

DESAIN KONTROL PINTU BENDUNGAN OTOMATIS UNTUK MENEGAH BANJIR MENGGUNAKAN VHDL

Beauty Anggraheny Ikawanty⁹

Abstrak

Di Indonesia masih banyak penggunaan buka tutup pintu pada bendungan dilakukan secara manual oleh operator atau penjaga pintu bendungan. Seorang operator harus membuka pintu bendungan saat level air bendungan naik, dan menutup pintu bendungan saat level air sungai naik. Hal ini kurang efisien dan sering terjadi kelalaian pada operator, sehingga air sungai meluap dan menyebabkan banjir. Maka dari itu diperlukan suatu pengendali pada pintu bendungan secara otomatis sehingga dapat mencegah terjadinya banjir. Tujuan penelitian ini adalah mendesain kontrol \pintu bendungan secara otomatis dengan menggunakan VHDL (VHSIC Hardware Description Language) yang berbasis PLD (Programmable Logic Device). Dengan menggunakan PLD biaya yang dikeluarkan sedikit dan mudah pengoperasiannya. Pintu bendungan akan membuka dan menutup secara otomatis berdasarkan level air yang menyentuh sensor. Sebagai penggerak pintu di gunakan motor dc, yang akan bekerja dengan putaran kebalikan. Prinsip kerja pintu otomatis ini mempertahankan agar ketinggian air di sungai dan di bendungan memiliki Δh (selisih tinggi air bendungan dan air sungai) yang sama. Metodologi pada penelitian meliputi studi literatur, perancangan mekanik, perancangan elektronik, perancangan mekanik dan perancangan program. Dari hasil simulasi menggunakan active HDL-SIM didapatkan bahwa pintu bendungan otomatis dapat bekerja sesuai dengan desain.

Kata-kata kunci: bendungan, PLD, VHDL, banjir

Abstract

In Indonesia, most opening-closing of barrage doors are done manually. An operator has to open the barrage door when the water level increases, and close the door when the river level increases as well. It is inefficient and operators are often careless that cause the water rises

⁹ Beauty AI. Dosen Program Studi Teknik Elektronika, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang

and flood. Therefore, an automatic control in barrage door is needed to avoid flood. This research is aimed at designing control or automatic barrage door using VHDL (VHSIC Hardware Description Language) based on PLD (Programmable Logic Device). PLD can be easily operated and saves more money. The barrage door will open and close automatically based on water level that touch the sensor. This door uses motor dc as the activator which works with reverse rotation. The work pricipal of this automatic door is to defend the water level in both river and barrage with the same Δh (ratio of the water level in barrage and river). The research methodology covers literature study, mechanic design, electronic design and program design. The simulation using active HDL-SIM shows that automatic door is able to work.

Keywords: *barrage, PLD, VHDL, flood*

1. PENDAHULUAN

Bendungan berfungsi untuk menahan laju air menjadi waduk atau danau. Ini sangat bermanfaat bagi kehidupan manusia, antara lain sebagai pembangkit listrik, mencegah banjir, menstabilkan aliran air//irigasi. Kontruksi bendungan selalu dilengkapi oleh pintu sebagai penghubung antara air sungai dan air bendungan itu sendiri. Di Indonesia masih banyak penggunaan buka tutup pintu pada bendungan dilakukan secara manual oleh operator atau penjaga pintu bendungan. Hal ini kurang efisien dan sering terjadi kelalaian pada operator, sehingga air sungai meluap dan menyebabkan banjir.

Karena banjir tidak mendatangkan keuntungan, melainkan merugikan bagi manusia, sebaiknya banjir harus dicegah, salah satunya dengan pengendalian pintu bendungan secara otomatis. Pada penelitian ini sistem pengendalian pintu bendungan di kontrol dengan menggunakan PLD (Programmable Logic device). PLD dapat digunakan untuk beberapa logika pemrograman hanya dengan menggunakan satu IC. Suatu PLD berisi array dari gerbang-gerbang logika AND dan OR yang mana masukan dari kedua gerbang tersebut mempunyai hubungan-hubungan atau koneksi yang dapat diprogram yang pada akhirnya akan menyebabkan fungsi yang dibuat akan lebih khusus.

Tujuan penelitian ini adalah mendesain kontrol \pintu bendungan secara otomatis dengan menggunakan VHDL (VHSIC

Hardware Description Language) yang berbasis PLD (Programmable Logic Device). Untuk programnya menggunakan VHDL.karena selain murah, hemat, mudah untuk di program ulang. Berdasarkan latar belakang seperti yang diuraikan sebelumnya, masalah yang dihadapi dapat ditekankan pada bagaimana desain kontrol pintu otomatis pada bendungan dan bagaimana pembuatan software dengan VHDL.

Pintu bendungan akan membuka dan menutup secara otomatis berdasarkan level air yang menyentuh sensor. Sebagai penggerak pintu di gunakan motor dc, yang akan bekerja dengan putaran kebalikan. Prinsip kerja pintu otomatis ini mempertahankan agar ketinggian air di sungai dan di bendungan memiliki Δh (selisih tinggi air bendungan dan air sungai) yang sama.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Bendungan

Bendungan adalah kontruksi yang dibangun untuk menahan laju air menjadi waduk, danau, atau tempat rekreasi. Fungsi bendungan secara umum adalah :

- 1) Sebagai pembangkit listrik tenaga air.
- 2) Untuk mencegah banjir.
- 3) Menstabilkan aliran air/irigasi.
- 4) Untuk reklamasi : mencegah masuknya air ke suatu daerah yang seharusnya dapat tenggelam.
- 5) Untuk air pengalihan : sebagai hiburan. (Syahputra:2009)

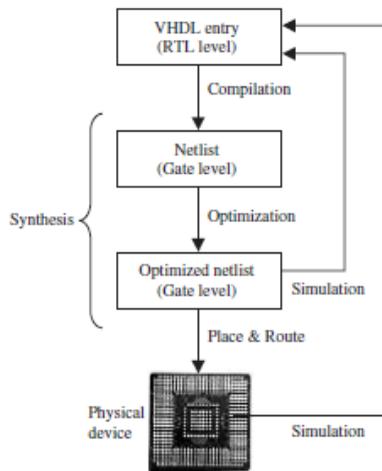
2.2 PLD

Merancang suatu rangkaian digital yang kompak dapat dilakukan dengan menggunakan komponen-komponen SSI dan MSI. Akan tetapi, untuk mengurangi biaya dan waktu perancangan serta fleksibilitas rangkaian yang dirancang perlu dikembangkan suatu rangkaian-rangkaian logika yang dapat diprogram (*programmable logic*). PLD merupakan salah satu cara untuk membentuk fungsi-fungsi logika yang kompleks. Suatu PLD berisi array dari gerbang-gerbang logika AND dan OR yang mana masukan dari kedua gerbang tersebut mempunyai hubungan-hubungan atau koneksi yang dapat diprogram yang pada akhirnya akan menyebabkan fungsi yang dibuat akan lebih khusus. Selain itu , beberapa PLD memiliki *feedback*, keluaran

yang *three state*, dan flip-flop. Gerbang-gerbang logika AND dan OR pada PLD dinyatakan dengan cukup sederhana. PLD terdiri dari beberapa jenis tergantung dari array mana (AND atau OR) yang dapat diprogram dan array mana yang tidak. (Supriatna; 2012)

2.3 VHDL

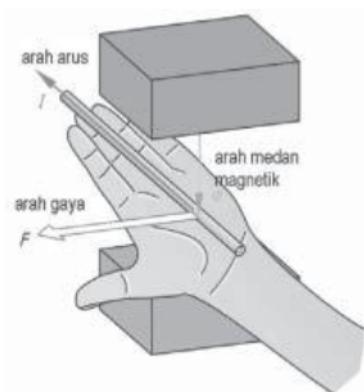
HDL (*Hardware Description Language*) adalah bahasa pemrograman untuk memodelkan hardware diskrit. VHSIC adalah singkatan dari Very High Speed Integrated Circuit. Jadi VHDL adalah VHSIC Hardware Description Language dimana bahasa pemrograman ini sangat populer digunakan untuk memodelkan arsitektur diskrit yang memiliki kecepatan proses data yang tinggi. Sehingga dengan terbitnya bahasa pemrograman ini, seorang designer perangkat diskrit akan lebih leluasa dalam menciptakan arsitektur diskritnya, karena dengan VHDL dapat langsung mensimulasikan hasil rancangannya dan dapat diimplementasikan ke dalam IC GAL22V10D dalam waktu singkat. Dalam gambar 1 ditunjukkan aliran desain menggunakan VHDL.



Gambar 1. Aliran Desain VHDL (Pedroni, 2004:4)

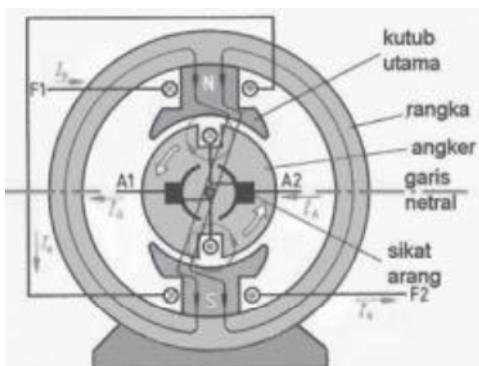
2.4 Motor DC

Sebuah motor listrik berfungsi mengubah energi listrik menjadi energi gerak. Prinsip motor listrik berdasarkan pada kaidah tangan kiri. Sepasang magnet permanen utara - selatan menghasilkan garis medan magnet (Φ), kawat penghantar diatas telapak tangan kiri ditembus garis medan magnet Φ . Jika kawat dialirkan arus listrik DC sebesar I searah keempat jari tangan, maka kawat mendapatkan gaya sebesar F searah ibu jari yang ditunjukkan dalam gambar 2.



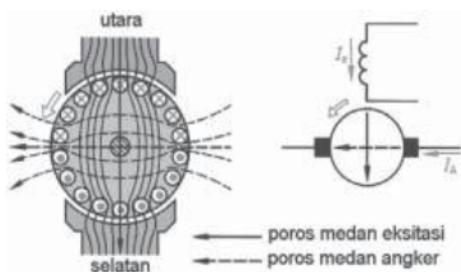
Gambar 2. Aturan tangan kiri untuk prinsip kerja motor DC (festo/motordc.com Diunduh tanggal 5 April 2013)

Konstruksi utama motor DC terdiri dari dua bagian, yaitu stator bagian motor yang diam dan rotor bagian motor yang berputar. Belitan stator merupakan elektromagnet, dengan penguat magnet terpisah F1-F2. Belitan jangkar ditopang oleh poros dengan ujung-ujungnya terhubung ke komutator dan sikat arang A1-A2 seperti yang tampak pada gambar 3. Arus listrik DC pada penguat magnet mengalir dari F1 menuju F2 menghasilkan medan magnet yang memotong belitan jangkar. Belitan jangkar diberikan listrik DC dari A2 menuju ke A1. Sesuai kaidah tangan kiri jangkar akan berputar berlawanan jarum jam.



Gambar 3. Hubungan belitan penguat medan dan Jangkar Motor (festo/motordc.com Diunduh tanggal 5 April 2013)

Terjadinya gaya torsi pada jangkar disebabkan oleh hasil interaksi dua garis medan magnet. Kutub magnet menghasilkan garis medan magnet dari utara - selatan melewati jangkar. Belitan jangkar yang dialirkan arus listrik DC menghasilkan magnet dengan arah kekiri ditunjukkan panah seperti ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4. Proses Pembangkitan Torsi Motor DC (festo/motordc.com Diunduh tanggal 5 April 2013)

Prinsip kerja motor DC secara singkat yakni jika kawat penghantar dialiri arus listrik yang terletak di antara dua kutub magnet utara dan selatan, maka kawat tersebut terkena gaya Lorentz. Arus yang mengalir pada lilitan armature akan menghasilkan medan magnet yang berinteraksi dengan medan

utama dan akan memperkuat medan disatu sisi konduktor tetapi melemahkan di sisi yang lain. Interaksi ini menyebabkan adanya gaya dorong pada konduktor armature. Arah dari gerakan armature sesuai dengan kaidah tangan kiri.

Gaya yang dihasilkan oleh arus yang mengalir pada penghantar yang ditempatkan dalam medan magnet dapat diketahui dengan persamaan sebagai berikut :

$$F = B \cdot I \cdot L \quad (1)$$

Keterangan :

F = Gaya Lorent (Newton)

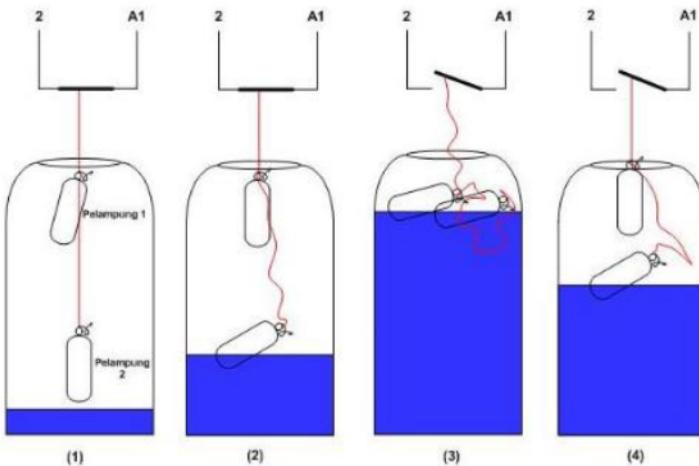
B = Kecepatan Flux Magnet ($W\text{ebr}/m^2$)

I = Arus Listrik (Ampere)

L = Panjang Sisi Kumparan Rotor (m)

2.5 Sensor air

Sensor air menggunakan pelampung yang berfungsi untuk mendeteksi level ketinggian air pada bendungan. Pelampung akan bergerak sesuai dengan level ketinggian air yang menekan dari bawah, seperti ditunjukkan dalam gambar 5.



Gambar 5. Sensor Pelampung Air (<http://imroe.blogspot.com> diunduh tanggal 5 April 2013)

3. METODE

3.1 Studi Literatur

Studi literatur adalah bagian yang terpenting dari proses desain sebuah alat otomatis. Sistem-sistem studi literatur yang dilakukan dalam proses disain sebagai berikut

- 1) Studi mengenai dasar parameter proses.
- 2) Studi mengenai parameter perancangan yang nilainya dapat ditentukan dan diubah-ubah oleh perancang untuk memenuhi spesifikasi yang direncanakan.

3.2 Perancangan Mekanik

Pada desain pintu bendungan otomatis ini dibuat dari besi atau baja, karena secara mekanik kuat dan tahan lama, sehingga dari segi ekonomis murah dan praktis karena bahan mudah di cari. Gambar 6 menunjukkan desain untuk mekanik pintu bendungan. Di sini pintu bendungan saat menutup tidak seluruhnya menutup ke dasar bendungan, karena aliran air Q dari bendungan dibiarkan agar mengalir.

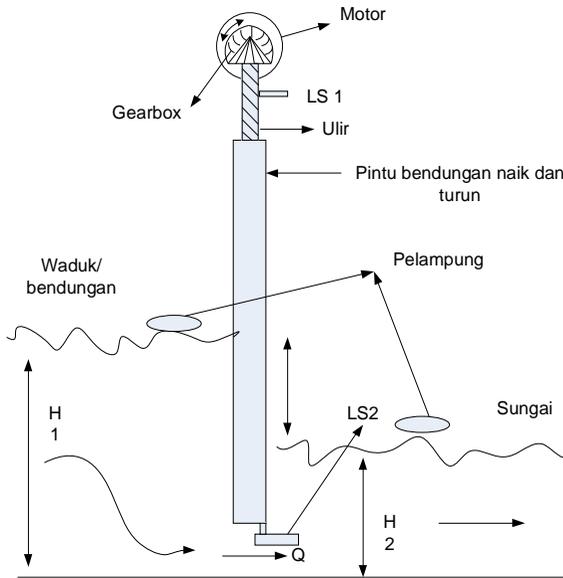
Selisih level air bendungan yaitu h_1 dan level air sungai h_2 pada saat naik dan turun harus seimbang. Tinggi h_1 selalu lebih besar dari h_2 . Bila h_2 naik maka pintu bendungan akan turun, sebaliknya bila h_1 naik maka pintu bendungan akan naik.

$$\Delta h = h_1 - h_2 \quad (2)$$

dimana : h_1 = tinggi level air bendungan

h_2 = tinggi level air sungai

Δh = selisih tinggi level air



Gambar 6. Perancangan Mekanik Pintu Bendungan Otomatis Dengan Menggunakan VHDL

3.3 Perancangan Elektronik

Pada perancangan elektronik terdiri dari :

- 1) Perancangan rangkaian sensor level air
- 2) Perancangan rangkaian driver motor DC
- 3) Blok diagram

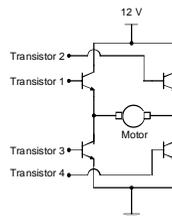
Pada perancangan sensor air menggunakan pelampung yang berfungsi untuk mendeteksi level ketinggian air pada bendungan. Pelampung akan bergerak sesuai dengan level ketinggian air yang menekan dari bawah. Seperti ditunjukkan dalam gambar 7. Pelampung 1 berfungsi sebagai batas atas air dan Pelampung 2 berfungsi sebagai batas bawah akan menggantung pada sebuah tali pelampung sehingga menyebabkan kontak pelampung yang berada di antara 2 dan A1 akan menutup karena gaya berat dari kedua pelampung. Ketika level air mulai naik maka pelampung 2 akan terangkat ke atas atau terapung. Seiring dengan semakin

bertambahnya level air maka Pelampung 2 akan semakin bergerak ke atas sesuai dengan bertambahnya air. Apabila level air telah sampai pada Pelampung 1, maka Pelampung 1 akan terangkat ke atas atau terapung bersama-sama dengan pelampung 2. Akibatnya, kontak pelampung antara 2 dan A1 akan membuka.



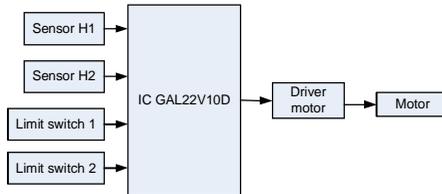
Gambar 7. Sensor Pelampung Air

Perancangan pada motor dc digunakan untuk penggerak pintu bendungan. Motor dc dirancang untuk dapat berputar berlawanan, jika pintu bendungan bergerak ke atas maka motor dc berputar ke kanan, sedangkan saat pintu bendungan bergerak turun, motor dc bergerak ke kiri. Seperti ditunjukkan dalam gambar 8 jika diinginkan motor DC berputar searah jarum jam maka harus mengaktifkan transistor1 dan transistor4 dengan cara memberikan logika high pada kaki Basis transistor tersebut. Sedangkan untuk berputar berlawanan arah jarum jam maka harus mengaktifkan transistor2 dan transistor 3 dengan cara memberikan logika high pada kaki Basis transistor tersebut. Dimana arus listrik akan mengalir dari power supply (12 V) melalui transistor1, lalu ke motor DC, lalu ke transistor4 dan akan berakhir di ground. Begitu juga sebaliknya untuk putaran berlawanan arah jarum jam.



Gambar 8. Rangkaian Driver Pembalikan Polaritas Pada Motor DC

Pada blok diagram di bawah ini sebagai pengendali digunakan IC GAL 22V10D, dimana ada empat sensor sebagai input dan satu output berupa driver motor.



Gambar 9. Blok Diagram Kontrol Pintu Bendungan Otomatis Dengan Menggunakan VHDL

3.4 Perancangan Program

Perancangan program pada pintu bendungan otomatis ini menggunakan metode state diagram. State diagram (diagram keadaan) adalah metode untuk menggambarkan proses operasi sebuah sistem. Sistem berbasis keadaan dapat digambarkan dengan keadaan-keadaan sistem tersebut dan transisi diantaranya (transisi ini hanya terjadi sesaat).

Langkah-langkah dalam mendesain program VHDL adalah sebagai berikut :

- Memahami prinsip kerja sistem kontrol
- proses yang akan direncanakan
- Menggambarkan masing-masing keadaan pada State Diagramnya
- Membuat Tabel Output
- Membuat persamaan Boolean berdasarkan State Diagram yang telah dibuat, meliputi:
 - 1) persamaan transisi state
 - 2) persamaan state
 - 3) persamaan output
- Mengimplementasikan persamaan-persamaan yang telah dibuat ke dalam bahasa pemrograman VHDL.

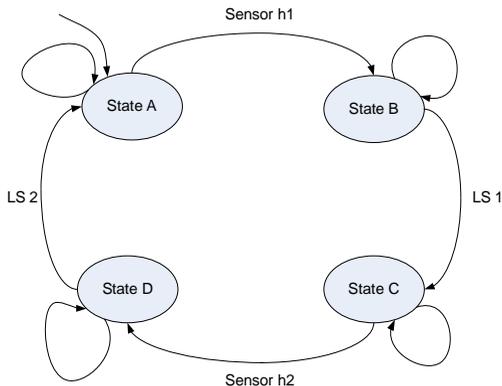
Berikut ini adalah listing program :

```
library ieee;
use ieee.std_logic_1164.all;
entity simple_fsm is
    port(a,b,c,d,e,clk,rst : in bit;
         x : out bit);
end simple_fsm;
architecture simple_fsm of simple_fsm is
    type state is (stateA, stateB, stateC, stateD);
    signal pr_state, nx_state: state;
begin
    process(rst, clk)
        if (rst='1') then
            pr_state <= stateA;
        elsif (clk'event and clk='1') then
            pr_state <= nx_state;
        end process;
    process(a,b,c,d,e,pr_state)
    begin
        when stateA =>
            x<=a;
            if (e='1') then nx_state <=
stateB;
                else nx_state <= stateA;
            end if;
        when state =>
            x<=b;
            if (e='1') then nx_state <=
stateC;
                else state <= stateB;
            end if;
        when stateC =>
            x<=c;
            if (e='1') then state <= stateD;
            else state <= stateC;
            end if;
        when stateD =>
            x<=d;
            if (e='1') then nx_state <=
stateA;
                else nx_state <= stateD;
            end if;
    end process;
end simple_fsm;
```

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Program VHDL ditulis pada GALAXY yang ada pada program WARP 5.2, setelah itu program di simulasikan dengan menggunakan ACTIVE HDL-Sim untuk mengetahui apakah program yang dibuat telah sesuai dengan yang diinginkan, sebelum dimasukkan ke dalam IC GAL22V10D. Alat untuk mendownload dari komputer ke IC digunakan ALL-100.

Dengan metode state diagram yaitu metode untuk menggambarkan proses operasi sebuah sistem. Sistem berbasis keadaan dapat digambarkan dengan keadaan-keadaan sistem tersebut dan transisi diantaranya (transisi ini hanya terjadi sesaat) seperti ditunjukkan dalam gambar 10.



Gambar 10. State Diagram Kontrol Pintu Bendungan Otomatis Dengan Menggunakan VHDL

Keterangan :

State A : Keadaan awal

State B : Pintu bendungan naik

State C : Pintu bendungan berhenti

State D : Pintu bendunga turun

Pada setiap perpindahan state dipengaruhi oleh sensor dan limit switch. Untuk perpindahan dari state A ke state B ditentukan oleh sensor h1, perpindahan state B ke state C dipengaruhi oleh LS1, perpindahan state C ke state D dipengaruhi oleh sensor h2

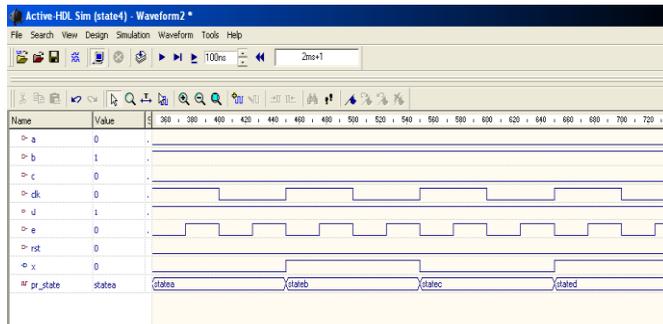
dan perpindahan state D ke state A dipengaruhi oleh LS2. Berikut adalah tabel keluaran:

Tabel 1. Parameter Hasil Simulasi

State	Motor Naik	Motor Turun
A	0	0
B	1	0
C	0	0
D	0	1

Pada kondisi state A, motor dalam kondisi diam atau kondisi awal, pada kondisi state B, motor bergerak naik karena adanya sinyal dari sensor h1, yaitu level air bendungan naik melampaui batas maksimal dan mengaktifkan sensor h1, sensor ini akan menggerakkan driver motor dan pintu bendungan bergerak naik sampai menyentuh limit switch 1 dan motor berhenti, pada kondisi ini berada pada state C. Apabila air sungai bertambah melampaui batas karena adanya aliran air dari bendungan sampai mengaktifkan sensor h2, maka motor akan aktif dan pintu bendungan akan turun (kondisi pada state D) sampai menyentuh limit switch 2 dan motor berhenti.

Untuk hasil simulasi pada active HDL-sim di tunjukkan dalam gambar 10. Di mana x adalah hasil keluaran pada motor, pada saat state B maka x berlogika '1' motor akan naik, dan pada state C x juga berlogika '1' motor akan turun.



Gambar 10. Hasil Simulasi Kontrol Pintu Bendungan Otomatis Dengan Menggunakan VHDL

5. PENUTUP

Dari hasil desain pintu bendungan otomatis dapat disimpulkan bahwa PLD dengan program VHDL dapat mengendalikan kerja motor dc sehingga pintu bendungan dapat bergerak naik dan turun berdasarkan kerja sensor. Sebagai pengendali digunakan IC GAL22V10D, dimana di dalamnya berisi program VHDL hasil desain. Dari hasil simulasi pada Active-HDL SIM motor dapat bekerja sesuai dengan hasil perancangan.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Adhisuwigno, Supriatna, 2012. Otomasi Mesin Pemotong Kayu Berbasis PLD Menggunakan VHDL, Prosiding Seminar Nasional Embedded System, LIPI.
- Pedroni, Volnei, 2004. A Circuit Design With VHDL, MIT Press, England.
- Syahputra, 2009. Pintu Kanal Banjir Otomatis Pada Bendungan Menggunakan Mikrokontroler Sebagai Pusat Kendali, Tugas Akhir, Universitas Sumatera Utara.