

## SIMULASI REED-SOLOMON ERROR CORRECTION CODE SEBAGAI OUTER CODE PADA DVB-T

Tony Antonio, Teddy Surya Wijaya  
Universitas Pancasila, Jakarta  
Universitas Pancasila, Jakarta  
Jl. Srengseng Sawah Jagakarsa, Jakarta 12640  
tonyantonio@gmail.com

### Abstrak

Penulisan ini difokuskan pada salah satu teknik FEC DVB-T, yaitu *Outer Coding* (Reed Solomon *code*) dengan simbol pesan sebanyak 188, *code word* 204 simbol, dan *errorcorrection* 8 simbol. Untuk simulasi digunakan bahasa Visual Basic 6.0 dengan tampilan pada setiap proses *encoding* dan *decoding*nya. Proses simulasi yang dibuat ini menggunakan data input urut 1-188 dan jumlah *error* yang dapat dikoreksi sampai dengan 8 simbol. Berdasarkan hasil simulasi *encoding*, 16 simbol yang dihasilkan untuk simbol-simbol *parity check* untuk data input urut 1-188 adalah 195, 231, 90, 194, 142, 112, 85, 171, 63, 242, 251, 154, 1, 82, 33, 222, dan menurut hasil uji coba program simulasi, untuk jumlah input *error* 1-8 didapatkan bahwa semakin banyak jumlah input *error*, maka proses perhitungan Euclidean kiri semakin banyak, serta banyaknya nilai yang dihasilkan dari proses Euclidean kiri sama dengan banyaknya input *error*.

**Kata Kunci:** *Outer Coding, Error Correction, Encoding, Decoding*

### Pendahuluan

*Digital Video Broadcasting* (DVB) mulai dikembangkan di Eropa tahun 1993 untuk memberikan kualitas gambar dan audio serta mengoptimalkan efisiensi frekuensi sehingga dapat menambah servis-servis lain dari para *broadcaster* atau *provider*.

Untuk memberikan kualitas yang lebih, perlu dilakukan *error protection* pada data di sisi transmitter yang telah dikodekan oleh MPEG-2 sehingga tidak terjadi *error* pada data yang dikirim oleh *broadcaster* atau *provider* kepada pelanggan.

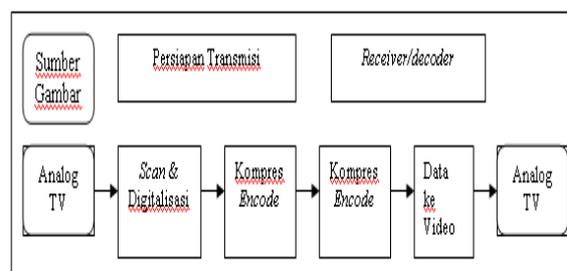
*Reed-Solomon code* memiliki efisiensi (kebutuhan menambahkan bit-bit tambahan disamping bit-bit informasi) dan kompleksitas (tingkat kesulitan dalam *coding* dan *decoding*) yang lebih baik.

### Digital Video Broadcasting

*Digital Video Broadcasting* (DVB) adalah salah satu sistem yang digunakan untuk men transmisikan siaran TV/Video digital ke pengguna akhir. DVB dikembangkan berdasarkan alasan pentingnya *broad casting* yang

bersifat terbuka dan ditunjang oleh kemampuan interoperabilitas, fleksi-bilitas dan aspek komersial.

Teknik digital memungkinkan untuk mengkompres sinyal TV sehingga *bandwidth* yang diperlukan menjadi lebih kecil daripada sinyal analog. Kompresi dilakukan dengan mendigitalisasikan gambar atau *frame-frame* yang membentuk sinyal TV. Ketika setiap *frame* telah dikonversikan kedalam bentuk digital, kompresi dapat diterapkan untuk mendapatkan tingkat reduksi *bandwidth* yang diinginkan.



Sumber: [www.beyondsl.net](http://www.beyondsl.net)

Gambar 1

Blok Diagram Dari Alur Transmisi Sinyal Video Pada DVB-T

**Metoda Pengiriman DVB**

Terdapat beberapa metoda pengiriman sinyal DVB, sesuai dengan karakteristik fisik dari metoda pengirimannya. (tabel 1)

Tabel 1  
Standart Pengiriman DVB

Standart	Metoda Pengiriman	Modulasi
DVB-S	Satelit	QPSK
DVB-C	Kabel	QAM
DVB-MC	Microwave (<10GHz)	Seperti DVB-C
DVB-MS	Microwave (>10GHz)	Seperti DVB-S
DVB-T	Terrestrial	OFDM

Sumber: www.beyondsl.net

**Digital Video Broadcasting Terrestrial (DVB-T)**

Untuk dapat beradaptasi dengan karakteristik fisik dari lingkungan terestrial, maka sistem transmisi serta sistem-sistem dasar DVB-T harus disesuaikan dengan lingkungan terestrial.

**Blok Fungsional DVB-T**

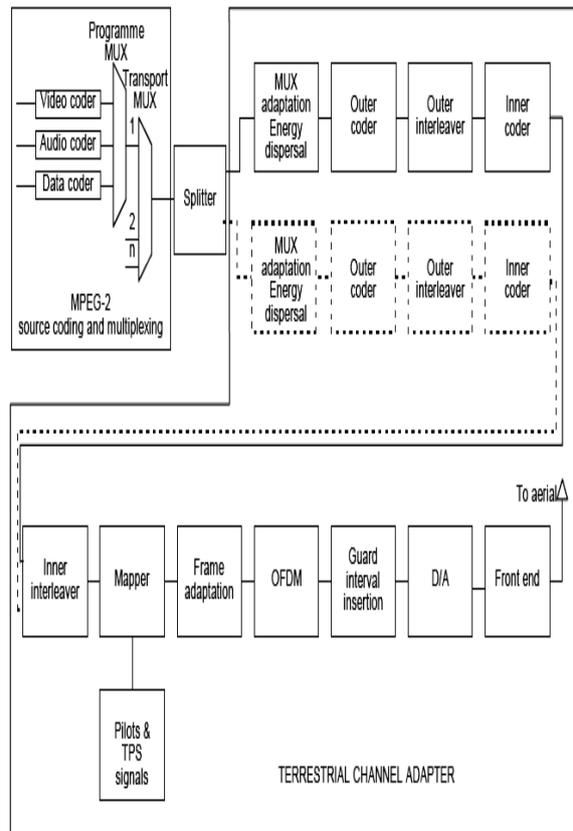
Sistem DVB-T ini didefinisikan sebagai blok fungsional dari peralatan yang beradaptasi dengan *baseband* sinyal TV dari output MPEG-2 transport *multiplexer*, ke karakteristik saluran terestrial. Beberapa proses berikut harus diterapkan ke dalam sistem:

- Adaptasi *transport multiplex* dan pengacakan untuk energy dispersal.
- *Outer Coding (Reed Solomon)*.
- *Outer Interleaving (Convolutional Interleaving)*.
- *Inner Coding (Punctured Convolutional Code)*.
- *Inner Interleaving*
- *Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)*.

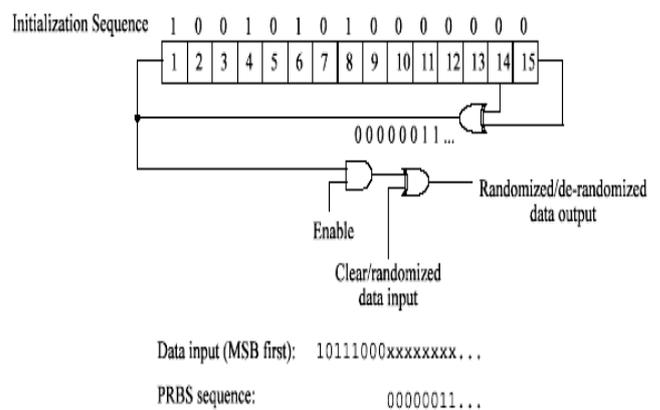
**Adaptasi Transport Multiplex dan Pengacakan Untuk Energy Dispersal**

Arus input sistem harus disusun ke dalam panjang paket-paket yang sama (gambar 2.), mengikuti transportasi *multiplexer* MPEG-2, total panjang paket dari transportasi *multi-*

*plexer (MUX) MPEG-2* adalah 188 bytes ini termasuk 1 *sync* byte (petunjuk). Data input *multiplex* MPEG-2 harus diacak sesuai dengan konfigurasi yang digambarkan pada gambar 3



Sumber: Hasil Olahan Data  
Gambar 2  
Diagram blok sistem DVB-T



Sumber: Hasil Olahan Data  
Gambar 3  
Diagram *scrambler/descrambler* Pembangkit untuk Pseudo Random Binary Sequence (PRBS) yaitu :  $1 + X^{14} + X^{15}$

**Outer Coding (Reed Solomon code)**

Outer Coding merupakan proses proteksi pertama dan pengkoreksi kesalahan (*error correction*) pada saat sinyal-sinya ditransmisikan. Reed Solomon RS (204, 188, t=8) merupakan kode yang dipendekkan diturunkan dari sistematis asli kode RS (255, 239, t = 8). RS code ini harus diterapkan ke setiap paket transportasi acak (188 byte). Pengkodean reed Solomon juga harus diterapkan ke sync byte.

Kode pembangkit polinomialnya  
 $g(x) = (x + \lambda^0)(x + \lambda^1)(x + \lambda^2)..(x + \lambda^{15})$

dimana  $\lambda = 02_{HEX}$

Polinomial pembangkit medan:

$$p(x) = x^8 + x^4 + x^3 + x^2 + 1$$

Kode Reed-Solomon yang dipendekkan dapat diterapkan dengan menambahkan 51 byte, semua diset nol, sebelum byte informasi pada input encoder RS (255, 239, t = 8). Setelah prosedur pengkodean RS, nol byte ini harus dibuang, sehingga membuat panjang kode N = 204 bytes.

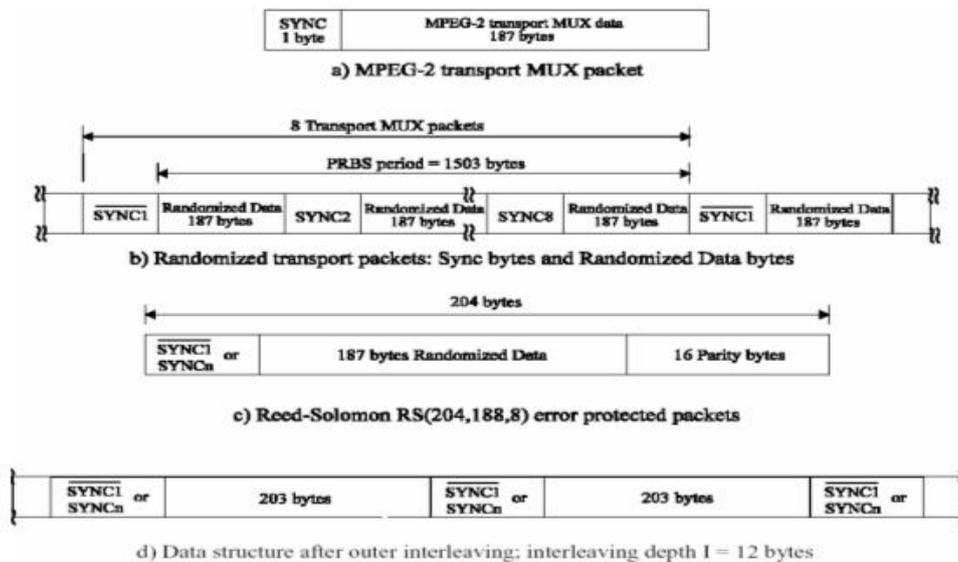
**Outer Interleaving (Convolutional Interleaving)**

Proses *convolutional interleaving* berdasarkan pendekatan formey, dengan I = 12 byte, data *interleaved* disusun dengan paket-paket perlindungan *error* dan dibatasi oleh byte-byte *sync* MPEG-2 komplemen atau non-komplemen. *Interleaver* disusun oleh cabang-cabang I = 12, perputarannya berhubungan ke input arus byte oleh *switch input*. Masing-masing cabang J harus merupakan urutan bergeser "First in, First out" (FIFO) dengan kedalaman J x M sel dimana M = 17 = N/I, N = 204. Sel-sel FIFO memiliki 1 byte, *switch input* dan *output* harus disinkronisasi.

**Inner Coding (Punctured Convolutional Code)**

*Convolutional code* menambahkan informasi ekstra ke sinyal yang dikalkulasikan dari arus data yang asli. *Receiver* menggunakan *added code* tambahan ini untuk mendeteksi dan mengkoreksi *error* pada arus data yang diterima untuk membuat sinyal asli tanpa *error*.

Jumlah *added code* tambahan yang besar dapat mendeteksi dan mengkoreksi *error* yang membuat sinyal menjadi sempurna. Penambahan *added code* ini mengurangi *bandwidth* yang tersedia.



SYNC1: Non randomized complemented sync byte  
 SYNCn: Non randomized sync byte, n = 2, 3, ..., 8

Sumber: European Standart, 2004

Gambar 4

Proses Adaptasi, Energy Dispersal, Outer Coding Dan Interleaving

**Inner Interleaving**

Pada saluran yang jamak ada kemungkinan bahwa *channel code* yang digunakan tidak bekerja secara optimal terutama saat *burst error* melampaui panjang tertentu. Untuk mengatasi hal tersebut, maka digunakan *inter-leaver*, yaitu peralatan /software yang menggabungkan simbol-simbol dari *code words* yang berbeda, sehingga simbol-simbol yang berurutan dengan *code word* yang sama disebarkan ke beberapa *code word*. *Deinterleaver* pada decoder untuk akan memugar kembali simbol-simbol ke *code word* yang asli.

**Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)**

Sistem yang dipilih untuk *terrestrial* harus cocok dengan permasalahan yang timbul di *terrestrial* seperti *multipath interference* dan *overlapping transmitter network*. OFDM menggunakan teknik modulasi yang sama seperti DVB-S dan DVB-C kemudian menambahkan beberapa *level* modulasi untuk membawa data dengan baik pada lingkungan *terrestrial*. OFDM menggunakan ribuan *carrier* untuk menyebarkan sinyal isi data dan meningkatkan kekebalan dari interferensi *multipath* dengan menggunakan *guard interval*.

**Reed-Solomon Error Correction Code Proses Encoding**

Dengan memilih pesan yang terdiri dari sebelas simbol, dimana satu simbol terdiri dari 4-bit, ditulis dengan bentuk (15,11), dengan mengambil simbol-simbol berikut untuk dikodekan: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11. Simbol-simbol tersebut kemudian ditampilkan dalam polinomial pesan :

$$x^{10} + 2x^9 + 3x^8 + 4x^7 + 5x^6 + 6x^5 + 7x^4 + 8x^3 + 9x^2 + 10x + 11$$

polinomial pesan kemudian dikalikan dengan  $x^4$  :

$$x^{14} + 2x^{13} + 3x^{12} + 4x^{11} + 5x^{10} + 6x^9 + 7x^8 + 8x^7 + 9x^6 + 10x^5 + 11x^4$$

untuk memberikan ruang empat simbol-simbol sebagai *parity* (perlindungan kesamaan). Polinomial ini kemudian dibagi dengan *Generator polynomial*  $g(x)$  untuk menghasilkan em-

pat simbol *parity* (perlindungan kesamaan). Dan proses pembagian sebagai berikut :

	$x^{14}$	$x^{13}$	$x^{12}$	$x^{11}$	$x^{10}$	$x^9$	$x^8$	$x^7$	$x^6$	$x^5$	$x^4$	$x^3$	$x^2$	$x^1$	$x^0$
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	0	0	0	0
$\times x^{10}$	1	15	3	1	12										
		13	0	5	9	6									
$\times 13x^9$		13	7	4	13	3									
			7	1	4	5	7								
$\times 7x^8$			7	11	9	7	2								
				10	13	2	5	8							
$\times 10x^7$				10	12	13	10	1							
					1	15	15	9	9						
$\times 1x^6$					1	15	3	1	12						
						0	12	8	5	10					
$\times 0x^5$						0	0	0	0	0					
							12	8	5	10	11				
$\times 12x^4$							12	8	7	12	15				
								0	2	6	4	0			
$\times 0x^3$								0	0	0	0	0			
									2	6	4	0	0		
$\times 2x^2$									2	13	6	2	11		
										11	2	2	11	0	
$\times 11x^1$										11	3	14	11	13	
											1	12	0	13	0
$\times 1x^0$											1	15	3	1	12
												3	3	12	12

Dan pembagian menghasilkan sisa:

$$r(x) = 3x^3 + 3x^2 + 12x + 12.$$

*Quotient* (hasil bagi)  $q(x)$ , terletak pada kolom sebelah kiri, dan sudah tidak diperlukan lagi, maka  $q(x)$  akan dibuang. Sehingga polinomial pesan yang dikodekan  $T(x)$  menjadi :

$$x^{14} + 2x^{13} + 3x^{12} + 4x^{11} + 5x^{10} + 6x^9 + 7x^8 + 8x^7 + 9x^6 + 10x^5 + 11x^4 + 3x^3 + 3x^2 + 12x + 12$$

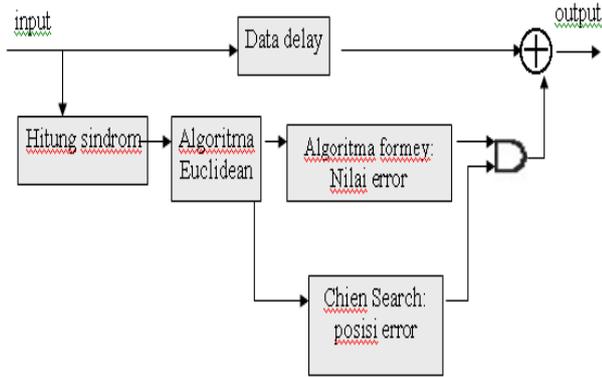
atau dapat ditulis :

$$1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 3, 3, 12, 12.$$

...(7)

**Proses Decoding**

Proses *decoding Reed-solomon* dapat dilakukan dengan berbagai macam pendekatan, namun pada kali ini akan dibahas proses *decoding Reed-solomon* yang spesifik mengenai pendekatan dengan algoritma Euclidean. Dengan bagian-bagian *decoding* sebagai berikut:



Sumber: Hasil Olahan Data  
Gambar 5  
Proses decoding Reed-solomon

**Proses Decoding Tanpa Error**

Telah dijelaskan bahwa bentuk perhitungan sindrom  $b=0$ , terdapat sindrom  $S_0 \dots S_{2t-1}$ . Jika *code word* yang diterima tidak mengandung *error* maka semua sindrom akan bernilai nol. Dengan mengambil contoh pada kode Reed-solomon (15,11), *code word* mengandung sindrom  $S_0, S_1, S_2, S_3$  dan jika *code word* yang dikirim sama dengan *code word* yang diterima yaitu 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 3, 3, 12, 12, maka:

$$S_0 = (\alpha^0)^{14} + 2(\alpha^0)^{13} + 3(\alpha^0)^{12} + 4(\alpha^0)^{11} + 5(\alpha^0)^{10} + 6(\alpha^0)^9 + 7(\alpha^0)^8 + 8(\alpha^0)^7 + 9(\alpha^0)^6 + 10(\alpha^0)^5 + 11(\alpha^0)^4 + 3(\alpha^0)^3 + 3(\alpha^0)^2 + 12(\alpha^0) + 12 = 1+2+3+4+5+6+7+8+9+10+11+3+3+12+12 = 0$$

$$S_1 = (\alpha^1)^{14} + 2(\alpha^1)^{13} + 3(\alpha^1)^{12} + 4(\alpha^1)^{11} + 5(\alpha^1)^{10} + 6(\alpha^1)^9 + 7(\alpha^1)^8 + 8(\alpha^1)^7 + 9(\alpha^1)^6 + 10(\alpha^1)^5 + 11(\alpha^1)^4 + 3(\alpha^1)^3 + 3(\alpha^1)^2 + 12(\alpha^1) + 12 = 9+9+2+13+8+9+8+7+6+9+14+11+12+11+12 = 0$$

$$S_2 = (\alpha^2)^{14} + 2(\alpha^2)^{13} + 3(\alpha^2)^{12} + 4(\alpha^2)^{11} + 5(\alpha^2)^{10} + 6(\alpha^2)^9 + 7(\alpha^2)^8 + 8(\alpha^2)^7 + 9(\alpha^2)^6 + 10(\alpha^2)^5 + 11(\alpha^2)^4 + 3(\alpha^2)^3 + 3(\alpha^2)^2 + 12(\alpha^2) + 12 = 13+15+13+10+13+5+14+4+14+3+1+7+5+5+12 = 0$$

$$S_3 = (\alpha^3)^{14} + 2(\alpha^3)^{13} + 3(\alpha^3)^{12} + 4(\alpha^3)^{11} + 5(\alpha^3)^{10} + 6(\alpha^3)^9 + 7(\alpha^3)^8 + 8(\alpha^3)^7 + 9(\alpha^3)^6 + 10(\alpha^3)^5 + 11(\alpha^3)^4 + 3(\alpha^3)^3 + 3(\alpha^3)^2 + 12(\alpha^3) + 12 = 15+7+7+6+5+4+3+10+4+10+3+13+7+10+12 = 0$$

**Proses Decoding Dengan Error**

Dengan mengambil contoh yang sama, maka didapat kemampuan *error correction*

adalah (t) dua simbol, kemudian menambakan *error* pada urutan ke enam (bentuk  $x^9$ ) dan urutan ke tiga belas (bentuk  $x^2$ ) pada *code word* yang diterima maka *error polynomial* :

$$E(x) = E_9x^9 + E_2x^2$$

dan untuk contoh, maka  $E_9 = 13$  dan  $E_2 = 2$  maka *received polynomial*  $R(x)$  menjadi :

$$R(x) = (x^{14} + 2x^{13} + 3x^{12} + 4x^{11} + 5x^{10} + 6x^9 + 7x^8 + 8x^7 + 9x^6 + 10x^5 + 11x^4 + 3x^3 + 3x^2 + 12x + 12) + (13x^9 + 2x^2) = x^{14} + 2x^{13} + 3x^{12} + 4x^{11} + 5x^{10} + 11x^9 + 7x^8 + 8x^7 + 9x^6 + 10x^5 + 11x^4 + 3x^3 + x^2 + 12x + 12$$

atau dapat ditulis :

$$R(x) = 1, 2, 3, 4, 5, 11, 7, 8, 9, 10, 11, 3, 1, 12, 12$$

$$S_0 = (\alpha^0)^{14} + 2(\alpha^0)^{13} + 3(\alpha^0)^{12} + 4(\alpha^0)^{11} + 5(\alpha^0)^{10} + 11(\alpha^0)^9 + 7(\alpha^0)^8 + 8(\alpha^0)^7 + 9(\alpha^0)^6 + 10(\alpha^0)^5 + 11(\alpha^0)^4 + 3(\alpha^0)^3 + 1(\alpha^0)^2 + 12(\alpha^0) + 12 = 1+2+3+4+5+11+7+8+9+10+11+3+1+12+12 = 15$$

$$S_1 = (\alpha^1)^{14} + 2(\alpha^1)^{13} + 3(\alpha^1)^{12} + 4(\alpha^1)^{11} + 5(\alpha^1)^{10} + 11(\alpha^1)^9 + 7(\alpha^1)^8 + 8(\alpha^1)^7 + 9(\alpha^1)^6 + 10(\alpha^1)^5 + 11(\alpha^1)^4 + 3(\alpha^1)^3 + 1(\alpha^1)^2 + 12(\alpha^1) + 12 = 9+9+2+13+8+2+8+7+6+9+14+11+4+11+12 = 3$$

$$S_2 = (\alpha^2)^{14} + 2(\alpha^2)^{13} + 3(\alpha^2)^{12} + 4(\alpha^2)^{11} + 5(\alpha^2)^{10} + 11(\alpha^2)^9 + 7(\alpha^2)^8 + 8(\alpha^2)^7 + 9(\alpha^2)^6 + 10(\alpha^2)^5 + 11(\alpha^2)^4 + 3(\alpha^2)^3 + 1(\alpha^2)^2 + 12(\alpha^2) + 12 = 13+15+13+10+13+7+14+4+14+3+1+7+3+5+12 = 4$$

**Algoritma Euclidean**

Telah diketahui bahwa nilai :

$$S_0 = 15, S_1 = 3, S_2 = 4, S_3 = 12$$

maka polinomial sindrom :

$$S(x) = S_3x^3 + S_2x^2 + S_1x + S_0 = 12x^3 + 4x^2 + 3x + 15$$

proses algoritma Euclidean selesai dengan didapat dua hasil  $7x^2 + 7x + 9$  sebagai  $\gamma \times \Lambda(x)$  dan  $3x + 14$  sebagai  $\gamma \times \Omega(x)$ , dimana pada kasus ini nilai dari  $\gamma = 9$ . Jadi, dengan membagi kedua hasil tersebut diatas dengan  $\gamma = 9$  maka bentuk polinomial dari *error locator polynomial* menjadi :

$$\Lambda(x) = 14x^2 + 14x + 1$$

dan *error value polynomial* :

$$\Omega(x) = 6x + 15$$

	$x^4$	$x^3$	$x^2$	$x^1$	$x^0$	$x^2$	$x^1$	$x^0$
dividen:	1	0	0	0	0	0	0	
divisor $\times 10x$	1	14	13	12		10	0	
		14	13	12	0	10	0	
divisor $\times 6$		14	11	10	4	0	6	
remainder (sisa)			6	6	4	10	6	

	$x^4$	$x^3$	$x^2$	$x^1$	$x^0$	$x^2$	$x^1$	$x^0$
dividen:	12	4	3	15		0	1	
divisor $\times 2x$	12	12	8			7	12	0
		8	11	15		7	12	1
divisor $\times 13$		8	8	1		11	8	
remainder (sisa)			3	14		7	7	9

Tabel 2  
Hasil Chien Search

$x$	$x^2$	$x^1$	$x^0$	Penjumlahan
$\alpha^{-14}$	$\alpha^{13}$	$\alpha^{12}$	1	3
$\alpha^{-13}$	$\alpha^0$	$\alpha^{13}$	1	13
$\alpha^{-12}$	$\alpha^2$	$\alpha^{14}$	1	12
$\alpha^{-11}$	$\alpha^4$	$\alpha^0$	1	3
$\alpha^{-10}$	$\alpha^6$	$\alpha^1$	1	15
$\alpha^{-9}$	$\alpha^8$	$\alpha^2$	1	0
$\alpha^{-8}$	$\alpha^{10}$	$\alpha^3$	1	14
$\alpha^{-7}$	$\alpha^{12}$	$\alpha^4$	1	13
$\alpha^{-6}$	$\alpha^{14}$	$\alpha^5$	1	14
$\alpha^{-5}$	$\alpha^1$	$\alpha^6$	1	15
$\alpha^{-4}$	$\alpha^3$	$\alpha^7$	1	2
$\alpha^{-3}$	$\alpha^5$	$\alpha^8$	1	2
$\alpha^{-2}$	$\alpha^7$	$\alpha^9$	1	0
$\alpha^{-1}$	$\alpha^9$	$\alpha^{10}$	1	12
$\alpha^0$	$\alpha^{11}$	$\alpha^{11}$	1	1

**Chien Search Locator Polynomial**

Untuk mencoba posisi pertama dari code word, yaitu  $e_j = 14$ , maka disubstitusi  $\alpha^{-14}$  kedalam error locaator polynomial dan dengan memperhatikan tabel 6 untuk nilai inverse pada GF(16), sehingga :

$$\Lambda(x) = 14x^2 + 14x + 1$$

$$\begin{aligned} \Lambda(\alpha^{-14}) &= 14(\alpha^{-14})^2 + 14(\alpha^{-14}) + 1 \\ &= 14(\alpha^1)^2 + 14(\alpha^1) + 1 \\ &= \alpha^{11}\alpha^2 + \alpha^{11}\alpha + \alpha^0 \\ &= \alpha^{13} + \alpha^{12} + \alpha^0 \\ &= 13 + 15 + 1 \\ &= 3 \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama, kita substitusikan semua nilai  $e_j = 13$  sampai  $e_j = 0$  maka akan di dapat hasil seperti pada tabel 2. Pa da tabel 2, baris ke enam dan ke tiga belas menghasilkan nol, maka posisi error tersebut berada pada posisi  $x^9$  dan  $x^2$  dalam received polynomial. Untuk mengecek kebenaran bahwa  $x^9$  dan  $x^2$  merupakan faktor-faktor dari error locator polynomial  $\Lambda(x)$  dengan memasukkannya kedalam persamaan

$$\begin{aligned} (1 + \alpha^9 x)(1 + \alpha^2 x) &= \alpha^{11}x^2 + (\alpha^9 + \alpha^2)x + 1 \\ &= 14x^2 + 14x + 1 = \Lambda(x) \end{aligned}$$

Sumber: Hasil Olahan Data

**Algoritma Formey**

Algoritma Formey terdiri dari perhitungan dua polinomial,  $\Omega(x)$  dan  $\Lambda'(x)$ , yang merupakan turunan dari  $\Lambda(x)$ , untuk  $x = X_j^{-1}$ .  $\Lambda'(x)$  dapat diperoleh dengan menset derajat genap dari  $x$  menjadi nol :

$$\begin{aligned} \Lambda(x) &= 14x^2 + 14x + 1 \\ &= 14x \end{aligned}$$

kemudian membagi dengan  $x$ , menjadi :

$$\Lambda'(x) = 14X_j^{-1} / X_j^{-1} = 14$$

dari persamaan (16) maka

$$Y_j = X_j \frac{6X_j^{-1} + 15}{14}$$

dengan mengetahui posisi error terdapat pada urutan ke enam ( $x^9$ ) dan ke tiga belas ( $x^2$ ), maka nilai error untuk  $X_j = \alpha^9$  :

$$Y_j = \alpha^9 \frac{6\alpha^{-9} + 15}{14} = 13$$

dan untuk  $X_j = \alpha^2$

$$Y_j = \alpha^2 \frac{6\alpha^{-2} + 15}{14} = 2$$

**Error Corection**

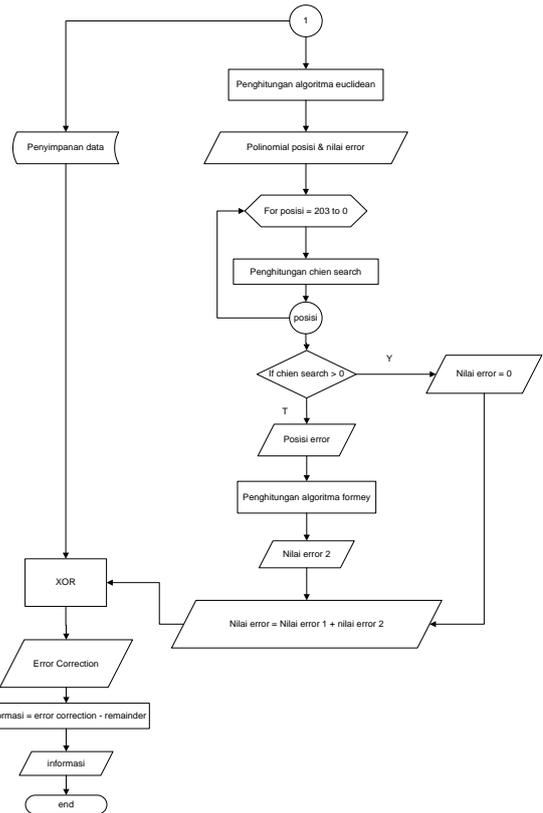
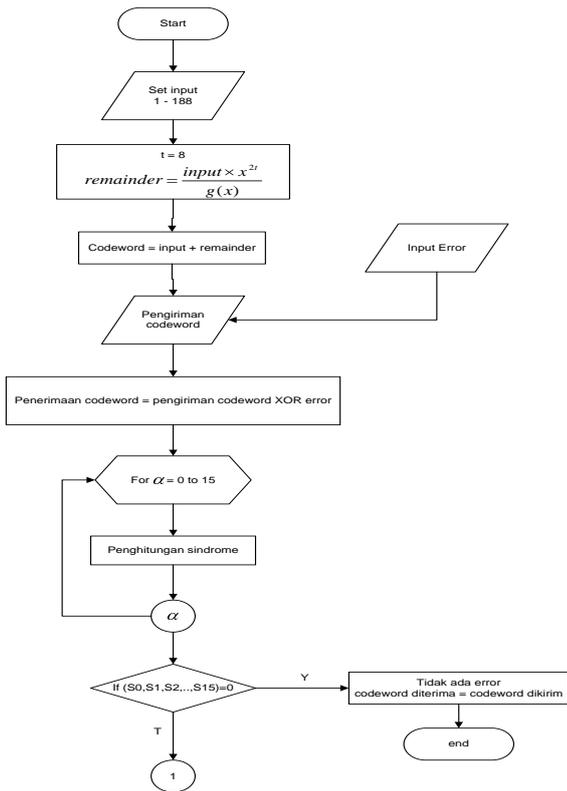
Error dapat dikoreksi dengan menambah kan nilai error  $Y_j$ , ke simbol-simbol yang diterima pada posisi  $X_j$ .

$x^{14}$	$x^{13}$	$x^{12}$	$x^{11}$	$x^{10}$	$x^9$	$x^8$	$x^7$	$x^6$	$x^5$	$x^4$	$x^3$	$x^2$	$x^1$	$x^0$
0	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0	2	0	0
1	2	3	4	5	11	7	8	9	10	11	3	1	12	12
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	3	3	12	12

**Simulasi Reed Solomon**

**Diagram alir**

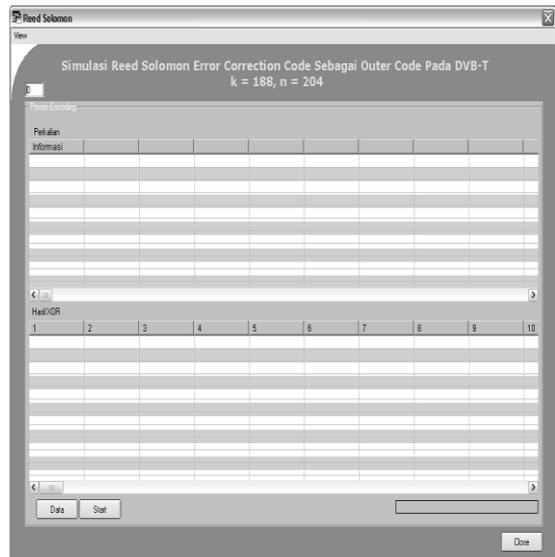
Untuk mempermudah pembuatan program, maka dibuat terlebih dahulu diagram alur proses simulasi Reed Solomon Error Correction Code Sebagai Outer Code pada DVB-T sebagai berikut :



Sumber: Hasil Olahan DATA  
Gambar 5  
Diagram Alur Simulasi

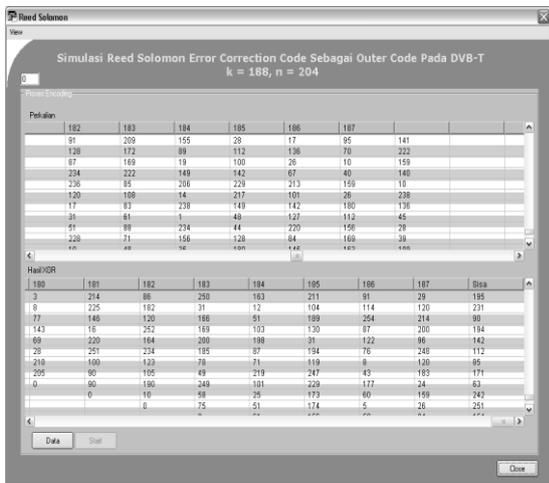
**Simulasi Encoding**

Gambar 6 menggambarkan tampilan untuk encoding.



Sumber: Hasil Olahan DATA  
Gambar 6  
Tampilan Encoding

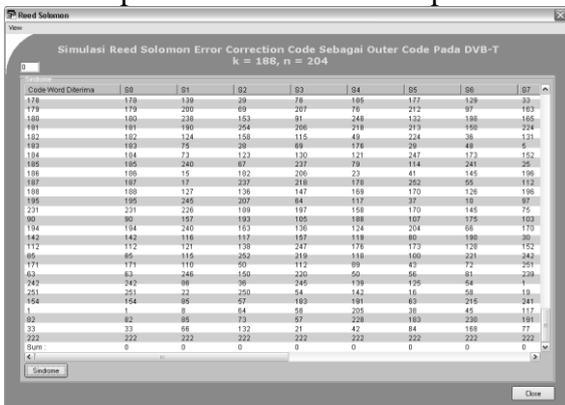
Pada tampilan *Encoding* Terdapat dua bentuk *form*, bagian atas menunjukkan hasil perkalian informasi dengan Generator Polinomial  $G(x)$ , sedangkan pada bagian bawah menunjukkan hasil XOR, perkalian dengan informasi, sedangkan dua tombol operasi yaitu “Data” yang digunakan untuk verifikasi data dan tombol “Start” untuk memulai proses *encoding*. Kemudian setelah proses *encoding* selesai, hasil enam belas simbol yang harus ditambahkan ke simbol informasi terdapat pada bagian bawah, pada kolom “sisa”. Gambar 7. menggambarkan hasil proses *encoding*.



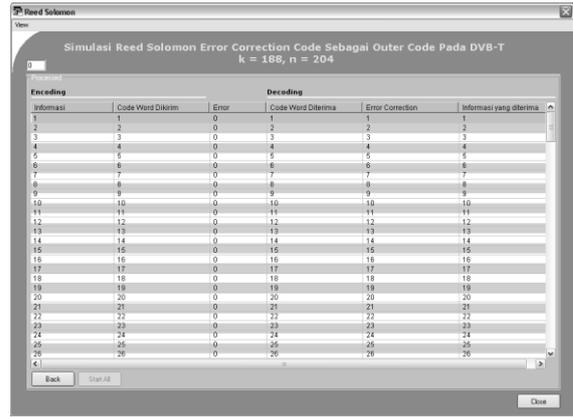
Sumber: Hasil Olahan Data  
Gambar 7  
Hasil proses *encoding*

**Simulasi Decoding**

Gambar 8 menggambarkan tampilan perhitungan sindrome. Gambar 9 menggambarkan tampilan Reed Solomon tanpa *error*.



Sumber: Hasil Olahan Data  
Gambar 8  
Tampilan Perhitungan Sindrome



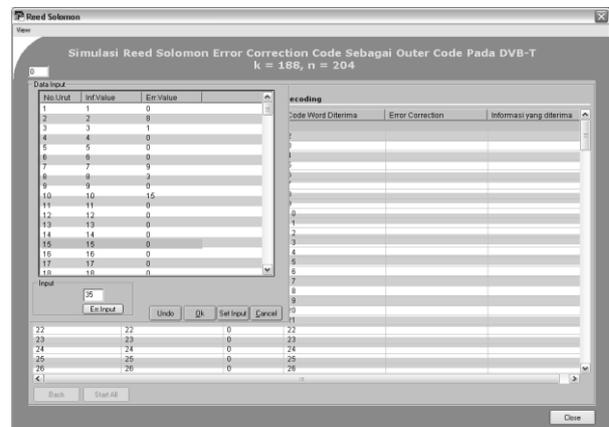
Sumber: Hasil Olahan Data  
Gambar 9  
Tampilan Reed Solomon tanpa *error*

Kemudian dengan mengklik “info data” pada *listview* untuk memasukkan nilai *error* menurut tabel 3 maka akan keluar tampilan “info data” dengan tombol operasi “*err Input*” yang telah aktif. Gambar 10 menggambarkan mengenai Tampilan input *error*.

Tabel 3  
Contoh Posisi dan Nilai *error*

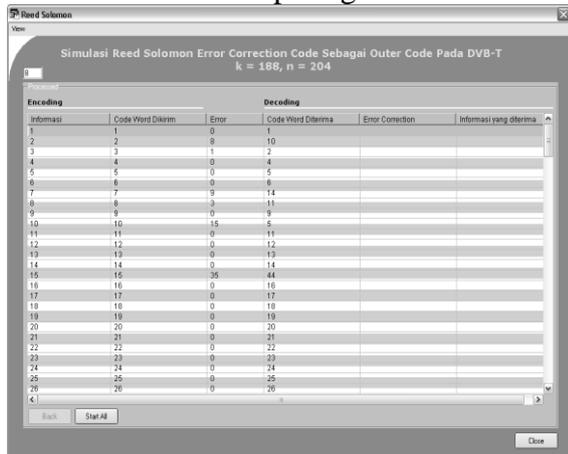
No	Nilai urut <i>error</i>	Nilai <i>error</i>
1	2	8
2	3	1
3	7	9
4	8	3
5	10	15
6	15	35
7	200	100
8	204	55

Sumber: Hasil Olahan Data



Sumber; Hasil Olahan Data  
Gambar 10  
Tampilan input *error*

Setelah nilai *error* disubstitusi maka tampil lan Reed Solomon akan seperti gambar 11.

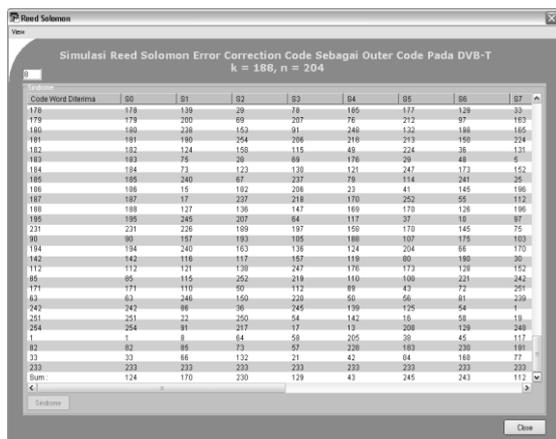


Sumber: Hasil Olahan Data

Gambar 11

Tampilan Reed Solomon setelah input *error*

Sedangkan Gambar 12 menggambarkan hasil perhitungan syndrome *codeword* yang diterima.



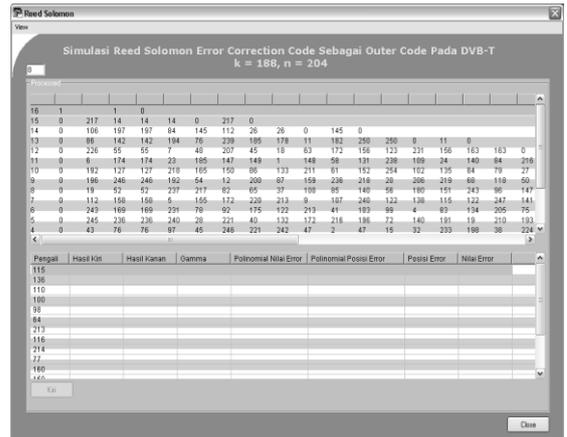
Sumber: Hasil Olahan Data

Gambar 12

Hasil Perhitungan Syndrome Pada *Codeword* Yang Diterima

**Simulasi Perhitungan Euclidean**

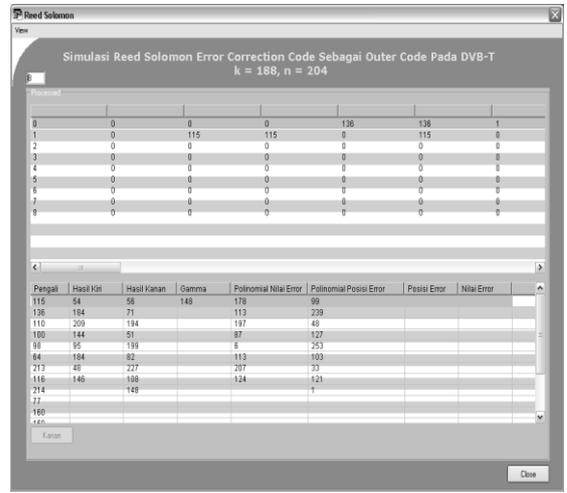
Proses Euclidean ini dibagi menjadi dua yaitu kiri dan kanan, masing-masing memiliki dua bentuk *form*, atas dan bawah, dimana pada bagian atas merupakan hasil proses perhitungan, sedangkan bagian bawah merupakan hasil akhir dari masing-masing proses. Gambar 13 dan 14 menggambarkan hasil proses euclidean kiri dan kanan sedangkan gambar 15 menunjukkan hasil proses Chien Search.



Sumber: Hasil Olahan Data

Gambar 13

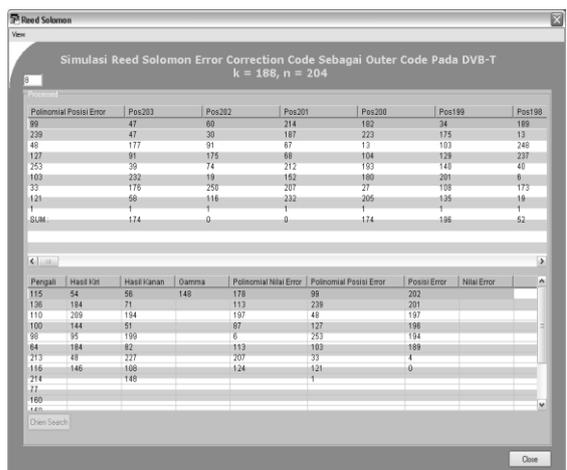
Hasil Proses Euclidean Kiri



Sumber: Hasil Olahan Data

Gambar 14

Hasil Proses Euclidean Kanan



Sumber: Hasil Olahan Data

Gambar 15

Hasil Proses Chien Search

### Simulasi Perhitungan Algoritma Formey

Gambar 16 menggambarkan hasil proses algoritma formey.

Posisi Derajat	Code Word Diterima	Lokasi & Nilai Error	Error Correction
1	195	0	1
2	231	0	2
3	90	0	3
4	194	0	4
5	142	0	5
6	112	0	6
7	85	0	7
8	171	0	8
9	63	0	9
10	242	0	10
11	154	0	11
12	1	0	12
13	82	0	13
14	33	0	14
15	222	0	15

Sumber: Hasil Olahan Data  
Gambar 16  
Hasil Proses Algoritma Formey

### Simulasi Perhitungan Error Correction

Gambar 17 menggambarkan hasil error correction.

Posisi Derajat	Code Word Diterima	Lokasi & Nilai Error	Error Correction
1	195	0	1
2	231	0	2
3	90	0	3
4	194	0	4
5	142	0	5
6	112	0	6
7	85	0	7
8	171	0	8
9	63	0	9
10	242	0	10
11	154	0	11
12	1	0	12
13	82	0	13
14	33	0	14
15	222	0	15

Sumber: Hasil Olahan Data  
Gambar 17  
Hasil Error Correction

Gambar 18 menggambarkan hasil akhir Reed Solomon Error Correction Code.

Encoding		Decoding	
Informasi	Code Word Diterima	Error	Informasi yang diterima
1	195	0	1
2	231	0	2
3	90	0	3
4	194	0	4
5	142	0	5
6	112	0	6
7	85	0	7
8	171	0	8
9	63	0	9
10	242	0	10
11	154	0	11
12	1	0	12
13	82	0	13
14	33	0	14
15	222	0	15

Sumber: Hasil Olahan Data  
Gambar 18  
Hasil Akhir Reed Solomon Error Correction Code

### Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil simulasi *encoding*, 16 simbol yang dihasilkan untuk simbol-simbol *parity check* untuk data input urut 1-188 adalah 195, 231, 90, 194, 142, 112, 85, 171, 63, 242, 251, 154, 1, 82, 33, 222.
2. Pada proses *encoding* jika 188 simbol informasi awal diberi nilai nol, maka sisa pembagian dengan  $g(x)$  akan menghasilkan 16 simbol bernilai nol.
3. Hasil perhitungan sindrom dapat digunakan untuk mendeteksi adanya *error* dan sebagai pengecek kebenaran hasil *encoding*,
4. Berdasarkan hasil uji coba program simulasi untuk jumlah input *error* 1-8 didapatkan bahwa semakin banyak jumlah input *error*, maka proses perhitungan Euclidean kiri semakin banyak, serta banyaknya nilai yang dihasilkan dari proses Euclidean kiri sama dengan banyaknya input *error*.

### Daftar Pustaka

C.K.P. Clarke, "Reed-solomon Error Correction", the journal of the BBC R&D White Paper, 31, 2002.

European Standard, "Digital Video Broadcasting (DVB) Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television", the journal of the Final Draft ETSI EN 300 744 V1.5.1, 2004.

Makoto Itami, "Digital Terrestrial TV Broadcasting Systems", 2001.

Nursupangkat, "Teknologi Perlindungan Isi Pada DVB", Jurnal ITB Tugas Akhir Keamanan Sistem Lanjut, 2004.

Ngan King N, "Video Coding For Wireless Communication System", 2001.

Shu Lin / Daniel J. Costello, Jr., "Error Control Coding: Fundamentals And Application", Prentice-Hall, Los Angeles, 1983.

The Digital Revolution, the journal of the [www.beyondsl.net](http://www.beyondsl.net).