

Pengembangan Prototipe Kontemporer Piranti Lunak Akuisisi dan Reduksi Data Terowongan Angin Kecepatan Rendah Indonesia

Ivransa Zuhdi Pane

Unit Pelaksana Teknis Laboratorium Aero Gas-dinamika dan Getaran,
Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, Tangerang Selatan, Indonesia
izpane@gmail.com

Diterima 23 Mei 2014

Disetujui 12 Juni 2014

Abstract—Data acquisition and reduction software plays an important role in providing accurate and reliable aerodynamics information for all stakeholders in a wind tunnel test. Step-by-step development through prototyping cycles promotes the creation of data acquisition and reduction software which is in accordance with the requirement definition. Test in virtual machine environment showed adequate performances which in turn suggests further implementation of the software prototype for the real applications.

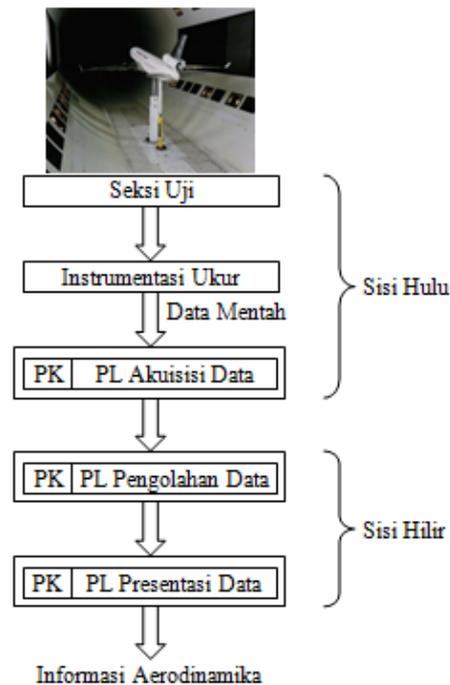
Index Terms—wind tunnel test, data acquisition and reduction, prototype, software engineering

I. PENDAHULUAN

Pengujian terowongan angin adalah rangkaian kegiatan pengukuran, akuisisi dan pengolahan data yang ditujukan untuk mengetahui karakteristik aerodinamika dari objek uji. Pengujian ini lazimnya diadakan di suatu terowongan angin dengan hembusan angin melewati objek uji yang ditempatkan di seksi uji. Objek uji adalah pemodelan terskala dari objek nyata (lazim juga disebut model uji), dan dapat berupa objek aeronotik, seperti pesawat terbang atau bagiannya (sayap dan badan pesawat), maupun objek non-aeronotik, seperti gedung atau jembatan. Salah satu penyelenggara dan penyedia jasa pengujian terowongan angin terkemuka di Indonesia adalah Unit Pelaksana Teknis Laboratorium Aero Gas-dinamika dan Getaran (UPT LAGG). Di bawah naungan Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT), unit kerja ini menjadi pengelola Terowongan Angin Kecepatan Rendah Indonesia dan telah melaksanakan aktivitas pengujian terowongan angin selama lebih dari 25 tahun terhadap pengguna jasa di dalam maupun luar negeri, dan senantiasa mengembangkan seluruh komponen pembentuk sistem pengujiannya mengikuti trend teknologi terkini untuk mewujudkan hasil pengujian yang memuaskan.

Salah satu komponen utama yang secara berkesinambungan dikembangkan adalah piranti lunak akuisisi dan reduksi data. Seperti ditunjukkan

dalam Gambar 1, piranti lunak ini memiliki tiga fungsi utama, yaitu akuisisi data mentah hasil pengukuran oleh instrumentasi ukur, pengolahan data berisikan kalkulasi aerodinamika, dan presentasi data dalam bentuk grafik maupun tabular, yang masing-masing dieksekusi oleh piranti lunak (dalam Gambar 1 disingkat PL) dengan dukungan perangkat keras (dalam Gambar 1 disingkat PK) tersendiri.



Gambar 1. Struktur sistem akuisisi dan reduksi data

Piranti lunak akuisisi dan reduksi data memegang peranan penting sebagai pengolah data mentah menjadi informasi aerodinamika yang dibutuhkan oleh tim pelaksana pengujian maupun pengguna jasa. Meski kondisi aktual operasionabilitas piranti lunak ini masih layak, namun tuntutan keramahgunaan, yang telah dikaji dalam makalah terpisah, dan ekspandabilitas yang menjadi ciri khas piranti lunak kontemporer, khususnya di sisi hilir yang menjadi domain interaksi

pengguna untuk mengevaluasi hasil pengujian secara intensif, mendorong perlunya pengembangan lebih lanjut untuk menjawab tantangan tersebut.

Tujuan dari kegiatan penelitian dan pengembangan ini adalah membangun piranti lunak yang dimaksud dalam alinea sebelumnya melalui proses *prototyping* secara bertahap hingga mencapai prototipe piranti lunak yang dapat dijadikan referensi untuk pengembangan tahap lanjut menuju piranti lunak sasaran. Sesuai dengan tujuan tersebut, maka makalah ini terlebih dahulu menguraikan metodologi *prototyping* yang digunakan, dilanjutkan dengan pembahasan mengenai kegiatan pengembangan piranti lunak, hasil kegiatan pengembangan, dan diakhiri dengan kesimpulan serta saran.

II. PROTOTYPING

Prototyping merupakan pendekatan rekayasa piranti lunak yang melibatkan pembangunan purwarupa atau prototipe secara bertahap dalam siklus kurun waktu singkat hingga piranti lunak target dirampungkan secara sempurna. Tahapan *prototyping* ditunjukkan dalam Gambar 2, yang terdiri dari kegiatan analisis, perancangan dan pembangunan prototipe, seperti halnya metode rekayasa piranti lunak konvensional (model *waterfall* atau *sequential linear*), ditambah dengan kegiatan evaluasi umpan balik terhadap hasil prototipe yang dibangun. Berbeda dengan metode konvensional, setiap kegiatan dalam *prototyping* dilakukan secara cepat dalam siklus kurun waktu yang relatif singkat untuk memenuhi kebutuhan piranti lunak secara bertahap.



Gambar 2. Konsep *prototyping*

Dalam makalah ini, kegiatan *prototyping* yang dilaksanakan untuk mengembangkan piranti lunak akuisisi dan reduksi data terbagi menjadi tiga siklus berikut:

- *Siklus 1*

Pembangunan prototipe piranti lunak akuisisi data dan pengolahan data;

- *Siklus 2*

Pembangunan prototipe piranti lunak presentasi data ;

- *Siklus 3*

Integrasi ketiga prototipe sebagai sistem terdistribusi dengan skema *client-server*.

Setiap siklus berlangsung selama dua hingga empat minggu, dimana dalam setiap siklus dilibatkan pula kegiatan uji piranti lunak sederhana untuk validasi operabilitas prototipe. Khusus kegiatan di siklus 3, uji coba operasional disimulasikan pada lingkungan mesin virtual dengan menggunakan piranti lunak mesin virtual VirtualBox. Sedangkan kegiatan penyusunan kode program di semua siklus dilaksanakan dengan menggunakan bahasa pemrograman visual Delphi 7 (basis Object Pascal).

III. KEGIATAN PENGEMBANGAN

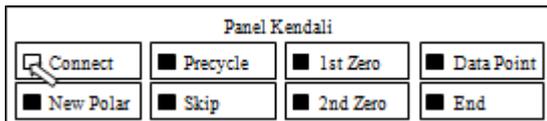
Kegiatan pengembangan piranti lunak akuisisi dan reduksi data diuraikan menurut siklus *prototyping* sebagai berikut.

A. Siklus 1 : Prototyping Piranti Lunak Akuisisi Data dan Pengolahan Data

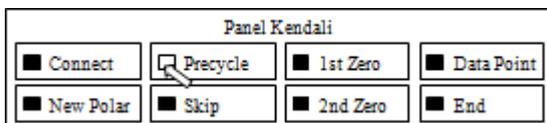
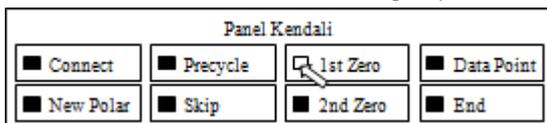
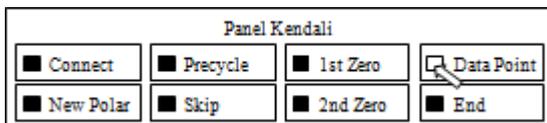
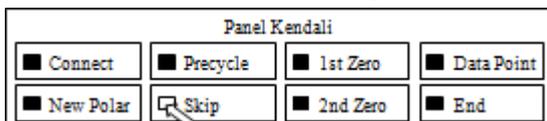
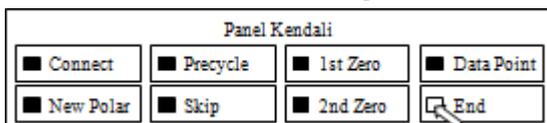
Piranti lunak akuisisi data pada prinsipnya berfungsi untuk ‘menangkap’ data mentah dari instrumentasi ukur pada suatu saat tertentu selama pengujian terowongan angin berlangsung menurut kendali operator akuisisi data. Sedangkan piranti lunak pengolahan data pada prinsipnya berfungsi ‘mengubah’ data mentah melalui serangkaian kalkulasi aerodinamika menjadi informasi aerodinamika. Berdasarkan logika kedua prinsip dasar tersebut, maka kebutuhan pokok yang selayaknya didefinisikan untuk kedua piranti lunak tersebut adalah:

- Terdapat instrumentasi ukur atau setidaknya simulatornya yang memungkinkan piranti lunak akuisisi data melakukan interaksi tertentu dalam ‘penangkapan’ data mentah;
- Terdapat mekanisme akuisisi data tertentu yang memungkinkan operator mengendalikan proses ‘penangkapan’ data mentah pada saat yang tepat;
- Terdapat penayangan sejumlah nilai parameter pengujian yang merupakan hasil olahan dari piranti lunak pengolahan data secara waktu nyata yang memungkinkan operator merujuk nilai-nilai tersebut sebagai kondisi yang sesuai untuk ‘menangkap’ data mentah;
- Terdapat kalkulasi aerodinamika komprehensif atau setidaknya esensial dalam piranti lunak pengolahan data untuk mengubah data mentah yang masih berbentuk sinyal elektronik bersatuan miliVolt menjadi informasi parameter pengujian bersatuan *engineering*, seperti Pascal dan Newton.

Guna memenuhi kebutuhan pokok tersebut dengan kondisi yang memadai untuk dapat dijadikan sebagai prototipe, setidaknya perlu dirancang dua antarmuka pengguna grafis yang masing-masing berfungsi untuk melaksanakan simulasi instrumentasi ukur dan operasi akuisisi data. Fungsionalitas piranti lunak pengolahan data yang sifatnya esensial dapat dimasukkan ke dalam fungsionalitas piranti lunak akuisisi data pada siklus ini, meski pada pengembangan tahap lanjut menuju kondisi nyata harus dipisahkan menjadi antarmuka pengguna grafis tersendiri.



a. Aktivasi dan bentuk koneksi komunikasi data

b. Definisi dan konfirmasi *precycle*c. Perekaman *first zero*d. Perekaman *data point*e. Invalidasi *data point*

f. Finalisasi akuisisi data

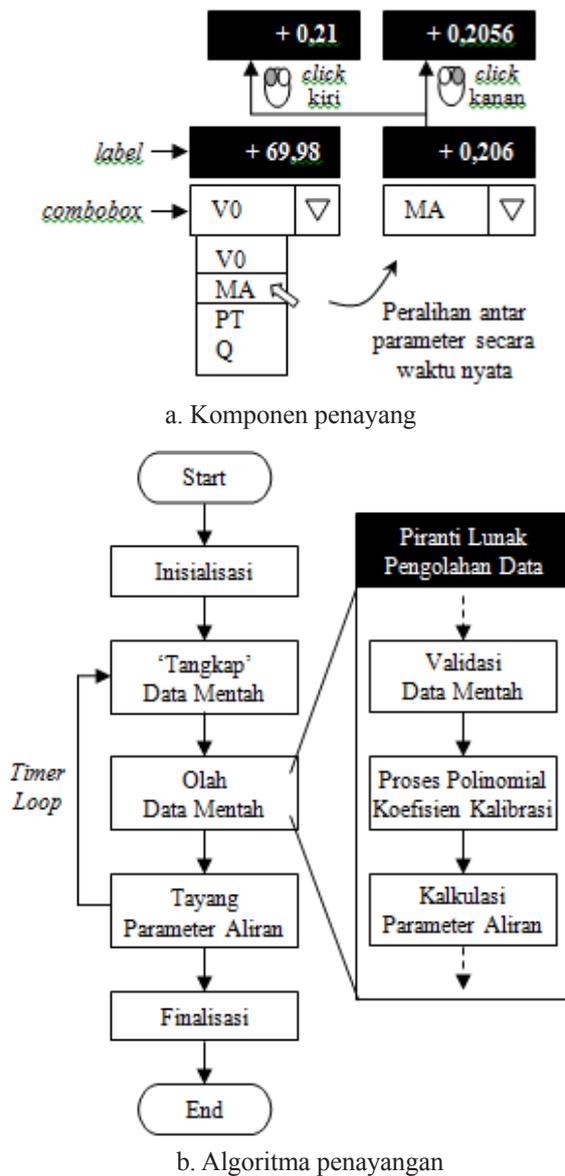
Keterangan: Connect Kondisi Enabled
 Connect Kondisi Disabled

Gambar 3. Rancangan antarmuka pengguna grafis dan algoritma kendali akuisisi data

Mekanisme akuisisi data yang diterapkan dalam antarmuka pengguna grafis dapat didefinisikan berdasarkan prosedur akuisisi data yang berlaku, seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 3. Dalam gambar, setiap persegi berlabel dalam panel kendali melambangkan komponen *button* berlampu, yang berada dalam kondisi *enabled* bila lampu menyala dan sebaliknya. Alur kendali operasi akuisisi data dimulai dengan aksi *click* pada *button* *Connect* yang berada

dalam kondisi *enabled*, sementara *button* lain berada dalam kondisi *disabled* (Gambar 3.a). Aksi ini akan membentuk koneksi komunikasi data dengan simulator instrumentasi ukur, menginisialisasi *streaming* data mentah menuju internal piranti lunak akuisisi data dan mengaktifkan *button* *Precycle* (kondisi *enabled*), namun menon-aktifkan *button* *Connect* (kondisi *disabled*). Pengalihan kondisi *enabled* pada satu *button* dan *disabled* pada *button* lain secara bergantian seperti ini dapat memandu operator untuk melaksanakan tugasnya dengan melakukan aksi *click* hanya pada *button* aktif sesuai prosedur akuisisi data, sehingga mencegah terjadinya kesalahan operasional. Selanjutnya operator mendefinisikan *precycle*, yaitu informasi tentang atribut pengujian terowongan angin yang akan dilaksanakan, seperti nomor urut pengujian, konfigurasi model uji, tanggal pelaksanaan dan, bila diperlukan, nama personal pelaksana pengujian. Pendefinisian *precycle* diikuti dengan aksi *click* pada *button* *Precycle* untuk konfirmasi *precycle* (Gambar 3.b), yang kemudian diikuti dengan aktifnya *button* *1st Zero* dan non-aktifnya *button* *Precycle*. *First zero* merupakan data mentah yang harus direkam sebelum pengujian dimulai dan berfungsi sebagai *offset* bagi data mentah yang diakuisisi selama pengujian berlangsung. Setelah perekaman *first zero* dengan aksi *click* pada *button* *1st Zero* (Gambar 3.c), operator dapat melakukan ‘penangkapan’ data mentah (disebut *data point* selama pengujian berlangsung) dengan aksi *click* pada *button* *Data Point* (Gambar 3.d) yang tetap aktif selama berlangsungnya pengujian, yang dapat diselingi dengan perekaman kode pemisah antar *polar* (istilah untuk sekumpulan data point berdasarkan sikap model uji) atau kode invalidasi *data point* (Gambar 3.e), hingga operator melakukan aksi *click* pada *button* *2nd Zero* (data mentah yang direkam menjelang akhir pengujian sebagai *offset* pelengkap terhadap *data point*) dan *End* (Gambar 3.f) untuk finalisasi akuisisi data pengujian terowongan angin.

Penayangan nilai parameter pengujian secara waktu nyata merupakan komponen vital yang harus disediakan bagi operator akuisisi data untuk mengetahui informasi tentang kecepatan angin, temperatur di seksi uji dan parameter aliran utama lainnya. Untuk memenuhi kebutuhan ini, komponen pewaktu atau *timer* dapat digunakan bersama dengan *label* untuk menampilkan data numerik terformat secara periodik, dan *combobox* untuk memungkinkan operator memilih parameter yang ingin ditampilkan, mengingat jumlah parameter yang cukup banyak dan tidak seluruhnya diperlukan oleh operator akuisisi data. Gambar 4 memperlihatkan rancangan skema penayangan ini serta algoritma yang melibatkan kalkulasi aerodinamika esensial, yang menjadi bagian dari piranti lunak pengolahan data. Untuk mempermudah operator memantau nilai parameter dengan tingkat presisi yang memadai, aksi *click* pada *label* nilai parameter dirancang untuk dapat menambah (*click* kiri) atau mengurangi (*click* kanan) jumlah digit di belakang tanda koma.



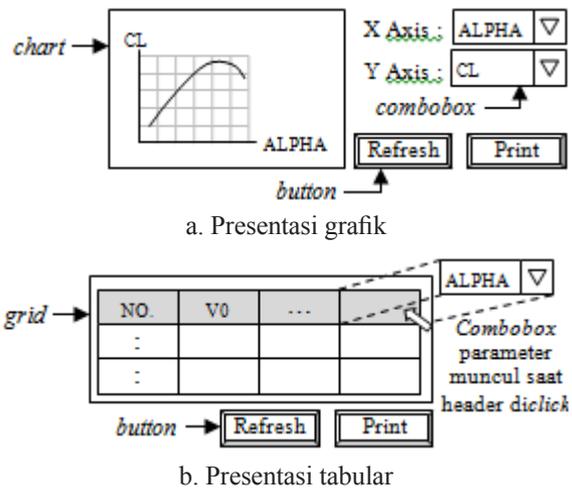
Gambar 4. Rancangan antarmuka dan algoritma penayang waktu nyata parameter pengujian

B. Siklus 2 : Prototyping Piranti Lunak Presentasi Data

Piranti lunak presentasi data pada dasarnya berfungsi menampilkan informasi parameter aerodinamika bagi pengguna, khususnya pelaksana pengujian (dalam hal ini analis data) dan pengguna jasa layanan pengujian terowongan angin dalam bentuk grafik dan tabular. Berdasarkan prinsip dasar ini, maka kebutuhan pokok yang patut didefinisikan untuk piranti lunak ini adalah :

- Terdapat komponen visual yang dapat menampilkan informasi numerik dalam bentuk grafik dua dimensi;
- Terdapat komponen visual yang dapat melakukan tabulasi informasi numerik;

- Terdapat mekanisme yang memungkinkan pengguna melakukan pengaturan parameter yang ingin ditampilkan;
- Terdapat mekanisme yang memungkinkan pengguna mencetak grafik atau tabulasi di atas kertas.



Gambar 5. Rancangan antarmuka pengguna grafis piranti lunak presentasi data

Gambar 5 memperlihatkan rancangan antarmuka pengguna grafis untuk memenuhi kebutuhan pokok piranti lunak presentasi data. Rancangan presentasi grafik menggunakan komponen *chart* untuk menampilkan grafik, dua *combobox* dengan konten parameter pengujian untuk diseleksi oleh pengguna sebagai variabel sumbu datar dan sumbu tegak, serta dua *button* masing-masing untuk melakukan *refresh* dan pencetakan grafik. Sedangkan rancangan presentasi tabular menggunakan komponen *grid* untuk tabulasi data numerik, dengan *header* tiap kolom akan menampilkan *combobox* dengan konten parameter pengujian bila *diclick* untuk memungkinkan pengguna memilih parameter yang ingin ditampilkan di *grid*.

Mekanisme presentasi data dari piranti lunak presentasi data mengacu pada mekanisme akuisisi data dari piranti lunak akuisisi data. Dalam hal ini, seperti halnya algoritma penayang waktu nyata parameter pengujian yang ditunjukkan dalam Gambar 4.b, data yang dipresentasikan di grafik dan tabulasi adalah hasil olah piranti lunak pengolahan data, namun hanya pada saat operator akuisisi data 'menangkap' *data point*, dan bukan secara waktu nyata. Sehingga penggunaan komponen *timer* sebagai pengatur waktu nyata tidak dibutuhkan dalam piranti lunak presentasi data.

C. Siklus 3 : Integrasi Sistem Terdistribusi

Integrasi ketiga piranti lunak dalam suatu sistem terdistribusi pada dasarnya harus memenuhi sejumlah syarat utama terbentuknya sistem terdistribusi, antara lain kemandirian masing-masing piranti lunak pada

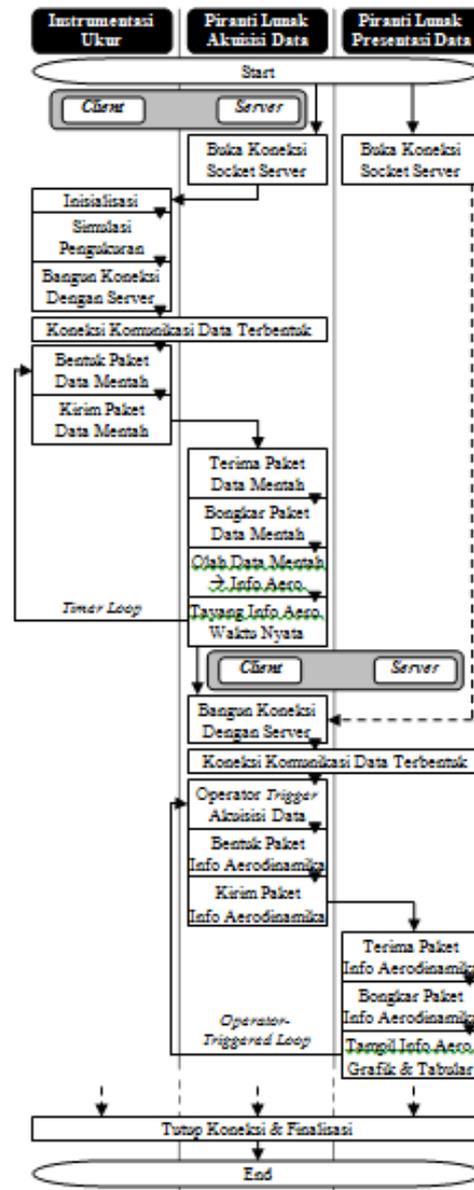
platform kerjanya, kerjasama dalam bentuk komunikasi data antar piranti lunak, dan skema interaksi yang mengikat seluruh piranti lunak untuk bekerja menapai tujuan bersama. Berdasarkan syarat-syarat tersebut, maka kebutuhan pokok yang perlu didefinisikan untuk integrasi ketiga piranti lunak adalah :

- Terdapat sejumlah perangkat komputasi (komputer) atau setidaknya mekanisme yang dapat mensimulasikannya untuk digunakan sebagai *platform* kerja tiap piranti lunak;
- Terdapat mekanisme yang memungkinkan ketiga piranti lunak melakukan komunikasi data, yang secara otomatis menuntut adanya perangkat jaringan yang menghubungkan ketiga *platform* kerja yang dimaksud dalam butir sebelumnya;
- Terdapat skema interaksi *multi-tiers* antar ketiga piranti lunak untuk melaksanakan proses akuisisi dan reduksi data dari hulu hingga hilir sebagaimana yang dimaksud dalam Gambar 1.

Pemenuhan kebutuhan pokok pertama dapat dilakukan dengan menyediakan setidaknya dua perangkat komputer fisik, mengingat piranti lunak pengolahan data, dalam hal ini modul kalkulasi esensial, masih diintegrasikan ke dalam piranti lunak akuisisi data selama tahap *prototyping* ini. Meski cara ini dimungkinkan, pendekatan lain yang lebih ekonomis dan layak untuk diterapkan adalah pemanfaatan piranti lunak mesin virtual, yang mampu mensimulasikan sejumlah *platform* sistem operasi pada satu unit perangkat komputer fisik selama *resource* utama, seperti prosesor dan memori, memadai. Keuntungan lain dari pendekatan ini adalah tidak diperlukannya perangkat jaringan fisik, seperti kabel jaringan, *hub* atau *router*, untuk melakukan komunikasi data antar *platform* karena piranti lunak mesin virtual menyediakan mekanisme virtual untuk keperluan tersebut. Ketersediaan sarana virtualisasi jaringan ini sekaligus menjadi jawaban untuk pemenuhan kebutuhan pokok kedua. Berdasarkan argumen tersebut, maka kegiatan pengembangan piranti lunak ini menggunakan piranti lunak mesin virtual VirtualBox, yang cukup dikenal dan digunakan luas di kalangan pengembang piranti lunak, untuk mensimulasikan *platform* kerja piranti lunak.

Kebutuhan pokok ketiga dapat dipenuhi dengan rancangan skema interaksi antar piranti lunak yang diperlihatkan dalam Gambar 6. Skema ini juga melibatkan satu *tier* tambahan untuk mengakomodasi fungsionalitas instrumentasi ukur pada satu *platform* kerja mandiri. Seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 6, terdapat dua skema *client-server*, yaitu antara instrumentasi ukur sebagai *client* dan piranti lunak akuisisi data sebagai *server* dalam aktivitas ‘penangkapan’ data mentah, serta antara piranti lunak akuisisi data sebagai *client* dan piranti lunak presentasi

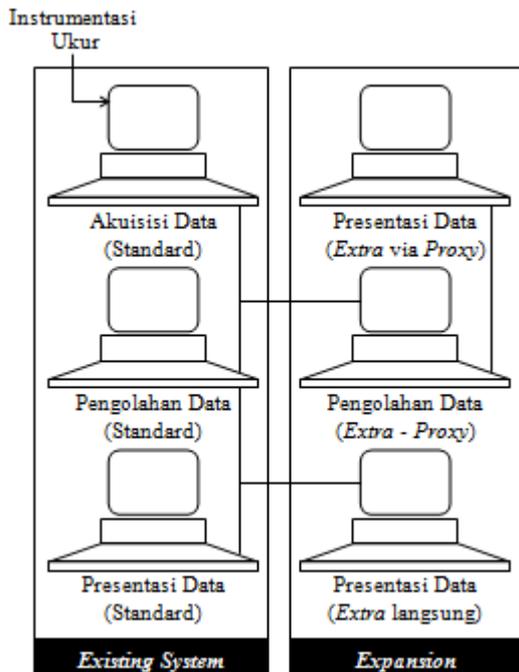
data sebagai *server* dalam aktivitas penampilan informasi aerodinamika. Kedua skema *client-server* ini dapat diwujudkan dengan menggunakan sejumlah komponen *socket* komunikasi TCP/IP dan algoritma ‘bentuk-bongkar’ paket data untuk mendukung pengiriman data antar *tier* yang efisien, seperti yang diilustrasikan dalam Gambar 6.



Gambar 6. Rancangan skema interaksi antar piranti lunak dalam sistem terdistribusi

Integrasi piranti lunak ke dalam sistem terdistribusi memberi peluang bagi aspek ekspandabilitas sistem, khususnya perluasan cakupan fungsionalitas presentasi data, seperti ditunjukkan dalam Gambar 7. Dengan skema *client-server*, perangkat komputasi untuk keperluan presentasi data dapat ditambahkan ke dalam jaringan sistem tanpa perlu mengubah mekanisme

dasar komunikasi data. Disamping itu, pembagian beban kerja setiap perangkat komputasi dapat diatur untuk tetap proporsional dengan menambahkan *proxy* atau perangkat penghubung pendukung, seperti yang dicontohkan dalam Gambar 7 untuk kasus *proxy* piranti lunak pengolahan data.



Gambar 7. Ekspandabilitas skema *client-server* dan penyeimbangan beban kerja sistem dengan *proxy*

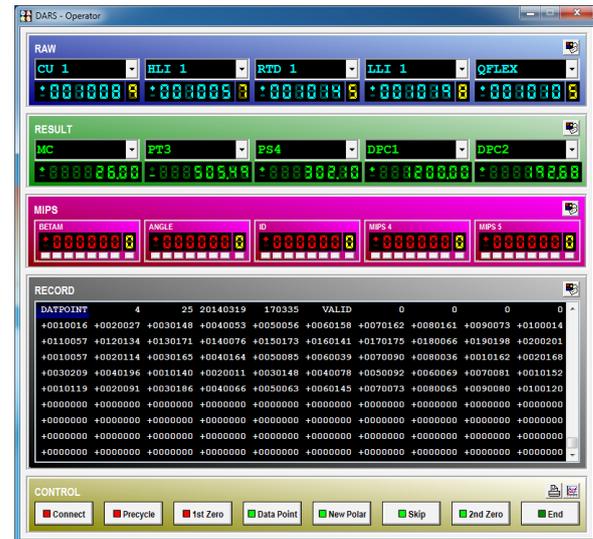
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil kegiatan pengembangan piranti lunak ditunjukkan dalam Gambar 8, 9, 10 dan 11. Gambar 8 menunjukkan antarmuka simulator instrumentasi ukur, yang menampilkan nama instrumentasi ukur, seperti Conditioning Unit (CU), High Level Interface (HLI) dan Programmable Logic Control (PLC), serta nilai pengukurannya, yang dalam hal ini merupakan nilai data mentah yang ditransmisikan ke piranti lunak akuisisi data secara periodik sesuai kecepatan aliran data atau *stream rate* (dalam Gambar 8 diatur pada kecepatan 300 ms per paket data). Dengan simulator ini, pengguna dapat juga menentukan alamat IP *server* dimana piranti lunak akuisisi data beroperasi melalui pemilihan di *combobox* berisi sejumlah alamat IP di bagian kiri bawah antarmuka. Pengiriman paket data dimulai dengan pembentukan koneksi komunikasi data melalui aksi *click* pada *button* Connect, dilanjutkan dengan aksi *click* pada *button* Transmit yang berada di sebelah *button* Connect (dalam Gambar 8 *captiomnya* berubah menjadi Stop untuk menghentikan pengaliran data) dan, apabila pengujian selesai, diakhiri dengan aksi *click* pada *button* Disconnect untuk menutup koneksi komunikasi data dengan piranti lunak akuisisi data.



Gambar 8. Antarmuka simulator instrumentasi ukur

Gambar 9 menunjukkan antarmuka dari piranti lunak akuisisi data, yang di dalamnya mengandung piranti lunak pengolahan data esensial untuk melakukan kalkulasi parameter utama aliran dalam terowongan angin selama pengujian berlangsung. Pada prinsipnya, antarmuka ini dikhususkan untuk operator akuisisi data, sehingga karakternya disesuaikan dengan kebutuhan operator saat menjalankan tugasnya. Antarmuka ini dibangun sesuai rancangan yang diuraikan dalam pembahasan tentang kegiatan pengembangan siklus 1, dan terdiri dari lima *panel* utama, yang masing-masing berfungsi untuk memantau data mentah (*panel* Raw), memantau parameter aliran (*panel* Result), memasukkan data mentah secara manual (*panel* MIPS), memantau rekaman data mentah (*panel* Record), dan mengendalikan operasi akuisisi data (*panel* Control).



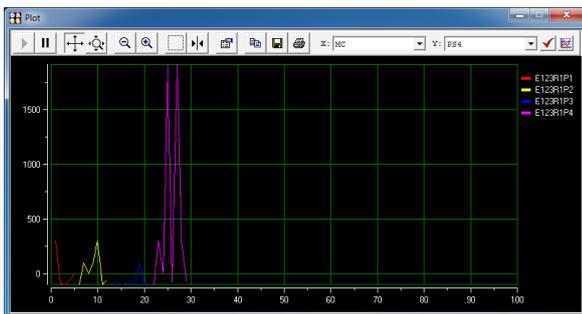
Gambar 9. Antarmuka piranti lunak akuisisi data

Gambar 10 dan 11 menunjukkan antarmuka dari piranti lunak presentasi data, berupa tabulasi (Gambar 10) dan grafik dua dimensi (Gambar 11). Nilai dalam tabulasi merupakan nilai informasi aerodinamika yang dihasilkan dan ditransmisikan oleh piranti lunak pengolahan data (dalam tahap ini masih merupakan bagian dari piranti lunak akuisisi data). Satu grafik yang ditampilkan dalam Gambar 11 merupakan representasi dari sekumpulan data yang diakuisisi pada kondisi yang sama menurut sikap model uji, atau lazim disebut *polar*, dan dibedakan berdasarkan warna atau simbol tertentu. Antarmuka grafik juga memungkinkan

pengguna melakukan komparasi data dari pengujian terdahulu dengan data dari pengujian yang sedang berlangsung untuk keperluan analisis dan evaluasi hasil pengujian.

| RUNNO | RBUNNO | POLUNO | MC | YO | PS4 | PS4 | DPC1 | DP14 | DP34 |
|-------|--------|--------|------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1.0 | 1.0 | 3.0 | 16.0 | 0.0 | -90.6 | -90.6 | 2714.6 | -0.6 | -694.9 |
| 1.0 | 1.0 | 3.0 | 17.0 | 0.0 | -60.1 | -60.1 | 1206.0 | -496.6 | -960.6 |
| 1.0 | 1.0 | 3.0 | 18.0 | 0.0 | -96.6 | -96.6 | -296.6 | 4808.4 | 699.9 |
| 1.0 | 1.0 | 3.0 | 19.0 | 0.0 | 100.9 | 100.9 | -161.0 | 4812.4 | -694.9 |
| 1.0 | 1.0 | 3.0 | 20.0 | 0.0 | -96.6 | -96.6 | 1209.0 | -280.2 | -961.0 |
| 1.0 | 1.0 | 3.0 | 21.0 | 0.0 | -60.3 | -60.3 | -271.6 | -478.6 | 699.7 |
| 1.0 | 1.0 | 4.0 | 22.0 | 0.0 | -96.6 | -96.6 | -296.6 | 2003.4 | 691.7 |
| 1.0 | 1.0 | 4.0 | 23.0 | 0.0 | 300.1 | 300.1 | 2708.6 | -480.6 | -691.1 |
| 1.0 | 1.0 | 4.0 | 24.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -241.2 | -400.4 | 6907.7 |
| 1.0 | 1.0 | 4.0 | 25.0 | 0.0 | 1908.6 | 1908.6 | 2699.6 | -490.6 | 700.6 |

Gambar 10. Antarmuka piranti lunak presentasi data (tabelasi)



Gambar 11. Antarmuka piranti lunak presentasi data (grafik dua dimensi)

Keempat antarmuka diujicoba pada lingkungan mesin virtual VirtualBox pada platform yang berbeda untuk mensimulasikan kondisi nyata dan memvalidasi hasil eksekusi masing-masing piranti lunak dan interaksi antar keempatnya. Hasil uji coba menunjukkan kinerja eksekusi yang stabil dengan pada kisaran *stream rate* 300 ms hingga 200 ms per paket data. Uji coba juga dilakukan pada tiga unit perangkat komputasi fisik dengan spesifikasi teknis menengah dan menunjukkan hasil yang tidak jauh berbeda. Kedua hasil uji coba ini mengindikasikan kelayakan piranti lunak akuisisi dan reduksi data yang dikembangkan sejauh ini sebagai prototipe yang dapat dijadikan acuan untuk pengembangan lebih lanjut menuju implementasi di kondisi nyata.

V. SIMPULAN DAN SARAN

Pengembangan prototipe piranti lunak akuisisi dan reduksi data Terowongan Angin Kecepatan Rendah Indonesia telah dilakukan dengan memperhatikan aspek keterkiniannya guna mewujudkan piranti lunak kontemporer yang ramah guna dan berekspandabilitas tinggi. Pengembangan prototipe demi prototipe melalui siklus yang terencana menghasilkan prototipe yang layak untuk dijadikan rujukan untuk pengembangan tahap lanjut, yang dibuktikan dari hasil uji coba piranti lunak di lingkungan mesin virtual maupun mesin aktual.

Pengembangan yang mengarah ke pemanfaatan nyata sangat perlu dilakukan mengingat peran penting dari piranti lunak akuisisi dan reduksi data sebagai penyedia vital informasi aerodinamika. Sehingga peran serta dan dukungan seluruh pihak pengelola terowongan angin sangat dibutuhkan. Eksplorasi aspek lain, seperti portabilitas, aksesibilitas dan sekuritas, yang memungkinkan piranti lunak ini dapat juga digunakan dan dimanfaatkan di tempat selain di ruang kendali terowongan angin dengan aman, khususnya untuk keperluan evaluasi data dengan menggunakan perangkat *mobile* (*smartphone* atau *tablet*), selayaknya dipertimbangkan secara proporsional.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. Z. Pane, "Pengembangan GUI DARS Berbasis Komunikasi Antar PC Windows dan Linux/Unix", Presentasi Ilmiah Forum Fungsional UPT LAGG, 28 November 2013.
- [2] I. Z. Pane, "Aplikasi Konsep Pengolahan Data Terdistribusi dalam Pengembangan DARS ILST", Presentasi Ilmiah Forum Fungsional UPT LAGG, 29 Januari 2014.
- [3] I. Z. Pane, "Eksplorasi Aspek Keramahgunaan Prototipe Piranti Lunak Operator Akuisisi Data Terowongan Angin Kecepatan Rendah Indonesia", Prosiding Seminar Nasional Multi Disiplin Ilmu Universitas Budi Luhur, 10 Mei 2014.
- [4] R.S. Pressman, "Software Engineering, A Practitioner's Approach" 6th Edition, McGraw-Hill, 2005.
- [5] I. Sommerville, "Software Engineering", 8th Edition, Pearson, 2006.