

# Sistem Antena Susun Pita S Band Menggunakan Penggeser Fasa 6 Bit

Dina Herdiana

*Teknik Elektro, Universitas Nurtanio*

*Jl. Pajajaran No 219, Husen Sastranegara, Kota Bandung, Jawa Barat 40174*

dinaherdiana@unnur.ac.id

## Abstrak

Performa sistem komunikasi seluler dapat ditingkatkan dengan cara memperbaiki performa antena BTS. Salah satu cara memperbaiki performanya dengan mengarahkan main lobe (tilting) atau mengatur beam (beam steering). Sistem antena susun dengan menggunakan penggeser fasa dapat mengatur beam (beam steering) agar mendapat gain maksimum pada arah tertentu. Pada penelitian tesis ini akan dilakukan perancangan sistem antena susun pita S band menggunakan penggeser fasa 6 bit. Sistem tersebut dapat mengatur arah beam antena secara cepat dengan besar sudut perubahan yang lebar. Bagian-bagian yang tersusun dari sistem tersebut adalah antena susun, penggeser fasa dan power combiner. Setiap bagian dari sistem dan pola radiasi dirancang dengan simulator. Setelah rancangan sesuai dengan spesifikasi dilakukan fabrikasi. Bagian-bagian dari sistem tersebut kemudian dirangkai. Sistem antena susun pita S band menggunakan penggeser fasa 6 bit dapat direalisasikan. Hasil simulasi dan implementasi menunjukkan bahwa beam (beam steering) dapat diarahkan dengan perubahan bit pada penggeser fasa.

**Kata kunci:** smart antena, penggeser fasa, antena susun, beam steering

## I. PENDAHULUAN

Saat ini Perangkat seluler mengalami peningkatan teknologi dan bentuk. Teknologi perangkat seluler dapat melakukan pengiriman pesan, panggilan suara dan video serta pengiriman data dengan kecepatan tinggi sehingga dibutuhkan performa teknologi yang lebih baik dari sebelumnya. Peningkatan performa pada perangkat seluler dapat ditingkatkan dengan memperbaiki performa antena pada BTS. Cara untuk meningkatkan kapasitas sistem komunikasi seluler adalah penggunaan sel yang lebih kecil. Antena BTS diarahkan main lobe atau beam steering sehingga daya yang dapat ditransmisikan lebih fokus ke arah tertentu [1]. Rangkaian penggeser fasa dapat melakukan pengarahan main lobe atau pengaturan beam steering sehingga pola radiasi mendapat gain maksimum pada arah tertentu. Desain penggeser fasa dapat diklasifikasikan menjadi beberapa macam. Penggeser fasa disebut digital ketika perbedaan perubahan pergeseran fasa berupa nilai diskrit sedangkan penggeser fasa analog perubahan pergeseran fasa berupa nilai kontinu dengan memvariasikan pengontrol sinyal kontinu. Penggeser fasa digital lebih kompetibel dengan pengontrol komputer dari pemindaian beam dalam sistem antena penggeser fasa. Dalam tesis ini akan dibuat rangkaian penggeser fasa digital pada frekuensi 2,3 GHz yang terdiri dari penggeser fasa digital, power combiner dan pengontrol

penggeser fasa. Rangkaian penggeser fasa digital ini dihubungkan ke antena susun 1x4 lalu diamati keluaran pola radiasinya.

## II. LANDASAN TEORI

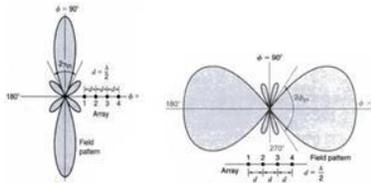
### A. Antena

Antena adalah struktur transisi antara ruang bebas dan saluran transmisi [4]. Antena dirancang untuk bisa memancarkan atau menerima gelombang elektromagnetik, sehingga pada teknologi telekomunikasi antena dapat digunakan pada sisi pemancar maupun pada sisi penerima. Antena memiliki parameter sebagai penentu spesifikasi dan karakteristik antena, yaitu:

- 1) *Return Loss*: perbandingan antara daya yang terpantulkan dengan daya masukan. Koefisien refleksi (pantulan) merupakan perbandingan antara tegangan yang dipantulkan terhadap tegangan maju. Antena yang baik akan mempunyai nilai return loss dibawah -10 dB, yaitu 90% sinyal dapat diserap, dan 10%-nya terpantulkan kembali. [5]

$$\text{Return Loss}(dB) = 10 \log \frac{P_i}{P_r} = 20 \log \frac{1}{\Gamma} \quad (1)$$

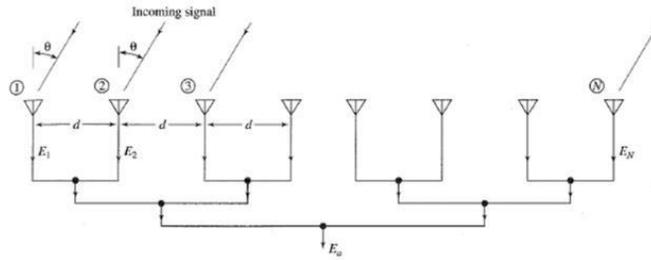
- 2) *Pola Radiasi*: representasi grafik dari distribusi daya elektromagnetik pada ruang bebas. Selain itu, pola radiasi ini dapat dianggap sebagai perwakilan dari kekuatan medan relative yang diradiasikan oleh antena. Pola radiasi dibagi menjadi tiga jenis yaitu: pola endfire dimana pola radiasi yang radiasi terkuatnya diarahkan kesuatu arah tertentu seperti pada gambar 1 (a), pola broadside dimana pola radiasi menyebar ke segala arah, contohnya pemancar siaran radio seperti pada gambar 1 (b), pola isotropis merupakan pola antena referensi dimana pola radiasi seperti bola menyebar ke segala arah[3].



Gbr. 1. Pola radiasi (a) endfire (b) broadside

### B. Antena Susun

Antena susun merupakan antena yang memiliki beam yang lebih sempit dengan direktivitas tinggi, side lobe yang relatif rendah dan beam yang lebih mudah untuk diatur daripada antena tunggal. Pola radiasi pada antena susun ditentukan oleh amplituda dan fasa pada masing-masing elemen. Antena susun fasa memiliki keuntungan untuk mengarahkan sudut beam antena dengan mengubah fasa pada setiap elemen. Pengarahan beam antena susun fasa dapat dengan cepat diarahkan dari satu arah ke arah lainnya tanpa perlu merubah posisi antena yang bentuknya besar dan berat secara mekanis. Susunan fasa untuk radar microwave dapat bekerja dengan kecepatan mikrodetik, atau kurang. Antena susun terdapat beberapa jenis yaitu antena susun linier, planar, circular dan conformal. Antena susun linear adalah konfigurasi antena susunan linear terdiri dari beberapa elemen antena tunggal diatur dalam garis lurus dalam satu dimensi



Gbr. 2. Gambar N-elemen Penerima, Susunan Linier, dengan Panjang Garis Transmisi yang Sama antara Elemen Antena

Antena susun fasa dapat disusun seperti gambar 2. Penerima antena susun linier yang terdiri dari sejumlah N elemen dengan jarak spasi terpisah sama sebesar d. Elemen diasumsikan radiasi isotropik dan responnya seragam untuk sinyal dari semua arah. Elemen ke-1 akan diambil sebagai referensi dengan besar fasa nol. Dari geometri sederhana, perbedaan panjang garis antara elemen yang berdekatan untuk sudut sinyal yang datang terhadap garis normal antena, seperti pada persamaan 2.

$$x = d \cdot \sin \theta_s \quad (2)$$

X adalah variable geometri sederhana.

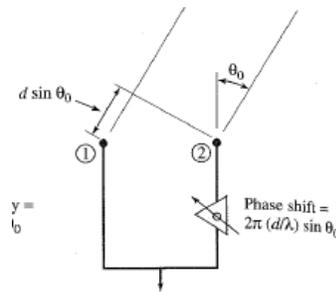
Keluaran penerima dari semua elemen N dijumlahkan melalui jalur garis dengan panjang yang sama sehingga menghasilkan jumlah tegangan keluaran Ea. Hal ini memberikan perbedaan fasa antara elemen yang berdekatan seperti sebesar persamaan 3. Diketahui  $\lambda$  adalah panjang gelombang dari sinyal penerima.

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi \cdot d \cdot \sin \theta}{\lambda} \quad (3)$$

Jumlah semua tegangan dari masing-masing elemen, ketika perbedaan fase antara elemen yang berdekatan dapat ditulis pada persamaan 3 dengan  $\omega$  adalah frekuensi sudut

$$E_a = \sin \omega t + \sin(\omega t + \varphi) + \sin(\omega t + 2\varphi) + \dots + \sin[\omega t + (N - 1)\varphi] \quad (3)$$

Perbedaan fasa pada tiap elemen dapat mengarahkan beam antena. Dalam susunan linear, pergeseran fasa yang perlu dimasukkan pada masing-masing elemen untuk memiliki semua sinyal dengan fase yang sama adalah m  $\varphi$ , m bilangan integer, dari 0 sampai N-1. N adalah jumlah elemen relatif terhadap elemen referensi. Ini berarti perbedaan fasa antara elemen sebesar  $\varphi$ . Sehingga beam dapat diarahkan di susunan dengan mengubah pergeseran fasa pada setiap elemen.



Gbr. 3. Gambar dua elemen susunan spasi jarak d terpisah dengan sinyal penerima yang datang pada sudut  $\theta^0$ , pengarahannya beam menggunakan penggeser fasa yaitu variabel pada rentang dari 0 sampai  $2\pi$  radian.

Pengarahannya beam ditentukan oleh variabel penggeser fasa. Besar variabel yang digunakan pada setiap elemen susunan linear untuk mengarahkan beam seperti gambar 3, susunan empat elemen sederhana ini disebut susunan

pencatutan paralel. Perbedaan fase antara elemen adalah  $\varphi = 2\pi (d / \lambda) \sin\theta$ . Fasa pada setiap elemen harus sama. [4]

### C. Penggeser Fasa

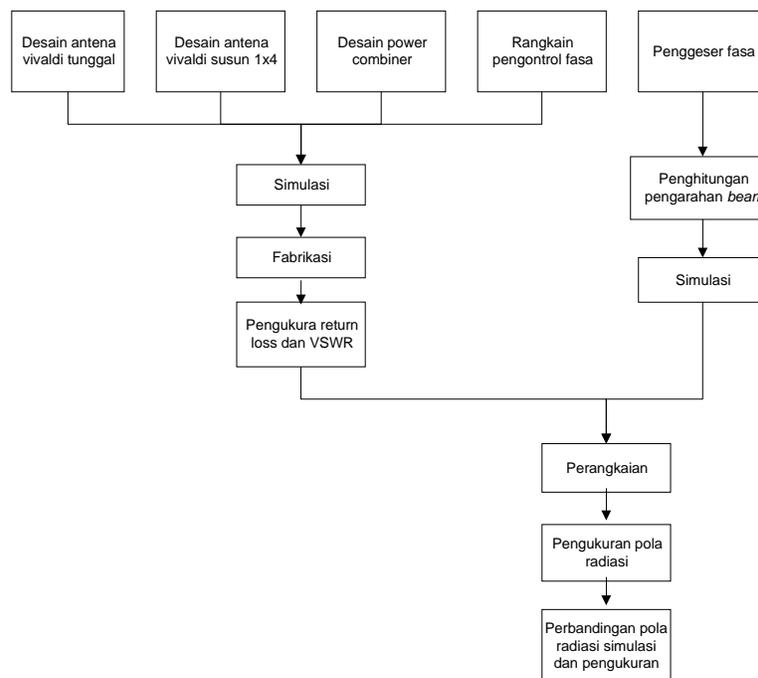
Desain penggeser fasa dapat diklasifikasikan menjadi beberapa macam, yaitu penggeser fasa digital dan analog. Penggeser fasa disebut digital ketika perbedaan perubahan pergeseran fasa berupa nilai diskrit, seperti  $180^0$ ;  $90^0$ ; dan  $11,25^0$ . Sedangkan penggeser fasa analog divariasikan dalam bentuk kontinu dengan memvariasikan pengontrol sinyal kontinu. Penggeser fasa digital dapat digunakan secara luas untuk sistem antenna penggeser fasa. Pengontrol fasa dari pencatutan sinyal ke berbagai elemen susunan memperhitungkan arah radiasi *beam* pemindaian secara elektronik.

Terdapat dua metoda berbeda untuk desain penggeser fasa digital pada frekuensi microwave. Salah satunya dengan menggunakan material ferrimagnetic untuk dapat menswitch penggeser fasa. Penggeser fasa ini secara umum lebih *compact*, membutuhkan waktu dan daya lebih rendah untuk men-*switch* dibandingkan dengan penggeser fasa jenis ferrite.[5]

Rangkaian penggeser fasa merupakan sebuah sistem untuk mengarahkan *main lobe* sehingga pola radiasi dapat berubah ke arah tertentu secara azimuth dan elevasi. Penggeser fasa CMOS dapat mengurangi biaya antenna susun karena biaya produksi rendah dan memiliki integrasi lebih tinggi dibandingkan dengan sirkuit GaAs tradisional [6].

## III. METODOLOGI PENELITIAN

Sistem penggeser fasa digital linear frekuensi 2,3 GHz terdiri dari antenna susun 1x4, penggeser fasa digital, *power combiner* dan, pengontrol fasa. Perancangan sistem tersebut dilakukan dalam beberapa tahapan agar perancangan lebih sistematis. Tahap-tahap perancangan akan dijelaskan dengan blok diagram dibawah ini.



Gbr. 4. Blok Diagram Sistem Penggeser Fasa

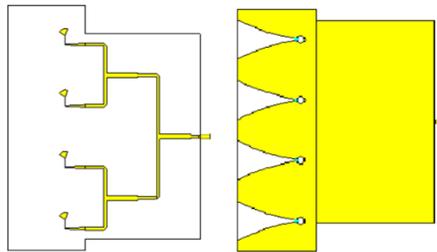
Pertama-tama *power combiner* didesain terlebih dahulu, setelah itu disimulasikan dengan antenna tunggal yang disusun sebanyak 1x4 elemen. Desain *power combiner* yang telah sesuai dengan spesifikasi difabrikasi dan diukur besar  $S_{11}$ . Spesifikasi antenna yang diinginkan yaitu, frekuensi kerja 2,3-2,5 GHz, pengarahan beam  $10^0$ ,  $20^0$  dan  $30^0$ , serta  $S_{11} \leq -10\text{dB}$ .

Besar sudut fasa. dihitung untuk setiap elemen, setelah itu disimulasikan dengan antenna. Pada simulasi terlihat pergeseran pola radiasinya, ketika fasanya dirubah di setiap elemen. Pada realisasi rangkaian pengontrol fasa yang terdiri dari papan mikrokontroler dan empat buah shift register dibuat untuk mengontrol komposisi bit digital penggeser fasa digital. Sehingga rangkaian tersebut dapat mengirimkan 6 bit digital ke masing-masing penggeser fasa. Rangkaian pengontrol fasa, penggeser fasa, power combiner dan antenna susun 1x4 dirangkai menjadi satu sistem. Sistem penggeser fasa tersebut diukur pola radiasinya, setelah itu hasil pengukurannya dibandingkan dengan simulasi.

#### IV. HASIL DAN DISKUSI

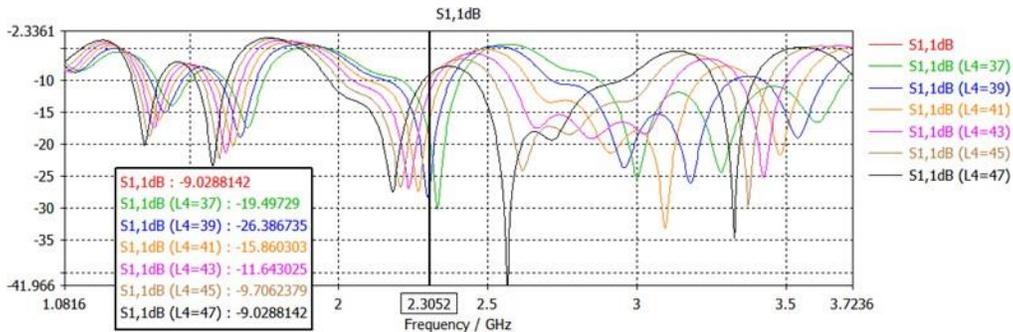
##### A. Antena dan Power Combiner

Perancangan antenna susun dan power combiner memerlukan perhitungan parameter ukuran saluran transmisi dan jarak antar masing-masing elemen antenna. Dimensi pada desain power combiner dilakukan optimasi dengan merubah secara berkala panjang transformer  $\lambda/4$  sampai mendapatkan besar  $S_{11}$  yang sesuai dengan spesifikasi.



Gbr. 5 Antena susun 1x4 dan Power Combiner

Pensimulasian panjang saluran transformer  $\lambda/4$  diubah dari 37–47 mm dengan perubahan setiap 2 mm seperti pada gambar 6. Berdasarkan hasil optimasi panjang saluran transformer  $\lambda/4$  3,9 cm memiliki nilai  $S_{11} = -26,386735$  dB, yaitu nilai terbaik sepanjang simulasi pada frekuensi kerja 2,3 GHz. Besar nilai  $S_{11}$  telah memenuhi spesifikasi yang diinginkan, yaitu sebesar  $\leq -10$  dB.



Gbr. 6 Nilai  $S_{11}$  Antena Susun 1x4 dan Power Combiner

##### B. Penghitungan Fasa Antena

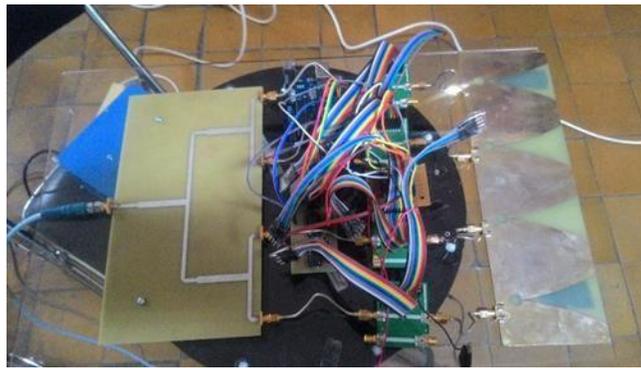
Pengaturan fasa pada antenna merubah arah beam antenna, besar nilainya dengan dapat dilihat pada tabel 1. Parameter sistem penggeser fasa yang tetap adalah frekuensi ( $f$ ) antenna pada 2,3 GHz, kecepatan cahaya ( $c$ ) sebesar  $3 \times 10^8$  m/s dan jarak antar elemen ( $d$ ) sebesar 6,5 cm. Jumlah elemen penggeser fasa ( $N$ ) yang digunakan empat buah.

TABEL. 1  
 NILAI FASA SISTEM PENGGESER FASA

Sudut Fasa	N=1		N=2		N=3		N=4	
	Perhitungan	Bit Digital						
0°	0°	000000	0°	000000	0°	000000	0°	000000
10°	0°	000000	31.15°	000111	62.305°	001011	186.915°	100001
20°	0°	000000	61.36°	001110	122.72°	010110	368.151°	000001
30°	0°	000000	89.7°	010000	179.4°	100000	538.2°	100000

C. Rangkaian Sistem Antena Susun Pita S Band Menggunakan Penggeser Fasa 6 Bit

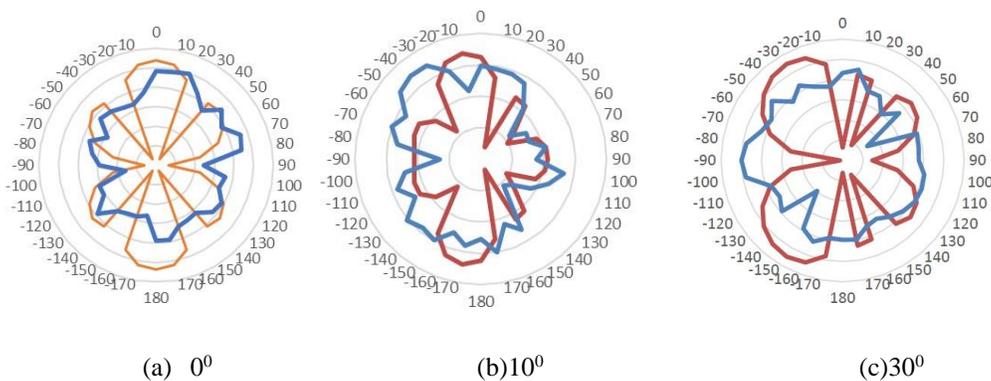
Setelah melakukan desain, simulasi dan fabrikasi, semua bagian dirangkaian menjadi sebuah sistem antena susun pita S band menggunakan penggeser fasa 6 Bit seperti pada gambar 7. Sistem yang telah jadi diukur  $S_{11}$  dan pola radiasinya. Hasil pengukuran  $S_{11}$  sebesar -12,322 dB, sedangkan simulasi sebesar -26,386 dB. Terdapat perbedaan antara hasil simulasi dan pengukuran. nilai  $S_{11}$  pengukuran lebih kecil dibandingkan hasil simulasi. Hal ini dikarenakan ketidakpresisian pada saat fabrikasi, yaitu saat proses pencetakan dan pemotongan antena dan *power combiner*.



Gbr. 7 Realisasi Antena Susun 1x4 dan Rangkaian Penggeser Fasa

D. Pengukuran Pola Radiasi Rangkaian Penggeser Fasa

Hasil pengukuran pola radiasi rangkaian penggeser fasa dan antena susun 1x4 secara *azimuth* dibandingkan dengan hasil simulasi dapat dilihat pada gambar 8, warna merah polar radiasi simulasi, sedangkan warna biru hapengukuran. Simulasi dan pengukuran pola radiasi diambil hanya untuk bidang xz yaitu pada  $\phi = 90^\circ$  dan diputar sepanjang theta.



Gbr. 8 Pola Radiasi perbandingan simulasi dan pengukuran Sistem Antena Susun Pita S Band (a) 0°, (b) 10°, (c) 30°

Hasil perbandingan pola radiasi pada gambar 8(a) dapat dilihat pola pada simulasi posisi *main lobe*  $0^{\circ}$ , sedangkan pada pengukuran *main lobe*  $8^{\circ}$ . Pada pola radiasi simulasi *main lobe* simulasi  $-10^{\circ}$ , sedangkan pada pengukuran *main lobe* pada  $-30^{\circ}$ , gambar 8(b). Hasil perbandingan pada gambar 8 (c) simulasi  $-30^{\circ}$ , sedangkan pada pengukuran *main lobe* pada  $-40^{\circ}$ . Dari gambar 8 pola radiasi di atas secara keseluruhan bentuk pola radiasi antara hasil simulasi dan hasil pengukuran menunjukkan pergeseran sudut untuk arah *main lobe*. Keterbatasan penggeser fasa menyebabkan kesalahan sehingga hasil simulasi dan pengukuran memiliki perbedaan.

## V. Kesimpulan

Pada proses perancangan, simulasi, fabrikasi, pengukuran dan analisa dapat diambil kesimpulan :

1. Telah dirancang sistem antenna susun pita S band menggunakan penggeser fasa 6 Hasil pengukuran S11 sebesar  $-12,322$  dB, sedangkan simulasi sebesar  $-26,386$  dB.
2. Hasil pengukuran pola radiasi antenna susun dengan penggeser fasa memiliki ketidakakuratan dalam mengarahkan sudut fasa, terdapat kesalahan  $\pm 20$ . Hal ini dikarenakan keterbatasan setiap penggeser fasa yang memiliki kesalahan  $\pm 4$ , serta pada penelitian ini digunakan empat buah susun antenna dengan penggeser fasa, semakin banyak jumlah susunan antenna, maka beam semakin sempit.

## REFERENSI

- [1] Cox Christopher. An Introduction to LTE. John Wiley and Sons, Inc. Hoboken, New Jersey, New York, 2012
- [2] C.A. Balanis. Antena Theory: Analysis and Design, 3rd Edition, John Wiley and Sons, Inc. Hoboken, New Jersey, New York, 2005
- [3] Kraus J.D , Marhefka R.J., 2002 : Antenas for All Application 3rd Edition., New York : Mc Graw Hill.
- [4] Skolnik, Merrill I. Introduction to Radar Systems 3rd Edition, New York : Mc Graw Hill. 2001.
- [5] Evgeniy V. Balashov, Ivan A. Rumyantsev, "A Fully Integrated 6-bit Vector-Sum Phase Shifter in 0.18 um CMOS", International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON) 2015
- [6] Masoud Meghdadi, Mehrdad Azizi, Mehdi Kiani, "A 6-Bit CMOS Phase Shifter for S-Band", IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques , VOL. 58, NO. 12, December 2010