

Sistem Pengolahan Citra *Stand-Alone* Ekonomis Berbasis Mikrokontroler

Eril Mozef

Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung
e-mail: erilmozef@yahoo.com

Abstrak

Pada paper ini diperkenalkan realisasi sebuah sistem pengolahan citra lengkap yang *stand-alone* dan ekonomis. Keunikan dari sistem ini adalah bahwa prosesor yang digunakan hanyalah sebuah mikrokontroler yang mana pada kebanyakan sistem pengolahan citra yang ada biasanya berbasis PC atau berbasis prosesor video khusus yang mahal. Mikrokontroler yang digunakan adalah mikrokontroler RISC 8 bit jenis baru Scenix SX28AC yang bisa didapatkan dipasaran dengan harga yang murah dan relatif sama dengan mikrokontroler keluarga MCS51, 68HCXX dan PIC. Berkat kecepatannya yang tinggi, yang dapat mengeksekusi 1 instruksi dalam 20ns, memungkinkan keseluruhan kontrol video dilakukan oleh mikrokontroler tersebut termasuk pemberian clock ADC untuk keperluan sampling video. Keuntungan lain adalah bahwa aplikasi pengolahan citra dapat dikerjakan secara waktu-nyata. Sistem ini cocok diterapkan untuk aplikasi bertipe *outdoor* dan *mobile*.

Kata kunci: Mikrokontroler Scenix, Prosesor Video, Frame grabber, Pengolahan citra waktu-nyata.

Abstract

This paper presents a low-cost stand-alone image processing system. The unique feature of this system is the use of a micro-controller instead of an expensive processor system i.e. a PC-based system or a specific processor. In this case, a new 8-bits RISC Scenix SX28AC micro-controller is used. This micro-controller can be found in the market with relatively low price compared to MCS51, 68HCXX and PIC family. Due to its high-speed feature that can execute one instruction in 20ns, this micro-controller can perform all of video control including ADC clocking to perform video sampling. Another advantage is that image applications can be processed in reel-time. This system is suitable to be used in outdoor and mobile type of application.

Keywords: Scenix micro-controller, Video processor, Frame grabber, Reel-time image processing.

Pendahuluan

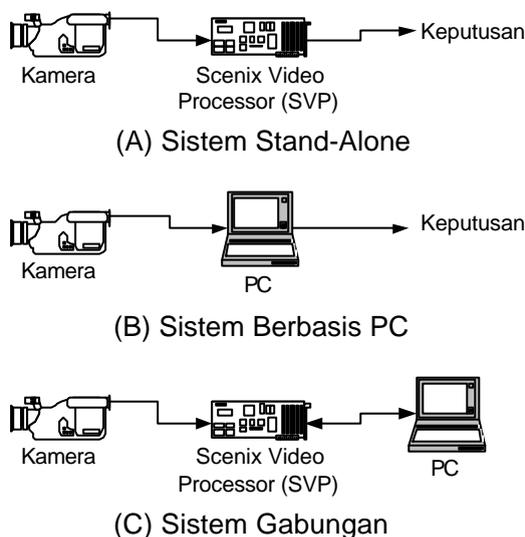
Sistem pengolahan citra yang dimaksud adalah suatu sistem yang dapat mengolah citra mulai dari *low-level* sampai dengan *high-level* atau mulai dari *preprocessing*, *processing* sampai dengan pengambilan keputusan dan dapat dikerjakan baik secara waktu-nyata maupun tidak. Kebanyakan sistem pengolahan citra dipasaran berbasis PC baik tanpa atau dengan *frame grabber*. Solusi ini tentunya sangat mahal. Sebagai contoh misalnya, sebuah *frame grabber* termurah harganya bisa mencapai 400 US\$ belum termasuk harga PC-nya. Disamping mahal tentunya sistem seperti ini tidak dapat dibuat *stand-alone* (berdiri sendiri) (Gambar 1). Padahal aspek *stand-alone* sangat bermanfaat dalam berbagai aplikasi terutama aplikasi yang bersifat *outdoor* dan *mobile* misalnya pada aplikasi Traffic, Robotik [4] dan lain-lain (Gambar 2). Solusi berbasis PC yang lebih murah adalah dengan menggunakan hardware tambahan yang biasa dikenal dengan *video digitizer* yang dihubungkan ke PC lewat bus ataupun port-paralel.

Walaupun solusi ini dapat men-*digitize* citra dengan resolusi yang tinggi namun solusi ini tidak dapat mengolah citra secara waktu-nyata dikarenakan *transfer-rate*-nya yang rendah sekitar 500 Kbps [1]. Untuk transfer video dengan kecepatan yang lebih tinggi ke PC, trend teknologi saat ini adalah penggunaan USB (Universal Serial Bus) misalnya pada aplikasi webcam [2] yang mana *transfer-rate* bisa mencapai 12 Mbps untuk standar USB1.1 sedangkan untuk standar USB2.0 bisa mencapai 480 Mbps!. Dengan *transfer-rate* sebesar ini memungkinkan dilakukannya pemrosesan citra secara waktu-nyata, namun sekali lagi solusi ini adalah mahal dan tidak *stand-alone*. Untuk aplikasi *stand-alone* biasanya sistem berbasis mikroprosesor kompleks, DSP, FPGA dan ASIC [3]. Dengan solusi ini, selain biayanya yang tinggi kita akan dihadapkan pada masalah realisasinya yang tidak mudah.

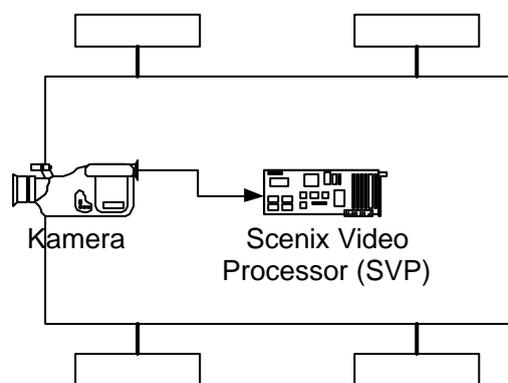
Pada paper ini diperkenalkan realisasi sebuah sistem pengolahan citra lengkap yang *stand-alone* dan ekonomis berbasis mikrokontroler. Mikrokontroler yang digunakan adalah mikrokontroler RISC 8 bit jenis baru Scenix SX28AC. Untuk mempermudah pembahasan sistem ini

Catatan: Diskusi untuk makalah ini diterima sebelum tanggal 1 Mei 2002. Diskusi yang layak muat akan diterbitkan pada Jurnal Teknik Elektro volume 2, nomor 2, September 2002.

disebut dengan SVP (Scenix Video Processor). Mikrokontroler ini bisa didapatkan dipasaran dengan harga yang murah dan relatif sama dengan mikrokontroler umum keluarga MCS51, 68HCXX dan PIC. Berkat kecepatannya yang tinggi, yang dapat mengeksekusi 1 instruksi dalam 20ns, memungkinkan keseluruhan kontrol video dilakukan oleh mikrokontroler tersebut termasuk pemberian clock ADC untuk keperluan sampling video. Sistem ini dapat mengerjakan aplikasi pengolahan citra secara waktu-nyata dan cocok diterapkan untuk aplikasi bertipe *outdoor* dan *mobile*. Disamping itu, pada paper ini, akan dibahas aplikasi sistem ini untuk pendeteksian objek multi-area secara waktu nyata.



Gambar 1. Gambaran Sistem *Stand-Alone* (A), Sistem Berbasis PC (B) dan Sistem Gabungan (C).



Gambar 2. Keuntungan Sistem *Stand-alone* dapat diterapkan pada aplikasi *outdoor* dan *mobile*

Disain

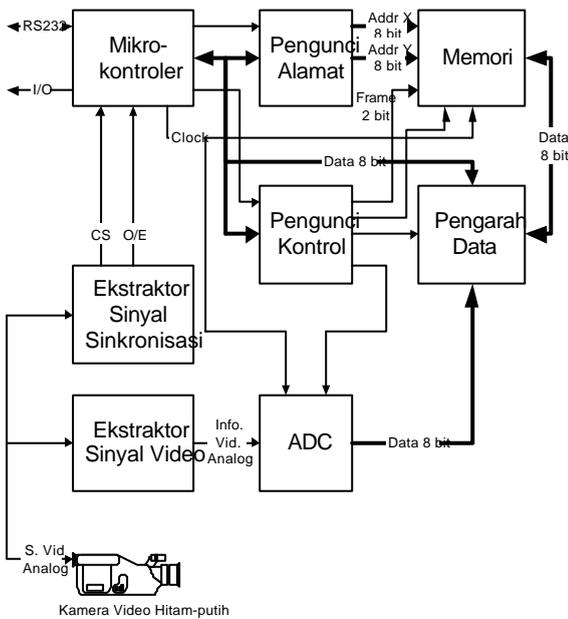
Dalam hal disain sistem yang perlu ditekankan adalah faktor kesederhanaan. Ada dua hal yang perlu dipertimbangkan:

- 1). Gambar yang diolah adalah bertipe *grey-scale* (level keabuan). Dengan tipe ini, memungkinkan digunakannya kamera hitam-putih biasa. Selain harganya lebih murah dibandingkan yang berwarna, kamera hitam-putih sudah sekaligus mereduksi kuantitas pixel (data) tanpa mengurangi arti informasi yang terkandung pada citra itu. Disamping itu format *grey-scale* memungkinkan kita men-*digitize* gambar dalam 8 bit yang berdampak pada penyederhanaan ADC, Mikrokontroler dan programnya.
- 2). Ukuran gambar adalah 256x256. Dengan ukuran ini, kita dapat mengoptimalkan penggunaan memory serta menyederhanakan sistem pengalamatannya yang berdampak pada peningkatan kecepatan pemrosesan.

Blok diagram dari SVP dapat dilihat pada Gambar 3. Sinyal komposit monokrom dari kamera masuk ke bagian Ekstraktor Sinyal Sinkronisasi (ESS) dan Ekstraktor Sinyal Video (ESV). Mikrokontroler yang selalu siap menunggu *interrupt*, begitu menerima sinyal CS (Composite Synchronization) dan O/E (Odd/Even) yang dikeluarkan bagian ESS maka akan langsung men-*sampling* ADC (Analog to Digital Converter) dengan Clock yang diberikan langsung dari salah satu port Mikrokontroler!. Data video yang tersampling akan langsung diarahkan ke memori (untuk mode tulis) dengan terlebih dahulu memberi dan mengunci alamat memori. Walaupun alamat dibentuk dalam 16 bit, namun dengan menerapkan format gambar 256x256, maka program pengalamanan akan sangat mudah dan cepat yaitu dengan mengelompokkannya menjadi alamat X dan Y. Untuk mode baca, maka data dimemori dibaca dengan cara yang sama yaitu mengunci dulu alamat memori. Mengarahkan data pada bagian memori ke bagian mikrokontroler. Bagian Pengarah Data, Memori dan ADC dikontrol oleh bit-bit yang dikunci pada Bagian Pengunci Kontrol. Dua bit dari bagian Pengunci Kontrol digunakan untuk menentukan frame mana yang akan dialamati di memori dari 4 buah frame yang tersedia. Kapasitas total memori yang diperlukan adalah 256x256x4x8 bit. Bagian Pengarah Data

menjamin data tidak akan bentrok dan dapat digunakan untuk mengarahkan data dari ADC ke Memory, Memory ke Mikrokontroler, Mikrokontroler ke Memory dan ADC ke Mikrokontroler.

Pada disain ini kunci kesederhanaan terlihat dari tidak diperlukannya lagi bagian PLL tambahan untuk meng-regenerate sinyal CS dan O/E yang tersinkronisasi dengan Clock seperti pada disain konvensional. Ini dimungkinkan karena waktu scan untuk menunggu interrupt CS dan O/E diasumsikan sangat cepat dibandingkan dengan Clocknya. Sehingga perbedaan delay antar line menjadi tidak signifikan dan garis vertikal pada gambar akan terbentuk dan terlihat dengan baik. Disini dapat kita lihat juga bahwa seluruh kontrol dan proses ditangani langsung oleh Mikrokontroler.

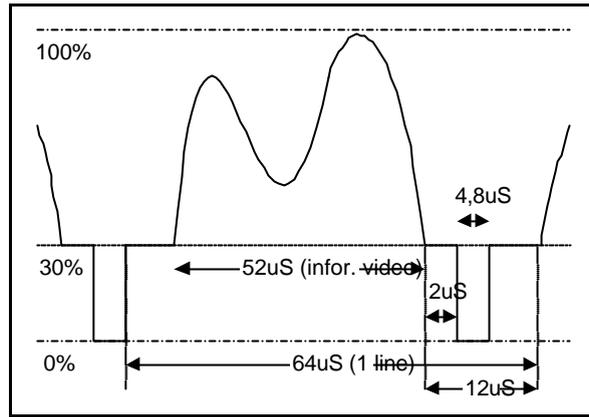


Gambar 3. Blok Diagram SVP (Scenix Video Processor)

Realisasi Hardware

Kamera dan Standar Video

Kamera yang digunakan dalam realisasi ini adalah mini kamera CCD hitam-putih biasa yang terdapat dipasaran dengan harga yang relatif murah. Standar yang digunakan adalah CCIR 625 lines. Dimana 1 line-nya diperlihatkan pada Gambar 4.

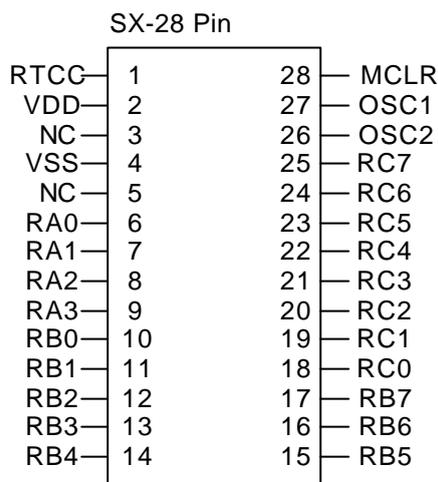


Gambar 4. Grafik dari 1 line video

Mikrokontroler Scenix

Mikrokontroler yang digunakan dalam realisasi ini adalah dari keluarga Scenix. Mikrokontroler 8 bit yang berarsitektur RISC Hardvard ini relatif baru. Mikrokontroler yang dipasarkan pertama kali tahun 1999 oleh perusahaan Scenix (sekarang Ubicom), masih satu turunan dengan keluarga PIC yang terkenal itu. Scenix memiliki keuntungan cepat namun murah. Untuk seri SX28AC yang digunakan mampu mengeksekusi 50 juta instruksi per detik! (50 MIPS) atau 1 siklus instruksinya dieksekusi hanya dalam waktu 20ns. Bahkan ada yang sanggup mencapai 100 MIPS (10ns)! yaitu untuk seri SX28AC100. Bandingkan dengan keluarga MCS'51 dengan harga yang relatif sama hanya mampu mengeksekusi instruksi dalam waktu sekitar 1000ns (1µs). Kemampuan Scenix sangat cocok untuk diterapkan pada aplikasi pengolahan citra. Disamping itu Scenix dapat diprogram berulang-ulang dan sudah dilengkapi dengan SPI untuk men-download program langsung dari PC ke pin Scenix tanpa perlu lagi downloader khusus. Scenix dapat dibeli dengan harga persatuan dibawah 3 US dollar (apalagi dengan kuantitas banyak) relatif sama dengan keluarga MCS'51. Untuk kelas yang sama belum ada mikrokontroler lain yang memiliki perbandingan kualitas-harga sebaik ini. Akibat dari kecepatannya yang tinggi, kesederhanaan pemrogramannya dan harganya yang murah ini, Scenix dapat dijadikan sebagai "komponen maya" (Virtual Peripheral). Dengan konsep ini kita dapat membuat sebuah komponen spesifik misalnya: DTMF, FFT, PWM, RTC dan lain sebagainya dengan hanya merubah-rubah program assembly-

nya. Jenis Scenix yang digunakan dalam realisasi ini adalah SX28AC yang memiliki total 28 pin (Gambar 5). Port I/O-nya berjumlah 20 yang terdiri dari 3 kelompok yaitu RA 4 pin, RB 8 pin, dan RC 8 pin. Setiap pin dapat dikonfigurasi sebagai input ataupun output dan dapat pula diakses secara individual dalam 1 siklus clock 20 ns. SX28AC memiliki 136x8 bit SRAM untuk variabel dan 2048x12 bit Flash memory untuk menyimpan instruksi. Bagian prosesornya melakukan operasi dalam 8, 4 atau 1 bit.



Gambar 5. Pin Scenix SX28AC

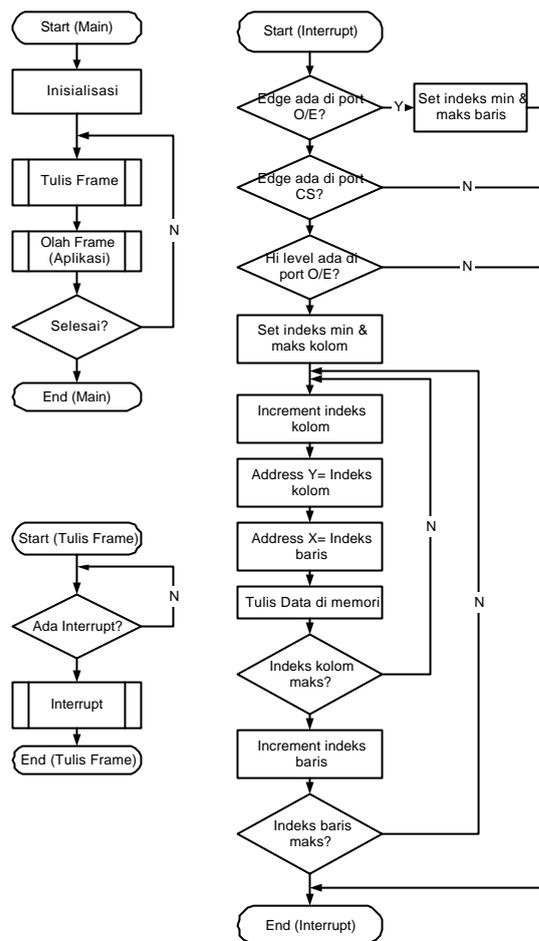
SX28AC memiliki jumlah instruksi yang sedikit dan sederhana yaitu 69 instruksi. Sebagian besar instruksi dapat dieksekusi dalam 1 siklus clock 20 ns. Untuk lebih detilnya mengenai *datasheet* dapat dilihat pada [5] sedangkan untuk aspek pemrogramannya dapat dilihat pada [6].

Implementasi Software *Video Digitizer*

Algoritma pengambilan sebuah frame gambar dari sebuah kamera menggunakan Scenix dijelaskan pada flow-chart (Gambar 6).

Hasil Pengambilan Gambar

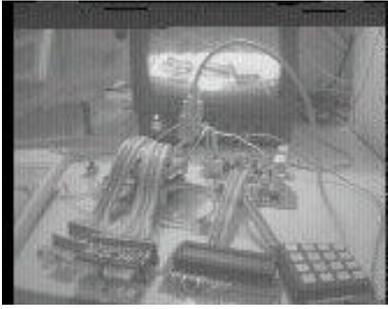
Untuk dapat menampilkan data gambar yang tersimpan dalam memori SVP digunakan PC dengan cara mentransfer data tersebut melalui RS232. Kemudian dengan program sederhana dengan Delphi5, data yang diterima dapat divisualisasikan (Gambar 7 s/d Gambar 13).



Gambar 6. Flow-chart implementasi software ke dalam Scenix: pengambilan frame gambar, penyimpanannya pada memori dan pengaplikasiannya.



Gambar 7. Prototipe SVP. Gambar diambil dengan SVP sendiri (sampling pada 190x256 pixel gambar asli).



Gambar 8. Prototipe SVP. Gambar diambil dengan SVP sendiri (aspek rasio 4x3 diperoleh secara software).



Gambar 12. Sampling pada 232x256 points



Gambar 9. Sampling pada 128x256 points



Gambar 13. Sampling pada 236x256 points



Gambar 10. Sampling pada 192x256 points



Gambar 11. Sampling pada 224x256 points

Analisa

Secara umum, gambar yang dihasilkan oleh SVP ini cukup baik. Gambar yang diperlihatkan diambil hanya sebanyak 256 line dari 312,5 line (hanya pada line ganjil atau genapnya saja dari total 625 line yang di-*interlace*-kan).

Blok Hitam dan Garis Hitam-Putih

Gambar yang dihasilkan sengaja disajikan apa adanya. Ini justru menjadi bahan yang menarik untuk dianalisa. Gambar yang dihasilkan ini tidak hanya menampilkan informasi videonya saja namun juga bagian-bagian sinkronisasi dari sinyal video itu sendiri. Seperti misalnya bagian-bagian hitam yang terdapat pada gambar. Blok hitam horizontal yang terdapat pada bagian atas itu menunjukkan bahwa sampling terjadi pada bagian awal dari frame yang mengandung sekitar 24 line kosong inisialisasi frame. Sedangkan blok hitam vertikal dikiri dan dikanan menunjukkan bahwa sampling terjadi pada bagian sinkronisasi line diawal dan diakhir yang terlihat jelas pada Gambar 12. Sedangkan garis-garis hitam-putih disebelah kanan setiap gambar memperlihatkan bagian memori yang belum pernah terisi. Dalam keadaan kosong, pada saat sistem baru dihidupkan, isi memori bila

divisualisasikan akan berupa garis-garis hitam-putih tersebut. Bila kita ingin menghilangkan sinyal-sinyal sinkronisasi ini dan hanya ingin menampilkan bagian informasi videonya saja (citranya) cukup dengan menset harga batas minimal dan maksimal baris serta kolom pada program.

Garis Melengkung

Garis-garis pada gambar terlihat melengkung, ini semata-mata dikarenakan oleh kualitas lensa kamera yang digunakan. Bila digunakan kamera yang lebih baik misalnya kamera handycam maka garis-garis pada gambar akan terlihat lurus.

Ketajaman Gambar

Untuk aplikasi pengolahan citra ketajaman gambar seperti yang telah dihasilkan adalah cukup. Ini terbukti dengan berhasilnya diimplementasikannya sebuah aplikasi (lihat paragraf berikut).

Periode Clock

Periode clock atau T_{clock} adalah waktu siklus seluruh instruksi yang berada pada loop yang digunakan untuk meng-*clock* ADC melalui port Scenix. Untuk bisa meng-*clock* langsung ADC melalui port Mikrokontroler, diperlukan sebuah loop yang mana didalamnya terdapat instruksi untuk meng-*hi* dan *low*-kan port sebanyak jumlah sampling yang mungkin terjadi pada satu periode line dan instruksi untuk meng-*increment* dan mendeteksi jumlah counter. Jumlah instruksi dalam loop ini harus dibuat sesedikit mungkin dengan maksud untuk bisa menghasilkan clock secepat mungkin yang berdampak pada jumlah sampling yang sebanyak mungkin. Untuk maksud ini penulis telah berhasil mengoptimalkan jumlah instruksi pada loop tersebut menjadi hanya 14 siklus. Bila satu siklus instruksi adalah 20ns maka total siklus adalah 280ns. Jadi periode clock yang dihasilkan adalah 280ns.

Jumlah Sampling

Jumlah sampling dihitung dengan rumus sebagai berikut:

- Jumlah sampling = T_{line}/T_{clock}
- Bila $T_{line}=64\mu s$ dan $T_{clock}=280ns$ maka
- Jumlah sampling = 228,6

Secara praktek ini dapat dibuktikan dengan melihat pada Gambar 11, Gambar 12, dan

Gambar 13. Pada Gambar 13 dengan sampling sebanyak 236 yang melebihi batas yang ditentukan 228,6 terlihat jelas bahwa gambar mengalami degradasi.

Ketidak Proporsionalan Gambar

Ketidak proporsionalan ukuran gambar yang dihasilkan terjadi karena jumlah sampling pada satu line tidak memenuhi aspek rasio standar 4x3 (lebar x tinggi). Seharusnya untuk tinggi $Y=256$ maka $X=341,3$. Sedangkan pada kenyataannya $Y=256$ dan $X=228,6$. Oleh sebab itu gambar terlihat agak "ramping". Untuk menjadikannya proporsional caranya cukup dengan membatasi $Y=171$ dengan konsekuensi resolusi menjadi lebih kecil.

Garis Putih Misterius

Kalau kita perhatikan, pada gambar, kadang-kadang muncul garis putih pendek yang posisinya tidak dapat ditentukan. Sampai saat ini penulis masih mencoba mencari penyebabnya yang belum dapat diketahui.

Aplikasi

Berbeda dengan prototipe sebelumnya yang telah direalisasikan [7][8] yang mana aplikasinya sangat spesifik dan tidak dapat dikembangkan lagi, dengan SVP aplikasinya lebih fleksibel dan umum. Penulis telah mencoba mengaplikasikan prototipe SVP ini sebagai pendeteksi objek multi-area. Koordinat area-area yang hendak dideteksi ditentukan dan disimpan dalam Prosesor. Untuk sementara penulis telah berhasil mengembangkan program *assembly*-nya untuk mendeteksi 2 area dan ternyata mampu bekerja secara waktu-nyata dengan 15 frame/detik. Namun tidak menutupi kemungkinan area yang dideteksi dikembangkan menjadi lebih dari dua. Semakin banyak kemungkinan area yang dapat dideteksi maka semakin baik manfaatnya. Aplikasi ini nantinya dapat diintegrasikan kedalam sistem ATCS (Area Traffic Controller System) sebagai penghitung dan pendeteksi kendaraan dipersimpangan. Namun begitu tidak menutupi kemungkinan pengembangan sistem ini untuk aplikasi lain misalnya robotik [4] dan sensor dan pengenalan sidik jari.

Kesimpulan

Sebuah realisasi sistem pengolahan citra berbasis mikrokontroler telah dibahas pada paper ini. Sistem pengolahan citra yang diberi nama SVP (Scenix Video Processor) ini memiliki beberapa keuntungan yang antara lain sederhana, stand-alone, ekonomis dan dapat melakukan aplikasi citra secara waktu-nyata. Prototipe SVP ini telah berhasil direalisasikan. SVP sanggup *digitize* citra dengan resolusi 228x256 pixels dengan kualitas yang cukup baik. Saat ini sedang dilakukan penyempurnaan prototipe SVP untuk mempertinggi resolusi yang dihasilkan. Prosesor video ini telah berhasil diaplikasikan sebagai pendeteksi objek pada 2 area yang independen secara waktu-nyata.

Daftar Pustaka

- [1] Home built video digitizer MKII circuit description, <http://www.techmind.org/vd/vidmk2.html>
- [2] Davina, Silva R dan Resmana Lim, “Sistem pelacakan & estimasi pose wajah dengan model wire frame 3d menggunakan webcam”, Prosiding Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi III, Vol. 3, No. 1, Agustus 2002, pp. 60-64.
- [3] Desktop Video Data Handbook IC22, Philips Semiconductors, 1995.
- [4] Thiang, Felix, Pasila dan Agus Widian, “Colored Line Tracking Mobile Robot Using Fuzzy Logic Control”, Prosiding Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi III, Vol. 3, No. 1, Agustus 2002, pp. 28-32.
- [5] High-Performance 8-Bit Micro-controllers with EE/Flash Program Memory and In-System Programming Capability, 11 Feb 1999, [sx_datasheet.pdf, http://www.ubicom.com](http://www.ubicom.com).
- [6] SX-Key/Blitz Development System Manual Version 1.1, Parallax Inc., [sx-key_manual_v1_1.pdf, http://www.parallaxinc.com](http://www.parallaxinc.com).
- [7] [Eril Mozef, “Penghitug Jumlah Objek Bergerak Pada Citra Video Secara Waktu-Nyata”, Prosiding SITIA 2002, Mei 2002, Surabaya, pp. 142-146.
- [8] Eril Mozef, Bayu K, R.W.Trihartono, Irfan D., “Implementasi FPGA Penghitug Objek Video Waktu Nyata”, Prosiding Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi III, Jakarta, Agustus 2002, pp. 65-69.