

Implementasi MIMO STBC Alamouti Menggunakan DSK TMS320C6416T

Naldo Baskara Armand, Suwadi, dan Titiek Suryani

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

E-mail: naldo.baskara@yahoo.com, suwadi110@gmail.com, titiks@ee.its.ac.id

Abstrak--Media komunikasi nirkabel memiliki gangguan terbesar pada area perkotaan yaitu *multipath fading*. Dampak dari *multipath fading* dapat menurunkan kinerja dari sistem komunikasi nirkabel tersebut. Banyak penelitian dilakukan untuk mengurangi dampak dari *multipath fading* yaitu dengan menggunakan teknik diversitas. MIMO STBC Alamouti 2x2 merupakan teknik transmisi diversitas yang sederhana. Pada Tugas akhir ini dibuat sistem komunikasi yang menggunakan teknik MIMO yang terdiri pemancar yang menggunakan pengkodean Alamouti dan di penerima menggunakan teknik MRC, dan dengan menggunakan modulasi BPSK. Sistem ini diimplementasikan menggunakan perangkat DSP Starter Kit TMS320C6416T dan diuji ketahanan sistem terhadap kanal *flat*, *slow rayleigh fading* dan AWGN.

Analisa meliputi nilai BER hasil pengujian yang diperoleh dengan mengubah parameter Eb/No pada kanal AWGN. Hasil pengujian simulasi dan implementasi ditampilkan dalam bentuk grafik BER terhadap variasi Eb/No dengan mengirimkan 1,000,000 bit. Hasil pengimplementasian ke dalam DSK TMS320C6416T bahwa sistem MIMO Alamouti memiliki nilai BER yang lebih baik dari MISO dan SISO. Dengan Eb/No 10 dB MIMO Alamouti mendapatkan nilai BER = $5,97 \times 10^{-5}$, sedangkan MISO Eb/No 20 dB baru mendapatkan BER = $1,4 \times 10^{-4}$ dan SISO Eb/No 20 db hanya mendapatkan BER = $2,5 \times 10^{-3}$. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa MIMO Alamouti memiliki kinerja yang lebih baik dalam menghadapi fading.

Kata Kunci-- DSK TMS320C6416T, MIMO STBC Alamouti 2x2, MRC, Rayleigh fading.

I. PENDAHULUAN

Pada saat ini dunia komunikasi banyak menggunakan media komunikasi nirkabel. Media komunikasi ini banyak memiliki gangguan, salah satunya gangguan terbesar dalam kasus area urban atau perkotaan adalah *multipath fading*. Dampak dari *multipath fading* dapat menurunkan kinerja dari sistem komunikasi nirkabel tersebut. Banyak penelitian dilakukan untuk mengurangi dampak dari *multipath fading*, salah satu yaitu dengan menggunakan MIMO.

MIMO menggunakan antenna lebih dari satu pada sisi *transmitter* dan *receiver*. MIMO menerapkan teknik diversitas. Teknik diversitas merupakan suatu teknik pengiriman sinyal informasi melalui beberapa lintasan yang berbeda, sehingga saat salah satu lintasan yang mendapatkan redaman yang besar sinyal informasi lintasan yang lainnya masih ada. Hal tersebut membuat sinyal informasi masih bisa di rekonstruksi disisi penerimanya. Teknik diversitas dapat diterapkan pada sisi

pemancar atau penerima. STBC Alamouti merupakan teknik diversitas disisi pemancar. MIMO dengan STBC Alamouti merupakan pengkodean sinyal terhadap antenna yang sederhana dibandingkan Space Time Code lainnya.

Untuk mengimplementasikan MIMO STBC Alamouti 2x2 dapat dilakukan dengan melakukan pemrograman ke dalam board DSP DSK TMS 320C6416T yang merupakan perangkat yang dapat melakukan pemrosesan sinyal digital, speech, hingga image processing. Perangkat Board DSP DSK TMS320C6416T merupakan perangkat DSP memiliki kemampuan terbaik diantara keluarga C6000 DSP Platform, dimana memiliki kapasitas memori yang lebih tinggi dan memiliki beberapa perangkat tambahan yang terdapat didalamnya. Pemrograman untuk mengimplementasikannya menggunakan simulink untuk pemodelannya dan CCS untuk memasukan program ke DSK TMS320C6416T. Pada sistem MIMO ini akan dilakukan pengujian kinerja BER MIMO STBC Alamouti terhadap perubahan SNR pada kanal Rayleigh.

II. TEORI PENUNJANG

A. Modulasi Binary Phase Shift Keying (BPSK)

Teknik modulasi BPSK merupakan teknik modulasi yang menggunakan perbedaan fase pada sinyal informasinya. Pada modulasi BPSK hanya mengirimkan satu bit untuk satu simbol. Dimana modulasi BPSK mengubah data biner yang terdiri atas bit '0' dan '1' menjadi dua simbol yang saling antipodal yaitu simbol '-1' dan '1'. Modulasi BPSK memiliki frekuensi pembawa yang sama namun terdapat perbedaan fase 180° antara simbol yang dikirimkan. Sinyal BPSK dapat didefinisikan sebagai berikut [3]:

$$S_o(t) = \begin{cases} \sqrt{\frac{2E_b}{T_b}} \cos(2\pi f_c t + \theta_c) & 0 \leq t \leq T_b \\ -\sqrt{\frac{2E_b}{T_b}} \cos(2\pi f_c t + \pi + \theta_c) & 0 \leq t \leq T_b \end{cases} \quad (1)$$

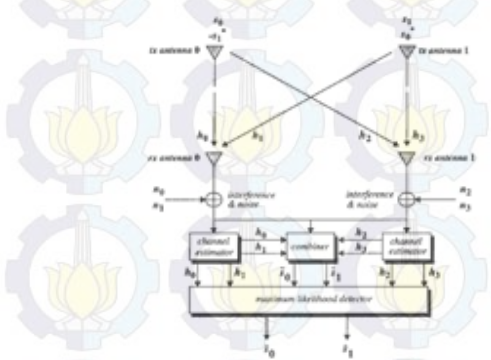
$$= -\sqrt{\frac{2E_b}{T_b}} \cos(2\pi f_c t + \pi + \theta_c) \quad (2)$$

Dimana $E_b = \frac{1}{2} A_c^2 T_b$ merupakan energi per bit, A_c adalah amplitudo dari sinyal pembawa atau *carrier*, T_b merupakan durasi bit, f_c adalah frekuensi *carrier* dalam hertz, dan θ_c

adalah fase.

B. MIMO STBC Alamouti 2x2

Skema MIMO STBC Alamouti menggunakan empat antenna dimana dua antenna pemancar dan penerima. Berikut ini gambar skema MIMO Alamouti 2x2.



Gambar 1 MIMO Alamouti dengan dua antenna pemancar dan penerima.

MIMO dan MISO memiliki skema pengkodean Alamouti yang sama, yang membedakannya pada saat dipenerima, menggunakan kombiner yang berbeda. Pada skema ini memiliki tiga tahapan[1], yaitu :

- *Encoding* dan *transmisi sequence* dari sinyal informasi yang akan dikirimkan.
- Skema *combining* pada penerima.
- *Decision rule* untuk *maximum likelihood detector*.

Pada tahap pertama dilakukan pengkodean terlebih dahulu pada kedua antenna sebelum ditransmisikan. Skema pengkodean terhadap kedua antenna dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1
Pengkodean dan *transmission sequence*

	Antena 0	Antena 1
waktu <i>t</i>	s_0	s_1
Waktu $t + T$	$-s_1^*$	s_0^*

Sinyal yang telah dikodekan dan dimodulasi akan ditransmisikan. Dimana sinyal yang telah dikodekan akan melewati empat kanal yang saling independent. Berikut ini tabel kanal antara antenna pemancar dan penerima

Tabel 2
Kanal antara antenna pemancar dan penerima

	rx Antena 0	rxAntena 1
Tx antenna 0	h_0	h_2
Tx antenna 1	h_1	h_3

Untuk sinyal yang diterima pada antenna penerima akan berbeda saat periode berikutnya. Antena nol pada waktu *t* menerima sinyal dengan notasi r_0 , untuk $t + T$ menerima r_1 . Dan pada antenna satu waktu *t* menerima r_2 , untuk $t+T$ menerima r_2 . Berikut ini tabel notasi sinyal yang diterima di antenna penerima[1].

Tabel 3
Notasi sinyal terima di antenna penerima

	rx Antena 0	rxAntena 1
waktu <i>t</i>	r_0	r_2
Waktu $t + T$	r_1	r_3

Dari tabel 1, 2 dan 3, didapatkan persamaan sinyal yang diterima. Persamaan tersebut dapat dilihat pada persamaan 3[1].

$$\begin{aligned}
 r_0 &= h_0s_0 + h_1s_1 + n_0 \\
 r_1 &= -h_0s_1^* + h_1s_0^* + n_1 \\
 r_0 &= r_{(t+T)} = h_2s_0 + h_3s_1 + n_2 \\
 r_1 &= r_{(t+T)} = -h_2s_1^* + h_3s_0^* + n_3
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

n_0, n_1, n_2 , dan n_3 adalah noise AWGN yang diakibatkan karena *thermal noise*. *combiner* pada gambar 2 menggabungkan empat buah sinyal yang diterima menjadi dua sinyal S_0 dan S_1 . Persamaan dua buah sinyal tersebut dapat dilihat pada persamaan 4[1].

$$\begin{aligned}
 S_0 &= h_0^*r_0 + h_1r_1^* + h_2^*r_2 + h_3r_3^* \\
 S_1 &= h_1^*r_0 - h_0r_1^* + h_3^*r_2 - h_2r_3^*
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

Dimana sebelum maksud *maksimum likelihood detector* persamaan 3 disubstitusi ke persamaan 4.

$$\begin{aligned}
 S_0 &= (a_0^2 + a_1^2 + a_2^2 + a_3^2) s_0 + h_0 n_0 + h_1 n_1^* + h_2 n_2 + h_3 n_3^* \\
 S_1 &= (a_0^2 + a_1^2 + a_2^2 + a_3^2) s_1 + h_1^* n_0 - h_0 n_1^* + h_3^* n_2 - h_2 n_3^*
 \end{aligned}
 \tag{5}$$

Setelah melewati kombiner dan masuk ke *maksimum likelihood decoder*, sinyal s_0 digunakan untuk membuat kriteria pengambilan keputusan sinyal keluaran. Persamaan kriteria dapat dilihat pada persamaan dibawah ini.

$$d^2(s_0, s_i) \leq d^2(s_0, s_k), \forall i \neq k
 \tag{6}$$

C. Rayleigh Fading

Rayleigh fading adalah kondisi kanal dimana sinyal informasi yang dikirimkan tidak ada yang langsung ke penerima tetapi dipantulan terlebih dahulu, dan sinyal yang diterima terdistribusi rayleigh. Rayleigh dibangkitkan dari dua gaussian yang independent. Dimana kanal *rayleigh* dapat direpresentasikan dari bilangan kompleks dari variabel acak gaussian, $X_1 + jY_2$. Dimana X_1 dan Y_2 adalah variabel acak gaussian yang terdistribusi independen dan identik dengan variabel *mean* bernilai nol dan variansi. Dimana persamaan distribusi rayleigh memiliki PDF sebagai berikut[5]

$$\begin{aligned}
 p(r) &= r/\sigma^2 \exp(-r^2/2\sigma^2) \quad (0 \leq r \leq \infty) \\
 &0 \quad (r < 0)
 \end{aligned}
 \tag{7}$$

Untuk menghitung probabilitas error pada kanal *slow, flat rayleigh fading* pada teknik diversitas antenna dapat menggunakan persamaan dibawah ini

$$P_b = \left[\frac{1}{2}(1 - \mu) \right]^L \sum_{k=0}^{L-1} \binom{L-1+k}{k} \left[\frac{1}{2}(1 + \mu) \right]^k
 \tag{8}$$

Dimana

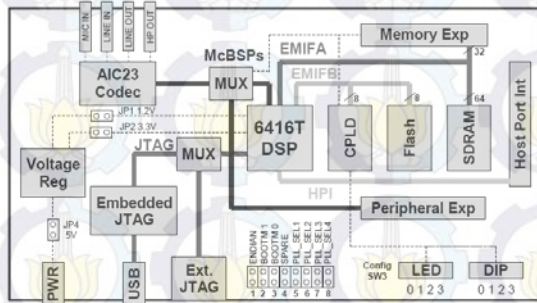
$$\mu = \sqrt{\frac{\gamma_c}{1 + \gamma_c}}
 \tag{9}$$

$$\bar{\gamma}_c = E_b/N_0 E(\alpha_k^2)
 \tag{10}$$

D. DSP Starter Kit TMS320C6416T

TMS320C6416 diciptakan oleh Texas Instrument yang digunakan untuk aplikasi pengolahan sinyal digital secara real time. Dimana Terdiri dari sebuah papan sirkuit kecil berisi DSP TMS320C6416 fixed-point dan interface rangkaian

analog (codec) TLV320AIC23 yang terhubung ke PC melalui port USB. Software pada PC yaitu Code Composer Studio (CCS) yang memungkinkan file ditulis dalam bahasa C atau bahasa assembly kemudian dapat dikompilasi untuk dijalankan ke dalam DSK[8].



Gambar. 2. DSK TMS320C6416T [8].

DSK TMS320C6416 merupakan papan yang berukuran 8.75 x 4.5 inch (210 x 115 mm), dengan daya eksternal +5 volt. DSK memiliki processor 1GHz DSK TMS320c6416 fixed-point, 16-bit stereo codec TLV 320AIC23 untuk input dan output analog. Codec AIC23 menyediakan ADC dan DAC dengan clock 12 MHz dan sampling rate 8–96 kHz. DSK memiliki 16 MB Synchronous Dynamic Random (SDRAM) dan 512 kB flash memory. DSK ini juga memiliki 4 Dip Switches yang dapat difungsikan pada program dan dapat menyediakan fungsi kontrol dimana terdapat 4 buah Dip Switches pada DSK C6416.

III. PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM

Perancangan simulasi dan implementasi sistem dilakukan dengan menggunakan beberapa perangkat lunak. Perancangan dilakukan pada Matlab Simulink, sedangkan untuk implementasi sistem dilakukan dengan menggunakan bantuan software Code Composer Studio (CCS) v3.3. Code Composer Studio berfungsi untuk mengintegrasikan hasil perancangan yang dibuat dalam simulink ke dalam perangkat DSK TMS320C6416T.

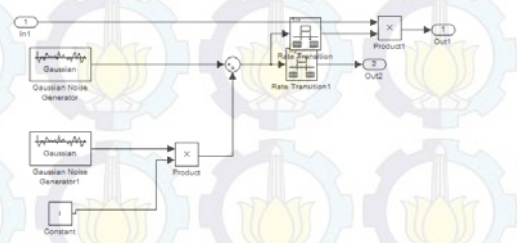
A. Simulasi Sistem

Simulasi dilakukan agar proses implementasinya menjadi lebih mudah. Simulasi yang akan dibuat ada tiga yaitu SISO, MISO dan MIMO. Secara umum proses simulasi yang dilakukan terdiri dari sinyal informasi, transmitter, kanal, receiver dan perhitungan BER.

1. Simulasi SISO

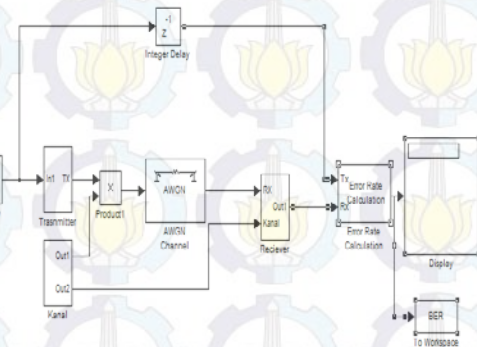
Proses pertama kali membangkitkan sinyal informasi dari blok *bernoulli generator*. Dimana sinyal yang dibangkitkan merupakan bit '0' dan '1'. Pada saat di transmitter terdapat beberapa proses yaitu *me-mapping* bit '0' menjadi '-1' dan '1' tetap. Blok yang digunakan untuk *mapping* adalah blok *BPSK modulator*. Setelah itu dikalikan dengan basis-nya, dengan frekuensi carriernya 16Hz, blok yang digunakan yaitu *sine wave dsp*. Setelah itu melewati blok *kanal rayleigh*. Dimana blok kanal terbuat dari dua *gaussian* yang saling independen dengan mean 0 dan variansi 1/2. Dimana gaussian

pertama real dan gaussian kedua kompleks. Sinyal yang keluar dari transmitter akan dikalikan dengan blok kanal.



Gambar 3. Blok kanal rayleigh.

Setelah melewati blok kanal rayleigh melewati blok AWGN. Pada blok receiver terdapat beberapa proses, yaitu perkalian sinyal informasi yang diterima dengan basis, setelah itu dikalikan dengan kanal untuk proses estimasi kanalnya. Setelah itu *diintegrate n dump* dan dideteksi. Blok yang digunakan pada basis sebagai *downconverter*-nya hampir sama dengan basis untuk *upconverter*. Untuk proses perkalian dengan kanal menggunakan blok *product*, sebelum kanal dikalikan dikonjugasi terlebih dahulu dengan blok *math function*. Blok untuk deteksinya menggunakan blok *BPSK demodulator*. Setelah itu proses perhitungan BER. Disini dilakukan perbandingan sinyal input dengan sinyal yang diterima receiver. Blok yang digunakan sebagai pembanding adalah blok *error rate calculation* dan display. Berikut ini gambar blok simulink SISO

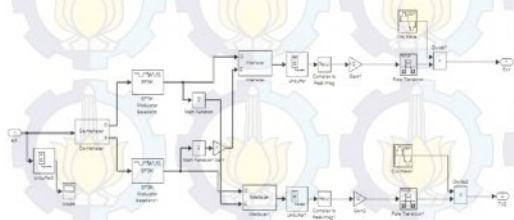


Gambar. 4. Blok Simulasi SISO

2. Simulasi MISO STBC Alamouti 2x1

Sinyal informasi yang dibangkitkan pada MISO hampir sama dengan SISO yaitu menggunakan blok *bernoulli generator*, yang membedakan settingan parameternya yaitu pada SISO bentuk skalar sedangkan MISO adalah frame dengan dua bit dalam satu frame. Tujuan dua frame karena sinyal tersebut untuk diserial paralel, bit pertama ke antenna satu bit kedua ke antenna kedua.

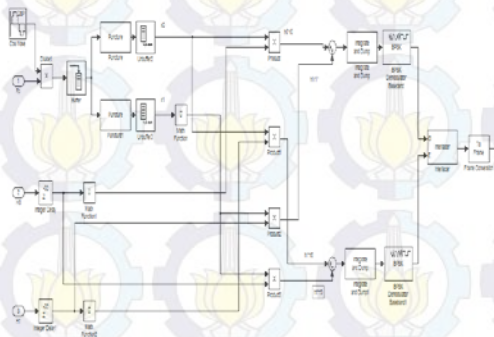
Pada proses di transmitter terdapat blok untuk memisahkan bit, setelah itu *dimapping* dan dilakukan pengkodean Alamouti sesuai dengan persamaan *transmission sequence*. Dimana pengkodean Alamouti pada antenna pertama s_0 dan simbol berikutnya $-s_1^*$, sedangkan untuk antenna kedua s_1 dan simbol berikutnya s_0^* . Setelah itu baru *diupconverter* atau dikalikan basisnya pada kedua antenna. Dengan blok yang digunakan sama pada SISO. Berikut ini gambar pengkodean blok transmitter dengan pengkodean Alamouti.



Gambar 5. Blok pengkodean Alamouti pada transmitter

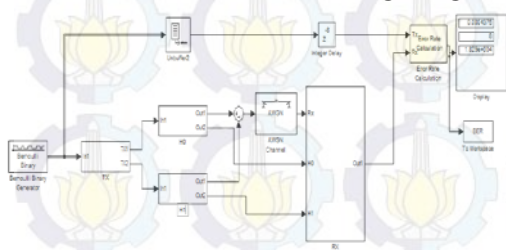
Setelah itu melewati proses kanal. Sinyal informasi dikalikan dengan kanal *rayleigh*. Pada MISO menggunakan dua jalur kanal *rayleigh*. Dimana kanal *rayleigh* tersebut menggunakan blok yang sama dengan blok kanal pada SISO. Blok *gaussian noise generator* tersebut memiliki *intial seed* yang berbeda agar *gaussian noise generator* independen. Untuk parameternya sama dengan *gaussian noise generator* di SISO. Setelah itu melewati kanal AWGN.

Pada blok *reciever* terdiri dari *downconverter*, kombinig, estimasi kanal, *integrate n dump* dan *detector*. Berikut ini gambar blok *reciever* MISO.



Gambar 6. Blok *reciever* MISO

Blok *downconverter* sama dengan sebelumnya menggunakan *sine wave DSP*, dengan parameter yang sama yaitu menggunakan frekuensi carrier 16Hz disampling sebanyak 8 kali. Sebelum masuk proses kombinig, sinyal diserial to parallel dengan menggunakan blok *puncture*. Dimana dipotong 16 sampling karena 1 simbol terdiri 16 sample. Untuk proses kombinig menggunakan blok – blok *math function* untuk mengkonjugasi simbol, *interger delay* untuk mendelay agar perkalian kanal dengan simbol tepat agar hasil estimasinya sesuai, dan blok *product* digunakan untuk mengkalikan simbol dengan kanal. Proses kombinignya sesuai dengan persamaan kombiner pada MISO. Setelah itu melewati proses *integrate n dump* dan yang terakhir melewati *detektor*. Blok *dektor* menggunakan *BPSK demodulator*. Setelah itu melewati blok blok *error rate calculation* untuk menghitung BER-nya.



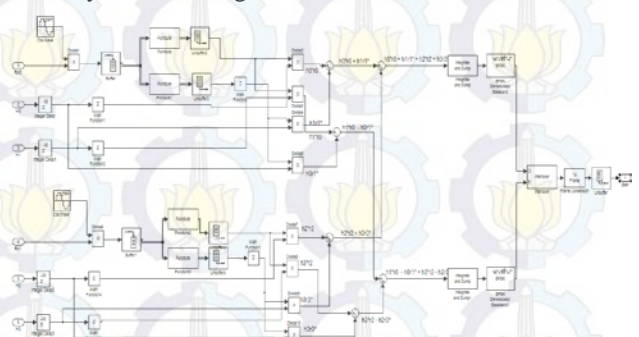
Gambar 7. Blok MISO

3. Simulasi MIMO STBC Alamouti 2x2

Sinyal informasi yang dibangkitkan sama dengan SISO dan MISO menggunakan blok *bernoulli binary generator*. Parameter blok *bernoulli binary generator* pada MIMO sama dengan pada MISO. Selanjutnya proses pengkodean Alamouti dan modulasi BPSK pada MIMO juga sama dengan pada MISO. Blok – blok yang digunakan juga sama untuk membentuk blok simulasi transmitter-nya.

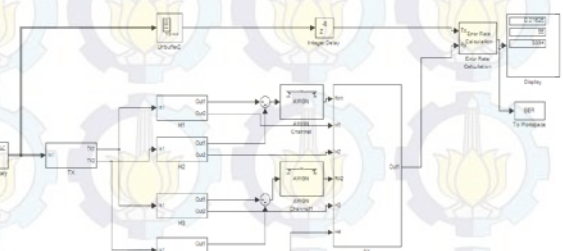
Kanal terbentuk dari empat jalur kanal *rayleigh slow flat fading* untuk MIMO sedangkan untuk MISO terdiri dari dua jalur kanal. Kanal *rayleigh* yang dibangkitkan sama dengan kanal *rayleigh* pada SISO dan MISO yaitu dengan membangkitkan dua *noise gaussian* yang saling independen dan memiliki nilai mean nol dan variansi $\frac{1}{2}$. Blok - blok yang digunakan sama yaitu *gaussian noise generator* dan parameter yang diatur juga sama, yang beda hanya *intial seed* yang beda agar derau *gaussian* yang dibangkitkan saling independen. Setelah melewati kanal *rayleigh*, setelah itu melewati kanal AWGN.

Pada blok *reciever* menggunakan blok – blok yang sama dengan MISO yang membedakannya hanya pada kombiner-nya. berikut ini gambar blok *reciever* MIMO.



Gambar 8. Blok *reciever* MIMO

Setelah itu akan menghitung BER MIMO, dengan cara membandingkan sinyal input dengan sinyal yang diterima. Dengan bantuan menggunakan blok *error rate calculation* dapat mengetahui nilai BER-nya.

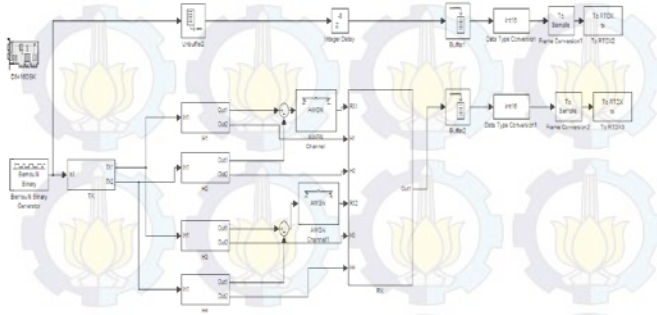


Gambar 9. Blok MIMO Alamouti

B. Implementasi Sistem

Proses implementasi ke dalam TMS membutuhkan program matlab simulink untuk pemodelannya dan pengintegrasinnya ke dalam TMS dengan menggunakan software CCS. Pada implementasi mengganti blok *error rate calculation* dengan blok RTDX. Dimana blok RTDX digunakan untuk mengambil bit informasi yang telah diprogram kedalam TMS. Dimana untuk membantu menampilkan hasil dari RTDX menggunakan bantuan coding

m-file yang telah dibuat pada matlab. Berikut ini gambar blok – blok MIMO pada simulink yang akan diimplementasikan.



Gambar 10. Blok MIMO yang akan diimplementasikan

Untuk mengimplementasikan dengan cara mengklik *increment build* disimulink, setelah itu mengaktifkan *feature RTDX* pada CCS. Setelah proses tersebut selesai dapat me-*run* program *m-file* yang digunakan untuk memanggil data – data di RTDX untuk menghitung nilai BER sistem.

IV. PENGUJIAN DAN ANALISA SISTEM

Bagian ini akan dibahas mengenai pengujian dari simulasi MIMO Alamouti 2x2, MISO Alamouti 2x1 dan SISO. Dan pengujian secara implementasi dari ketiga sistem tersebut. Pengujian yang dilakukan pada sistem MIMO Alamouti 2x2, MISO Alamouti 2x1 dan SISO dengan bervariasi nilai Eb/No. Sehingga mendapatkan grafik kinerja BER pada ketiga sistem tersebut. Sebelum diimplementasikan simulasi akan dibandingkan dengan teori. Jika hasilnya mendekati baru sistem tersebut diimplementasikan.

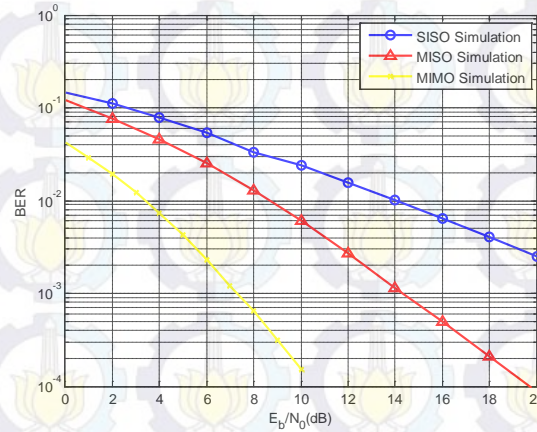
A. Analisa Simulasi pada Sistem SISO, MISO dan MIMO

Simulasi sistem komunikasi SISO, MISO, dan MIMO yang dilakukan pada Matlab Simulink untuk mendapatkan nilai BER-nya. Dimana nilai tersebut dapat diperoleh dengan menggunakan fungsi dari blok *Error rate calculation*. Blok tersebut dapat membandingkan informasi bit yang akan dikirim dengan yang diterima. Untuk mempermudah proses pengujian secara simulasi menggunakan *tools Bit Error Rate Analysis Tools*.

Pengujian simulasi SISO, MISO dan MIMO menggunakan pengiriman datanya sebesar 1.000.000 bit. Dengan menggunakan input *bernoulli generator*. Pengujian ini dilakukan pengulangan pengujian hingga 10 kali dengan pengacakan nilai bit informasi yang berbeda – beda. Pengacakan nilai bit agar berbeda – beda dengan cara mengubah parameter *initial seed* pada *input bernaouli generator*. Dimana nilai *intial seed*-nya dimulai dari 61 untuk pengujian pertama sampai 70 untuk pengujian yang terakhir. Pengujiannya juga mengubah nilai Eb/No, dimana nilai Eb/No yang diujikan dari 0 hingga 20 dB dengan kenaikan 2dB dan dilakukan pada SISO dan MISO, sedangkan pada MIMO pengaturannya dari 0 hingga 10 dB.

Hasil pengujian yang dilakukan selama 10kali diambil rata – ratanya pada ketiga sistem yang diujikan. Dimana dari rata – rata tersebut akan ditampilkan dalam bentuk grafik BER vs

Eb/No. Gambar grafik BER pada ketiga sistem yang dilakukan secara simulasi dapat dilihat pada gambar 11.



Gambar 11. Grafik BER SISO, MISO dan MIMO secara simulasi

Pada gambar 11 dapat dilihat nilai BER SISO pada simulasi memiliki nilai BER paling buruk hanya mendapatkan nilai BER 2,53x10-3 pada Eb/No 20dB. Hasil tersebut membuktikan bahwa SISO memiliki kinerja yang buruk pada kanal rayleigh fading. Sedangkan MISO dari grafik menunjukan sudah menunjukan perbaikan mendapatkan nilai BER 2,1x10-4 pada Eb/No 20dB. MIMO dari grafik memiliki kinerja BER yang paling baik mendapatkan 1,4x10-4 pada Eb/No 10dB.. Hasil pengujian yang dilakukan secara simulasi dapat disimpulkan bahwa MIMO memiliki kinerja BER paling baik pada kondisi kanal rayleigh fading.

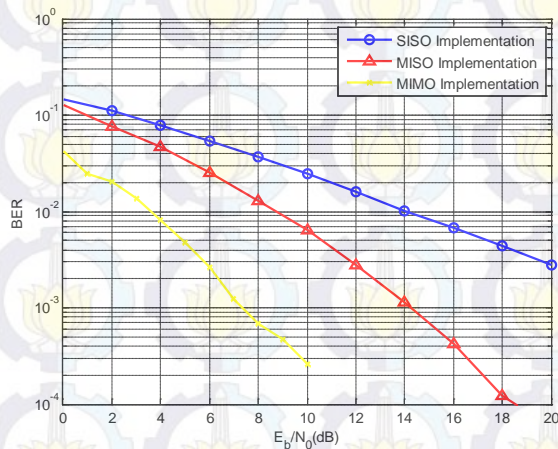
B. Analisa Kinerja Sistem SISO, MISO dan MIMO Berdasarkan Pada DSK TMS320C6416T.

Setelah melakukan pengujian secara simulasi dilakukan pengimplementasi. Pada implementasi ini dilakukan pengujian yang sama dengan simulasi yaitu pengujian kinerja BER. Jumlah data yang dikirim hanya 100.000 bit karena keterbatasan perangkat dari perangkat DSK TMS320C6416T. Untuk melakukan pengujian secara Implementasi dibutuhkan blok tambahan di simulink matlab yaitu blok RTDX. Blok RTDX dapat ditempatkan disisi pengirim dan penerima.

Dalam pengujian ini dibutuhkan kabel USB yang digunakan untuk menghubungkan DSK dengan komputer dimana kabel USB ini nantinya akan digunakan untuk mengirimkan hasil dari kinerja sistem yang telah diimplementasikan menuju kedalam komputer sehingga dapat diolah dengan Matlab.

Pengujian ini dilakukan pada sistem SISO, MISO dan MIMO. Dimana pengujian yang dilakukan hampir sama dengan simulasi yaitu dilakukan pengujian sebanyak 10 kali pengulangan untuk semua sistem yang akan diujikan dan mengubah nilai Eb/No.

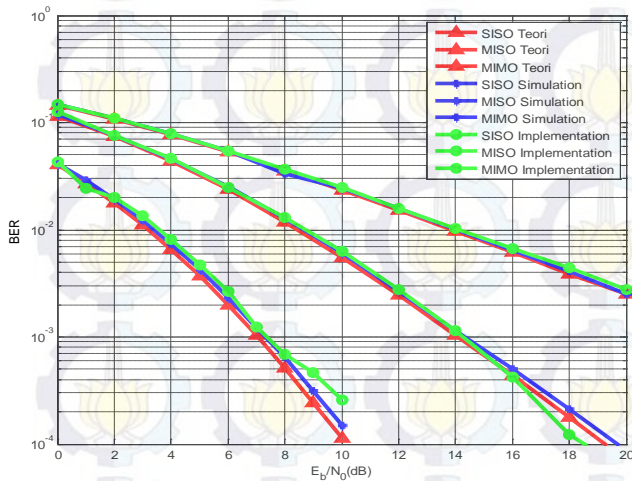
Dari nilai rata – rata yang didapat saat pengujian dibuat grafik BER. Dibuatnya grafik BER agar dapat mempermudah melihat kinerja pada semua sistem yang diuji. Grafik BER yang dilakukan secara simulasi dapat dilihat pada gambar 12.



Gambar 12. Grafik BER SISO, MISO dan MIMO secara implementasi pada DSK TMS320C6416

Dari gambar 12 dapat dilihat SISO memiliki kinerja yang buruk. Sesuai dengan teorinya dimana SISO rentan terhadap masalah *fading*. Untuk MISO memiliki kinerja yang lebih baik dibandingkan SISO tapi masih belum sebaik MIMO. MIMO dari grafik tersebut memiliki nilai BER yang paling baik diantar ketiga.

Analisa keseluruhan dapat dilihat pada gambar 14. Dimana membandingkan ketiga sistem baik secara perhitungan teori simulasi dan implementasi.



Gambar 14 Grafik BER SISO, MISO dan MIMO secara teori, simulasi dan implementasi.

Pada gambar 14 dapat dilihat untuk pengujian SISO secara teoritis, simulasi dan implementasi memiliki nilai yang mirip. Nilai BER SISO dengan E_b/N_0 20 dB secara teori mendapatkan nilai 0,0025, untuk simulasi mendapatkan rata – rata nilai 0,00253 dan untuk implementasi mendapatkan nilai BER 0,00279.

Pada MISO secara teori pada E_b/N_0 20dB memiliki nilai BER $7,26 \times 10^{-5}$, untuk simulasi mendapatkan nilai BER $8,798 \times 10^{-5}$ dan implementasi mendapatkan nilai $5,97 \times 10^{-5}$. Nilai BER MISO mendekati dengan nilai BER MISO secara simulasi dan implementasi

Pada MIMO secara teori pada E_b/N_0 10 dB memiliki nilai BER $1,13 \times 10^{-4}$, untuk simulasi memiliki nilai BER $1,49 \times 10^{-4}$

dan pada implementasi memiliki nilai BER $2,6 \times 10^{-4}$. Implementasi memiliki nilai BER yang hampir mendekati nilai BER MIMO secara simulasi dan perhitungan teorinya.

Dari grafik BER pada gambar 14 dapat dilihat bahwa nilai BER di 2×10^{-4} pada MIMO memiliki E_b/N_0 sekitar 10dB sedangkan pada MISO dengan nilai BER $5,97 \times 10^{-5}$ memiliki E_b/N_0 sekitar 20 dB. Pada SISO hanya mampu sekitar 0,000279 pada E_b/N_0 20 dB. Dari hal tersebut membuktikan bahwa SISO memiliki kinerja BER yang kurang baik dalam menghadapi masalah fading yang sering terjadi pada sistem komunikasi nirkabel. Sedangkan MISO memiliki nilai BER yang lebih baik dari pada SISO walaupun belum sebaik kinerja MIMO. MIMO Alamouti 2x2 memiliki kinerja yang paling baik diantara keduanya dalam menghadapi masalah fading.

V. KESIMPULAN/RINGKASAN

1. Pada saat simulasi MIMO memiliki nilai BER = $1,599 \times 10^{-4}$ pada E_b/N_0 10dB, sedangkan MISO memiliki nilai BER = $8,798 \times 10^{-5}$ pada E_b/N_0 20dB dan SISO hanya dapat nilai BER = $2,53 \times 10^{-3}$ pada E_b/N_0 20dB.
2. Pada saat implementasi MIMO memiliki nilai BER = $2,5 \times 10^{-4}$ pada E_b/N_0 10dB, sedangkan MISO E_b/N_0 20 dB baru mendapatkan nilai BER = $5,97 \times 10^{-5}$ dan SISO E_b/N_0 20 db hanya mendapatkan BER = $2,79 \times 10^{-3}$.
3. SISO rentan terhadap *rayleigh fading* yang menyebabkan performa kinerja BER menurun, sedangkan MISO Alamouti 2x1 dapat menanggulangi *rayleigh fading* tetapi peningkatan BER masih kurang baik. MIMO Alamouti 2x2 meningkatkan performa BER lebih baik dari MISO.
4. Pada saat Implementasi memiliki nilai BER yang mendekati dengan simulasi dan perhitungan secara teoritis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Siavash M. Alamouti, "A simple transmit diversity technique for wireless communications," IEEE Journal on Select Areas in Communications, vol. 16, no. 8, pp. 1451-1458, October 1998.
- [2] Turpin, michael.J," An Investigation of a Multiple Input Multiple Output Communication System with Alamouti Space Time Code ". Naval Postgraduate School. California. June 2004.
- [3] Proakis, John. G,"Digital Communication". McGraw-Hill. New York. 2008.
- [4] Jankiraman, Mohinder, "Space-Time Codes and MIMO System". Artech House.Inc, Norwood.2004
- [5] Rappaport,T.S., " Wireless Communication Principles and Practice ",Prentice Hall, New Jersey,1996.
- [6] Wirani, Yekti, "Analisis Kinerja Teknik Space-Time Block Coded pada Sistem komunikasi koperatif". Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro ITS. Surabaya.2008.
- [7] Sklar, Bernard. "Digital Communications Fundamentals and Applications". Prentice Hall. California. 2001.
- [8] Chassaing, Rulph. "Digital Signal Processing and Applications with the TMS320C6713 and TMS320C6416 DSK". JOHN WILEY & SONS, INC. USA. Second Edition, 2008.
- [9] _____. "TMS320C6416T DSK Technical Reference". SPECTRUM DIGITAL, INC. 2004.
- [10] Mathworks."Documentation". <http://www.mathworks.com/help/>