



Panduan visual

LUFSscale untuk macOS - versi 2.2.3

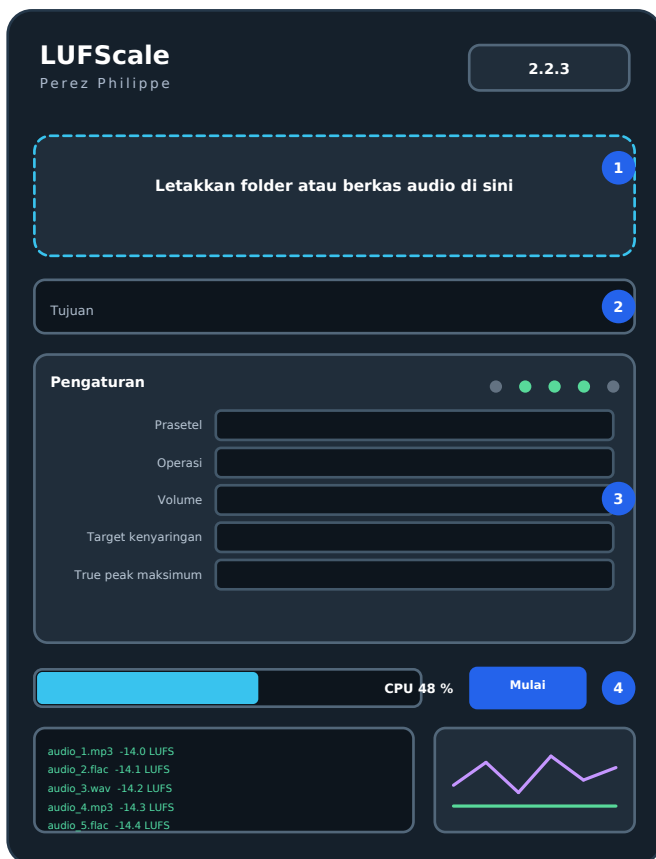
Mulai cepat

Apa fungsi LUFSscale?

LUFSscale mengukur loudness berkas dan, dengan Normalisasi, benar-benar menyesuaikan volume yang terdengar menuju target LUFS sambil mengendalikan true peak. Setiap sumber dianalisis sepanjang durasinya, lalu keluaran diukur ulang dan diverifikasi. Hasilnya tidak bergantung pada tag atau pemutar yang kompatibel: tingkat antarberkas menjadi lebih konsisten, penyimpangan ditandai, dan berkas asli tetap utuh.

Perangkat lunak bebas dan distribusi ulang

LUFSscale adalah perangkat lunak bebas yang didistribusikan menurut GNU GPL-3.0-or-later. Lisensi ini mengizinkan penggunaan, pembelajaran, perubahan, dan distribusi ulang sesuai ketentuannya. Kode sumber, pemberitahuan, dan lisensi pihak ketiga disertakan. Perangkat lunak diberikan tanpa jaminan.



1

Tambahkan berkas audio

Tambahkan berkas atau folder audio.

2

Tujuan

Pilih folder tujuan.

3

Pengaturan

Pilih preset dan operasi.

4

Mulai

Mulai pemrosesan dan pantau kemajuannya.

Fitur utama

- Normalisasi, ReplayGain, atau analisis MP3, FLAC, WAV, AIFF, M4A, OGG, dan Opus.
 - Setiap berkas diukur dan diproses terpisah menuju target.
 - Struktur, metadata, dan sampul yang kompatibel dipertahankan; sumber tidak berubah.
 - Pemrosesan paralel, cache, lanjut, QC, CSV, kemajuan, CPU, dan riwayat LUFS.
 - Antarmuka dan panduan PDF dalam 12 bahasa.
- Tersedia dua distribusi macOS: Apple Silicon (arm64) dan Intel (x86_64). Gunakan yang sesuai dengan prosesor Mac Anda.
- Aplikasi macOS sudah memuat Python, PySide6/Qt, FFmpeg, codec, panduan, dan lisensi; pengguna akhir tidak perlu memasang alat tambahan.

Pengaturan - Audio / Opsi

Fitur utama

Cakupan format

LUFSscale mendukung MP3, FLAC, WAV, AIFF, M4A, OGG, dan Opus. Pengukuran kenyaringan, target LUFS, batas True Peak dalam mode Normalisasi, pengaturan, dan pemeriksaan kualitas berlaku untuk format yang didukung, bukan hanya MP3. Codec dan beberapa koreksi bergantung pada format keluaran. Contoh MP3 menunjukkan kasus khusus, bukan batasan fitur umum.

Prasetel

Menerapkan sekaligus kombinasi target kenyaringan, true peak maksimum, dan mutu audio yang konsisten. Perubahan manual apa pun memilih Kustom.

Pemrosesan per berkas

Setiap berkas memakai pengukuran dan gain sendiri untuk mendekati target LUFS di bawah batas True Peak.

ITU-R BS.1770

LUFSscale secara otomatis memakai pengukuran historis penuh, satu-satunya metode yang telah divalidasi pada korpus acuan.

Operasi

Normalisasi mengubah audio. ReplayGain menyalin aliran dan menambah tag. Analisis saja mengukur tanpa membuat audio.

Volume

Pengaturan ini adalah pintasan ke target kenyaringan; tidak mengubah volume pemutaran Mac.

- Lembut: -18 LUFS - level lebih tenang, ruang dinamis lebih besar, dan risiko limiter bekerja lebih kecil.
- Normal: -16 LUFS - kompromi seimbang dan titik awal yang baik untuk pustaka pribadi.
- Keras: -14 LUFS - pemutaran lebih menonjol, dekat target pemutaran Normal Spotify, tetapi lebih mungkin memerlukan pembatasan.
- Kustom - memasukkan target LUFS lain secara langsung.

Nilai ini adalah pilihan praktis, bukan standar universal.

Target kenyaringan

Target kenyaringan adalah kenyaringan terintegrasi yang diinginkan untuk seluruh trek, dinyatakan dalam LUFS. Nilai yang kurang negatif menghasilkan berkas lebih keras: -14 LUFS lebih keras daripada -16 LUFS. Selisih 2 LU kira-kira setara dengan perbedaan level 2 dB sebelum pembatasan puncak.

Panduan: -18 LUFS untuk hasil lebih tenang dan dinamis; -16 LUFS untuk keseimbangan umum; -14 LUFS untuk hasil lebih keras bergaya streaming. Platform dapat menerapkan normalisasi pemutaran sendiri.

Target ini tidak dengan sendirinya meratakan dinamika internal trek. Jika true peak maksimum mencegah pencapaian target tanpa clipping, hasil dapat tetap sedikit lebih rendah.

True peak maksimum

True peak maksimum adalah batas atas, bukan level yang harus dicapai. Batas ini menahan puncak tertinggi gelombang hasil rekonstruksi dalam dBTP, termasuk di antara sampel, untuk mengurangi risiko clipping setelah encode atau transkode.

- -1,0 dBTP - batas umum distribusi dengan level puncak keluaran tertinggi.
- -1,5 dBTP - nilai baku dan kompromi hati-hati untuk MP3.
- -2,0 dBTP - ruang tambahan, berguna untuk berkas yang akan diencode ulang atau target kenyaringan tinggi.
- 0 dBTP - tanpa ruang; tidak disarankan untuk MP3.

Nilai yang lebih negatif memberi perlindungan lebih besar, tetapi dapat mencegah trek sangat dinamis mencapai target LUFS secara tepat.

Batas True Peak berlaku untuk semua format saat normalisasi. Contoh MP3 juga menjelaskan langkah kehati-hatian untuk M4A/AAC, OGG/Vorbis, dan Opus. Margin internal tambahan 1 dB dalam lampiran khusus untuk pemrosesan dinamis keluaran MP3.

Pengaturan - Audio / Opsi

Fitur utama

Mutu audio

Mengatur kompromi mutu/ukuran untuk format terkompresi. Semakin kecil angkanya, semakin tinggi mutu dan bitrate. Pengaturan ini tidak mengubah target LUFS atau true peak maksimum.

- 0 - mutu maksimum, disarankan untuk mempertahankan detail.
- 1 sampai 2 - mutu sangat tinggi.
- 3 sampai 4 - keseimbangan mutu/ukuran yang baik.
- 5 sampai 9 - berkas lebih kecil dengan kehilangan lebih banyak.

FLAC tetap lossless untuk nilai apa pun. WAV dan AIFF mengabaikan pengaturan ini serta mempertahankan sample rate dan bit depth PCM yang kompatibel dengan sumber. Untuk MP3, M4A, OGG, dan Opus, nilai rendah dapat meminta bitrate di atas sumber sehingga keluaran lebih besar. Nilai tinggi umumnya mengurangi ukuran tanpa menjamin jumlah byte yang sama karena enkoder ini sering memakai VBR. Mengencode ulang format lossy tidak memulihkan informasi yang telah hilang.

Proses paralel

Menentukan jumlah berkas yang dapat diproses bersamaan.

- Otomatis mulai dengan paling banyak 4 tugas. Jika pengukuran CPU tersedia, program memeriksanya setiap detik: menambah satu tugas di bawah penggunaan 70% dan mengurangi satu di atas 92%.
- Otomatis tidak pernah melampaui jumlah prosesor logis yang terdeteksi, dengan batas mutlak 16 tugas.
- Jika CPU tidak dapat diukur, Otomatis langsung memakai batas yang terdeteksi tanpa penyesuaian dinamis.
- Angka menetapkan jumlah maksimum tugas serentak; bukan target penggunaan CPU.

Lebih banyak tugas dapat mempercepat batch besar, tetapi meningkatkan beban, suhu, dan akses disk. Tekan - sampai Otomatis tampil.

Timpa berkas yang ada

Hanya mengganti berkas tujuan, tidak pernah sumber.

Lanjutkan setelah terputus

Mengenali berkas yang selesai dengan pengaturan sama.

Kontrol mutu otomatis

Pemeriksaan kualitas mencakup semua format yang didukung. M4A, OGG, dan Opus juga diperiksa, tetapi tidak menggunakan siklus koreksi khusus MP3 dinamis atau FLAC/WAV/AIFF. Dalam ReplayGain, pemeriksaan mencakup keutuhan sinyal dan tag, bukan jaminan normalisasi fisik audio.

Dengan kontrol kualitas, MP3 dinamis dapat dihitung ulang hingga tiga kali. FLAC/WAV/AIFF dapat menerima hingga dua koreksi. Setiap percobaan diukur ulang dan keluaran terbaik dipertahankan.

Tanpa QC, kepatuhan tidak dinyatakan dan percobaan korektif tidak dijalankan. Keluaran yang diseragamkan tetap diukur ulang untuk log dan CSV. Mode analisis tidak membuat keluaran atau menjalankan QC keluaran.

Buat laporan CSV

Hanya membuat laporan CSV berisi pengukuran, waktu, dan peringatan; tidak menambah JSON diagnostik.

Mulai otomatis setelah letakkan atau tempel

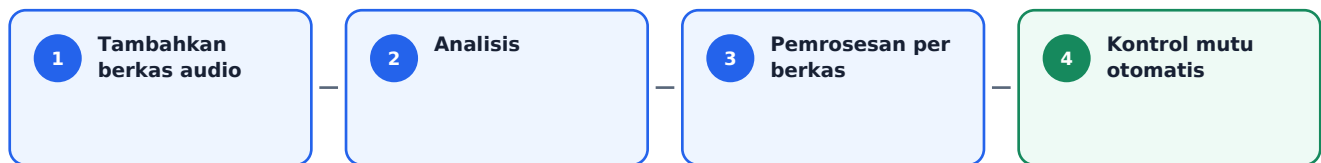
Memulai saat sumber ditambahkan jika tujuan siap.

Lewati berkas yang sudah sesuai

Berkas dalam $\pm 0,10$ LU dari target dan di bawah batas True Peak disalin tanpa encode ulang.

Yang terjadi selama pemrosesan

LUFScale secara otomatis memakai pengukuran historis penuh, satu-satunya metode yang telah divalidasi pada korpus acuan.



Proses paralel

Menentukan jumlah berkas yang dapat diproses bersamaan.

- Otomatis mulai dengan paling banyak 4 tugas. Jika pengukuran CPU tersedia, program memeriksanya setiap detik: menambah satu tugas di bawah penggunaan 70% dan mengurangi satu di atas 92%.
- Otomatis tidak pernah melampaui jumlah prosesor logis yang terdeteksi, dengan batas mutlak 16 tugas.
- Jika CPU tidak dapat diukur, Otomatis langsung memakai batas yang terdeteksi tanpa penyesuaian dinamis.
- Angka menetapkan jumlah maksimum tugas serentak; bukan target penggunaan CPU.

Lebih banyak tugas dapat mempercepat batch besar, tetapi meningkatkan beban, suhu, dan akses disk. Tekan - sampai Otomatis tampil.

Penggunaan CPU total Mac selama pemrosesan.

Analisis

Analisis saja mengukur ulang tiap sumber secara penuh dengan FFmpeg pada setiap proses. Grafik Sebelum dan kemajuan bergerak per berkas; tidak ada keluaran atau QC keluaran.

Lanjutkan setelah terputus

Mengenali berkas yang selesai dengan pengaturan sama.

Kontrol mutu otomatis

Pemeriksaan kualitas mencakup semua format yang didukung. M4A, OGG, dan Opus juga diperiksa, tetapi tidak menggunakan siklus koreksi khusus MP3 dinamis atau FLAC/WAV/AIFF. Dalam ReplayGain, pemeriksaan mencakup keutuhan sinyal dan tag, bukan jaminan normalisasi fisik audio.

Dengan kontrol kualitas, MP3 dinamis dapat dihitung ulang hingga tiga kali. FLAC/WAV/AIFF dapat menerima hingga dua koreksi. Setiap percobaan diukur ulang dan keluaran terbaik dipertahankan.

Tanpa QC, kepatuhan tidak dinyatakan dan percobaan korektif tidak dijalankan. Keluaran yang diseragamkan tetap diukur ulang untuk log dan CSV. Mode analisis tidak membuat keluaran atau menjalankan QC keluaran.

Perubahan kenyaringan

Setiap berkas menambah titik di kanan. Sebelum selalu menampilkan sumber terukur. Pada Normalisasi, Sesudah menampilkan hasil yang benar-benar diukur ulang. Pada ReplayGain, grafik kedua bergaris putus-putus memperkirakan pemutaran: loudness sumber ditambah Track Gain tersimpan. Tanda $\approx$ dan catatan Pemutar kompatibel menegaskan bahwa ini bukan pengukuran fisik berkas hasil. Pemutar yang tidak kompatibel mempertahankan level asli; pemutar kompatibel dapat mengubah hasil melalui preamp atau pencegahan clipping. Kedua grafik memakai skala tetap ± 6 LU yang sama. Analisis saja tidak memiliki keluaran Sesudah.

Analisis saja - simulasi tanpa berkas

Dalam Hanya analisis, grafik Sebelum, log, dan bilah progres bergerak per berkas setelah setiap pengukuran; Sesudah tetap diam.

Yang terjadi selama pemrosesan

LUFScale secara otomatis memakai pengukuran historis penuh, satu-satunya metode yang telah divalidasi pada korpus acuan.

Log pemrosesan

Setiap baris menjelaskan berkas atau tahap pemrosesan umum.

- Baris berhasil langsung dimulai dengan nama berkas; status BERHASIL tidak diulang.
- SESUAI, DILANJUTKAN, DILEWATI, DIBATALKAN, dan GALAT tetap tampil bila memberi informasi berguna.
- Level menunjukkan masukan -> keluaran yang diukur ulang, lalu hasil kontrol kualitas bila ada.
- Peringatan dan Kesalahan membuka daftar terpisah berisi nama, path, dan detail. Daftar tersedia saat jeda atau setelah pemrosesan dan masing-masing dapat disimpan.

Warna: hijau=berhasil; oranye=peringatan; merah=berkas belum selesai; biru-ungu=dilanjutkan; abu-abu=informasi, dilewati, atau dibatalkan.

PERINGATAN QC-loudness berarti keluaran yang diukur ulang berbeda lebih dari $\pm 0,60$ LU dari nilai yang diharapkan. Nilai yang lebih negatif lebih pelan; yang kurang negatif lebih keras. Deviasi adalah selisih absolut: -14,69 alih-alih -14,00 berarti 0,69 LU. Berkas tetap dibuat; ini bukan kegagalan konversi. Tidak wajib bertindak jika hasilnya enak didengar. Untuk target ketat, periksa detail dan CSV, lalu cek target dan batas True Peak sebelum mencoba lagi. Pesan ini saja tidak membuktikan apakah penyebabnya batas, encoder, atau batas koreksi.

PERINGATAN QC-peak berarti True Peak hasil ukur ulang melampaui batas yang dipilih lebih dari 0,25 dB. Berkas tetap dibuat. Jika berulang, pilih target LUFs lebih rendah atau batas peak lebih aman, misalnya -2,0 dBTP, lalu proses ulang.

Waktu kumulatif menjumlahkan pekerjaan semua tugas paralel. Waktu total adalah durasi nyata yang berlalu.

Pada ReplayGain, log menampilkan kenyaringan fisik yang tidak berubah, gain yang ditulis ke metadata, dan target yang diatur. Jika kontrol kualitas aktif, 'audio tetap dan tag terverifikasi' berarti kenyaringan dan puncak dibandingkan dengan sumber dan tag dibaca ulang; bukan berarti berkas terukur secara fisik pada target.

Perkiraan waktu total: menghitung...

Perkiraan waktu total: 12 mnt - selesai sekitar 14:30. '12 mnt' adalah perkiraan durasi total dan '14:30' waktu selesai. Jika melewati tengah malam, jumlah hari otomatis ditambahkan sebelum waktu, misalnya '2 h. 14:30'.

Keterangan warna log pemrosesan

BERHASIL	Pemrosesan selesai tanpa anomali yang terdeteksi.
SESUAI	Audio disalin tanpa perubahan: sumber sudah memenuhi target dan batas puncak.
PERINGATAN	Keluaran tersedia, tetapi satu pengukuran berada di luar toleransi.
DIBATALKAN	Pemrosesan sengaja dihentikan; ini bukan kesalahan.
KESALAHAN	Berkas terkait tidak dapat diselesaikan.

Pengaturan yang disarankan dan acuan

Prasetel	Target kenyaringan	True peak maksimum	Mutu audio
Perpustakaan musik - disarankan	-16 LUFs	-1.5 dBTP	0
Streaming lebih kuat	-14 LUFs	-1 dBTP	0
Musik dinamis	-18 LUFs	-2 dBTP	0

Prasetel ini adalah pilihan praktis aplikasi, bukan standar universal.

Tiga pemeriksaan penting

Tidak ada pemrosesan

Pastikan setidaknya satu sumber audio yang didukung dan tujuan yang berbeda telah dipilih.

FFmpeg tidak ditemukan

Jalankan kembali pembuat aplikasi atau pasang FFmpeg, lalu mulai ulang.

Peringatan puncak

Pilih batas true peak yang lebih negatif atau target kenyaringan yang lebih rendah, lalu proses ulang berkas.

Referensi teknis resmi

Filter FFmpeg - loudnorm / ebur128:
<https://ffmpeg.org/ffmpeg-filters.html>

Codec FFmpeg - libmp3lame dan enkoder audio:
<https://ffmpeg.org/ffmpeg-codecs.html>

ITU-R BS.1770-5 (11/2023), kenyaringan program dan true peak:
<https://www.itu.int/rec/R-REC-BS.1770-5-202311-I/en>

EBU R 128 v5.0 (21/11/2023):
<https://tech.ebu.ch/publications/r128>

Spesifikasi ReplayGain asli:
https://wiki.hydrogenaudio.org/index.php?title=Original_ReplayGain_specification

Lampiran teknis

Berkas sumber tidak pernah dipindah atau diubah.

Operasi

Normalisasi memproses setiap berkas secara terpisah, membidik target LUFS di bawah batas True Peak, lalu mengukur ulang keluaran. ReplayGain tidak mengubah sampel audio. Analisis saja menghasilkan pengukuran dan, bila diminta, laporan CSV, tetapi tidak membuat berkas audio.

Jika kontrol kualitas aktif, ReplayGain mengukur ulang berkas hasil untuk memastikan kenyaringan fisik dan puncaknya tetap sama, lalu memeriksa tag Track. Keberhasilan memastikan audio terjaga dan tag tersedia, bukan bahwa target tercapai secara fisik.

Tanpa QC, kepatuhan tidak dinyatakan dan percobaan korektif tidak dijalankan. Keluaran yang diseragamkan tetap diukur ulang untuk log dan CSV. Mode analisis tidak membuat keluaran atau menjalankan QC keluaran.

ITU-R BS.1770

FFmpeg loudnorm mengukur kenyaringan terintegrasi I , rentang LRA, ambang, dan true peak TP sesuai ITU-R BS.1770.

Analisis acuan

LUFScale secara otomatis memakai pengukuran historis penuh, satu-satunya metode yang telah divalidasi pada korpus acuan.

Pemrosesan per berkas

Setiap berkas memakai pengukuran dan gain sendiri untuk mendekati target LUFS di bawah batas True Peak.

Khusus MP3: pemrosesan dinamis

MP3 yang tidak cocok untuk jalur linear menerima target true peak internal 1,00 dB lebih rendah, tetapi tidak di bawah -9 dBTP. Target yang diminta tetap menjadi acuan pengguna dan QC.

Mutu audio

MP3 memakai LAME, M4A memakai AAC FFmpeg, OGG memakai Vorbis, dan Opus memakai libopus. FLAC tetap lossless; WAV/AIFF mempertahankan PCM yang sesuai sumber.

Lewati berkas yang sudah sesuai

Berkas dalam $\pm 0,10$ LU dari target dan di bawah batas True Peak disalin tanpa encode ulang.

Kontrol mutu otomatis

Pemeriksaan kualitas mencakup semua format yang didukung. M4A, OGG, dan Opus juga diperiksa, tetapi tidak menggunakan siklus koreksi khusus MP3 dinamis atau FLAC/WAV/AIFF. Dalam ReplayGain, pemeriksaan mencakup keutuhan sinyal dan tag, bukan jaminan normalisasi fisik audio.

Dengan kontrol kualitas, MP3 dinamis dapat dihitung ulang hingga tiga kali. FLAC/WAV/AIFF dapat menerima hingga dua koreksi. Setiap percobaan diukur ulang dan keluaran terbaik dipertahankan.

Proses paralel

Tugas FFmpeg berjalan paralel. Waktu kumulatif menjumlahkan pekerjaan, bukan durasi nyata. Cache dan resume memeriksa sumber, pengaturan, dan keluaran; mode analisis sengaja mengabaikan cache.

Build untuk Mac Apple Silicon dan Mac Intel

Semua path relatif terhadap root paket sumber yang diekstrak:

Mac Apple Silicon (arm64) - Pada macOS 12 atau lebih baru, jalankan:

```
./Create_Community_Distribution_macOS.command
```

File yang dibuat:

```
dist/LUFSscale.app
dist/LUFSscale-2.2.3-macOS-arm64-community.zip
dist/LUFSscale-2.2.3-macOS-arm64-community.zip.sha256
```

Mac Intel (x86_64) - Pada Mac Intel, jalankan:

```
./Create_Community_Distribution_macOS.command
```

Jika macOS memasang alat Xcode, biarkan Terminal terbuka: builder melanjutkan secara otomatis.

File yang dibuat:

```
dist/LUFSscale.app
dist/LUFSscale-2.2.3-macOS-x86_64-community.zip
dist/LUFSscale-2.2.3-macOS-x86_64-community.zip.sha256
```

.app (aplikasi mandiri untuk pengujian atau penggunaan lokal)

.zip (arsip untuk dibagikan atau dipublikasikan, berisi aplikasi, sumber, lisensi, dan pemberitahuan)

.sha256 (sidik SHA-256 dari berkas .zip)

Lampiran teknis - perhitungan dan rumus

L = LUFS, TP = dBTP, G = dB

ITU-R BS.1770

$$z_i = (1/T_g) \int x_i^2(t) dt$$
$$L_K = -0.691 + 10 \log_{10}(\sum G_i z_i)$$

Energi kanal berbobot K digabungkan untuk menghitung kenyaringan terintegrasi.

ITU-R BS.1770 - Gating

$$T_g = 400 \text{ ms}; \text{ overlap} = 75 \%$$
$$\Gamma_a = -70 \text{ LKFS}; \Gamma_r = \Gamma_{\text{loud}} - 10 \text{ LU}$$

Gate absolut dan relatif memilih blok yang dipakai oleh pengukuran terintegrasi.

Pemrosesan per berkas

$$G_{\text{file}} = L_{\text{target}} - L_{\text{input}}$$

Setiap berkas memakai pengukuran dan gain sendiri untuk mendekati target LUFS di bawah batas True Peak.

Perkiraan tanpa keluaran

$$G_{\text{est}} = L_{\text{target}} - L_{\text{input}}$$
$$TP_{\text{est}} = \min(TP_{\text{input}} + G_{\text{est}}, TP_{\text{limit}})$$

Analisis saja dapat memperkirakan hasil, tetapi tidak membuat audio atau QC keluaran.

Lewati berkas yang sudah sesuai

$$|L_{\text{in}} - T| \leq 0.10 \text{ LU}$$
$$TP_{\text{in}} \leq TP_{\text{max}}$$

Berkas dalam ± 0.10 LU dari target dan di bawah batas True Peak disalin tanpa encode ulang.

Perubahan kenyaringan

$$\Delta = L - T$$
$$R_{\text{display}} = [-6, +6] \text{ LU}; \tau_{\text{QC}} = \pm 0.60 \text{ LU}$$

Sebelum menunjukkan loudness fisik. Pada ReplayGain, grafik kedua memperkirakan pemutaran kompatibel dari gain tersimpan.

Kontrol mutu otomatis

$$|L_{\text{out}} - L_{\text{expected}}| > 0.60 \text{ LU}$$
$$TP_{\text{out}} > TP_{\text{limit}} + 0.25 \text{ dB}$$

Pemeriksaan kualitas mencakup semua format yang didukung. M4A, OGG, dan Opus juga diperiksa, tetapi tidak menggunakan siklus koreksi khusus MP3 dinamis atau FLAC/WAV/AIFF. Dalam ReplayGain, pemeriksaan mencakup keutuhan sinyal dan tag, bukan jaminan normalisasi fisik audio.

Dengan kontrol kualitas, MP3 dinamis dapat dihitung ulang hingga tiga kali. FLAC/WAV/AIFF dapat menerima hingga dua koreksi. Setiap percobaan diukur ulang dan keluaran terbaik dipertahankan.

Tanpa QC, kepatuhan tidak dinyatakan dan percobaan korektif tidak dijalankan. Keluaran yang diseragamkan tetap diukur ulang untuk log dan CSV. Mode analisis tidak membuat keluaran atau menjalankan QC keluaran.

ReplayGain - tanpa encode ulang audio

$$G_{\text{tag}} = L_{\text{target}} - L_{\text{input}}$$
$$P_{\text{peak}} = 10^{TP/20}$$

ReplayGain menghitung gain dan menulis `REPLAYGAIN_TRACK_GAIN/PEAK`. Audio disalin tanpa encode ulang (-c:a copy); hanya pemutar kompatibel menerapkan tag. LUFS dan True Peak fisik tidak berubah.

ReplayGain berguna untuk meratakan volume pemutaran secara reversibel tanpa encode ulang pada pustaka yang memakai pemutar kompatibel. Untuk menghasilkan berkas yang secara fisik terukur pada target di semua pemutar, gunakan Normalisasi.

Lampiran teknis - Kontrol mutu otomatis

L_t = target LUFS; TP_{req} = batas yang diminta; TP_g = margin 0,05 dB

Cakupan format

Pengukuran dan ambang kualitas berlaku untuk format yang didukung. Rumus target internal dan koreksi bertanda «Khusus MP3» menjelaskan siklus MP3 dinamis. Batas koreksi membedakan FLAC/WAV/AIFF dan tidak boleh digeneralisasi ke M4A, OGG, atau Opus.

Kelayakan loudnorm linear

$$\begin{aligned}G &= L_t - I \\TP_{pred} &= TP_{in} + G \\m_{TP} &= TP_{req} - TP_{pred} \geq 0.05 \\m_{LRA} &= LRA_t - LRA_{in} \geq 0.05\end{aligned}$$

Mode linear hanya dipakai bila margin true peak terprediksi dan margin LRA masing-masing sedikitnya 0,05.

MP3 - True peak internal awal

$$\begin{aligned}TP_{safe} &= TP_{req} - 1.00 \text{ dB} \\TP_{int,0} &= \max(-9 \text{ dBTP}, TP_{safe})\end{aligned}$$

Untuk MP3 dinamis, target internal dimulai 1,00 dB di bawah batas yang diminta, dengan batas bawah -9 dBTP.

Kepatuhan ketat

$$\begin{aligned}|L_{out} - L_t| &\leq 0.50 \text{ LU} \\TP_{out} &\leq TP_{req}\end{aligned}$$

Keluaran patuh ketat bila kenyaringan berada dalam $\pm 0,50$ LU dan true peak tidak melampaui batas yang diminta.

MP3 - Koreksi peak

$$\begin{aligned}TP_g &= 0.05 \text{ dB} \\e_{TP} &= TP_{out} - (TP_{req} - TP_g) \\TP_{int,n+1} &= TP_{int,n} - e_{TP}\end{aligned}$$

Jika peak melampaui batas, target internal berikutnya diturunkan sebesar kelebihan ditambah margin 0,05 dB.

MP3 - Koreksi kenyaringan rendah

$$\begin{aligned}r &= \min[(L_t - 0.45) - L_{out}, \\&\quad (TP_{req} - 0.05) - TP_{out}] \\TP_{int,n+1} &= TP_{int,n} + r\end{aligned}$$

Jika kenyaringan rendah, target internal naik menuju $L_t - 0,45$ LU sesuai ruang peak; langkah di bawah 0,01 dB tidak dipakai.

Percobaan terbaik

$$\begin{aligned}p &= \max(0, TP_{out} - TP_{req}) \\e_L &= \max(0, |L_{out} - L_t| - 0.50) \\d_L &= |L_{out} - L_t| \\score &= (p > 0, e_L > 0, p, e_L, d_L)\end{aligned}$$

Di antara percobaan yang tersedia, skor memprioritaskan batas puncak, toleransi kenyaringan, lalu selisih absolut dari target. Ini berlaku untuk koreksi MP3 dinamis dan FLAC/WAV/AIFF.

Batas koreksi

$$N_{MP3} \leq 3; N_{lossless} \leq 2$$

MP3 dinamis mengizinkan paling banyak tiga percobaan ulang; FLAC, WAV, dan AIFF dua koreksi. Proses dapat berhenti lebih awal.

Peringatan QC dan target percobaan ulang

$$\begin{aligned}\Delta L &= L_{out} - L_t \\QC_{alert} &\Leftrightarrow |\Delta L| > 0.60 \vee TP_{out} > TP_{req} + 0.25 \\strict_{OK} &\Leftrightarrow |\Delta L| \leq 0.50 \wedge TP_{out} \leq TP_{req} \\retry_{MP3} &\Leftrightarrow \neg strict_{OK} \wedge |TP_{int,n+1} - TP_{int,n}| \geq 0.01\end{aligned}$$

QC memperingatkan pada $\pm 0,60$ LU dan $+0,25$ dB; percobaan ulang mengejar batas ketat dengan langkah sedikitnya 0,01 dB.