

AUDIO SPASIAL PELOPOR EVOLUSI SISTEM SUARA FILM DIGITAL MASA DEPAN

LAPORAN PENELITIAN DASAR



Peneliti :

I Putu Suhada Agung, S.T., M.Eng.
NIP / NIDN: 197510182001121001 / 0018107501

Anggota :

Rian Prasetya Yunanto, S.M.G., M.Sn.
NIP / NIDN: 199410072022031008 / 0007109402

Haidar Ghazy Arkan
NIM : 221481059

Dibiayai DIPA ISI Surakarta Nomor: SP DIPA-023.17.2.677542/2023
tanggal 30 November 2022

Direktorat Jenderal Perguruan Tinggi,
Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi
sesuai dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan Penelitian Dasar
Nomor: 1074/ IT6.2/PT.01.03/2023

INSTITUT SENI INDONESIA (ISI) SURAKARTA

Oktober 2023

ABSTRACT

Spatial Audio Pioneers the Evolution of Future Digital Film Sound Systems

This research discusses the emergence of spatial audio, the concept of spatial audio, stereo techniques, surround, spatial audio replication and the development of spatial audio. Film audio technology which has developed from analog to digital is still rarely understood by film lovers, most of whom only enjoy the film storyline and the sound presented without paying attention to the technology embedded in the film being watched. Filmmakers also rarely apply spatial/multi-channel audio to the films they make, most filmmakers still use mono and stereo audio. Spatial audio technology is currently widely applied to films, digital television, augmented reality, virtual reality and games. The data collection technique in this research was carried out by collecting references that were relevant to the object under study. The results of spatial audio observations and supporting technology were carried out using the content analysis method, which is a research technique for making conclusions that can be replicated, and with valid data, taking into account the context. The results of research observing the development of film production show that the many requirements and complexity of spatial technology variants, including recording technology, monitors, and acoustic rooms and mixing rooms, have an impact on filmmakers rarely applying spatial technology to films. This is because preparing supporting devices for spatial audio technology, apart from taking time, also requires quite expensive costs.

Keywords: spatial audio, stereo, surround

ABSTRAK

Audio Spasial Pelopor Evolusi Sistem Suara Film Digital Masa Depan

Penelitian ini membahas mengenai munculnya audio spasial, konsep audio spasial, teknik *stereo*, *surround*, replikasi audio spasial dan perkembangan audio spasial. Teknologi audio film yang berkembang dari analog menjadi digital masih jarang dipahami oleh penikmat film yang kebanyakan hanya menikmati alur cerita film dan suara yang disajikan tanpa memperhatikan teknologi yang disematkan pada film yang ditonton. Para pembuat film juga masih jarang menerapkan audio spasial / multi kanal pada film yang dibuatnya, sebagian besar pembuat film masih menerapkan audio mono dan *stereo*. Teknologi audio spasial saat ini banyak diterapkan pada film, televisi digital, *augmented reality*, *virtual*, dan *Game*. Teknik pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan dengan pengumpulan referensi yang relevan dengan objek yang diteliti. Hasil pengamatan audio spasial beserta teknologi pendukungnya dilakukan menggunakan metode analisis isi yang merupakan teknik penelitian untuk membuat kesimpulan-kesimpulan yang dapat ditiru, dan dengan data yang valid dengan memperhatikan konteksnya. Hasil penelitian terhadap pengamatan perkembangan produksi film menunjukkan bahwa banyaknya persyaratan dan rumitnya varian teknologi spasial antara lain teknologi perekamannya, monitor, dan ruang akustiknya dan ruang mixingnya berdampak pada pembuat film jarang menerapkan teknologi spasial pada film. Hal ini disebabkan karena untuk menyiapkan perangkat pendukung teknologi audio spasial selain menyita waktu juga membutuhkan biaya yang cukup mahal.

Kata kunci : audio spasial, *stereo*, *surround*

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah SWT, penelitian pustaka yang berjudul “AUDIO SPASIAL PELOPOR EVOLUSI SISTEM SUARA FILM DIGITAL MASA DEPAN” ini dapat diselesaikan. Penelitian ini bermula dari berbagai Teori audio spasial, yang dari pengenalan secara dasar hingga pembahasan teknisnya banyak dijumpai dalam bentuk buku yang mayoritas berbahasa asing yang bermacam-macam istilah teknik sehingga kurang diminati dan sulit dicerna bagi pemula (terutama mahasiswa Seni/Non Teknik).

Penelitian ini dapat diselesaikan atas dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu terima kasih kepada semua pihak yang membantu program penulisan penelitian pustaka ini terutama kepada :

1. Dr. Sunardi, S.Sn., M.Sn., Ketua Lembaga Penelitian, Pengabdian Kepada Masyarakat, Pengembangan Pembelajaran dan Penjaminan Mutu (LP2MP3M) Institut Seni Indonesia (ISI) Surakarta yang memberikan persetujuan atas pendanaan penelitian ini.
2. Kepala Pusat Penelitian ISI Surakarta, yang memberikan kesempatan dan persetujuan untuk melakukan penelitian ini.
3. Para reviewer yang telah memberikan masukan, kritik, dan saran terhadap penelitian ini.
4. Dr. Ana Rosmiati, S.Pd., M.Hum., Dekan Fakultas Seni Rupa dan Desain (FSRD) ISI Surakarta, yang telah memberi persetujuan pengusulan proposal penelitian dan pengesahan pada laporan penelitian ini.

5. Rian Prasetya Yunanto, S.M.G., M.Sn., anggota peneliti yang membantu melakukan pengamatan, pencatatan data, dan analisis data di lapangan pada penelitian ini.
6. Haidar Ghazy Arkan, mahasiswa sekaligus asisten peneliti yang membantu melakukan pencatatan, dokumentasi, dan data sekunder pada penelitian ini.
7. Hielmy Aditya Permana, Bonifacious Ryan Arya Satya, Baqiuddin, dan Bagas Danutirta mahasiswa sekaligus asisten lapangan yang membantu menyiapkan peralatan dan eksperimentasi pada penelitian ini.
8. Aris Sukindarmawan, S.E., M.M. yang telah membantu proses administrasi pada saat pengusulan proposal penelitian hingga laporan akhir penelitian ini.

Kritik dan saran diharapkan untuk menyempurnakan hasil penelitian ini. Beberapa konsep yang didapatkan dari penelitian dasar ini diharapkan memudahkan pembaca dalam memahami hadirnya teknologi audio spasial khususnya pada film. Semoga bermanfaat.

Peneliti

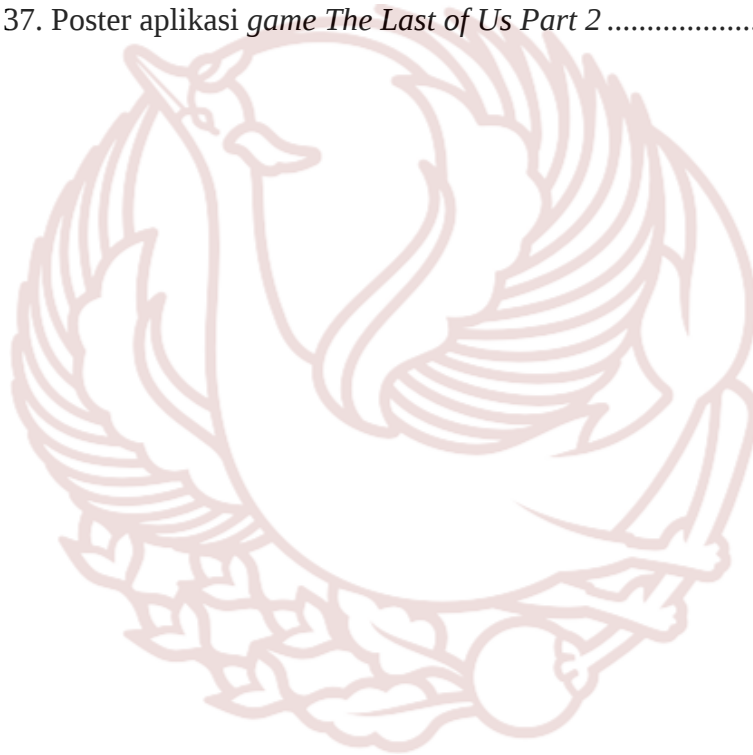
DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
<i>ABSTRACT</i>	iii
ABSTRAK.....	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah.....	3
C. Tujuan Penelitian	3
D. Urgensi (Keutamaan) Penelitian.....	4
E. Tinjauan Pustaka	4
F. Metode Penelitian.....	7
G. Sistematika Penulisan	11
BAB II KONSEP AUDIO SPASIAL	12
A. Karakteristik Audio Spasial	12
B. Psikoakustik Audio Spasial.....	24
BAB III ASPEK TEKNIK AUDIO SPASIAL.....	33
A. Sistem Monitor Audio Spasial	33
B. Teknik Perekaman Audio Spasial	40
C. Teknik Perekaman Suara <i>Surround</i>	46
BAB IV PENERAPAN AUDIO SPASIAL.....	54
A. Audio Spasial pada Film	54
B. Audio Spasial pada Program Televisi	65
C. Audio Spasial pada Aplikasi <i>Game</i>	68
BAB V KESIMPULAN	72
DAFTAR ACUAN	74
LAMPIRAN	77

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Bagan Alur Pikir Penelitian.....	10
Gambar 2. Penurunan kekuatan penerimaan suara dari sumber suara.....	13
Gambar 3. Pola arah pancaran suara frekuensi tinggi dan rendah	14
Gambar 4. Jarak sumber suara ke pendengar pada ruang reflektif	15
Gambar 5. Penggabungan tekanan suara minimum/maksimum	16
Gambar 6. Rancangan sistem 3 kanal Bell Labs.....	18
Gambar 7. Perbedaan waktu penerimaan suara	25
Gambar 8. Persepsi spasial berdasarkan perbedaan <i>delay</i>	27
Gambar 9. Perbandingan ASW sempit (a) dan lebar (b)	30
Gambar 10. Desain LEDE.....	35
Gambar 11. Desain zona bebas pantulan	36
Gambar 12. Penempatan loudspeaker tengah dengan layar monitor	39
Gambar 13. Tangkapan mikrofon <i>stereo</i> secara vertikal	41
Gambar 14. Konfigurasi MS pada mikrofon <i>stereo</i>	43
Gambar 15. Lokalisasi LF dan HF dengan hukum <i>panning</i> 3 kanal	44
Gambar 16. Sistem <i>surround</i> 5 kanal.....	47
Gambar 17. Rangkaian mikrofon 5 kanal	49
Gambar 18. Teknik <i>surround</i> Fukada Tree.....	50
Gambar 19. Teknik <i>surround</i> Hamasaki.....	51
Gambar 20. Poster film <i>Pacific Rim</i>	55
Gambar 21. Poster film <i>Gravity</i>	56
Gambar 22. Poster film <i>Interstellar</i>	57
Gambar 23. Poster film <i>Mad Max</i>	58
Gambar 24. Poster film <i>La La Land</i>	59
Gambar 25. Poster film <i>Dunkirk</i>	60
Gambar 26. Poster film <i>Blade Runner</i>	60
Gambar 27. Poster film <i>Ready Player One</i>	61
Gambar 28. Poster film <i>Gundala</i>	62

Gambar 29. Poster film <i>Dune</i>	63
Gambar 30. Poster film <i>Top Gun</i>	64
Gambar 31. Poster <i>TV Series Stranger Things</i>	65
Gambar 32. Poster <i>TV Series Lord of The Rings</i>	66
Gambar 33. Poster <i>TV Series The Haunting of Hill House</i>	67
Gambar 34. Poster aplikasi game <i>Battlefield</i>	68
Gambar 35. Poster aplikasi game <i>Hellblade</i>	69
Gambar 36. Poster aplikasi game <i>Red Dead Redemption 2</i>	70
Gambar 37. Poster aplikasi game <i>The Last of Us Part 2</i>	71



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kehadiran film untuk pertama kalinya diprakarsai oleh Lumiere bersaudara pada tahun 1895 yang diawali dengan tayangan film hitam putih tanpa disertai suara dalam film. Seiring berkembangnya waktu film mulai menghadirkan unsur warna di dalamnya. Upaya lainnya juga dilakukan dengan menghadirkan suara pada saat pemutaran film dilakukan secara terpisah dengan memainkan instrumen piano di balik layar maupun dengan menghadirkan beberapa pemain yang mengisi suara dengan menirukan dialog yang ada dalam film. Suara dalam film mulai diimplementasikan pada film bersuara pertama, *The Jazz Singer*.

Teknologi suara yang hadir pada era itu didukung dengan adanya penemuan *phonograph* dan *gramophone* oleh Thomas Alfa Edison bersama E. Muybridge pada tahun 1888 yang memprakarsai penggabungan gambar bergerak dan hasil rekaman suara. Hadirnya suara dalam film masih terpisah dengan gambar yang diproyeksikan untuk mewujudkannya memerlukan waktu rekaman ulang suara dengan sinkronisasi gambar yang ada sehingga untuk menghasilkan 1 film memakan waktu yang lama.

Keterbatasan kualitas rekaman suara dan durasi rekaman suara menjadi hal utama dimana 1 film hanya mampu terisi suara dari rekaman dengan durasi 4 sampai 5 menit. Selain itu suara yang dihasilkan juga sangat lemah dan tidak memungkinkan untuk penayangan film dengan jumlah

penonton yang banyak dan di area yang lebih luas. Teknologi *amplifier* yang ditemukan oleh Dr. Lee De Forest pada tahun 1919 muncul sebagai pendukung suara dalam film.

Teknologi suara pada film yang ada disempurnakan dengan kehadiran sistem audio *mono* (kanal tunggal) pada film, sistem *stereo* (kanal ganda) dan sistem audio spasial multi kanal yang menempatkan speaker di berbagai sudut ruang bertujuan memberikan sensasi pendengaran dengan kesan yang realistis kepada penonton. Sistem *stereo* dan Hi-Fi mencapai puncaknya pada pergantian tahun 1970-an, dan industri mulai mencari ide-ide baru, yang pada akhirnya mengarah ke suara *quadrophonic*¹.

Sistem audio multi kanal terdiri dari masing-masing 1 kanal bagian depan kiri (*front left*), bagian depan tengah (*center*) berfrekuensi rendah (*subwofer*), bagian depan kanan (*front right*), bagian belakang kiri (*rear left*), dan bagian belakang kanan (*rear right*). Pada tahun 1978, Dolby Laboratories mengumumkan sistem *Dolby stereo*². Sistem tersebut dirancang khusus untuk film dengan memadatkan empat saluran audio terpisah (kiri, tengah, kanan, dan sekeliling) menjadi hanya dua saluran menggunakan sistem dekode matriks yang juga menggabungkan sistem *noise reduction* yang membuat suara menjadi dinamis.

Teknologi *Dolby* dalam perkembangannya memiliki banyak variasi, diantaranya : *Dolby Stereo*, *Dolby Surround*, *Dolby Surround Pro Logic*,

¹ Musical Sound Effects_ Analog and Digital Sound Processing-(Waves) Reveillac, Jean-Michel - Wiley-ISTE (2017) halaman49

² Ibid, halaman 50

Dolby Digital AC3, Dolby Surround EX, Dolby Surround Pro-Logic II, Dolby Digital Plus, Dolby TrueHD, dan Dolby Atmos. Perkembangan dari varian teknologi audio *Dolby* tersebut merupakan penerapan dari audio spasial. Teknologi audio film yang berkembang dari analog menjadi digital masih jarang dipahami oleh penikmat film yang kebanyakan hanya menikmati alur cerita film dan suara yang disajikan tanpa memperhatikan teknologi yang disematkan pada film yang ditonton. Para pembuat film juga masih jarang menerapkan audio spasial / multi kanal pada film yang dibuatnya, sebagian besar pembuat film masih menerapkan audio mono dan stereo. Teknologi audio spasial saat ini juga banyak diterapkan pada *Virtual Reality, Augmented Reality, Televisi Digital, dan Game.*

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, maka rumusan masalah penelitian dasar ini adalah : bagaimana audio spasial menjadi pelopor evolusi sistem suara film digital masa depan?

C. Tujuan Penelitian

Penelitian tentang Audio Spasial Pelopor Evolusi Sistem Suara Film Digital Masa Depan ini bertujuan :

1. Menjelaskan latar belakang audio spasial pada film
2. Memaparkan konsep-konsep audio spasial
3. Memaparkan eksistensi perkembangan audio spasial dalam dunia industri film

D. Urgensi (Keutamaan) Penelitian

Penelitian tentang Audio Spasial Pelopor Evolusi Sistem Suara Film Digital Masa Depan ini diharapkan dapat bermanfaat :

1. Pengembangan keilmuan perfilman mengenai audio spasial
2. Menjadi salah satu sumber acuan bagi civitas akademika dalam proses belajar mengajar yang membahas mengenai audio spasial dalam film
3. Memberikan pemahaman kepada penonton dan pembuat film tentang perlunya menerapkan audio spasial dalam film

E. Tinjauan Pustaka

Pembahasan dan teori mengenai audio spasial, baik pengenalan, aplikasi hingga bahasan teknis dapat ditemukan dalam bentuk referensi yang kebanyakan berbahasa asing. Penelitian sebelumnya berjudul *Reviews on Technology and Standard of Spatial Audio Coding* oleh Elfitri pada tahun 2017 membahas mengenai wacana menghadirkan media yang dapat menyajikan hiburan dengan audio 3 Dimensi yang dapat diimplementasikan melalui media Televisi Digital.

Penelitian dasar ini membahas mengenai audio spasial dalam film yang memiliki peran penting dalam menghadirkan suara dengan suasana mengikuti visual yang ditayangkan kepada penonton melalui beberapa kanal suara. Beberapa referensi yang akan digunakan sebagai acuan untuk penelitian ini antara lain : *Feeling Film* (Beth Carroll), *Parametric time-frequency domain spatial audio* (Delikaris-Manias), *Spatial Audio* (Francis

Rumsey), *Instant Surround Sound* (Jeffrey P. Fisher), *Spatial Audio Reproduction with Primary Ambient Extraction* (JianJun He), *An Introduction to Digital Audio* (John Watkinson), *Beyond Dolby* (Mark Kerins), *Eargle's the Microphone Book* (Ray Rayburn), *Surround Sound Up and Running* (Tomlinson Holman).

Feeling Film (2016), Beth Carroll menulis buku ini dengan memberikan pemahaman dan analisis mengenai audio spasial dan menjelaskannya secara metodologis dalam studi film yang dijabarkan dalam pendekatan metodologi yang baru, pendekatan teoritis, ruang audio, ruang visual, dan ruang audio visual.

Parametric time-frequency domain spatial audio (2018,) Delikaris-Manias dalam buku ini menjelaskan tentang metode untuk menangkap, menyimpan, dan mereproduksi sinyal suara monofonik yang telah dikembangkan dalam sejarah audio, mulai dari perangkat mekanik dan berkembang melalui perangkat elektronik analog yang berubah menjadi digital. Upaya menciptakan kembali karakteristik audio spasial kepada pendengar melalui beberapa metode reproduksi suara dengan melakukan pengaturan sumber suara dan arah tangkap suara.

Spatial Audio (2001), Francis Rumsey dalam buku ini membahas mengenai pengenalan audio spasial, psikoakustik audio spasial, sistem stereo 2 kanal dan audio *binaural*, sistem stereo multi kanal dan sistem *surround*, monitor audio spasial, teknik perekaman 2 dan 3 kanal audio, teknik perekaman *surround*.

Instant Surround Sound (2004), Jeffrey P. Fisher dalam buku ini membahas audio *surround* yang luas untuk para profesional yang meliputi :sejarah *surround*, perekaman *surround*, manajemen frekuensi rendah (bass) kanal tengah, *mixing surround*, teknik *mixing surround*.

Spatial Audio Reproduction with Primary Ambient Extraction (2017), JianJun He dalam buku ini menjelaskan beberapa hal yang meliputi prinsip pendengaran, reproduksi audio spasial; teknik proses dan evaluasinya, sinyal stereo, sinyal multi kanal, sinyal tunggal, model sinyal stereo, serta beberapa perbandingan reproduksi audio spasial.

An Introduction to Digital Audio (1994), John Watkinson dalam buku ini membahas tentang pengenalan audio digital, konversi audio analog ke digital, prinsip-prinsip digital; *mixing* digital, filter digital, transformasi digital, efek, prinsip pengkodean digital; jenis transmisi digital, jenis media perekaman, ekualisasi, sinkronisasi, *interface* audio digital, DAT, editing audio digital, digital audio optik.

Beyond Dolby (2010), Mark Kerins dalam buku ini membahas mengenai produksi dan gaya produksi, awal mula penerapan film *surround* multi kanal, estetika audio 5.1, estetika visual 5.1, pengkodean *surround*, penerapan gaya *surround* dalam film. Analisis meliputi *soundtrack* multi kanal, interaksi visual dan audio.

Eargle's the Microphone Book (2011), Ray Rayburn dalam buku yang membahas tentang pesatnya perkembangan teknologi suara *surround* tidak hanya berurusan dengan teknik tradisional tetapi juga dengan perkembangan

terakhir dalam visual virtual dan penciptaan visual. Susunan mikrofon diperluas untuk membahas tentang sistem adaptif karena melibatkan komunikasi dan pengurangan data yang berguna dalam audio spasial.

Surround Sound Up and Running (2008), Tomlinson Holman dalam buku ini membahas mengenai teknologi audio *surround* yang telah berkembang pesat tetapi mengalami kemunduran penerapannya pada musik. Pembahasan mengenai teknik mikrofon dan proses *mixing* audio.

Penelitian dasar ini disusun melalui tulisan dan kajian dengan cara singkat, ringan, dan padat supaya dapat diterima oleh pembaca baru dan awam untuk dapat mengenal audio spasial, teknik perwujudannya, dan penerapannya.

F. Metode Penelitian

1. Jenis Penelitian

Penelitian dasar ini merupakan penelitian kualitatif, menggunakan beberapa buku maupun sumber referensi lain sebagai objek penelitian. Kajian pustaka digunakan untuk mencari data dan didapatkan melalui kajian pustaka, sesuai bahan referensi yang berhubungan dengan pembahasan.

a. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dasar ini akan dilakukan di Perpustakaan Kampus 1 / Ketingan dan Perpustakaan Kampus 2 / Mojosongo Institut Seni Indonesia Surakarta, Perpustakaan UNS, dan Perpustakaan UGM.

Penelitian dilakukan selama enam bulan, yakni pada bulan Juni hingga Oktober 2023.

b. Sumber Data

Sumber data dalam penelitian dasar ini akan dikelompokkan menjadi dua, antara lain sumber data primer dan sumber data sekunder.

1) Sumber data primer yang digunakan dalam penelitian ini adalah beberapa buku referensi tentang audio spasial yang membahas tentang audio spasial. Buku-buku tersebut antara lain :

- a) Beth Carroll, *Feeling Film*, Palgrave Macmillan UK (2016)
- b) Delikaris-Manias, *Parametric time-frequency domain spatial audio*-John Wiley & Sons (2018)
- c) Francis Rumsey, *Spatial Audio*, Focal Press (2001)
- d) Jeffrey P. Fisher, *Instant Surround Sound*, Jeffrey P. Fisher (2004)
- e) JianJun He, *Spatial Audio Reproduction with Primary Ambient Extraction*, Springer Singapore (2017)
- f) John Watkinson, *An Introduction to Digital Audio*, Focal Press (1994)
- g) Mark Kerins, *Beyond Dolby*, Indiana University Press (2010)
- h) Ray Rayburn, *Eargle's the Microphone Book*, Focal Press (2011)

- i) Tomlinson Holman, *Surround Sound. Up and Running*, Taylor & Francis (2008)
- 2) Sumber data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini :
Jurnal Nasional Teknik Elektro Vol 6, No 1 : Maret 2017 berjudul *Reviews on Technology and Standard of Spatial Audio Coding* oleh Ikhwana Elfitri.

c. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini dilakukan dengan mengumpulkan bahan-bahan pustaka yang sesuai dengan objek yang diteliti. Data yang ada berupa bahan-bahan pustaka dikumpulkan dan diolah dengan cara :

- 1) *Editing* : pemeriksaan kembali data-data yang diperoleh, terutama dari segi kelengkapan, kejelasan makna dan koherensi makna antara satu dengan yang lain³
- 2) *Organizing* : mengorganisir data yang diperoleh dengan kerangka yang sudah diperlukan⁴
- 3) *Finding* : melakukan analisis lanjutan terhadap hasil pengorganisasian

data dengan menggunakan kaidah-kaidah, teori dan metode yang telah ditentukan sehingga ditemukan kesimpulan yang merupakan hasil jawaban dari rumusan masalah⁵.

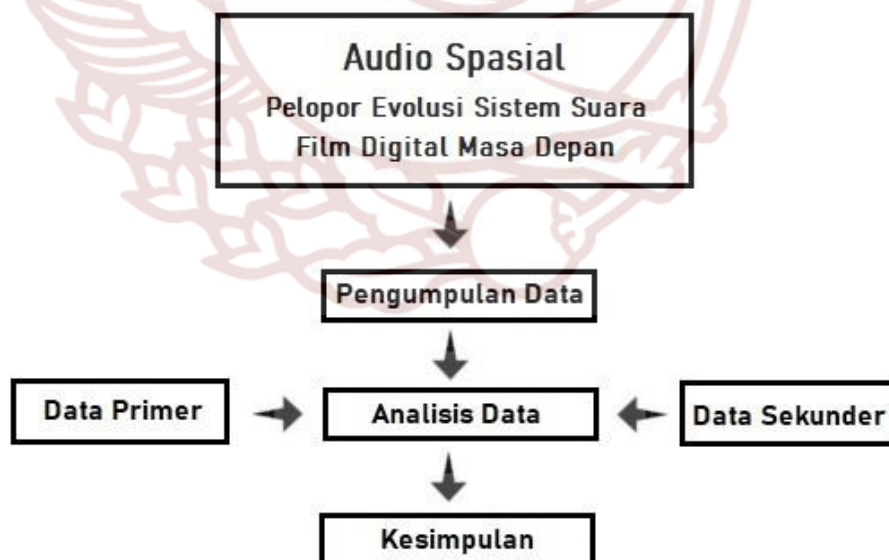
³ I Made Pasek Diantha. *Metodologi Penelitian Hukum Normatif*, (Jakarta : Prenada Media Group, 2017) hal. 200

⁴ Ibid, hal. 201

d. Metode Analisis Data

Penelitian ini menggunakan metode analisis isi (*content analysis*)⁶. Analisis isi merupakan suatu teknik penelitian untuk membuat kesimpulan-kesimpulan (*inference*) yang dapat ditiru (*replicable*) dan dengan data yang valid, dengan memperhatikan konteksnya. Metode ini digunakan untuk menganalisis seluruh pembahasan tentang :

- 1) latar belakang munculnya audio spasial yang menggunakan media analog hingga berkembang menggunakan media digital
- 2) pengkajian mengenai konsep audio spasial
- 3) mengkaji eksistensi perkembangan audio spasial dalam dunia industri



Gambar 1. Bagan Alur Pikir Penelitian

⁵ Ibid

⁶ Rakhmat, Jalaludin, Metode Penelitian Komunikasi, (Bandung: Rosdakarya, 1999), hal. 89

G. Sistematika Penulisan

Laporan hasil penelitian *Audio Spasial Pelopor Evolusi Sistem Suara Film Digital Masa Depan* ini disusun dalam lima bab, yaitu:

Bab I, Pendahuluan. Bab ini berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, urgensi (keutamaan) penelitian, tinjauan pustaka, metode penelitian yang dilakukan, dan sistematika penulisan.

Bab II, berisi tentang konsep audio spasial antara lain : karakteristik audio spasial; dimensi spasial suara alam, sumber suara di ruangan, suara di medan bebas, suara di ruang pantul, perkembangan teknologi suara mono, *surround* hingga 3D, persepsi jarak dan kedalaman, *auditory source width* (ASW), selubung dan kelapangan.

Bab III, berisi kajian pustaka tentang aspek teknis audio spasial, meliputi : sistem monitor audio spasial, loudspeaker sistem suara *surround*, teknik perekaman audio spasial.

Bab IV, membahas beberapa penerapan teknologi yang mendukung audio spasial pada film, program televisi, dan game.

Bab V, penutup.

BAB II

KONSEP AUDIO SPASIAL

A. Karakteristik Audio Spasial

1. Dimensi spasial suara alam

Kehidupan sehari-hari secara nyata sangat sering dijumpai adanya suara tiga dimensi. Kemampuan manusia untuk memahami lingkungannya dan berinteraksi dengannya sangat bergantung pada kesadaran spasial (ruang) dan pendengaran. Suara alam dirasakan berdasarkan lokasinya dan dimensinya yang sangat dipengaruhi oleh indera penglihatan untuk memahaminya dan merasakannya. Lingkungan suara tiga dimensi sangat dipengaruhi adanya lebar, tinggi, dan kedalaman. Seseorang terbiasa merasakan suara yang datang dari segala arah, tanpa ada satu arah yang lebih diutamakan dibandingkan arah lainnya. Karena pendengar tidak memiliki mata di belakang atau atas kepala mereka, maka cenderung lebih mengandalkan penglihatan untuk melihat pemandangan di depan mata, dan suara lebih banyak untuk menangani hal-hal di belakang dan di atasnya.

Sumber suara di luar ruangan dirasakan sangat jauh dibandingkan dengan sumber suara di dalam ruangan. Lingkungan suara di dalam ruangan memiliki permukaan yang melingkupi sumber suara di dalamnya, sehingga cenderung dipengaruhi oleh efek pantulan. Indera spasial seseorang dalam suatu ruangan dapat membayangkan dan menilai ukuran ruang dan jarak objek cenderung berada dalam jarak beberapa

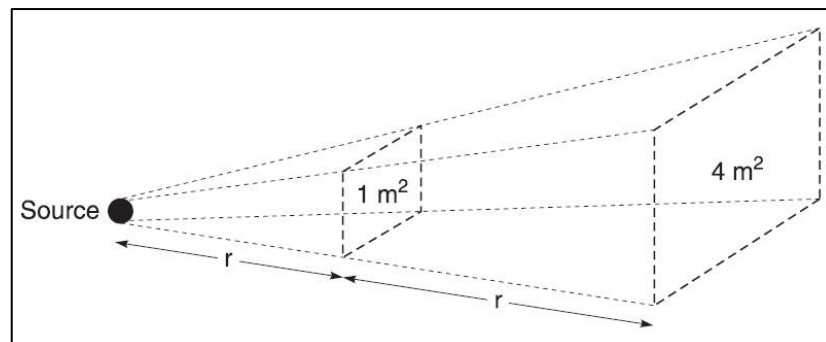
puluh meter. Karakteristik suara spasial sangat dipengaruhi adanya faktor suara yang dipantulkan. Pantulan pada sebagian besar ruangan cenderung terjadi dalam waktu yang relatif singkat setelah bunyi langsung dari sumbernya.

Karakteristik spasial suara alam cenderung dibagi menjadi kategori sumber dan lingkungan, yaitu sumbernya entitas dan lingkungan yang relatif terpisah dan dapat dilokalisasi terdiri dari suara *ambient* yang lebih umum yang tidak mudah terlokalisasi dan bersifat menyebar.

2. Sumber suara di ruangan

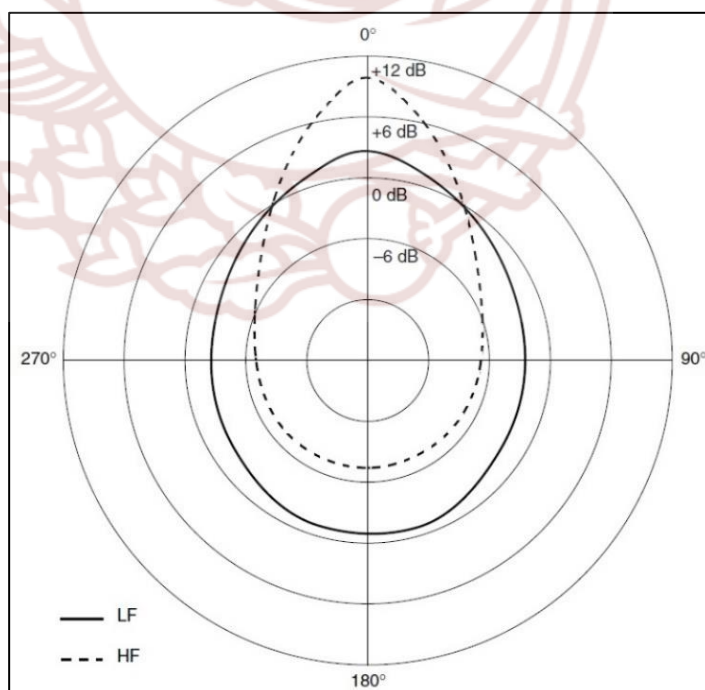
a. Sumber suara di medan bebas

Medan bebas menggambarkan sebuah lingkungan yang tidak terdapat pantulan. Pada medan bebas, semua suara yang dihasilkan oleh suatu sumber dipancarkan jauh dari sumbernya dan tidak ada yang dipantulkan kembali. Konsekuensinya adalah tingkat suara yang dialami pendengar menurun cukup cepat saat menjauh dari sumbernya seperti yang ditunjukkan pada gambar 2 berikut ini.



Gambar 2. Penurunan kekuatan penerimaan suara dari sumber suara (Francis Rumsey, Spatial Audio, hal 3)

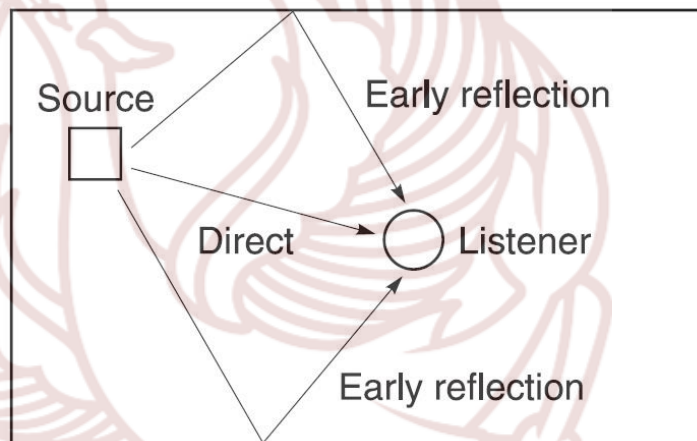
Tidak semua sumber suara memancarkan suara secara ke segala arah, walaupun sebagian besar mempunyai arah pancaran tertentu yang mewakili penyimpangan dari pancaran ke segala arah pada frekuensi yang berbeda. Hal tersebut dinyatakan sebagai sejumlah penguatan dB dibandingkan dengan pancaran segala arah pada titik frekuensi tertentu pada sumbu maju atau 0° sebagai pola kutub atau pola pengarah. Sumber suara cenderung memancar lebih terarah seiring naiknya frekuensi, sedangkan pancaran frekuensi rendah seringkali bersifat ke segala arah tergantung pada ukuran objek seperti ditunjukkan pada gambar 3. Hal ini berpengaruh pada mikrofon dan loudspeaker berinteraksi dengan ruangan, dan bagaimana sumber suara dirasakan secara spasial.



Gambar 3. Pola arah pancaran suara frekuensi tinggi dan rendah (Francis Rumsey, Spatial Audio, hal 4)

b. Sumber suara di ruang pantul suara

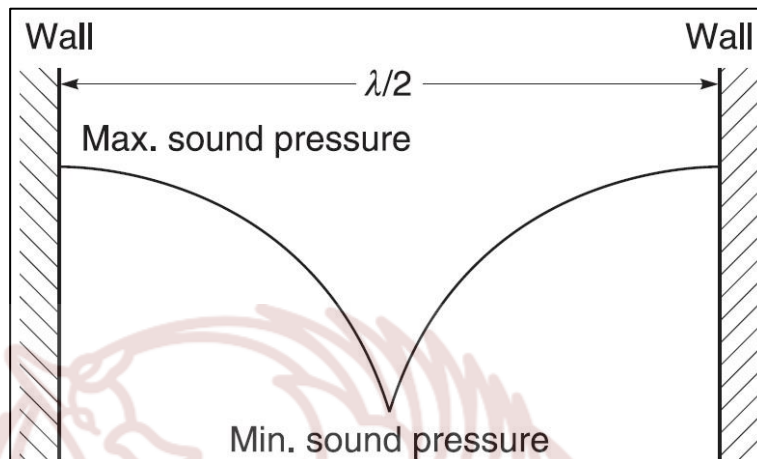
Sebagian energi suara pada ruang tertutup yang dipancarkan dari sumber suara diserap oleh permukaan dan udara di dalam ruang dan sebagian lagi dipantulkan kembali ke lingkungan. Hasil dari bunyi yang dipantulkan adalah, setelah beberapa saat, tercipta medan bunyi yang *ambient* atau menyebar yang merupakan dampak adanya banyak pantulan yang telah dipantulkan seperti pada gambar 4.



Gambar 4. Jarak sumber suara ke pendengar pada ruang reflektif (Francis Rumsey, Spatial Audio, hal 5)

Efek pantulan suara mampu menciptakan mode ruangan atau *eigentones* pada frekuensi rendah, yaitu pola tekanan suara tinggi dan rendah yang dihasilkan dari gelombang berdiri yang diatur dalam berbagai kombinasi dimensi. Mode-mode ini terjadi pada frekuensi yang ditentukan oleh dimensi ruang. Sumber dapat digabungkan secara kuat atau secara lemah, bergantung pada lokasinya di antinode telinga atau di node mode tekanan maksimum atau minimum. Jika keduanya digabungkan secara kuat, maka mode

tersebut cenderung lebih kuat dibandingkan jika digabungkan secara lemah, seperti ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 5. Penggabungan tekanan suara minimum/maksimum (Francis Rumsey, Spatial Audio, hal 6)

c. Efek pantulan suara dan gema

Pantulan suara mempunyai efek memodifikasi sifat yang dimiliki dari sumber suara yang terpisah. Pantulan suara awal memberikan kontribusi terhadap perasaan seseorang pada ukuran dan ruang sebuah ruangan, meskipun pantulan tersebut menyatu dengan suara langsung. Pantulan tersebut tidak dianggap sebagai gema yang terpisah. Pantulan awal mempengaruhi persepsi seseorang terhadap ukuran sumber suara, sedangkan pantulan yang lebih lambat dirasakan pada rasa lapang atau terbungkus.

3. Mono ke Surround dan Audio 3D

a. Peralatan reproduksi suara awal

Sistem perekam gramofon dan fonograf pertama pada akhir tahun 1800-an dan awal tahun 1900-an yang bersifat monofonik. Satu-satunya isyarat spasial yang ada dalam reproduksi monofonik adalah petunjuk mengenai jarak dan kedalaman yang diberikan oleh gaung.

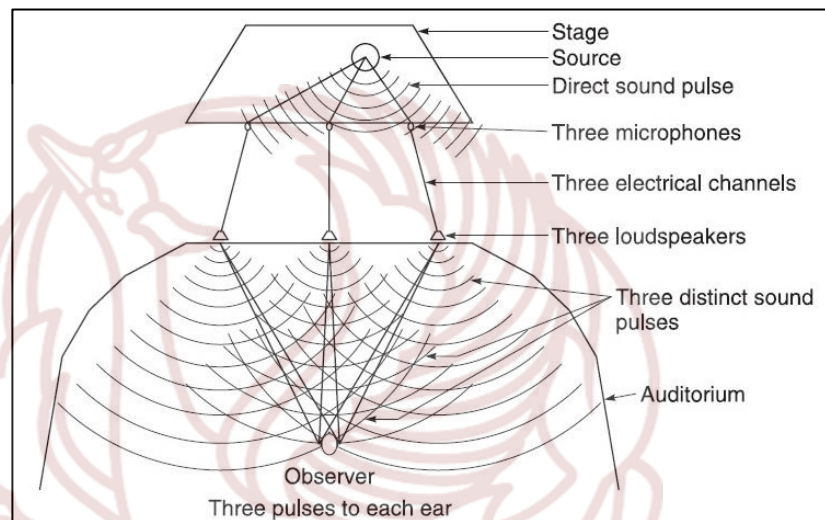
b. Transmisi stereo pertama

Clement Ader melakukan eksperimen awal di pameran Paris pada tahun 1881 yang merupakan contoh transmisi musik stereofonik pertama. Eksperimen dilakukan dengan menempatkan *pickup* telepon sebagai mikrofon di lampu kaki Opera Paris yang ditempatkan di seberang panggung dan menyampaikan hasilnya ke sepasang lubang suara penerima telepon di pameran, di mana pengunjung dapat mendengarkan opera secara langsung dengan realisme spasial. Beberapa tahun kemudian reproduksi stereofonik menjadi pasar komersial.

c. Bell Labs pada tahun 1930an

Fokus awal pekerjaan Bell Labs pada tahun 1930-an mengupayakan gelombang suara muka yang dihasilkan dari saluran mikrofon/loudspeaker yang jumlahnya tidak terbatas dengan menggunakan jumlah kanal yang lebih sedikit. Mikrofon omnidireksional masing-masing dihubungkan dengan amplifier tunggal ke loudspeaker yang sesuai di ruang dengar.

Steinberg dan Snow pada tahun 1934 menemukan tiga kanal memberikan hasil yang cukup meyakinkan, dan ketika jumlah kanal dikurangi dari tiga menjadi dua, sumber suara di tengah berkurang ke arah belakang panggung dan lebar panggung suara yang direproduksi tampak lebih kecil.



Gambar 6. Rancangan sistem 3 kanal Bell Labs
(Francis Rumsey, Spatial Audio, hal 11)

Karya Steinberg dan Snow pada prinsipnya ditujukan untuk reproduksi suara auditorium besar dengan gambar layar lebar, bukan untuk ruangan kecil. Tiga saluran depan, meskipun sampai saat ini tidak banyak digunakan merupakan hal yang biasa dalam reproduksi suara bioskop, sebagian karena beragamnya posisi tempat duduk dan ukuran gambar.

d. **Paten Blumlein**

Perbedaan antara persepsi binaural terhadap satu suara (di mana muka gelombang sumber suara tunggal terdengar secara

terpisah oleh kedua telinga, seperti dalam pendengaran alami dan apa yang disebut Snow sebagai situasi stereophonis. Beberapa sinyal loudspeaker digunakan untuk membuat gambar bayangan memungkinkan konversi sinyal dari mikrofon menghasilkan perbedaan fase yang berkaitan dengan posisi sumber suara ke format yang sesuai untuk reproduksi suara pada loudspeaker.

Blumlein adalah sistem yang dirancang untuk menangani keakuratan pencitraan sumber suara pada sudut yang terbatas terutama pada frekuensi rendah, meskipun sistem ini juga menyampaikan atribut spasial lainnya dengan cukup baik. Karya Blumlein tetap tidak diterapkan dalam produk komersial selama puluhan tahun, meskipun banyak tulisan tentang reproduksi stereo di tahun 1950an. Metode Blumlein tidak memanfaatkan seluruh mekanisme pendengaran binaural terutama efek prioritas, namun berusaha untuk menciptakan kembali beberapa isyarat arah yang ada dalam pendengaran alami.

e. Awal komersialisasi sistem stereo

Metode untuk merekam suara stereo dua kanal ke dalam cakram vinil, dengan cara yang mirip dengan yang dilakukan oleh Blumlein, diperkenalkan secara komersial pada akhir tahun 1950an, dan rekaman stereo dilakukan secara luas untuk umum pada tahun 1960an. Banyak rekaman monofonik yang diproses ulang secara artifisial untuk memberikan efek stereofonik menggunakan berbagai teknik *comb filter* dan pemisahan pita untuk mendistribusikan energi suara antar kanal. Kualitas efek arah panorama pada sistem stereo masih kasar yang sering diistilahkan 'pingpong stereo' untuk menggambarkan pembagian instrumen kiri-kanan yang masih kasar dalam proses *mixing*nya. Pada tahun 1960-an, radio FM muncul dengan fitur stereonya yang memberikan tingkat kualitas yang lebih baik dari kualitas audio sebelumnya.

f. Stereo Binaural

Semua reproduksi suara pada akhirnya bersifat binaural karena dirasakan dan dikoreksi oleh kedua telinga pendengar. Stereo binaural digunakan untuk sinyal yang telah direkam atau diproses untuk mewakili karakteristik amplitudo dan waktu dari tekanan suara yang ada di dua telinga manusia.

Perkembangan pemrosesan sinyal digital mulai tahun 1990-an membangkitkan minat mengembangkan teknologi binaural

dengan istilah *audio 3D* dan *virtual surround*. Proses *mixing* dapat dilakukan untuk memproses beberapa *track audio* untuk mencampur sumber suara dan menggesernya secara binaural, menggunakan representasi digital dari respon pendengaran. Materi binaural dapat diproses dengan lebih mudah untuk direproduksi pada loudspeaker, dan berbagai sistem digunakan secara luas pada *sound card* komputer dan televisi untuk peningkatan suara spasial hanya dari dua loudspeaker.

g. Stereo Cinema

Sistem suara bioskop hingga tahun 1950-an tidak menggunakan reproduksi *stereo*. Trek suara film *stereo* sering kali menggunakan dialog yang digeser agar sesuai dengan elemen adegan visual. Hal tersebut merupakan proses yang melelahkan dan cukup memakan waktu. Teknik ini berangsur-angsur hilang dan digantikan dengan dialog sentral, diiringi musik *stereo* dan efek suara. Selama tahun 1950-an pengenalan audio spasial Warner Brothers memperkenalkan format layar lebar dengan tiga kanal depan dan satu kanal *surround*, dan format *20th Century Fox Cinemascope* juga menggunakan sistem yang sama.

Format *stereo* multi kanal untuk bioskop menjadi semakin populer di akhir tahun 1950an dan 1960an, yang berpuncak pada format 70 mm *baby boomer* yang melibatkan beberapa kanal depan, kanal *surround*, dan kanal *subwoofer* untuk mendukung

layar lebar berkualitas tinggi. Pada awal tahun 70-an, pengenalan *Dolby Stereo* oleh *Dolby* memungkinkan sinyal suara *surround* empat kanal dikodekan secara matriks menjadi dua *track* suara optik yang direkam pada film 35 mm yang sama dengan gambar, dan ini masih menjadi dasar sebagian besar matriks analog. *Track* suara film saat ini, telah dirilis dalam bentuk konsumen yang disebut *Dolby Surround* untuk *home theater*.

Sistem suara bioskop modern secara bertahap beralih ke *track* suara serba digital yang menggabungkan lima atau tujuh kanal suara *surround* secara terpisah ditambah saluran efek *sub-bass*. Berbagai pengkodean digital kecepatan bit rendah digunakan untuk mengirimkan sinyal suara *surround* dengan film-film, antara lain : *Dolby Digital*, *Sony SDDS* dan *Digital Theater Systems (DTS)*.

h. ***Ambiophonic* dan teknik sejenis**

Meskipun suara *surround* tampaknya tidak layak secara komersial selama akhir 1950an dan awal 1960an untuk meningkatkan kualitas suara *surround*, eksperimen dilakukan dengan metode untuk meningkatkan reproduksi dengan memancarkan sinyal dari loudspeaker terpisah. Konsep *Ambiophonic* dikembangkan oleh Keibs dan rekannya pada tahun 1960.

i. Quadraphonic

Suara *quadraphonic* dikenang dengan upaya gagal untuk mengenalkan sistem suara *surround*. Berbagai metode pengkodean memiliki tingkat kompatibilitas yang berbeda satu sama lain dan dengan dua saluran *stereo*, digunakan untuk menyampaikan empat kanal suara *surround* pada media analog dua kanal seperti piringan hitam vinil yang disebut sistem matriks 4-2-4. Sistem suara *quadrophonic* tidak menggunakan saluran tengah, tetapi dikonfigurasi untuk loudspeaker berbentuk persegi, dua di depan dan dua di belakang pendengar.

j. Ambisonics

Suara *ambisonics* dikembangkan pada tahun 1970-an oleh Gerzon, Fellgett dan Barton, dan banyak orang lain yang mempengaruhi perkembangannya baik pada masa awal maupun sesudahnya. Sebagian besar pengembangannya didukung oleh NRDC (*National Research and Development Council*) dan kekayaan intelektual kemudian dikelola oleh British Technology Group yang dialihkan ke perusahaan rekaman Inggris, Nimbus. Upaya tersebut bertujuan sebagai pendekatan komprehensif terhadap reproduksi suara terarah, yang melibatkan sejumlah kanal reproduksi, sebagian didasarkan pada perluasan prinsip Blumlein ke sejumlah kanal yang lebih besar.

Sistem ini dapat diadaptasi untuk berbagai macam pengaturan loudspeaker, termasuk konfigurasi lima kanal standar ITU. Kesulitan pemahaman dan pemasaran sistem *ambisonics* yang seharusnya dapat dilisensikan mengakibatkan sistem *ambisonics* terpuruk di kalangan sekelompok kecil peminat yang masih berharap seluruh dunia dapat menerimanya.

k. *Home cinema* dan standar ITU sistem suara *surround*

Perkembangan format audio baru, antara lain : DVD, dan format suara digital untuk bioskop dan penyiaran *Dolby Digital* dan DTS, telah memberikan kemajuan baru pada sistem suara *surround*. Konsep *home cinema* menunjukkan bahwa makin banyaknya instalasi suara *surround* untuk konsumen rumah tangga. Sistem suara *surround* masuk ke dalam rumah sebagai cara untuk meningkatkan pengalaman menonton film karena banyak orang yang sudah terbiasa dengan suara *surround* di bioskop ingin mengimplementasikannya di rumah.

B. Psikoakustik Audio Spasial

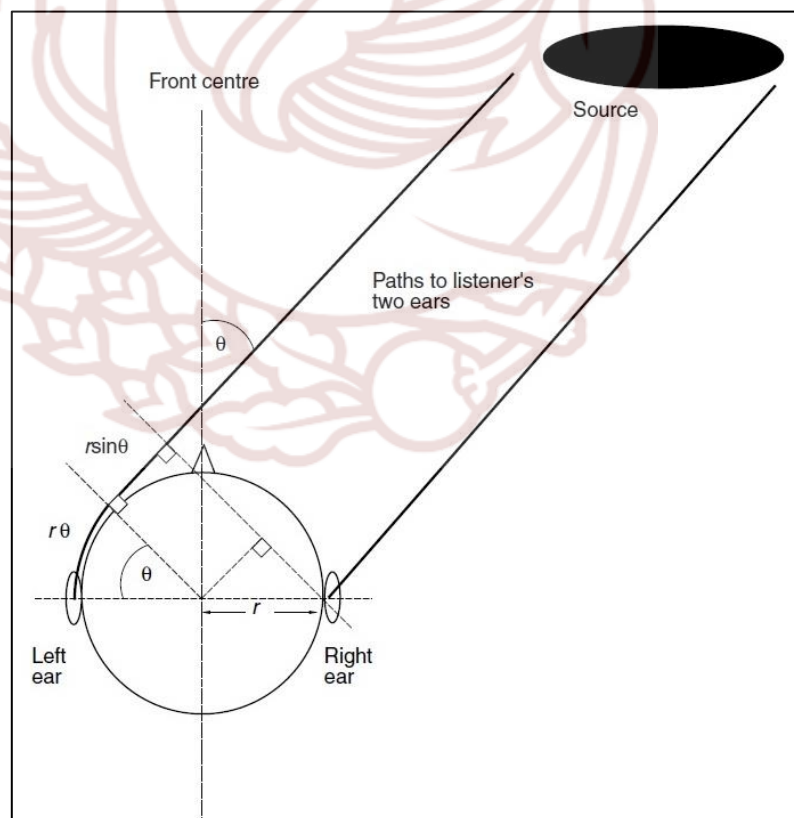
1. Lokalisasi sumber suara

Dua mekanisme yang mendasari persepsi suara terarah adalah sifat sinyal suara dan isyarat lingkungan yang saling bertentangan. Mekanisme ini melibatkan deteksi perbedaan waktu atau fase antara telinga dan perbedaan amplitudo atau spektral antara telinga. Persepsi

spasial bergantung pada pendengar yang memiliki dua telinga dan yang terpenting adalah perbedaan sinyal yang diterima oleh kedua telinga.

a. Waktu

Sumber bunyi yang terletak di luar sumbu 0° (tengah depan) menimbulkan perbedaan waktu antara sinyal yang sampai di telinga pendengar berkaitan dengan sudut datangnya. Sinyal suara meningkat secara maksimal untuk sumber di sisi kepala, dan memungkinkan otak untuk melokalisasi sumber suara ke arah telinga. Waktu tunda maksimum antara kedua telinga adalah sekitar $650 \mu\text{s}$ atau $0,65 \text{ ms}$ yang disebut penundaan binaural.



Gambar 7. Perbedaan waktu penerimaan suara
(Francis Rumsey, Spatial Audio, hal 22)

b. Amplitudo dan spektral

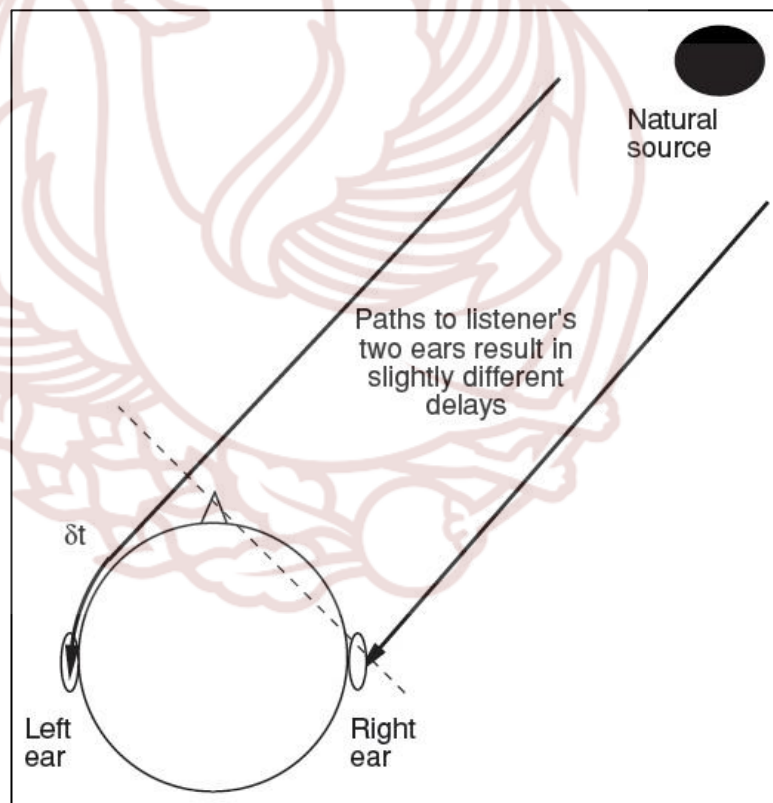
Ukuran kepala manusia menjadi penghalang suara pada frekuensi tinggi tetapi tidak pada frekuensi rendah. Bentuk *pinna* / bagian luar telinga yang terlihat tidak biasa menimbulkan pantulan dan resonansi yang mengubah spektrum suara di gendang telinga tergantung pada sudut datangnya gelombang suara. Pantulan dari bahu dan tubuh juga mengubah spektrum sampai batas tertentu. Isyarat amplitudo terakhir untuk sumber gelombang yang dekat dengan kepala adalah perbedaan level karena jarak ekstra yang ditempuh antara telinga oleh sumber di luar pusat. Sumber yang jaraknya paling normal dari kepala, perbedaan ketinggian ini minimal, karena jarak ekstra yang ditempuh dapat diabaikan.

Biasanya, sumber suara di belakang menimbulkan respons frekuensi tinggi yang berkurang dibandingkan sumber suara yang berada di depan, karena bentuk *pinna* yang agak menghadap ke depan. Blauert telah menemukan bukti dari apa yang disebut 'pita arah' yang merupakan wilayah spektrum frekuensi yang tampak diperkuat atau dilemahkan untuk posisi sumber tertentu pada bidang median. Wilayah sekitar 8 kHz berhubungan erat dengan persepsi di atas kepala, sedangkan wilayah dari 300–600 Hz dan 3000–6000 Hz berhubungan erat dengan persepsi frontal. Wilayah yang berpusat pada sekitar 1200 Hz dan 12000 Hz berkaitan erat dengan persepsi belakang. Isyarat monaural mungkin lebih relevan untuk lokalisasi

pada bidang median di mana terdapat perbedaan minimal antara kedua telinga.

c. **Penundaan *binaural* dan berbagai bentuk efek prioritas**

Terdapat perbedaan antara persepsi spasial yang muncul ketika dua telinga mendeteksi muka gelombang tunggal dari satu sumber dan persepsi yang muncul ketika dua datangnya suara serupa datang dari arah berbeda dan terdeteksi oleh kedua telinga.



Gambar 8. Persepsi spasial berdasarkan perbedaan *delay*
(Francis Rumsey, Spatial Audio, hal 27)

Dalam hal reproduksi suara, yang pertama dapat ditemui dalam konteks presentasi *headphone* di mana posisi sumber suara

dapat disiratkan dengan menggunakan penundaan antara sinyal telinga dalam penundaan interaural sekitar 0,65 ms. Headphone memungkinkan kedua telinga dirangsang secara independen satu sama lain.

Dalam mendengarkan loudspeaker, efek prioritas biasanya lebih relevan. Efek prioritas terutama merupakan fitur suara sementara daripada suara terus menerus. Biasanya terdapat setidaknya dua sumber suara di tempat berbeda, yang memancarkan versi berbeda dari suara yang sama, dengan waktu atau amplitudo untuk memberikan informasi arah. Kedua telinga mendengar semua loudspeaker dan otak cenderung melokalisasi berdasarkan penundaan interaural yang timbul dari muka gelombang yang datang paling awal, sumbernya tampak datang dari arah yang mendekati sinyal yang datang paling awal.

d. Intensitas waktu berdasarkan lokalisasi reproduksi suara

Perbedaan waktu dan intensitas antara kedua telinga dapat dipertukarkan satu sama lain untuk mendapatkan efek arah yang dirasakan serupa. Sejumlah peneliti telah menyelidiki masalah ini dan menghasilkan nilai berbeda untuk jumlah perbedaan tingkat dB yang dapat digunakan untuk mengkompensasi perbedaan waktu sejumlah mikrodetik dalam penundaan binaural.

e. Dampak refleksi

Tingkat dan amplitudo refleksi yang timbul dari sumber di ruang mendengarkan juga mempengaruhi persepsi spasial secara signifikan. Refleksi pada periode waktu awal setelah suara langsung hingga 50–80 ms biasanya mempunyai efek memperluas atau memperdalam atribut spasial suatu sumber suara.

f. Interaksi antara pendengaran dan indera lainnya

Beberapa isyarat spasial dipengaruhi oleh informasi yang disajikan oleh indra lain, khususnya penglihatan. Pengalaman yang dipelajari mengarahkan otak untuk mengharapkan isyarat tertentu yang menunjukkan kondisi spasial tertentu, dan jika hal ini bertentangan maka menimbulkan kebingungan. Sebuah hal yang wajar apabila sangat bergantung pada indra visual untuk mendapatkan informasi tentang peristiwa berkaitan dengan penglihatan, dan menarik untuk dicatat bahwa kebanyakan orang, ketika memutar rekaman binaural dari adegan suara tanpa disertai informasi visual atau bentuk pelacakan kepala apa pun, akan melokalisasi objek tersebut.

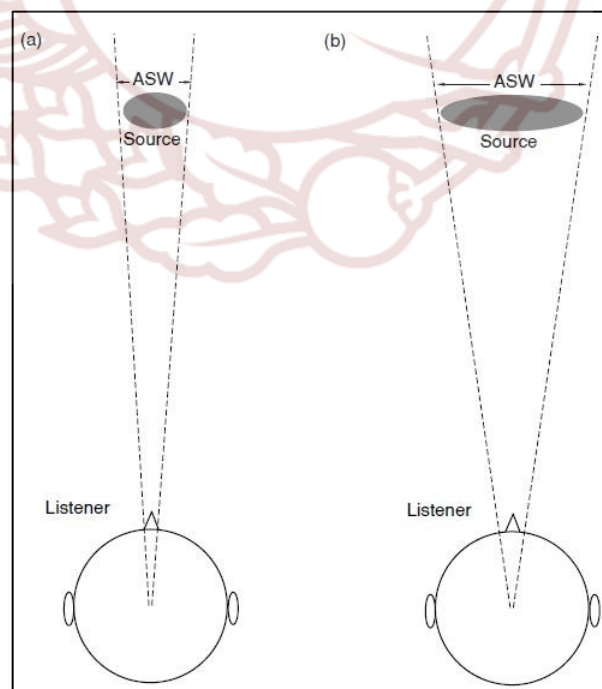
2. Persepsi jarak dan kedalaman

Kemampuan melihat jarak dan kedalaman gambar suara sangat penting untuk menilai kualitas suara. Jarak berkaitan dengan seberapa jauh jarak suatu sumber, sedangkan kedalaman dapat menggambarkan

keseluruhan jarak depan-belakang suatu pemandangan dan kesan perspektif yang muncul. Faktor berpengaruh terhadap persepsi jarak, tergantung apakah berada di lingkungan yang reflektif / mati. Persepsi jarak, dengan menggunakan indera pendengaran, sangat tidak dapat diandalkan di lingkungan non reflektif. Sebaliknya, dalam lingkungan reflektif, terdapat informasi tambahan penting yang tersedia di otak.

3. *Auditory source width (ASW)*

ASW / lebar sumber suara yang tampak dipengaruhi oleh seberapa besar ruang yang ditempati oleh sumber suara dari sudut pandang suara. Energi pantulan awal dalam suatu ruang hingga sekitar 80 ms mengubah ASW suatu sumber suara dengan sedikit memperluasnya, bergantung pada besaran dan waktu tunda pantulan awal.



Gambar 9. Perbandingan ASW sempit (a) dan lebar (b)
(Francis Rumsey, Spatial Audio, hal 36)

Eksperimen di ruang konser menunjukkan bahwa subjek lebih menyukai jumlah ASW yang lebih besar, namun tidak jelas berapa tingkat ASW yang optimal. ASW berhubungan dengan pengukuran binaural yang dikenal sebagai korelasi silang interaural, yang mengukur tingkat kesamaan antara sinyal di kedua telinga. ASW kurang relevan jika berada dalam akustik ruangan kecil.

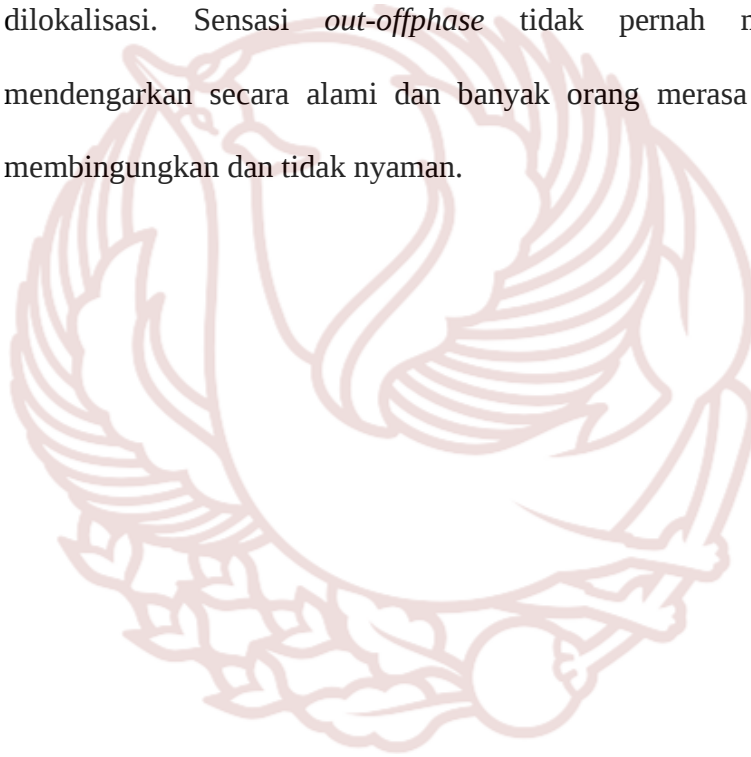
4. Selubung dan kelapangan

Selubung dan kelapangan yang juga diistilahkan kesan ruangan, semakin sering muncul ketika menggambarkan sifat spasial dari sistem reproduksi suara. Hal tersebut terutama berkaitan dengan kesan spasial lingkungan, dan sebagian besar merupakan hasil dari pantulan suara. Hampir pasti suara yang dipantulkan terlambat khususnya pantulan lateral setelah sekitar 80 ms. Telah diketahui bahwa orang-orang juga mendeskripsikan selubung dan kelapangan adalah hal yang berhubungan langsung dengan sumber daripada lingkungan. Keluasan paling sering digunakan untuk mendeskripsikan kesan ruang terbuka atau 'ruangan' di mana subjek berada, biasanya sebagai akibat dari beberapa sumber suara seperti alat musik yang dimainkan di ruang tersebut.

5. Kealamian

Mayoritas isyarat spasial yang diterima dalam lingkungan suara yang direproduksi serupa dengan yang diterima di lingkungan alami, meskipun besaran dan sifatnya sedikit berubah. Hal khusus terkait

dengan reproduksi suara, yang jarang atau tidak pernah ditemui di lingkungan alami adalah fenomena keluar fase dari dua sumber suara seperti loudspeaker atau headphone berosilasi tepat 180° di luar fase satu sama lain dari inversi polaritas di suatu tempat dalam sinyal. Hal tersebut menciptakan sensasi tidak nyaman dengan rasa kelapangan yang kuat namun agak tidak wajar, dan membuat sumber bayangan sulit dilokalisasi. Sensasi *out-of-phase* tidak pernah muncul dalam mendengarkan secara alami dan banyak orang merasa hal ini cukup membingungkan dan tidak nyaman.



BAB III

ASPEK TEKNIS AUDIO SPASIAL

A. Sistem Monitor Audio Spasial

1. Pengenalan ruang dengar akustik

Secara umum meskipun ruang dengar tidak boleh terlalu mempengaruhi kemampuan teknisi suara untuk memantau rekaman, ruang dengar juga tidak boleh sepenuhnya *anechoic* (ruang bebas tanpa pantulan). Meskipun lingkungan dengar yang terbaik adalah ketika seseorang mendengar suara langsung dari loudspeaker dan bukan dari yang lain, hal ini tidak diinginkan dan tidak praktis.

a. Pengendalian refleksi

Sejumlah pendekatan terhadap desain lingkungan monitor telah diusulkan, banyak yang menganut prinsip bahwa refleksi awal yang tiba pada posisi mendengarkan dalam waktu sekitar 15-20 ms setelah suara langsung dari loudspeaker harus diminimalkan untuk menghindari pencitraan spasial dan modifikasi timbral yang dapat timbul dari interaksi persepsi suara langsung dan pantulan suara.

Efek refleksi ini sangat bergantung pada sifat sinyal, arah dan efek refleksi. Refleksi ruangan yang disimulasikan jelas memiliki efek spasial di atas tingkat tertentu. Sinyal sementara membuatnya lebih mudah untuk mendeteksi pantulan dibandingkan sinyal yang lebih kontinyu seperti kebisingan dan musik. Untuk ucapan, pantulan

dalam 20 ms pertama atau lebih akan terdengar ketika berada di atas -15 dB dibandingkan dengan suara langsung, sedangkan sinyal musik dan kebisingan pada umumnya menunjukkan ambang batas deteksi sekitar -20 dB atau lebih rendah. Simulasi refleksi paling mudah dideteksi di ruang *anechoic*.

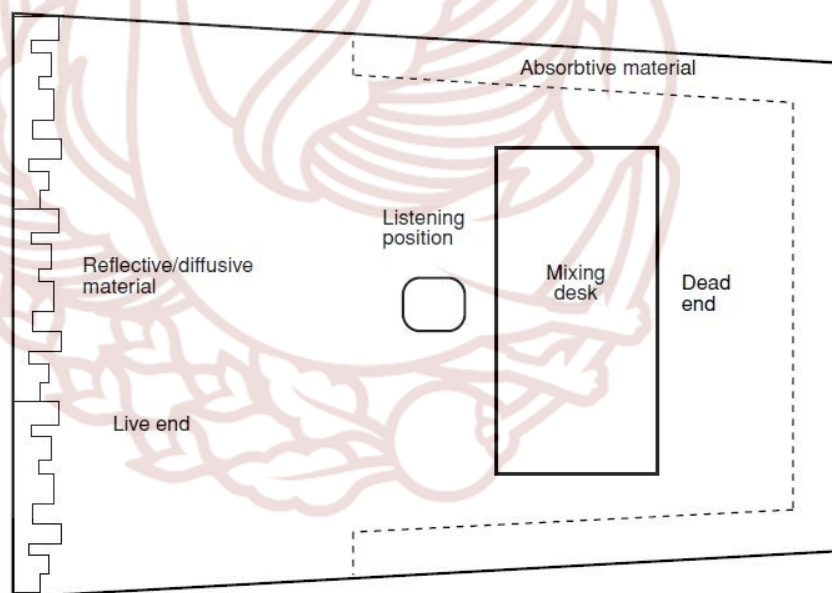
b. Interaksi frekuensi rendah antara loudspeaker dan ruangan

Pada frekuensi rendah respon ruangan yang mengandung pantulan didominasi oleh mode ruangan. Pola statis tekanan maksimum dan minimum didistribusikan ke seluruh ruangan, dihasilkan dari jalur refleksi akustik yang berhubungan langsung dengan panjang gelombang suara. Pada frekuensi rendah, loudspeaker di dalam ruangan dirasakan melalui penggandengannya dengan mode ruangan dan posisi fisik speaker dalam kaitannya dengan pola tekanan mode menentukan sejauh mana penggandengan ini terjadi. Jika loudspeaker ditempatkan pada tekanan minimum maka loudspeaker akan berpasangan lemah sedangkan loudspeaker akan berpasangan kuat ketika ditempatkan pada tekanan maksimum. Hal tersebut berpengaruh besar terhadap respons frekuensi yang dirasakan loudspeaker di dalam ruangan.

c. Ruang monitor *mixing stereo*

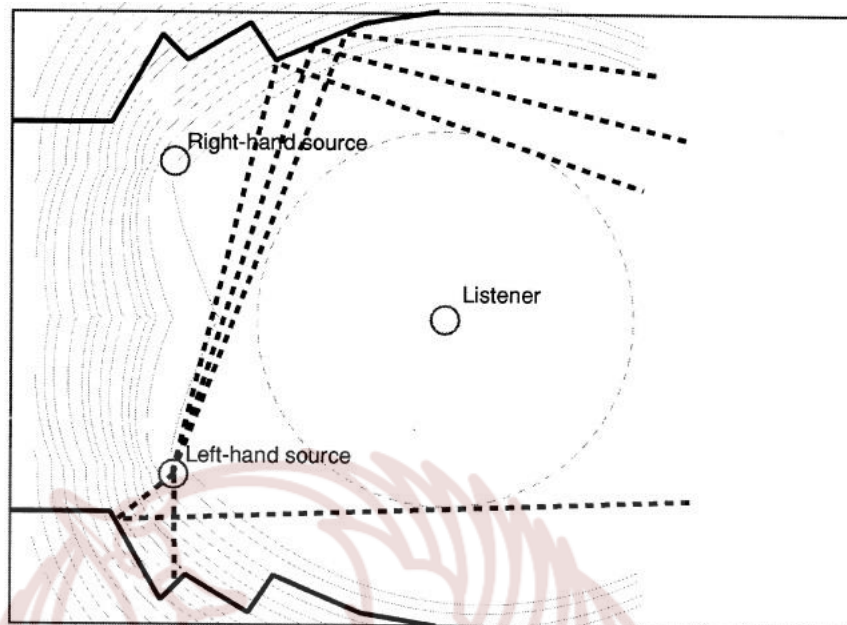
Sistem monitor *stereo* (dua kanal) di studio biasanya dipasang di batas ruangan di kedua sisi jendela ruang kontrol atau

berdiri bebas di belakang konsol *mixing*. Monitor jarak dekat juga sering digunakan dan dipasang pada konsol *mixing* untuk memberikan bentuk pendengaran alternatif yang tidak terlalu terpengaruh oleh akustik ruangan. Desain LEDE (*live-end-dead-end*) digunakan cukup luas, dimana area sekitar bagian depan ruangan diberi bahan penyerap untuk meminimalkan pantulan awal dari depan, langit-langit dan samping, sedangkan bagian belakang ruangan lebih reflektif dan menggunakan *diffuser* untuk kemudian menciptakan gaung menyebar di sekitar posisi ruang dengar.



Gambar 10. Desain LEDE
(Francis Rumsey, Spatial Audio, hal 125)

Ujicoba yang dilakukan berikutnya oleh Bob Walker dari BBC bersama Don dan Chips Davis adalah desain zona bebas pantulan, di mana area di sekitar loudspeaker bersifat reflektif, yang dibentuk sedemikian rupa untuk mengarahkan pantulan.



Gambar 11. Desain zona bebas pantulan
(Francis Rumsey, Spatial Audio, hal 125)

Beberapa pantulan pertama yang biasanya paling kuat menjauhi posisi ruang dengar dan menuju bagian belakang ruangan, menciptakan periode waktu di mana respon pada posisi ruang dengar mendekati *anechoic*.

d. Ruang monitor *mixing stereo* dan *surround*

Pendapat mengenai ruangan untuk monitor *surround* harus memiliki distribusi bahan penyerap dan penyebaran yang merata sehingga loudspeaker belakang berfungsi dalam lingkungan akustik serupa dengan loudspeaker depan. Kesulitan muncul jika membuat ruangan monitor *mixing stereo* (dua kanal) dan *surround* (multi kanal) secara bersamaan karena keduanya memiliki karakter yang berbeda. Ruang monitor *mixing surround*, memerlukan ruangan

yang cukup luas untuk menampung loudspeaker *surround* di tempat yang tepat, dan untuk mendistribusikan penyerapan dan difusi akustik secara merata.

2. Loudspeaker sistem suara *surround* : penempatan dan pengarahannya

Perdebatan mengenai jenis dan penempatan loudspeaker untuk monitor suara *surround* disebabkan adanya masalah yang dihadapi ketika mencoba memasang monitor *surround* di ruangan *stereo*, dan karakteristik pengarahannya yang diperlukan dari loudspeaker *surround*.

a. Loudspeaker yang dipasang rata dan berdiri bebas

Pemasangan loudspeaker monitor di studio umumnya dipasang rata dengan dinding depan hal tersebut bertujuan untuk menghindari pantulan suara yang terjadi pada loudspeaker yang berdiri bebas dari dinding di belakang loudspeaker, yang menyebabkan tingkat *cancellation* pada frekuensi yang jaraknya sama dengan seperempat panjang gelombang yang dipancarkan.

Penggunaan pengaturan monitor kanal 5.1, dengan manajemen bass dan *crossover* yang tepat dapat memperbaiki masalah loudspeaker yang berdiri sendiri. Karena *subwoofer* dapat digunakan untuk menangani frekuensi di bawah 80–120 Hz dan dapat ditempatkan di sudut atau dekat dinding sehingga masalah *cancellation* dapat diminimalkan. Rentang frekuensi rendah dari loudspeaker utama kemudian dapat dibatasi sehingga tingkat *cancellation* yang disebutkan terjadi di bawah frekuensi *cut-off*nya.

b. Loudspeaker depan pada umumnya

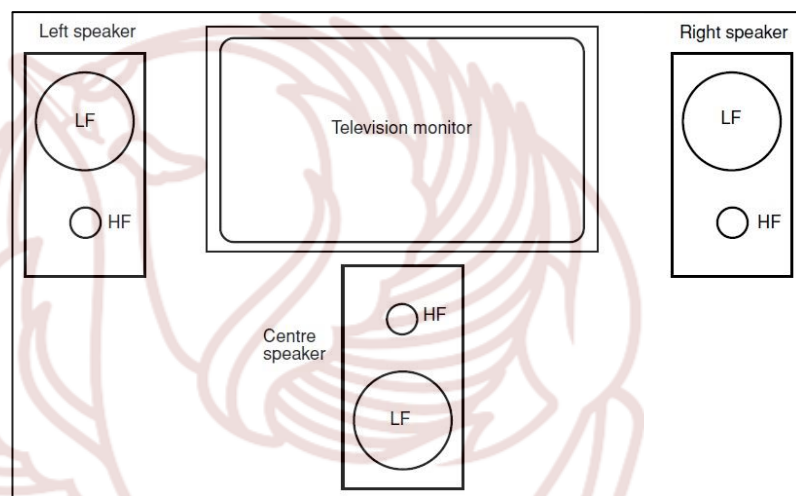
Loudspeaker depan bisa serupa dengan yang digunakan untuk stereo (dua kanal) yang disarankan indeks pengarahannya loudspeaker depan di ruangan kecil sebaiknya berada antara 6 dan 10 dB dari 250 Hz hingga 16 kHz. Pengarahan rendah untuk loudspeaker depan diperlukan ketika mencoba meniru efek situasi *mixing* film di ruang kontrol *surround* yang lebih kecil. *Mixing* suara pada film umumnya ingin mendengarkan apa yang akan didengar oleh penonton auditorium dalam jumlah besar, dan berada jauh dari loudspeaker dibandingkan untuk mendengarkan di dalam ruangan kecil atau pencampuran musik konvensional.

c. Perlakuan terhadap loudspeaker tengah

Salah satu masalah utama yang dihadapi dengan monitor *surround* adalah penempatan loudspeaker tengah di ruang *mixing*. Idealnya, jenis atau kualitasnya harus sama dengan saluran lainnya dan ini dapat membuat speaker tersebut menjadi cukup besar. Pengaturan *surround* 5.1 terdapat kecenderungan yang meningkat untuk menggunakan monitor yang lebih kecil yang memenuhi lima kanal utama dibandingkan dengan pengaturan dua kanal, menangani *bass* rendah melalui satu atau dua *subwoofer*.

Loudspeaker tengah harus berada pada busur yang sama dengan yang membatasi posisi loudspeaker lainnya. Jika speaker

tengah lebih dekat daripada kanal kiri atau kanan, maka speaker tersebut harus ditunda sedikit untuk mengembalikannya ke tempat yang benar secara akustik. Kehadiran layar monitor juga menimbulkan kesulitan pada letak pusat loudspeaker. Ketinggian layar monitor hampir selalu membuat persyaratan ketinggian dan kemiringan loudspeaker tidak dapat dipenuhi.



Gambar 12. Penempatan loudspeaker tengah dengan layar monitor
(Francis Rumsey, Spatial Audio, hal 140)

d. **Loudspeaker Surround**

Rekomendasi standar untuk pengaturan profesional disarankan bahwa loudspeaker *surround* harus memiliki kualitas yang sama dengan loudspeaker depan untuk memastikan tingkat kompatibilitas antar sistem. suara konvensional dapat dipasang rata dengan permukaan. Banyak hal bergantung pada penerapannya, karena *mikxing* suara film memiliki persyaratan yang agak berbeda dengan beberapa *mixing* lainnya, dan ditujukan untuk auditorium besar.

e. Subwoofer

Permasalahan interaksi frekuensi rendah antara loudspeaker dan ruangan mempunyai pengaruh besar pada penempatan *subwoofer* atau loudspeaker frekuensi rendah di ruang dengar. Pemilihan lokasi optimal untuk *subwoofer* adalah dengan menempatkan loudspeaker di sudut yang cenderung menghasilkan peningkatan *bass* dan berpasangan dengan baik dengan sebagian besar mode ruangan. Beberapa *subwoofer* dirancang khusus untuk penempatan di lokasi tertentu sedangkan *subwoofer* lainnya perlu dipindahkan hingga diperoleh hasil yang paling memuaskan secara subjektif. Bell berpendapat jika menggunakan dua *subwoofer* maka *subwoofer* tersebut harus ditempatkan secara simetris, dan mendistribusikan sebagian informasi <120 Hz ke rangkaian loudspeaker utama.

B. Teknik Perekaman Audio Spasial

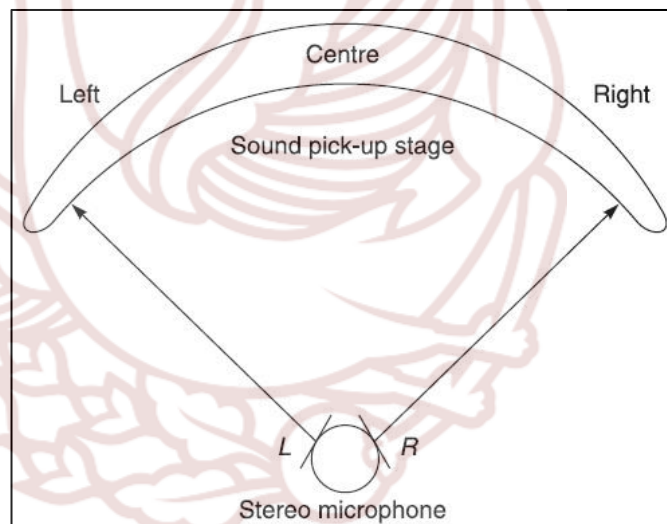
1. Teknik Perekaman 2 dan 3 Kanal

a. Teknik perekaman 2 kanal

Teknik dasar mikrofon dua kanal merupakan dasar teknik perekaman spasial. Penempatan titik mikrofon yang digeser pada tahap selanjutnya di-*mixing* ke dalam gambar *stereo* dasar yang dibuat dengan teknik tersebut.

1) Prinsip *coincident pair*

Penggunaan mikrofon *stereo* yang dapat diubah sudut arah tangkapannya dapat dilakukan dalam berbagai konfigurasi rekaman yang berbeda. Mikrofon dapat dioperasikan dalam mode LR (XY) atau MS. Pola arah tangkapan suara dari kedua mikrofon tidak harus berbentuk angka delapan, meskipun dalam mode MS. Penggunaan mikrofon *stereo* dipasang secara vertikal terhadap sumber suara yang dapat dilakukan dengan mengatur sudut mikrofon.



Gambar 13. Tangkapan mikrofon *stereo* secara vertikal
(Francis Rumsey, Spatial Audio, hal 156)

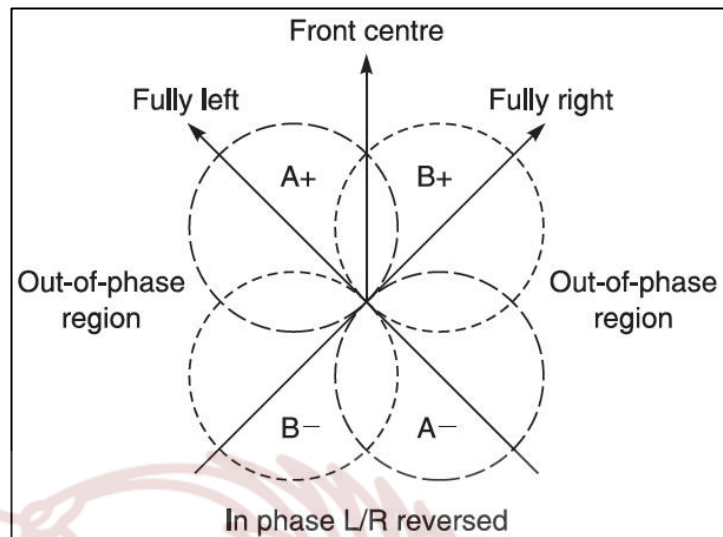
Penggunaan mikrofon *stereo* dengan sudut 90° menghasilkan penerimaan suara yang baik antara sudut sumber sebenarnya dan posisi nyata gambar virtual ketika direproduksi pada loudspeaker, tetapi juga memiliki kelemahan yakni adanya gaung yang tertangkap.

2) Pemrosesan MS pada *coincident pairs*

Mikrofon stereo dibuat khusus beroperasi dalam mode MS, dimungkinkan untuk mengambil pasangan yang mampu membuat setidaknya satu sudut dialihkan ke angka delapan, dan mengorientasikannya sehingga menghasilkan sinyal yang sesuai. Komponen S yang merupakan selisih antara sinyal kiri dan kanan selalu berbentuk angka delapan yang menghadap ke samping dengan lobus positifnya menghadap ke kiri. Komponen M (tengah) dapat berupa pola kutub apa pun yang menghadap ke tengah-depan, meskipun pilihan pola M bergantung pada pasangan ekuivalen yang diinginkan, dan akan menjadi sinyal yang akan didengar oleh pendengar mono.

Mikrofon MS yang sebenarnya biasanya dilengkapi dengan kotak kontrol yang membuat matriks sinyal MS ke format LR jika diperlukan. Kontrol untuk memvariasikan penguatan S sering kali disediakan sebagai cara untuk memvariasikan sudut penerimaan efektif antara pasangan LR yang setara.

Sinyal MS tidak cocok untuk monitor suara *stereo* secara langsung, sinyal tersebut merupakan komponen penjumlahan dan perbedaan dan harus dikonversi ke format loudspeaker konvensional pada titik yang sesuai dalam rantai produksi.



Gambar 14. Konfigurasi MS pada mikrofon *stereo*
(Francis Rumsey, *Spatial Audio*, hal 162)

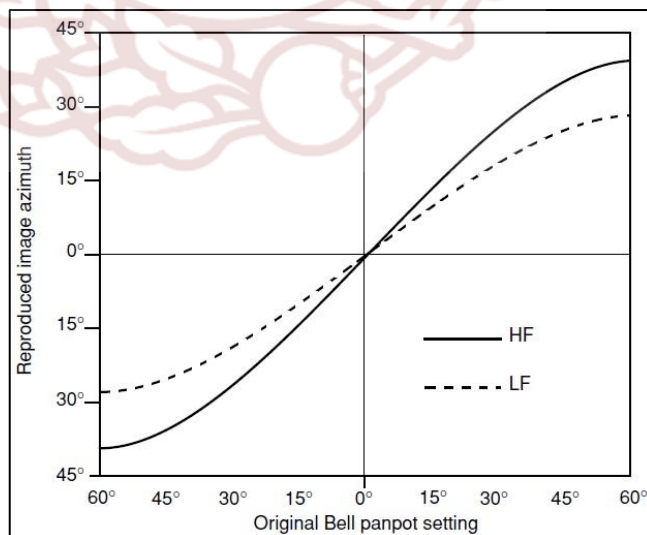
Keuntungan menyimpan sinyal dalam format MS hingga perlu dikonversi akan dibahas di bawah, namun keuntungan utama dalam format MS adalah sinyal pusat akan berada pada sumbu kapsul M, sehingga menghasilkan frekuensi terbaik. tanggapan. Selain itu, mikrofon MS dapat dioperasikan dengan cara yang mirip dengan mikrofon mono, yang mungkin berguna dalam pengoperasian televisi di mana mikrofon MS menggantikan mikrofon mono di tiang atau di *boom*.

b. Teknik perekaman 3 kanal

Perluasan teknik perekaman 2 kanal menjadi 3 kanal depan merupakan cara dalam memperoleh sinyal untuk saluran depan campuran suara *surround*.

1) Hukum *panning* 3 kanal

Kehadiran speaker tengah mengubah hukum *panning* dan hubungan sinyal antar kanal yang diperlukan untuk pencitraan bayangan yang akurat. Gerzon membandingkan hukum *panning* tiga kanal Bell Labs dengan hukum *panning* psikoakustik yang akan mengoptimalkan fase interaural untuk lokalisasi pada frekuensi rendah. Hukum Gerzon mengandung beberapa komponen antifase, sehingga sinyal yang digeser ke kanan tengah menimbulkan komponen negatif kecil di speaker kiri, dan sebaliknya. Hukum Bell menggunakan semua komponen positif yang menunjukkan bagaimana hukum Bell memunculkan lokalisasi H, namun tidak sama dengan lokalisasi LF dan bisa menjadi tidak stabil, terutama untuk pendengar di luar kanal tengah.



Gambar 15. Lokalisasi LF dan HF dengan hukum *panning* 3 kanal (Francis Rumsey, Spatial Audio, hal 179)

2) Teknik mikrofon tiga kanal

Teknik mikrofon ruang berbasis mikrofon omnidireksional dapat dengan mudah diperluas menjadi tiga kanal, karena lebih mudah dilakukan pada efek prioritas beberapa sumber suara dalam reproduksi suara. Jika kanal diperlakukan sebagai sumber suara tersendiri maka prinsip efek prioritas dapat diperluas ke tiga sumber yang memancarkan sinyal yang sama dengan *delay* yang berbeda.

Terkait rangkaian mikrofon *surround*, perlu diperhatikan bahwa sebagian besar eksperimen teoritis mengenai efek *delay* antara beberapa kanal cenderung memperlakukan mikrofon maupun loudspeaker secara berpasangan, sedangkan pada rangkaian multi-mikrofon suatu sumber pada posisi tertentu akan menimbulkan sinyal dari semua kanal dengan *delay* yang berbeda-beda.

Dampak implementasi tersebut menimbulkan konflik suara bayangan antara sepasang mikrofon, misal satu antara tengah dan kiri, satu lagi antara tengah dan kanan, dan satu lagi antara kiri dan kanan. Hal tersebut tidak mungkin terjadi dalam praktiknya, karena efek prioritas mengambil alih dan proses pendengaran cenderung memadukan suara dan menetapkannya ke satu arah tergantung pada *delay* dan perbedaan level yang

terjadi. Fokus atau penyebaran suara dapat bervariasi tergantung pada output dari loudspeaker yang berbeda.

Teknik mikrofon untuk reproduksi tiga kanal di depan agak lebih bermasalah daripada teknik ruang karena pola kutub yang diperlukan untuk mencapai sesuatu yang mendekati hubungan sinyal yang benar di telinga pendengar untuk lokalisasi sumber yang optimal yang tidak standar.

3) ***Stereo + C***

Stereo + C (*Stereo plus C*) mengacu pada teknik perekaman depan tiga kanal yang pada dasarnya sama dengan teknik dua kanal tetapi dengan penambahan komponen kanal tengah tingkat rendah menggunakan mikrofon secara terpisah untuk memperkuat suara untuk menghasilkan sinyal loudspeaker pada kanal tengah. Teknik tersebut memiliki keuntungan karena lebih mudah digunakan.

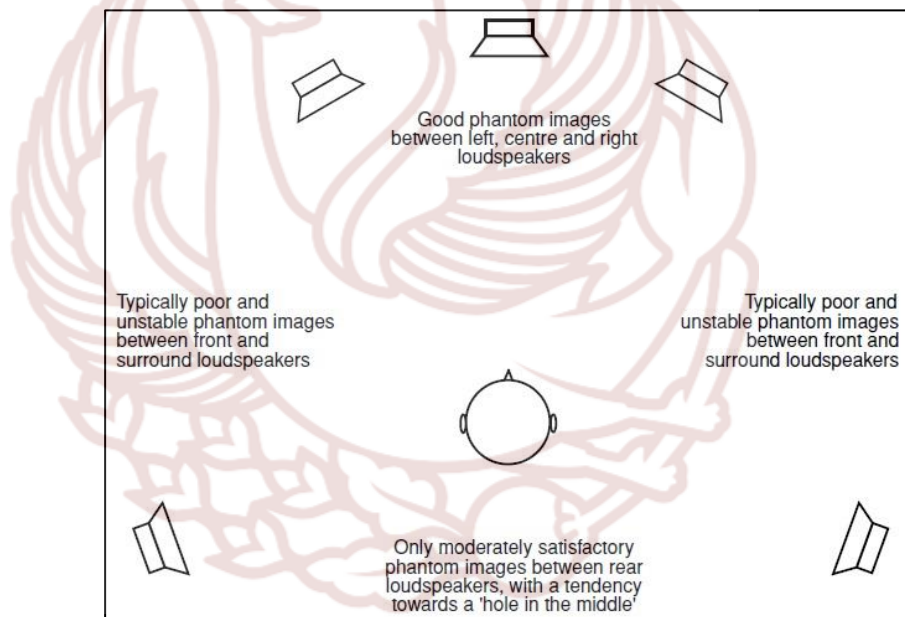
C. Teknik Perekaman sistem suara *surround*

a. Teknik mikrofon sistem suara *surround*

1) Prinsip teknik mikrofon suara *surround*

Teknik mikrofon suara *surround* cenderung terbagi menjadi dua kelompok utama, yakni : pertama, teknik yang didasarkan pada rangkaian mikrofon tunggal yang jaraknya cukup dekat satu sama lain yang menghasilkan suara bayangan dengan tingkat akurasi

berbeda sekitar 360° penuh pada bidang horizontal. Teknik kedua, teknik yang memperlakukan kanal depan dan belakang secara terpisah biasanya memiliki susunan depan yang memberikan suara bayangan yang cukup akurat di depan, ditambah dengan sarana terpisah untuk menangkap suara sekitar dari ruang rekaman untuk disalurkan ke semua kanal dalam tingkatan yang berbeda-beda. Teknik tersebut sebenarnya merupakan teknik 5 kanal, bukan teknik saluran 5.1.



Gambar 16. Sistem *surround* 5 kanal
(Francis Rumsey, *Spatial Audio*, hal 190)

Perbedaan amplitudo atau waktu sederhana antara pasangan samping loudspeaker : L dan LS atau R dan RS tidak mampu menghasilkan perbedaan yang sesuai antara telinga pendengar yang menghadap ke depan untuk menghasilkan gambar yang stabil,

meskipun telah ditemukan bahwa perbedaan amplitudo memberikan hasil yang sedikit lebih stabil daripada perbedaan waktu.

Teknik *panning* dan mikrofon *ambisonic* dapat digunakan untuk menghasilkan sinyal yang sesuai untuk pencitraan 360°, namun umumnya hanya untuk rentang posisi mendengarkan yang terbatas dan paling baik dengan susunan speaker persegi atau persegi panjang. Penggunaan rangkaian loudspeaker 5.1 menyulitkan mendapatkan hasil yang baik di bagian samping dan belakang.

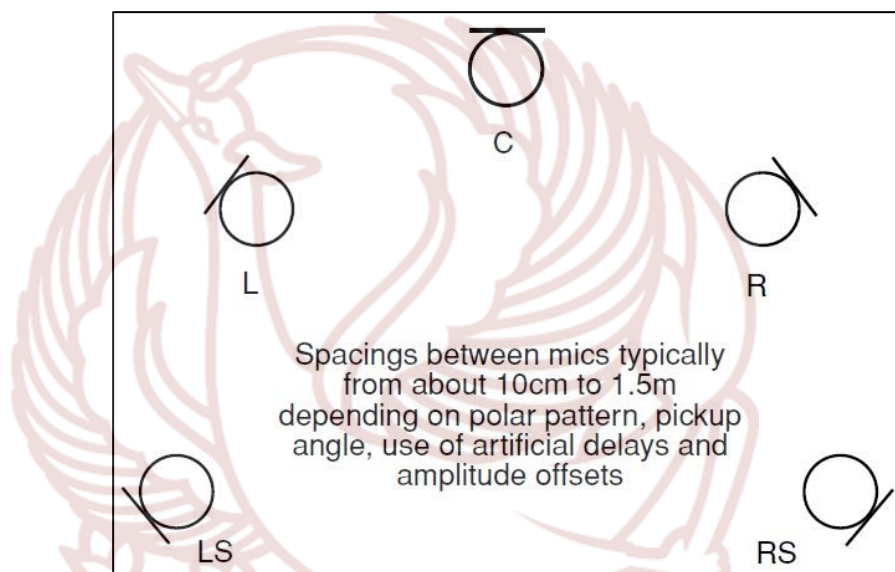
Susunan mikrofon 5 kanal menghasilkan beberapa output ke lima kanal, dengan mengabaikan di mana sumbernya, yang harus dipertimbangkan adalah perbedaan antara sinyal dari kelima loudspeaker. Suara *surround* menciptakan kesan sensasi pendengaran yang jauh lebih luas dibandingkan *stereo* dua kanal.

2) Rangkaian mikrofon lima kanal

Banyaknya ketertarikan pada perekaman 5 kanal telah berkembang menghasilkan sejumlah varian yang menggunakan mikrofon dengan jarak yang cukup dekat dengan menggunakan *cardioid* yang dikonfigurasi dalam susunan 5 titik. Susunan tersebut bertujuan untuk memperbanyak intensitas waktu berpasangan, biasanya dilakukan dengan menggunakan mikrofon yang berdekatan secara berpasangan meliputi bagian tertentu dari sudut perekaman.

Penggunaan mikrofon *cardioid* cenderung lebih disukai karena peningkatan *pickup direct-to-reverberant* yang mereka

tawarkan, dan perbedaan level antarsaluran yang diciptakan untuk jarak dan sudut yang relatif sederhana, memungkinkan susunannya dipasang pada satu bagian logam. Mikrofon tengah biasanya ditempatkan sedikit di depan mikrofon L dan R sehingga memberikan kemajuan waktu yang berguna di kanal tengah untuk sumber depan tengah.



Gambar 17. Rangkaian mikrofon 5 kanal
(Francis Rumsey, Spatial Audio, hal 191)

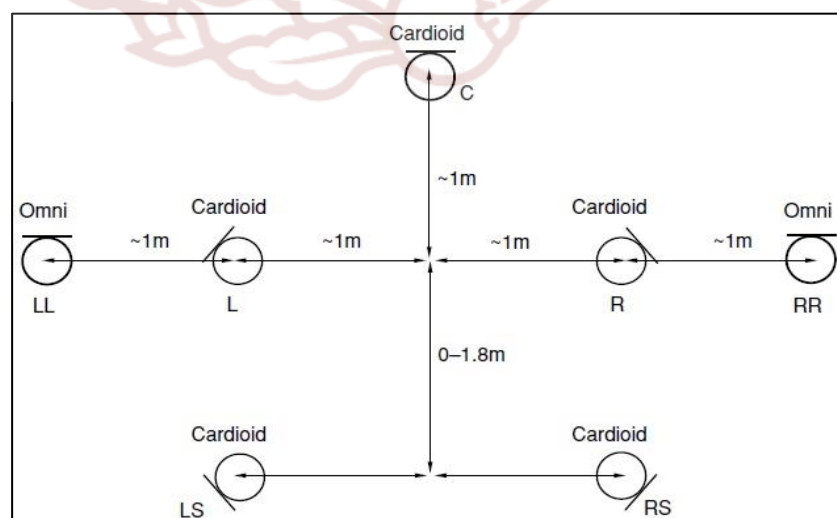
Upaya agar setiap pasang mikrofon tidak tumpang tindih dengan sektor lainnya, waktu dan penguatan diterapkan antar kanal, dengan menggunakan perubahan posisi mikrofon atau menggunakan rangkaian elektronik maupun kombinasi keduanya.

3) Perlakuan terpisah terhadap pencitraan depan dan *ambient*

Pendekatan alternatif terhadap cakupan mikrofon untuk sistem *surround* 5.1 dengan melakukan pencitraan *stereo* sinyal pada

kanal depan secara terpisah dari penangkapan komponen gema dan refleksi spasial yang terdengar alami. Sebagian besar mengadopsi varian tiga kanal pada teknik dua kanal konvensional untuk kanal depan. Sistem tersebut dioptimalkan pada suara yang lebih langsung dari pada rangkaian dua kanal dengan kombinasi yang kurang lebih terkait mikrofon di lokasi berbeda untuk menangkap suasana spasial yang diumpankan hanya ke sekeliling, terkadang ke depan dan sekeliling. Mikrofon depan juga berkontribusi pada penangkapan suasana spasial, tergantung pada proporsi suara langsung dan suara yang dipantulkan, mikrofon depan dan belakang tidak sengaja dikonfigurasi sebagai upaya pada rangkaian pencitraan 360° .

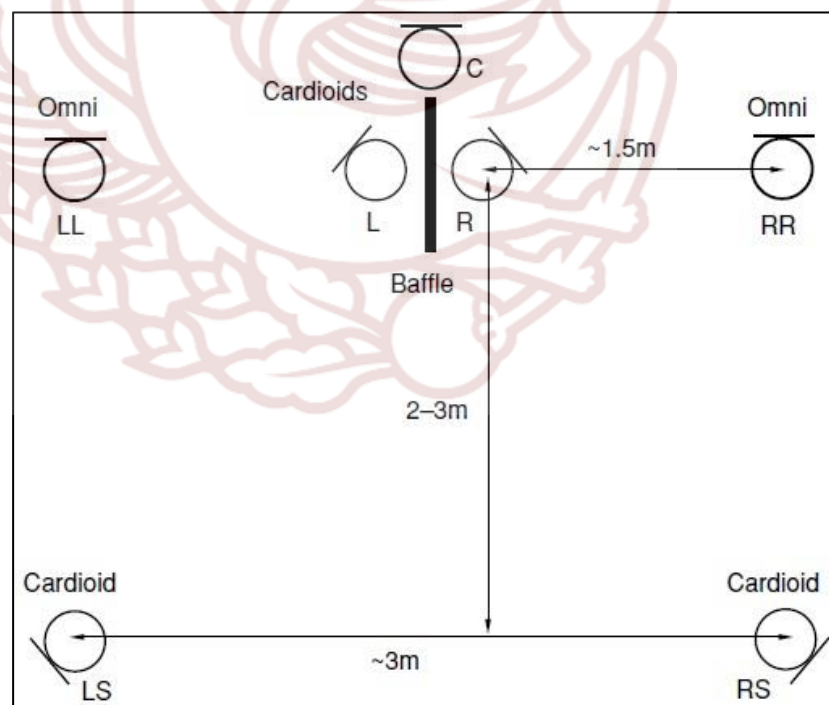
Teknik *Fukada Tree* melakukan teknik perekaman suara sekitar secara terpisah dari sinyal depan yang lebih banyak menggunakan *cardioid*. Tujuannya untuk mengurangi jumlah pantulan suara yang ditangkap oleh mikrofon depan.



Gambar 18. Teknik *surround* Fukada Tree
(Francis Rumsey, Spatial Audio, hal 196)

Penggunaan mikrofon omni juga ditambahkan biasanya digeser antara L–LS dan R–RS, untuk mengintegrasikan elemen depan dan belakang. Mikrofon belakang juga menggunakan cardioid. Jaraknya lebih jauh ke belakang dibandingkan mikrofon depan sekitar 2 meter

Teknik perekaman oleh Hamasaki dari NHK menggunakan perekaman menggunakan *cardioid* yang hampir bertepatan (30 cm) yang dipisahkan oleh sebuah penyekat, *cardioid* tengah ditempatkan sedikit ke depan dari kiri dan kanan, dan omni diberi jarak sekitar 3m.



Gambar 19. Teknik *surround* Hamasaki
(Francis Rumsey, *Spatial Audio*, hal 198)

Mikrofon omni difilter *low-pass* pada 250 Hz dan dicampur dengan sinyal depan kiri dan kanan untuk meningkatkan kualitas suara LF. *Cardioid* sekeliling kiri dan kanan diberi jarak sekitar 2–3 m di belakang *cardioid* depan dan berjarak 3 m. Susunan *ambient* digunakan lebih jauh ke belakang, terdiri dari empat mikrofon berbentuk angka delapan yang menghadap ke samping, berjarak sekitar 1 m, untuk menangkap pantulan, yang diumpankan ke empat kanal luar yang ditempatkan tinggi di ruang rekaman.

b. Teknik *panning* multi kanal

Penggeseran sinyal antara lebih dari dua buah loudspeaker menimbulkan sejumlah masalah psikoakustik, khususnya berkaitan dengan distribusi sinyal yang tepat, keakuratan lokalisasi sumber bayangan, pendengaran di luar pusat, dan timbre suara. Hukum *panpot* diterapkan untuk mengambil suara monofonik, dan memberikan setiap penguatan amplitudo, satu untuk setiap loudspeaker, bergantung pada lokalisasi arah ilusi yang diinginkan dari suara tersebut, sehingga suara yang direproduksi menghasilkan ilusi bayangan yang baik.

c. *Upmixing* dan *downmixing*

Upmixing (*up conversion*) dan *downmixing* (*down conversion*) merupakan istilah yang sering digunakan untuk menggambarkan proses dimana satu format stereo diubah ke format lain, baik dari sejumlah kecil kanal ke jumlah yang lebih besar atau sebaliknya. Hal yang paling sering

digunakan saat ini adalah kebutuhan untuk mengkonversi dari stereo 2 kanal ke 4 atau 5 kanal *surround* (untuk membuat *pseudo surround*), dan sebaliknya untuk membuat *mixing* 2 kanal yang kompatibel dari master *surround*.



BAB IV

PENERAPAN AUDIO SPASIAL

Kemajuan teknologi mendukung penggunaan dan penerapan teknologi audio spasial yang dapat dinikmati pada film, program televisi, maupun game. Teknologi audio spasial sangat efektif apabila dalam menikmatinya menggunakan peralatan-peralatan pendukung telah tersedia di pasaran baik dalam bentuk gadget maupun earphone dan headphone 3D.

A. Audio Spasial pada Film

Penerapan audio spasial pada film dapat dinikmati pada film-film berikut :

1. *Pacific Rim* (2013)

Director : Guillermo del Toro

Sound Designer : Ethan Van der Ryn dan Erik Aadahl

Composer : Ramin Djawadi

Suara kaki robot raksasa yang menghantam tanah dan suara gigi-gigi mekanis yang bergerak dalam film ini memberikan sensasi audio yang kuat dalam pertarungan. Efek suara ini dirancang untuk menciptakan nuansa berat dan besar dari mesin-mesin tersebut. Monster laut yang muncul dalam film memiliki suara-suaranya sendiri yang mengancam. Suara-suara ini dirancang untuk menghadirkan ketegangan dan mengekspresikan karakteristik masing-masing monster. Film ini juga

memanfaatkan efek suara lingkungan suara gelombang laut yang besar untuk memberikan nuansa lingkungan laut yang mendalam.



Gambar 20. Poster film *Pacific Rim*
(https://www.imdb.com/title/tt1663662/?ref_=fn_al_tt_1 diakses 8 Juli 2023)

2. *Gravity* (2013)

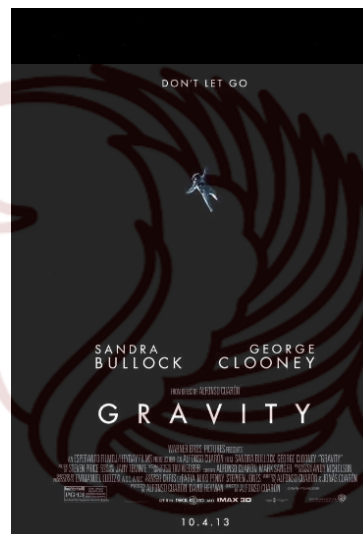
Director : Alfonso Cuarón

Sound Designer : Glenn Freemantle

Composer : Steve Price

Salah satu aspek paling mencolok dari audio dalam film ini adalah penggunaan hening angkasa luar. Ketika karakter-karakter berada di luar pesawat antariksa, suara tidak dapat menyebar karena tidak ada medium (udara) untuk menghantarkan suara. Hal tersebut menciptakan efek hening yang mencekam yang sesuai dengan realitas fisika di luar angkasa. Saat karakter-karakter bergerak di luar angkasa, penonton dapat mendengar efek suara alat bantu bergerak, alat-alat antariksa yang rusak, dan suara respirator. Semua efek ini ditempatkan dengan cermat untuk

menciptakan nuansa realistis. Film ini menggunakan teknologi audio *surround sound* untuk menciptakan nuansa angkasa yang terasa mendalam. Suara-suara meteor dan komunikasi radio antara karakter terdengar dari berbagai arah, menciptakan pengalaman audio yang menghanyutkan.



Gambar 21. Poster film *Gravity*
(https://www.imdb.com/title/tt1454468/?ref_=fn_al_tt_1 diakses 8 Juli 2023)

3. *Interstellar* (2014)

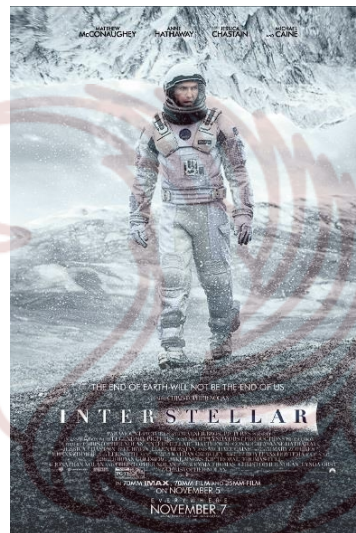
Director : Christopher Nolan

Sound Designer : Richard King

Composer : Hanz Zimmer

Film ini mengeksplorasi ruang angkasa dan planet yang berbeda, dan suara-suara di lingkungan tersebut dirancang dengan cermat. Hening angkasa, suara gurun planet, dan suara badai luar angkasa memberikan nuansa yang sangat realistis. Teknologi dan peralatan canggih di film ini

dirancang dengan efek suara yang tepat. Suara-suara mesin, alat-alat canggih, dan efek suara lainnya terdengar sangat autentik. Karakter-karakter dalam film ini sering berbicara di kondisi ekstrem di dalam pesawat luar angkasa atau di lingkungan planet yang berbahaya. Audio spasial membantu menjaga jelasnya dialog dalam situasi-situasi ini.



Gambar 22. Poster film *Interstellar*
(https://www.imdb.com/title/tt0816692/?ref_=fn_al_tt_1 diakses 8 Juli 2023)

4. *Mad Max: Fury Road* (2015)

Director : George Miller

Sound Designer : David White

Composer : Junkie XL

Film ini menampilkan adegan pertarungan dengan kendaraan-kendaraan yang dimodifikasi secara ekstrem. Suara mesin, knalpot, dan kerusakan kendaraan terdengar sangat nyata dan intens. Karakter-karakter dalam film ini seringkali berbicara di tengah aksi yang intens, dan audio spasial digunakan untuk memastikan bahwa dialog tetap jelas

dan dapat dimengerti, bahkan di tengah kebisingan yang luar biasa. Suara angin gurun, badai pasir, dan elemen lingkungan lainnya menciptakan nuansa yang mendalam.



Gambar 23. Poster film *Mad Max*
(https://www.imdb.com/title/tt1392190/?ref_=fn_al_tt_1 diakses 8 Juli 2023)

5. *La La Land* (2016)

Director : Damien Chazelle

Sound Designer : Ai-ling Lee

Composer : Justin Hurwitz

Film ini terdapat adegan musikal, antara lain : pertunjukan awal di jalan tol Los Angeles, suara musik, nyanyian, dan tindakan karakter seringkali tumpang tindih dengan indah. Hal ini menciptakan sensasi imersif dan memungkinkan penonton merasakan energi dan semangat pertunjukan tersebut. Film ini memanfaatkan akustik berbeda dalam berbagai lingkungan, yakni : klub jazz dan auditorium, untuk menciptakan sensasi ruang yang berbeda-beda. *Efek echo* dan *reverb*

digunakan untuk memberikan nuansa yang sesuai dengan tempat di mana adegan berlangsung. : *La La Land* menggunakan teknologi audio *surround sound* untuk mendukung penampilan musik yang kuat. Hal tersebut memungkinkan penonton merasa seolah-olah mereka berada dalam panggung atau klub jazz bersama karakter-karakternya.



Gambar 24. Poster film *La La Land*
(https://www.imdb.com/title/tt3783958/?ref_=fn_al_tt_1 diakses 8 Juli 2023)

6. *Dunkirk* (2017)

Director : Christopher Nolan

Sound Designer : Richard King

Composer : Hanz Zimmer

Film ini memanfaatkan teknologi audio yang canggih untuk menciptakan pengalaman audio yang mendalam. Suara tembakan, pesawat terbang, dan ledakan terdengar datang dari berbagai arah, menciptakan nuansa perang yang intens. Detail suara mesin pesawat,

gelombang laut, dan suara senjata api dirancang dengan sangat akurat, memberikan pengalaman audio yang mendalam dan realistis.



Gambar 25. Poster film *Dunkirk*
(https://www.imdb.com/title/tt5013056/?ref_=fn_al_tt_1 diakses 8 Juli 2023)

7. *Blade Runner 2049* (2017)

Director : Denis Villeneuve

Sound Designer : Theo Green

Composer : Hanz Zimmer



Gambar 26. Poster film *Blade Runner*
(https://www.imdb.com/title/tt1856101/?ref_=fn_al_tt_1 diakses 8 Juli 2023)

Film ini memanfaatkan efek suara untuk menciptakan nuansa lingkungan kota futuristik yang penuh dengan neon dan teknologi tinggi. Suara-suara kendaraan terbang, hologram, dan keramaian kota dirancang untuk memberikan kedalaman dan realisme kepada setting film. Film ini memperhatikan detail dalam efek suara, termasuk suara-suara hujan, langit biru elektronik, dan mesin-mesin futuristik.

8. *Ready Player One* (2018)

Director : Steven Spielberg

Sound Designer : Gary Rydstrom dan Kyrsten Mate

Composer : Alan Silvestri



Gambar 27. Poster film *Ready Player One*
(https://www.imdb.com/title/tt1677720/?ref_=fn_al_tt_1 diakses 8 Juli 2023)

Film ini menghadirkan dunia virtual yang penuh dengan karakter dan objek yang bergerak. Efek suara lingkungan virtual langkah-langkah karakter atau suara kendaraan. Film ini menggunakan teknologi audio *surround sound* untuk memberikan penonton pengalaman yang lebih

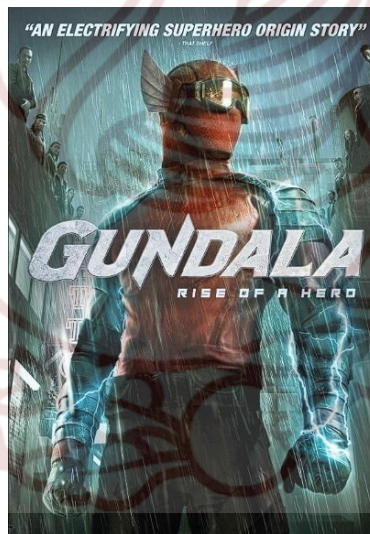
mendalam. Suara-suara aksi dan pertarungan yang intens terdengar datang dari berbagai arah, menciptakan sensasi permainan yang seru. Karakter-karakter sering berkomunikasi melalui headset dalam dunia virtual. Efek suara ini memberikan kesan audio spasial yang memisahkan dialog dari suara lingkungan fisik dalam dunia nyata.

9. *Gundala* (2019)

Director : Joko Anwar

Sound Designer : Khikmawan Santosa

Composer : Aghi Narottama, Bemby Gusti, Tony Merle



Gambar 28. Poster film *Gundala*
(https://www.imdb.com/title/tt8237172/?ref_=fn_al_tt_1 diakses 8 Juli 2023)

Film ini memiliki adegan pertarungan yang intens, dan efek suara pukulan, tendangan, dan serangan superheronya dirancang untuk memberikan kesan yang kuat dan mengesankan. Karakter-karakter dalam film ini memiliki kemampuan super, dan efek suara yang khusus digunakan untuk menciptakan nuansa kekuatan. Audio spasial membantu

menjaga jelasnya dialog antar karakter, bahkan di tengah aksi yang intens.

10. *Dune* (2021)

Director : Denis Villeneuve

Sound Designer : Theo Green dan Mark Mangini

Composer : Hanz Zimmer



Gambar 29. Poster film *Dune*
(https://www.imdb.com/title/tt1160419/?ref_=fn_al_tt_1 diakses 8 Juli 2023)

Film ini menggunakan desain suara yang sangat imersif untuk menciptakan dunia fiksi ilmiah yang kaya. Suara-suara angin pasir, kreatur alien, dan teknologi futuristik terdengar sangat mendalam dan realistis. Suara-suara lingkungan yang khas dalam film ini menampilkan berbagai suara alam dan lingkungan, termasuk deru pasir, suara angin, dan efek suara dari planet Arrakis yang gersang. Semua ini memberikan nuansa yang kuat dan mendalam saat menonton penonton. Teknologi futuristik dalam dunia *Dune* diwujudkan melalui efek suara yang khusus

dan canggih. Suara transportasi antar planet, senjata laser, dan teknologi lainnya terasa sangat autentik.

11. *Top Gun: Maverick* (2022)

Director : Joseph Kosinski

Sound Designer : Al Nelson

Composer : Harold Faltermeyer



Gambar 30. Poster film *Top Gun*
(https://www.imdb.com/title/tt1745960/?ref_=fn_al_tt_1 diakses 8 Juli 2023)

Top Gun memanfaatkan teknologi *Dolby Atmos*, suara mesin pesawat jet dapat didengar dari berbagai arah, termasuk suara komunikasi antar pilot dalam film ini. Pada film ini juga menggunakan berbagai instrumen baru dan hibrida yang dibuat khusus untuk film ini, antara lain : alat tiup dan perkusi yang menghasilkan suara-suara gurun yang berbeda. Selain itu, Zimmer juga menggunakan paduan suara yang didominasi oleh suara-suara wanita, untuk mencerminkan peran penting karakter-karakter wanita dalam cerita.

B. Audio Spasial Pada Program Televisi

Penerapan audio spasial pada program televisi dapat dinikmati pada *TV Series* berikut :

1. *Stranger Things* (2016)

Producer : Matt Duffer, Ross Duffer

Sound Designer : Craig Henighan

Composer : Michael Stein dan Kyle Dixon



Gambar 31. Poster *TV Series Stranger Things*
(https://www.imdb.com/title/tt4574334/?ref_=fn_al_tt_1 diakses 8 Juli 2023)

Serial ini mengambil tempat di kota kecil yang hutan dan kampung halamannya, dan efek suara lingkungan berupa : hujan, angin, dan suara hutan. Karakter-karakter dalam seri ini sering berhadapan dengan makhluk supernatural, dan efek suara untuk monster dan fenomena paranorma telekinesis, digunakan untuk memberikan nuansa misteri dan ketegangan.

2. *Lord of the Rings: The Rings of Power* (2022)

Producer : J. D. Payne

Sound Designer : Damian Del Borrello

Composer : Bear McCreary



Gambar 32. Poster TV Series *Lord of The Rings*
(https://www.imdb.com/title/tt7631058/?ref_=fn_al_tt_1 diakses 8 Juli 2023)

Dunia fiksi J.R.R. Tolkien yang luas digambarkan dengan suara lingkungan yang mendalam dan realistis. Suara-suara alam, antara lain : angin, air terjun, dan hutan memberikan nuansa alam fantasi yang kaya. Meskipun ada banyak aksi dan suara efek khusus, audio spasial membantu menjaga jelasnya dialog antar karakter, yang sangat penting dalam narasi yang kompleks. Series ini mencakup berbagai efek suara khusus, termasuk suara makhluk-makhluk fantastis diantaranya orcs, suara sihir, dan pertempuran.

3. *The Haunting of Hill House* (2018)

Producer : Mike Flanagan

Sound Designer :Trevor Gates

Composer : The Newton Brothers



Gambar 33. Poster TV Series *The Haunting of Hill House*
(https://www.imdb.com/title/tt6763664/?ref_=fn_al_tt_1 diakses 8 Juli 2023)

Serial ini memanfaatkan efek suara untuk memberikan nuansa yang mencekam saat karakter-karakter berinteraksi dengan hantu dan fenomena paranormal. Suara-suara aneh dan menakutkan sering kali datang dari berbagai arah, menciptakan ketegangan yang mendalam. Lingkungan rumah berhantu yang ikonik dalam cerita ini didukung oleh efek suara yang sesuai. Suara-suara langkah kaki di lorong yang gelap, pintu berderit, dan angin melolong membantu menciptakan atmosfer yang mencekam. *The Haunting of Hill House* menggunakan teknologi audio *surround sound* untuk menciptakan sensasi audio spasial yang mendalam. Suara-suara yang menyeramkan terdengar datang dari berbagai arah.

C. Audio Spasial Pada Aplikasi *Game*

Penerapan audio spasial pada game dapat dijumpai pada jenis game berikut :

1. *Battlefield: Bad Company 2* (2010)

Developer : EA

Sound Designer : Stefan Strandberg

Composer : Mikael Karlsson



Gambar 34. Poster aplikasi *game Battlefield*
(https://www.imdb.com/title/tt6161168/?ref_=fn_al_tt_2 diakses 8 Juli 2023)

Game ini mendukung teknologi audio *surround sound*, yang memungkinkan pemain merasakan arah suara dengan sangat akurat. Suara tembakan, ledakan, dan efek lingkungan terdengar datang dari berbagai arah, memberikan nuansa perang yang intens. Suara-suara hujan, angin, dan kebisingan pertempuran menciptakan nuansa lingkungan yang hidup dan beragam. Karakter dalam game ini berbicara secara dinamis selama permainan. Audio spasial digunakan untuk menjaga jelasnya dialog bahkan di tengah aksi pertempuran yang sibuk.

2. *Hellblade: Senua's Sacrifice* (2017)

Developer : Ninja Theory

Sound Designer : David García

Composer : David García



Gambar 35. Poster aplikasi *game Hellblade*
(https://www.imdb.com/title/tt4674622/?ref_=fn_al_tt_1 diakses 8 Juli 2023)

Game ini menggambarkan pengalaman karakter utama, Senua, yang menghadapi gangguan mental. Efek suara digunakan untuk menciptakan sensasi suara dalam kepala karakter, termasuk suara-suara berbicara dan berbisik yang meresap secara audio spasial, memberikan nuansa yang kuat dari perjuangan psikologis Senua. Lingkungan yang gelap dan misterius dalam game ini didukung oleh efek suara yang menyeramkan. Suara-suara angin menyalip, jeritan jauh, dan *echo* dari lingkungan bawah tanah menciptakan atmosfer yang sangat mencekam.

3. *Read Dead Redemption 2* (2018)

Developer : Rockstar Games

Sound Designer : Jeffrey Whitcher

Composer : Woody Jackson



Gambar 36. Poster aplikasi game *Red Dead Redemption 2*
(https://www.imdb.com/title/tt6161168/?ref_=fn_al_tt_2 diakses 8 Juli 2023)

Game ini memiliki dunia yang luas dan beragam, dan efek suara lingkungan diantaranya : suara angin, hewan liar, dan alam liar menciptakan atmosfer yang sangat realistis. Game ini juga didukung oleh teknologi audio *surround sound*, yang memungkinkan pemain merasakan arah suara dengan sangat akurat, termasuk suara kuda yang mendekati atau tembakan dari berbagai arah. Setiap karakter dalam game ini memiliki dialog yang khas, dan audio spasial digunakan untuk menjaga jelasnya percakapan, baik dalam situasi santai maupun dalam aksi yang sibuk. Suara senjata dalam game ini terdengar sangat autentik, menciptakan nuansa aksi yang kuat. Audio spasial memainkan peran penting dalam memberikan sensasi dari berbagai jenis senjata.

4. *The Last of Us Part 2* (2020)

Developer : Naughty Dog

Sound Designer : Jesse James Garcia

Composer : Gustavo Santaolalla



Gambar 37. Poster aplikasi game *The Last of Us Part 2*
(<https://www.imdb.com/title/tt6298000/> diakses 8 Juli 2023)

Dunia yang penuh dengan bahaya dalam game ini didukung oleh efek suara lingkungan yang menakutkan. Suara angin, hujan, dan suara makhluk yang mengancam memberikan nuansa yang kuat dari dunia yang berbahaya. Karakter-karakter dalam game ini berbicara dengan sangat realistis, dan audio spasial digunakan untuk menjaga jelasnya percakapan, termasuk dialog dalam situasi-situasi tekanan. Aksi yang Intens: Pertempuran dan aksi dalam game ini dirancang untuk terasa intens dan mendalam. Suara senjata, suara serangan, dan efek aksi lainnya terdengar sangat autentik, meningkatkan tingkat ketegangan. Game ini juga didukung audio 3D, yang memungkinkan pemain merasakan arah suara dengan sangat akurat, yakni : langkah kaki musuh yang mendekat atau bahkan suara yang datang dari belakang.

BAB V

PENUTUP

Kesimpulan

Audio spasial berkaitan erat dengan suara tiga dimensi yang sering dijumpai dalam kehidupan sehari-hari untuk dapat memahami lingkungannya bergantung pada kesadaran (ruang) dan pendengaran. Lingkungan tiga dimensi dipengaruhi oleh adanya lebar, tinggi, dan kedalaman.

Karakteristik audio spasial dipengaruhi oleh : dimensi spasial suara alam dan sumber suara di ruangan yang meliputi : sumber suara di medan bebas, sumber suara di ruang pantul suara, dan efek pantulan suara dengan gema.

Perkembangan sistem suara mono ke surround hingga audio 3D dimulai dengan peralatan reproduksi awal yang dikembangkan pada akhir tahun 1800 hingga awal 1900an dipelopori oleh suara monofonik. Munculnya sistem suara *stereo* dua kanal, percobaan Bell Labs di tahun 1930an dengan audio tiga kanal, Paten Blumlein, sistem *stereo binaural*, sistem *stereo cinema* dikembangkan hingga muncul sistem *Dolby Digital*, *Sony SDDS* dan *Digital Theater Systems (DTS)*, sistem *ambiophonic*, *quadraphonic*, hingga sistem suara *surround home cinema*.

Beberapa hal yang mempengaruhi audio spasial antara lain : psikoakustik audio spasial, meliputi lokalisasi sumber suara, waktu, amplitudo dan spektral, penundaan *binaural* dan berbagai bentuk efek prioritas, intensitas waktu

berdasarkan : 1) lokalisasi reproduksi suara yang meliputi : dampak refleksi, interaksi antara pendengaran dan indera lainnya, 2) persepsi jarak dan kedalaman, 3) *auditory source width* (ASW), 4) selubung dan kelapangan, 6) kealamian.

Sistem monitor audio spasial meliputi : 1) pengenalan ruang dengar akustik yang meliputi : a) pengendalian refleksi, b) interaksi frekuensi rendah antara loudspeaker dan ruangan, c) ruang monitor *mixing stereo*, d) ruang monitor *mixing stereo* dan *surround*, 2) loudspeaker sistem suara *surround* dengan konfigurasi : a) dipasang berdiri bebas, b) dipasang di depan, c) perlakuan khusus speaker tengah, d) *surround*, e) *subwoofer*

Beberapa teknik perekaman audio spasial : 1) teknik perekaman 2 meliputi : a) prinsip *coincident pair*, b) pemrosesan MS pada *coincident pairs*. 2) teknik perekaman 3 kanal, meliputi : a) hukum *panning* 3 kanal, b) teknik mikrofon 3 kanal, c) *stereo + C*.

Rumit dan beragamnya teknik perekaman film menggunakan audio spasial berdampak pada minimnya film-film yang diproduksi oleh sineas pemula, produksi film mahasiswa menggunakan prinsip audio spasial. Hal tersebut disebabkan karena para pembuat film ingin filmnya segera jadi, minim *budget*, secara teknis sangat rumit dalam penerapannya.

DAFTAR ACUAN

PUSTAKA

Beth Carroll, 2016, *Feeling Film*, Palgrave Macmillan UK

Delikaris-Manias, 2018, *Parametric time-frequency domain spatial audio*-John Wiley & Sons

Francis Rumsey, 2001, *Spatial Audio*, Focal Press

Jeffrey P. Fisher, 2004, *Instant Surround Sound*, Jeffrey P. Fisher

JianJun He, 2017, *Spatial Audio Reproduction with Primary Ambient Extraction*, Springer Singapore

John Watkinson, 1994, *An Introduction to Digital Audio*, Focal Press

Jean-Michel, 2017, *Musical Sound Effects: Analog and Digital Sound Processing*, Reveillac

Made Pasek Diantha, 2017, *Metodologi Penelitian Hukum Normatif*, Prenada Media Group, Jakarta

Mark Kerins, 2010, *Beyond Dolby*, Indiana University Press

Rakhmat Jalaludin, 1999, *Metode Penelitian Komunikasi*, Rosdakarya, Bandung

Ray Rayburn, 2011, *Eargle's the Microphone Book*, Focal Press

Tomlinson Holman, 2008, *Surround Sound Up and Running*, Taylor & Francis

JURNAL

Ikhwana Elfitri, *Jurnal Nasional Teknik Elektro* Vol 6, No 1 : Maret 2017, Reviews on Technology and Standard of Spatial Audio Coding

AUDIOVISUAL

4K HDR • The world of Oasis (Ready Player One) • Dolby Atmos, 2023, Cinema Box,
https://www.youtube.com/watch?v=OzP4X173eDY&ab_channel=CinemaBox

8K HDR IMAX | Target -02:15.00 (Top Gun Maverick) | Dolby 5.1, 4K Clips And Trailers, Dunkrik Opening Scene, 2023, 4k HDR Media,

https://www.youtube.com/watch?v=WcTj_EZQQBM&ab_channel=4KClipsAndTrailers

Battlefield Bad Company 2 In 2019 With 5.1 Dolby Surround, 2023,

https://www.youtube.com/watch?v=Z8rGZ5q4snU&ab_channel=Aman

Best sound design in any game - Red Dead Redemption 2 (echo from gunshots + dynamit), 2023,

https://www.youtube.com/watch?v=DLwGG6jvfs8&ab_channel=DisiKleep

Blade Runner 2049, 2017 Crash 2160p Dolby Atmos®, 2023,

https://www.youtube.com/watch?v=pKxYdxjlr0I&ab_channel=masterpeaceTV

Dune – Opening Scene, 2023, 4k HDR Media,

https://www.youtube.com/watch?v=tzqYZGTC2H8&ab_channel=4KHDRMedia

Hellblade Senua's Sacrifice - Opening Battlefield Bad Company 2 In 2019 With 5.1 Dolby Surround/ No Commentary, 2023,

https://www.youtube.com/watch?v=rob7C1lCYEI&ab_channel=GenericGaming

Interstellar - Docking Scene (HDR - 4K - 5.1), 4K HDR Media,

https://www.youtube.com/watch?v=onVhbeY7nLM&ab_channel=4KHDRMedia

La La Land - Another Day of Sun [4K] [Dolby Atmos 7.1], 2023,

https://www.youtube.com/watch?v=fmfG0LNzscE&ab_channel=amaklp2

Mad Max: Fury Road 4K HDR | Into The Storm, Apex Clips,

https://www.youtube.com/watch?v=jBRN0NLZ4HI&ab_channel=ApexClips

Pacific Rim - Gipsy Danger vs Otachi Fight (HDR - 4K - 5.1), 2023, 4k HDR Media,

https://www.youtube.com/watch?v=fRKviUgMP4o&ab_channel=4KHDRMedia

Premiere of Gundala, the First Indonesian Movie in Dolby Atmos | Dolby

Atmos | Dolby, 2023, Dolby,

https://www.youtube.com/watch?v=G6ZMFNTOQoQ&ab_channel=Dolby
y

Rings Of Power Episode 6 Battle Full Scene Numenoreans Vs Orcs Fight

And Ending Scene HD, 2023, Home TV,

[https://www.youtube.com/watch?v=Y7c6qapmMso&ab_channel=HomeT](https://www.youtube.com/watch?v=Y7c6qapmMso&ab_channel=HomeTV)
V

Space Debris Strike 2 (4K) Gravity, 2023, RAZR,

https://www.youtube.com/watch?v=BejM1biN_8k&ab_channel=RAZR

Stranger Things 4 | Eddie Munson's Upside Down Guitar Scene, 2023, Netflix
India

[https://www.youtube.com/watch?v=dmIFhpQe9Zk&ab_channel=NetflixIn](https://www.youtube.com/watch?v=dmIFhpQe9Zk&ab_channel=NetflixIndia)
dia

The Haunting of Hill House S01E01,02,06 | Dolby Atmos Object Demo

(Cavern Driver), 2023, Object Demo,

[https://www.youtube.com/watch?v=cVBdbm73CiQ&t=0s&ab_channel=O](https://www.youtube.com/watch?v=cVBdbm73CiQ&t=0s&ab_channel=ObjectDemo)
bjectDemo

The Last of Us 2 PS5 Gameplay 4K 60FPS HDR ultra HD (Upgrade Patch),

2023,

https://www.youtube.com/watch?v=z2XS_RryJGk&ab_channel=Shirrako



EKSPERIMEN PEREKAMAN AUDIO SPASIAL

- 1. BERSAMA DOSEN (ANGGOTA PENELITIAN)**
- 2. BERSAMA MAHASISWA**
(ASISTEN PENELITIAN DAN ASISTEN LAPANGAN)







