

BAB III

METODE PENELITIAN

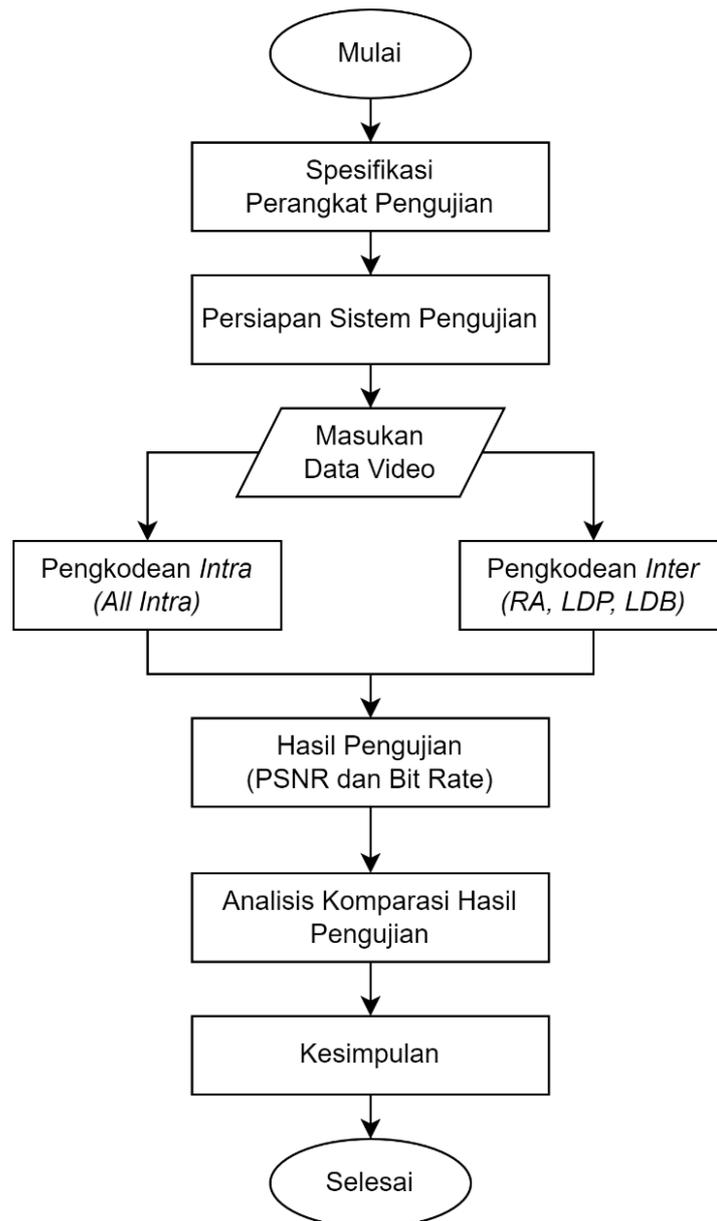
3.1. Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental untuk menganalisis kinerja skema pengkodean video H.265 terhadap variasi karakteristik video masukan dan pengaruh *bit rate* terhadap kualitas video yang dihasilkan. Eksperimen dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak HM (HEVC *Test Model*) *software reference* H.265 versi terbaru yaitu *HM Software Encoder Reference Version 18*. Perangkat lunak tersebut merupakan proyek kolaborasi ITU-T *Video Coding Experts Group* (ITU-T Q.6/SG 16) dan ISO/IEC *Moving Picture Experts Group* (ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 11) dalam proyek standarisasi pengkodean video. *HM software reference* diperoleh langsung dari web resmi HEVC (*High Efficiency Video Coding (HEVC) | HEVC*, 2023), yang merupakan standar terkini dalam kompresi video. Proyek ini penting dalam pengkodean video karena menyediakan alat atau fitur penting bagi para peneliti dan pengembang untuk menguji serta mengembangkan teknologi pengkodean video.

Penggunaan perangkat lunak HM memungkinkan peneliti untuk melakukan serangkaian eksperimen dengan mengkodekan video menggunakan berbagai konfigurasi pengkodean yang berbeda. Variasi karakteristik video masukan seperti resolusi, *bitrate*, dan jenis konten visual dapat dimasukkan untuk eksperimen evaluasi skema pengkodean H.265. Pemahaman yang mendalam tentang kinerja pengkodean H.265 dalam berbagai konteks pengujian akan didapatkan melalui eksperimen ini. Hasil dari eksperimen dapat memberikan wawasan yang berharga bagi para pengembang teknologi pengkodean video di masa depan, serta memperkuat pemahaman tentang kelebihan dan keterbatasan dari skema pengkodean H.265 dalam konteks penggunaan praktis.

3.2. Tahapan Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan melalui serangkaian tahapan yang terstruktur untuk mencapai tujuan utama yang telah ditetapkan. Tahapan dalam penelitian ini disajikan dalam diagram alur pada gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Alur Penelitian

3.2.1. Spesifikasi Perangkat Pengujian

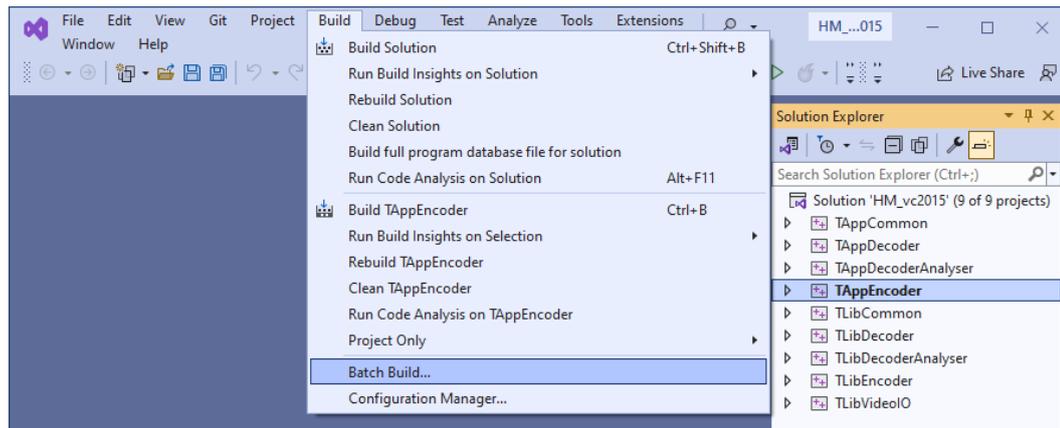
Penelitian ini menggunakan perangkat-perangkat yang terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras yang digunakan yaitu laptop dengan spesifikasi yang cukup untuk menjalankan penelitian. Spesifikasi laptop yang digunakan dalam penelitian disajikan dalam tabel 3.1. Adapun perangkat lunak yang digunakan diantaranya *Microsoft Visual Studio 17 2022*, *HM Software Reference H.265*, dan *Visual Studio Code*.

Tabel 3. 1 Spesifikasi Laptop

No.	Item	Laptop
1.	<i>Device Name</i>	Lenovo V130-14IKB
2.	<i>Monitor</i>	1366x768
3.	RAM	8 GB
4.	HDD	1 TB
5.	<i>Processor (CPU)</i>	Intel® Core™ i3-7020U
6.	<i>Graphics (GPU)</i>	Intel HD Graphics 620 (GPU0), Radeon 530 (GPU1)
7.	<i>Operating System</i>	Microsoft Windows 10

3.2.2. Persiapan Sistem Pengujian

Persiapan sistem pengujian merupakan tahap krusial dalam menjalankan eksperimen pengkodean video dengan menggunakan HM Software Reference Encoder H.265 versi 18. Proses dimulai dengan perancangan atau pembangunan (*build*) perangkat lunak dari *source code* yang diperoleh secara langsung dari situs resmi ITU-T. Langkah ini memastikan bahwa perangkat lunak siap digunakan dalam pengujian dan sesuai dengan kebutuhan penelitian. Pembangunan perangkat lunak dilakukan menggunakan lingkungan pengembangan yang sesuai, dalam hal ini *Microsoft Visual Studio 17 2022* dipilih sebagai alat utama. Lingkungan pengembangan ini menawarkan seperangkat alat yang kuat dan fleksibel yang memungkinkan proses pembangunan berjalan dengan lancar dan efisien. Melalui *Microsoft Visual Studio*, *source code* HM Software Reference Encoder H.265 dapat dikompilasi dan dibangun menjadi aplikasi yang dapat digunakan untuk pengkodean video.



Gambar 3. 2 Proses *build software* menggunakan Visual Studio

Setelah proses pembangunan selesai, hasilnya adalah berupa dua aplikasi, yaitu *TAppEncoder.exe* dan *TAppDecoder.exe*. Aplikasi *TAppEncoder.exe* digunakan untuk melakukan proses pengkodean video dengan skema H.265, sedangkan *TAppDecoder.exe* digunakan untuk mendekode (*decode*) video yang telah dikodekan sebelumnya. Kedua aplikasi ini merupakan inti dari sistem pengujian yang akan digunakan dalam eksperimen.

3.2.3. Masukan Data Video

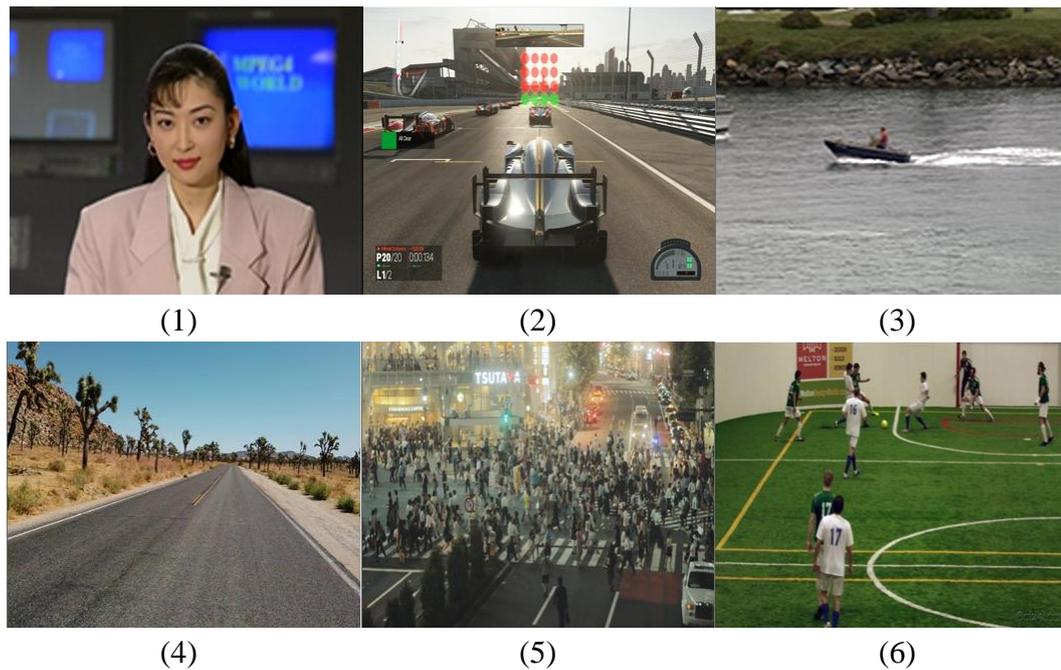
Pada tahap ini, penting untuk mempersiapkan jenis-jenis data video yang akan digunakan dalam pengujian untuk memastikan keberagaman dan representativitas hasil evaluasi kinerja pengkodean H.265. Penelitian ini akan menguji dua jenis konten video yang memiliki karakteristik yang berbeda, diantaranya yaitu:

- 1) Video dengan konten sedikit pergerakan, video pertama yang akan diuji adalah video dengan konten yang cenderung statis atau memiliki sedikit pergerakan. Contoh dari jenis video ini adalah video yang diambil oleh kamera diam, di mana latar belakang atau background video relatif tidak banyak berubah atau tetap statis. Video dengan karakteristik ini memungkinkan untuk menguji kinerja pengkodean H.265 dalam mengatasi distorsi yang mungkin timbul akibat pergerakan yang minim dalam gambar.
- 2) Video dengan konten banyak pergerakan atau dinamis, video kedua yang akan diuji adalah video yang memiliki konten dengan pergerakan yang signifikan atau

dinamis. Contoh dari jenis video ini adalah video yang diambil dengan kamera yang bergerak secara aktif, sehingga terdapat banyak blok atau piksel dalam gambar yang mengalami perubahan atau pergeseran. Video dengan karakteristik ini memungkinkan untuk menguji kemampuan pengkodean H.265 dalam mengatasi distorsi yang mungkin timbul akibat pergerakan yang kompleks dalam gambar.

Dua jenis video ini dipilih untuk mencakup spektrum yang luas dalam hal karakteristik pergerakan dan dinamika konten visual. Pengujian dengan menggunakan kedua jenis video ini akan memberikan pemahaman yang lebih menyeluruh tentang kinerja pengkodean H.265 dalam berbagai skenario penggunaan. Mempersiapkan dua jenis video dengan karakteristik yang berbeda dan memastikan konsistensi dalam resolusi dan format warna, dapat memberikan analisis yang komprehensif tentang kinerja pengkodean H.265 dalam berbagai kondisi pengujian yang mewakili berbagai aplikasi praktis. Hal ini akan memungkinkan pengembang dan peneliti untuk memahami secara lebih baik kemampuan dan batasan dari skema pengkodean H.265 dalam menangani berbagai jenis konten video.

Video yang digunakan dalam pengujian ini memiliki resolusi CIF (352×288) dan format warna 420YUV. Resolusi video yang dipilih merupakan resolusi standar yang umum digunakan dalam aplikasi kompresi video, sedangkan format warna 420YUV adalah format yang umum digunakan dalam pengkodean video. Penggunaan format ini memastikan konsistensi dalam pengujian dan memungkinkan hasil yang diperoleh dapat diinterpretasikan secara lebih luas dalam konteks aplikasi praktis.

Gambar 3. 3 Tangkapan layar video *sequence*

Gambar 3.3 merupakan tangkapan layar *frame* pertama pada masing-masing *sequence*, untuk video dengan karakteristik statis yaitu pada *sequence* (1), (3), (5) dan *sequence* (2), (4), (6) adalah video dengan karakteristik dinamis. Adapun jumlah *frame* dan *frame rate* masing-masing *sequence* dijelaskan pada tabel 3.2.

Tabel 3. 2 *Test Sequence*

No. Gambar	Nama <i>Sequence</i>	Jumlah <i>Frame</i>	<i>Frame Rate</i> (FPS)
(1)	<i>akiyo</i>	300	30
(2)	<i>cars</i>	300	60
(3)	<i>coastguard</i>	300	30
(4)	<i>drive</i>	300	60
(5)	<i>people</i>	300	30
(6)	<i>soccer</i>	300	60

3.2.4. Konfigurasi *Intra* dan *Inter* pada Pengkodean H.265

Fokus utama pada penelitian ini yaitu kinerja konfigurasi *intra* dan *inter* pada proses pengkodean video menggunakan standar H.265. Konfigurasi *intra* mengacu pada penggunaan informasi spasial di dalam suatu *frame* untuk melakukan kompresi, sedangkan konfigurasi *inter* melibatkan penggunaan referensi antar-

frame untuk meningkatkan efisiensi pengkodean. Pentingnya pemahaman mendalam tentang kedua aspek ini adalah untuk memahami bagaimana codec H.265 memproses informasi video dan mengoptimalkan pengkodean untuk mencapai kualitas yang diinginkan dengan *bitrate* yang sesuai.

Parameter konfigurasi pengkodean pada penelitian ini salah satunya QP. Nilai QP menentukan tingkat kuantisasi yang diterapkan pada koefisien transformasi dalam blok-blok prediksi intra. Semakin tinggi nilai QP, semakin kasar kualitas video yang dihasilkan karena informasi yang kurang relevan dibuang (Li dkk., 2021). Pemilihan nilai QP yang optimal adalah kunci dalam mencapai keseimbangan antara kualitas video dan *bitrate* yang dihasilkan. Selain itu, penelitian ini juga memperhatikan parameter GOPSize (*Group of Pictures Size*) dalam konfigurasi inter. GOPSize menentukan jumlah *frame* dalam grup gambar yang saling terkait dalam proses pengkodean. Melalui nilai GOPSize, maka dapat mengontrol tingkat pengkodean antar-*frame*, yang dapat memengaruhi kecepatan perubahan dalam aliran video dan kualitas video hasil pengkodean. Terakhir, parameter *FrameRate* atau laju *frame* yang dianalisis untuk memahami dampak kecepatan pemutaran video terhadap efisiensi pengkodean. Perubahan laju *frame* dapat memengaruhi distribusi *bitrate* dan kualitas video yang dihasilkan, sehingga pemahaman tentang parameter ini penting untuk mengoptimalkan kinerja codec H.265 dalam berbagai situasi pemutaran video.

Melalui parameter-parameter seperti QP, GOPSize, dan *FrameRate*, penelitian ini bertujuan untuk memberikan panduan praktis bagi pengguna codec H.265 dalam memilih pengaturan yang tepat untuk aplikasi mereka. Penelitian ini dapat mengidentifikasi pengaturan optimal untuk konfigurasi intra dan inter pada pengkodean H.265, yang dapat menghasilkan kualitas video yang diinginkan dengan *bitrate* yang efisien.

3.2.5. Analisis Komparasi Hasil Pengujian

Setelah proses implementasi konfigurasi intra dan inter pada pengkodean H.265 dilakukan, langkah selanjutnya yaitu melakukan analisis komparatif terhadap hasil pengujian. Tujuan dari analisis ini adalah untuk mengevaluasi kinerja pengkodean dengan menggunakan berbagai parameter pada konfigurasi yang telah ditetapkan sebelumnya. Metrik kinerja utama seperti *bitrate*, PSNR (*Peak Signal-*

to-Noise Ratio), dan MS-SSIM (*Multi-Scale Structural Similarity Index Measure*) akan menjadi fokus utama untuk memperoleh pemahaman yang mendalam tentang efektivitas setiap konfigurasi.

Hasil *bitrate* yang diperoleh dari pengujian akan dianalisis untuk masing-masing konfigurasi. *Bitrate* merupakan parameter yang penting dalam pengkodean video, karena menentukan seberapa banyak data yang diperlukan untuk merepresentasikan video dengan tingkat kualitas tertentu. Perbandingan dilakukan pada *bitrate* yang dihasilkan dari setiap konfigurasi untuk menentukan konfigurasi mana yang menghasilkan pengkodean yang paling efisien, yaitu mampu mencapai kualitas video yang diinginkan dengan penggunaan *bitrate* yang minimum. Selanjutnya PSNR yaitu metrik yang umum digunakan untuk mengukur kualitas rekonstruksi video dengan membandingkan perbedaan antara video asli dan video yang telah dikodekan. Perbandingan nilai PSNR dari berbagai konfigurasi dilakukan agar dapat mengevaluasi sejauh mana konfigurasi tersebut mampu mempertahankan kualitas video yang tinggi. Hasil analisis PSNR akan memberikan wawasan yang berharga tentang kemampuan setiap konfigurasi dalam mempertahankan detail visual dan mengurangi distorsi dalam video yang dikodekan.

MS-SSIM akan menjadi metrik tambahan yang dianalisis. MS-SSIM mengukur kesamaan struktural antara video asli dan video yang telah dikodekan, dengan memperhatikan persepsi visual manusia (Li dkk., 2021). Melalui perhitungan nilai MS-SSIM dari berbagai konfigurasi, dapat dinilai sejauh mana konfigurasi tersebut mampu mempertahankan struktur dan tekstur visual yang penting dalam video. Analisis MS-SSIM akan memberikan pemahaman yang lebih menyeluruh tentang kualitas visual yang dihasilkan oleh setiap konfigurasi. Melalui analisis komparatif terhadap hasil pengujian ini, diharapkan dapat diidentifikasi konfigurasi yang paling efektif dalam mencapai keseimbangan optimal antara kualitas video dan efisiensi *bitrate* dalam pengkodean H.265. Hasil analisis ini akan memberikan wawasan yang berharga bagi pengembang dan pengguna codec H.265 dalam memilih konfigurasi yang sesuai dengan kebutuhan mereka, serta dapat membantu dalam meningkatkan pemahaman kita tentang teknologi pengkodean video secara keseluruhan.

3.3. Metode Pengujian

Metode pengujian yang digunakan dalam penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kualitas pengkodean video menggunakan standar kompresi H.265/HEVC. Pengujian dilakukan dengan menggunakan kriteria objektif, yaitu Peak Signal-to-Noise Ratio (PSNR), yang dipilih sebagai metrik evaluasi utama karena memberikan ukuran kualitas gambar yang dapat diandalkan. PSNR digunakan untuk mengukur tingkat distorsi antara video yang dihasilkan oleh *encoder* dan video asli tanpa kompresi. Pada pengukuran kualitas gambar, penilaian dilakukan dengan memisahkan komponen warna YUV. Hal ini dilakukan karena representasi warna dalam video sering kali memiliki tingkat distorsi yang berbeda-beda, tergantung pada karakteristik dari masing-masing komponen warna tersebut. Oleh karena itu, pemisahan penilaian berdasarkan Y-PSNR, U-PSNR, dan V-PSNR menjadi penting untuk mengevaluasi keakuratan representasi warna dalam video yang di-encode.

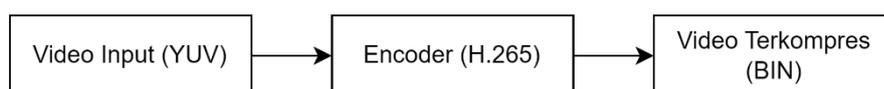
Pengujian dilakukan sesuai dengan Common Test Conditions (CTC) yang ditetapkan dalam dokumen JCTVC-L1110 (Bossen F, 2013). Dokumen ini memberikan pedoman tentang bagaimana pengujian kualitas video harus dilakukan untuk memastikan konsistensi dan keandalan hasil. Struktur prediksi yang digunakan dalam pengujian terdiri dari empat konfigurasi utama: All Intra, Random Access (RA), *Low delay P* (LDP), dan *Low delay B* (LDB).

- 1) Konfigurasi All Intra mengharuskan semua *frame* diprediksi dari piksel-piksel dalam *frame* yang sama. *Frame* yang digunakan dalam konfigurasi ini adalah *I-frame*, yang merupakan *frame* intra-coded mandiri tanpa menggunakan informasi dari *frame* lainnya. Konfigurasi ini sering digunakan dalam aplikasi yang membutuhkan dekoding yang cepat dan tidak memperhatikan ketergantungan antar-*frame*.
- 2) Konfigurasi Random Access (RA) tidak memungkinkan setiap *frame* untuk didekode secara independen tanpa memprediksi dari *frame* lain. Dalam pengujian ini, digunakan struktur B hierarkis dengan penyisipan *I-frame* secara berkala. Konfigurasi RA sering digunakan dalam aplikasi *streaming* video dan video on-demand yang membutuhkan keseimbangan antara latensi rendah dan kualitas video yang baik.

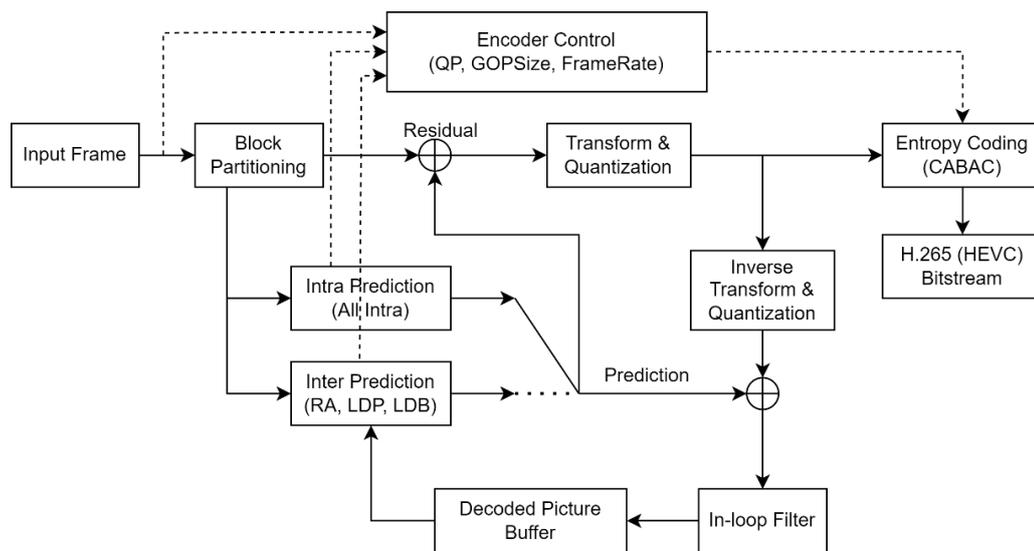
- 3) Konfigurasi *Low delay P* (LDP) mengharuskan *frame* diprediksi dari *frame* sebelumnya. *P-frame* digunakan pada konfigurasi ini tanpa menyisipkan *I-frame*, yang memungkinkan pengurangan latensi tanpa mengorbankan kualitas video yang signifikan. Konfigurasi LDP sering digunakan dalam aplikasi video konferensi dan komunikasi real-time lainnya.
- 4) Konfigurasi *Low delay B* (LDB) memungkinkan *frame* diprediksi dari *frame* sebelumnya dan sesudahnya. *B-frame* digunakan pada konfigurasi ini tanpa menyisipkan *I-frame*. Konfigurasi ini memungkinkan pengurangan latensi yang lebih besar daripada konfigurasi LDP, tetapi mungkin memiliki sedikit penurunan kualitas video karena penggunaan *B-frame* yang lebih kompleks.

Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi kualitas video yang dihasilkan oleh *encoder* dalam berbagai skenario pengkodean menggunakan empat konfigurasi tersebut. Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil PSNR dan MS-SSIM dari masing-masing konfigurasi untuk setiap *sequence* yang digunakan dalam penelitian ini. Hasil pengujian ini kemudian dianalisis untuk menentukan konfigurasi pengkodean mana yang memberikan kualitas video yang optimal, serta untuk memahami pengaruh dari masing-masing konfigurasi terhadap kinerja pengkodean video.

Konfigurasi pengkodean dalam standar H.265/HEVC memiliki peran yang signifikan dalam menentukan kualitas dan efisiensi dari proses kompresi video. Pada pengkodean intra, struktur prediksi yang umum digunakan adalah All Intra, di mana setiap *frame* diprediksi dari piksel-piksel dalam *frame* yang sama. Hal ini memungkinkan untuk mendapatkan kualitas gambar yang optimal pada *frame* individu tanpa memperhatikan hubungan antar-*frame*. Namun, untuk mengurangi redundansi spasial dalam video, penggunaan struktur prediksi inter menjadi penting dalam hal ini menggunakan konfigurasi RA, LDP, dan LDB.



Gambar 3. 4 Diagram Sistem Pengkodean H.265



Gambar 3. 5 Diagram blok proses *encoding*

Pada gambar 3.5, bagian *Encoder Control* merupakan variabel yang dikonfigurasi dengan nilai parameter tertentu, yang meliputi parameter input *frame* dan nilai *Quantization Parameter* (QP) yang akan diuji. QP digunakan untuk mengontrol tingkat kompresi yang diterapkan pada video yang dihasilkan oleh *encoder*. Nilai QP yang lebih rendah akan menghasilkan kualitas gambar yang lebih baik tetapi dengan ukuran file yang lebih besar, sementara nilai QP yang lebih tinggi akan menghasilkan ukuran file yang lebih kecil tetapi dengan kualitas gambar yang lebih rendah.

Selanjutnya, parameter *Group of Picture* (GOP) *size* juga diatur untuk setiap konfigurasi. *GOP size* menentukan jumlah *frame* yang terkandung dalam satu grup, yang berpengaruh pada tingkat ketergantungan antar-*frame* dan tingkat efisiensi kompresi. Pada konfigurasi intra, di mana setiap *frame* dianggap sebagai grup yang terpisah, *GOP size* diatur menjadi 1 *frame*. Sedangkan pada konfigurasi inter seperti RA, LDP, dan LDB, *GOP size* biasanya diatur menjadi lebih besar, seperti 8 *frame* pada LD dan LDP, serta 16 *frame* pada RA. Melalui penggunaan *GOP size* yang lebih besar, *encoder* dapat memanfaatkan ketergantungan temporal antar-*frame* untuk meningkatkan efisiensi kompresi.

Selain itu, dalam pengkodean video, pemilihan konfigurasi intra atau inter serta parameter profile juga merupakan tahapan penting. Konfigurasi intra biasanya dipilih untuk situasi di mana kualitas gambar pada setiap *frame* menjadi prioritas

utama, seperti pada aplikasi *streaming* video yang membutuhkan kualitas gambar yang konsisten. Di sisi lain, konfigurasi *inter* seringkali digunakan untuk mengurangi redundansi spasial dalam video, yang dapat menghasilkan ukuran file yang lebih kecil dengan sedikit pengorbanan pada kualitas gambar. Parameter *profile*, seperti *profile main* untuk video 8-bit dan *profile main10* untuk video 10-bit, juga harus dipilih sesuai dengan karakteristik dari video masukan untuk memastikan kompatibilitas yang optimal dengan perangkat pengkodean dan dekoding.

3.4. Jadwal Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan berdasarkan jadwal yang telah dirancang untuk memastikan pencapaian tujuan penelitian dengan efisien. Jadwal penelitian ini mencakup beberapa tahap dalam proses penelitian seperti disajikan dalam tabel 3.3.

Tabel 3. 3 Jadwal Penelitian

No.	Kegiatan	Bulan					
		Nov	Des	Jan	Feb	Mar	Apr
1.	Studi literatur						
2.	<i>Build software H.265</i>						
3.	<i>Test software H.265</i>						
4.	Pengumpulan data video						
5.	Perancangan proposal penelitian						
6.	Perancangan konfigurasi <i>encoder</i>						
7.	Pengujian <i>encoder H.265</i>						
8.	Analisis hasil pengujian						
9.	Penyusunan skripsi						
10.	Publikasi penelitian						