Seminar 1

IMPLEMENTASI FILTER SPASIAL LINEAR PADA VIDEO *STREAM* MENGGUNAKAN *FPGA HARDWARE ACCELERATOR*

Oleh
SULAEMAN
H131 16 002

Pembimbing Utama	: Dr. Eng. Armin Lawi, S.Si., M.Eng.
Pembimbing Pertama	: Dr. Diaraya, M.Ak.
Penguji	: 1. Dr. Hendra, S.Si., M.Kom.
	2. Nur Hilal A Syahrir, S.Si., M.Si.

PROGRAM STUDI ILMU KOMPUTER
DEPARTEMEN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR

2020

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI ii

DAFTAR GAMBAR iii

BAB I PENDAHULUAN 1

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Rumusan Masalah 3

1.3 Batasan Masalah 3

1.4 Tujuan Penelitian 4

1.5 Manfaat Penelitian 4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA 5

2.1 Landasan Teori 5

2.1.1 Citra Digital 5

2.1.2 Pengolahan Citra Digital 6

2.1.3 Filter Spasial 7

2.1.4 Kernel 8

2.1.5 Konvolusi 10

2.1.6 Video Streaming 11

2.1.7 FPGA 12

2.2 Penelitian Terkait 13

2.2.1 Spatial Filtering Based Boundary Extraction in Underwater Images for Pipeline Detection: FPGA Implementation 13

2.2.2 FPGA Implementation of Spatial Filtering techniques for 2D Images 14

2.2.3 Features of Image Spatial Filters Implementation on FPGA . . 14

2.2.4 An FPGA-Oriented Algorithm for Real-Time Filtering of Poisson Noise in Video Streams, with Application to X-Ray Fluoroscopy 14

2.2.5 A real-time video denoising algorithm with FPGA implementation for Poisson-Gaussian noise 15

BAB III METODE PENENILITIAN 16

3.1 Tahapan Penelitian 16

3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian 17

3.3 Rancangan Sistem 17

3.4 Instrumen Penelitian 18

DAFTAR PUSTAKA 18

DAFTAR GAMBAR

2.1.1 (a) Contoh citra biner, (b) contoh citra grayscale, (c) contoh citra warna. 6
2.1.2 Ilustrasi konvolusi pada citra. Sumber: https://indoml.com 11
2.1.3 Struktur FPGA. 12
2.1.4 FPGA Board Xilinx PYNQ-Z2. 13

3.1.1 Flowchart tahapan penelitian. 16
3.3.1 Rancangan sistem. 17

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Citra digital merupakan citra yang dihasilkan dari pengolahan secara digital dengan merepresentasikan citra secara numerik dengan nilai-nilai diskrit. Suatu citra digital dapat direpresentasikan dalam bentuk matriks dengan fungsi *f(x,y)* yang terdiri dari M kolom dan N baris. Perpotongan antara baris dan kolom disebut sebagai piksel (*pixel*) (Gonzalez and Woods, 2001). Setiap piksel mewakili sebuah warna, pada citra biner sebuah piksel hanya berwarna hitam atau putih saja. Pada citra grayscale warna sebuah piksel mewakili tingkat keabuannya. Sedangkan pada citra warna (RGB) setiap piksel mewakili warna yang merupakan kombinasi dari tiga warna dasar ,yaitu merah, hijau dan biru. Pada umumnya warna dasar dalam citra RGB menggunakan penyimpanan 8 bit untuk menyimpan data warna atau tingkat keabuannya, yang berarti setiap warna mempunyai gradasi sebanyak 255 warna . Dewasa ini, citra digital dapat menggunakan 16 bit untuk menyimpan data warna atau tingkat keabuannya, hal ini menyebabkan semakin banyak gradasi warnanya sehingga citra yang dihasilkan memiliki tingkat warna yang jauh lebih banyak. Namun tentu saja hal ini mengakibatkan ukuran file citra digital yang dihasilkan juga menjadi semakin besar.

Pengolahan citra digital merupakan proses mengolah piksel di dalam citra secara digital untuk tujuan tertentu. Berdasarkan tingkat pemrosesannya pengolahan citra digital dikelompokkan menjadi tiga kategori, yaitu: *low-level*, *mid-level* dan pemrosesan *high-level*. Pemrosesan *low-level* dilakukan dengan operasi primitif seperti *image preprocessing* untuk mengurangi derau (*noise*), memperbaiki kontras citra dan mempertajam citra (*sharpening*). Pemrosesan *mid-level* melibatkan tugas-tugas seperti segmentasi atau mempartisi gambar menjadi beberapa bagian atau objek, deskripsi objek untuk dilakukan pemrosesan lanjutan, dan klasifikasi objek yang terdapat dalam citra digital. Pemrosesan *high-level* merupakan proses tingkat lanjut dari dua proses sebelumnya, dilakukan untuk mendapat informasi lebih yang terkandung dalam citra seperti *pattern recognition*, *template matching*, *image analysis*

dan sebagainya (Gonzalez and Woods, 2001).

Konsep filter spasial pada pengolahan citra digital berasal dari penerapan transformasi Fourier untuk pemrosesan sinyal pada domain frekuensi. Istilah filter spasial ini digunakan untuk membedakan proses ini dengan filter pada domain frequensi. Proses filter dilakukan dengan cara menggeser filter kernel dari titik ke titik dalam citra digital. Istilah *mask*, *kernel*, *template*, dan *window* merupakan isitilah yang sama dan sering digunakan dalam pengolahan citra digital. Dalam penelitian ini penulis menggunakan istilah kernel untuk istilah tersebut. Konsep filter spasial linear mirip seperti konsep konvolusi pada domain frekuensi, dengan alasan tersebut filter spasial linear biasa disebut juga konvolusi sebuah kernel dengan citra digital (Gonzalez and Woods, 2001). Proses filter dalam pengolahan citra digital dilakukan dengan memanipulasi sebuah citra menggunakan kernel untuk menghasilkan citra yang baru, sehingga dengan kernel yang berbeda maka citra hasil yang didapat juga akan berbeda.

Video stream dapat dipandang sebagai serangkaian citra digital berturut-turut (Zhao, 2015). Berbeda dengan format video lainya, video stream ini tidak disimpan pada media penyimpanan sebagai file video melainkan setiap *frame* langsung disalurkan dari sumber (*source*) ke penerima, dalam hal ini FPGA. Dengan menganggap Video stream adalah kumpulan citra digital (*frame*) maka dapat dilakukan metode pengolahan seperti pada citra digital, termasuk filter spasial. Setiap citra yang ditangkap dari source disebut sebagai *frame*, setiap *frame* ini dilakukan metode filter spasial kemudian hasilnya ditampilkan secara berkesinambungan sehingga tampak seperti video yang telah difilter.

Frame per second (*fps*) atau *frame rate* adalah banyaknya *frame* yang ditampilkan per detik. Semakin tinggi *fps* sebuah video maka semakin halus pula gerakan yang dapat ditampilkan karena dibentuk dari *frame* yang lebih banyak, namun dengan jumlah *frame* yang lebih besar tentu dibutuhkan juga *resource* yang lebih besar dalam pengolahan video tersebut (Kowalczyk, Przewlocka, and Krvjak, 2018).

Field Programmable Gate Arrays atau FPGA adalah perangkat semikonduktor yang berbasis *matriks configurable logic block* (CLBs) yang terhubung melalui interkoneksi yang dapat diprogram. FPGA dapat diprogram ulang dengan aplikasi

atau fungsi yang diinginkan setelah *manufacturing*. Fitur ini yang membedakan FPGA dengan *Application Specific Integrated Circuits* (ASICs), yang dibuat khusus untuk tugas tertentu saja (Xilinx, 2020).

FPGA Xilinx PYNQ-Z2 adalah FPGA *Board* yang digunakan pada penelitian ini secara *official* dapat menerima input video stream dengan resolusi 720p. Setiap *frame* yang diterima dari *source* akan dilakukan proses filter spasial, kemudian hasilnya disalurkan melalui HDMI output untuk kemudian ditampilkan. Video hasil filter spasial yang ditampilakan akan mengalami penurunan *fps*, hal ini disebabkan adanya penambahan jeda waktu komputasi untuk proses filter yang dilakukan pada setiap *frame*. Pada kesempatan ini penulis ingin melakukan "Implementasi Filter Spasial Linear pada Video *Stream* menggunakan FPGA *Hardware Accelerator*".

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana cara implementasi fiter spasial linear pada video stream menggunakan FPGA?
2. Bagaimana kinerja FPGA dalam mengimplementasikan fiter spasial linear pada video stream?

1.3 Batasan Masalah

Berikut ini merupakan beberapa batasan dalam penelitian ini.

1. Filter kernel yang digunakan berukuran 3x3.
2. Video stream yang digunakan dalam penelitian ini beresolusi 720p.
3. Setiap frame dari video stream diubah menjadi citra grayscale sebelum dilakukan penerapan filter spasial.
4. FPGA *Board* yang digunakan adalah Xilinx PYNQ-Z2 dengan processor 650MHz dual-core ARM Cortex-A9.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Mampu melakukan implementasi fiter spasial linear pada video stream menggunakan FPGA.
2. Mengetahui kinerja FPGA dalam mengimplementasikan fiter spasial linear pada video stream.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan pemahaman tentang penerapan filter spasial pada video stream. Selain itu, penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi rujukan untuk melihat kinerja FPGA dalam mengimplementasikan filter spasial linear pada video stream.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

2.1.1 Citra Digital

Citra digital dapat didefinisikan sebagai fungsi *f(x,y)* berukuran M baris dan N kolom, dengan *x* dan *y* adalah kordinat spasial, dan amplitudo *f* di titik kordinat (x,y) dinamakan intensitas atau tingkat keabuan dari citra pada citra tersebut (Putra, 2010). Pada umumnya warna dasar dalam citra RGB menggunakan penyimpanan 8 bit untuk menyimpan data warna, yang berarti setiap warna mempunyai gradasi sebanyak 255 warna . Dewasa ini, citra digital dapat menggunakan 16 bit untuk menyimpan data warna dasarnya, hal ini menyebabkan semakin banyak gradasi warnanya sehingga citra yang dihasilkan memiliki tingkat warna yang jauh lebih banyak. Namun tentu saja hal ini mengakibatkan ukuran file citra digital yang dihasilkan juga menjadi semakin besar walaupun dengan ukuran yang sama. Berdasarkan jenis warnanya citra digital dibagi menjadi 3 jenis:

a. Citra Biner (monokrom)

Citra biner hanya memiliki dua warna saja, yaitu hitam dan putih. Warna hitam direpresentasikan dengan 1 dan warna putih direpresentasikan dengan 0. Dibutuhkan 1 bit di memori untuk menyimpan warna ini. Contoh citra biner dapat dilihat pada gambar 2.1.1(a).

b. Citra Grayscale

Banyaknya warna tergantung pada jumlah bit yang disediakan di memori untuk menampung kebutuhan warna ini. Citra *grayscale* 2 bit memiliki 4 gradasi warna, citra *grayscale* 3 bit memiliki 8 gradasi warna, dan seterusnya. Semakin besar jumlah bit warna yang disediakan di memori, semakin banyak dan semakin halus gradasi warna yang terbentuk. Pada umumnya citra digital *grayscale* menggunakan 8 bit memori dengan derajat keabuan dari 0 sampai 255. Contoh citra *grayscale* dapat dilihat pada gambar 2.1.1(b).

c. Citra Warna

Setiap piksel pada citra warna mewakili warna yang merupakan kombinasi dari tiga warna dasar (RGB = Red Green Blue). Setiap warna dasar menggunakan penyimpanan 8 bit, yang berarti setiap warna mempunyai gradasi sebanyak 255 warna. Berarti setiap piksel mempunyai kombinasi warna sebanyak 255 x 255 x 255 =16 juta warna lebih. Contoh citra warna dapat dilihat pada gambar 2.1.1(c).

Gambar 2.1.1: (a) Contoh citra biner, (b) contoh citra grayscale, (c) contoh citra warna.

2.1.2 Pengolahan Citra Digital

Pengolahan citra digital merupakan proses mengolah piksel-piksel di dalam citra secara digital untuk tujuan tertentu. Berdasarkan tingkat pemrosesannya pengolahan citra digital dikelompokkan menjadi tiga kategori, yaitu: *low-level*, *mid-level* dan pemrosesan *high-level*. Pemrosesan *low-level* dilakukan dengan operasi primitif seperti *image preprocessing* untuk mengurangi derau (*noise*), memperbaiki kontras citra dan mempertajam citra (*sharpening*). Karakteristik dari pemrosesan *low-level* yaitu keluaran atau hasil dari pemrosesannya berupa citra digital. Pemrosesan *mid-level* melibatkan tugas-tugas seperti segmentasi (mempartisi gambar menjadi beberapa bagian atau objek), deskripsi objek untuk dilakukan pemrosesan lanjutan, dan klasifikasi objek dalam citra digital. Karakteristik dari pemrosesan *mid-level* yaitu keluaran atau hasilnya berupa atribut atau fitur seperti, kontur, tepi, atau objek yang terdapat dalam citra tersebut. Pemrosesan *high-level* merupakan

proses tingkat lanjut dari dua proses sebelumnya, dilakukan untuk mendapat informasi lebih yang terkandung dalam citra (Gonzalez and Woods, 2001).

Berdasarkan tujuannya pengolahan citra juga dapat dibagi menjadi beberapa bagian yaitu: *image enhancement*, *image restoration*, *image analysis* dan *image compression* (Silva and Mendonca, 2005).

a. Image Enhancement

Image Enhancement adalah metode pengolahan citra digital untuk membuat citra tampak lebih baik atau dilakukan peningkatan untuk analisis tertentu. Namun hal ini dapat menyebabkan pengorbanan aspek lain dari citra tersebut. Penerapan filter, penghalusan citra, memperbaiki kontras dan morfologi citra adalah contoh *image enhancement*.

b. Image Restoration

Image restoration adalah metode pengolahan citra untuk memulihkan citra dari penurunan kualitas atau citra yang rusak karena derau (*noise*). Pada dasarnya metode ini berbeda dengan *image enhancement* yang berkaitan dengan ekstraksi fitur pada citra.

c. Image Analysis

Image analysis adalah metode pengolahan citra untuk menghitung besaran kuantitatif dari citra untuk menghasilkan deskripsinya. Metode ini dilakukan dengan mengekstraksi ciri-ciri tertentu yang membantu dalam identifikasi objek.

d. Image Compression

Metode ini dilakukan agar citra dapat direpresentasikan dalam bentuk yang lebih kompak sehingga memerlukan memori yang lebih sedikit. Metode ini dapat dilakukan dengan mengurangi redundansi dari data-data yang terdapat dalam citra sehingga dapat disimpan atau ditransmisikan secara efisien.

2.1.3 Filter Spasial

Konsep filter spasial pada pengolahan citra digital berasal dari penerapan transformasi Fourier untuk pemrosesan sinyal pada domain frekuensi. Istilah filter

spasial ini digunakan untuk membedakan proses ini dengan filter pada domain frequensi. Proses filter dilakukan dengan cara menggeser filter kernel dari titik ke titik dalam citra digital. Istilah *mask*, *kernel*, *template*, dan *window* merupakan isitilah yang sama dan sering digunakan dalam pengolahan citra digital (Gonzalez and Woods, 2001). Dalam penelitian ini penulis menggunakan istilah kernel untuk istilah tersebut.

Proses filter dalam pengolahan citra digital dilakukan dengan memanipulasi sebuah citra menggunakan kernel untuk menghasilkan citra yang baru, sehingga dengan kernel yang berbeda maka citra hasil yang didapat juga akan berbeda.

2.1.3.1 Operator Linear dan Non-linear

Didefinisikan H sebuah operator dengan *input* dan *output* adalah citra digital. H dikatakan operator linear jika untuk untuk sembarang gambar f dan g, dan untuk sembarang skalar a dan b berkalu,

$$H(af + bg) = aH(f) + bH(g) \tag{2.1.1}$$

Dengan kata lain hasil dari operator linear dengan jumlahan dua buah citra (yang telah dikali dengan konstanta a dan b) identik dengan hasil operator linear pada masing-masing gambar, dikali dengan konstanta yang sama, kemudian hasilnya dijumlahkan. Sebagai contoh, sebuah operator dengan fungsi yang menjumlahkan K citra adalah operator linear. Operator yang menghitung nilai mutlak dari perbedaan dua gambar adalah tidak linear. Operator yang tidak memenuhi persamaan (2.1.1) dikatakan non-linear (Gonzalez and Woods, 2001).

2.1.4 Kernel

2.1.4.1 Averaging Filter

Averaging filter atau biasa juga disebut *box filter* adalah salah satu filter yang digunakan untuk menghaluskan citra dan mengurangi derau. Secara sederhana nilai sebuah piksel yang baru adalah nilai rata-rata dari nilai piksel tersebut dengan nilai piksel tetangganya (Kowalczyk, Przewlocka, and Krvjak, 2018). Berikut kernel

averaging filter yang digunakan dalam penelitian ini:

$$\frac{1}{9}\begin{bmatrix}1 & 1 & 1\\ 1 & 1 & 1\\ 1 & 1 & 1\end{bmatrix}$$

2.1.4.2 Gaussian Blur

Filter ini juga digunakan untuk menghaluskan citra dan mengurangi derau. Idenya mirip seperti *averaging* filter, nilai piksel yang baru dibentuk dari nilai piksel tetangganya, tepai dengan memberikan bobot yang lebih kuat pada nilai pikselnya sendiri diikuti dengan bobot yang lebih rendah pada piksel atas, bawah dan sampingnya (Ustyukov, Efimov, and Kolchaev, 2019). Berikut kernel gaussian blur filter yang digunakan dalam penelitian ini:

$$\frac{1}{16}\begin{bmatrix}1 & 2 & 1\\ 2 & 4 & 2\\ 1 & 2 & 1\end{bmatrix}$$

2.1.4.3 Sobel

Filter Sobel termasuk *high-pass* filter yang umum digunakan untuk deteksi tepi pada citra. Sobel memiliki dua kernel untuk deteksi tepi yaitu kernel sobel vertikal untuk mendeteksi tepi secara vertikal dan kernel sobel horizontal yang mendeteksi tepi secara horizontal (Kowalczyk, Przewlocka, and Krvjak, 2018). Berikut kernel Sobel vertikal dan horizontal yang digunakan dalam penelitian ini:

$$\begin{bmatrix}1 & 0 & -1\\ 2 & 0 & -2\\ 1 & 0 & -1\end{bmatrix} \qquad \begin{bmatrix}1 & 2 & 1\\ 0 & 0 & 0\\ -1 & -2 & -1\end{bmatrix}$$

2.1.4.4 Laplacian

Filter ini dapat digunakan untuk deteksi tepi pada citra karena sifatnya yang sensitif dengan perubahan intensitas yang cepat (Jingbo et al., 2011). Tidak seperti

Sobel yang menggunakan dua kernel untuk mendeteksi tepi secara vertikal dan horizontal, disini hanya digunakan sebuah kernel yang dapat digunakan untuk deteksi tepi secara vertikal dan horizontal sekaligus. Berikut kernel Laplacian yang digunakan dalam penelitian ini:

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

2.1.4.5 Sharpening

Sharpening filter digunakan untuk memperjelas detail halus dalam citra atau untuk meningkatkan detail pada citra yang *blur*, baik karena kesalahan ataupun karena efek dari metode akuisisi citra tertentu (Yang, 2013). Berikut kernel untuk filter *sharpening* yang digunakan dalam penelitian ini:

$$\begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 9 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

2.1.5 Konvolusi

Konsep filter spasial linear mirip seperti konsep konvolusi pada domain frekuensi, dengan alasan tersebut filter spasial linear biasa disebut juga konvolusi sebuah kernel dengan citra digital (Gonzalez and Woods, 2001). Konvolusi pada fungsi *f(x)* dan *g(x)* didefinisikan sebagi berikut:

$$h(x) = f(x) * g(x) = \int_{-\infty}^{\infty} f(a)g(x-a)da \tag{2.1.2}$$

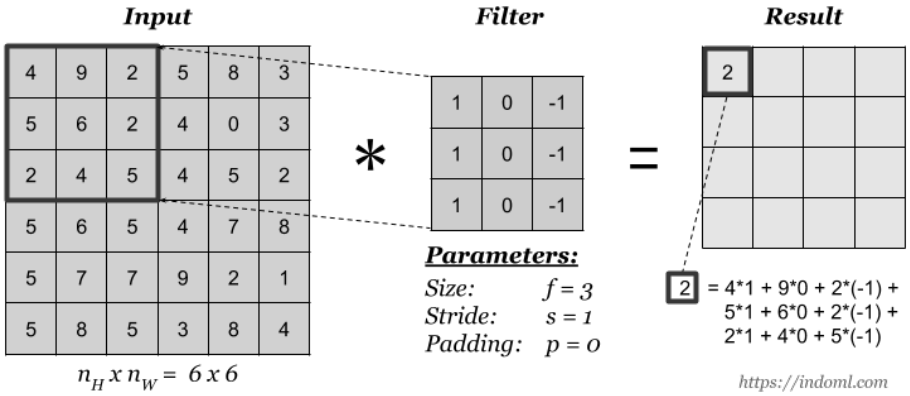
dimana tanda * menyatakan operator konvolusi, dan peubah a adalah peubah bantu. Untuk fungsi diskrit, konvolusi didefinisikan sebagai berikut:

$$h(x) = f(x) * g(x) = \sum_{a=-\infty}^{\infty} f(a)g(x-a) \tag{2.1.3}$$

Pada operasi konvolusi diatas, *g(x)* disebut kernel konvolusi atau filter kernel.

Kernel *g(x)* dioperasikan secara bergeser pada sinyal masukan *f(x)*. Jumlah perkalian kedua fungsi pada setiap titik merupakan hasil konvolusi yang dinyatakan dengan keluaran *h(x)* (Rinaldi, 2004).

Pada gambar (2.1.2) diilustrasikan bagaimana proses konvolusi pada citra digital yang direpresentasikan dalam bentuk matriks. Operasi konvolusi dilakukan pada matriks input berukuran 6x6 dengan filter berukuran 3x3. Hasil konvolusinya ditampilkan pada matriks *result*.



Gambar 2.1.2: Ilustrasi konvolusi pada citra. Sumber: https://indoml.com

Jika hasil konvolusi menghasilkan nilai piksel negatif, maka nilai tersebut dijadikan 0, sebaliknya jika hasil konvolusi menghasilkan nilai piksel yang melebihi nilai keabuan keabuan maksimum, maka nilai tersebut dijadikan ke nilai keabuan maksimum (Sutoyo et al., 2009).

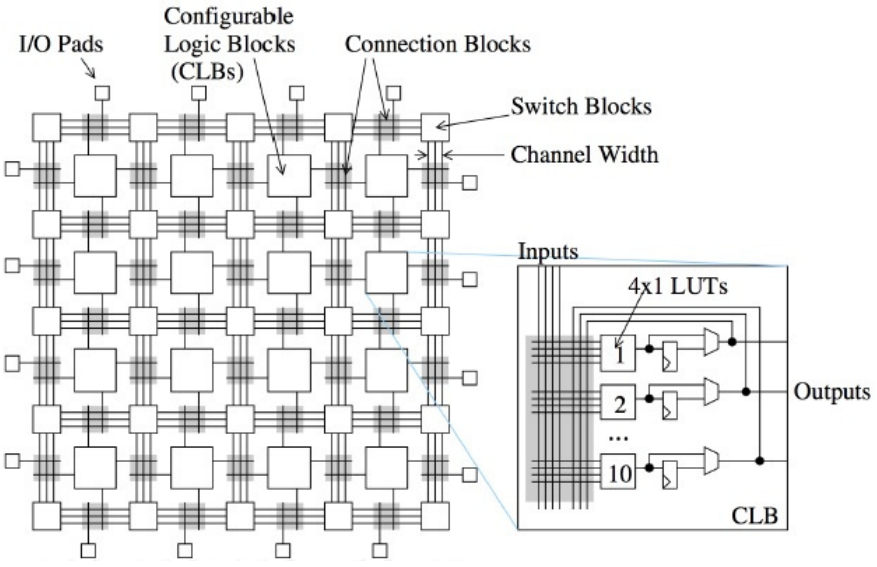
2.1.6 Video Streaming

Video stream dapat dipandang sebagai serangkaian citra digital berturut-turut (Zhao, 2015). Berbeda dengan format video lainya, video stream ini tidak disimpan pada media penyimpanan sebagai file video melainkan langsung disalurkan setiap framenya dari sumber (*source*) ke penerima, dalam hal ini FPGA. Dengan menganggap Video stream adalah kumpulan citra digital (frame) maka dapat dilakukan metode pengolahan seperti pada citra digital, termasuk penerapan filter spasial.

2.1.7 FPGA

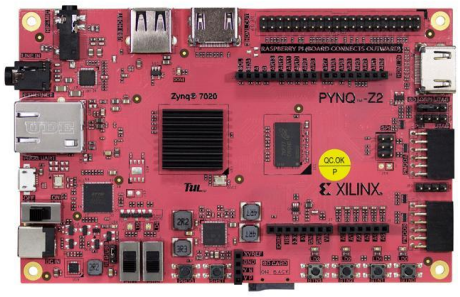
Field Programmable Gate Arrays atau FPGA adalah perangkat semikonduktor yang berbasis *matriks configurable logic block* (CLBs) yang terhubung melalui interkoneksi yang dapat diprogram. FPGA dapat diprogram ulang ke aplikasi atau fungsi yang diinginkan setelah *manufacturing*. Fitur ini yang membedakan FPGA dengan *Application Specific Integrated Circuits* (ASICs), yang dibuat khusus untuk tugas tertentu saja (Xilinx, 2020).

Sebuah *microprocessor* menerima instruksi berupa kode 1 atau 0, kode-kode ini selanjutnya diinterpretasikan oleh komputer untuk menjalankan perintah yang diberikan. *Microprocessor* ini membutuhkan intruksi berupa kode secara terus menerus untuk menjalankan fungsinya. Sedangkan pada FPGA hanya dibutuhkan sekali konfigurasi *chip* setiap kali dinyalakan. Membuat atau mengunduh *bitstream* yang menentukan fungsi logika dilakukan oleh *logic elements* (LEs), sebuah sirkuit dapat dibuat dengan mengabungkan beberapa LEs menjadi satu kesatuan. Setelah *bitstream* dipasang, FPGA tidak perlu lagi membaca instruksi berupa 1 dan 0, berbeda dengan *microprocessor* yang selalu membutuhkan instruksi (Cheung, 2019). Secara tradisional, untuk membuat sebuah desain FPGA, aplikasi dideskripsikan menggunakan *Hardware Description Language* (HDL) seperti Verilog atau VHDL sehingga menghasilkan sebuah *bitstream* FPGA.



Gambar 2.1.3: Struktur FPGA.

Pada FPGA terdahulu tidak terdapat *processor* (CPU) untuk menjalankan software apapun, sehingga ketika ingin mengimplementasikan aplikasi haruslah merancang sirkuit dari awal, seperti mengonfigurasi FPGA sesederhana gerbang logika OR atau serumit *multi-core processor* (Biswas, 2019). Dewasa ini telah dikembangkan FPGA *Develepment Board* atau biasa disebut juga FPGA *Board* yaitu teknologi FPGA yang dirangkai dalam sebuah *board* dan dilengkapi dengan *microprocessor* dan beberapa *interface IO* untuk menjankan tugas tertenu. Umumnya FPGA *Board* telah dilengkapi dengan interface untuk mengakses dan menerapkan desain sirkuitnya. Xilinx, Altera dan Intel adalah produsen FPGA *Board* yang terkenal. FPGA *Board* yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Xilinx PYNQ-Z2 dengan Jupyter Notebook sebagai *interface* untuk mengakses dan menjalankan program pada penelitian ini.



Gambar 2.1.4: FPGA Board Xilinx PYNQ-Z2.

2.2 Penelitian Terkait

2.2.1 Spatial Filtering Based Boundary Extraction in Underwater Images for Pipeline Detection: FPGA Implementation

Pipa bawah air diletakkan di dasar laut untuk tujuan pengangkutan minyak bumi dan gas menyebrangi lautan. Pipa perlu terus dipantau untuk menghindari gangguan dalam proses transportasi. Gambar dasar laut dapat diperoleh dengan menggunakan kamera dan dengan memproses gambar yang diperoleh dapat membantu dalam mendeteksi pipa. Penelitian ini membahas tentang metode pemrosesan citra untuk deteksi pipa bawah laut dari gambar bawah laut yang diambil oleh kendaraan

bawah laut yang dapat digunakan sebagai langkah awal untuk melacak saluran pipa. Implementasinya berhasil dilakukan pada *Field Programmable Gate Array* (FPGA) berbasis *development board* (Raj., Abraham, and Supriya, 2016).

2.2.2 FPGA Implementation of Spatial Filtering techniques for 2D Images

Berbagai teknik filter telah menjadi inti dari pemrosesan citra sejak awal teknik peningkatan citra (*image enhancement*). Filter spasial pada pemrosesan citra digital digunakan dalam banyak kepentingan seperti mempertajam citra, menghaluskan citra, menghilangkan derau dan sebagainya. Fleksibilitas dari metode filter spasial sering dibandingkan dengan domain transformasi karena dapat digunakan untuk filter linear dan filter non-linear. Penghalusan citra dilakukan dengan langsung memanipulasi nilai intensitas dari citra asli dengan sebuah kernel filter. Hasilnya yaitu berkurangnya detail kecil dan derau pada citra. Penelitian ini tentang penerapan berbagai macam operator filter spasial. Hasilnya didasarkan pada konsumsi perangkat keras, kecepatan desain masing-masing arsitektur. Ukuran kualitas citra didapat dengan membandingkan output dari Matlab dan output dari Xilinx FPGA dan dengan menghitung MSE (Sadangi et al., 2017).

2.2.3 Features of Image Spatial Filters Implementation on FPGA

Penelitian ini menyajikan fitur-fitur implementasi filter spasial pada citra dengan *Programmable Logic Integrated Circuits* (FPGA). Solusi yang disajikan memungkinkan untuk membuat arsitektur kristal dengan performa tinggi untuk algoritma filter spasial. Hasilnya menunjukan kelebihan menggunakan *programmable logic* dalam tugas pemrosesan citra digital (Ustyukov, Efimov, and Kolchaev, 2019).

2.2.4 An FPGA-Oriented Algorithm for Real-Time Filtering of Poisson Noise in Video Streams, with Application to X-Ray Fluoroscopy

Pada penelitian ini dibahas tentang algoritma baru untuk *real-time filtering* pada video yang rusak karena *poison noise*. Algorima yang disajikan efektif dalam penanganan derau, dan ini secara ideal cocok dengan implementasi *hardware*, dan dapat diimplementasikan pada FPGA kecil yang memiliki sumber daya *hardware*

yang terbatas. Pada penelitian ini penerapan algoritma menggukanan hasil *X-ray fluoroscopy* sebagai studi kasus. Hasil implementasi menggunakan yang StratixIV FPGA menunjukkan bahwa sistem hanya menggunakan, paling banyak, 22% dari sumber daya perangkat, dalam implementasi *real-time filtering* pada video *stream* 1024x1024 @49fps. Sebagai perbandingan, implementasi filter berbasis FIR pada FPGA yang sama dan dengan video *stream* yang serupa, dibutuhkan 80% *resource logic* pada FPGA (Castellano et al., 2019).

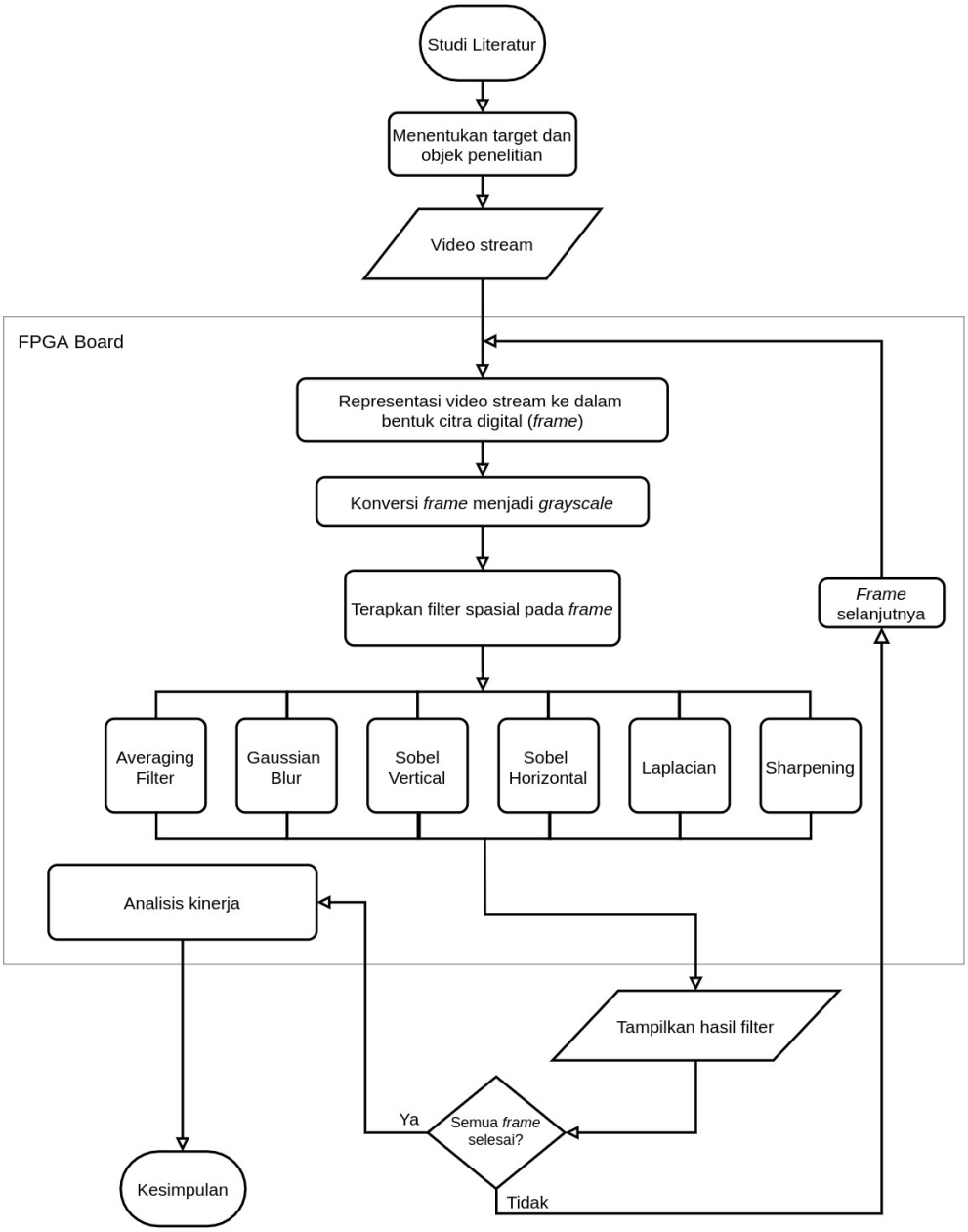
2.2.5 A real-time video denoising algorithm with FPGA implementation for Poisson-Gaussian noise

Pada penggunaan umum metode denoising yaitu *Pixel Similarity Weighted Frame Average* (PSWFA). Pada penelitian ini, dilakukan peningkatan kemampuan denoising dari PSWFA menggunakan pre-filter yang mengandung operator *downsampling* dan small Gaussian filter. Transformasi citra dapat mengalami gangguan oleh derau Gaussian. Untuk memasang algoritma ini pada perangkat keras, sebelumnya diimplementasikan algoritma ini pada Spartan-6 FPGA untuk evaluasi. Dilakukan juga perbandingan dengan beberapa metode denoising yang sudah ada. Evaluasi selanjutnya untuk kemampuan denoising, algoritma ini dibandingkan dengan beberapa algoritma *state-of-art* yang tidak diimplementasikan pada FPGA tetapi memiliki performa yang baik pada personal komputer. Hasil eksperimen pada kedua simulasi video berderau dan video yang ditangkap pada pencahayaan yang kurang menunjukan tingkat keefektifan pada algoritma ini, terkhusus pada pemrosesan derau berskala besar (Tan et al., 2014).

BAB III
METODE PENENILITIAN

3.1 Tahapan Penelitian

Tahapan dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.1.1.



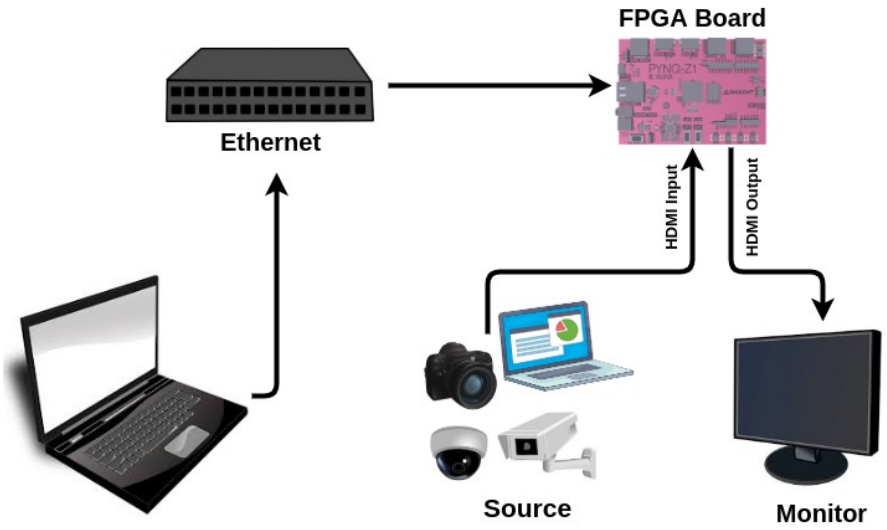
Gambar 3.1.1: Flowchart tahapan penelitian.

3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dari bulan Juni 2020 sampai dengan bulan Agustus 2020. Lokasi penelitian dilakukan di Laboratorium Rekayasa Perangkat Lunak Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin Makassar.

3.3 Rancangan Sistem

Pada penelitian ini akan dibangun suatu sistem untuk mengimplementasikan filter spasial linear pada FPGA, dapat dilihat pada gambar 3.3.1.



Gambar 3.3.1: Rancangan sistem.

Video *stream* dari *source* disalurkan melalui port HDMI Input pada FPGA Board, kemudian video *stream* tersebut akan diolah dengan menerapkan filter spasial linear pada setiap framenya. Setiap frame yang telah diterapkan filter spasial akan dialirkan ke monitor untuk kemudian ditampilkan. Selanjutnya dilakukan analisis kinerja pada FPGA. FPGA board yang digunakan dalam penelitian ini dapat diakses dengan *ssh* pada port 22 atau dengan Jupyter Notebook melalui browser.

3.4 Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian ini yaitu:

1. Kebutuhan perangkat lunak:
    a. Ubuntu 18, sebagai OS pada FPGA Board.
    b. Python 3.6 (dengan modul OpenCV dan Numpy).
    c. Jupyter Notebook, untuk mengakses FPGA Board.
2. Kebutuhan perangkat keras:
    a. FPGA Board Xilinx PYNQ-Z2.
    b. Micro SD Card 16Gb (sebagai media penyimpanan OS pada FPGA Board).
    c. Monitor Eksternal (untuk menampilkan hasil filter dari FPGA).
    d. Laptop Lenovo Ideapad 320 (sebagai *source* video *stream*).
    e. 2 buah kabel HDMI (untuk input dan output pada FPGA).

DAFTAR PUSTAKA

Biswas, Priyabrata (2019). *Introduction to FPGA and its Architecture*. https://towardsdatascience.com/introduction-to-fpga-and-its-architecture-20a62c14421c. Accessed on 2020-06-18.

Castellano, G. et al. (Jan. 2019). "An FPGA-Oriented Algorithm for Real-Time Filtering of Poisson Noise in Video Streams, with Application to X-Ray Fluoroscopy". In: *Circuits, Systems, and Signal Processing*. DOI: 10.1007/s00034-018-01020-x.

Cheung, Peter (2019). *Introduction to FPGAs*. http://www.ee.ic.ac.uk/pcheung/teaching/ee2_digital/Lecture2-IntroductiontoFPGAs.pdf. Accessed on 2020-04-19.

Gonzalez, Rafael C. and Richard E. Woods (2001). *Digital Image Processing*. 2nd. ISBN-13: 978-0201180756. Upper Saddle River, New Jersey 07458: Prentice Hall.

Jingbo, Xu et al. (Aug. 2011). "A new method for realizing LOG filter in image edge detection". In: *The 6th International Forum on Strategic Technology*. DOI: 10.1109/IFOST.2011.6021127.

Kowalczyk, Marcin, Dominika Przewlocka, and Tomasz Krvjak (Oct. 2018). "Real-Time Implementation of Contextual Image Processing Operations for 4K Video Stream in Zynq UltraScale+ MPSoC". In: *2018 Conference on Design and Architectures for Signal and Image Processing (DASIP)*. DOI: 10.1109/DASIP.2018.8597105.

Putra, Darma (2010). *Pengolahan Citra Digital*. ISBN-13: 978-979-29-1443-6. Jl. Beo 38-40, Yogyakarta 55281: Penerbit Andi.

Raj., S.M. Alex, Rita Maria Abraham, and M.H. Supriya (Sept. 2016). "Spatial filtering based Boundary Extraction in Underwater Images for Pipeline Detection: FPGA Implementation". In: *International Journal of Computer Science and Information Security (IJCSIS)*. Vol. 14, No. 9.

Rinaldi, Munir (2004). *Pengolahan citra digital dengan pendekatan algoritmik*. ISBN: 979-3338296. Bandung: Penerbit Informatika.

Sadangi, Sushant et al. (May 2017). “FPGA Implementation of Spatial Filtering techniques for 2D Images”. In: *IEEE International Conference On Recent Trends in Electronics Information & Communication Technology (RTEICT)*.

Silva, Eduardo A.B. da and Gelson V. Mendonca (2005). “4 - Digital Image Processing”. In: *The Electrical Engineering Handbook*. Ed. by Wai-Kai Chen. Burlington: Academic Press, pp. 891–910. ISBN: 978-0-12-170960-0. DOI: https://doi.org/10.1016/B978-012170960-0/50064-5.

Sutoyo, T. et al. (2009). *Teori Pengolahan Citra Digital*. ISBN-13: 978-979-29-0974-6. Jl. Beo 38-40, Yogyakarta 55281: Penerbit Andi.

Tan, Xin et al. (Feb. 2014). “A real-time video denoising algorithm with FPGA implementation for Poisson-Gaussian noise”. In: *J Real-Time Image Proc*. DOI: 10.1007/s11554-014-0405-2.

Ustyukov, Dmitry I., Alex I. Efimov, and Dmitry A. Kolchaev (June 2019). “Features of Image Spatial Filters Implementation on FPGA”. In: *MEDITERRANEAN CONFERENCE ON EMBEDDED COMPUTING (MECO)*.

Xilinx (2020). *Field Programmable Gate Array (FPGA)*. https://www.xilinx.com/products/silicon-devices/fpga/what-is-an-fpga.html. Accessed on 2020-04-17.

Yang, Ching-Chung (Sept. 2013). “Finest Image Sharpening by Sse of the Modified Mask Filter Dealing with Highest Spatial Frequencies”. In: *OPTIK*. DOI: 10.1016/j.ijleo.2013.09.070.

Zhao, Jin (Apr. 2015). “Video/Image Processing on FPGA”. Master thesis. Worcester Polytechnic Institute.