



Analisis Kinerja Skema MPEG Surround Pada Pengkodean *Audio 22* Kanal Menggunakan Bitrate 1000 - 2000 Kbps

Vitral JR¹, Ahmad Ridwan², Habib Satria³, Ikhwana Elfitri⁴

^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Andalas

²Teknik Elektronika, Politeknik Jambi

³Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Medan Area
ridwan@politeknikjambi.ac.id*

Abstract

MPEG surround is one of the most popular multichannel audio coding standards used today. In producing quality sound, there are several parts that are influential, but those that are directly related to sound reproduction, one of which is the method of downmixing, mixing the right channels will improve the quality of the sound produced. Because this research is closely related to data computing, the Matrix Laboratory (MATLAB) application is used. There are 2 stages carried out in the MATLAB application, namely the encoding and decoding process. In the encoding process in MATLAB, each audio channel is set according to a previously designed scheme. The results of this encoding are then decoded, so that the ODG value of each tested audio channel is obtained. In his presentation, the design and analysis of several downmixing schemes was carried out. There are 5 schemes tested and to determine the performance of each scheme, these schemes are tested at high bitrates, from the range of 1000 Kbps to 2000 Kbps. Based on the test, it was found that the effect of increasing the bitrate is directly proportional to the resulting audio quality. During testing Scheme-5 has a better level of stability among all downmixing schemes and the average percentage increase in Objective Difference Grade (ODG) for all audio samples is 9.6927 %.

Keywords: 22 Channel Audio Coding, Matlab, MPEG Surround, Downmixing, Objective Difference Grade

Abstrak

MPEG surround merupakan salah satu standard pengkodean *audio* multikanal yang populer digunakan saat ini. Dalam menghasilkan suara yang berkualitas, ada beberapa bagian yang berpengaruh, namun yang berkaitan langsung dengan reproduksi suara, salah satunya adalah metode dalam melakukan *downmix*, percampuran kanal yang tepat akan meningkatkan kualitas dari suara yang dihasilkan. Dikarenakan penelitian ini berkaitan erat dengan komputasi data, maka digunakanlah aplikasi *Matrix Laboratory* (MATLAB). Ada 2 tahap yang dilakukan pada aplikasi MATLAB, yaitu proses *encoding* dan *decoding*. Pada proses *encoding* di MATLAB, *disetting* setiap kanal *audio* sesuai dengan skema yang telah dirancang sebelumnya. Hasil dari *encoding* ini kemudian di *decode*, sehingga didapatkan nilai ODG dari setiap kanal *audio* yang diujikan. Pada pemaparannya dilakukan perancangan dan analisis terhadap beberapa skema *downmixing*. Terdapat 5 skema yang diujikan dan untuk mengetahui performansi dari tiap skema, skema tersebut diuji pada bitrate tinggi mulai dari *range* 1000 Kbps sampai dengan 2000 Kbps. Berdasarkan pengujian didapati bahwa pengaruh kenaikan *bitrate* berbanding lurus terhadap kualitas *audio* yang dihasilkan. Selama pengujian Skema-5 memiliki tingkat kestabilan yang lebih baik diantara semua skema *downmixing* dan rata-rata persentase kenaikan *Objective Difference Grade* (ODG) untuk seluruh sampel *audio* adalah 9,6927 %.

Kata kunci: Pengkodean Audio 22 Kanal, Matlab, MPEG Surround, Downmixing, Objective Difference Grade

1. Pendahuluan

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi berkembang sangat pesat, termasuk di bidang media dan hiburan. Dengan perkembangan ini, ada permintaan yang meningkat untuk peralatan *audio* dan *video* yang berkualitas tinggi dan *up-to-date*. Pengkodean *audio* adalah teknik untuk merepresentasikan *audio* dalam

bentuk digital dan didefinisikan oleh kompresi *audio*, membuat *bitrate* lebih efisien [1]. Hal ini tentunya jika *audio* dikirim langsung untuk digunakan dalam siaran televisi. Salah satu aplikasi pengkodean *audio* adalah sistem suara multi-saluran 5.1 yang digunakan oleh stasiun televisi digital Jepang, dan suara yang dihasilkan dapat memberikan sensasi dua arah kepada penonton

rumahan. Namun, karena pendengaran yang belum alami, *Japan Number Broadcasting Corporation* (NHK) terus mengembangkan sistem *audio* multi-channel 22,2 untuk aplikasi pada televisi generasi berikutnya, televisi definisi tinggi ultra (UHDTV) yang menghasilkan suara dalam tiga dimensi [2][3][4][5]. Standar UHDTV diterbitkan oleh *International Telecommunication Union* dan dikenal sebagai Hi-Vision. Dengan teknologi ini, *video* yang dihasilkan menjadi jauh lebih tajam dan resolusi tinggi dengan mengesankan sistem pengkodean *audio multichannel* 5.1[5], 10.2[6] dan 22.2[7][8][9][10][11] jauh lebih baik dibandingkan dari sistem *audio* konvensional.

Banyak penelitian telah dilakukan pada pengkodean *audio multichannel*. Sebuah penelitian sebelumnya membahas konsep dasar dan teknik sistem pengkodean *audio* spasial atau sistem yang biasa disebut pengkodean *audio multichannel*[12][13]. Pengujian penyandian *audio multichannel* 5.1 untuk salah satu *codec* yaitu MPEG Surround dilakukan pada berbagai rentang kecepatan bit rendah, tetapi pengujian selanjutnya ternyata mempengaruhi kualitas pemutaran *audio*[13]. Hal ini dilakukan dengan menggunakan metode *closed loop* karena ditemukannya kekurangan pada metode *open loop* yaitu tidak adanya kemampuan untuk meminimalisir *error* pada saat kompresi *audio multichannel*. Studi ini menunjukkan bahwa *audio* terkompresi dari suara surround MPEG *closed loop* yang merupakan pengujian objektif dan subjektif, berkinerja lebih baik daripada *open loop*. Diketahui juga bahwa menggunakan *codec* ini pada *bitrate* yang tinggi dapat meningkatkan kualitas suara MPEG Surround. Oleh karena itu sangat disarankan menggunakan MPEG Surround untuk kualitas suara yang lebih baik.

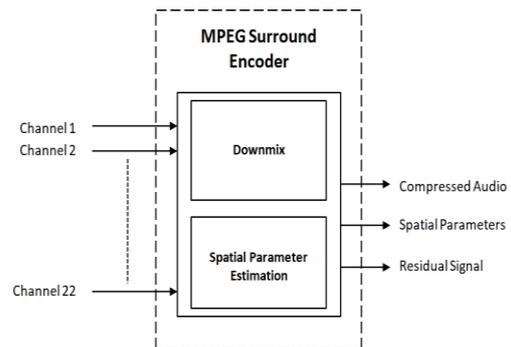
Dalam studi lain[14], suara 3D yang dihasilkan oleh sistem pengkodean *audio multichannel* 22.2 memiliki kualitas suara yang lebih baik dan kesan realisme daripada sistem *audio multichannel* 5.1 dan 2.0. Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi dalam menghasilkan suara berkualitas tinggi, tetapi bagian yang berhubungan langsung dengan reproduksi suara adalah kualitas suara yang dihasilkan ditingkatkan dengan pencampuran kanal yang tepat. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan menganalisis skema pencampuran yang berbeda untuk menentukan kinerja sistem pengkodean suara 22 kanal dan mereproduksi *audio* yang dihasilkan dalam kisaran kecepatan *bitrate* 1000 Kbps sampai 2000 Kbps berdasarkan pada parameter *Objective Difference Grade* (ODG).

2. Metode Penelitian

Proses *downmixing audio* multikanal 22.2 dilakukan dengan metode sinyal *audio* masukan 22 kanal diproses pada *block downmix* yang berisikan *encoding block* serta dikonversi jadi satu *audio mono* dengan *spatial* parameternya yang berbentuk CLD, ICC dan suatu

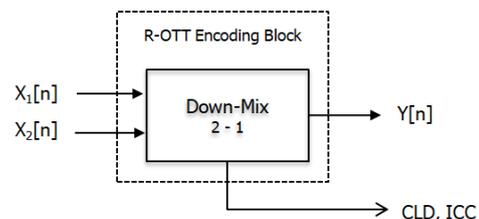
sinyal residu[15]. *Spatial parameter* yang diekstrak ini nanti akan berperan sebagai parameter buat merekonstruksi kembali sinyal *mono* dari hasil proses *downmix* jadi *audio* multikanal kembali [20]. Proses *downmixing* pada *audio* multikanal 22.2 bisa dilihat pada gambar 1.

MPEG *surround* mempunyai 2 tipe modul yang digunakan untuk melaksanakan *downmixing* dimana setiap modul mempunyai pasangan yang masing-masing terletak pada *encoder* serta *decoder* yaitu modul *Reverse One-To-Two* (R-OTT)[16]. Modul ini digunakan untuk proses *downmix* dua kanal *audio* masukan menjadi satu kanal *audio* seperti terlihat pada gambar 2. Sementara itu pasangannya modul *One-To-Two* (OTT) yang berfungsi untuk menguraikan kembali dua kanal *audio* berdasarkan satu kanal *audio* masukan. Modul yang kedua adalah *Reverse Two-To-Three* (R-TTT) yang berfungsi untuk mengkonversi tiga kanal *audio* masukan menjadi dua kanal *audio*. Dan pasangan dari modul R-TTT ini adalah modul *Two-To-Three* (TTT)[17] yang nantinya akan menguraikan kembali dua kanal *audio* masukan menjadi tiga kanal *audio*.



Gambar 1. Blok Diagram *Downmixing* Pada *Audio* Multikanal 22.2[18]

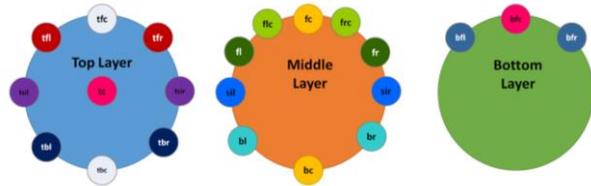
Blok modul R-OTT akan melakukan proses *downmixing audio* multikanal menjadi *audio mono* dan *spatial parameter* berupa *Channel Level Difference* (CLD) yang menunjukkan perbedaan level antara dua kanal *audio* masukan dan *Inter-Channel Coherence* (ICC) yang menggambarkan ukuran kemiripan kedua sinyal masukan[19][20][21]. Dari kedua *audio* masukan $X_1[n]$ dan $X_2[n]$, kemudian di *downmix* menjadi satu kanal keluaran $Y[n]$ [22][23].



Gambar 2. Struktur *encoding* blok R-OTT[21]

Proses *downmixing audio* multikanal 22.2 dengan menggunakan *codec* MPEG Surround akan dilakukan dengan merancang 5 skema *downmixing* dengan menggunakan modul *Reverse One-To-Two* (R-OTT).

2.1. Perancangan Skema 1



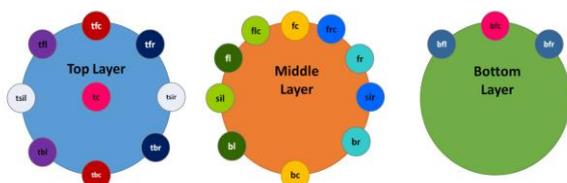
Gambar 3. Perancangan Lapisan Audio Skema 1 Downmixing

Pada skema pertama, *input audio* dirancang dengan sepasang saluran pada *layer* yang sama. Lapisan tengah memiliki sepasang 5 saluran *audio* yaitu, kanal Fc dan Bc, kanal Flc dan Frc, kanal Fl, Fr dan kanal Sil. Satu memiliki kanal Sir, kemudian kanal Bl dengan kanal Br.

Untuk lapisan atas terdapat 4 kanal yang dipasangkan dalam satu *layer* yaitu kanal Tfc dipasangkan dengan kanal Tbc, kanal Tfl dengan kanal Tfr, kanal Tsil dengan kanal Tsi, kanal Tbl dengan kanal Tbr, namun dikarenakan pada *layer* ini hanya terdapat sembilan kanal, maka kanal Tc dipasangkan dengan kanal Bfc pada *layer* bawah. Kemudian satu pasang lainnya yaitu kanal Bfl dengan kanal Bfr. Proses *downmixing* yang melalui beberapa modul R-OTT, setiap masing-masing modul R-OTT akan mengekstrak 3 sinyal yaitu *audio hasil downmixing, spatial parameter* berupa CLD dan ICC serta sebuah sinyal residu.

2.2. Perancangan Skema 2

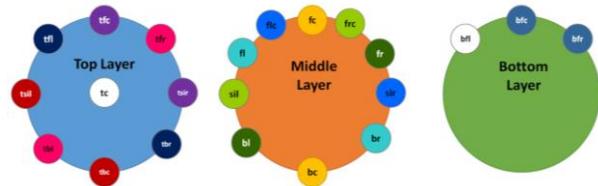
Selanjutnya pada skema kedua, perancangan *audio* masukan disusun bersumber pada susunan *audio* 22 kanal, dimana posisi kanal *audio* dalam satu *layer* yang sama serta bersebelahan secara garis horizontal. Pada susunan tengah ada 5 pasang kanal *audio* yaitu kanal Fc dengan kanal Bc, kanal Fl dengan kanal Bl, kanal Fr dengan kanal Br, kanal Flc dengan kanal Sil, serta terakhir kanal Frc dengan kanal Sir. Untuk lapisan atas ada 4 kanal yang dipasangkan, yaitu kanal Tfc dengan kanal Tbc, ialah kanal Tfc dengan kanal Tbc, kanal Tfl dengan kanal Tbl, kanal Tfr dengan kanal Tbr, serta kanal Tsil dengan kanal Tsi. Untuk kanal Tc pada *layer* kedua ini dipasangkan dengan kanal Bfc pada *layer* dasar, serta yang terakhir kanal Bfl dipasangkan dengan kanal Bfr. Gambar 4 menampilkan perancangan susunan kanal pada skema 2.



Gambar 4. Perancangan Lapisan Audio Skema 2 Downmixing

Sedangkan perancangan modul R-OTT *downmixing audio* 22 kanal skema 2.

2.3. Perancangan Skema 3

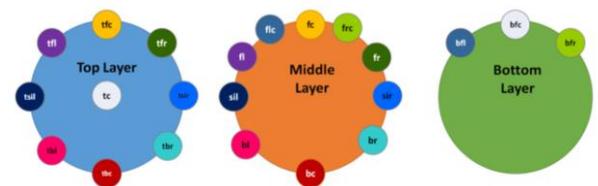


Gambar 5. Perancangan Lapisan Audio Skema 3 Downmixing

Skema ketiga ini semua kanal pada *layer* tengah akan dipasangkan dengan kanal dalam satu *layer* yang sama, yaitu kanal Fc dengan kanal Bc, kanal Flc dengan kanal Sir, kanal Fl dengan kanal Br, kanal Frc dengan kanal Sil, dan kanal Fr dengan kanal Bl. Pada *layer* atas, satu kanal dipasangkan antar *layer* seperti kanal Tc dipasangkan dengan kanal Bfl pada *layer* bawah, dan untuk kanal lainnya masih tetap dalam satu *layer*, yaitu kanal Tfc dengan kanal Tsi, kanal tfl dengan kanal Tbr, kanal Tsil dengan kanal Tbc, kanal Tfr dengan kanal Tbl. Dan untuk *layer* bawah, kanal Bfc dipasangkan dengan kanal Bfr.

2.4. Perancangan Skema 4

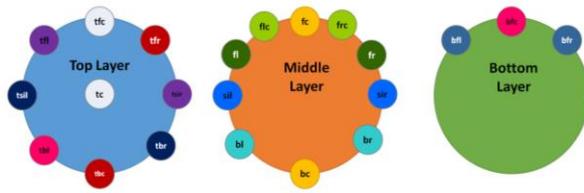
Pada skema keempat ini perancangan *audio* dilakukan dengan mendownmix kanal antar *layer* yang berbeda. Kanal Flc pada *layer* tengah dipasangkan dengan kanal Bfl pada *layer* bawah, kanal Fc *layer* tengah dipasangkan dengan kanal Tfc *layer* atas, kanal Frc dengan kanal Bfr, kanal Fr dengan kanal Tfr, kanal Sir dengan kanal Tsi, kanal br dengan kanal Tbr, kanal Bc dengan kanal Tbc, kanal Bl dengan kanal Tbl, kanal Sil dengan kanal Tsi, kanal Fl dengan kanal Tfl, dan kanal Tc dengan kanal Bfc. Susunan perancangan skema 4 dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Perancangan Lapisan Suara Skema 4 Downmixing

Adapun pada skema kelima pada gambar7 dirancang dengan rujukan pada skema awal, namun diberikan beberapa improvisasi dengan pergantian urutan kanal pada saat *downmixing*, kanal yang berganti urutan pada skema kelima ini dapat dilihat pada tabel 1.

2.5. Perancangan Skema 5



Gambar 7. Perancangan Lapisan Suara Skema 5 Downmixing

Tabel 1 menjelaskan perbandingan urutan kanal, sebagai contoh pada skema 1 kanal Sir serta kanal Sil terletak pada urutan 7 serta 8, sebaliknya pada skema 5 jadi urutan 3 serta 4, kanal Br serta kanal Bl pada skema 1 pada urutan 9 serta 10 sebaliknya pada skema 5 pada urutan 5 serta 6.

Tabel 1. Perbedaan Urutan Kanal Suara Skema 1 dan Skema 5

| Kanal Suara | Skema 1 | Skema 5 |
|-------------|---------|---------|
| 1 | fc | Fc |
| 2 | bc | Bc |
| 3 | frc | Sir |
| 4 | flc | Sil |
| 5 | fr | Br |
| 6 | fl | Bl |
| 7 | sir | Fr |
| 8 | sil | Fl |
| 9 | br | Frc |
| 10 | bl | Flc |
| 11 | tfc | Tc |
| 12 | tbc | Tfc |
| 13 | tfr | Tsil |
| 14 | tfl | Tbr |
| 15 | tsir | Tfl |
| 16 | tsil | Tsir |
| 17 | tbr | Tbc |
| 18 | tbl | Tfr |
| 19 | bfr | Bfr |
| 20 | bfl | Bfl |
| 21 | tc | Tbl |
| 22 | bfc | Bfc |

3. Hasil dan Pembahasan

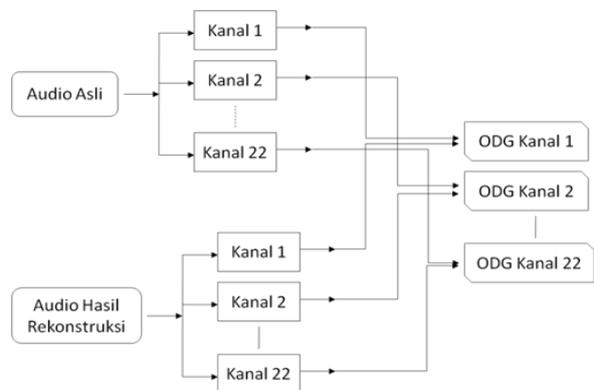
Dikarenakan penelitian ini berkaitan erat dengan komputasi data, maka digunakanlah aplikasi Matrix Laboratory (MATLAB). Ada 2 tahap yang dilakukan pada aplikasi MATLAB, yaitu proses encoding dan decoding. Pada proses encoding di MATLAB, diset setiap kanal audio sesuai dengan skema yang telah dirancang sebelumnya. Hasil dari encoding ini kemudian didecode, sehingga didapatkan nilai ODG dari setiap kanal audio yang diujikan. Pada bagian pengujian menggunakan kelima jenis skema kanal audio masukan. Pengujian tersebut dengan menggunakan codec MPEG Surround 22 channel pada bitrate 1000 Kbps sampai 2000 Kbps menggunakan program MATLAB. Hasil

pengujian akan ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik.

Kemudian rancangan skema *downmixing* yang diujikan akan dianalisis menggunakan penilaian objektif dengan parameter *Objective Difference Grade* (ODG), dimana masing-masing kanal pada skema *downmixing* akan dihitung untuk mendapatkan nilai ODG. ODG merupakan *software* perbandingan (*ratio*) antara kualitas sinyal *audio* hasil rekonstruksi *decoder* MPEG Surround dengan *audio* aslinya. ODG dihitung melalui perhitungan kompleks pada pemrosesan sinyal *audio* berbasis yang bernama *PEAQ* (*Perceptual Evaluation of Audio Quality*). Kedua sinyal yang diukur dengan skala dari 0 sampai -4.

Tabel 2. Skala Nilai ODG dan SDG

| ODG | SDG | Kualitas | Deskripsi |
|------|------|--------------|--|
| 0.0 | 0.0 | Sangat Baik | <i>Imperceptible</i> (tak terdengar perbedaan) |
| -1.0 | -1.0 | Baik | <i>Perceptible, but not annoying</i> (terdengar beda, tapi tidak mengganggu) |
| -2.0 | -2.0 | Cukup | <i>Slightly annoying</i> (sedikit mengganggu) |
| -3.0 | -3.0 | Buruk | <i>Annoying</i> (mengganggu) |
| -4.0 | -4.0 | Sangat Buruk | <i>Very annoying</i> (sangat mengganggu) |



Gambar 8. Blok Diagram Pengukuran Nilai ODG pada pengkodean *audio* 22,2

Pada gambar 8 merupakan konsep pengukuran nilai ODG pada penelitian ini, dimana *audio* hasil rekonstruksi yang direproduksi pada *decoder* MPEG Surround dibandingkan dengan *audio* asli sebelum diproses pada *encoder* MPEG Surround. Parameter ODG ini juga dipakai untuk mengetahui seberapa jauh turunnya kualitas *audio* hasil kompresi dengan *audio* aslinya saat proses kompresi.

Sampel *audio* yang digunakan pada penelitian ini menggunakan 3 jenis *audio* yang berbeda beda dengan format “.wav” yang terdiri dari 22 kanal (sistem *audio* multikanal 22.2). Tabel 3 menampilkan sampel *audio* multikanal yang akan digunakan untuk pengujian.

Tabel 3. Sampel Multichannel Audio

| No | Sampel Audio |
|----|------------------|
| 1 | bulg22ch.wav |
| 2 | folk22ch.wav |
| 3 | applause22ch.wav |

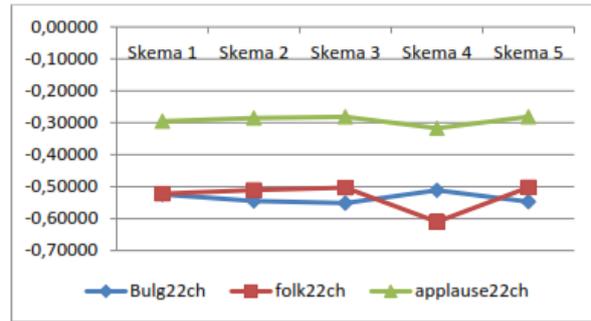
3.1. Perbandingan Audio Pada Bitratre 1500 Kbps

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisa performansi dari skema *downmixing* pada *Audio Codec* MPEG Surround. *Objective Difference Grade* merupakan skala yang digunakan untuk menguji kualitas *audio* hasil kompresi menggunakan *closed loop R-OTT module*, yang diterapkan pada MPEG Surround dan kemudian dibandingkan dengan seluruh skema *downmixing*. *Audio* yang digunakan pada penelitian ini adalah Applause22ch, Bulg22ch, dan Folk22ch. Adapun hasil pengukuran ODG yang menyatakan kualitas dari *closed-loop R-OTT* per masing masing *audio* dapat dilihat pada tabel 4.1 Untuk data ODG dari masing-masing skema yang lebih detail dengan 3 sampel *audio* uji yang berbeda penulis tampilkan pada lampiran A, B dan C. Pada lampiran A ditampilkan data dari setiap kanal per skema *downmixing*, dengan sampel *audio* Applause22ch. Untuk lampiran B pengujian dengan sampel *audio* Bulg22ch, dan pada lampiran C pengujian dengan sampel *audio* Folk22ch. Tabel 4.1 Hasil pengukuran ODG *closed loop R-OTT* masing masing *audio* pada *bitrate* 1500 Kbps.

Tabel 4. Hasil Pengukuran ODG *Closed Loop R-OTT* Masing-Masing *Audio* pada *Bitrate* 1500 Kbps

| No | Sampel Audio | Bulg22ch | Folk22ch | Applause22ch |
|----|--------------|----------|----------|--------------|
| 1 | Skema 1 | -0,52411 | -0,52189 | -0,29478 |
| 2 | Skema 2 | -0,54468 | -0,51096 | -0,28557 |
| 3 | Skema 3 | -0,55132 | -0,50294 | -0,28120 |
| 4 | Skema 4 | -0,51130 | -0,60997 | -0,31704 |
| 5 | Skema 5 | -0,54732 | -0,50228 | -0,28114 |

Berdasarkan tabel 4 bahwa pada sampel *audio* Applause22ch hasil kompresi *audio* yang dihasilkan jauh lebih baik dibandingkan dengan sampel lainnya, hal ini dapat dilihat dengan meningkatnya nilai ODG pada semua skema yang menggunakan sampel Bulg22ch. Pada gambar 14 menunjukkan semua skema *downmixing* menghasilkan pola yang sama dalam mereproduksi *audio*, namun pada Bulg22ch skema 4 menunjukkan hasil yang lebih baik untuk digunakan dibandingkan 4 skema lainnya, dengan nilai ODG sebesar -0,5113 dB. Namun sebaliknya pada tabel 5 yang menunjukkan hasil rata-rata gabungan pengujian memperlihatkan bahwa skema 4 memiliki kinerja yang paling tidak baik diantara semua skema, dengan selisih sebesar -0,03 dB.



Gambar 9. Grafik Pengukuran ODG Pada *Bitrate* 1500 Kbps

Tabel 5. Hasil Pengukuran rata-rata ODG *Closed Loop R-OTT* Pada *Bitrate* 1500 Kbps

| No | Sampel Audio | Rata-rata Hasil Pengujian |
|----|--------------|---------------------------|
| 1 | Skema 1 | -0,44693 |
| 2 | Skema 2 | -0,44707 |
| 3 | Skema 3 | -0,44515 |
| 4 | Skema 4 | -0,47944 |
| 5 | Skema 5 | -0,44358 |

3.2. Perbandingan Audio Pada Bitratre 1500 Kbps

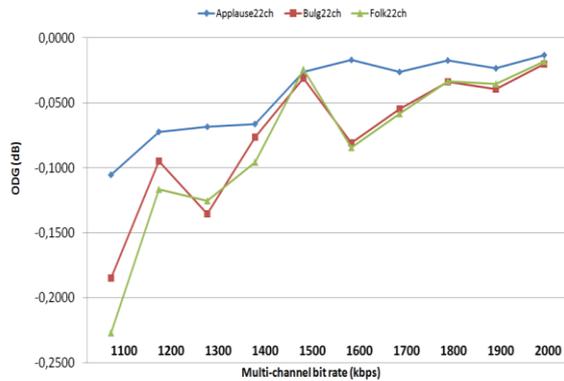
Pengukuran *Objective Difference Grade* (ODG) digunakan untuk mengevaluasi kualitas dari masing-masing sinyal *audio*. Bagian ini analisis dilakukan terhadap masing-masing skema dari setiap sampel *audio* yang diujikan, kemudian hasil ODG tersebut dibandingkan dari *bitrate* 1000 Kbps sampai dengan 2000 Kbps, range ini dipilih berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya dimana codec MPEG Surround ini akan menghasilkan kualitas yang lebih baik pada *bitrate* tinggi.

Nilai ODG semua *audio* meningkat seiring dengan kenaikan *bitrate*. Sampel *audio* Applause22ch menunjukkan performa terjadinya kenaikan nilai ODG pada *bitrate* 1000 Kbps ke 1100 Kbps yaitu dari -0,6325 dB menjadi -0,5275 dB dengan kenaikan ODG sebesar -0,1051 dB, lalu pada *bitrate* 1200 kbps naik lagi sebesar -0,0723 dB menjadi -0,4552 dB, kemudian secara berturut-turut kenaikan ODG adalah 0,06814, -0,06613, -0,0261, -0,0166, -0,0259, -0,0170, -0,0230, -0,0130.

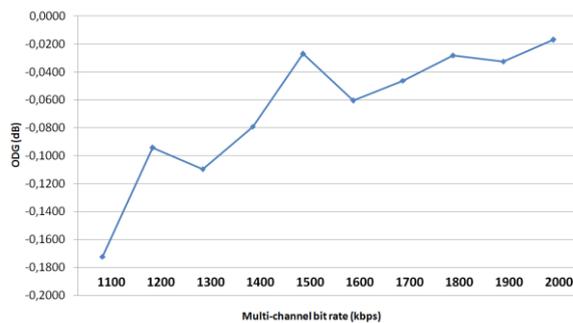
Performa nilai ODG pada skema 1 terhadap sampel *audio* Bulg22ch menunjukkan bahwa terjadi kenaikan nilai ODG yang sangat signifikan pada *bitrate* 1100 Kbps ke 1200 Kbps yaitu sebesar -0,1850 dB dari yg semula -1,0461 dB menjadi -0,8611 dB, kemudian secara berturut-turut terjadi kenaikan ODG yaitu -0,0947, -0,1354, -0,0761, 0,0308, -0,0807, -0,0545, -0,0338, -0,0394, -0,0200.

Selanjutnya performa nilai ODG dari skema 1 pada sampel *audio* Folk22ch hampir sama dengan pengujian pada sampel Bulg22ch, pada sampel ini juga terjadi kenaikan yang cukup signifikan pada *bitrate* 1100 Kbps ke 1200 Kbps yaitu sebesar -0,2271 dB, selain itu juga terdapat pada *bitrate* 1400 Kbps ke 1500 Kbps yaitu

sebesar -0,0954 dB. Dari data tersebut dapat dilihat bahwa semakin tinggi *bitrate* yang diujikan maka kenaikan nilai ODG tidak begitu signifikan dirasakan, dan juga berdasarkan nilai ambang batas dan bawah maka dapat dikatakan performansi yang dihasilkan semakin fokus pada titik median.



Gambar 10. Grafik Perbandingan Performansi Skema 1 per Sampel Audio



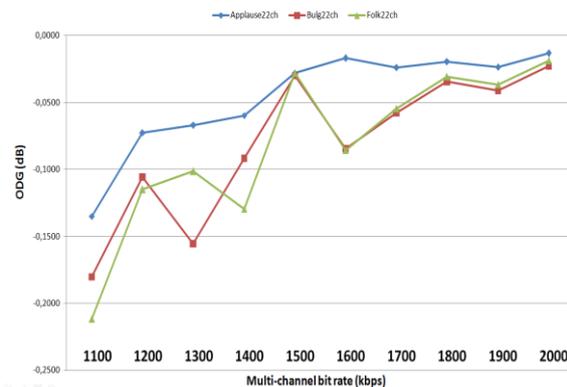
Gambar 11. Grafik Performansi Skema 1 Gabungan Seluruh Sampel Audio

Gambar 10 dan 11 menunjukkan tingkat performansi *downmixing* pada skema 1. Berdasarkan gambar 18 dapat dianalisa bahwa secara keseluruhan sampel pengujian *audio* Applause22ch menghasilkan kualitas yang lebih baik dibandingkan dengan sampel *audio* Bulg22ch, dan Folk22ch. Sedangkan pada gambar 19 merupakan hasil gabungan rata-rata pengujian ketiga sampel *audio* pada skema 1. Pada gambar tersebut juga menunjukkan kenaikan nilai ODG, dimana terdapat dua titik yang mengalami performansi yang signifikan yaitu pada *bitrate* 1100 Kbps ke 1200 Kbps mengalami kenaikan performansi sebesar 45,17% (-0,0779 dB) dan pada *bitrate* 1400 ke 1500 Kbps sebesar 65,91% atau -0,0522 dB.

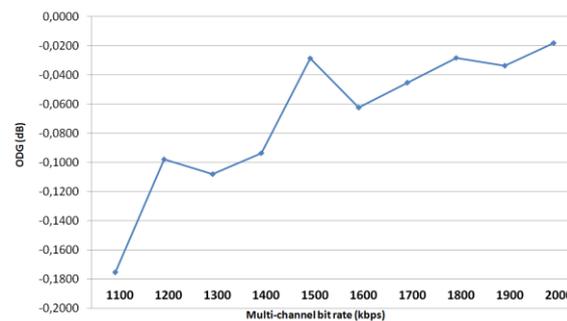
Peningkatan nilai ODG untuk semua *audio* jika angka *bitrate* semakin tinggi. Skema 2 pada sampel *audio* Applause22ch menunjukkan terjadinya performa kenaikan nilai ODG pada *bitrate* 1000 Kbps ke 1100 Kbps yaitu mulai dari nilai -0,6476 dB menjadi -0,5126 dB. Terjadi kenaikan nilai ODG sebesar -0,1351 dB, selanjutnya pada *bitrate* 1200 Kbps kenaikan nilai ODG

terus berlanjut yaitu -0,0726 dB menjadi -0,4400 dB, kemudian secara berturut-turut kenaikan ODG yaitu 0,0670, -0,0597, -0,0277, -0,0168, -0,0240, -0,0195, -0,0233, -0,0133.

Performa nilai ODG pada skema 2 terhadap sampel *audio* Bulg22ch, dimana data menunjukkan bahwa kenaikan nilai ODG yang sangat signifikan pada *bitrate* 1100 Kbps ke 1200 Kbps yaitu sebesar -0,1802 dB dari awalnya nilai ODG -1,1074 dB menjadi -0,9272 dB.



Gambar 12. Grafik Perbandingan Performansi Skema 2 per Sampel Audio



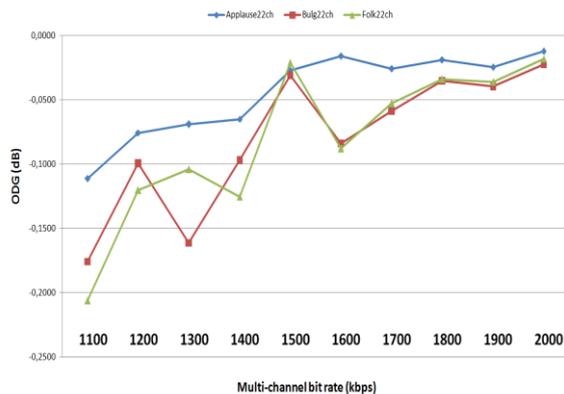
Gambar 13. Grafik Performansi Skema 2 Gabungan Seluruh Sampel Audio

Pada gambar 10 dapat dianalisa bahwa secara keseluruhan sampel pengujian *audio* Applause22ch menghasilkan kualitas *audio* yang lebih baik dibandingkan dengan sampel *audio* Bulg22ch, dan Folk22ch. Sementara gambar 13 merupakan hasil gabungan dan rata-rata pengujian ketiga sampel *audio* pada skema 2, pada gambar tersebut menunjukkan besaran kenaikan dari nilai ODG, terdapat dua titik yang mengalami kenaikan performansi yang signifikan yaitu pada *bitrate* 1100 Kbps sampai *bitrate* 1200 Kbps terjadi kenaikan performansi sebesar 44,31% (-0,0778 dB) sedangkan pada *bitrate* 1400 ke 1500 Kbps kenaikan sebesar 69,60% (0,0652 dB).

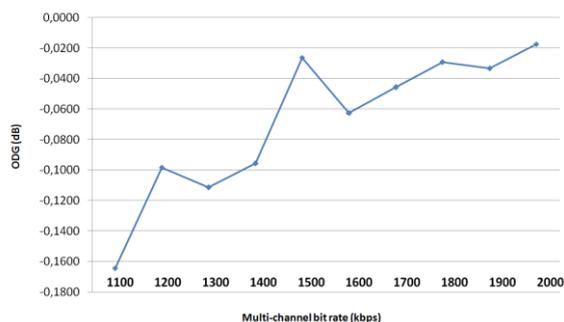
Kenaikan nilai ODG skema 3 dengan sampel *audio* Applause22ch. Dimana terjadinya kenaikan nilai ODG pada *bitrate* 1000 Kbps ke 1100 Kbps yaitu dari -0,6289 dB menjadi -0,5176 dB dengan kenaikan ODG sebesar -

0,1112 dB. Kemudian pada *bitrate* 1200 Kbps juga terjadi kenaikan nilai ODG sebesar -0,0756 dB menjadi -0,4420 dB.

Performa nilai ODG pada skema 3 terhadap sampel *audio* Bulg22ch, dimana terjadi kenaikan nilai ODG yang sangat signifikan pada *bitrate* 1100 Kbps ke 1200 Kbps yaitu sebesar -0,1758 dB dari semula -1,1149 dB menjadi -0,9391 dB, kemudian kenaikan nilai ODG terjadi secara berturut-turut yaitu -0,0994, -0,1611, -0,0965, -0,0308, -0,0839, -0,0587, -0,0351, -0,0395, -0,0221. Performa nilai ODG dari skema 3 dengan sampel Folk22ch, dimana hampir sama dengan pengujian dengan sampel Bulg22ch. Pada sampel Folk22ch dengan *bitrate* 1100 Kbps ke 1200 Kbps terjadi kenaikan nilai ODG yang signifikan yaitu sebesar -0,2063 dB, selain itu pada *bitrate* 1400 Kbps sampai 1500 Kbps kenaikan sebesar -0,1253 dB. Dari data tersebut dapat dilihat bahwa semakin tinggi *bitrate* yang diujikan maka kenaikan nilai ODG tidak begitu signifikan dirasakan. Kemudian berdasarkan nilai ambang batas dan bawah maka dapat dikatakan bahwa performansi yang dihasilkan tidak melebar dan semakin fokus pada titik median.



Gambar 14. Grafik Perbandingan Performansi Skema 3 Per Sampel *Audio*



Gambar 15. Grafik Performansi Skema 3 Gabungan Seluruh Sampel *Audio*

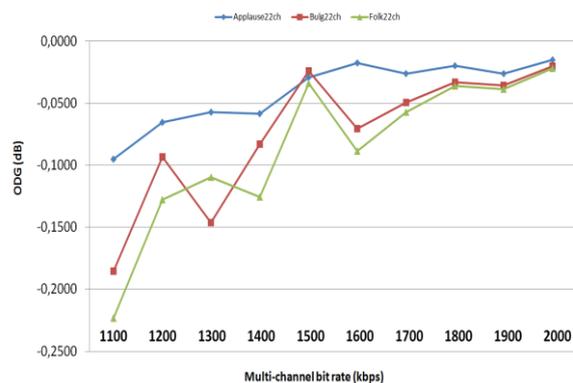
Pada gambar 14 dapat dianalisa bahwa secara keseluruhan sampel pengujian *audio* Applause22ch menghasilkan kualitas yang lebih baik dibandingkan

dengan sampel *audio* Bulg22ch, dan Folk22ch. Kemudian pada gambar 15 merupakan hasil gabungan dan rata-rata pengujian ketiga sampel *audio* pada skema 3. Gambar tersebut menunjukkan besaran kenaikan nilai ODG, dimana terdapat dua titik yang mengalami kenaikan yang sangat signifikan yaitu pada *bitrate* 1100 Kbps ke 1200 Kbps terjadi kenaikan sebesar 40,16% atau (-0,0660 dB), kemudian pada *bitrate* 1400 ke 1500 Kbps sebesar 72,55% (-0,0693 dB).

Analisa beberapa hal mengenai pengujian skema 4, yaitu pada sampel *audio* Applause22ch menunjukkan performa kenaikan nilai ODG pada *bitrate* 1000 Kbps ke 1100 Kbps yaitu dari nilai -0,6235 dB menjadi -0,5283 dB dengan kenaikan ODG sebesar -0,1051 dB, lalu pada *bitrate* 1200 kbps naik sebesar -0,0952 dB menjadi -0,0655 dB.

Performa nilai ODG pada pengujian skema 4 dengan menggunakan sampel *audio* Bulg22ch, data menunjukkan bahwa terjadi kenaikan nilai ODG yang sangat signifikan pada *bitrate* 1100 Kbps ke 1200 Kbps yaitu sebesar -0,1857 dB dari yang semula -1,0444 dB menjadi -0,8588 dB, kemudian kenaikan nilai ODG terus terjadi mencapai -0,0202 dB.

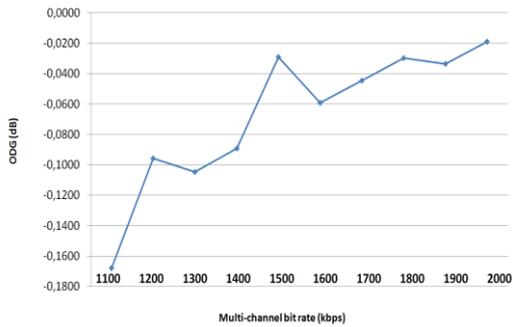
Selanjutnya performa nilai ODG dari skema 4 dengan sampel Folk22ch, hasilnya hampir sama dengan pengujian dengan sampel Bulg22ch. Dimana pada sampel Folk22ch terjadi kenaikan yang signifikan pada *bitrate* 1100 Kbps ke 1200 Kbps yaitu sebesar -0,2234 dB, kemudian kenaikan juga terjadi pada *bitrate* 1400 Kbps ke 1500 Kbps yaitu sebesar -0,1258 dB. Dari data tersebut dilihat bahwa semakin tinggi *bitrate* yang diujikan maka kenaikan nilai ODG tidak begitu signifikan dirasakan.



Gambar 16. Grafik Perbandingan Performansi Skema 4 Per Sampel *Audio*

Gambar 16 dan 17 menunjukkan perbandingan tingkat performansi *downmixing* pada skema 4. Pada gambar 16 dapat dianalisa bahwa secara keseluruhan sampel pengujian *audio* Applause22ch menghasilkan kualitas yang lebih baik dibandingkan dengan sampel *audio* Bulg22ch, dan Folk22ch. Kemudian pada gambar 17

merupakan hasil gabungan serta rata-rata pengujian ketiga sampel *audio* pada skema 4. Gambar tersebut juga menunjukkan besaran kenaikan nilai ODG, dimana terdapat dua titik yang mengalami performansi yang signifikan yaitu pada *bitrate* 1100 ke 1200 Kbps terjadi performansi sebesar 43,09% (-0,0724 dB) kemudian pada *bitrate* 1400 ke 1500 Kbps kenaikan sebesar 67,28% (-0,0601 dB).



Gambar 17. Grafik Performansi Skema 4 Gabungan Seluruh Sampel *Audio*

Performa terjadinya kenaikan nilai ODG pada *bitrate* 1000 Kbps ke 1100 Kbps. Dimana kenaikan nilai ODG dari -0,6266 dB menjadi -0,5215 dB, kemudian pada *bitrate* 1200 Kbps kenaikan ODG sebesar -0,0751 dB menjadi -0,4464 dB, kenaikan nilai ODG terus berlanjut seiring dengan naiknya *bitrate* yaitu 0,0738, -0,0651, -0,0263, -0,0169, -0,0252, -0,0187, -0,0237, -0,0132.

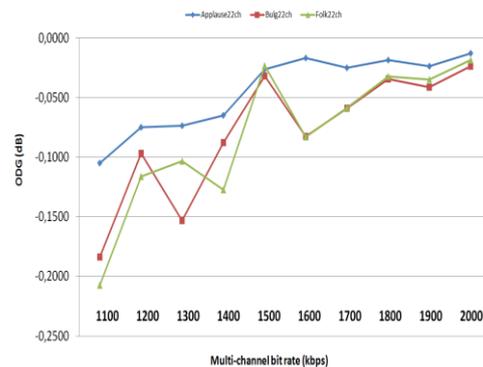
Performa nilai ODG pada skema 5 dengan sampel *audio* Bulg22ch, data menunjukkan bahwa terjadi kenaikan nilai ODG yang sangat signifikan pada *bitrate* 1100 Kbps ke 1200 Kbps yaitu sebesar -0,1837 dB dari yg semula -1,1014 dB menjadi -0,9177 dB, kemudian kenaikan terus berlanjut secara berturut-turut yaitu -0,0969, -0,1534, -0,0881, -0,0319, -0,0826, -0,0592, -0,0348, -0,0417, -0,0236.

Selanjutnya performa nilai ODG skema 5 dengan sampel Folk22ch hampir sama dengan pengujian dengan sampel Bulg22ch, pada sampel ini juga terjadi kenaikan yang signifikan pada *bitrate* 1100 Kbps ke 1200 Kbps yaitu sebesar -0,2075 dB dan juga kenaikan terjadi pada *bitrate* 1400 Kbps ke 1500 Kbps yaitu sebesar -0,1277 dB. Dari data dapat dilihat bahwa

semakin tinggi *bitrate* yang diujikan maka kenaikan nilai ODG tidak begitu signifikan dirasakan, dan juga berdasarkan nilai ambang batas dan bawah maka dapat dikatakan performansi yang dihasilkan tidak melebar dan semakin fokus pada titik median.

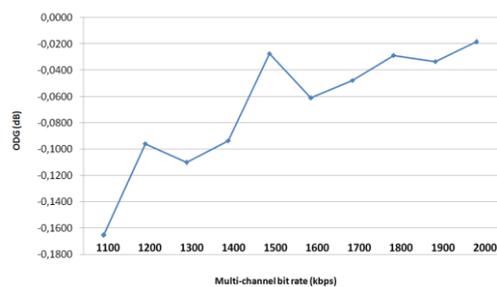
Pada gambar 18 dapat dianalisa bahwa secara keseluruhan dengan sampel pengujian *audio*

Applause22ch menghasilkan kualitas yang lebih baik dibandingkan dengan sampel *audio* Bulg22ch, dan Folk22ch. Kemudian pada gambar 38 merupakan hasil gabungan dan rata-rata pengujian ketiga sampel *audio* pada skema 5, dimana menunjukkan besaran kenaikan dari nilai ODG, terdapat dua titik yang mengalami performansi yang signifikan yaitu pada *bitrate* 1100 Kbps ke 1200 Kbps terjadi performansi sebesar 41,93% (-0,0694 dB) dan pada *bitrate* 1400 ke 1500 kbps sebesar 70,87% (-0,0664 dB).



Gambar 18. Grafik Perbandingan Performansi Skema 5 Per Sampel *Audio*

Dari keseluruhan sampel *audio* pengujian, kemudian dihitung rata-rata keseluruhan per skema dalam rentang *bitrate* 1000 Kbps sampai dengan 2000 Kbps, sehingga mendapatkan hasil pengujian yang secara detail dapat ditampilkan. Untuk mengetahui perbandingan tiap skema yang telah dirancang, maka dilihat pada tabel 6 yang telah dikonversi dengan skala kualitas audio dalam rentang 1 sampai 5 seperti pada tabel 5.



Gambar 19. Grafik Performansi Skema 5 Gabungan Seluruh Sampel *Audio*

Tabel 5. Skala Konversi Kualitas Pengujian Skema

| Skala | Keterangan |
|-------|--------------|
| 5 | Sangat Bagus |
| 4 | Bagus |
| 3 | Cukup |
| 2 | Kurang |
| 1 | Tidak Bagus |

Tabel 6. Hasil Konversi Pengujian Kualitas Skema *Downmixing*

| Perc/Bitrate | 1000 | 1100 | 1200 | 1300 | 1400 | 1500 | 1600 | 1700 | 1800 | 1900 | 2000 |
|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Skema-1 | 5 | 5 | 5 | 5 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Skema-2 | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Skema-3 | 3 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Skema-4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Skema-5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diperoleh kesimpulan bahwa pengaruh kenaikan *bitrate* berbanding lurus terhadap kualitas *audio* yang dihasilkan. Kemudian pada pengujian *bitrate* 1500 Kbps terdapat kondisi titik jenuh dimana sinyal mencapai batas maksimumnya sehingga pada *bitrate* diatas 1500 Kbps kenaikan performansi tidak begitu signifikan terjadi. Persentase kenaikan nilai ODG untuk seluruh sampel *audio* yang diuji mencapai 9,6927%. Secara umum komposisi *downmixing* berpengaruh terhadap kualitas *audio* yang dihasilkan. Dapat terlihat dari nilai ODG percobaan *audio* *applause22ch*, lebih baik dengan rata-rata berada di nilai -0,3411 dB, sedangkan *bulg22ch*, dan *folk22ch* rata-rata nilainya 0,5808 dB dan -0,5793 dB.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kepada Lembaga Penelitian Pengabdian Masyarakat (LPPM) Universitas Andalas dan Fakultas Teknik Universitas Andalas atas pendanaan Penelitian ini.

Daftar Rujukan

- [1] T. Hatada, H. Sakata, and H. Kusaka, "Psychophysical Analysis of the 'Sensation of Reality' Induced by a Visual Wide-Field Display," *SMPTE J.*, vol. 89, no. 8, pp. 560–569, 1980, doi: 10.5594/J01582.
- [2] M. Bosi and R. E. Goldberg, "Introduction to Digital Audio Coding and Standards," in *Kluwer Academic Publishers*, USA: Kluwer Academic Publishers, 2002.
- [3] Y. Shishikui, K. Iguchi, S. Sakaida, K. Kazui, and A. Nakagawa, "High-Performance Video Codec for Super Hi-Vision," in *Proceedings of the IEEE*, 2013, vol. 101, no. 1, pp. 130–139, doi: 10.1109/JPROC.2012.2205656.
- [4] T. Ito, "Future television — Super Hi-Vision and beyond," in *2010 IEEE Asian Solid-State Circuits Conference*, 2010, pp. 1–4, doi: 10.1109/ASSCC.2010.5716546.
- [5] E. Nakasu, "Super Hi-Vision on the Horizon: A Future TV System That Conveys an Enhanced Sense of Reality and Presence," *IEEE Consum. Electron. Mag.*, vol. 1, no. 2, pp. 36–42, 2012, doi: 10.1109/MCE.2011.2179821.
- [6] S. Kim, Y. W. Lee, and V. Pulkki, "New 10.2-Channel Vertical Surround System (10.2-VSS); Comparison Study of Perceived Audio Quality in Various Multichannel Sound Systems with Height Loudspeakers," 2010.
- [7] K. Hamasaki, T. Nishiguchi, R. Okumura, Y. Nakayama, and A. Ando, "A 22.2 multichannel sound system for ultrahigh-definition TV (UHDTV)," *SMPTE Motion Imaging J.*, vol. 117, no. 3, pp. 40–49, 2008, doi: 10.5594/J15119.
- [8] K. Hamasaki, Y. Nakayama, T. Nishiguchi, and R. Okumura, "Wide Listening Area with Exceptional Spatial Sound Quality of a 22.2 Multichannel Sound System," *J. Audio Eng. Soc.*, 2007.
- [9] T. Sugimoto, Y. Nakayama, and S. Oode, "Bit rate of 22.2 multichannel sound signal meeting broadcast quality," in *The 137th Convention of the Audio Engineering Society*, 2014, pp. 537–546.
- [10] Y. Nakayama *et al.*, "Live Production and Transmission of Large-Scale Musical TV Program using 22.2 Multichannel Sound with Ultra High Definition Video," *Int. Broadcast. Conv. Conf.*, 2007, [Online]. Available: <http://www.ibtshow.com/IBC2007/>.
- [11] K. Matsui *et al.*, "Binaural Reproduction of 22.2 Multichannel Sound with Flat Panel Display-Integrated Loudspeaker Frame for Home Use," *J. Inst. Image Inf. Telev. Eng.*, vol. 68, pp. J447–J456, 2014, doi: 10.3169/itej.68.J447.
- [12] I. Elfritri and A. Luthfi, "Reviews on Technology and Standard of Spatial Audio Coding," *J. Nas. Tek. Elektro*, vol. 6, no. 1, p. 44, 2017, doi: 10.25077/jnte.v6n1.372.2017.
- [13] M. Sobirin and I. Elfritri, "Perancangan dan Analisis Kinerja Pengkodean Audio Multichannel Dengan Metode Closed Loop," *J. Nas. Tek. Elektro*, vol. 3, no. 2, p. 157, 2014, doi: 10.25077/jnte.v3n2.80.2014.
- [14] I. Elfritri, R. Kurnia, and Fitrilina, "Investigation on objective performance of closed-loop spatial audio coding," in *2014 6th International Conference on Information Technology and Electrical Engineering (ICITEE)*, 2014, pp. 1–6, doi: 10.1109/ICITEED.2014.7007926.
- [15] A. Luthfi, A. K. Permana, O. Saputra, and I. Elfritri, "Experimental Study of MPEG Surround for Stereo Audio Transmission," in *2018 International Conference on Information Technology Systems and Innovation (ICITSI)*, 2018, pp. 531–535, doi: 10.1109/ICITSI.2018.8695996.
- [16] A. Luthfi, F. Mustaqim, and I. Elfritri, "Studi dan Analisis Kinerja Mpeg Surround pada Bitrate 256 – 400 Kbps," *J. Nas. Tek. Elektro*, vol. 5, no. 3, p. 325, 2016, doi: 10.25077/jnte.v5n3.302.2016.
- [17] I. Elfritri, A. Luthfi, and Fitrilina, "R-TTT module with modified residual signal for improving multichannel audio signal accuracy," in *2015 International Conference on Automation, Cognitive Science, Optics, Micro Electro-Mechanical System, and Information Technology (ICACOMIT)*, 2015, pp. 207–211, doi: 10.1109/ICACOMIT.2015.7440207.
- [18] K. Hamasaki, K. Hiyama, and R. Okumura, "The 22.2 Multichannel Sound System and Its Application," *J. Audio Eng. Soc.*, 2005.
- [19] I. Elfritri, H. D. Laksono, and A. K. Permana, "Balanced-delay filterbank for Closed-Loop Spatial Audio Coding," in *2015 International Seminar on Intelligent Technology and Its Applications (ISITIA)*, 2015, pp. 403–408, doi: 10.1109/ISITIA.2015.7220014.
- [20] I. Elfritri, X. Shi, and A. Kondo, "Analysis by synthesis spatial audio coding," *Signal Process. IET*, vol. 8, no. 1, pp. 30–38, 2014, doi: 10.1049/iet-spr.2013.0015.
- [21] J. Breebaart, G. Hotho, J. Koppens, E. Schuijers, W. Oomen, and S. Par, "Background, Concept, and Architecture for the Recent MPEG Surround Standard on Multichannel Audio Compression," *J. Audio Eng. Soc.*, vol. 55, no. 5, pp. 331–351, 2007.

- [22] L. Novamizanti, G. Budiman, and B. Wibowo, "Optimasi Sistem Penyembunyian Data pada Audio menggunakan Sub-band Stasioner dan Manipulasi Rata-rata Statistik," *ELKOMIKA J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron.*, vol. 6, no. 2, p. 165, 2018, doi: 10.26760/elkomika.v6i2.165.
- [23] C. Faller and F. Baumgarte, "Efficient representation of spatial audio using perceptual parametrization," in *Proceedings of the 2001 IEEE Workshop on the Applications of Signal Processing to Audio and Acoustics (Cat. No.01TH8575)*, 2001, pp. 199–202, doi:10.1109/ASPAA.2001.969577.