

# Penerapan Algoritma *Row Index Data Access Matrix* pada Sistem Perangkat Lunak Antarmuka Data Digital Perintah/Status Yang Heterogen

Rida Hudaya

Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012  
E-mail : ridahudaya@gmail.com Site : <https://sites.google.com/site/ridahudayanccs/>

## ABSTRAK

Penelitian bidang *Networked Control Systems (NCSs)* yang dikembangkan di Laboratorium Sistem Kendali Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bandung menangani beragam jenis sinyal perintah dan sinyal status yang sifatnya heterogen. Penanganan sinyal ini melibatkan antarmuka sinyal perintah/status dengan jumlah 720 sinyal. Penerapan algoritma *Row Index Data Access Matrix (rida-M)* merupakan salah satu teknik pemecahan yang paling sederhana untuk mengelola aliran sinyal yang sangat banyak yang bersifat heterogen. Algoritma *rida-M* telah dikembangkan dan telah diuji penerapannya pada sistem perangkat keras maupun perangkat lunak sistem kendali. Tulisan ini akan membahas cara kerja algoritma *rida-M* pada sinyal digital perintah/status yang heterogen di tingkat *local host* perangkat lunak sistem HMI/Scada. Kesimpulan yang diperoleh dengan penerapan algoritma ini adalah waktu perancangan, penerapan, perawatan dan perbaikan sangat cepat dan pelaksanaannya sangat sederhana dibandingkan menggunakan metode pemrograman formal biasa. Penerapan algoritma ini merupakan kelanjutan pengembangan dari algoritma sebelumnya yang digunakan pada sinyal digital perintah /status yang homogen.

**Kata Kunci :** *Networked Control Systems, NCSs, Matrix*

## 1. PENDAHULUAN

Salah satu bidang penelitian yang sedang dikembangkan di Laboratorium Sistem Kendali dan Instrumentasi Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bandung adalah *Networked Control Systems (NCSs)* [1][10][11][13]. Ilustrasi penerapan teknologi ini seperti diperlihatkan pada Gambar 1 [14][15]. Gambar tersebut memperlihatkan posisi sensor yang tersebar secara luas dengan jumlah yang sangat besar dan terletak jauh dari *Central Control Room (CCR)*. Sinyal dengan jumlah yang sangat besar dari lapangan akan masuk ke *CCR* dan keluar dari *CCR* [8].

Acuan pengembangan teknologi penelitian ini mengikuti perkembangan yang terdapat di industri perangkat kendali dan instrumentasi *Advantech Technology*. Sehingga beberapa ilustrasi dan penggunaan teknologi perangkat kerasnya menggunakan sistem yang terdapat di *Advantech Technology* [14][15].

Menurut teori pemrograman, susunan variable pada suatu sistem pemrograman menunjukkan posisi yang disusun secara berurutan pada suatu sistem memori. Sehingga susunan yang berurutan ini dapat digunakan sebagai sistem penomoran pada suatu *matrix*. Keteraturan ini akan digunakan pada algoritma *rida-M* sebagai suatu cara mempermudah pengaturan sinyal.

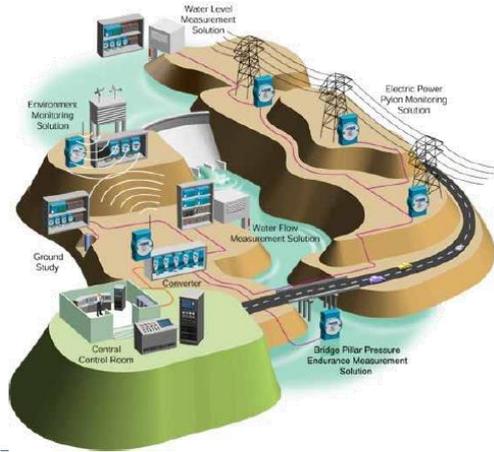
Hipotesa diambil berdasarkan fakta bahwa urutan baris pada suatu sistem pemrograman merupakan urutan letak posisi pada suatu sistem memori. Apabila baris pada

suatu pemrogram dihapus atau ditambah, maka pergeseran yang terjadi pada sistem memori adalah sama. Sehingga dapat disimpulkan bahwa kondisi tersebut dapat digunakan sebagai cara untuk memberikan sistem penomoran sinyal yang dapat berubah secara fleksibel tanpa harus menghitung setiap saat letak posisi variable pada suatu pemrograman dengan letak posisi sinyal yang terhubung dengan variable tersebut.

## 2. CARA KERJA SINYAL

Sinyal yang masuk ke *CCR* biasanya adalah sinyal status dan sinyal yang keluar dari *CCR* biasanya adalah sinyal perintah. Sinyal tersebut dapat berbentuk sinyal analog maupun sinyal digital [4][12]. Apabila dikelompokkan maka jenis sinyal dapat terdiri dari:

1. Kelompok sinyal digital perintah saja,
2. Kelompok sinyal digital status saja,
3. Kelompok sinyal digital perintah dan status yang tersusun secara teratur atau homogen,
4. Kelompok sinyal digital perintah dan status yang tersusun secara acak atau heterogen,
5. Kelompok sinyal keluaran data analog saja,
6. Kelompok sinyal masukan data analog saja,
7. Kelompok sinyal digital perintah, status dan data I/O analog yang tersusun secara acak atau heterogen.



Gambar 1: Environmental Monitoring Systems (Advantech Technology).

Makalah ini akan menjelaskan jenis sinyal yang terdapat pada Kelompok-4. Gambar 2 menjelaskan cara kerja sinyal keluar/masuk ke/dari Kontroler. *Junction Box* berfungsi mengatur aliran sinyal yang menuju ke Port Data Status dan sinyal yang berasal dari Port Data Perintah. Sifat sinyal pada konektor K1 dan K2 pada masing-masing mesin M bersifat heterogen. Sinyal heterogen ini secara struktur posisi arahnya dapat masuk/keluar ke/dari mesin M secara tidak beraturan tergantung kepada pembuat mesin. Sinyal yang bersifat heterogen oleh *Junction Box* diatur dan disusun menjadi sinyal yang bersifat homogen. Sehingga data yang diolah oleh kontroler telah bersifat homogen. Data tersebut pada kontroler akan diolah oleh Sistem Perangkat Lunak Antarmuka Data Digital Perintah/Status.

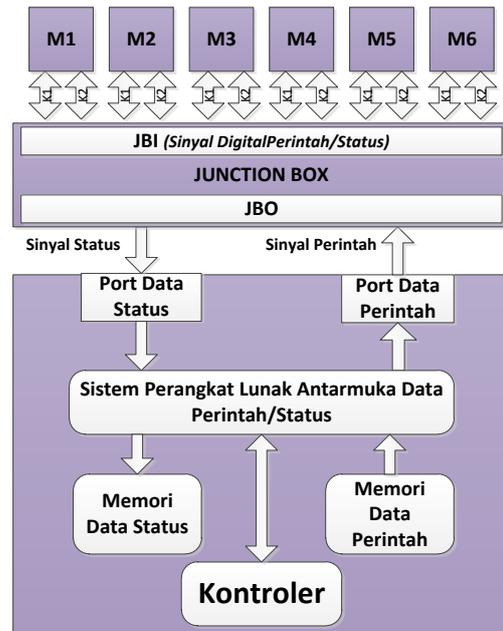
Data Perintah/Status akan dicatat pada suatu memori dan port pada alamat tertentu. Pencatatan pada memori dimaksudkan agar kondisi data terakhir dapat tercatat untuk mencegah kehilangan informasi kondisi akhir suatu Perintah/Status. Pencatatan data Perintah pada port berfungsi untuk menggerakkan sinyal perintah. Sedangkan pencatatan data Status pada port berfungsi untuk merekam kondisi sinyal Status.

Data pertama sinyal yang bernilai  $PORT1$  disimpan di port pada alamat  $@port1$ . Untuk data ke- $n$  yang bernilai  $PORTn$  disimpan di port alamat  $@portn$ .

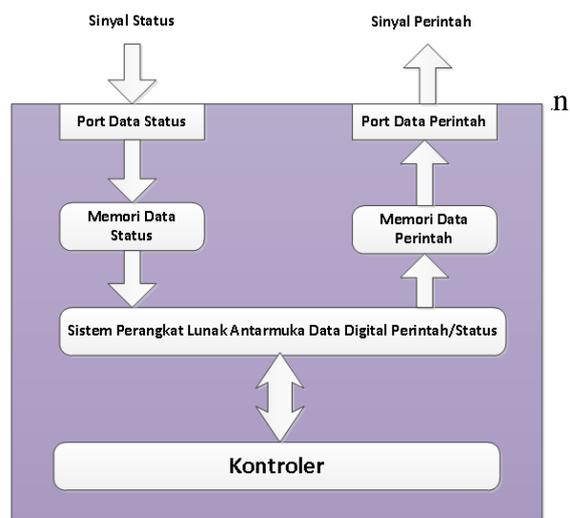
### 3. HASIL STUDI SEBELUMNYA

Rida Hudaya [16] telah menjelaskan sinyal yang terdapat pada Kelompok-3. Gambar 3 merupakan diagram kerja sinyal yang telah dikembangkan oleh Rida Hudaya[16] pada penelitian penerapan algoritma rida-M untuk sinyal digital homogen.

Pada sistem tersebut sinyal yang diolah bersifat homogen yaitu suatu kondisi sinyal yang pengelompokannya telah sesuai dengan sifat port I/O pada suatu kontroler. Kondisi ini tidak akan dapat dilakukan untuk kelompok sinyal yang bersifat heterogen dengan susunan posisi sinyalnya sangat acak karena arah sinyal tidak sesuai dengan sifat *port* kontroler. Kondisi ini diperbaiki dalam metode yang diusulkan dalam makalah ini,



Gambar 2: Diagram kerja sinyal.



Pada sistem tersebut sinyal yang diolah bersifat homogen yaitu suatu kondisi sinyal yang pengelompokannya telah sesuai dengan sifat port I/O pada suatu kontroler. Kondisi ini tidak akan dapat dilakukan untuk kelompok sinyal yang bersifat heterogen dengan susunan posisi sinyalnya sangat acak karena arah sinyal tidak sesuai dengan sifat *port*

kontroler. Kondisi ini diperbaiki dalam metode yang diusulkan dalam makala ini,

**4. METODE YANG DIUSULKAN**

**4.1 Kondisi Sinyal pada Mesin yang digunakan**

Dengan memperhatikan Gambar 2, jumlah mesin dalam penjelasan penerapan algoritma ini adalah enam mesin M. Sehingga secara matriks dapat dinyatakan seperti pada Persamaan (1).

$$G = \begin{bmatrix} M1 \\ M2 \\ M3 \\ M4 \\ M5 \\ M6 \end{bmatrix}$$

(1)

Masing-masing mesin M terhubung dengan dua buah konektor K. Sehingga secara matriks dapat dinyatakan seperti Persamaan (2).

$$M = \begin{bmatrix} K1 \\ K2 \end{bmatrix} \quad (2)$$

Masing-masing konektor K memiliki 60 pin P yang sifat sinyalnya heterogen dan dinyatakan secara matriks seperti Persamaan (3).

$$K = \begin{bmatrix} P01 \\ P02 \\ \vdots \\ P60 \end{bmatrix} \quad (3)$$

Konektor K dari setiap mesin M akan terhubung dengan dengan *junction box*. *Junction box* berfungsi menghubungkan sinyal perintah/status yang berasal dari mesin ke kontroler. Sinyal masukan *junction box* JBI bersifat heterogen sedangkan sinyal keluaran *junction box* JBO yang terhubung ke kontroler bersifat homogen.

Seluruh sinyal yang berasal dari mesin M berdasarkan Persamaan (1)(2)(3) dapat dinyatakan secara matriks seperti pada Persamaan (4).

$$S_M = \begin{bmatrix} M1K1P01 \\ M1K1P02 \\ \vdots \\ M1K1P60 \\ M1K2P01 \\ M1K2P02 \\ \vdots \\ M1K2P60 \\ M2K1P01 \\ \vdots \\ M2K2P60 \\ M3K1P01 \\ \vdots \\ M6K2P60 \end{bmatrix} \quad (4)$$

Sinyal yang terdapat pada konektor K bersifat heterogen dengan komposisi maksimum 20 sinyal perintah dan 40 sinyal status. Persamaan (1)(2)(3) dan Persamaan (4) menunjukkan bahwa total sinyal S adalah 720 buah yang akan terhubung dengan pin P pada *junction box* JBI.

Apabila setiap *Port I/O* dapat menampung delapan buah sinyal. Maka berdasarkan penggunaan pembagian pada Persamaan (5)(6) diperoleh 30 buah *Port Output* untuk sinyal perintah dan 60 buah *Port Input* untuk sinyal status. Maka jumlah *port* yang akan direalisasikan pada keluaran *junction box* JBO adalah 90 buah *port* yang terdiri dari 240 sinyal perintah dan 480 sinyal status..

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Port Output} &= \text{PROUNDUP}(6*2*20/8,0) \\ &= 30 \quad (5) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Port Input} &= \text{ROUNDUP}(6*2*40/8,0) \\ &= 60 \quad (6) \end{aligned}$$

Persamaan matriks JBO dan JBI masing-masing dapat dinyatakan sebagai Persamaan (7) dan Persamaan(8).

$$JBO = \begin{bmatrix} JBO001 \\ JBO002 \\ \vdots \\ JBO720 \end{bmatrix} \quad (7)$$

$$JBI = \begin{bmatrix} JBI001 \\ JBI002 \\ \vdots \\ JBI720 \end{bmatrix} \quad (8)$$

Persamaan (7) dapat dinyatakan lain sebagai fungsi dari sinyal perintah P dan sinyal status S seperti ditunjukkan pada Persamaan (9). Selain itu Persamaan (7) juga dapat dinyatakan sebagai fungsi dari bit pada masing *port*

untuk data perintah dan data status seperti yang ditunjukkan pada Persamaan (10). Kelompok sinyal pada Persamaan (8) bersifat acak. Sehingga hubungan persamaan antara JBI dengan JBO dapat dinyatakan dalam bentuk *look up table* dan dapat dinyatakan dalam bentuk matriks seperti yang ditunjukkan pada Persamaan (11)(12).

$$JBO = \begin{bmatrix} JBO001 \\ JBO002 \\ \vdots \\ JBO240 \\ JBO241 \\ \vdots \\ JBO720 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} JBOP001 \\ JBOP002 \\ \vdots \\ JBOP240 \\ JBOS001 \\ \vdots \\ JBOS480 \end{bmatrix} \quad (9)$$

$$JBO = \begin{bmatrix} JBO001 \\ JBO002 \\ \vdots \\ JBO720 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} B001 \\ B002 \\ \vdots \\ B720 \end{bmatrix} \quad (10)$$

$$JBO = FTRANS \rightarrow JBI \quad (11)$$

$$FTRANS = \begin{bmatrix} [JBO001 & JBI006] \\ [JBO002 & JBI008] \\ \vdots \\ [JBO240 & JBI718] \\ [JBO241 & JBI001] \\ \vdots \\ [JBO720 & JBI720] \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} [B001 & JBI006] \\ [B002 & JBI008] \\ \vdots \\ [B240 & JBI718] \\ [B241 & JBI001] \\ \vdots \\ [B720 & JBI720] \end{bmatrix} \quad (12)$$

#### 4.2 Pengaturan Port dan Memori pada Kontroler

Lokasi memori untuk menyimpan data *PORTn* adalah *@MPORTn*. Alamat memori *@MPORTn* dapat diwakili oleh variabel *MPORTn* dimana *n* adalah integer dari 1 sampai dengan 90. Persamaan matriksnya ditunjukkan pada Persamaan (13).

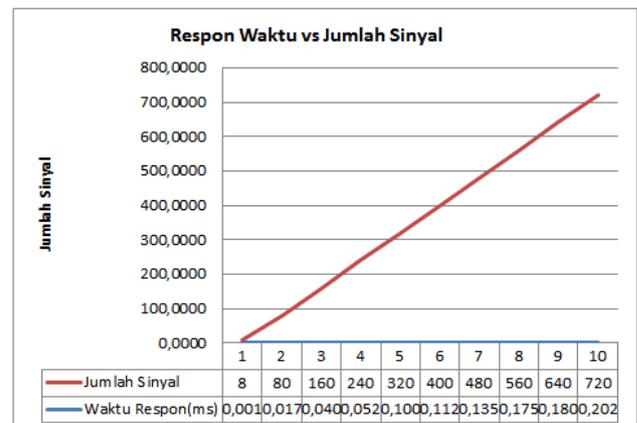
$$\begin{bmatrix} MPORT01 \\ MPORT02 \\ \vdots \\ MPORT30 \\ MPORT31 \\ \vdots \\ MPORT90 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} input(@PORT01) \\ input(@PORT02) \\ \vdots \\ input(@PORT30) \\ input(@PORT31) \\ \vdots \\ input(@PORT90) \end{bmatrix} \quad (13)$$

Operasi pemindahan data dari port pada alamat *@PORTn* ke memori pada lokasi *@MPORTn* dinyatakan dengan Persamaan (14)

$$MPORTn \leftarrow input(@PORTn) \quad (14)$$

Operasi mengaktifkan sinyal perintah menggunakan perintah pemrograman *output(@portn)*.

Persamaan (13) memberikan gambaran kemudahan pengelolaan sinyal apabila jumlah sinyal yang akan diolah sangat banyak. Penambahan sinyal dapat dilakukan dengan cara menyisipkan baris dan pengurangan sinyal dilakukan dengan menghapus baris. Posisi baris menunjukkan nomor indeks (*row index*) dari baris tersebut. Nomor indeks secara otomatis bergerak menyesuaikan sesuai dengan posisi variable memori yang digunakan. Selain itu, pengelolaan alamat port dan memori menjadi sangat sederhana. Hal ini disebabkan alamat memori dan alamat port telah diganti dengan nama variabel yang lebih informatif.



Gambar 4. Respon Waktu vs Jumlah Sinyal.

Gambar 4 memperlihatkan respon waktu yang proporsional linear terhadap jumlah sinyal yang dikelola. Hal ini menunjukkan kemudahan dan kesederhanaan dalam cara memilih teknologi kontroler yang akan digunakan.

#### 4. HASIL dan PEMBAHASAN

Gambar 2 menunjukkan arah sinyal yang heterogen antara mesin M dan *junction box* JBI. Melalui Persamaan (12) sinyal heterogen dirubah menjadi sinyal homogen. Proses selanjutnya akan menggunakan metode yang dikembangkan Rida Hudaya [16] yang mengatur keluar masuk sinyal melalui *port* kontroler. Pada makalah ini perubahan yang dilakukan dengan metode sebelumnya [16] adalah pada orientasi penggunaan persamaan. Metode sebelumnya berorientasi pada pemrograman *script* klasik dan makalah ini menggunakan pemrograman berorientasi *matrix* yang dikembangkan oleh Matlab.

Respon sistem terhadap perubahan sinyal memiliki kesamaan dengan metode yang dikembangkan sebelumnya [12], yaitu linier terhadap perubahan jumlah sinyal seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. Hal ini merupakan kondisi yang diharapkan.

#### 5. KESIMPULAN

Pada makalah ini telah ditunjukkan bahwa penerapan algoritma rida-M akan mempersingkat waktu perancangan, penerapan, perawatan dan perbaikan baik untuk sinyal yang homogen maupun untuk sinyal yang heterogen. Respon waktu proporsional terhadap jumlah sinyal yang dikelola. Sehingga implementasi pada sistem kontroler sangat sederhana dan cepat.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada PT Indosat yang telah memberikan kepercayaan penerapan algoritma rida-M pertama kali pada sistem pengendalian HPASatelit di station bumi Jatiluruh. Penerapan pertama kali yang sukses memberikan dukungan moril untuk kegiatan penelitian lebih lanjut.

Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Tim Peneliti NCSs dan mahasiswa Jurusan Teknik Elektro yang telah membantu melakukan pengujian dan realisasi sistem perangkat keras dan sistem perangkat lunak kontroler.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Nathan B. Loden, J.Y. Hung, "An Adaptive PID Controller for Network Based Control Systems," *Industrial Electronics Society, 31<sup>st</sup> Annual Conference of IEEE*, 2005.
- [2]. H. Hoang, M. Jonsson, U. Harstrom, and A. Kallerdahl, 2002, "Switched real-time Ethernet and earliest deadline first scheduling-protocols and traffic handling," *10<sup>th</sup>*

- International workshop on parallel and distributed real-time system*, Ford Lauderdale, Florida, USA, April 2002.
- [3]. H. Haertig and J. Loeser, "Using switched Ethernet for hard realtime communication," *International conference on parallel computing in electrical engineering (PARELEC)*, Dresden, Germany, pp. 349-353, September 2004.
  - [4]. M. Tabbara, D. Nestic, and A. Teel, "input-output stability of wireless networked control systems," *in proc. 44<sup>th</sup> IEEE Conf. On Dec. And Control*, 2005. 4
  - [5]. M. Przedwojski, K. Galkowsk, P.H. Bauer, and E. Rogers, 2009, "Stability and robustness of systems with synchronization errors," American Control Conference, pp. 3262-3267.
  - [6]. L.Samaranayake, M. Leksell, and S. Alahakoon, "Relating samplingperiod and control delay in distributed control systems," *The International Conference on Computer as a tool (EUROCON 2005)*, pp. 274-277, 2005.
  - [7]. G.Y. Walsh, H. Ye, and L.G. Bushnell, "Stability analysis of networked control systems," *IEEE Transaction on control system technology*, Vol. 10, No.3, pp. 438-446, 2002.
  - [8]. A. Rajeev, D. Alessandro, K.H. Johansson, G.J. Pappas, G. Weiss, "Compositional Modelling and Analysis of Multi-hop Control Networks," *IEEE Transactions on Automatic Control*, 56:2345-2357, 2011. 11
  - [9]. A. Liu, L. Yu, W.A. Zhang, "H-infinity control for network-based systems with time-varying delay and packet disordering," *Journal of the Franklin Institute*, 248:917-932, 2011.
  - [10]. Endra Joelianto, "Networked Control Systems: Time Delays and Robust Control Design Issues," *2<sup>nd</sup> International Conference on Instrumentation, Control and Automation*, Bandung, Indonesia, 2011. 13
  - [11]. Mirza N.H, "Design and Implementation of HMI-SCADA applied for water level control", *undergraduate thesis*, Bandung State Polytechnic, 2013. 14
  - [12]. S.H. Yang, X. Chen, D.W. Edwards, and J.L. Alty, "Design issues and implementation of internet based process control," *Control Engineering Practice*, Vol. 11, No. 6, pp. 709-720, 2003. 16
  - [13]. Y. Tipswan and M.Y Chow, "Gain scheduler middleware: A methodology to enable existing controllers for networked control and teleoperation - Part 1: Networked Control," *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 51, no. 6, pp. 1218-1227, 2004.
  - [14]. Advantech, ADAM 4000 Series Data Acquisition Modules User's Manual, Avril 1994. 19
  - [15]. Advantech, ADAM 4000 Series Data Acquisition Modules User's Manual Edition 10.5, August 2007. 20
  - [16]. Rida Hudaya, "Penerapan Algoritma Row Index Data Access Matrix Pada Sistem Perangkat Lunak Antarmuka Data Digital Perintah/Status Yang Homogen", In *Proceeding 4<sup>th</sup> Industrial Research Workshop and National Seminar* on Nov 2013.