakan induksi magnetik dimana konduktor yang terdapat pada gedung B yang berdekatan dengan gedung A akan bertegangan.



Gambar 6. Mekanisme *Coupling Inductive*

3. *Coupling Capacitive*

Akibat konsentrasi muatan pada awan petir, maka permungkaan bumi akan terinduksi (Gambar 7). Setelah arus petir menyambar gedung A, akan terdistribusi muatan-muatan negative pada gedung tersebut. akibat terdapat beda potensial antarakonduktor pada gedung A dan gedung B, sehingga udara diantara konduktor-konduktor tersebut akan membentuk susunan kapasitor.



Gambar 7. Mekanisme *Coupling Capacitive*

METODE PENELITIAN

Pemodelan Menggunakan ATP-EMT

Penelitian ini menggunakan fasilitas ATPDraw dari *software* EMTD untuk memodelkan dan mensimulasikan pengaruh sambaran petir terhadap sistem proteksi pada peralatan telekomunikasi.

ATPDraw adalah program grafis untuk versi ATP dari Electromagnetic Transient Program (EMTP) untuk window. ATP termasuk salah satu program yang digunakan secara luas untuk simulasi digital dari fenomena transient elektromagnetik. sebagaimana kejadian elektromagnetik sesungguhnya pada sistem tenaga listrik. Pada program ini pengguna dapat merancang dan mengedit suatu bentuk atau model dari jaringan atau rangkaian listrik ke dalam computer untuk disimulasikan dalam bentuk grafis. Dalam membuat pemodelan rangkaian elektronik dengan memilih komponen yang telah tersedia. Pada penelitian ini komponen-komponen yang akan digunakan pada ATP-EMTP antara lain adalah:

Model Surja Petir

Model surja petir yang digunakan dalam pemodelan adalah tipe heidler.



Gambar 8. Model Tipe Heidler

Model Konduktor Penyalur

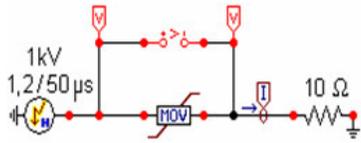
Konduktor penyalur dalam pemodelan adalah rangkaian R dan L terhubung secara seri.



Gambar 9. Model Konduktor Penyalur

Model Arrester atau SDP

Model arrester atau SDP (*Surge Protection Devices*) yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Zinc Oxide Varistor* (MOV). Arrester MOV dapat dimodelkan sebagai rangkaian arrester seri. Contoh dapat dilihat pada gambar dibawah, rangkaian sederhana dari model arrester MOV yang diajukan oleh (Jaroslaw, 2012).



Gambar 10. Rangkaian Sederhana Arrester MOV

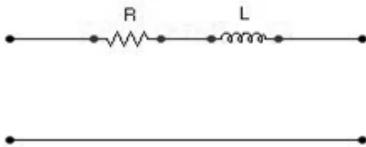
Pada arrester MOV karakteristik data parameter arus dan tegangan tergantung pada kecuraman muka gelombang arus petir.

Tabel 1. Data Karakteristik Arus dan Tegangan Arrester MOV

T_f/T_t ($\mu s/\mu s$)	I (A)	V (kV)	T_f (μs)
1/5	1000	-	2,07
1/5	5000	-	2,07
1/5	10000	-	2,07
8/20	1000	23,4	16,55
8/20	5000	26,1	16,55
8/20	10000	27,6	16,55
8/20	20000	30,6	16,55
30/60	125	20,3	56,7
30/60	250	21,4	56,7
30/60	500	22,1	56,7
30/60	1000	23,0	56,7

Model Saluran Daya PLN

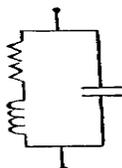
Model saluran daya PLN yang digunakan model saluran daya untuk saluran pendek.



Gambar 11. Model Rangkaian Saluran Daya PLN

Model Transformator pada Sisi Tegangan Rendah

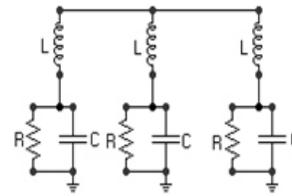
Model Transformator tegangan rendah pada sisi sekunder akan dimodelkan berikut :



Gambar 12. Model Transformator

Model Sistem Pentanahan

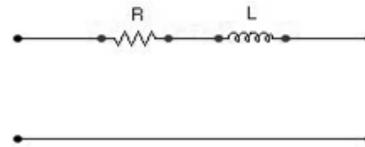
Sistem pentanahan dimodelkan dalam bentuk rangkaian ekivalen.



Gambar 13. Model Rangkaian dengan Tiga Elektroda Pentanahan

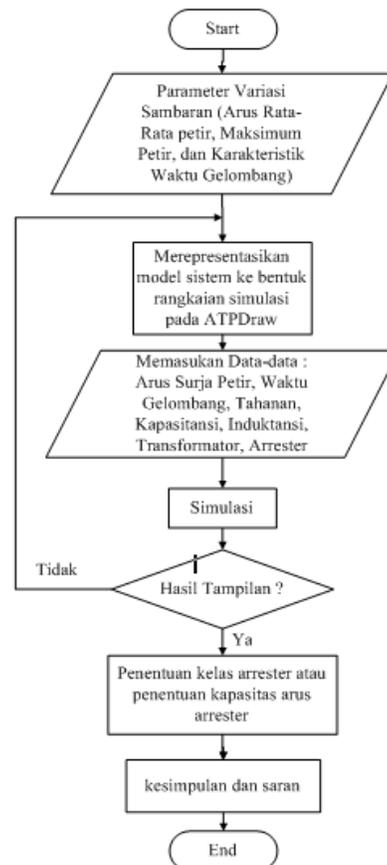
Model Saluran Peralatan Telekomunikasi

Pemodelan pada saluran peralatan telekomunikasi akan dimodelkan sama dengan saluran daya pada PLN.



Gambar 14. Model Saluran Peralatan Radio

Rancangan Penelitian



Gambar 15. Skema Diagram Alir Penelitian

Teknik Analisa Data

Langkah-langkah pengolahan data untuk menghitung pengaruh sambaran petir terhadap sistem proteksi pada BTS, yaitu:

Menentukan variasi parameter-parameter sambaran petir (arus puncak maksimum, arus puncak rata-rata sambaran, dan karakteristik waktu gelombang) yang berada di Pekanbaru.

Menentukan tahanan dan induktansi pada konduktor penyalur

$$R_{rod} = \rho \frac{\ell}{S}$$

$$L_{rod} = 2\ell \times \log\left(\frac{2\ell}{a}\right) \cdot 10^{-7}$$

Menentukan besar tahanan, kapasitansi dan induktansi pertanahan dari batang elektroda pembumian

$$R = \frac{\rho}{4\pi l} \left[\ln\left(\frac{32l}{d \cdot d_{12}}\right) - 2 + \frac{d_{12}}{2l} - \frac{d_{12}^2}{16 l^2} \right]$$

$$C = \frac{2\pi \epsilon_r \epsilon_0 l}{\ln\left(\frac{d_{12}}{d}\right)}$$

$$L = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \pi \cdot l \cdot \left[\ln\left(\frac{1}{r}\right) + \ln(d_{12}) \right]$$

Menentukan tahanan dan induktansi saluran daya dari PLN dan peralatan telekomunikasi

$$R = \rho \frac{\ell}{S}$$

$$L = 2 \times 10^{-7} \ln \frac{D_{eq}}{D_s} H/m$$

Membuat pemodelan sistem proteksi pada peralatan telekomunikasi dengan ATP-EMTP.

Mensimulasikan dan menganalisa arus surja yang masuk kesaluran daya listrik pada peralatan telekomunikasi dengan menggunakan software ATP-EMTP.

Menentukan kapasitas arus arrester yang di butuhkan pada setiap saluran daya listrik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Umum

Sistem proteksi merupakan suatu usaha untuk melindungi suatu objek dari bahaya yang diakibatkan petir, baik itu secara langsung maupun tak langsung.

Bangunan-bangunan tinggi diantaranya menara telekomunikasi merupakan salah satu objek penting dilindungi terhadap bahaya petir.

Menara telekomunikasi milik PT. Telkom (salah satu operator telekomunikasi di Indonesia) yang memiliki ketinggian 100 meter adalah satu objek penting untuk dilindungi mengingat

fungsinya vital dalam menjaga, kontinuitas layanan data *voice* bagi pelanggan. Infrastruktur perangkat peralatan telekomunikasi yang ditunjang oleh perkabelan kabel data baik dari antenna di tower maupun jaringan kabel pelanggan (*Voice, Video, dll*) dan kabel *power* dari sumber di luarnya adalah suatu keharusan untuk melindunginya dari kerusakan yang diakibatkan oleh sambaran petir.

Presentasi Data

Untuk menganalisa dan menghitung pengaruh sambaran petir terhadap sistem proteksi pada peralatan telekomunikasi PT. Telkom Pekanbaru, diperlukan data-data pendukung seperti data kondisi *existing* menara, *shelter*, genset, proteksi eksternal, proteksi internal, saluran jaringan tegangan rendah PLN, dan saluran daya pada peralatan telekomunikasi.

Tabel 2. Data Kondisi *Existing* menara, *Shelter* dan Bangunan Genset

Jenis Bangunan	Panjang	Lebar	Tinggi	Luas
Menara	14 m	14 m	100 m	196 m ²
<i>Shelter</i>	33 m	22 m	7 m	726 m ²
Genset	36 m	8,7 m	3,1 m	331,2 m ²

Tabel 3. Data Proteksi Eksternal

Komponen		Menara	<i>Shelter</i>
Konduktor Penyalur	Bahan	Tembaga	Tembaga
	Ukuran	50 mm	50 mm
	Panjang	104 m	15,5 m
	Bentuk	Pilin	Pilin
	Jumlah	1	6
Elektroda Pembumian	Jarak	1 m	0,5
	Jenis	Batang	Batang
	Panjang	2 m	1 m
	Diameter	3/4 inch	3/4 inch
	Jumlah	3	6
	Tahanan Jenis Tanah (ρ)	200 Ohm.m	200 Ohm.m

Tabel 4. Data Proteksi Internal pada Konduktor *Grounding*

Peralatan	Panjang (m)	Jenis Bahan	Ukuran (mm ²)
PLN	63	BC	50
Genset	63,5	BC	50
<i>Rectifier</i>	20	BC	35
Transmisi	25	BC	35
Sentral	32	BC	35
Distribusi	27	BC	35
<i>Shelter</i>	5	BC	50

Tabel 5. Proteksi Internal pada Arrester

Peralatan	Spesifikasi	Satuan	
PLN Genset Rectifier	<i>Class</i>	-	B
	<i>Type</i>	-	V25-B
	<i>Principle of Operation</i>	-	MOV
	<i>Max. Continuous Operating Voltage</i>	V	280
	<i>Nominal Voltage</i>	V	220
	<i>Voltage Protection Level</i>	kV	<0,9
	<i>Max. Discharge Capacity</i>	kA	100
Transmisi Sentral Distribusi	<i>Class</i>	-	C
	<i>Type</i>	-	V20-C
	<i>Principle of Operation</i>	-	MOV
	<i>Max. Continuous Operating Voltage</i>	V	75
	<i>Nominal Voltage</i>	V	48
	<i>Voltage Protection Level</i>	V	400
	<i>Max. Discharge Capacity</i>	kA	40

Tabel 6. Data Transformator

Spesifikasi	Satuan	
Daya Nominal	kVA	160
Tegangan	kV/V	20/400-231
Hubungan	-	Δ/Y
Arus	A	4,60/231-299

Tabel 7. Data Saluran Daya pada Peralatan Telekomunikasi

Peralatan	Panjang (m)	Ukuran (mm ²)	Jenis Penghantar
Rectifier	4,5	16	NYA
Transmisi	10	16	NYA
Sentral	15	16	NYA
Distribusi	6	16	NYA

Tabel 8. Data Parameter Petir di Indonesia

Kota	I (kA)	di/dt (kA/ μ s)
Sabang	39,65	15,63
Aceh Besar	39,99	15,75
Medan	50,33	21,89
Brastagih	56,87	23,56
Pekanbaru	41,56	16,38
Batam	40,69	16,03
Bintan	41,47	16,35
Padang	54,82	22,56
Bukittinggi	55,98	23,58

Padang Panjang	55,12	23,24
Solok	53,21	22,32
Palembang	43,25	17,98
Pagar Alam	47,02	18,83
Lahat	45,68	18,02
Tanjung Inim	41,23	16,00
Lubuk Linggau	42,78	17,23
Bengkulu	45,23	18,20
Kaphiang	44,56	17,99
Lampung	38,61	15,23
DKI Jakarta	37,58	13,23
Depok	43,23	17,91
Bogor	44,36	18,00

Simulasi dengan ATP-EMTP

Model tersebut digambarkan dan dijalankan (*run*) dengan menggunakan program ATPDraw. Data dari hasil simulasi adalah besarnya arus yang terdistribusi kemasing-masing saluran daya yakni saluran daya JTR PLN (I_{pln}), saluran daya genset (I_{gen}), saluran daya *rectifier* (I_{rec}), saluran daya transmisi (I_{tra}), saluran daya sentral (I_{sen}), dan saluran daya distribusi (I_{dis}) dengan beberapa variable, yakni nilai arus surja rata-rata sebesar 41,56 kA, nilai arus surja maksimum sebesar 200 kA dan gelombang arus surja sebesar 8/20 μ s.

Pada simulasi ini, parameter komponen yang digunakan adalah:

Tahanan dan induktansi konduktor penyalur, (R_{kpm}) sebesar 36,81 m Ω , dan (L_{kpm}) sebesar 160,51 μ H.

Tahanan, induktansi, dan kapasitansi elektroda pembumian pada menara, (R_{pmm}) sebesar 65,25 Ω , (L_{pmm}) sebesar 7,54 μ H, dan (C_{pmm}) sebesar 22,35 pF.

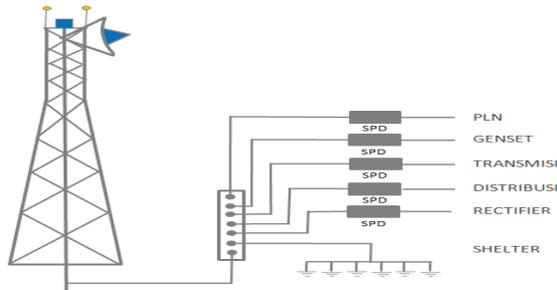
Tahanan, induktansi, dan kapasitansi elektroda pembumian pada *shelter*, (R_{pms}) sebesar 10,8 Ω , (L_{pms}) sebesar 4,4 μ H, (C_{pms}) sebesar 9,31 pF.

Tahanan dan induktansi pada parameter konduktor *Bonding*, tahanan PLN (R_{pln}) sebesar 22,3 m Ω , Induktansi PLN (L_{pln}) sebesar 49,17 μ H, tahanan genset (R_{gen}) sebesar 22,48 m Ω , induktansi genset (L_{gen}) sebesar 50,8 μ H, tahanan *rectifier* (R_{rec}) sebesar 7,08 m Ω , induktansi *rectifier* (L_{rec}) sebesar 17,20 μ H, tahanan transmisi (R_{tra}) sebesar 12,64 m Ω , induktansi transmisi (L_{tra}) sebesar 22,28 μ H, tahanan sentral (R_{sen}) sebesar 16,18 m Ω , induktansi sentral (L_{sen}) sebesar 28,22 μ H, tahanan distribusi (R_{dis}) sebesar 13,65 m Ω , induktansi distribusi (L_{dis}) sebesar 24,06 μ H, tahanan *shelter* (R_{she}) sebesar 1,77 m Ω , dan induktansi *shelter* (L_{she}) sebesar 3,15 μ H.

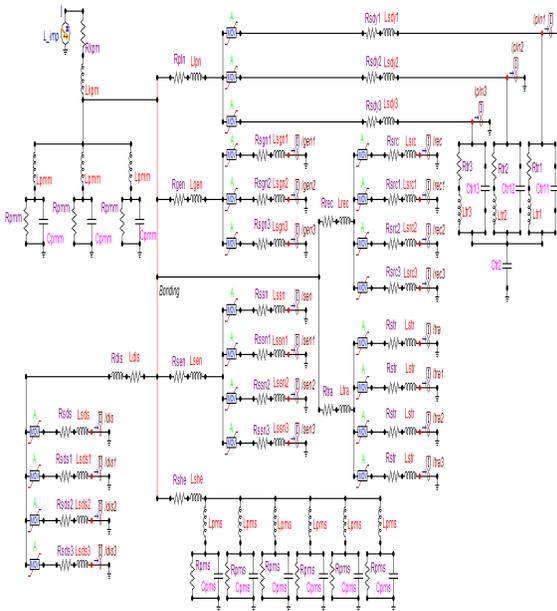
Tahanan dan induktansi pada saluran daya PLN, (R_{sdy}) sebesar 10,03 m Ω , dan (L_{sdy}) sebesar 15,45 μ H.

Tahanan, induktansi, kapasitansi belitan dan kapasitansi belitan tanah transformator, (R_{tr}) sebesar 7,88 m Ω , (L_{tr}) sebesar 119 μ H, dan (C_{tr1}) sebesar 0,759 μ H, dan (C_{tr2}) sebesar 0,03 μ H.

Tahanan dan induktansi saluran peralatan telekomunikasi, tahanan genset (R_{sgn}) sebesar 0,88 m Ω , induktansi genset (L_{sgn}) sebesar 2,83 μ H, tahanan *rectifier* (R_{src}) sebesar 1,59 m Ω , induktansi *rectifier* (L_{src}) sebesar 2,5 μ H, tahanan transmisi (R_{str}) sebesar 11,06 m Ω , induktansi transmisi (L_{str}) sebesar 5,98 μ H, tahanan sentral (R_{ssn}) sebesar 16,6 m Ω , induktansi sentral (L_{ssn}) sebesar 8,97 μ H, tahanan distribusi (R_{sds}) sebesar 6,97 m Ω , dan induktansi distribusi (L_{sds}) sebesar 4,33 μ H



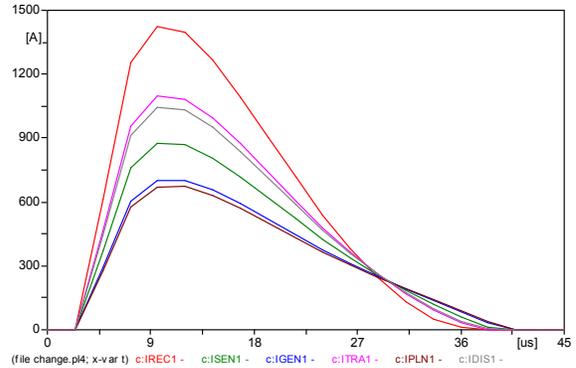
Gambar 16. Skema Sistem Proteksi pada Peralatan Telekomunikasi PT. Telkom Pekanbaru



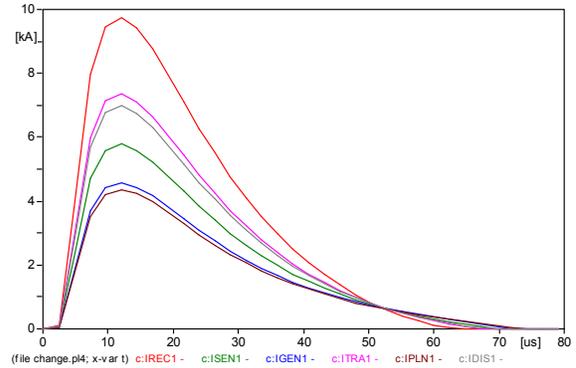
Gambar 17. Model Rangkaian Menggunakan ATP-EMTP

Pembahasan

Hasil simulasi adalah besarnya arus yang terdistribusi per saluran pada saluran daya PLN (I_{pln}), saluran daya genset (I_{gen}), saluran daya *rectifier* (I_{rec}), saluran daya transmisi (I_{tra}), saluran daya sentral (I_{sen}), dan saluran daya distribusi (I_{dis}). Pada gambar 18 dan 19 adalah hasil dari simulasi dengan arus surja sebesar 41,56 kA dan 200 kA dengan gelombang arus surja sebesar 8/20 μ s.



Gambar 18. Hasil Simulasi untuk Arus Surja 41,56 kA



Gambar 19. Hasil Simulasi untuk Arus Surja 200 kA.

Dari hasil simulasi yang ditambahkan melalui grafik, terlihat semakin dekat dengan objek sambaran maka semakin besar pengaruh petir pada peralatan dan semakin besar arus surja petir di injeksikan maka semakin besar nilai arus mengalir pada saluran daya PLN (I_{pln}), saluran daya genset (I_{gen}), saluran daya *rectifier* (I_{rec}), saluran daya transmisi (I_{tra}), saluran daya sentral (I_{sen}), dan saluran daya distribusi (I_{dis}).

Penentuan Kapasitas Arus Arrester

Untuk melindungi Untuk melindungi masing-masing saluran daya dari kerusakan akibat arus lebih yang dihasilkan oleh sambaran petir,

maka dipasanglah alat pemotong tegangan dan menghantarkan arus surja ke tanah yaitu SPD atau arrester, dalam hal ini SPD, yang digunakan adalah arrester MOV. Penentuan kapasitas arus surja yang dibutuhkan oleh arrester pada suatu peralatan telekomunikasi adalah arus surja maksimum atau arus pelepasan maksimum yang mengalir pada masing-masing saluran daya dengan mempertimbangkan kecilnya kemungkinannya arus puncak surja petir yang akan terjadi atau probabilitas yang paling kecil. Berdasarkan nilai arus surja 200 kA, besar arus surja yang dirasakan oleh masing-masing saluran daya adalah pada saluran daya PLN sebesar (4,4 kA), saluran daya genset sebesar (4,6 kA), saluran daya sentral (5,8 kA), saluran daya *rectifier* sebesar (9,8 kA), saluran daya distribusi sebesar (7 kA), dan saluran daya transmisi sebesar (7,4 kA). sehingga arrester yang direkomendasikan pada masing-masing saluran daya, bila faktor probabilitas yang paling kecil diperhitungkan adalah arrester pada saluran daya PLN, genset, dan *rectifier* mempunyai kapasitas arus surja 16,7 kA per *pole* tanpa memperhitungkan gangguan arus surja dari saluran daya PLN, pada saluran daya transmisi mempunyai kapasitas arus surja 10 kA per *pole* dan arrester pada saluran daya sentral dan distribusi mempunyai kapasitas arus surja sebesar 7 kA per *pole*.

Tetapi jika mempertimbangkan probabilitas sambaran yang sering terjadi, maka distribusi arus maksimum yang akan melewati masing-masing saluran daya PLN sebesar (672 A), saluran daya genset sebesar (602 A), saluran daya sentral sebesar (872 kA), saluran daya *rectifier* sebesar (1,5 kA), saluran daya distribusi sebesar (1,05 kA), dan saluran daya transmisi sebesar (1,1 kA) pada saat sambaran petir 41,56 kA. jadi arrester yang direkomendasikan untuk digunakan pada saluran daya PLN, genset, dan *rectifier* mempunyai kapasitas arus surja 16,7 kA per *pole* dan arrester pada saluran daya sentral, distribusi dan transmisi mempunyai kapasitas arus surja sebesar 2 kA per *pole*.

KESIMPULAN

Semakin dekat dengan objek sambaran maka semakin besar pengaruh sambaran petir pada peralatan telekomunikasi

Semakin besar arus surja petir yang di injeksikan maka semakin besar nilai arus yang mengalir pada masing-masing saluran daya pada peralatan telekomunikasi.

Pada saat arus surja petir 200 kA, besar pengaruh arus yang melewati masing-masing saluran daya adalah pada PLN sebesar (4,7 kA), genset sebesar (4,9 kA), sentral sebesar (6,2 kA), *rectifier* sebesar (10,8 kA), distribusi sebesar (7,6 kA), dan transmisi sebesar (8 kA). sehingga arrester yang direkomendasikan pada saluran PLN dan genset mempunyai kapasitas arus surja 50 kA, pada saluran *rectifier* kapasitas arus surja 20 kA, sedangkan pada saluran sentral, distribusi dan transmisi kapasitas arus surja 10 kA.

Pada saat arus surja petir 41,56 kA, besar pengaruh arus yang melewati masing-masing saluran daya adalah pada PLN sebesar (980 A), genset sebesar (1 kA), sentral (1,3 kA), *rectifier* sebesar (2,2 kA), distribusi sebesar (1,5 kA), dan transmisi sebesar (1,6 kA). jadi arrester yang direkomendasikan untuk digunakan pada saluran PLN dan genset mempunyai kapasitas arus surja 50 kA, pada saluran *rectifier* kapasitas arus surja 7 kA, sedangkan untuk pada saluran sentral, distribusi dan transmisi kapasitas arus surja 2 kA.

DAFTAR PUSTAKA

- Permata, D., & Purwasih, N. 2009. *Pengaruh Sambaran Petir Terhadap Sistem Proteksi Pada Tower BTS (Base Transceiver Station)*. Jurnal Rekayasa Dan Teknologi Elektro, 3, 2.
- Mulyadi, Ujang, 2014. *Kajian Perancangan Sistem Penangkal Petir Eksternal pada Gedung Pusat Komputer Universitas Riau*, Pekanbaru: skripsi UR
- Putra, Widhya P, 2009. *Evaluasi Sistem Proteksi Petir pada Base Transceiver Station (BTS)*. Tangerang: skripsi UI
- Anonim 1, 1983, "Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir (PUIPP) untuk Bangunan di Indonesia", Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, Jakarta.
- Ria, Gusnita Jufri, 2009. *Perencanaan Instalasi Penangkal Petir di Laboratorium Terpadu Fakultas Ekonomi UNP*, Padang :Tugas Akhir UNP
- Bandri, Sepannur, 2014. Perancangan Instalasi Penangkal Petir Eksternal Gedung Bertingkat (Aplikasi Balai Kota Pariaman). *Jurnal Teknik Elektro ITP, Volume 1, No. 2*

- Sinaga, H., 2008. Respons Impuls Pada Elektroda Pentanahan Batang Tunggal Untuk Menentukan Nilai Impedansi Pentanahan. *Jurnal Teknik Elektro UNILA, Vol 2, No. 2*
- Hutagaol, Soli Akbar, 2010. *Studi Tentang Penangkal Petir Pada BTS (Base Transceiver Station) (Aplikasi pada PT. Telkomsel – Banda Aceh)*, Medan: skripsi USU
- Gunawan, Nedi, 2011. *Evaluasi Sistem Proteksi Penangkal Petir Eksternal Gedung Bandara Fatmawati Soekarno Bengkulu dengan Metode Konvensional dan Elektrogeometri*. Bengkulu: skripsi UB
- Prikler, L., & Hoidalen, K, H. 2009. *ATPDRW version 5.6 for Windows 9x/NT/2000/xp/Vista*. NTNU, Norway.
- Dommel, H.W, 1996. *Electromagnetic Transient Program*. Vancouver, Kanada.
- Michal, Jaroslaw W, 2012. New MOV Model With Hysteresis Loop In Program ATP/EMTP. Technical University of Bialystok, Poland
- Xue, Haoyan, (2011). *Analysis of Switching Transient Overvoltage in the Power System of Floating Production Storage and Offloading Vessel*. Master of Science Thesis, Faculty of Electrical Engineering, Mathematics and Computer Science, Delft University of Technology.
- Dadan Hermawan, Asep, 2010. *Optimalisasi Sistem Penangkal Petir Eksternal Menggunakan Jenis Early Streamer (Studi Kasus UPT LAGG BPPT)*. Jakarta: skripsi UI
- Ginting, Jefanya, 2012. *Analisa Efek Tegangan Induksi Karena Sambaran Petir pada Area Operasional PT. X*. Bekasi Skripsi UI
- Gonen, Turan, 1998, “*Electric Power Transmission System Engineering*”, John Wiley & Sons, USA
- Mafudin, Yopie, *Simulasi Perhitungan Kebutuhan Perlindungan Peralatan Komputer Akibat Sambaran Petir (Studi Kasus Gedung Widya Puraya Universitas Diponegoro Semarang)*. UNDIP, 2008.
- Purnomo, Hery., & Shidiq, Mahfudz. 2010. *Analisa Perambatan Gelombang Surja Berjalan Pada Belitan Trafo Distribusi*. Jurnal EECCIS, volume IV, No. 2.
- Saengsuwan, Trin., & Thipprasert, Wichet. 2007. The Lightning Arrester Modeling Using ATP-EMTP. *Kasetsart J. (Nat.Sci)* 42 , 156-164.
- Bin, Hussein A. 2007. *Study On Early Streamer Emission Mechanisms Aided By Laser Radiation Ionization Process*. Faculty of Electrical Engineering, Universiti Teknologi Malaysia.
- Tim. 2012. *Designing to the IEC 62305 Series of Lightning Protection Standards*. Lightning Protection Handbook. Eritech.
- Team. 2008. *Lightning and Surge Protection Systems*. Power Supplies. OBO.
- Team. 2002. *Surge Protection Systems*. Order Information and Technical Data. OBO.
- Erbe dion, 2014. *Lightning Protection* . [Online] Available at: <http://jofania.wordpress.com/>. [Accessed 10 Des 2014].