PRIMA
Volume 12, Nomor 2, November 2015 **ISSN : 1411-0296**

RANCANG BANGUN MODUL PENCACAH 16 BIT 3 INPUT DENGAN KOMUNIKASI *TCP/IP* UNTUK PORTAL MONITOR RADIASI PMR15

Dian Fitri Atmoko, Erwin Nashrullah, Usep SG, Beni Syawaludin
PRFN-BATAN, Kawasan Puspiptek Gd 71, Tangerang Selatan - 15310
dian_fa@batan.go.id

ABSTRAK

RANCANG BANGUN MODUL PENCACAH 16 BIT 3 INPUT DENGAN KOMUNIKASI TCP/IP UNTUK PORTAL MONITOR RADIASI PMR15. *Sejak tahun 2014 PRFN-BATAN telah mengembangkan portal monitor radiasi. Pada tahun 2015 dilakukan rancang bangun sistem portal monitor non spektroskopi yang memerlukan modul pencacah dengan lebar data 16 bit, sehingga cukup untuk mencacah paparan radiasi besar terdeteksi oleh detektor gamma. Desain modul pencacah pada PMR15 membutuhkan 3 input pencacah, tujuannya untuk melakukan pencacahan pada 3 (tiga) level energi, yaitu energi rendah, sedang dan tinggi. Kombinasi ini nantinya akan digunakan pada algoritma untuk menentukan tingkat alaram palsu. Modul pencacah menggunakan 3 (tiga) mikrokontroller terprogram saling terhubung melalui jalur I2C (master-slave). Agar dapat mengirimkan data dengan jarak lebih dari 100 meter digunakan komunikasi TCP/IP. Dari hasil uji fungsi diperoleh bahwa data dari modul pencacah dapat dipantau melalui browser atau perangkat lunak lainnya melalui komunikasi TCP/IP dan dapat merespon jumlah cacahan sesuai dengan data input dengan rata-rata nilai error/faktor koreksi antara ± 0,08 % s.d ± 1,02 %.*

Kata kunci: Modul Pencacah 16 bit , TCP/IP, Portal Monitor Radiasi

ABSTRACT

A DESIGN AND CONTRUCTION OF 3 INPUT 16 BIT COUNTER MODULE WITH TCP / IP COMUNICATION FOR RADIATION PORTAL MONITOR PMR15. *Since 2014 PRFN-BATAN has developed a radiation portal monitor. By 2015 the design of the system is done for non spectroscopy portal monitors that require counter module with a data width of 16 bits, which are sufficient for counting large radiation exposure that was detected by a gamma detector. The design of counter module in PMR15 takes 3 counter inputs, in order to carry out the counting at three (3) energy level, that is low, medium and high energy. This combination will be used in an algorithm to determine the rate of false alarms. Counter module uses three (3) programmable microcontrollers connected to each other through the I2C (master-slave). To be able to transmit data over a distance of 100 meters TCP / IP communication is used. From the function test results show that the data of the module counter can be monitored through a browser or other software via TCP / IP communication and be able to respond to the number of counts in accordance with the input data with the average value of the error / correction factor between + - 0.08% to + - 1.02%.*

Keywords: 16 BIT Counting Modul, TCP/IP, Radiation Portal Monitor

1. PENDAHULUAN

Portal Monitor Radiasi (PMR) adalah perangkat deteksi radiasi dalam bentuk dua buah pilar saling berhadapan dalam jarak tertentu. Jika kendaraan melalui kedua pilar ini maka zat radioaktif akan terdeteksi dan alaram akan berbunyi. Saat ini ada dua tipe PMR yaitu PMR spektroskopi dan non spektroskopi. Pada PMR spektroskopi jenis sumber radiasi yang melalui PMR dapat diketahui dari spektrum energinya. Sedangkan PMR non spektroskopi hanya melakukan pencacahan pada energi tertentu atau di semua energi dalam bentuk cacah *gross* tanpa membedakan jenis sumber radiasi. Dari sisi fungsi ada PMR untuk pedestrian (pejalan kaki) dan untuk kendaraan**.** Contoh PMR komersil seperti ditunjukan pada Gambar 1.

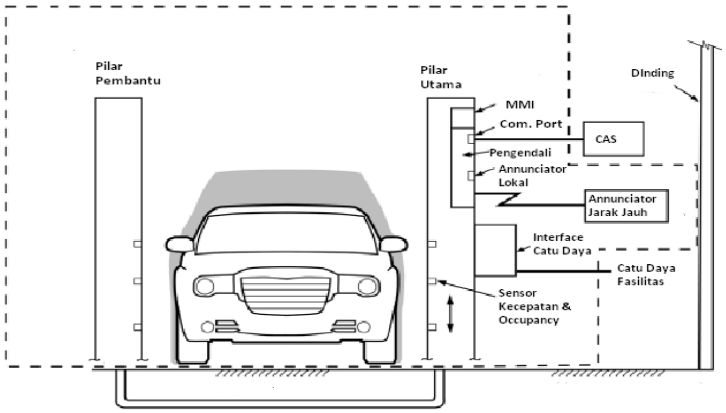
Gambar 1. Contoh Portal Monitor Radiasi (PMR) komersil[1]

Pusat Rekayasa Fasilitas Nuklir (PRFN)- BATAN sejak tahun 2014 telah mengembangkan *Portal Monitor Radiasi* (PMR) untuk kendaraan dengan tipe spektroskopi. Karena PMR spektroskopi harganya sangat mahal dan kebutuhan lebih banyak PMR non-spektroskopi, maka pada tahun 2015 dikembangkan juga PMR dengan tipe non-spektroskopi. Kegiatan ini merupakan upaya untuk menekan biaya penyediaan PMR, dengan meningkatkan kandungan lokal pada PMR buatan dalam negeri. Salah satu kandungan lokal yang tengah dikembangkan pada PMR non spektroskopi yaitu perangkat Sistem Instrumentasi dan Kendali (SIK) baik modul perangkat keras dan perangkat lunak. Pengembangan perangkat keras masih terbatas pada pemanfaatan dan integrasi modul maupun sensor elektronik yang sesuai dengan PMR dan ketersediaannya di pasar lokal Indonesia. Jadi lokal konten utamanya terletak pada pengembangan perangkat lunak, baik sebagai *user interface* maupun perangkat lunak terprogram pada modul elektronik.

Makalah ini hanya akan membahas modul elektronik terprogram (*embedded*) untuk modul pencacah pada *Portal Monitor Radiasi* (PMR) non spektroskopi dengan 3 (input) resolusi pencacah 16 bit, menggunakan media komunikasi data *TCP/IP* (*Ethernet*/ konektor RJ-45)

2. TEORI

PMR secara umum terdiri atas detektor, modul elektronik, sensor-sensor pendukung dan perangkat lunak, lebih lengkapnya ditunjukan pada Gambar 2.



Gambar 2. Konsep *Radiation Portal Monitor* (RPM)[2].

Dari gambar 2 dapat dijelaskan sebagai berikut :

- Pilar, terdiri dari rangka besi yang di dalamnya terdapat detector untuk mendeteksi adanya paparan radiasi zat radioaktif. Pilar dipasang pada jarak tertentu secara berhadapan agar dapat dilalui oleh kendaraan atau pedestrian.
- Sistem Instrumentasi dan kendali (SIK), terdiri atas modul preamp, amplifier, single *channel analyser* (SCA), pencacah, sensor okupansi/*vehicle loop detector* (VLD), sensor kecepatan, sensor fotoelektrik dan kamera CCTV. SIK PMR berfungsi untuk mendeteksi adanya kendaraan, mencacah paparan radiasi yang diterima detektor, menangkap citra objek (kendaraan), dan mentransmisikan data-data tersebut ke komputer operator.
- Perangkat lunak, terdiri dari perangkat lunak pada modul terprogram (*embedded*) , yang difungsikan sebagai modul pencacah dan pengirim data, serta perangkat lunak *user interface* (UI) berfungsi untuk memproses data-data yang dikirim oleh SIK PMR.

Inter Integrated Circuit atau sering disebut I2C adalah standar komunikasi serial dua arah menggunakan dua saluran yang didisain khusus untuk mengirim maupun menerima data. Sistem I2C terdiri dari saluran SCL (*Serial Clock*) dan SDA (*Serial Data*) yang membawa informasi data antara I2C dengan pengontrolnya. Piranti yang dihubungkan dengan sistem *I2C Bus* dapat dioperasikan sebagai *Master* dan *Slave*. *Master* adalah piranti yang memulai *transfer* data pada *I2C Bus* dengan membentuk sinyal *Start*, mengakhiri *transfer* data dengan membentuk sinyal *Stop*, dan membangkitkan sinyal *clock*. *Slave* adalah piranti yang dialamati *master*[5].

Modul pencacah (*counter*) adalah peralatan yang digunakan untuk mencacah (menghitung jumlah) pulsa listrik yang memasukinya. Selang waktu pencacahan dapat dilakukan secara manual (*start/stop*) atau secara otomatis menggunakan *timer*, yaitu alat yang dapat memberikan sinyal ke *counter* agar memulai atau menghentikan pencacahan dengan selang waktu tertentu yang dapat diatur sebelumnya[3].

Mikrokontroler adalah IC dengan kepadatan yang sangat tinggi didalamnya telah terdapat *CPU, RAM, EEPROM, I/O, Timer* dan *Interrupt Controller*. Dengan kelengkapan tersebut mikrokontroller mampu memanipulasi data berdasarkan pada suatu urutan instruksi (program) biasa disebut dengan *embedded computer*[4].

TCP/IP (*transmission control protocol/internet protocol*) adalah standar komunikasi data yang digunakan dalam proses pertukaran data melalui jaringan internet. Protokol *TCP/IP* merupakan standar jaringan yang bersifat terbuka dan independen, sehingga penggunaannya sangat beragam. Dengan metode pengalamatan yang sederhana biasa disebut IP (*IP address*), dimungkinkan ratusan juta komputer dapat saling berhubungan walaupun jenis operating sistemnya berbeda[6].

3. TATA KERJA

Tahapan kegiatan yang dilakukan adalah sebagai berikut :

- Menentukan persyaran desain modul pencacah.
- Membuat konsep desain modul pencacah.
- Mendetailkan konsep desain dalam bentuk diagram pengkawatan, spesifikasi teknis perangkat keras dan perangkat lunak.
- Melakukan konstruksi perangkat lunak dan mengunggah ke modul pencacah.
- Melakukan pengujian fungsi modul pencacah.

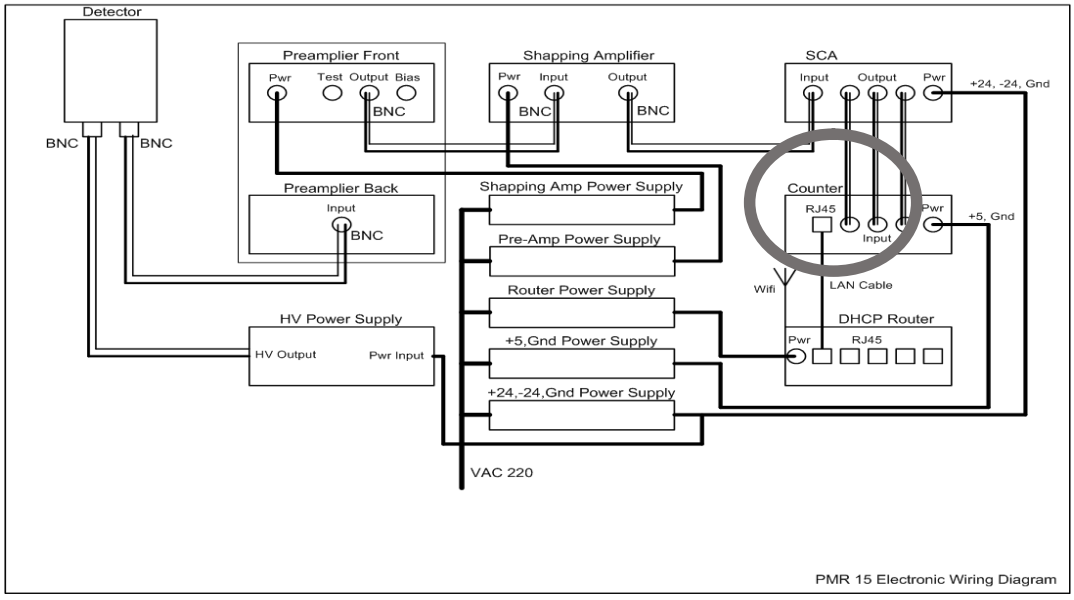
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem Instrumentasi dan Kendali (SIK) PMR15 terdiri atas detektor gamma, modul *preamplifier*, modul *shapping amplifier*, 3 modul *single channel analyser* (SCA) dengan

level *window* berbeda, modul pencacah 16 bit, modul *DHCP router*, modul HV, dan modul catu daya DC. Blok diagram SIK PMR15 ditunjukan pada gambar 3.

Modul pencacah radiasi (*counter*) didesain sesuai Dokumen Persyaratan Desain Perekayasaan Portal Monitor Radiasi non Spektroskopi (PMR15)[7], yaitu :

1. Mampu beroperasi secara mandiri dari piranti peripheral dan harus tidak terpengaruh oleh segala kerusakan piranti peripheral.
2. Mempunyai dimensi sekecil mungkin sehingga bisa menghemat banyak tempat untuk piranti lain.
3. Dapat beroperasi secara otomatis dan menyimpan data kurang dari 1 detik.
4. Modul pencacah yang dibuat harus memiliki sistem komunikasi dua arah untuk menerima perintah dan menampilkan data.
5. Modul pencacah yang dibuat memiliki resolusi di atas kemampuan deteksi maksimal dari detektor yang digunakan.

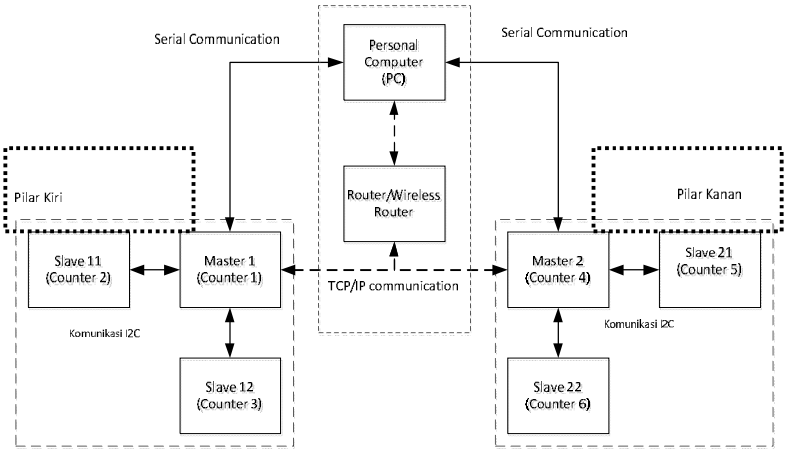


Catatan : bagian di dalam lingkaran adalah modul pencacah.

Gambar 3. Blok diagram pengkawatan SIK Portal Monitor

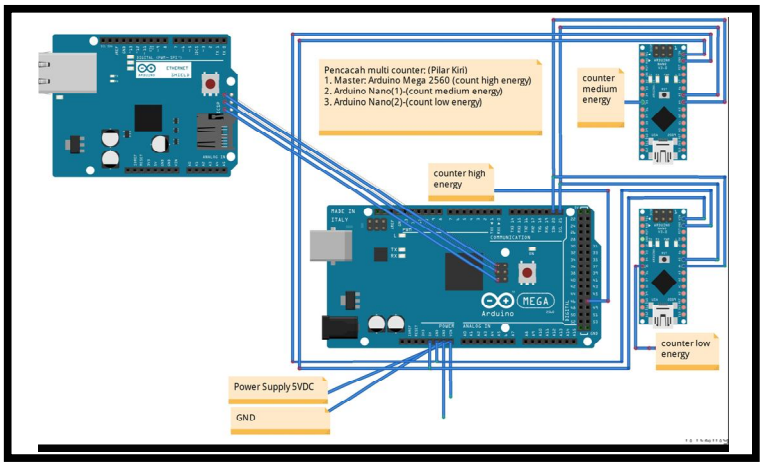
Pencacah didesain terdiri dari 6 buah modul mikrokontroler yang masing-masing difungsikan sebagai pencacah 16 bit pada tiap modul untuk mencacah pulsa yang dihasilkan oleh detektor akibat adanya radiasi yang masuk dalam area deteksi. Enam modul pencacah tersebut terbagi atas 2 (dua) pilar dengan masing pilar terdiri 3 (tiga) modul dengan fungsi pencacah yang terdapat pada masing-masing pilar adalah mencacah radiasi yang terdeteksi detektor pada tingkat energi rendah, sedang dan tinggi. Blok diagram modul pencacah ditunjukan pada gambar 4.

Berdasarkan blok diagram pada Gambar 4, pada tiap pilar terdapat mikrokontroler modul pencacah memiliki 3 input dengan komunikasi antar modul meggunakan I2C yang mendukung komunikasi dua arah jalur data yang difungsikan sebagai *master* dan *slave*. Hasil cacahan pada tiap *slave* dikirimkan pada modul *master* kemudian diteruskan datanya menuju personal komputer (PC) melalui komunikasi *TCP/IP* menggunakan kabel LAN atau sinyal wifi. Komunikasi *TCP/IP* dipilih sebagai media pengirim data dengan tujuan agar data dapat dikirim dari jarak lebih dari 100 m



Gambar 4. Blok diagram konsep desain pencacah dengan metode *master-slave*

Disamping itu dengan setting modul *counter* sebagai *web server* dengan format data HTML, maka untuk penerima data terkirim dapat menggunakan berbagai media *user interface*, seperti *web browser*, atau aplikasi lain berbasis *ethernet*. Dari blok diagram pada gambar 4 kemudian dibuat diagram pengkawatan secara detail menggunakan aplikasi *fritzing*, dengan 1 modul Arduino Mega 2560 sebagai *master* dan 2 Arduino Nano sebagai *slave* serta modul *ethernet shield* sebagai media komunikasi *TCP/IP*, sehingga diperoleh visualisasi interkoneksi sesuai hasil sesungguhnya seperti ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 5. Diagram instalasi pengkawatan modul pencacah 3 input dengan metode *master-slave*

Agar dapat berfungsi sebagai pencacah, modul Arduino perlu diprogram menggunakan aplikasi Arduino IDE. Berikut tahapan kerja dalam pendisainan perangkat lunak modul pencacah :

1. Melakukan inisiasi fungsi tambahan dan pengalamatan modul
2. Melakukan setting parameter port TCP/IP
3. Menjalankan fungsi pewaktuan setiap 0,2 detik,
4. Mengambil data pencacah tiap 0,2 detik dan menyimpannya ke dalam array.
5. Menjumlahkan data sebanyak indeks array selama 1 detik
6. Mengirimkan data setiap 1 detik.

Pada kasus ini modul pencacah dikonfigurasikan sebagai *web server* sehingga data akan dikirimkan terus menerus. Berikut beberapa cuplikan *source code* perangkat lunak yang diunggah ke modul mikrokontroler Arduino sebagai *master*.

Source code untuk inisiasi fungsi dan pengalamatan *master-slave*.

```
#include <SPI.h>
#include <Ethernet.h>
#include <avr/io.h>
#include <avr/interrupt.h>
#include <Wire.h>
#define periode 3125
unsigned long count2 = 0;
const byte my_address = 50;
const byte slaves_address1 = 51;
const byte slaves_address2 = 52;
```

Source code setting port TCP/IP pada mikrokontroler Arduino sebagai server

```
byte mac[] = { 0xDE, 0xAD, 0xBE, 0xEF, 0xFE, 0x2D };
byte gateway[] = { 192, 168, 0, 1 };
byte subnet[] = { 255, 255, 255, 0 };
IPAddress ip(192,168,0,201);
EthernetServer server(80);
```

Setup pin T5 pada Arduino Mega 2560 sebagai counter dengan metode *falling edge*

```
TCCR5B=0x06;
```

Source code setting pin T1 pada mikrokontroler Arduino sebagai timer 200 ms atau 0,2 detik

```
cli(); //non actived interrupt
TCCR1A = 0;// set entire TCCR1A register to 0
TCCR1B = 0; // same for TCCR1B
OCR1A = periode;
TCCR1B = (1 << WGM12);
TCCR1B |= (1 << CS10);
TCCR1B |= (1 << CS12);
TIMSK1 |= (1 << OCIE1A);
sei();
```

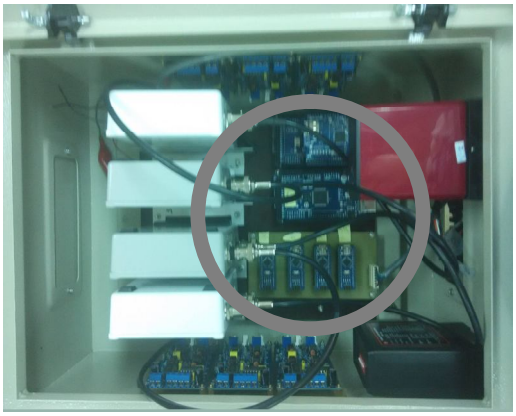
Source code fungsi pencacah pada master dengan pewaktuan 200ms

```
ISR (TIMER1_COMPA_vect) {
cacah = TCNT5;
TCNT5 = 0;
jumlah=jumlah-data[indeks];
jumlah=jumlah+cacah;
data[indeks]=cacah;
indeks++;
indeks=indeks & 3;}
```

Source code pengiriman data ke client.

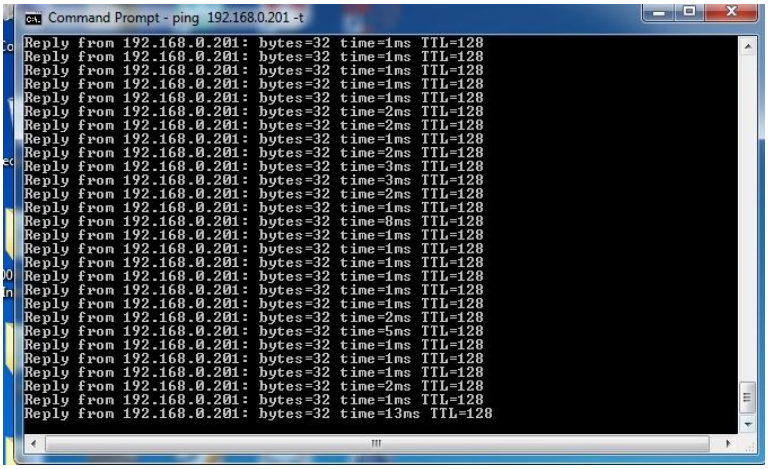
```
client.println("HTTP/1.1 200 OK");
client.println("Content-Type: text/html");
client.println("Connection: close");
client.println("Refresh: 1");
client.println();
```

Tahapan berikutnya melakukan konstruksi modul pencacah dengan modul-modul elektronik lainnya pada SIK PMR15 seperti ditunjukkan pada Gambar 6. Gambar modul yang dibatasi oleh lingkaran adalah modul pencacah 16 bit dengan 3 input menggunakan beberapa modul mikrokontroler.



Gambar 6. Modul pencacah terpasang pada SIK PMR

Tahapan pengujian yang dilakukan masih terbatas pada uji fungsi modul terdiri dari uji koneksi komunikasi *TCP/IP* dan Uji konsistensi data terkirim. Pengujian koneksi *TCP/IP* dilakukan dengan menghubungkan modul pencacah pada DHCP Router kemudian dilakukan ping pada alamat IP modul tersebut misalnya pada aplikasi DOS ketikan **ping 192.168.0.201 -t**. hasil nya seperti ditunjukan pada gambar 7.

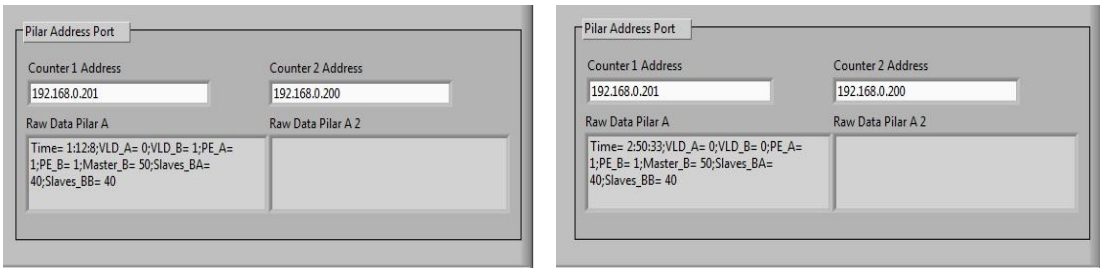


Gambar 7. Pengujian koneksi TCP/IP

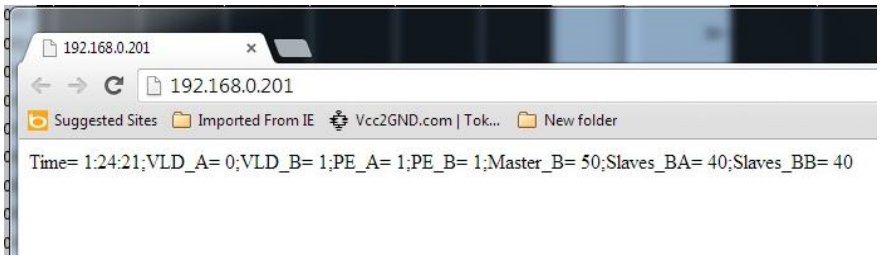
Dari pengujian tersebut terlihat modul dapat berkomunikasi dengan PC melalui *TCP/IP* sehingga dapat dilakukan pengujian berikutnya yaitu dengan memberikan sinyal input pada ketiga modul *counter* tersebut, kemudian melihat kosistensi data cacahan yang dikirimkan oleh modul.

Pengujian konsistensi data terkirim dapat dilakukan melalui *browser* pada PC atau *Smartphone* atau dapat juga melalui aplikasi *user interface* buatan misalnya menggunakan *labview*, dengan cara mengisikan alamat *IP Address* modul pencacah dan melihat hasilnya. Data yang diberikan berupa gelombang kotak sebesar 50 pps pada *master* dan 40 pps pada *slave*, kemudian dilihat perubahannya pada selang waktu tertentu. Dari hasil uji selama lebih dari 1 jam (1:12:8 s.d 2:50:33) tidak terjadi perbedaan data yang terkirim dan terbaca (lihat gambar 8.a). Gambar 8.b menunjukkan data yang dikirim oleh modul pencacah sebagai *web server* kemudian di baca menggunakan *web browser.*

Untuk melihat respon resolusi pencacah 16 bit (65536 dalam desimal), bentuk pengujian yang dilakukan dengan memberikan variasi data input menggunakan generator pulsa berbentuk keluaran kotak dengan amplitudo 4,5 volt dan variasi pulsa 5 pps s.d 65000 pps kemudian melihat hasil terbaca pada *web browser* atau aplikasi *user interface*. Hasilnya ditunjukkan pada tabel 1. Dari hasil pengujian pada tabel 1 di peroleh rata-rata nilai *error* atau faktor koreksi (fk) tertinggi sebesar -1,02% dan terendah -0,08%. Dan jika dilihat dari keseluruhan data, hanya ada 1 data dengan nilai *error* diatas 1%, lainnya masih di bawah 1%. Dengan demikian secara fungsi modul pencacah telah dapat berfungsi sesuai yang diharapkan.



a. Pengujian dengan *user interface* menggunakan *Labview*



b. Pengujian dengan *user interface* menggunakan *browser* pada PC

Gambar 8. Pengujian koneksi TCP/IP

Tabel 1. Data hasil pengujian input *counter*

No.	Input Counter	Data Master		Data Slave A		Data Slave B	
	(pps)	(pps)	FK (%)	(pps)	FK (%)	(pps)	FK (%)
1.	5	5	0,00	5	0,00	5	0,00
2.	10	10	0,00	9	-10,00	10	0,00
3.	100	100	0,00	100	0,00	100	0,00
4.	500	503	0,06	500	0,00	500	0,00
5.	1000	1003	0,30	999	-0,10	998	-0,20
6.	5000	5006	0,12	4999	-0,02	4994	-0,12
7.	10000	10010	0,10	9998	-0,02	9988	-0,12
8.	20000	20060	0,30	19996	-0,02	19977	-0,12
9.	50000	50070	0,14	49989	-0,02	49940	-0,12
10	65000	65070	0,11	64986	-0,02	64923	-0,12
	Rata-rata FK		**0,17**		**-1,02**		**-0,08**

5. KESIMPULAN

Dari pengujian awal dan pembahasan dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut: Modul pencacah 16 bit 3 input telah dapat mengirimkan data melalui komunikasi port TCP/IP dan data dapat dilihat melalui *browser* baik pada PC maupun *smartphone*. Dari data input gelombang kotak dengan amplitudo 4,5 volt dan variasi data anatara 5 pps s.d 65000 pps, diperoleh nilai *error* atau faktor koreksi rata-rata antara ± 0,08% s.d ± 1,02%, sehingga modul pencacah secara fungsi telah sesuai dengan perencanaan. Pengujian-pengujian lainnya lebih lanjut akan dilakukan pada kegiatan tahun 2016.

6. UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih penulis ucapkan kepada seluruh anggota tim yang tergabung dalam kegiatan perekayasaan portal monitor radiasi atas segala masukkannya terkait kegiatan desain modul pencacah untuk PMR15.

7. DAFTAR PUSTAKA

[1] diakses tanggal 9 Nopember 2015, http://www.cbp.gov/sites/default/files/assets/hires/10162009_10_10162009_10.jpg,
[2] Cahyono Agus, Triyanto Joko, Handoyo Demon, Juni 2014, *Desain Dasar Portal Monitor Radiasi Untuk Kendaraan*, Majalah Prima Volume 11 Nomor 1, PRFN-BATAN, Tangerang.
[3] Anonim, diakses tanggal 23 Nopember 2015, http://www.batan.go.id/pusdiklat/elearning/Pengukuran_Radiasi/_private/Sistem%20Pencacah.pdf,
[4] Anonim, diakses tanggal 2 Nopember 2015, http://staff.uny.ac.id/sites/default/files/pengabdian/suprapto-spd-mt/kum-c-materi-workshop-ewb-dan-mikrokontroller.pdf,
[5] Anonim, diakses tanggal 2 Nopember 2015, https://purnomosejati.wordpress.com/2011/08/25/mengenal-komunikasi-i2cinter-integrated-circuit/
[6] Anonim, diakses tanggal 9 Nopember 2015. http://dinda-rompas.blogspot.co.id/2012/11/pengertian-dan-jenis-jenis protokol.html,
[7] Triyanto Joko, Januari 2015, *Persyaratan Desain Perekayasaan Portal Monitor Radiasi Non Spektroskopi (PMR15)*, PD-RPM-14.0.0.0.01.00, PRFN-BATAN, Tangerang.