ISSN 1411-8289

JURNAL Elektronika dan Telekomunikasi

VOLUME III, NOMOR 1

JUNI - JULI 2003

- Kata Pengantar
- Pembuatan Sensor Temperatur (NTC-2114) Menggunakan Teknologi Screen Printing — *Hiskia [1)], Roberth V.M [1)], Yudi Yuliyus [1)], Ali M.L.S [2)]*
- Alat Ukur Tinggi Muka Air Sungai dengan Mempergunakan Sumbersible Pressure Sensor — *Djohar Syamsi [1)], Yuyu Wahyu [2)]*
- Penerima DTMF (Dual Tone Multiple Frequency Receiver — *Bagus Edi Sukoco [1)], Iqbal Syamsu [1)]*
- Rancang Bangun Sistem Akuisisi Data Cuaca untuk Telemetri — *Yudi Yuliyus Maulana [1)], Yuyu Wahyu [2)]*
- Sistem Pemantauan dan Pengamanan Ruangan — *Syamsu Ismail [1)], Deni Permana [2)]*
- Perancangan Osilator Band-C Menggunakan DRO — *Pamungkas Daud [1)], Yuyu Wahyu [1)]*
- Pengirim Pengendalian Stepper Motor Jarak Jauh — *Yaya Sulaeman [1)], Arief Suryadi [1)]*

PUSAT PENELITIAN ELEKTRONIKA DAN TELEKOMUNIKASI - LIPI
Jl. Cisitu No. 21/154 D Tlp. (022) 250 4660, 250 4661 Fax. (022) 250 4659 - Bandung 40135
http://www.telkoma.lipi.go.id

JURNAL ELEKTRONIKA dan TELEKOMUNIKASI, NO. 1 VOL. III JUNI - JULI 2003 ISSN 1411-8289

JURNAL Elektronika dan Telekomunikasi

SUSUNAN REDAKSI

Penanggung Jawab : Kepala Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi, Kasi (PPET - LIPI)

Dewan Redaksi :
Prof. Dr. M. Barmawi
Prof. Ir. Ahmadi Djajasugita M.Sc
Prof. Dr. Ir. Soegijardjo Soegijoko
Prof. Dr. Ir. Djoko Hartanto
Dr. Anung Kusnowo, M.Tech
Dr. Masbah RT. Siregar
Dr. Totok MS Soegandi, APU
Dr. Goib Wiranto
Ir. Sukarna Djaja, APU
Ir. Rustini S. Kayatmo, DIC
Ir. Yahya Sukri
Ir. Elly Herlia Effendi
Syamsu Ismail, ST

Redaksi Pelaksana :
Ketua : Ir. Yuyu Wahyu, MT

Anggota :
Ir. Pamungkas Daud
Deni Permana, ST
Dedi, ST
Bagus Edy Sukoco, ST
Drs. Slamet Widodo

Sirkulasi :
Lilis Retnaningsih, SSi
Endang Ridwan

Alamat Redaksi : Seksi JASA DAN INFORMASI
PPET - LIPI
Jl. Cisitu No. 21/154 D Bandung 40135
Tlp. (022) 250 4661 Fax. (022) 250 4659
E-mail : info@ppet-lipi.go.id

DAFTAR ISI

Kata Pengantar ii

PEMBUATAN SENSOR TEMPERATUR (NTC-2114) MENGGUNAKAN TEKNOLOGI SCREEN PRINTING 1
(Hiskia), Robeth V.M*), Yudi Yuliyus*), Ali M.L.S**))*

ALAT UKUR TINGGI MUKA AIR SUNGAI DENGAN MEMPERGUNAKAN SUMBERSIBLE PRESSURE SENSOR 9
(Djohar Syamsi), Yuyu Wahyu**))*

PENERIMA DTMF
(Dual Tone Multiple Frequency Receiver) 20
(Bagus Edy Sukoco), Iqbal Syamsu*))*

RANCANG BANGUN SISTEM AKUISISI DATA CUACA UNTUK TELEMETRI 25
(Yudi Yuliyus Maulana), Yuyu Wahyu*))*

SISTEM PEMANTAUAN DAN PENGAMANAN RUANGAN 32
(Syamsu Ismail), Deni Permana*))*

PERANCANGAN OSILATOR BAND-C MENGGUNAKAN DRO 39
(Pamungkas Daud), Yuyu Wahyu*))*

PENGIRIM PENGENDALIAN STEPPER MOTOR JARAK JAUH 43
(Yaya Sulaeman, Arief Suryadi))*

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Pembaca *Jurnal Elektronika* dan *Telekomunikasi* yang budiman.

Terbitan pertama volume ketiga "Jurnal Elektronika dan Telekomunikasi" yang seharusnya sudah terbit pada bulan Juni-Juli 2003 mengalami keterlambatan. Hal ini disebabkan oleh jumlah materi yang terkumpul terlambat dan masalah teknis lainnya.

Pada terbitan pertama ini materi jurnal cukup beragam meliputi *Pembuatan Sensor Temperatur (NTC-2114) Menggunakan Teknologi Screen Printing, Alat Ukur Tinggi Muka Air Sungai dengan Mempergunakan Sumbersible Pressure Sensor, Penerima DTMF, Rancang Bangun Sistem Akuisisi Data Cuaca untuk Telemetri, Sistem Pemantauan dan Pengamanan Ruangan, Perancangan Osilator Band-C Menggunakan DRO,* dan *Pengirim Pengendalian Stepper Motor Jarak Jauh.*

Kami mengharapkan saran dan kritik dari para pembaca untuk kesempurnaan jurnal ini.

Terima kasih atas perhatiannya. Semoga apa yang kami sajikan dapat menambah wawasan informasi dan bermanfaat bagi kita semua.

Selamat membaca.

Redaksi

PEMBUATAN SENSOR TEMPERATUR (NTC-2114) MENGGUNAKAN TEKNOLOGI SCREEN PRINTING

Hiskia), Robeth V.M*), Yudi Yuliyus*), Ali M.L.S**)*

ABSTRACT

Pada tulisan ini dibahas proses pembuatan sensor temperatur dengan teknik screen printing dengan pasta Thermistor (Thermally sensitive Resistor) tipe NTC-2114 sebagai sensor temperatur. Pada penelitian ini, dirancang 2 (dua) buah pola yang berbeda yaitu tipe A dan B dengan luas yang sama sebesar 2 mm^2 dan diuji sensitivitasnya (α) sebagai sensor temperatur dan linieritasnya (r) dengan menp unakan alat Wi karakteristik CT Chamber tipe IE 21 (produksi Yamato - Jepang), dengan range pengujian -10°C sampai 120°C. Pengukuran karakteristik sensor temperatur ini dilakukan sebanyak dua kali (repeatability test) untuk melihat kehandalan dan unjuk kerja sensor terhadap tiga buah sensor untuk setiap tipe. Hasil pengujian menunjukkan bahwa untuk sensor tipe A, didapati nilai rata rata sensitivitasnya α = 2,09167%/°C dan faktor linearitasnya sebesar r = 0.99429, sedangkan untuk tipe B didapati nilai rata rata α = 2,143w°C dan r = 0.99588. Hal ini menunjukkan kedua tipe sensor dapat digunakan sebagai sensor temperatur untuk range –10°C sampai 120°C. Untuk penelitian dan pengembangan selanjutnya sensor perlu diuji untuk range yang lebih panjang/besar. Hal ini dimaksudkan agar mengetahui sampai dimana sensor sensitif terhadap perubahan temperatur. Tahapan selanjutnya adalah pembuatan rangkaian pengkondisi sinyal dan data akusisi untuk memudahkan pengoperasian dan pembacaan data.

Keyword : Sensor Temperatur, Thermistor, Thick Film.

I. PENDAHULUAN

Penelitian tentang sensor sampai saat ini masih merupakan suatu topik yang sangat luas dan bersifat multi disiplin ilmu, dimana perkembangan teknologi sensor sesuai kemajuan teknologi mikroelektronika[l-3]. Trend penelitian tentang sensor saat ini adalah berupa miniaturisasi sistem sensor, pembuatan sensor array, multi-sensor dan pembuatan sistem sensor yang smart atau inteligent. Aplikasi sensor bisa ditemui dalam banyak peralatan konsumen, otomotif, laboratorium, pengelolaan lingkungan, konservasi energi, pabrikasi, industri, kedokteran, pertambangan, pertanian, dsb. Aplikasi sistem sensor ini masih dan akan terus berkembang sesuai dengan kebutuhan. Namun, sensor sonsor yang ada saat ini dipasaran hampir semuanya adalah produksi luar negeri *(import)*. Penguasaan teknologi sensor ini sangat diperlukan mengingat aplikasinya yang terus berkembang dan kebutuhan sensor di dalam negeri masih diimport.

Salah satu sensor kimia yang banyak digunakan di laboratorium, kontrol proses dan industri adalah sensor temperatur. Pembuatan atau fabrikasi sensor temperatur ini bisa dilakukan secara konvensional ataupun dengan menggunakan teknologi mikroelektronika. Salah satu teknologi mikroelektronika yang sudah banyak digunakan dalam pembuatan sensor adalah teknologi film tebal *(thick film)*, dengan teknologi ini dapat dilakukan miniaturisasi suatu rangkaian elektronika, pembuatan sensor dan mengintegrasikan rangkaian elektronika dengan sensor pada sebuah substrat alumina dengan menggunakan metoda *screen printing* (teknik sablon)[4-7].

Pada penelitian ini dilakukan rancang bangun sensor temperatur dengan teknik screen printing. Dengan menggunakan teknologi ini diharapkan dapat memberikan suatu kelebihan lain yang tidak dimiliki pada sensor yang dibuat secara konvensional seperti ukuran yang kecil, bisa diintegrasikan dengan sensor lain atau dengan rangkaian pengkondisi sinyal, dengan teknologi proses ini diharapkan bisa dihasilkan sensor dengan biaya yang rendah *(low cost)*. Jenis sensor temperatur yang dibuat adalah Thermistor *(Thermally sensitive Resistor)* tipe NTC-2114.

Korespondensi:

*) Hiskia, Robeth V.M, dan Yudi Yuliyus adalah Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi - LIPI.

**) Ali M.I.S adalah Jurusan Fisika, Fakultas MIPA Universitas Padjadjaran Bandung E-mail: hiskia_sirait@yahoo.com.

II. DISAIN DAN FABRIKASI SENSOR TEMPERATUR

2.1 Teknologi Thick Film

Teknologi Thick Film (TFT) merupakan salah satu bagian dari teknologi proses mikroelektronika untuk fabrikasi komponen komponen elektronika secara screen-printing. Sejak petengahan tahun 1960, teknologi proses thick film telah digunakan untuk meminiaturisasi suatu rangkaian elektronika ke dalam sebuah keping substrate, karena kemampuannya menghasilkan jalur konduktor yang sangat kecil *(fine line)*. Teknologi Thick Film telah banyak digunakan secara luas dalam industri komponen hybrid mikroelectronika dan diaplikasikan dalam berbagai bidang, seperti otomotif, telekomunikasi, medikal dan pengembangan sensor dan aktuator. Material utama yang digunakan dalam teknologi film tebal adalah substrat dan pasta. Substrat merupakan media tempat komponen film tebal diimplementasikan, sedangkan pasta adalah bahan pembentuk komponen film tebal, yang diformulasikan sedemikian rupa sehingga dapat dibentuk melalui proses pencetakan. Proses film tebal *(thick film process)* terdiri dari beberapa tahap yang meliputi pembuatan *screen,* pencetakan, pengeringan *(drying),* pembakaran *(firing), trimming* dan sejumlah proses tambahan lain seperti proses pemasangan kaki *(lead frame)* dan pengemasan (enkapsulasi).

2.2 Thermistor NTC 2112

Termistor *(Thermistor)* berasal dari kata *"thermally sensitive resistor"* yang merupakan suatu jenis transduser semikonduktor yang mempunyai sifat terjadinya perubahan nilai resistansi terhadap perubahan temperatur. Ada dua jenis Termistor yaitu tipe NTC *(Negative Thermal Coefficient),* yang mempunyai koefisien temperatur negatif atau nilai resistansi akan berkurang jika temperatur naik. Dan tipe PTC *(Positive Thermal Coeficient)* yang mempunyai koefisien temperatur positif atau nilai resistansi naik jika temperatur naik. Bahan Termistor umumnya adalah oksida-oksida logam, misalnya *chromium, cobalt,* tembaga, besi, mangan, nikel, dan titanium. Salah satu keunggulan dari thermistor adalah memiliki range temperatur yang cukup lebar (-50 s/d 300°C) dengan sensitifitas tinggi serta 'linearitas' yang cukup baik sehingga thermistor banyak digunakan sebagai sensor temperatur [8, 9,10] .

Persamaan sensitivitas atau tempertur kofisien (α) untuk termistor NTC didefinisikan dengan [10]:

$$\alpha = -\frac{dR}{R_0}\frac{1}{dT} \qquad (1)$$

Sedangakan hubungan antara temperatur dengan nilai resistansi dapat dituliskan sebagai berikut [10]:

$$R_T = R_0 \exp\left\{B\left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0}\right)\right\} \qquad (2)$$

dimana : R_o = Resistansi pada suhu kamar
T_o = Temperatur kamar dalam kelvin
B = Karakteristik temperatur dari material

Dan persamaan (1) dan (2) didapat

$$\alpha = \frac{-B}{T^2} \qquad (3)$$

Maka persamaan (2) dapat ditulis

$$R = R_0\, e^{-\alpha\Delta T} \qquad (4)$$

Dari persamaan (4) di atas dapat dikatakan bahwa respon output dari thersmistor tidaklah linier tetapi mengikuti fungsi eksponensial. Bentuk eksponensial dari persamaan (4) dapat dilinearkan dengan cara mengubah persamaan eksponensial (4) menjadi:

$$\ln R = \ln R_0 - \alpha\,\Delta T \ln e \qquad (5)$$

$$\ln R = \ln R_0 - \alpha\,\Delta T \qquad (6)$$

Sehingga kurva dari persamaan (4) akan berbentuk linear. Persamaan (6) sesuai dengan bentuk dari persamaan linear Y = nt-mtX, maka dari persamaan (6) akan didapatkan a (sensitivitas), selain sensivitas akan didapat juga parameter r (koefisien korelasi). Nilai dari koefisien korelasi adalah -1< r < 1 semakin mendekati 1 atau -1 maka korelasi semakin baik. Koefisien korelasi dapat didapatkan dari persamaan (7) sebagai berikut:

$$\frac{n\Sigma X_i Y_i - (\Sigma X_i)(\Sigma Y_i)}{\sqrt{\{n\Sigma X_i^2 - (\Sigma X_i)^2\}\{n\Sigma Y_i^2 - (\Sigma Y_i)^2\}}} \qquad (7)$$

dengan: r = koefisien korelasi
n = jumlah data

2.3 Disain dan Fabrikasi

Pembuatan sensor temperatur terdiri dari tahap peracangan pola, tata letak, penyiapan *substrate,* persiapan *screen,* pembuatan *masker,* pemilihan bahan (pasta), pencetakan, pengeringan *(drying)* dan pembakaran *(firing).*

Tahap disain meliputi pemilihan bahan, menentukan bentuk geometris dan ukuran sensor, serta pembuatan masker. Ada tiga masker yang digunakan yaitu: masker untuk jalur konduktor, jalur isolasi dan jalur Termistor. Besar nilai resistansi dari thermistor thick film merupakan fungsi dari besarnya resistansi pasta *(sheet resistance)* yang digunakan, panjang (L) dan lebar (W) dari thermistor yang dapat ditentukan dari persamaan di bawah ini [1]:

$$R = \rho\frac{L}{t.W} \qquad (8)$$

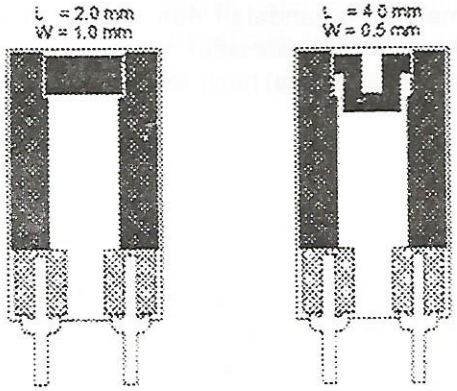
dengan $R_s = \frac{\rho}{t}$, (9)

maka persamaan di atas menjadi:

$$R = R_s \frac{L}{W} \quad (10)$$

dimana: R = resistansi termistor
ρ = resistivitas dari pasta
R_S = resistivitas
t = ketebalan
L = panjang termistor
W = lebar termistor

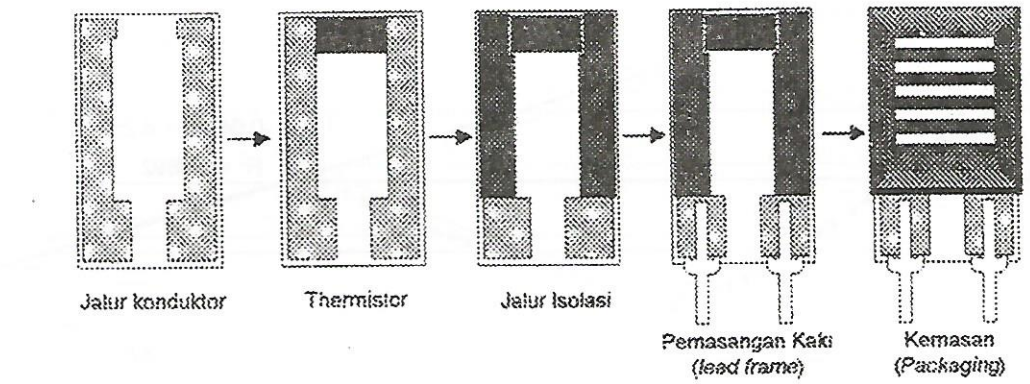
Pada kegiatan penelitian ini, dirancang 2 (dua) buah pola (Tipe A dan B) dengan luas yang sama sebesar 2 mm^2 seperti yang terdapat pada gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Disain layout sensor temperatur

Bahan-bahan yang digunakan adalah pasta thermistor tipe NTC-2114 sebagai sensor temperatur *(sensing material)*, pasta conductive tipe ESL-9912A dipergunakan untuk jalur konduktor dan pasta protective coating tipe ESL 240 SB dipergunakan untuk lapisan isolasi *(coating)*.

Adapun urutan proses fabrikasi dari sensor temperatur terdiri dari penyiapan substrat, pencetakan jalur konduktor yang dilanjutkan dengan pengeringan, pencetakan termistor, pencetakan jalur isolasi, pemasangan kaki *(lead frame)* dan packaging. Pengeringan dilakukan pada suhu 250°C selama 20 menit dan pembakaran dilakukan pads suhu 850°C selama 45 menit). Urutan proses fabrikasi ini dapat dilihat pada gambar 2a dan 2b. Pencetakan *(printing)* dilakukan dengan menggunakan mesin screen printer Accu-coat 3230 (Aremco Products Inc.), pengeringan dilakukan dengan oven National dan pembakaran dilakukan dengan conveyor furnace (RTC Radiant Technology Corp.).

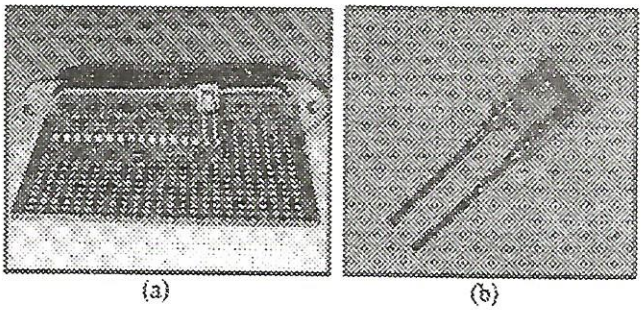


(a)

Gambar 2. Proses fabrikasi sensor temperatur
(a) Urutan proses fabrikasi, (b) Penampang (*Cross Section*) sensor temperatur.

III. PENGUKURAN KARAKTERISTIK SENSOR

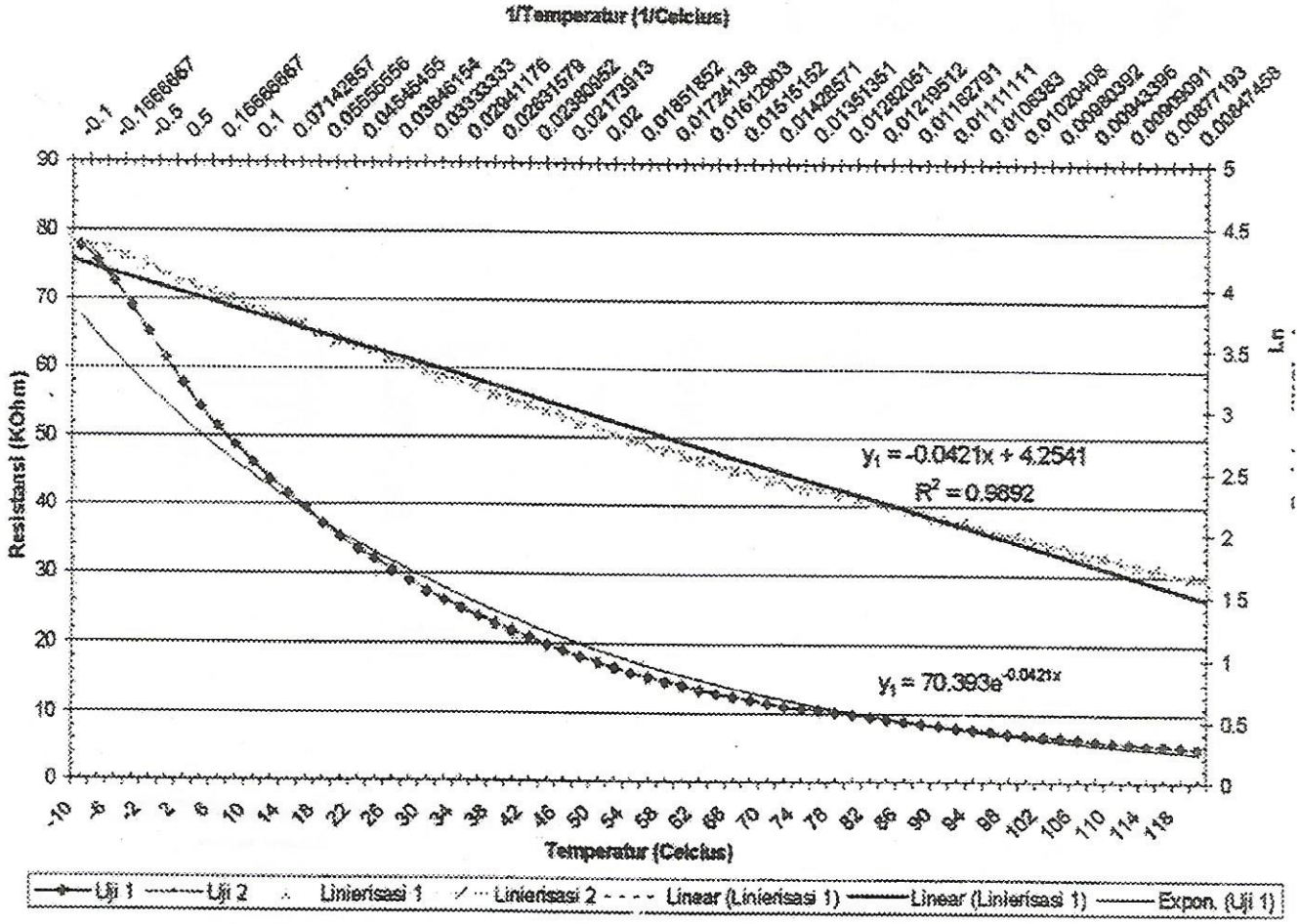
Pengujian sensor temperatur ini dimaksudkan untuk mendapatkan respon thermistor NTC-2114 terhadap perubahan temperatur. Dari data hasil pengujian ini didapatkan sensitivitas sensor (α), serta data hasil pengujian ini juga akan digunakan sebagai acuan dalam pembuatan rangkaian pengkondisi sinyal (signal conditioning) dan data akusisi. Sensor temperatur ini diuji menggunakan *CT Chamber* tipe IE 21 produksi Yamato - Jepang dengan range pengujian -10°C sampai 120°C. Adapter digunakan sebagai alat bantu agar sensor temperatur dapat dikoneksikan langsung ke *connector* yang dimiliki oleh CT Chamber tersebut seperti yang terlihat pada gambar 3(a).



Gambar 3. (a) Adapter untuk pengujian sensor temperatur
(b) Prototipe Sensor Temperatur

IV. DATA HASIL PENGUJIAN

Pengujian karakteristik sensor temperatur dilakukan secara berulang *(repeatability test)* sebanyak dua kali untuk melihat kehandalan dan unjuk kerja sensor, sedangkan jumlah sensor untuk masing-masing tipe atau model sebanyak 3 (tiga) buah sensor. Berikut ini adalah



Gambar 4. Grafik Respon Temperatur Terhadap Resistansi Sensor 1 Model A

grafik-grafik perubahan resistansi terhadap perubahan temperatur hasil pengujian untuk tiap-tiap sensor dengan masing-masing model yang dimilikinya, seperti yang terdapat pada gambar 4 sampai dengan 9.

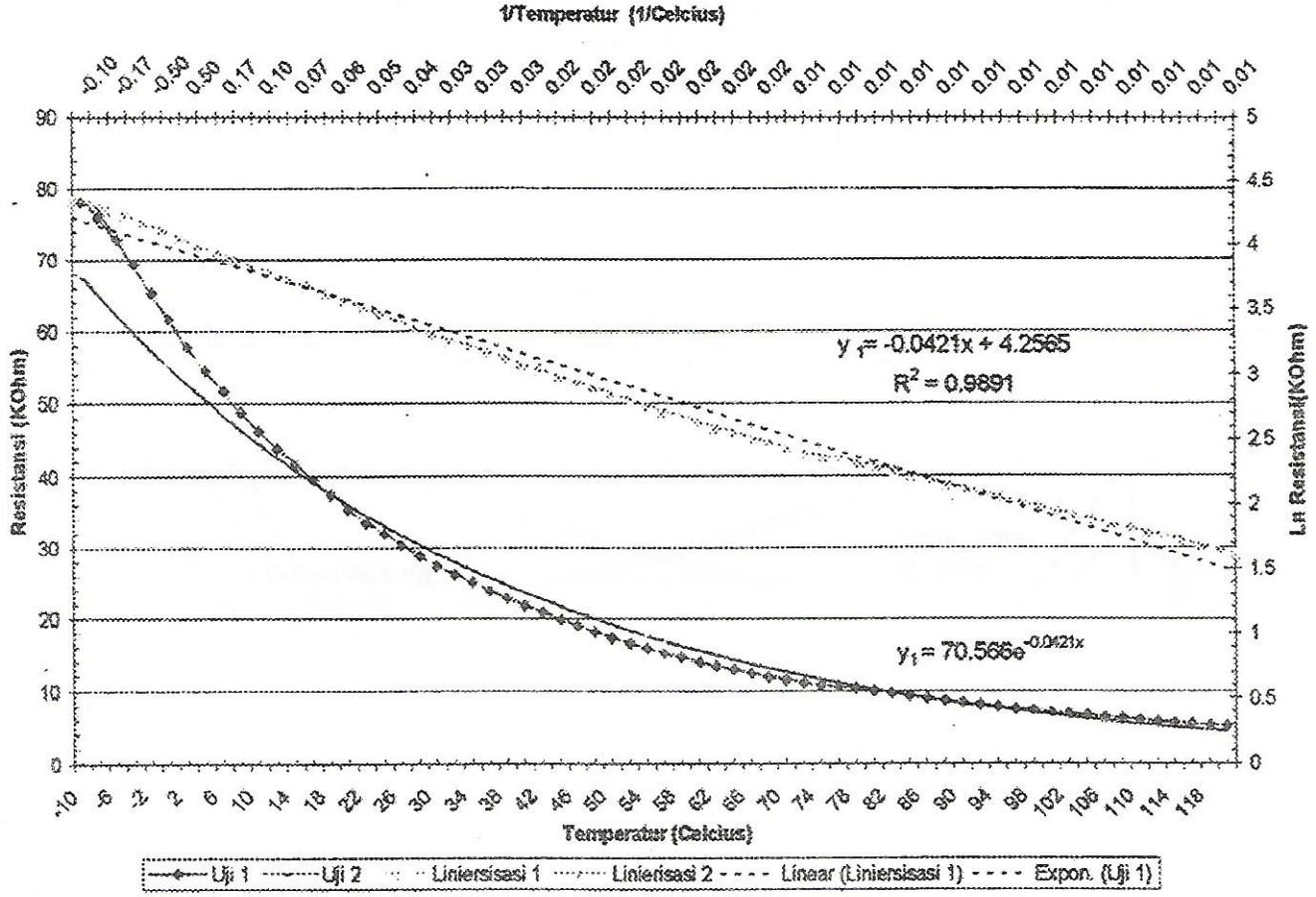
Dari gambar 4 s/d 9 grafik yang dihasilkan dari sensor temperatur dengan pola A dan B berupa kurva eksponensial untuk hubungan antara perubahan temperatur dengan besar resistansi yang dihasilkan sesuai dengan persamaan persamaan (4) di atas. Kemudian grafik hasil pengujian sensor temperatur tersebut di konversikan ke dalam fungsi (Ln Resistansi) terhadap temperatur, maka grafik basil pengujian tersebut akan membentuk kurva yang linier sesuai dengan persamaan (6), disamping itu dibuatkan juga *trendline* linearitasnya. Tujuan dari mengubah ke dalam fungsi logaritma (ln) adalah untuk mengetahui model mana yang mempunyai koefisien korelasi regresi linear (nilai r) yang lebih besar.

4.1 Sensitivitas Sensor (α)

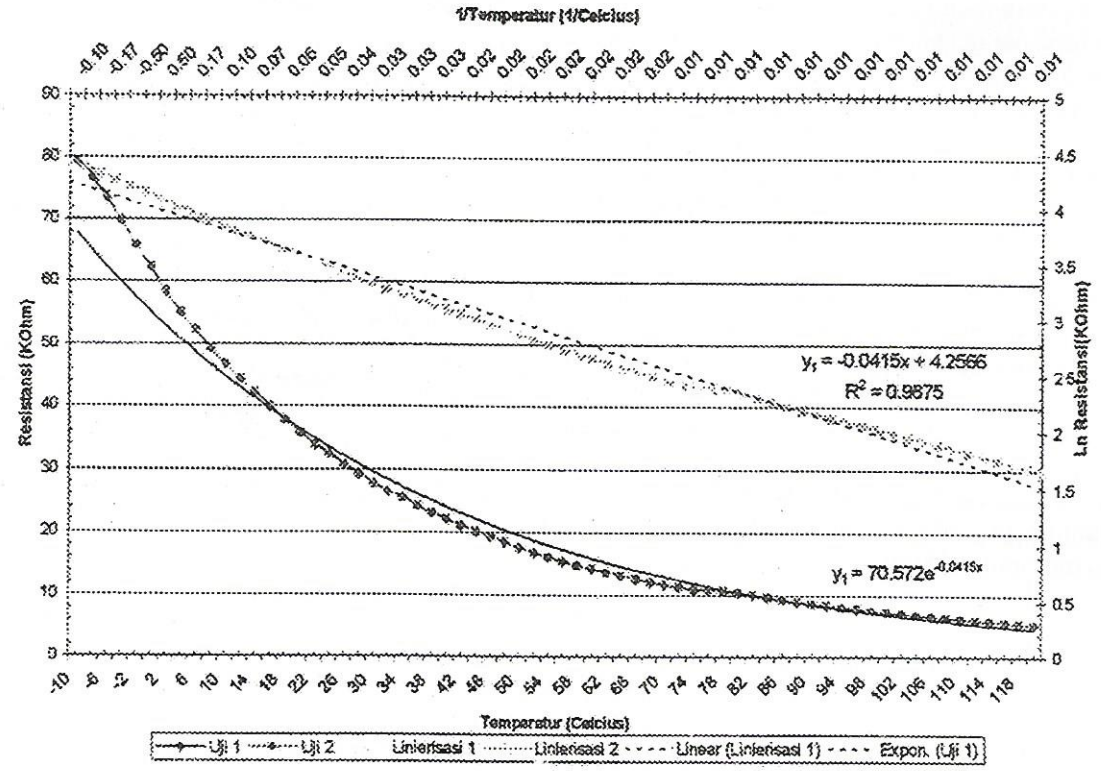
Dari gambar 4 s/d 9 didapati nilai sensivitas sensor (α) adalah dari –2,07%/°C sampai dengan 2,11%/°C untuk model A, dan –2,13%/°C sampai dengan 2,16%/°C untuk model B. Nilai rata-rata dari sensivitas sensor untuk model A adalah –2,09167%/°C, dan untuk model B adalah –2,143%/°C. Pada tabel 1 dapat dilihat nilai sensivitas sensor (α) selengkapnya.

Tabel 1. Sensivitas Sensor (α)

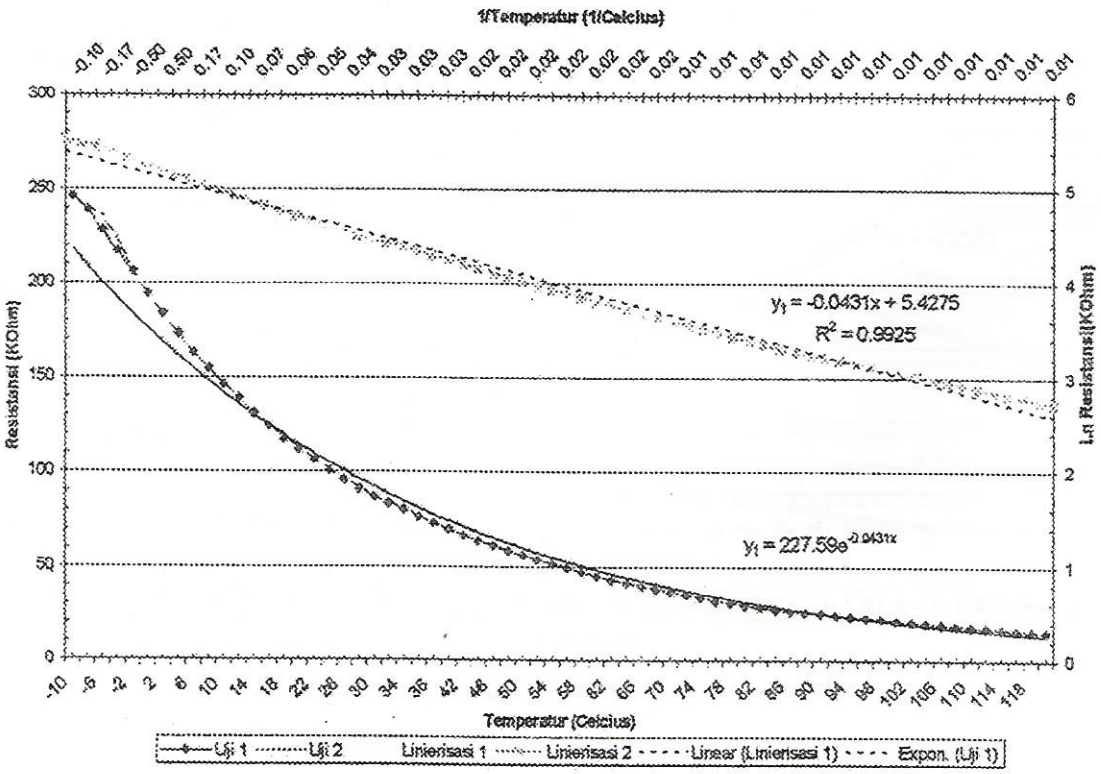
Sensor	Model A		Model B	
	Pengujian 1 (%/°C)	Pengujian 2 (%/°C)	Pengujian 1 (%/°C)	Pengujian 2 (%/°C)
1	-2,10	-2,10	-2,16	-2,16
2	-2,10	-2,11	-2,14	-2,14
3	-2,07	-2,07	-2,13	-2,13



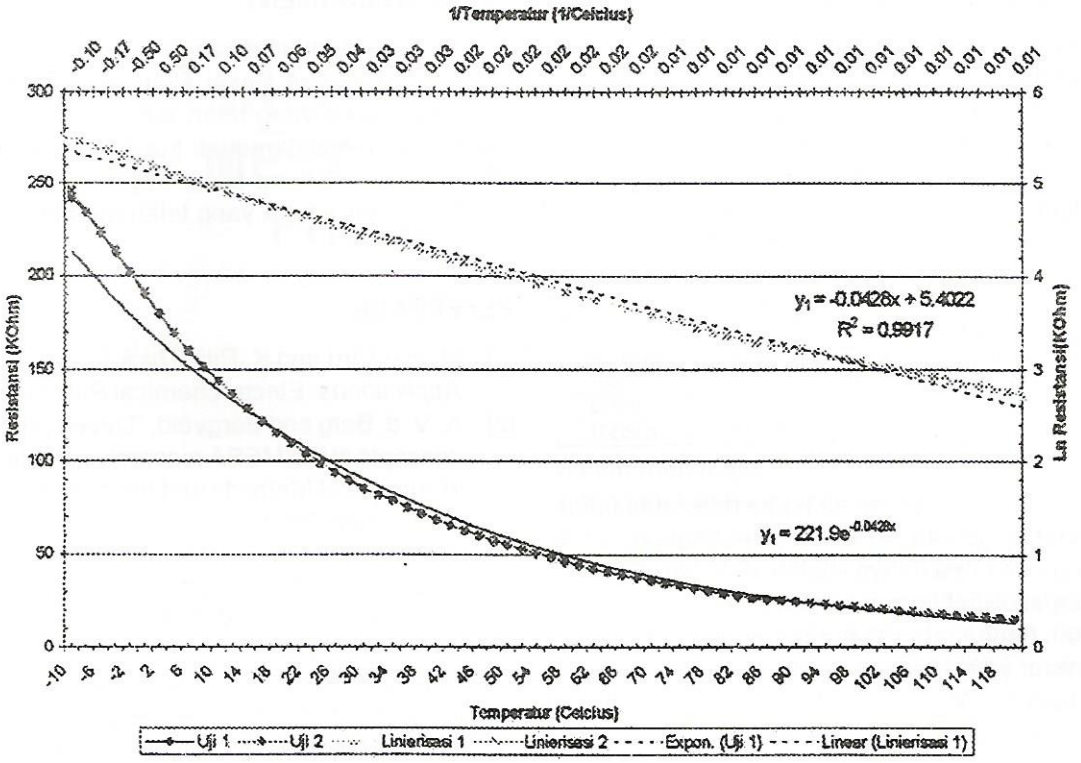
Gambar 5. Grafik Respon Temperatur Terhadap Resistansi Sensor 2 Model A



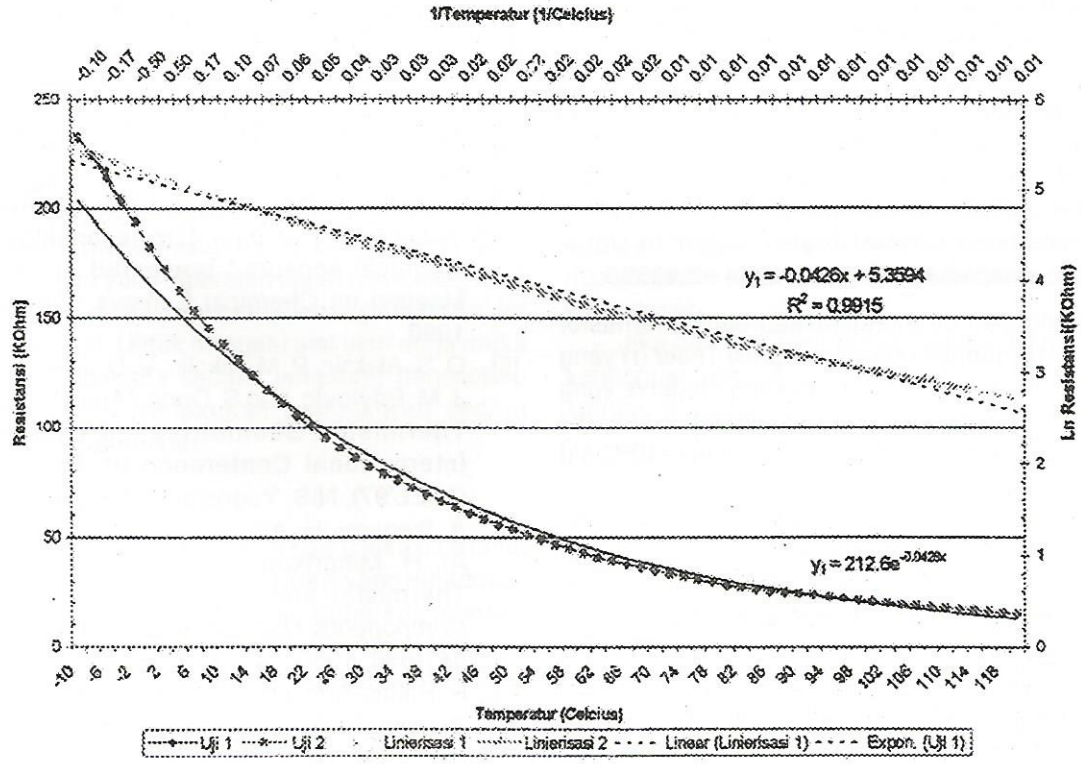
Gambar 6. Grafik Respon Temperatur Terhadap Resistansi Sensor 3 Model A



Gambar 7. Grafik Respon Temperatur Terhadap Resistansi Sensor 1 Model B



Gambar 8. Grafik Respon Temperatur Terhadap Resistansi Sensor 2 Model B



Gambar 9. Grafik Respon Temperatur Terhadap Resistansi Sensor 1 Model B

4.2 Korelasi Regresi Linear (r)

Dari gambar 4 s/d 9 didapat untuk sensor model A nilai korelasi Tinier (r) antara –0,99373 sampai dengan –0,99461, sedangkan untuk sensor model B nilai (r) antara –0,99378 sampai dengan –0,99464. Tabel 2 berikut adalah nilai korelasi regresi linear (r) sensor model A dan model B selengkapnya.

Tabel 2. Koefisien regresi linear (r)

SENSOR	MODEL A		MODEL B	
	Pengujian 1	Pengujian 2	Pengujian 1	Pengujian 2
1	0,99461	0,99464	0,99624	0,99605
2	0,99454	0,99451	0,99582	0,99578
3	0,99373	0,99378	0,99573	0,99571

Dari tabel di atas didapatkan harga rata-rata r untuk sensor model A adalah –0,99429, sedangkan untuk model B harga rata-rata (r) nya adalah –0,99588. Dengan demikian dapat dilihat bahwa sensor model B lebih baik dibandingkan dengan model A, dikarenakan meskipun bahan termistor yang digunakan sama yaitu NTC 2114, kemudian luas L x W sama, tetapi bidang kontaknya (layoutnya) berbeda.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Pembuatan sensor temperatur dengan teknik screen printing menggunakan termistor sebagai *sensing element*-nya telah dilakukan. Sensitivitas bahan termistor telah diuji dengan basil pengujian sebagai berikut:

- Untuk sensitivitas sensor (α) model A, didapatkan nilai rata-rata = 2,09167%/°C.
- Untuk sensivitas sensor (α) model B, didapatkan nilai rata-rata = 2,143 %/°C.
- Untuk koefisien korelasi regresi linear (r) untuk model A, didapatkan nilai rata-rata = –0,99429.
- Untuk koefisien korelasi regresi linear (r) untuk model B, didapatkan nilai rata-rata = –0,99588.

Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa termistor dengan model B memiliki korelasi regresi Tinier (r) yang bebih besar (mendekati 1) dibandingkaan model A, yang artinya bahwa sensor model B dapat digunakan sebagai sensor temperatur dengan range pengujian (–10°C s/d 120°C).

Untuk penelitian selanjutnya perlu dilakukan analisa geometri dari sensor agar didapati pola atau layout yang sensitivitas (α) dan (r) yang optimum untuk pembuatan sensor temperatur. Sensor temperatur ini perlu diuji didalam range yang lebih panjang. Ini dimaksudkan agar mengetahui sampai mana sensor sensitif terhadap perubahan temperatur. Tahapan selanjutnya adalah pembuatan rangkaian pengkondisi sinyal dan data akusisi untuk memudahkan pengoperasian dan pembacaan data.

ACKNOWLEDGMENT

Penulis mengucapkan terima kasih kepada rekan rekan yang ada di Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi yang telah banyak membantu dalam melakukan penelitian ini di laboratorium. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Ketua Tim Riset Unggulan Terpadu IX yang telah membiayai penelitian ini.

REFERENCE:

[1] M. Haskard and K. Pitt, *Thick Film Technology and Applications:* Electrochemical Publications, 1997.

[2] A. V. d. Berg and Bergveld, "Development of mTAS concepts at the MESA research institute," presented at Analytical Methods and Instrumentation, TAS'96 conference, Basel, 1996.

[3] A. Manz, E. Verpoorte, D. E. Raymond, C. S. Effenhauser, N. Burggraf, and H. M. Widmer, "m-TAS: Miniaturized Total Chemical Analysis Systems," presented at Micro Total Analysis Systems, MESA Research Institute, University of Twente, The Netherlands, 1994.

[4] S. J. Pace and J. D. Hamerslag, "Thick-Film Multilayer Ion Sensors for Biomedical Applications," *in Biosensors & Chemical Sensors,* P. G. Edelman and J. Wang, Eds. Atlanta, Georgia: American Chemical Society, Washington, DC, 1992, pp. 261-273.

[5] B. Morten, M. Prudenziati, and A. Taroni, "Thick film technology and sensors," *Sensors and Actuators,* vol. 4, pp. 237-245, 1983.

[6] G. Martinelli and M. C. Carotta, "Thick-film gas sensors," *Sensors and Actuators B (Chemical),* vol. B23, pp. 157-61, 1995.

[7] C. Lucat, F. Menil, and J. L. Aucouturier, "Advantages of thick film technology applied to chemical sensors," presented at Proc. 3rd Int. Meeting on Chemical Sensors, Cleveland, Ohio, 1990.

[8] O. S. Aleksic, P. M. Nikolic, V. D. Jokic, V. Z. Pejovic, J. M. Pavlovic, and S. Dunc, "Analysis of Thick Film Thermistor Geometries," presented at 21st International Conference on Microelectronics (MIEL'97), NIS, Yugoslavia, 1997.

[9] A. Ikegami, H. Arima, H. Tosaki, Y. Matsuoka, M. Ai, H. Minorikawa, and Y. Asahino, "Thick film Thermistor and its applications," *IEEE Trans. Components, Hybrid Manuf Technol., CHMT 3, pp.* 541-550, 1980.

[10] R. Pallas-Areny and J. G. Webster, "Thermistor," *in Sensor and Signal Conditioning:* John Wiley & Son, Inc., 1991, pp. 55-67.

ALAT UKUR TINGGI MUKA AIR SUNGAI DENGAN MEMPERGUNAKAN SUBMERSIBLE PRESSURE SENSOR

Oleh: Djohar Syamsi), Yuyu Wahyu**)*

ABSTRACT

Flood Early Warning and Forecasting System using on-line meteorological and water level data, the flood stages of the river can be forecasted for a range of periods e.g. one day, three days, five days, etc. The selection of forecast period is dependent upon a number of factors including the accuracy of the hydrometeorological data and the reduction in forecast accuracy with increasing warning period.

INTISARI

Alat ukur duga muka air merupakan salah satu peralatan yang sangat diperlukan didalam manajemen sumber daya air sungai. Data-data yang didapat dari alat ukur ini akan menjadi sumber informasi hydrology yang sangat penting sekali, terutama pada saat musim hujan. Pada dasarnya data-data hydrologi sangat diperlukan, terutama dalam kaitannya dengan pengendalian dan peringatan dini banjir, serta pengaturan penyediaan dan penggunaan air.

Karena merupakan salah satu dan sarana dan prasarana dalam mendukung manajemen sumber daya air, maka agar data yang diperoleh dapat mencakup area yang luas, diperlukan penempatan peralatan ini disepanjang sungai. Untuk itu suatu alat ukur duga muka air yang dapat diakses secara langsung dan setiap waktu, serta dapat melakukan pengukuran secara kontinue sangat diperlukan.

PENDAHULUAN

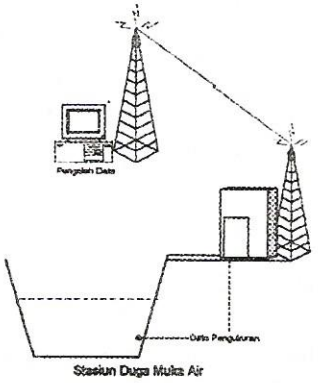
Ketinggian muka air sungai di suatu lokasi tertentu adalah merupakan salah satu informasi yang diperlukan dalam pengelolaan sumber daya air. Beberapa manfaat yang didapatkan dengan mengetahui kondisi ini adalah untuk mengetahui kemampuan suatu segment sungai dalam menampung air hujan, serta bermanfaat dalam pengendalian banjir di musim hujan.

Sebagaimana yang telah dilakukan oleh Perum Jasa Tirta I di Malang dalam pengelolaan Sungai Brantas, maka kebutuhan akan stasiun pemantau jenis ini sangat diperlukan. Beberapa kendala dalam pengelolaan sumber daya air yang dirasakan oleh Perum Jasa Tirta I adalah:

1. Mahalnya harga stasiun water level, mengakibatkan keterbatasan dalam memperoleh data-data ketinggian air. Mengingat bahwa panjang Sungai Brantas lebih kurang 320 Km, maka saat ini masih banyak diperlukan stasiun pemantau jenis ini.
2. Penguasaan teknologi telemetri yang masih terbatas, menyebabkan kesulitan dalam melakukan maintenance dan mendapatkan spare part jika ada kerusakan komponen.

Akibat yang dapat dirasakan dari permasalahan tersebut diatas adalah mahalnya harga peralatan serta tingginya biaya operation & maintenance. Atas permasalahan tersebut diatas tentunya akan sangat menguntungkan jika teknologi ini dapat kita kuasai, mengingat di Indonesia banyak terdapat sungai-sungai yang besar.

Jika diperhatikan, maka konsep system pemantau ketinggian muka air yang diperlukan dalam pengelolaan sumber daya air adalah sebagai berikut:



Gambar. 1. Konsep Konfigurasi hubungan antar stasiun.

Korespondensi:
*) Djohar Syamsi adalah Staff Peneliti di Puslit informatika - LIPI.
**) Yuyu Wahyu adalah Staff Peneliti di Puslit Elektronika dan Telekomunikasi - LIPI. Alamat: Jl. Cisitu 21/154D Bandung 40135.

Dari konsep konfigurasi stasiun pemantau sebagaimana gambar tersebut di atas, maka dapat dilihat bahwa komponen yang diperlukan adalah:

1. Alat ukur duga muka air
2. Bangunan stasiun
3. Media komunikasi data, dan
4. Stasiun Pengolah data

Pada kegiatan Litbang ini, Kami akan melakukan rancang bangun untuk alat duga muka air sungai yang nantinya dapat dipakai pada Stasiun Duga Muka Air.

PERMASALAHAN

Indonesia mempunyai banyak sungai, sedangkan sungai merupakan salah satu somber daya air yang mudah didapatkan serta murah. Seiring dengan meningkatnya pembangunan di segala bidang membuat fungsi air sungai telah berubah, bukan saja untuk air minum tapi juga untuk industri dan pembangkit listrik. Sementara jenis dan banyaknya air yang diperlukan semakin meningkat, sedangkan cadangan air semakin menurun seiring dengan pertambahan jumlah penduduk dan berkurangnya daerah resapan hujan.

Agar air yang tersedia cukup untuk semua pihak yang mempunyai bermacam kepentingan, maka diperlukan suatu institusi yang bertanggung jawab terhadap masalah management sumber daya air sungai. Salah satu kendala yang dihadapi oleh pihak pengelola sumber daya air sungai adalah terbatasnya sarana penunjang, antara lain keterbatasan jumlah stasiun pemantau duga muka air.

Keterbatasan ini bersumber dari mahalnya harga peralatan stasiun serta mahalnya biaya operasi. Dengan adanya kegiatan litbang ini, maka diharapkan dapat dibuat suatu prototype system pemantau duga muka air yang dapat diaplikasikan, guna membantu dalam manajemen sumber daya air.

TUJUAN KEGIATAN DAN SASARAN

Terwujudnya suatu prototype alat ukur duga muka air yang dapat dipergunakan oleh stasiun pemantau tinggi muka air adalah merupakan tujuan kegiatan, sedangkan sasaran kegiatan adalah:

1. Disain Sistem Alat Ukur Duga Muka Air Sungai
2. Prototype Alat Ukur Duga Muka Air
3. MMI (Man Machine Interface) untuk pengendalian dan monitoring sistem

TEORI PENDUKUNG

Stasiun Duga Muka Air adalah merupakan salah satu sumber untuk mendapatkan data-data hidrology. Sampai saat ini untuk mendapatkan data tentang ketinggian muka air masih banyak mempergunakan bermacam-macam cara, salah satunya adalah:

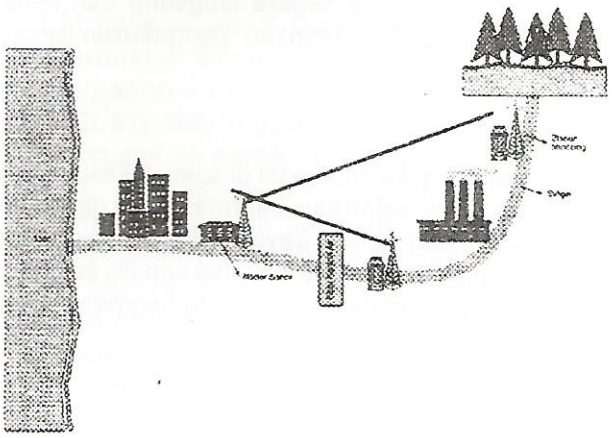
1. Dengan metode pengukuran manual, yaitu mempergunakan papan duga Kelemahan dari alat ini adalah diperlukan waktu yang kontinue untuk secara langsung melihat skala yang terdapat di papan tersebut.
2. Dengan pencatat pengapung (Floar Recorder), peralatan im sampai saat ini banyak dipergunakan. Akan tetapi kendala yang dihadapi jika mempergunakan peralatan ini adalah dalam hal pemasangannya yang sulit serta biaya untuk kontruksinya mahal.

Dari kedua hal tersebut di atas, maka Kami mencoba untuk mempergunakan sensor tekanan (pressure sensor) sebagai alat deteksi untuk ketinggian air. Keuntungan jika mempergunakan sensor jenis ini adalah penempatan stasiun pemantau tidak hares di pinggir sungai, serta biaya kontruksi penempatan sensor relatif lebih murah. Agar sensor tersebut dapat bertahan lama, maka tentunya dipilih sensor tekanan yang mempunyai kemampuan untuk tahan terhadap korosi dan penempatan sensor hendaknya dilindungi dari kemungkinan tertutup sampah.

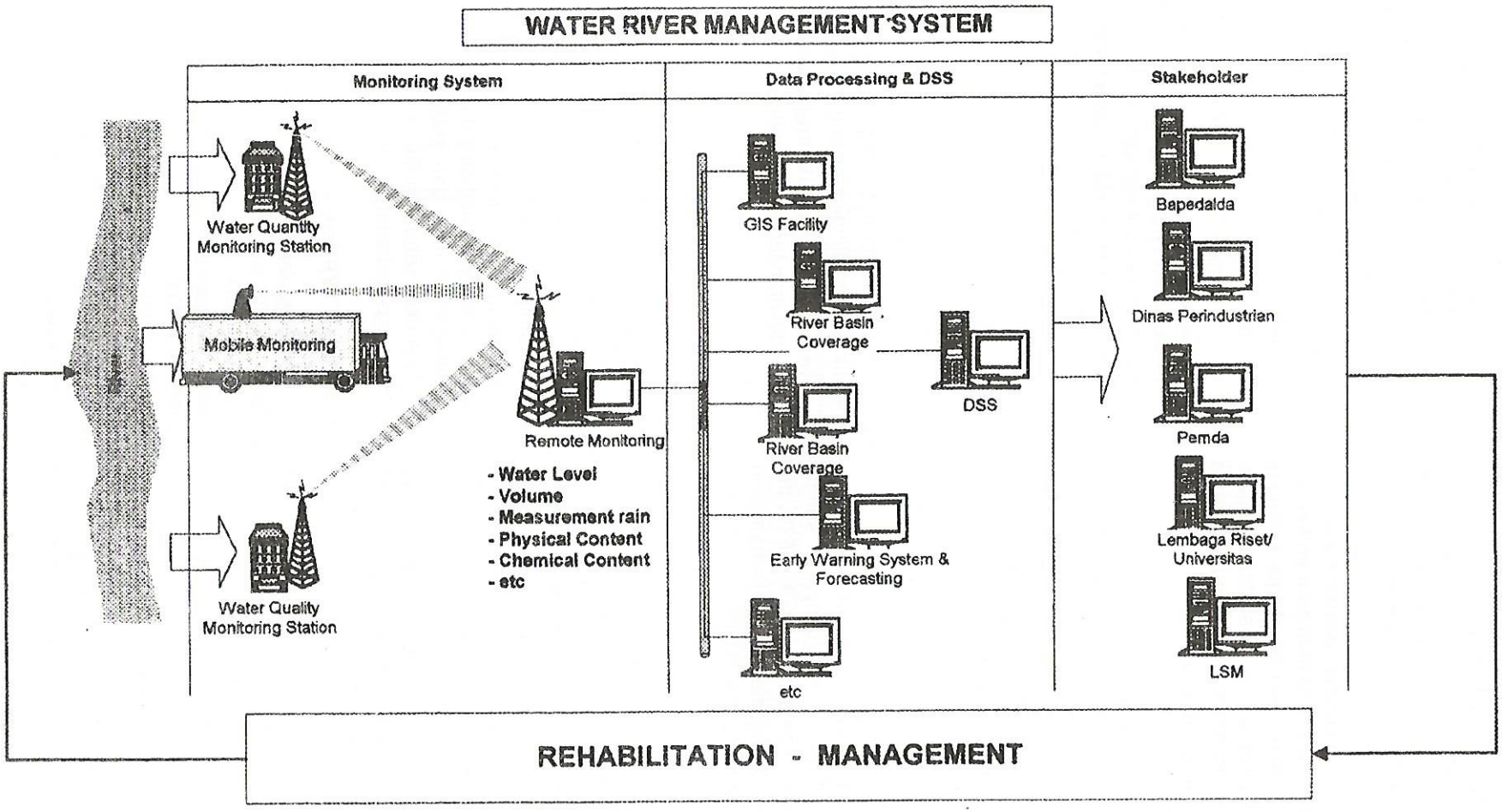
Mengingat bahwa data-data yang dihasilkan oleh stasiun pemantau ini hares dapat di distribusikan ke stasiun pengolah data, maka diperlukan media komunikasi yang sesuai dengan kondisi geografis dimana stasiun tersebut berada. Beberapa pilihan media komunikasi data dapat dipertimbangkan untuk dipergunakan dalam aplikasi mi, misalnya: dengan memakai radio line atau memakai jaringan telepone (PSTN ataupun seluler telephone). Pada prinsipnya pemakaian media komunikasi tersebut harus bersifat handal dan murah dalam pembiayaannya.

PENYUSUNAN KARAKTERISTIK SISTEM

Salah sate data hydrology yang sangat diperlukan dalam hubungannya dengan manajemen sumber daya air adalah data ketinggian muka air sungai di suatu lokasi tertentu. Data-data tersebut sangat diperlukan dalam



Gambar 2. Konsep Manajemen Sumber Daya Air



Gambar 3. Konsep Water Management System

hubungannya dengan pengendalian banjir dan penyediaan kebutuhan air untuk masyarakat, industri, dan untuk pertanianlperikanan. Untuk itu data-data hydrology sangat diperlukan mengingat peralatan ini juga dapat mendukung penggunaan DSS (Decision Support System).

Water Level Monitoring Station adalah merupakan salah satu system informasi yang mampu memberikan data dan informasi hydrology secara real time, sehingga suatu keputusan yang cepat dan tepat dapat segera diambil oleh pihak manajemen dalam hubungannya dengan masalah pengendalian banjir ataupun penyediaan kebutuhan air bagi masyarakat umum.

Permasalahan yang dihadapi oleh pemerintah dalam hal ini adalah belum memadainya kemampuan dalam negeri dalam hal menyediakan suatu teknologi monitoring duga muka air, yang bersifat on-line dan real time serta murah dan mudah dalam biaya operasi dan maintenance. Untuk itulah kegiatan penelitian ini dilakukan guna terwujudnya suatu rancang bangun alat ukur tinggi muka air sungai yang mempunyai kemampuan sebagaimana dipersyaratkan, tanpa mengurangi kehandalan system.

Salah satu komponen yang diperlukan dalam pengelolaan sumber daya air, khususnya air sungai adalah adanya stasiun Pemantau tinggi muka air (Water Level Monitoring Station) yang mempunyai kemampuan untuk bekerja secara on-line dan real time, serta adanya stasiun pengolah data yang mempunyai kemampuan untuk dapat mengakses stasiun pemantau tersebut setiap waktu dan dimanapun stasiun pemantau berada.

Mengingat luasnya area pemantauan, maka tentunya diperlukan banyak stasiun pemantau, serta pengaturan/manajemen data base agar data/informasi yang didapat dapat dimanfaatkan secara maksimal. Selain hal tersebut, maka juga diperlukan suatu system monitoring yang mudah dalam pengoperasiannya, serta murah dalam biaya operasi dan maintenance.

Setelah dilakukan studi literature dan survai, maka dapat dikatakan bahwa didalam rancang bangun stasiun duga muka air terdapat beberapa hal yang perlu menjadi perhatian utama, antara lain:

- Hendaknya system mempunyai kemudahan dalam hal: pengoperasian, dan maintenance.
- Biaya pembangunan system hendaknya tidak terlalu besar, dengan tetap memperhatikan kehandalan system.
- Biaya pengoperasian hendaknya serendah mungkin.

Dari beberapa hal tersebut diatas, maka catatan tersebut dijadikan sebagai salah satu bahan pertimbangan dalam menyusun karakteristik system dan disain system.

Dari hasil studi literature dan survai, maka kami dapatkan beberapa hal yang perlu diperhatikan sebagai bahan pertimbangan dalam penyusunan karakteristik sistem, antara lain:

- Level permukaan air mudah sekali berubah secara drastis (terutama pads musim hujan), sehingga diperlukan sensor pengukur ketinggian air yang bersifat fleksibel.
- Rata-rata erosi yang terjadi sangat besar, sehingga kandungan lumpur yang terdapat didalam air juga besar. Untuk itu diperlukan sensor yang tahan terhadap kondisi tersebut.
- Secara teknis hendaknya mudah dalam melakukan pemasangan sensor dan tentunya dengan biaya yang relatif kecil. Hal ini dimaksudkan, jika terjadi kesalahan dalam meletakkan sensor, maka dapat dengan mudah dipindahkan ke lokasi lain.
- Mengingat bahwa lokasi Stasiun duga muka air banyak ditempatkan di pinggir sungai, maka menjadi hal yang tidak mudah dalam mendapatkan fasilitas jaringan listrik dan media komunikasi.

Dari beberapa pertimbangan tersebut, maka di dalam rancang bangun stasiun ini, secara umum spesifikasi yang diinginkan adalah sebagai berikut:

- Kemampuan untuk melakukan monitoring/ pengukuran terhadap kondisi ketinggian air secara real time.
- Kemampuan untuk mengirim data hasil pengukuran ke stasiun pengolah data secara on-line, baik yang dilakukan secara automatik maupun yang diminta oleh stasiun pengolah data.
- Kemampuan untuk mengirimkan alarm ke pusat pengolahan data, jika mendeteksi ketinggian air sudah diambang batas yang ditentukan.
- Kemampuan untuk menyimpan data pengukuran kedalam internal memory.
- Agar pusat pengolahan data dapat secara kontinue mengambil data dari stasiun pemantau, maka diperlukan sebuah software interface yang mampu berfungsi sebagai remote access.

PEMILIHAN TYPE SENSOR

Sensor adalah salah satu komponen yang terpenting didalam stasiun duga muka air. Untuk jenis/model sensor ini setelah dilakukan survai, maka dapat disimpulkan bahwa penggunaan submersible pressure sensor adalah altematif yang paling banyak memberikan keuntungan. Keuntungan tersebut antara lain

- Biaya pemasangan relatif murah,
- Mudah dalam teknis pemasangannya,
- Mudah dalam melakukan maintenance.

Mengingat bahwa ketinggian air akan selalu berbeda disetiap lokasi, maka diperlukan data-data tentang tinggi muka air pada musim kemarau dan musim hujan. Hal

ini sangat diperlukan guna menentukan batas terendah dimana sensor harus diletakkan.

REMOTE ACCESS SOFTWARE

Agar data-data didalam stasiun pengukur dapat diambil oleh pusat pengolahan data secara on-line, maka diperlukan adanya software yang berfungsi sebagai

- Data communication Software
- Data base management
- Data Processing: Information System

Dengan adanya software ini, maka data-data hasil pengukuran dari setiap stasiun dapat disimpan dalam suatu file tertentu. Untuk selanjutnya jika diperlukan, maka file ini dapat diproses lebih lanjut dengan mempergunakan program yang lain.

DISAIN SISTEM

Agar system monitoring water level ini dapat bekerja dengan baik, maka komponen yang diperlukan terdiri dari:

1. Stasiun Pemantau Duga Muka Air, yang berfungsi untuk secara kontinue melakukan monitoring terhadap ketinggian air sungai dimana stasiun tersebut ditempatkan.
2. Stasiun Pengolah Data (Master Station), yang berfimgsi untuk mengolah semua data yang berasal dari stasiun pemantau duga muka air sungai, dan menjadikannya sebuah informasi.

Komponen yang diperlukan didalam stasiun pemantau, antara lain:

1. Remote Terminal Unit
2. Pressure Submersible Sensor
3. Peralatan Komunikasi Data

Komponen yang diperlukan didalam stasiun pengolah data, antara lain:

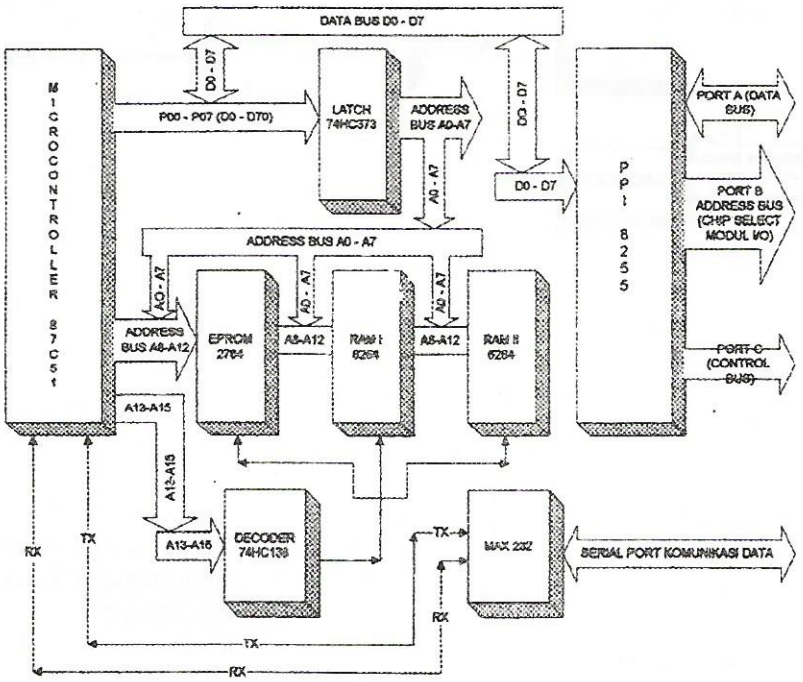
1. PC (Personal Computer)
2. Comunication Interface Software
3. Peralatan Komunikasi Data

REMOTE TERMINAL UNIT

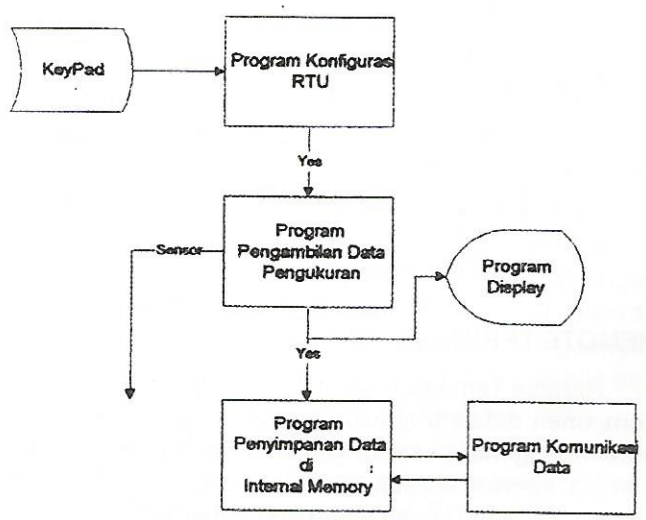
Remote Terminal Unit adalah merupakan salah satu komponen didalam stasiun pemantau yang berfungsi untuk mengontrol semua kegiatan yang berhubungan dengan operasi stasiun secara keseluruhan. Remote Terminal Unit (RTU) dibangun atas beberapa komponen pendukung, yaitu:

- SBC (Single Board Computer)
- Modul I/O: ADC (Analog to Digital Converter), DAC (Digital to Analog Converter), DI (Digital Input), dan DO (Digital Autput).
- Communication Port (RS-232).

Agar dalam pengoperasian RTU diperoleh kemudahan, maka dikembangkanlah penggunaan microcontroller INTEL 8751 sebagai pusat kontrol dan operasi pada SBC. Selain hardware, maka didalam SBC juga terdapat software/program aplikasi yang tersimpan didalam external EPROM. Program tersebut antara lain adalah: OS yang berfungsi sebagai Operating System, dan Progran Aplikasi yang berfungsi untuk mengontrol hubungan UO serta komunikasi data. Secara umum konfigurasi SBC adalah sebagai berikut:



Gambar 4. Konfigurasi SBC



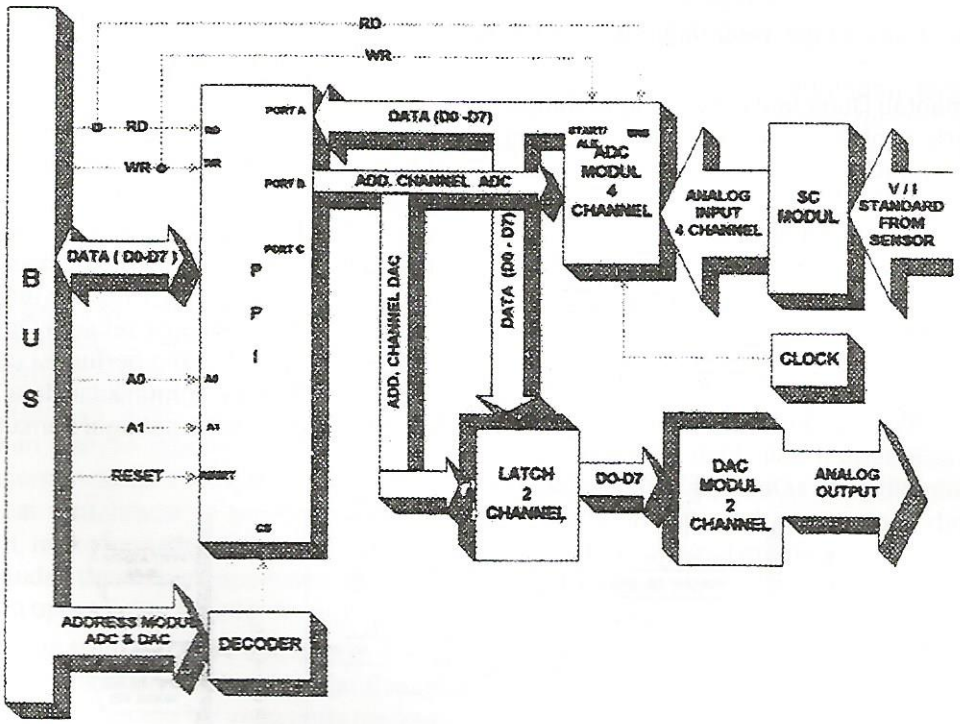
Gambar 5. Konsep cara kerja Operating System di dalam RTU

Spesifikasi dari SBC yang dibangun adalah sebagai berikut:

- Mempunyai 2 port serial, untuk komunikasi data.
- Internal RAM untuk menyimpan data.
- Data Bus untuk hubungan ke beberapa modul I/O.
- Power supply 5 V DC.

MODUL I/O (INPUT/OUTPUT)

Agar SBC mampu untuk membaca semua hasil pengukuran sensor, maka diperlukan modul I/O. Mengingat bahwa jumlah sensor hanya satu dan dari jenis input analog, maka modul I/O yang diperlukan adalah ADC (Analog to Digital Converter). Konfigurasi rangkaian adalah sebagai berikut:



Gambar 6. Konfigurasi Modul ADC.

Karakteristik dari modul ADC ini adalah: data bus sebanyak 8 bit, dengan input 4mA – 20mA DC, serta diperlengkapi dengan 4 kanal input. Dengan karakteristik ADC sebagaimana tersebut diatas, maka diharapkan apapun spesifikasi sensor hendaknya mempunyai output sebesar 4mA - 20mA juga.

Selain modul I/0 yang terhubung ke SBC, maka beberapa modul yang terhubung ke SBC antara lain: keypad yang berfungsi untuk memasukkan data-data setup hardware ke SBC, serta LCD display yang berfungsi untuk menampilkan hasil pengukuran. Kedua modul ini terhubung ke SBC melalui data bus.

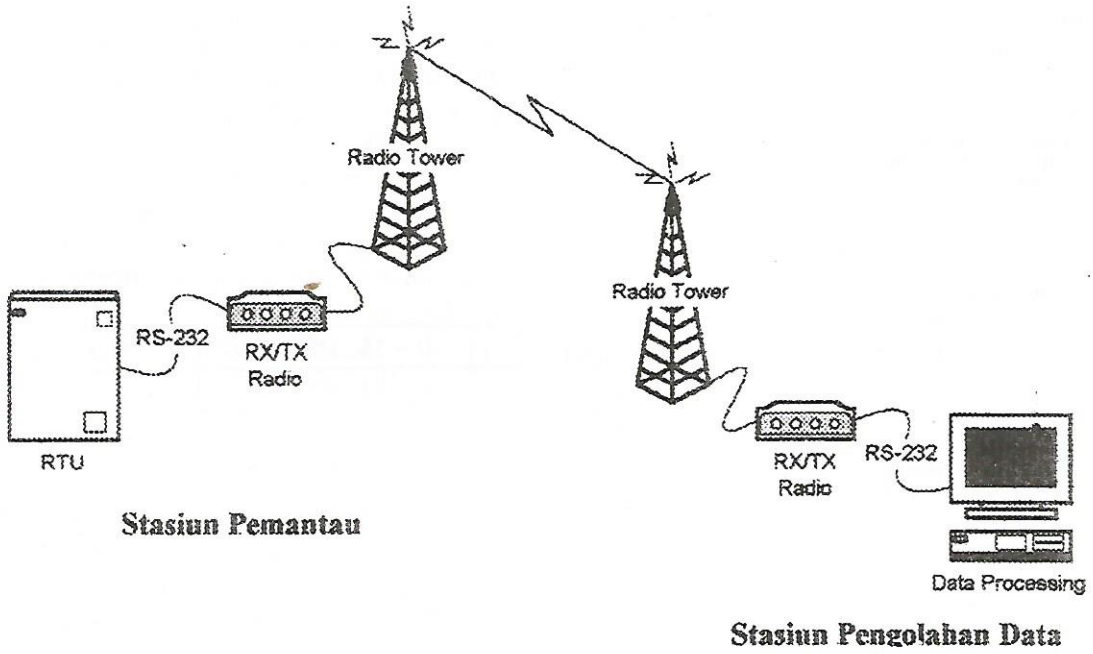
KOMUNIKASI DATA

Agar data-data dari stasiun pemantau dapat dikirimkan ke stasiun pengolah data, dan untuk keperluan komunikasi antar stasiun, maka diperlukan peralatan komunikasi data dan media komunikasi. Pada dasarnya untuk pilihan media komunikasi banyak sekali jenisnya, dan untuk kegiatan ini kami memilih frekuensi radio sebagai media komunikasinya.

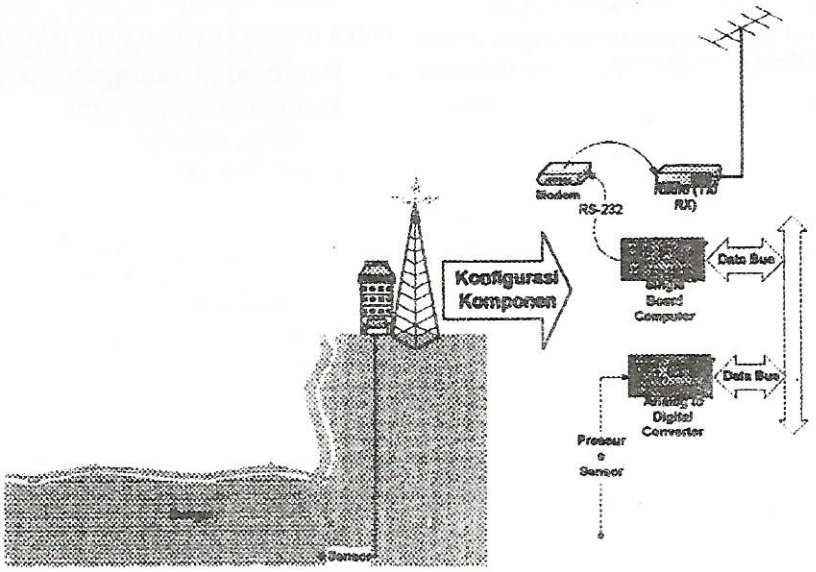
Spesifikasi dari peralatan komunikasi yang kami bangun adalah sebagai berikut (data selengkapnya kami lampirkan):

1. Module Transmitter
   - Frekuensi 902 MHz - 928 MHz
   - 8 Binary selectable transmission Frequencies
   - Cost effective
   - Precision synthesized frequency reference
   - Direct serial interface
   - High Data Rate (50 Kbps max)
   - Can be used to transmit analog (including audio) or digital data
   - Wide supply range (2,7 - 16 V DC)
2. Module Receiver
   - Frekuensi 902 MHz - 928 MHz
   - 8 Binary selectable transmission Frequencies
   - Direct serial interface
   - High Data Rate (50 Kbps max)
   - Fully qualified data output
   - Wide range audio capable analog output (50 Hz - 25 KHz)
   - Wide supply range (2,7 - 16 V DC)

Pola hubungan peralatan komunikasi dengan RTU dan Data Processing adalah sebagai berikut:



Gambar 7. Hubungan antar stasiun dan pola konfigurasi hubungan antar komponen.

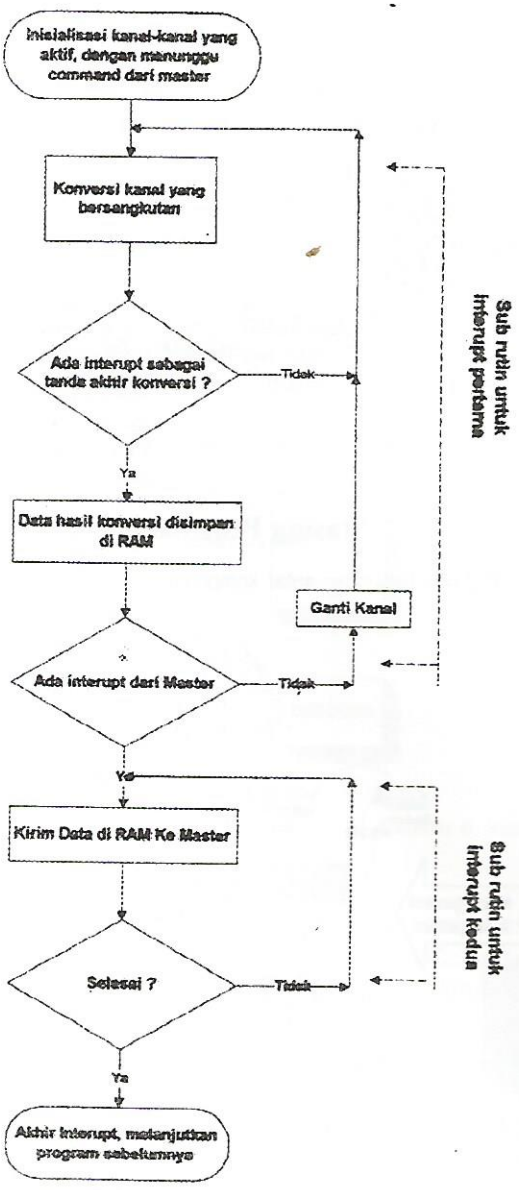


Gambar 8. Konfigurasi hardware di dalam stasiun pemantau.

OPERATING SYSTEM DAN COMMUNICATION SOFTWARE

Selain hardware, maka dalam membangun system monitoring ini perlu juga adanya software/program pendukung. Beberapa jenis software yang diperlukan antara lain:

- Operating system (OS), software ini diperlukan baik di SBC maupun di Data Processing. Software ini sangat diperlukan untuk inisialisasi awal pada saat SBC atau Data Processing memulai kegiatannya. Untuk OS di dalam SBC tersimpan di EPROM dan dibuat dengan mempergunakan C++, sedang pada Data Processing mempergunakan Windows 98.
- Program Aplikasi (konfigurasi program I/O, program command untuk modul ADC), program-program ini terdapat didalam SBC.



Gambar. 9. Flow chart cara kerja ADC.

- Communication Interface (MMI/Man Machine Interface), adalah merupakan suatu program yang terdapat di Data Processing. Program ini terdiri dari 3 komponen yaitu data base management, information system, dan Remote Control Unit. Data base management berfungsi untuk menampung semua data-data pengukuran dari setiap stasiun dan menyimpannya pads suatu file tertentu. Setelah data-data tersebut disimpan, maka jika diinginkan data-data tersebut dengan mempergunakan system informasi dapat ditampilkan dalam suatu table berdasarkan tanggal atau waktu yang dikehendaki.

SUBMERSIBLE PRESSURE SENSOR

Untuk mengukur ketinggian air pads suatu lokasi di sungai dapat mempergunakan bermacam-macam jenis dan model sensor. Mengingat sebagaimana tujuan dari kegiatan ini yaitu mencari jenis/type sensor yang mempunyai kriteria mudah dan murah dalam kontruksi pemasangannya, maka dipilihlah jenis sensor submersible pressure sensor. Beberapa catatan yang perlu menjadi perhatian utama dalam menentukan karakteristik sensor adalah sebagai berikut:

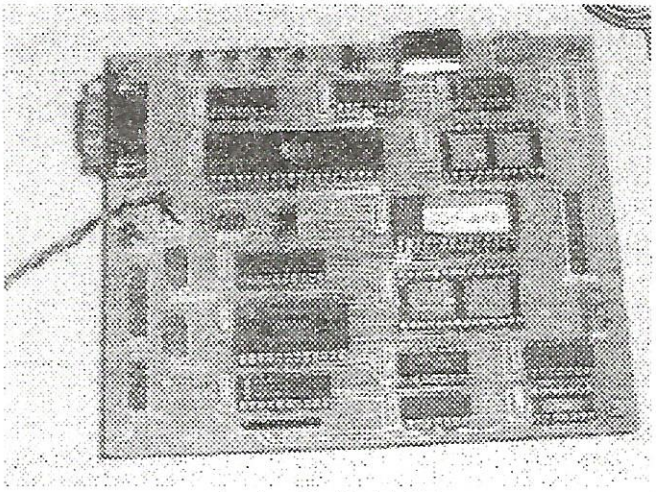
0 – 15 PSI	0 – 35 FT
0 – 31 PSI	0 – 70 FT
0 – 50 PSI	0 – 115 FT
0 – 70 PSI	0 – 160 FT
0 – 150 PSI	0 – 350 FT
0 – 250 PSI	0 – 575 FT

Tabel 1. Perbadingan pengukuran tekanan air dengan ketinggian air.

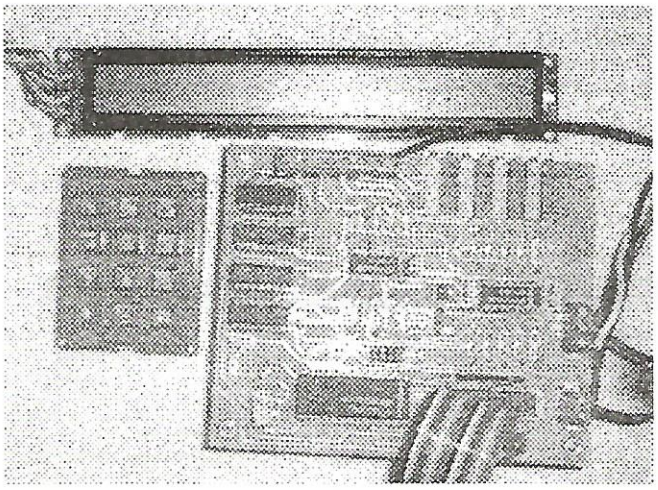
PEMBUATAN SBC DAN MODUL I/O

Untuk pembuatan SBC (Single Board Computer), maka urutan kegiatan yang dilakukan adalah:

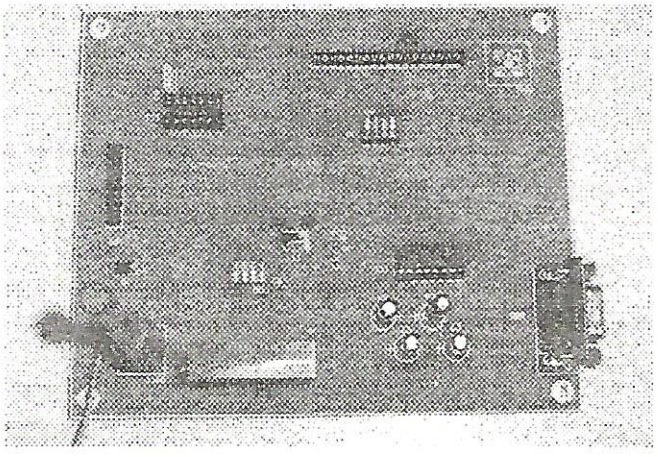
- Pembuatan skematik rangkaian, berdasarkan komponen yang telah ditentukan. Pembuatan skematik rangkaian elektronik ini mempergunakan Program Protel.
- Setelah proses pembuatan skematik rangkaian selesai, maka dilanjutkan dengan proses pembuatan PCB (Printed Circuit Board).
- Setelah PCB selesai, maka selanjutnya dilakukan proses merangkai semua komponen elektronik ke PCB.



Gambar 10. Modul SBC

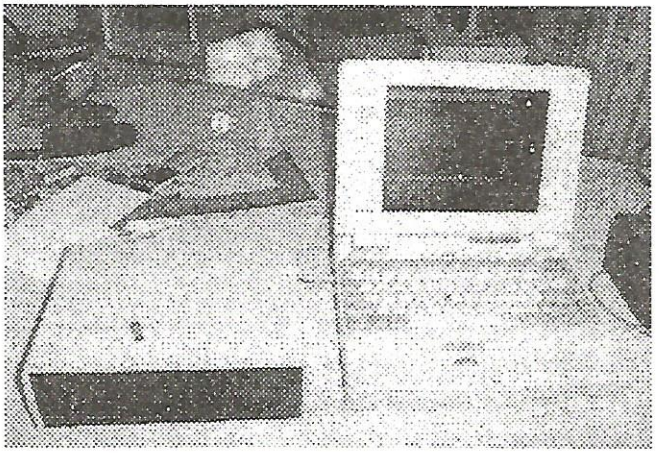


Gambar 11. Modul ADC, keypad, dan LCD disply.



Gambar 12. Modul Radio TX & RX.

Setelah proses perakitan masing-masing modul selesai, maka selanjutnya dimulai proses meng-integrasikan seluruh komponen serta melakukan uji coba.



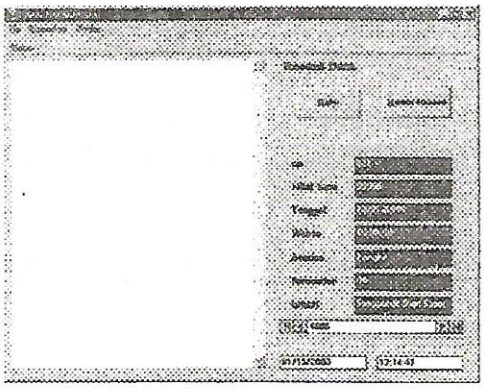
Gambar 13. Integrasi komponen (Data Processing dengan Radio Komunikasi)

PEMBUATAN PROGRAM COMMUNICATION INTERFACE

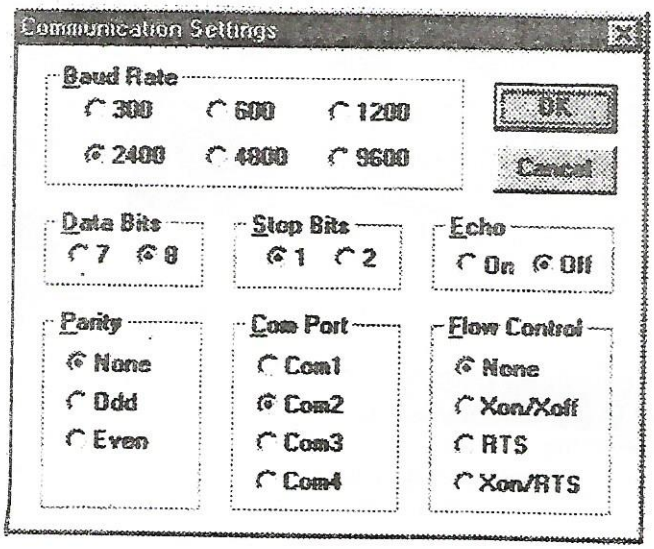
Communication interface adalah komponen terpenting didalam system telemetri, hal ini disebabkan didalamnya terkandung komponen pola komunikasi dan konfigurasinya, protokol, serta aturan-aturan dalam hubungan antar stasiun. Untuk itu dalam membangun program ini kami memasukkan kriteria sebagai berikut:

- Kemampuan untuk melakukan komunikasi dengan stasiun pemantau.
- Menyimpan data-data hasil pengukuran pada suatu file (berbasis Microsof) tertentu.
- Men-disply-kan data-data hasil pengukuran.

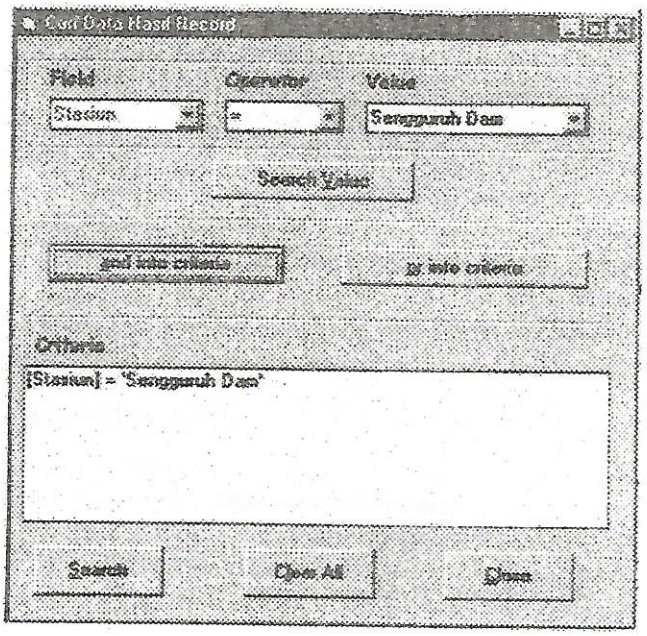
Selain kriteria tersebut, maka dalam program ini kami masukkan juga fasilitas sebagi software interface antara format data yang dihasilkan oleh system monitoring FFWS (existing di Perum Jasa Tirta 1) ke format data berbasis Microsof. Dengan adanya fasilitas ini, maka program ini dapat dipergunakan sebagai alat bantu untuk melakukan analisa terhadap data-data yang dihasilkan oleh FFWS dengan mempergunakan program-program yang berbasis Microsof. Beberapa menu didalam Program communication interface kami tunjukkan dibawah ini:



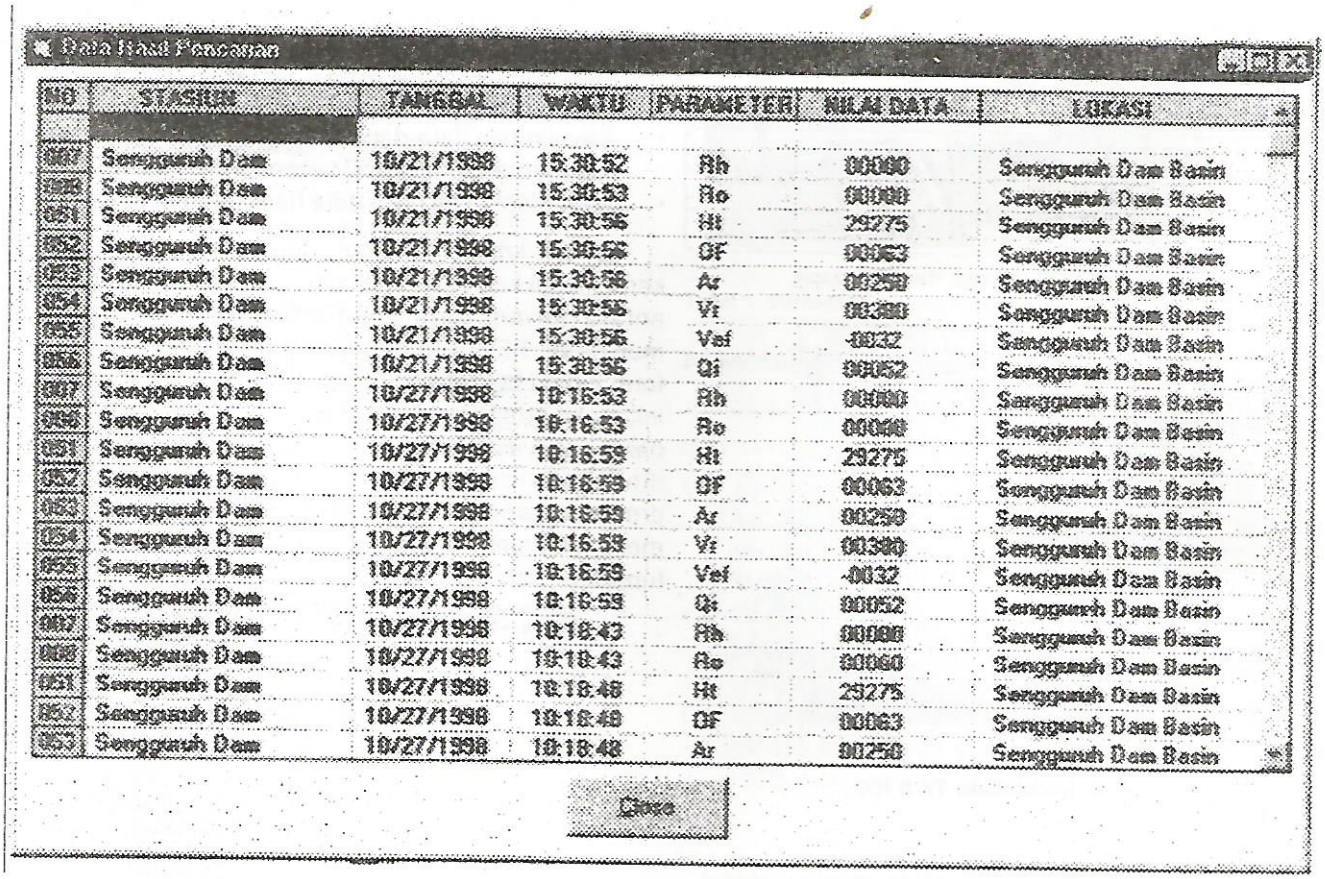
Gambar 14. Tampilan menu utama pada Program Communication Interface.



Gambar 15. Menu setting komunikasi data.



Gambar 16. Menu pilihan data yang ingin ditampilkan



Gambar 17. Tampilan disply pengukuran.

Program communication interface kami bangun dengan mempergunakan Visual Basic versi 3. Sehingga dalam pemakaiannya tidak diperlukan PC yang mempunyai spesifikasi khusus (minimal Pentium III dengan OS Window 9x.xx).

KESIMPULAN

Dari pelaksanaan kegiatan litbang yang telah dilaksanakan, maka dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

- Dengan memanfaatkan RTU ini didalam stasiun monitoring lingkungan, maka dari sisi biaya investasi peralatan dan biaya operasional relatif lebih murah.
- Submersible pressure sensor merupakan salah satu altematif, agar diperoleh kemudahan dalam pelaksanaan kontruksi penempatan sensor.
- Mengingat bahwa lokasi stasiun biasanya berada pada daerah yang sulit untuk mendapatkan fasilitas media komunikasi, maka penggunaan Radio di frekuensi 900 MHz mempunyai keamanan yang memadai.
- Dengan mempergunakan program communication interface ini, maka penggabungan system lama (FFWS) dengan system baru (berbasis Microsof) sangat dimungkinkan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Charles L. Phillips & H. Troy Nagle, Digital Control System Analysis and Design, Prentice Hall, Inc, 1995.
2. E.M. Wilson, Hidrologi Teknik, Penerbit ITB, 1993.
3. Raymond McLeod, Jr, Management Information System, Prentice Hall, Inc, 1995.
4. Stephen E. Derenzo, Interfacing: A Laboratory Approach Using the Microcomputer for Instrumentation, Data Analysis, and Control, Prentice-Hall, Inc, 1990.
5. Modern Control Engineering, Katsuhiko OgataPrentice Hall, 1991.
6. William Buchanan, C for Electronic Engineering With Applied Software Engineering, Prentice Hall, Inc, 1995.

PENERIMA DTMF
(Dual Tone Multiple Frequency Receiver)

Oleh: Bagus Edy Sukoco), Iqbal Syamsu*)*

ABSTRACT

The MC145436 is a silicon – gate CMOS LSI device containing the filter and decoder for detection of a pair of tones conforming to the DTMF standard with outputs in hexa-decimal. Switched capacitor filter technology is used together with digital circuitry for the timing control and output circuits. The MC145436 provides excellent power-line noise and dial tone rejection, and is suitable for applications in central office equipment, PABX, key-phone systems, remote control equipment, and consumer telephony product.

INTISARI

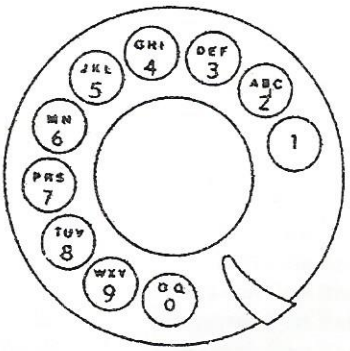
MC145436 adalah suatu gerbang – silicon CMOS LSI device yang berisi filter dan dekoder untuk pendeteksian pasangan nada tone yang menyesuaikan pada standar DTMF dengan keluaran dalam kode hexa-desimal. Teknologi filter Kapasitor sebagai switch digunakan bersama-sama dengan rangkaian digital untuk pengontrolan waktu dan rangkaian keluarannya. MC145436 menyediakan pemisahan sempurna antara noise saluran listrik dengan nada dial tone telepon, dan system tersebut cocok untuk diaplikasikan pada peralatan kantor pusat, PABX, key-phone sistem, peralatan pengendalian jarak jauh, dan produk telepon biasa.

PENDAHULUAN

Sistem persinyalan dari telepon terdiri dari dua, yaitu:

a. Decadic - Pulse
b. DTMF (Dual Tone Multiple Frequency)

Decadic - Pulse, sistem ini biasanya menggunakan piringan pilih atau dikenal dengan rotary dial, piringan ini terdiri dari angka-angka mulai 0 (nol) sampai dengan 9 (sembilan). Cara kerja sistem ini adalah dengan mengaitkan ujung jari di setiap angka yang di maksud kemudian diputar searah jarum jam hingga menyentuh batas putaran piringan. Saat piringan bergerak/berputar kembali ke posisi semula (setelah jari tangan di lepas dari lubang angka), maka akan menyebabkan membuka dan menutupnya kontak-kontak yang terdapat pada rangkaian pesawat telepon. Hal ini akan menyebabkan pembangkitan runtunan pulsa-pulsa DC yang jumlahnya bersesuaian dengan nomor yang di putar. Sesuai dengan rekomendasi CCITT sistem ini mempunyai kecepatan pulsa 10 ± 1 pps, dibawah ini adalah gambar fisiknya:

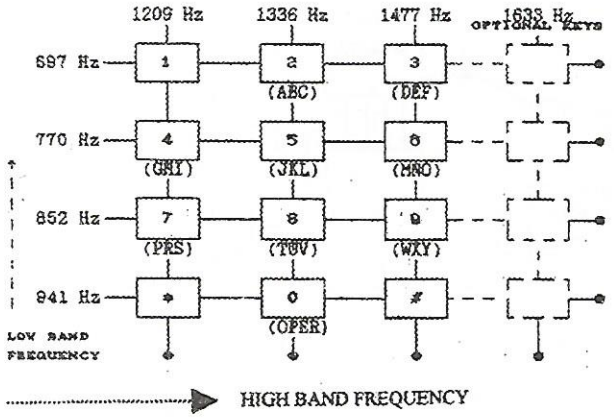


Gambar 3.

DTMF, atau Dual Tone Multiple Frequency adalah system dial push button dengan mengaktifkan sinyal DTMF, dimana sinyal tersusun atas sebuah kombinasi dari dua buah frekuensi (lebih tinggi atau lebih rendah) kepada empat frekuensi masing-masing dialokasikan dan berhubungan dengan sebuah angka (atau sebuah kode). Pada sistem ini posisi dari X,Y dan baris ke empat (berhubungan dengan frekuensi 1633 Hz) sehingga dapat di pakai sebagai kode-kode lain dari pada angka dan untuk berbagai tujuan. Penekanan angka-angka akan meyebabkan pesawat telepon mengirimkan sinyal dengan frekuensi-frekuensi tertentu. Sesuai rekomendasi dari CCITT Q23 maka pesawat-pesawat telepon dengan system sinyal DTMF mempunyai karakteristik antara lain sebagai berikut:

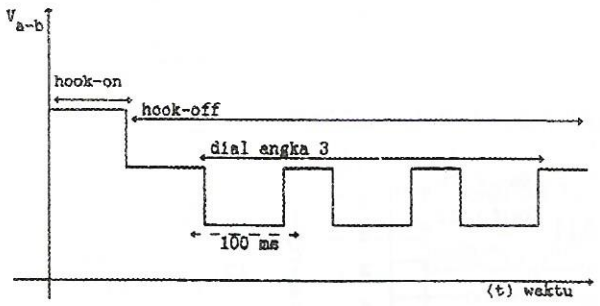
Korespondensi:
*) Bagus Edy Sukoco dan Iqbal Syamsu adalah Staf Peneliti Puslit Elektronika dan Telekomunikasi - LIPI. Jl. Cisitu 21D/154 Komp. Sangkuriang Bandung 40135.

- Frekuensi output yaitu kelompok frekuensi rendah (Low-Band Frequency) adalah 697 Hz, 770 Hz, 852 Hz, 991 Hz. Frekuensi tinggi (High-Band Frequency) adalah 1209 Hz, 1336 Hz, 1477 Hz, 1633 Hz.
- Impedansi saat hook-on yaitu $\geq$ 4000 Ohm ketika ada arus AC pada frekuensi 25 Hz, saat hook-off 600 Ohm untuk frekuensi suara (300 – 3400 Hz). Di bawah ini akan ditunjukkan susunan tombol dan kelompok frekuensi sistem tersebut:



Gambar 1.

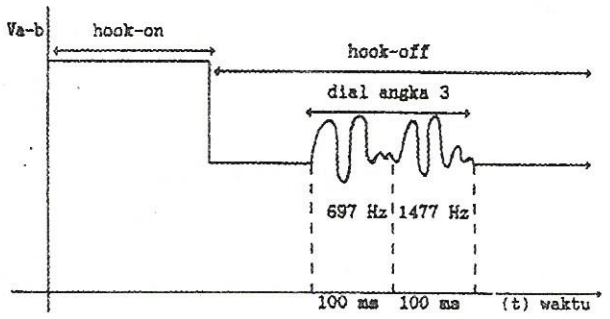
Keadaan kawat (saluran a-b) pada saat terjadi dial untuk handset jenis rotary-dial adalah seperti grafik berikut ini:



Gambar. 2

Piringan pilih pada set pesawat telepon biasa akan membangkitkan pulsa nomor dengan kecepatan 10 pulsaldetik (1 pulsa = 100 m detik; ON = 33.3 m detik dan OFF = 66.6 m detik) jadi untuk men-dial angka 1 di perlukan waktu pengiriman sinyal nomor 100 ms, angka 3 diperlukan waktu 300 ms dan angka 0 diperlukan waktu 1000 ms.

Keadaan kawat (saluran a-b) pada saat terjadi dial untuk handset jenis push button DTMF adalah seperti pada grafik berikut:



Gambar 4.

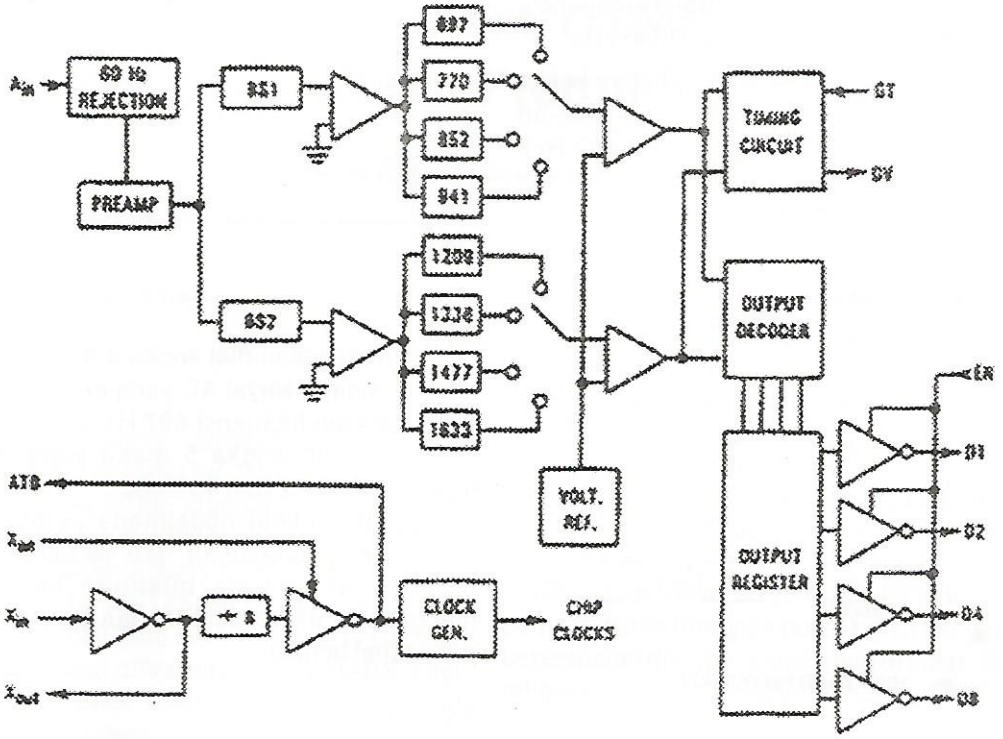
Jika menekan dial angka 3 maka pesawat telepon akan mengirim sinyal AC yang berisikan 2 sinyal yaitu, sinyal dengan frekuensi 697 Hz clan 1477 Hz, dan jika yang di tekan angka 5 maka yang dikirim adalah frekuensi 770 Hz dan 1336 Hz.

Untuk melihat bagaimana pembentukan sinyal DTMF yang dihasilkan dari pesawat telepon yang menggunakan kode bilangan hexadesimal dan mengubahnya menjadi bilangan biner akan ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 1.

Des	Bil. Hexa	No. Dial	Kode Output			
			D8	D4	D2	D1
1	1	1	0	0	0	1
2	2	2	0	0	1	0
3	3	3	0	0	1	1
4	4	4	0	1	0	0
5	5	5	0	1	0	1
6	6	6	0	1	1	0
7	7	7	1	1	1	1
8	8	8	1	0	0	0
9	9	9	1	0	0	1
10	A	0	1	0	1	0
11	B	*	1	0	1	1
12	C	#	1	1	0	0
13	D	A	1	1	0	1
14	E	B	1	1	1	0
15	F	C	1	1	1	1
0	0	D	0	0	0	0

Diagram blok MC145436



Gambar 5.

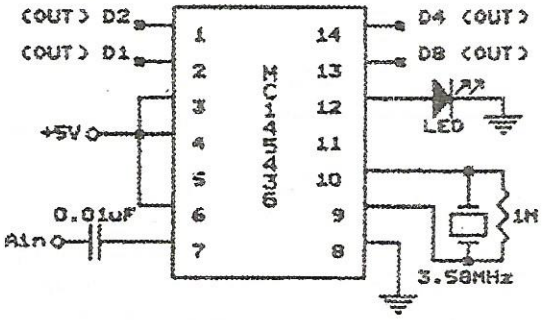
Ain, atau analog input, merupakan masukan sinyal DTMF yang akan dikodekan. Umumnya sinyal akan masuk terlebih dahulu melalui sebuah kopel DC untuk menghindari sinyal yang melebihi tegangan supply positif. Setelah mengalami rejeksi oleh frekuensi 60 Hz sinyal DTMF yang masuk akan di komparasi (oleh komparator) dan dipertemukan kemudian dikodekan.

GT atau (Guard Time), merupakan masukan untuk mendapatkan pengkodean yang sesuai dengan keadaan masukan sinyal DTMF. Selama masih ada sinyal DTMF masuk maka GT dibiarkan floating (tidak terhubung). Untuk waktu tone generator sinyal 100 ms maka GT dapat di sambungkan dengan DV (Data Valid), sebab jika terjadi transmisi sinyal dari logika tinggi ke rendah atau sebaliknya, pada GT akan berakibat RESET pada internal logic dan akan segera menanggapi sinyal masukan yang diberikan. Jadi jika masukan masih belum berubah maka yang dikodekan masih sinyal masukan yang sebelumnya. Dari output dekoder sinyal akan diregister sebelum dikeluarkan oleh empat buah inverter D1, D2, D4 dan D8 menjadi sinyal logic untuk aplikasi rangkaian selanjutnya.

EN atau Enable akan menyebabkan keluaran pada D1, D2, D4 dan D8 menjadi high impedance (diseble) bila EN = logika 0 (nol).

Xen atau Oscillator Enable, merupakan masukan jika Xen mendapat logika tinggi (logika 1) akan menyebabkan osilator kristal beroperasi (enable). Bila menggunakan ATB (Alternate Time Base) maka Xen harus mendapat logika rendah (logika 0).

Rangkaian Penerima DTMF

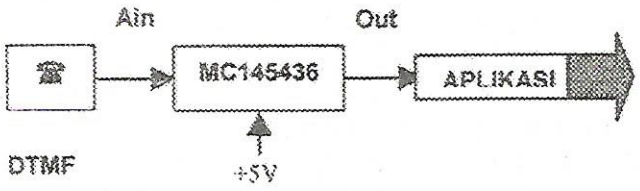


Gambar 6.

Komponen-komponen yang mendukung pada rangkaian penerima DTMF ini adalah: 1 buah resistor 1 MOhm, sebuah kapasitor 0.01 uF, sebuah Led, dan sebuah osilator kristal 3.579545 NHz.

Rangkaian tersebut bekerja pada catu daya +5V, dapat mendeteksi 16 digit standar dan output berupa 4-bit kode bilangan hexa-desimal, terpasang tetap 60 Hz serta menolak dial tone selain sinyal DTMF.

DIAGRAM BLOK PENERAPAN SISTEM UNTUK JENIS HANDSET TELEPON DTMF



Gambar 7.

Sinyal-sinyal dial DTMF akan diterima oleh analog input (Ain) MC145436 kemudian pertemuan pasangan tone tersebut diolah dan kemudian outputnya yang berupa sinyal kode hexa-desimal 4 digit dapat diaplikasikan untuk berbagai keperluan antara lain:

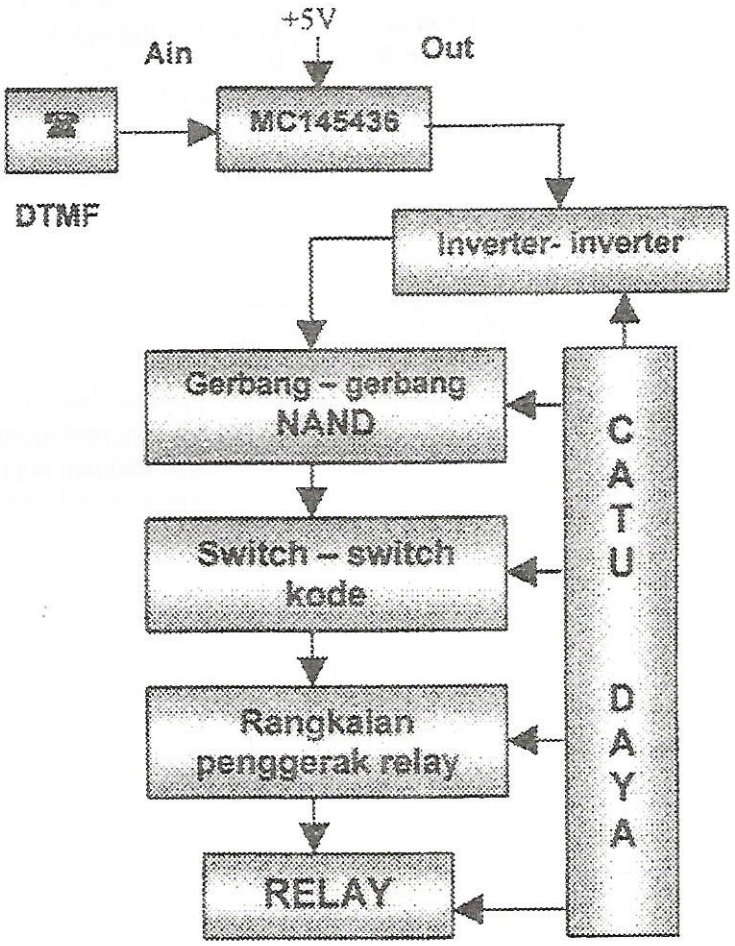
- Untuk pengendalian jarak jauh (remote) security rumah, penerangan rumah, pengontrolan jarak jauh, dll.
- Untuk sistem penguncian handset telepon dengan kode-kode rahasia (password) atau dikenal dengan key-telephone.
- Dengan adanya sistem PABX, sistem penerima DTMF tersebut dapat pula di kolaborasikan untuk kepentingan tertentu, sesuai dengan kebutuhan konsumen.

KESIMPULAN

Fungsi pesawat telepon dapat diperluas fungsinya, selain hanya untuk media komunikasi suara, handset telepon terutama yang menggunakan sistem sinyal DTMF untuk dial tone nya, maka dengan teknologi yang dimiliki device CMOS MC145436 dapat dimanfaatkan untuk aplikasi-aplikasi elektronika yang sangat bermanfaat untuk pengembangan sistem remote control atau keperluan security-security elektronika lainnya.

Keuntungan penggunaan pesawat telepon jenis push button adalah waktu putar banyak berkurang (mempercepat dial), operasi putar lebih sederhana dan dengan menambah tombol - tombol lain selain angka (0 s/d 9, *, #), sinyal pelayanan baru dapat dengan mudah dikirimkan.

Contoh sebuah sistem sederhana penggerak relay dengan metoda kombinasi kode-kode dial telepon.



Gambar 8.

Kombinasi 4 kode bilangan biner akan masuk pada gerbang-gerbang NAND (Not And) 4-input. Sebagai contoh pengoperasian, gerbang-gerbang NAND ini diset untuk mengerjakan 4 buah kode misalnya; 0, 1 dan 5 sebagai sinyal-sinyal penggerak relay, seperti pada tabel berikut:

Tabel 2.

Digit	Kode keluaran			
	D8	D4	D2	D1
0	1	0	1	0
1	0	0	0	1
5	0	1	0	1

Karena keluaran yang di harapkan dari gerbang NAND adalah rendah (logika 0) maka ke-4 input gerbang harus tinggi (logika 1) yaitu dengan memberikan gerbang NOT (inverter) pada kaki-kaki masukan gerbang NAND tersebut. Jadi bilamana ada salah satu atau semua masukan yang berlogika rendah, maka pasti akan di jadikan tinggi terlebih dahulu oleh gerbang inverter.

Setelah terpenuhi semua keluaran dari gerbang NAND agar berlogika rendah, maka untuk gerbang-gerbang NAND yang lain khusus dial 2,3,4,6,7 dan 9 yang berlogika rendah disatukan dalam sebuah gerbang AND 8-input sehingga keluaran gerbang ini dijadikan sinyal yang dapat mengacaukan kode yang dimaksud.

Sinyal analog dari kode-kode (dial angka 1,3 dan 5) tersebut kemudian oleh bagian lain dari rangkaian elektronik diolah untuk menggerakkan relay. Untuk dial * dan # berfungsi sebagai sinyal yang dapat membebaskan dari pemberian kode yang salah (fungsi RESET).

Sebagai catatan bahwa, untuk beberapa komponen-komponen IC gerbang jenis CMOS ternyata memiliki berbagai sifat yang berbeda terutama karakteristik dari komponen yang bersangkutan. Selain kecepatan proses gate-nya juga dalam mengartikan kondisi logika 0 (rendah) yang bervariasi, maka untuk lebih amannya khusus logika 0 jika di referensikan dalam tegangan DC akan benar-benar pada kondisi 0 Volt (0 Volt stabil).

DAFTAR PUSTAKA

1. Jacob Millman, Sutanto, Mikroelektronika Sistem Digital dan Rangkaian Analog Jilid I, Erlangga, Jakarta, 1986.
2. George Loveday, Intisari Elektronika, PT Elex Komputindo Gramedia, Jakarta 1982.
3. Data Book IC Analog dan IC CMOS.
4. Spesifikasi Pesawat Telepon (STEL-Q-003), PT. Telkom, Bandung, 1985.
5. Spesifikasi Pesawat Telepon (STEL-Q-006), PT. Telkom, Bandung, 1987.
6. Motorola Telecommunications Devive Data, Motorola, USA, 1989.
7. Ir. Sigit Haryadi, Jaringan Telekomunikasi, PT. Dete Elan Kreasi, Bandung, 1994.

JURNAL ELEKTRONIKA dan TELEKOMUNIKASI, NO. 1 VOL. III JUNI - JULI 2003 ISSN 1411-8289

RANCANG BANGUN SISTEM AKUISISI DATA CUACA UNTUK TELEMETRI

Oleh: Yudi Yuliyus Maulana), Yuyu Wahyu*)*

ABSTRAK

Perubahan iklim global saat ini merupakan dampak dari pengaruh pemanasan global *(green* house *effect)* serta turut diperburuk oleh banyaknya penebangan hutan-hutan dan kegiatan-kegiatan sosial ekonomi serta pembangunan yang tidak berwawasan lingkungan, adanya perubahan iklim global ini merupakan suatu masalah tersendiri bagi para ahli meteorologi dan geofisika dalam menyelidiki dan mempelajari keadaan cuaca atau kejadian atmosfir sehari-hari. Hal ini tentunya tidak terlepas dari kebutuhan akan instrumentasi cuaca yang lebih memadai. sehubungan dengan itu, dalam tulisan ini dibuat suatu prototipe sub sistem dari sistem telemetri dengan merancang bangun sistem akuisisi data cuaca *(Weather Data Acquisition System)* berbasis mikrokontroler dengan empat masukan sensor yang dapat digunakan untuk pemantauan cuaca. Dalam pembuatannya sistem akuisisi data ini terdiri dari perancangan perangkat keras (penguat isarat masukan, pengubah analog ke digital, unit proses & kontrol, antar muka RS232 dan power supply) dan softwere pengendali jaringan, dalam tulisan ini yang akan dibahas mengenai perancangan perangkat keras. Sistem ini dapat diterapkan pada bagian remote terminal unit (RTU) dari suatu sistem telemetri sehingga menjadi sistem telemetri multikanal dengan empat masukan analog dalam range 0 dan 2,55 V_{DC}.

I. PENDAHULUAN

Pengukuran secara kontinyu mengenai keadaan cuaca sehari-hari yang dilakukan oleh Dinas Meteorologi dan Geofisika sangatlah penting karena informasi datanya diperlukan dalam penyelidikan keadaan cuaca oleh para ahli klimatologi. Perubahan cuaca saat ini merupakan dampak dari pengaruh pemanasan global *(green house effect)* yang berkaitan dengan perubahan glasial serta turut diperburuk oleh banyaknya penebangan hutan-hutan dan kegiatan-kegiatan sosial ekonomi serta pembangunan yang tidak berwawasan lingkungan. Adanya perubahan iklim global ini merupakan suatu masalah tersendiri bagi para ahli meteorologi dan geofisika dalam menyelidiki dan mempelajari keadaan cuaca atau kejadian atmosfir sehari-hari. Hal ini tentunya tidak terlepas dari kebutuhan akan instrumentasi cuaca yang lebih memadai.

Sehubungan dengan itu, dalam penelitian ini menulis tentang "Rancang Bangun Sistem Akuisisi Data Cuaca *(Weather Data Acquisition System)* untuk telemetri yang berbasis mikrokontroler, sistem ini dapat diterapkan pada bagian remote terminal unit (RTU) dari suatu sistem telemetri sehingga menjadi sistem telemetri multikanal dengan empat masukan analog dalam range 0 dan 2,55 V_{DC}.

Rancang bangun sistem akuisisi data cuaca untuk telemetri ini dibuat untuk pengukuran parameter temperatur, tekanan udara dan kecepatan serta arah angin. empat parameter ini dipilih karena merupakan parameter standart stasiun cuaca. Alat ukur keempat parameter ini umumnya bersifat analog dengan alat peraga menggunakan jarum tuding berskala, dan dilengkapi dengan sebuah terminal isyarat keluaran berupa tegangan, Isyarat tegangangan keluaran ini akan dimanfaatkan sebagai sumber isyarat dari sistem akuisisi data cuaca untuk telemetri yang dibangun.

Untuk membentuk sistem ini, data range pengukuran serta skala isyarat keluaran analog merupakan acuan penting dalam menentukan rangkaian yang terdiri dari penguat isyarat masukan, konverter isyarat analog ke digital yang dikendalikan oleh sebuah mikrokontroler MCS-51 yang dapat digunakan keperluan komunikasi data.

Diharapkan prototipe ini dapat mengetahui pengiriman data pengukuran dari empat kanal dalam suatu point-point network dengan transmisi simplex (satu arah) dimana parameter atau besaran pengukuran yang menuntut tingkat fleksibilitas yang tinggi. Artinya port input pada rancang bangun ini dituntut untuk bisa

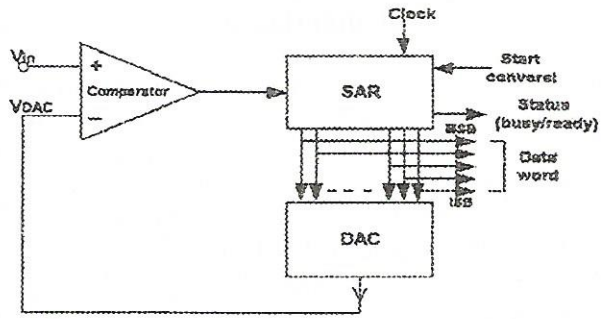
Korespondensi:
*) Yudi Yuliyus dan Yuyu Wahyu adalah Staff Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi - LIPI.

menerima sinyal dari berbagai jenis sensor. Disamping itu juga memiliki port keluaran serial asinkron dalam laju baud yang dapat diseleksi.

II. TEORI

2.1 Konverter Analog Ke Digital

Suatu ADC akan memberikan kode biner yang terdekat untuk setiap tegangan analog yang diumpankan ke masukannya (metoda pendekatan berurut). Yang membentuk ADC ada tiga bagian utama yaitu : konverter D/A (DAC), komparator, dan SAR *(successive approximation register)*, seperti gambar 2.1 dibawah ini.

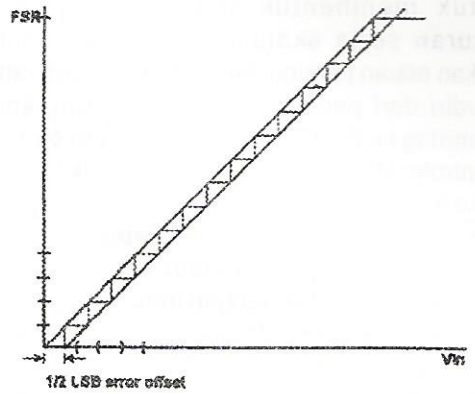


Gambar 2.1 Diagram blok ADC.

Komparator akan membandingkan teganngan yang masuk (Vin) dengan tegangan dari DAC (Vdac), Apabila Vin lebih besar dari Vdac, keluaran komparator berlogik tinggi, sebaliknya bila Vin lebih kecil dari Vdac keluaran komparator akan berlogik rendah. Logik keluaran komparator akan dipertahankan pada keluaran SAR ke DAC untuk perbandingan selanjutnya.

Perbandingan yang dilakukan SAR terjadi secara per bit dimulai dari bit yang tertinggi (MSB) hingga bit terendah (LSB) sedemikian rupa sehingga keluaran DAC (Vdac) akan mempunyai nilai yang paling dekat terhadap Vin.

Dikarenakan ADC mempunyai fungsi alih, dimana jangkauan tegangan hingga %2 LSB pada sisi kedua level kwantisasi mempunyai kode biner yang sama, sehingga dihasilkan kurva anak tangga.



Gambar 2.2 Kurva Fungsi Alih ADC

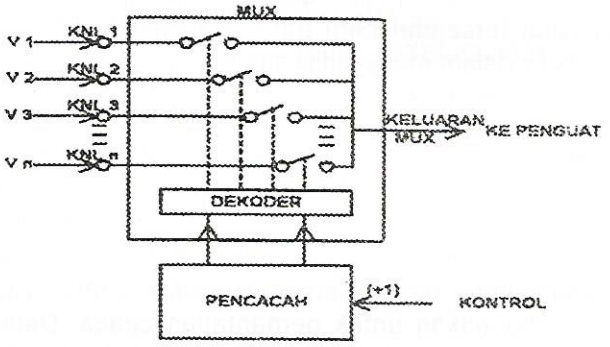
Pada gambar 2.2 memperlihatkan adanya *error offset* sebesar 1/2 LSB dari kurva ideal, kesalahan ini terjadi untuk semua jenis ADC yang menggunakan DAC sebagai komponen umpan balik. *Error offset* pada ADC terukur bila sinyal masukan analog dengan level tidak nol menyebabkan bit keluaran ADC semuanya nol.

Pada praktisnya *error offset* dapat ditentukan dengan mengatur amplitudo tegangan test yang dimasukan ke ADC sehingga terjadi transisi 00...00/ 00...01. Idealnya ini terjadi pada harga % LSB.

2.2 Multiplekser

Multiplekser (MUX) akan memilih salah satu dari sejumlah kanal yang tersedia. Seperti pada gambar 2.3.

Setiap kanal dapatdihubungkan pada keluaran MUX melalui saklar yang dikontrol secara digital. Alamat kanal yang akan dimonitor dimasukan ke decoder melalui pencacah. Perioda sinyal kontrol harus diatur sedemikian sehingga lama waktu menutupnya saklar sesuai dengan ADC clan untuk melakukan konversi data.

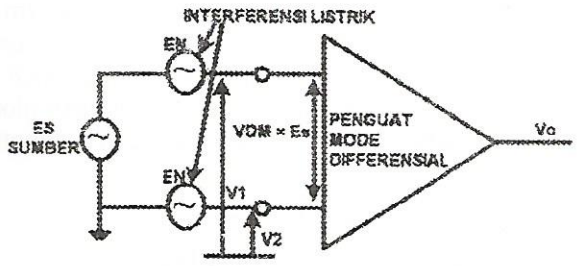


Gambar 2.3 Multiplekser dengan N masukan kanal.

2.3 Penguat Mode Diferensial

Akurasi yang terbaik akan didapat dari ADC apabila digerakan sinyal dengan amplitudo mendekati jangkauan skala penuh (FSR). Pada kondisi ini *error offset* dan error kwantisasi hanya berpengaruh kecil terhadap sinyal. Akan tetapi banyak sensor yang menghasilkan sinyal dengan amplitudo kecil sehingga diperlukan penguatan. Terlebih apabila sensor diletakan cukup jauh besar kemungkinannya mendapatkan interferensi listrik.

Penguat mode diferensial mampu meniadakan pengaruh dari interferensi listrik.



Gambar 2.4 Penguat isyarat masukan secara Mode Differesial.

Penguat mode diferensial ada dua masukan yaitu tegangan dari sinyal dan tegangan kawat tanah. Kedua kabel harus diletakan secara berdekatan sehingga keduanya akan mendapat interfernsi listrik yang relatif sama besar. Dari gambar dibawah dapat ditentukan tegangan mode diferensial (V_{DM}).

$$V_{DM} = V_1 - V_2 = (Es + En) - En = Es.$$

Terlihat bahwa V_{DM} sama dengan tegangan sumber (Es), tidak mengandung komponen noise (En). Pada penguat jenis ini perlu diperhitungkan tegangan *common mode.*

$$(V_{CM}): V_{CM} = \frac{1}{2}(V_1 + V_2) = \frac{1}{2}(Es + En) + En = En + \frac{1}{2}Es$$

Terlihat bahwa untuk sinyal Es yang lemah, V_{CM} didominasi oleh komponen noise.

Jadi untuk penguat mode differensial haruslah mempunyai penguatan mode differensial (V_{CM}) sedemikian rupa sehingga level tegangan V_{DM} mencapai level tegangan yang mendekati harga FSR dari ADC ($V_0 = A_{DM} \cdot V_{DM}$). Sedangkan penguat *common mode*-nya harus ditekan sekecil mungkin sehingga pengaruh V_{CM} terhadap Vo adalah kecil (idealnya nol).

2.4 Piranti Ukur Elektronik

Pada dasarnya pengukuran atau instrumentasi bertujuan untuk mendapatkan informasi mengenai sifat-sifat fisika, kimia dan biologi dari suatu benda atau keadaan/proses, atau untuk mengatur sesuai dengan informasi yang diinginkan. Informasi berupa besaran fisik/mekanis atau kimia secara kuantitatif sulit untuk diketahui secara langsung. Bantuan alat atau dalam hal ini instrumen diperlukan untuk mentransformasikan informasi tersebut secara kualitatif dan kuantitatif.

Piranti ukur elektronik untuk mengukur keadaan cuca adalah:

1. Sensor temperatur produksi Dallas semikonduktor seperti DS1629 thermometer/thermostat memuat semua pengukuran temperatur pada range –55°C hingga +125°C dengan penambahan setiap 0,5°C. Sedangkan range yang dibutuhkan untuk rancang bangun di sini berkisar pada range 10°C hingga 40°C.
2. Barometer pressure digunakan untuk mengukur besarnya tekanan udara dengan satuan ukurannya atmosfir dimana satu atmosfir sama dengan berat air raksa dalam tabung yang ϕ 1 cm^2 dan tinggi 76 cm tekanan udara demikian disebut 76 cm Hg atau 1 atm. Pada daerah yang lebih tinggi tekanan udara akan berkurang sebesar 1/30 atau setiap kenaikan 300 m, juga perbedaan garis lintang menyebabkan perbedaan tekanan disebabkan oleh adanya pengaruh suhu. Dengan adanya perbedaan tekanan udara tersebut range yang akan diukur pada rancang bangun ini berkisar antara 950 mbar sampai 1013 mbar.
3. Wind speed atau kecepatan angin diukur dengan anemometer atau memakai wind vane (mangkuk berputar). Range yang dibutuhkan untuk rancang bangun antara 0 mph sampai 50 mph.
4. Wind direct atau arah angin diukur dengan panah bergerak. Range yang dibutuhkan berkisar pada 0 deg hingga 355 deg.

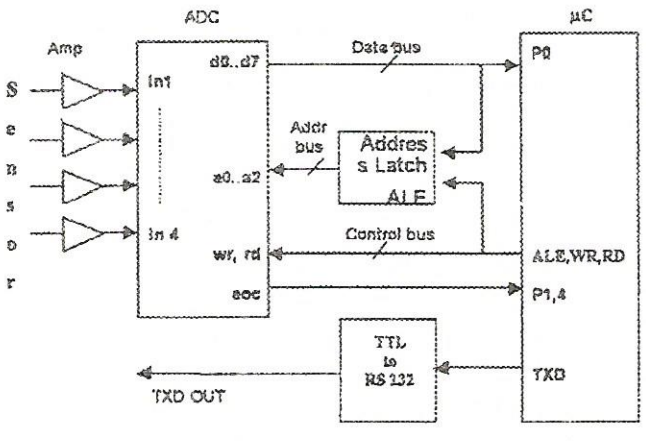
III. PERANCANGAN DAN FABRIKASI PERANGKAT KERAS

Perangkat keras dari sisitem akuisisi data cuaca mempunyai spesifikasi sebagai berikut:

1. Memiliki empat terminal masukan isyarat analog.
2. Jangkauan isyarat masukan maksimum 10 volt.
3. Memiliki rangkaian penguat isyarat masukan yang dapat di kalibrasi.
4. Dapat mengubah isyarat analog ke digital dengan resolusi 8 bit.
5. Menyediakan 6 pilihan laju baud yang diseleksi dengan sakelar deep.
6. Dapat mentransmisikan data dalam format serial asinkron.
7. Bekerja berdasarkan perangkat lunak.
8. Berbasis Mikrokontroler MCS-51 dengan konfigurasi sistem minimum.

Untuk memenuhi spesifikasi maka rangkaaian dari sistem akuisisi data cuaca terdiri dari:

a. Empat penguat isyarat masukan analog
b. Pengubah analog ke digital
c. Address latch
d. Unit prosesing dan kontrol
e. Antarmuka level RS232



Gambar 3.1 Sistem akuisisi data cuaca.

a. Penguat isyarat masukan

Isyarat masukan berupa sensor thermometer, barometer, wind speed dan wind direction, masing-masing mempunyai skala pengukuran dan tegangan keluaran sensor yang berbeda (lihat tabel 3.1), maka dibangun penguat dengan tegangan keluaran 2.55 Volt (mengacu nilai tegangan referensi ADC).

Tabel 3.1 Isyarat tegangan keluaran sensor cuaca.

Sensor	Range Ukur	Vo (Volt)
Thermometer	10 s/d 40°C	0 – 5
Barometer	950 s/d 1013 mb	0 – 5
Wind Speed	0 s/d 50 mph	0 – 5
Wind Direction	0 s/d 350 deg	0 – 2

1. Penguat tegangan thermometer

Isyarat keluaran thermometer pada temperatur 40°C

FS = (Tmax – Tmin)°C x 0,01 V/°C
= (40 – 10)°C x 0,01 V/°C
= 0.3 Volt

Jadi penguatan yang harus diberikan

$$k = \frac{Vo(T_{max})}{Vi(T_{max})} = \frac{2{,}55 \text{ volt}}{0{,}3 \text{ volt}} = 8{,}5$$

2. Penguat tegangan barometer

Skala penuh (FS) isyarat keluaran barometer pada 1013 mbar

FS = (Pmax – Pmin)mbar x 0.01 V/mbar
= (1013 – 950)mbar x 0.01 V/mbar
= 0.63 V

Jadi penguatan yang harus diberikan

$$k = \frac{Vo(P_{max})}{Vi(P_{max})} = \frac{2{,}55 \text{ volt}}{0{,}63 \text{ volt}} = 4{,}05$$

3. Penguat tegangan wind speed

Skala penuh (FS) isyarat keluaran wind speed meter pada kecepatan 50 mph

FS = (WS_max – WS_{min})mph x 0.01 V/mph
= (50 – 0)mph x 0.01 V/mph
= 0.5 V

Maka penguatan yang harus diberikan

$$k = \frac{Vo(WS_{max})}{Vi(WS_{max})} = \frac{2{,}55 \text{ volt}}{0{,}5 \text{ volt}} = 5{,}1$$

4. Penguat isyarat tegangan wind direction

Skala penuh (FS) isyarat keluaran wind direction meter pada arah 350°

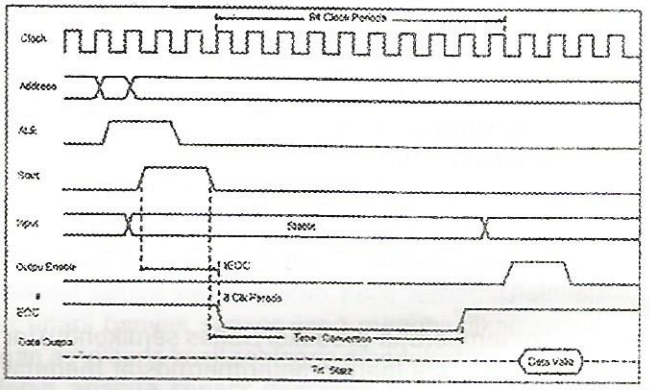
FS = (WD_{max} WD_{min})deg x 0.01 V/deg
= (350 – 0)deg 0.01 V/deg
= 3.5 V

Maka penguatan yang harus diberikan

$$k = \frac{Vo(T_{max})}{Vi(T_{max})} = \frac{2{,}55 \text{ volt}}{3{,}5 \text{ volt}} = 0{,}73$$

b. Pengubah Analog ke Digital

Pengubah isyarat analog ke digital merupakan bagian yang melakukan akuisisi data, komponen yang digunakan ADC 0809. komponen ini mempunyai resolusi 8 bit, 8 kanal input dengan multiplekser dan kompatibel dengan sistem mikrokontroler, Teknologi konverter menggunakan register pendekatan berurut *(Succesive Aproximation Register)* dengan waktu konversi 100 µs. Diagram pewaktuannya ditunjukan pada gambar 3.2.



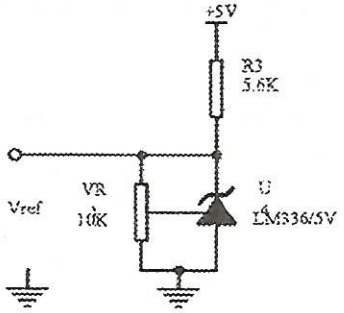
Gambar 3.2 Diagram pewaktuan ADC0809.

Delapan input analog multipleks dengan logika 3 bit ke pin Add-A, Add-B dan Add-C, yang di-latch dengan memberi perubahan logika rendah ke tinggi di pin ALE (*address latch enable*).

Start konversi dilakukan dengan memberikan logika tinggi ke pin START. Selama proses konversi dilakukan, logika kontrol bit EOC *(end of convertion)* disulut ke taraf rendah dan naik ke logika tinggi ketika waktu konversi akan selesai. Pembacaan data hasil konversi dapat dilakukan dengan memberikan logika tinggi ke pin Output Enable.

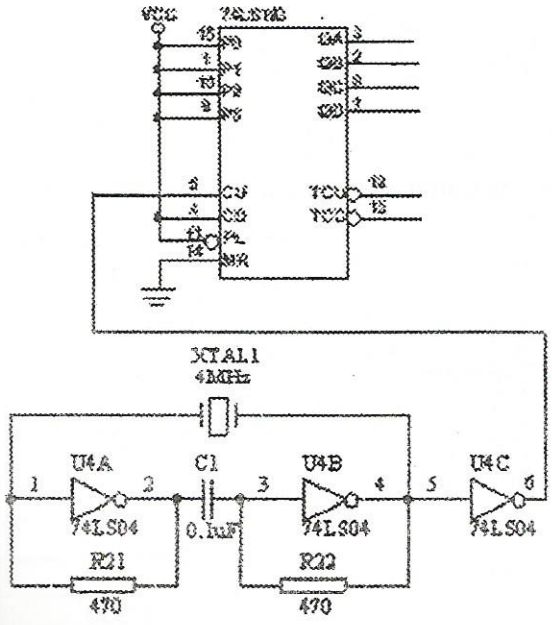
Delapan pin output data memiliki aras tegangan TTL dengan status tiga keadaan *(Tri* State), yaitu logika rendah (0), logika tinggi (1) dan impendasi tinggi (Z). Kondisi logika rendah dan tinggi adalah keadaan bitbit data yang dikeluarkan ketika output data ADC di Enable, sedangkan kondisi impendasi tinggi terjadi bilamana output data tidak di-Enable.

Skala penuh (FS) konverter ditentukan oleh nilai tegangan referensi yang dikenakan ke pin Vref. Ketetapan skala pengukuran dijamin dengan memberi stabilisasi tegangan referensi menggunakan IC LM336/ 5V. Rangkaian stabilisasi dengan IC ini menyediakan sebuah resistor variabel multiturn 10K untuk dapat mengadakan kalibrasi dengan teliti. Rangkaiannya ditunjukan pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 Stabilisasi tegangan referensi.

ADC0809 membutuhkan sumber frekuensi clock eksternal yang stabil untuk dapat bekerja dengan balk. Range frekuensi clock minimum 10 KHz dan maksimum 1.28 Mhz dan dalam aplikasi umumnya digunakan 1 MHz. Untuk menghasilkan frekuensi ini, digunakan sebuah kristal 4 MHz dalam rangkaian multivibrator mengunakan gerbang inverter 74LS04 yang ditunjukan pada gambar 3.4.



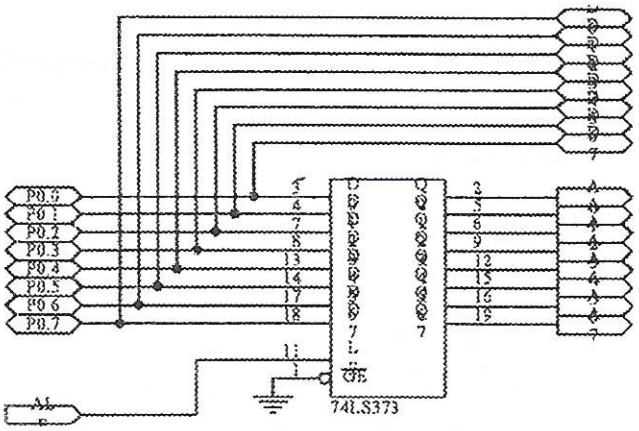
Gambar 3.4 Rangkaian osilator frekuensi clock.

Frekuensi 4 MHz yang dihasilkan multivibrator dikenakan ke pin Counter Up pencacah 74LS193, dengan konfigurasi pembagi 4 melalui keluaran pin QB diperoleh frekuensi keluaran 1 MHz.

c. Unit Proses dan Kontrol

Unit proses dan kontrol merupakan pusat pengendali kerja sistem, mengunakan IC mikrokontroler MCS51, type 89C51. Untuk aplikasi sistem yang direncanakan, dibentuklah sebuah bus kontrol yang terdiri dari $\overline{WR}$, $\overline{RD}$, ALE dan EOC pada P1.4. Port 0 digunakan sebagai bus data dua arah untuk seleksi input ADC dan membaca 8 bit data hasil konversi ADC. Seleksi input dan start konversi dilakukan secara simultan dengan perintah menulis. Saat perintah ini dilakukan, pin ALE dinaikan ke logika tinggi dan diturunkan lagi ke logika rendah setelah byte alamat dikeluarkan melalui port 0. Byte data kemudian dikeluarkan lagi melaui port 0 dan ditahan hingga logika pin kontrol $\overline{WR}$, disulut ke rendah. Keadaan yang hampir sama juga terjadi pada proses pembacaan data, namun pada proses ini logika pin kontrol $\overline{RD}$ yang disulut ke rendah.

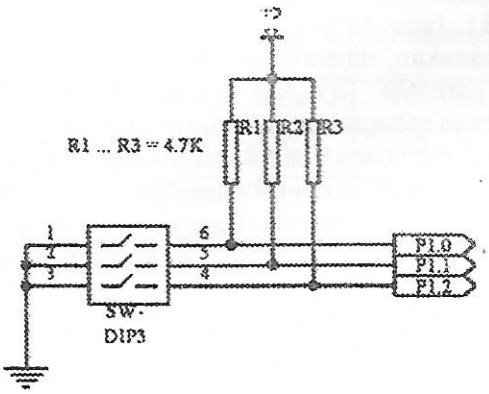
Diagram waktu yang digambarkan ini menunjukan bahwa; bus alamat bawah dan bus data dimultipleks pada P0. Untuk memisahkan bus alamat bawah dari bus data, pada port ini dipasang sebuah penyangga byte alamat IC 74LS373 yang dikontrol oleh logika kontrol ALE. Keluaran dari 74LS373 ini disebut sebagai byte alamat rendah A0 ... A7. Dalam sistem rangkaian yang direncankan, bit A0, A1 dan A2 akan digunakan untuk menyeleksi input konverter. Teknik pemisah bus alamat dan data yang dijelaskan ditunjukan pada gambar 3.5.



Gambar 3.5 Rangkaian pemisah bus alamat dari bus data.

Masukan 3 bit logika ke P1.0, P1.1 dan P1.2 dihasilkan oleh rangkaian sederhana, yang terdiri dari resistor dan sakelar deep yang dihubungkan ke sumber catu 5 volt. Rangkaian masukan 3 bit logika ini ditunjukan pada gambar 3.6 Logika tinggi dan rendah yang dihasilkan ditentukan oleh tutup-buka sakelar deep.

Logika rendah diperoleh dengan menutup sakelar sedangkan logika tinggi diperoleh dengan membuka sakelar. Resistor masukan dengan nilai 4.7 Kohm adalah harga yang lumrah bagi masukan CMOS dan resistor dengan nilai ini mengkonsumsi arus hanya 3.2 mA bila ketiga sakelar deep ditutup sehingga tidak membebani sumber tegangan catu.

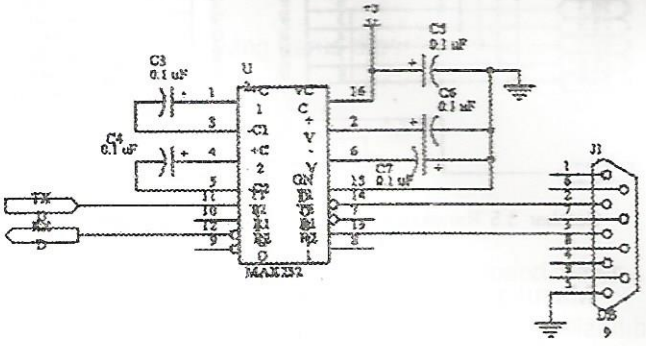


Gambar 3.6 Rangkaian masukan 3 bit logika.

Frekuensi osilator yang diberikan ke CPU mikrokontroler turut menentukan siklus kerja sistem. Range frekuensi osilator yang direkomendasikan untuk mikrokontroler 89C51 adalah 3.5 hingga 12 MHz. Sehubungan dengan penggunaan komunikasi data serial dengan laju baud yang universal, maka digunakan frekuensi kristal 11.0592 MHz. Hubungan frekuensi osilator yang dipilih dengan laju baud transmisi data serial dapat dilihat pada perhitungan laju baud pada perancangan perangkat lunak.

3.1.6 Antarmuka RS232

Rangkaian antarmuka RS232 dibangun dengan IC MAX232. IC ini menyediakan dua penggerak saluran keluar yang berfungsi sebagai transmiter data dan dua penggerak masukan yang berfungsi sebagai receiver data.



Gambar 3.7 Rangkaian konverter logika TTL ke RS232.

IV. HASIL PENGUJIAN

Pengukuran yang dilakukan pada perangkat keras sistem akuisisi data cuaca adalah pada rangkaian penguat isyarat masukan, Data hasil keluaran dari penguat isyarat masukan (Vo) dapat dilihat pada tabel 4-1 hingga tabel 4-4.

Tabel 4-1 Kanal 1 (Temperature)

No.	Vi1 (Volt)	Vo1 (Volt)
1	0,500	0,250
2	1,000	0,500
3	1,500	0,750
4	2,000	1,000
5	2,500	1,250
6	3,000	1,500
7	3,500	1,750
8	4,000	2,000
9	4,500	2,250
10	5,000	2,500

Tabel 4-3 Kanal 2 (Tekanan Udara)

No.	Vi2 (Volt)	Vo2 (Volt)
1	0,221	0,111
2	0,387	0,194
3	1,437	0,719
4	1,637	0,819
5	2,581	1,291
6	2,794	1,397
7	3,167	1,584
8	3,748	1,874
9	4,215	2,108
10	4,863	2,432

Tabel 4-4 Kanal 3 Kecepatan angin (Wind Speed)

No.	Vi3 (Volt)	Vo3 (Volt)
1	0,013	0,007
2	0,476	0,238
3	1,286	0,643
4	1,643	0,822
5	2,231	1,116
6	2,867	1,434
7	3,343	1,672
8	3,653	1,827
9	4,659	2,330
10	4,743	2,372

Tabel 4-5 Arah angin (Wind direct)

No.	Vi4 (Volt)	Vo4 (Volt)
1	0,052	0,065
2	0,289	0,361
3	0,461	0,576
4	0,687	0,859
5	0,863	1,079
6	1,001	1,251
7	1,023	1,279
8	1,102	1,378
9	1,492	1,865
10	1,841	2,301

Untuk rangkaian lengkapnya dari sistem akuisisi data cuaca dapat dilihat pada lampiran 1.

V. PENUTUP

Dalam menganalisis mengenai rancang bangun sistem akuisisi data cuaca ini dapat ditentukan dari hasil konversi data analog ke digital. Untuk mengkondisikan data keluaran data 8 bit dari-ADC, diberikan nilai tegangan referensi (V_{ref}) sebesar 2,55 volt untuk acuannya. Tegangan resolusi ADC adalah 0,010 V/perubahan LSB, data 8 bit akan memberikan 256 kondisi data, dimulai dari 0 hingga 255. Keluaran minimum pada alamat 00H terjadi pada tegangan masukan analog 0 volt, dan keluaran maksimum pada alamat FFH akan terjadi pada tegangan masukan analog 2,55 volt.

Dikarenakan analisis yang dilakukan begitu sederhana, maka batas waktu tanggap terkecil dari alat ukur analog belum bisa dipastikan. Namun waktu konversi 25 µs dari ADC 0809 jauh lebih cepat dibandingkan waktu tanggap dari sensor atau transduser cuaca.

Dari hasil simulasi yang dilakukan, ADC 8 bit pada rancang bangun sistem akuisisi data cuaca untuk telemetri ini mempunyai tegangan resolusi sebesar 0,01 V/perubahan LSB, atau 0,3921568% dari nilai skala penuh (Full Scale) yaitu sebesar 2,55 volt.

DAFTAR PUSTAKA

[1]. Intel, Embedded microcontrollers and processor, Volume 1, 1992.

[2]. Intel, Embedded microcontrollers and processor, Volume 2, 1992.

[3]. Intel, Embedded microcontrollers and peripherals handbook, 1983.

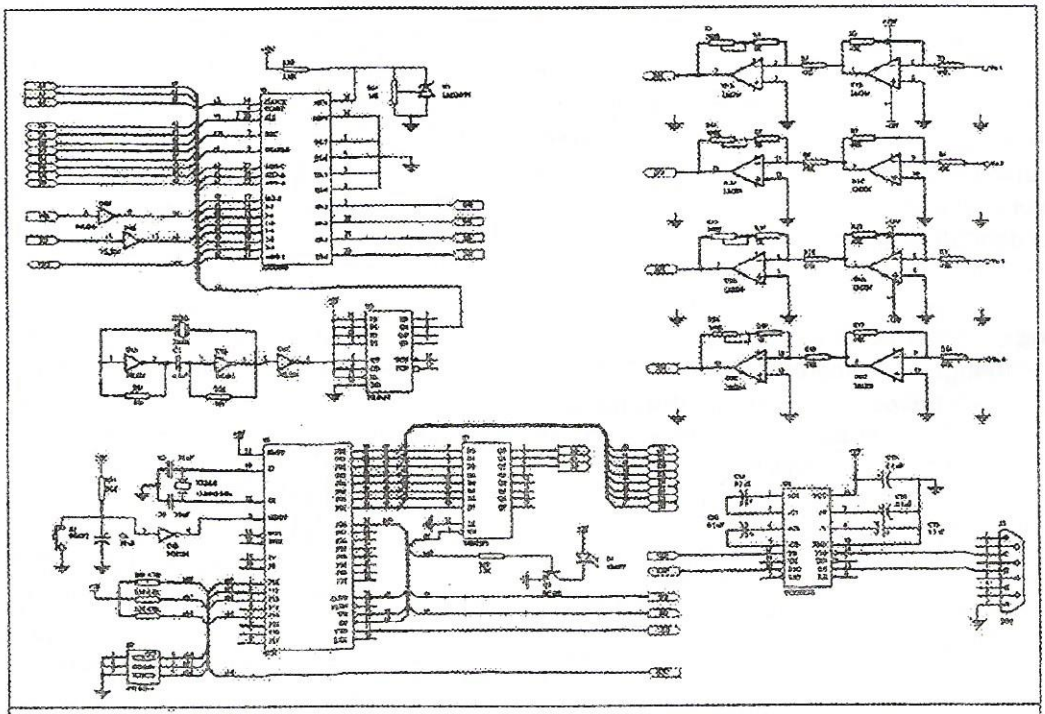
[4]. Nasional semiconductor databook logic (1981), CMOS (1981).

[5]. Nasional semiconductor corporatio, linier databook, 1982.

[6]. Hall, David., Microprocessor and digital system, 2nd edition, Mc. Graw-Hill Inc, Singapore, 1983.

[7]. Curtis D. Jhonson, Process control intrumentation technology, 2nd edition, 1982.

[8]. Susilo sarwono, Atjeng M. Syarif, I Dewa Made S, Piranti ukur elektronik, PAU ITB, 1992.



Lampiran 1. Rangkaian sistem akuisisi data cuaca

JURNAL ELEKTRONIKA dan TELEKOMUNIKASI, NO. 1 VOL. III JUNI - JULI 2003 ISSN 1411-8289

SISTEM PEMANTAUAN DAN PENGAMANAN RUANGAN

Oleh: Syamsu Ismail), Deni Permana*)*

ABSTRACT

Monitoring and action to achieve security, for special room or at a valuable object, can be achieved by a simple integrated system. By means of a stored program control circuit we can make the system become simpler and practical. The whole system consists of sensors unit, digital data processor, situation monitor, and actuator circuit. Sensor unit consists of optical path cut, or Microwave Doppler for movement, temperature, and others sensor. Micro controller is used to process incoming data from the sensor unit. The actuator circuit is a motoric system, in the room, or at the object, due to operate by the data processor command. Personal computer or regular visual display is used to monitor the situation.

INTISARI

Pemantauan dan sekaligus Pengamanan Ruangan, atau Benda berharga, dapat dilakukan dalam suatu sistem terpadu sederhana, Jika menggunakan rangkaian pengontrol terprogram *(stored program control)* dapat membuat sistem jadi lebih sederhana. Seluruh sistem tersebut terdiri atas rangkaian unit sensor, pengolah data digital, monitor, dan unit aktuator. Unit sensor, terdiri dari sensor gerak dengan optik atau RF doppler gelombang mikro, sensor temperatur, dan sensor lain yang berkaitan dengan keamanan. Sebagai pengolah data digunakan sebuah mikrokontroler. Unit aktuator adalah sistem motorik dalam ruangan, atau pada obyek yang dipantau, bekerja berdasarkan perintah yang diterima dari pengolah data. Sedangkan unit monitoring digunakan komputer atau panel penampil biasa.

I. PENDAHULUAN

Pemantauan, dan juga pengamanan suatu ruangan atau obyek seringkali diperlukan, terutama untuk ruangan dengan fungsi khusus. Pengamanan akan dilakukan setelah terlebih dahulu dilakukan pemantauan yang kontinyu. Bila ada hal-hal diluar ketentuan terjadi, maka dilakukan suatu aksi. Aksi yang terjadi dapat merupakan peringatan dini, berupa bunyi atau tanda alarem, atau dapat juga suatu pencegahan. Aksi pencegahan dilakukan dengan mengaktifkan rangkaian motorik di dalam ruangan yang dipantau.

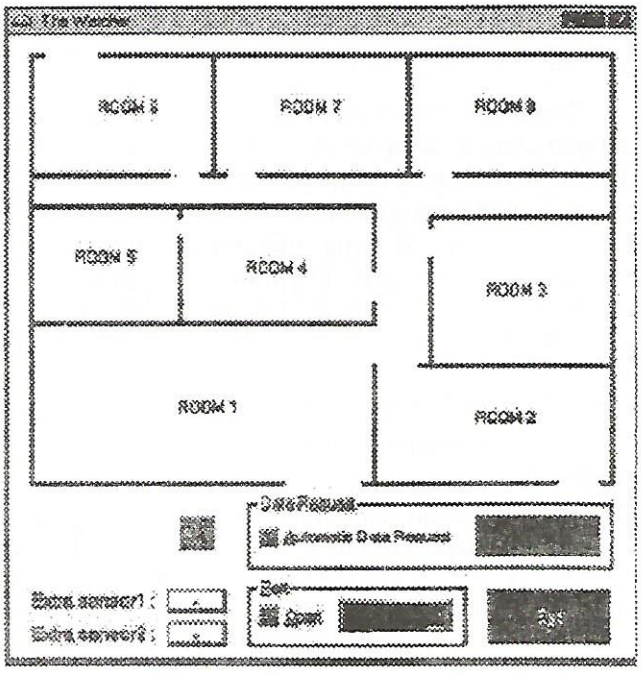
Kemajuan teknologi elektronika saat ini memungkinkan untuk menciptakan perangkat yang dapat meningkatkan kinerja manusia sehingga diperoleh hasil yang lebih praktis dan efisien. Kemajuan yang dimaksud adalah komponen terpadu dalam ukuran kecil berkemampuan tinggi, salah satunya adalah *chip microcontroller.* Aplikasi mikrokontroler begitu banyak, dari mainan anak-anak sampai peralatan ukur berkelas tinggi. Oleh karena itu, komponen ini akan mudah diperoleh di pasaran. Rangkaian pemantauan dan pengamanan ruangan ini dapat saja dibuat menggunakan komponen diskrit, dengan segala ketidak praktisannya, tetapi dalam kesempatan ini kami mengaplikasikan mikrokontroler yang digabungkan dengan sebuah Komputer Personal sebagai monitor.

Telah diuraikankan bahwa secara garis besar suatu sistem pemantau ruangan menggunakan unit sensor di daerah pemantauan, mikrokontroler berfungsi sebagai rangkaian antar muka system sensor dengan unit monitor, seperti komputer personal, dan *unit actuator.* Semua unit dalam sistem ini akan dihubungkan oleh saluran komunikasi data serial. Data, atau sinyal masukan yang diterima mikrokontroler diperoleh dan unit sensor, yaitu berupa besaran listrik yang menyatakan suatu keadaan dad setiap daerah pemantauan. Data tersebut dikirimkan, dalam bentuk kode biner. Data dad masing-masing unit pemantauan dikirimkan secara paralel ke dalam mikrokontroler, melalui pin-pin port *input/output.* Data yang didapat dari unit sensor terdiri dan beberapa bit, sehingga diperlukan pin data port lebih dari satu. Di dalam mikrokontroler data keluaran tersebut diproses menjadi data hasil olahan, atau perintah yang akan dikirimkan ke unit monitor dan aktuator. Data tersebut dalam format data serial.

Korespondensi:

*) Syamsu Ismail dan Deni Permana adalah peneliti di Puslit Elektronika dan Telekomunikasi - LIPI. Alamat: PPET-LIPI, Jl. Cisitu 21/154D Bandung 40135. Phone 022 2504661.

Salah satu besaran yang dipantau di dalam unit sensor ialah gerak benda, atau orang. Pendeteksi ini dilakukan dengan sinyal cahaya (optik), frekuensi radio, atau keduanya. Untuk pemantau optik, gerak benda hares memotong penjalaran cahaya dari sumber menuju detector. Sumber, ruangan penjalaran (path), dan detector cahaya berfungsi sebagai sistem sensor dalam ruangan. Jika suatu benda dengan ukuran tertentu bergerak memotong cahaya, maka system sensor akan menginmkan data ke mikrokontroler. Untuk pemantau dengan frekuensi radio, sistem sensor bekerja berdasarkan efek doppler. Bila sumber gelombang bergerak terhadap pengamat atau pengamat bergerak terhadap sumber gelombang, maka frekuensi yang diterima pengamat akan berbeda dengan yang dikirimkan oleh sumber, dengan kata lain frekuensi akan sama apabila pengamat dan sumber sama-sama diam atau bergerak pada kecepatan sama[4]. Dalam praktek perbedaan frekuensi ini juga dapat membangkitkan tegangan bolak-balik pada keluaran rangkaian pencampur, sedangkan pada kondisi frekuensi sama, tegangan keluaran pencampur sama dengan nol. Sensor-sensor lain, seperti pemantau suhu, kelembaban, dan sebagainya menggunakan teknik sensor biasa yang mudah diperoleh di pasaran. Yang terpenting, dalam hal ini, adalah bahwa level tegangan keluaran dari data untuk level rendah dan tinggi untuk semua sistem sensor harus dapat memenuhi syarat sebagai sinyal sinyal masukan mikrokontroler.



Gambar 1. Tampilan monitor untuk denah ruangan-ruangan yang dipantau.

Keluaran dari pemroses data digital diperuntukan untuk pengamat dan unit pengamanan. Pengamanan ruangan, atau obyek dilakukan aktuator dengan kelengkapannya. Aktuator menerima sinyal perintah dart unit pemroses data. Kelengkapan aktuator seperti halnya relay magnetik dikerjakan oleh suatu rangkaian transistor, dimana kontak relay tersebut akan digunakan untuk mengaktifkan sistem pengaman. Untuk pengamat digunakan sebuah komputer personal dengan program tampilan *Visual Basic*. Unit pengamat ini juga memperoleh sinyal dari pemroses data digital. Bentuk tampilan monitor untuk denah ruangan-ruangan yang dipantau ditunjukkan pada gambar 1.

Hubungan antar unit dilakukan dengan sistem komunikasi data serial. Oleh karena itu, maka di setiap unit harus disediakan rangkaian pengubah dari data serial ke data paralel, begitu juga sebaliknya. Dalam sistem komunikasi data serial, bit-bit data dikirimkan satu per satu[10]. Keuntungan transmisi serial adalah murah karena secara hardware hanya diperlukan satu pasang kabel parallel atau coaxial. Berdasarkan arah komunikasi, maka komunikasi dibagi menjadi[10]:

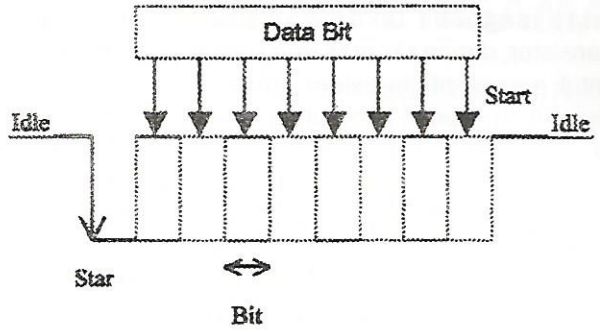
- *Simplex,* adalah sistem komunikasi hanya satu arah, yaitu dari pengirim (T) ke penerima (R). Dengan catatan bahwa R tidak bisa mengirim ke T.
- *Haff Duplex,* yaitu komunikasi dua arah, antara pengirim dan penerima, secara bergiliran. Saat T mengirim data, R hanya dapat menerima saja, demikian juga sebaliknya.
- *Full Duplex,* adalah komunikasi dua arah yang dapat bekerja bersamaan, yaku antara pengirim dan penerima dapat sating berhubungan secara serempak.

Dipandang dad teknik sinkronisasi, terdapat dua jenis teknik dalam system komunikasi data serial, yaitu[10]:

- *Asynchronous,* di dalam sistem ini pola satuan dari informasi utamanya (bit) terbagi dalam karakter-karakter. Bit-bit karakter berada di antara bit start dan stop.
- *Synchronous,* komunikasi serial yang melewatkan karakter-karakter secara *back to back* dengan memasukkan karakter *"syncho"* pada awal setiap pesan dan karakter-karakter utama *"idle"*, didalam aliran atau urutan data untuk memenuhi waktu jika informasi tidak ada yang masuk.

Sistem ini digunakan komunikasi data asinkron, dupleks yaitu dengan data serial mode *1 – Standard UART.* Apabila SM0 dan SM1 diset 01b, register SBUF menjadi 10 bit *full duplex* pengirim dan penerima yang dapat bekerja pada saat yang sama[1]. Gambar 2 memperlihatkan format dari *data word.* Data yang ditransmisikan dikirim sebagai Start bit, 8-Data bit (bit pertama adalah LSB), dan Stop bit. Interup flag TI akan

diset segera setelah 10 bit terkirim. Masing-masing interval bit adalah kebalikan dari frekuensi *baud rate,* dan masingmasing bit berlevel tinggi atau rendah di dalam interval tersebut.

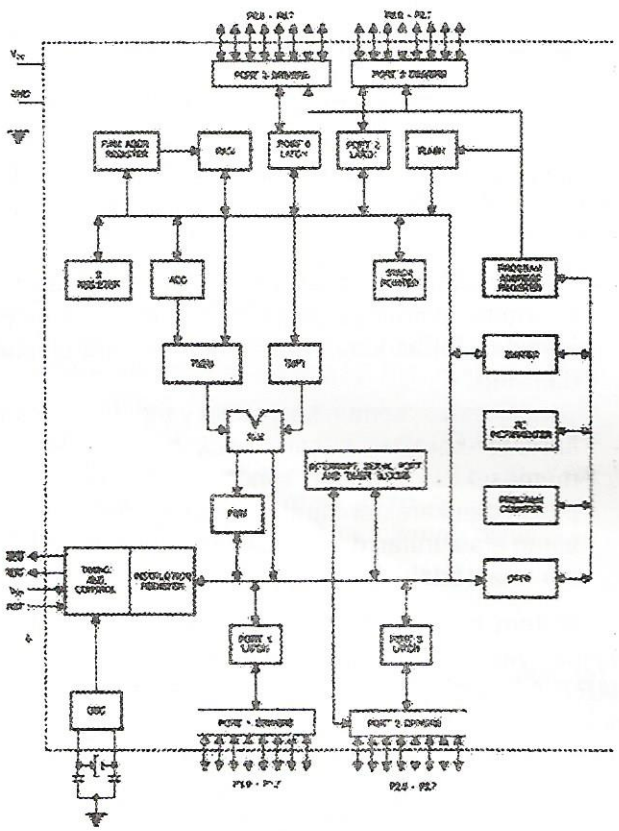


Gambar 2. Format dari word data[1].

II. ELEMEN UTAMA DALAM SISTEM

II-1 MIKROKONTROLER

Suatu keping tunggal mikroprosesor adalah merupakan unit pemroses pusat (CPU) dalam suatu mikrokomputer. Di dalam keping mikroprosesor terdin dari Unit Aritmatika dan Logika, *Internal* Bus, Unit Pengontrol, dan beberapa Register akan yang digunakan selama eksekusi suatu program. Mikroprosesor berkapasitas tinggi biasanya dilengkapi dengan *Cache Memory,* merupakan unit penyimpan kecil dan cepat yang berisi salinan sebagian isi memori utamal[e]l. Bila sebuah mikroprosesor dirangkaikan dengan unit-unit masukan dan keluaran *(Input/Output unit* atau I/O), memori (RAM dan ROM), dan unit yang dibutuhkan, maka akan dihasilkan sebuah mikrokomputer. Kenyataannya integrasi CPU dengan unit memori, unit masukan dan keluaran, dan unit lain yang dibutuhkan dapat juga dilakukan dalam *level chip.* Hasil dad Integrasi tersebut menghasilkan keping tunggal komputer mikro, atau yang disebut *Single Chip Microcomputer.* Hal itu yang memberikan perbedaan dengan sebuah mikrokomputer. Keping tunggal tersebut karena fungsinya, selanjutnya disebut mikrokontroler. Salah satu jenis keping tunggal yang paling banyak digunakan adalah dari keluarga MCS-51. Keping tunggal yang digunakan dalam alat ini adalah ATMEL 89C51 yang pada dasamya kompatibel dengan Intel 8051AH. Blok diagram AT89C51 diperlihatkan pada gambar 3.



Gambar 3. Diagram blok mikrokontroler ATMEL AT8951[3].

Dan gambar 3 tampak ada empat port yang berfungsi sebagai masukan dan keluaran. Bagian masukan dan keluaran berfungsi sebagai media komunikasi keping tunggal dengan piranti di luar sistem mikrokontroler. Sesuai dengan namanya, perangkat *Input/Output* dapat menenma maupun member data dan atau ke keping tunggal. Ada dua macam piranti I/O yang digunakan, yaitu piranti untuk hubungan serial UART *(Universal Asynchronous Receiver-Transmitter)* dan piranti untuk hubungan paralel PIO *(Parallel Input Output).* Kedua jenis I/O tersebut telah tersedia didalam keping tunggal MCS-51.

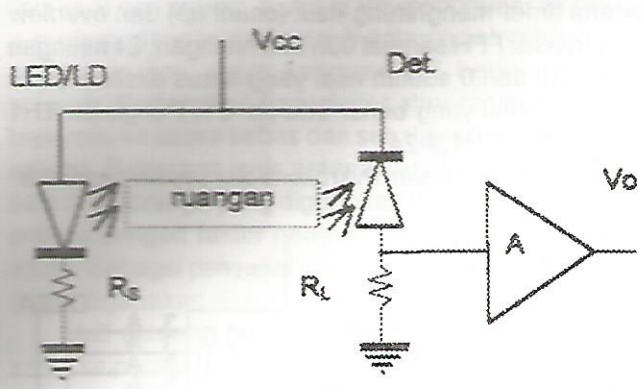
II-1 DETEKTOR GERAK

Suatu kegiatan orang, atau benda-benda lainnya dengan ukuran cukup besar, memasuki suatu ruangan dan melakukan suatu kegiatan tidak akan terlepas dari gerak[4]. Oleh karena itu, detektor gerak merupakan alat yang cukup handal untuk mendeteksi ada tidaknya sesuatu yang memasuki, atau melakukan suatu kegiatan, di dalam ruangan dengan intensitas gerak cukup besar.

Deteksi Gerak Dengan Cahaya

Pendeteksi gerak benda dengan cahaya terdiri dari sumber cahaya, medium (ruang), dan detector cahaya. Cahaya yang akan digunakan pada prinsipnya dapat cahaya apa saja. Hal itu bergantung atas kepekaan terhadap panjang gelombang dari detector. Akan tetapi agar tidak dapat dilihat langsung oleh mata, maka digunakan sinar infra merah, karena detektomya juga mudah didapat. Jadi singkatnya yang disebut sistem sensor infra merah adalah dioda sambungan PIN yang peka terhadap sinar infra merah dan LED infra merah sebagai sumber cahaya. Kedua bagian ini dilengkapi dengan komponen lain yang diperlukan, seperti tahanan

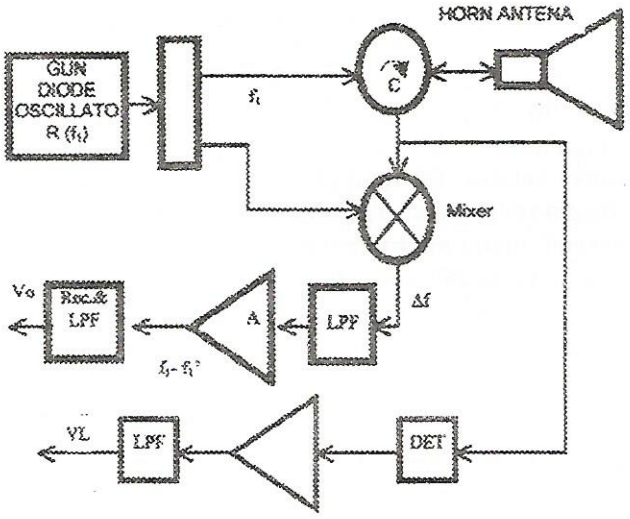
RL, rangkaian penguat, dan sebagainya. Gambar 4 menunjukkan rangkaian sensor infra merah.



Gambar 4. Rangkaian sistem sensor infra merah.

Deteksi Gerak Dengan Doppler

Alat pendeteksi gerak benda lain adalah dengan satu unit pemancar dan penerima Doppler Radar. Teori dasar dart efek Doppler adalah jika sumber gelombang sedang bergerak terhadap pengamat atau pengamat bergerak terhadap sumber gelombang, maka tinggi nada yang diterima pengamat akan berbeda dengan yang dikirimkan sumber, dengan kata lain tinggi nada akan sama apabila pengamat dan sumber sama-sama diam atau bergerak dengan kecepatan yang sama. Gambar 5 adalah diagram blok pendeteksi gerak dengan Radar Doppler.



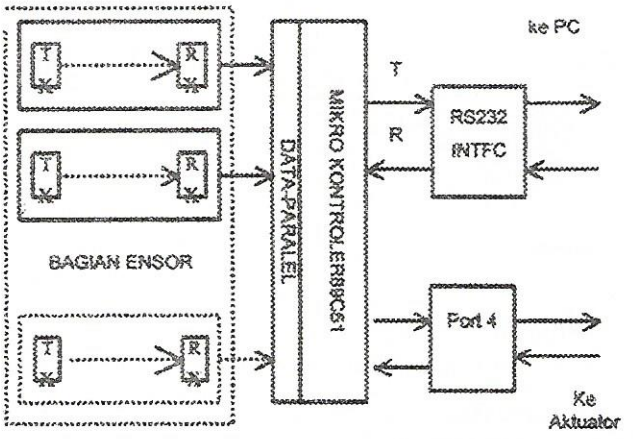
Gambar 5. Diagram blok pendeteksi gerak dengan Radar Doppler.

Gelombang mikro berdaya sebesar 10 mW dipancarkan melalui *antenna hom,* kemudian pantulan sinyal target juga diterima oleh antena yang sama. Dengan adanya *Directional Coupler C* sinyal tersebut diteruskan ke dalam mixer. Setelah melalui filter frekuensi bawah, penguatan, penyearahan dan filter tegangan searah, maka diperoleh sinyal keluaran Vo. Keluaran *mixer* adalah selisih, jumlah bahkan mungkin saja frekuensi aslinya. Di dalam aplikasi ini digunakan frekuensi selisih f. Jika tidak ada gerak yang terdeteksi, maka of sama dengan nol, sehingga Vo juga sama dengan nol. Bila terdeteksi benda bergerak, kecepatan benda tersebut menyebabkan frekuensi sinyal pantu bergeser. Sinyal ini diterima antena, dengan demikian maka akan diperoleh of tidak sama dengan nol. Perbedaan frekuensi ini membangkitkan tegangan bolak-balik pada terminal keluaran dan *mixer.* Pada kondisi frekuensi sama tegangan DC mixer sama dengan noi. Dalam keadaan ada beds frekuensi, maka didapat tegangan Vo tinggi *(high* state), tegangan ini diteruskan ke salah *input port* miknkontroler, dalam bentuk kode biner. Pendeteksi gerak dengan doppler untuk satu obyek, angkaiannya berbeda. Hal tersebut karena adanya deteksi gerak benda tesebut mendekat atau menjauh[4], pada diagram gambar 5 dapat memanfaatkan tegangan VL.

III. PERENCANAAN SISTEM

Gambar 6 adalah Blok Diagram dan Sistem Pemantauan dan Pengamanan Ruangan aplikasi AT89C51. Bagian-bagian di dalam blok diagram tersebut di antaranya adalah:

- Pemroses Data yang merupakan aplikasi Mikokontroler.
- Serial Port Interface RS 232, untuk hubungan ke komputer personal.
- Sensor Gerak yang terdiri dad sumber Tx, dan detektor Rx.
- Unit aktuator, tempatnya mungkin kolokasi atau terpisah.



Gambar 6. Blok Diagram dan sistem pemantau ruangan.

Perancangan Software AT89C51

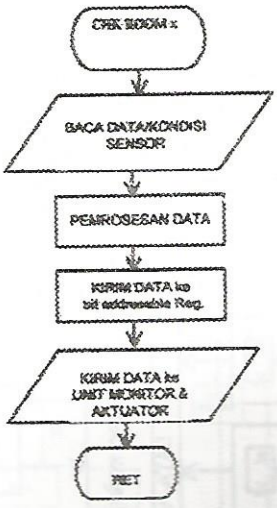
Perencanaan Software AT89C51 mengaplikasikan transfer data dari port terpakai dan pemrosesan logika untuk membuat desisi bagi data masukan. Berdasarkan dan data masukan, maka akan diputuskan keadaan tersebut hanya ditampilkan atau disertai aksi

pengamanan. Data parallel disimpan di *Addressable Register*, setelah data tersebut diproses. Data tersebut dipindahkan ke dalam SBUF register untuk ditransmisikan ke TXD untuk unit monitor. Hasil dad proses logika, dan accumulator ditransfer ke alamat 21h, dan kemudian ditransfer ke port 2 untuk unit aktuator.

Gambar 7 menunjukkan *flowchart* garis besar dari program. Sistem dibuat menggunakan metoda *polling*. Dalam metoda ini, setiap *port* yang ditetapkan dipantau secara bergantian. Metoda ini memang membuat prosesor sibuk terus menerus, tetapi *software* dan hardware relatif sederhana dan mudah. Untuk pemantauan lebih dari satu ruangan, maka program pemantauan ruangan dibuat menjadi subrutin, baru kemudian di dalam program utama tinggal *call* ke subrutin.

Secara garis besar, program terdiri dari beberapa bagian. Bagian-bagian tersebut di antaranya adalah sebagai berikut:

- Pendeklarasian konsanta yaitu untuk mempermudah penulisan program. Pernyataan disini hanya dimengerti oleh assembler.
- Inisialisasi bagian-bagian di dalam mikrokontroler yang akan dilibatkan.



Gambar 7. Garis besar *flowchart* untuk program pemantau dan pengamanan.

- Program utama, terdiri dari *software* panggil subrutin, dan pengisi *buffer* untuk komunikasi serial.

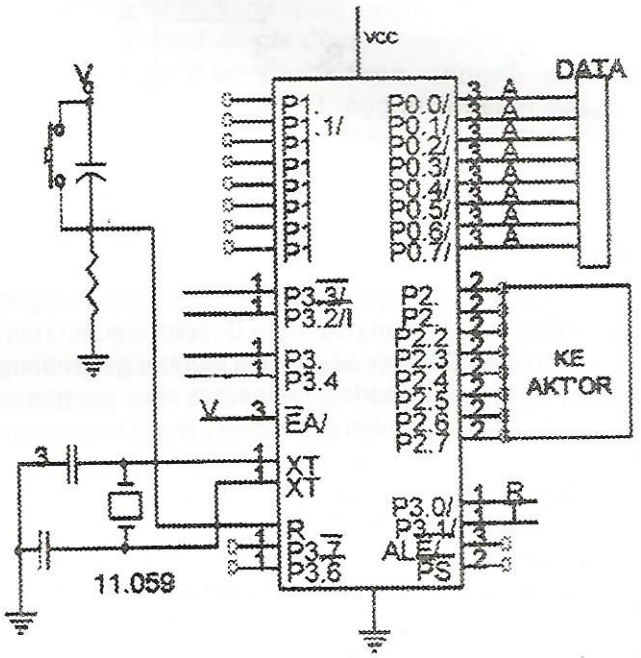
Menentukan *baud rate* (BR) untuk *port serial* AT 89C51 dengan formula[5]:

BR = TIMER OVERFLOW : 32

Maka *timer overflow* (OV) adalah

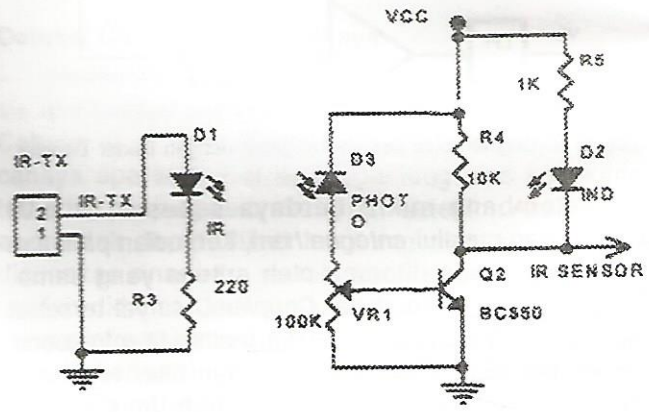
TOF = 32 x BAUD RATE = 32 x 1200 = 38,4 KHz itu berati bahwa dalam Timer harus terjadi OV dengan kecepatan 38,4 KHz dan di-*clock* setiap seperduabelas dari frekuensi osilator. Ditentukan *baud rate* sebesar 1,2 K baud per detik. Digunakan kristal 11.059 KHz, sehingga *Clock* sistem adalah 11.059 KHz : 12 = 921,583 KHz. Untuk frekuensi *clock* sebesar itu, *overflow* dibutuhkan setiap 921,583 KHz : 38,4 KHz = 23,999956 $\approx$ 24 *clock*. Karena timer menghitung naik (*count up*) dan *overflow* pada transisi FFH sampai 00h dari hitungan. 24 hitungan lebih kecil dari 0 adalah nilai yang harus diisikan pada TH1. Jadi nilai yang benar adalah -21. Pengisian TH1 dengan MOVTH1,#-24;

Diagram rangkaian mikrokontroler seperti gambar 8.



Gambar 8. Diagram mikrokontroler.

Sistem sensor infra merah, gambar 9, untuk mendeteksi benda lewat dan memotong penjalaran cahaya menuju detektor. Prinsip kerjanya dimulai dari sumber cahaya LED memancarkan cahaya infra merah kemudian diterima oleh penerima infra merah. Bila benda melewati ruang antara pemancar dan penerima maka cahaya tersebut akan terhalang untuk sampai di penerima. Akibatnya arus basis Q2 mengecil dan tegangan kolektor berlogika '1'.



Gambar 9. Diagram TX dan RX Infra Merah.

Sistem sensor RF-gelombang mikro, pada pita frekuensi X menghasilkan suatu sistem dengan ukuran fisis kecil dan praktis. Sumber RF menggunakan osilator *gun plexer* dengan resonator bumbung gelombang, atau *microstrip line*, daya keluaran RF beberapa puluh miliwatt. Sedangkan transducer atau radiator dari unit transmisi ke udara bebas dan sebaliknya menggunakan antena. Beberapa jenis antena dapat digunakan, salah satu di antaranya yang digunakan disini yaitu jenis *Horn* antena dengan faktor penguatan antara 12 dB sampai 15 dB. Sebagai penyekat antara pemancar dan penerima maka digunakan directional coupler[4].

Unit aktuator terdiri dari rangkaian pengubah dari serial ke paralel, relay driver, relay magnetik, rangkaian untuk menjawab perintah, rangkaian sirene untuk peringatan, dan unit mekanisme pengaman seperti motor penggerak, selenoid, dan sebagianya.

IV. PENGUJIAN SISTEM

Pengukuran dilakukan pada bagian yang perlu diketahui karakteristiknya, seperti sistem sensor yang mengirim data '1' atau '0', blok mikrokontroler untuk bentuk tegangan pada pin IC AT89C51, RXD dan TXD dari blok konverter RS232. Dalam pengukuran digunakan *digital multimeter, digitizing oscilloscope, 820 nm Optical Power Meter, Logic Analyser*, dan komputer personal sebagai penampil citra. Sistem sensor yang diukur hanya pada sensor optik. Hasil pengukuran sistem sensor optik ditunjukkan pada tabel 1 dan 2.

Tabel 1. Daya keluaran optik LED.

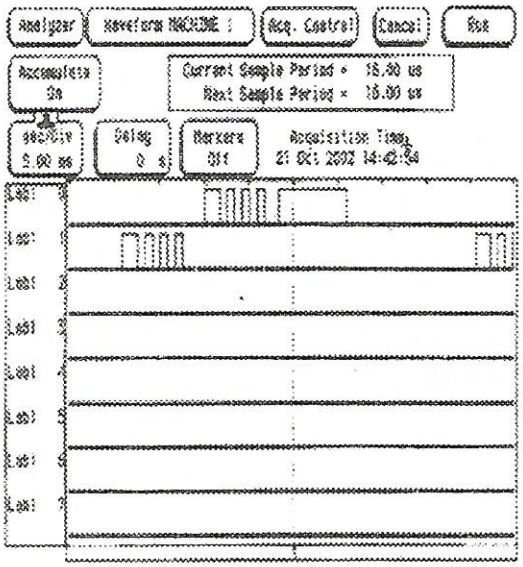
No Sensor	VD (Volt)	ID (mA)	Po (dBm)	Po (mW)
1	1,18	5,36	-1,49	0,709
2	1,19	5,40	-1,35	0,733
3	1,19	5,40	-1,42	0,721
4	1,19	5,40	-1,39	0,726

Tabel 2. Pengukuran detektor optik.

No Sensor	Jarak LED-PD (mm)	VDET (mV) tertutup	VDET (mV) terbuka
1	800	0,64	13
2	800	0,65	14
3	800	0,65	16
4	800	0,64	40

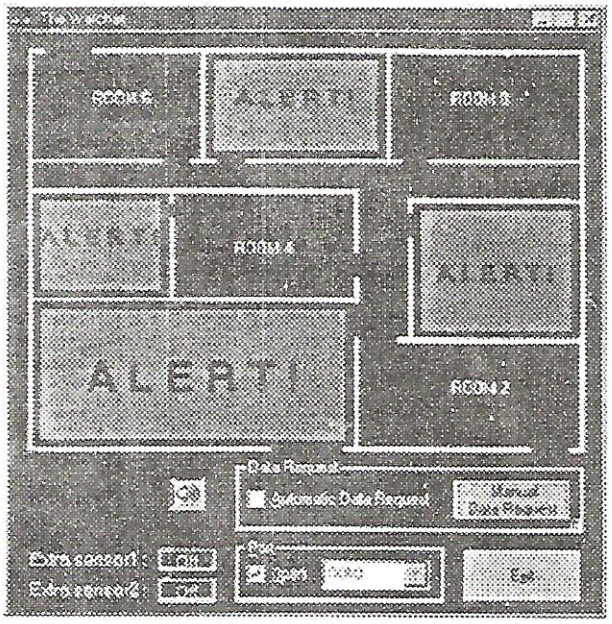
Pengukuran detektor menunjukkan bahwa tegangan level rendah, dioda detektor tertutup, sebesar antara 0,60 sampai 0,95V memenuhi syarat untuk level rendah AT89C51, dan tegangan level tinggi, detektor terbuka, sebesar 4,96 Volt juga memenuhi syarat untuk level tinggi.

Data serial, diukur dengan *parallel probe logic analyzer*, pada pin 13 dan 14 IC RS232. Pin 13 adalah RXD merupakan data masukan dari PC. Pin 14 adalah TXD yaitu data untuk PC. Gambar 10 adalah hasil pengukuran TXD dan RXD.



Gambar 10. Data serial TXD dan RXD.

Uji fungsi hampir sama dengan ketika melakukan pengukuran data keluaran, yaitu dengan membuat simulasi pada sensor. Pada gambar 11 ditunjukkan contoh tampilan saat ada gangguan di ruangan.



Gambar 11. Contoh tampilan saat ada gangguan di ruangan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Aplikasi AT89C51 untuk pemantau dan pengaman ruangan lebih praktis dan murah. Masih ada kelemahan pada sensor optik, yaitu penghalangan jalur cahaya dapat tertipu karena jika ada penutup cahaya, dan *jamming*. Sistem sensor dengan Efek Doppler (*RF Rada Doppler*) dapat mengatasi kelemahan optik. Penggunaan suatu *signature* dalam sistem *RF Radar* dan *optik* dapat digunakan untuk mengatasi masalah jamming.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Bapak Dr. Ir. Hendro Tjahjono dan Bapak Mardiono, ST. sebagai dosen Universitas Jayabaya Jakarta, dan Bapak Ely Gozali, ST. sebagai staf peneliti dari PPI-LIPI, yang banyak memberikan saran dan bantuan pada penelitian aplikasi mikrokontroler untuk pembantu ruangan.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Ayala Kenneth J, 1991, *Computer Architecture, Programming and Application*, London: Wesern University.

[2] Ayala Kenneth J, 1997, *The 8051 Microcontroller Architecture, Programming and Application*, New York: West Publishing.

[3] Atmel, Data Sheet Component.

[4] Ismail Syamsu, Aplikasi Radar Doppler Untuk Pemantauan dan Pengamanan, Buletin IPT Des 1999/Jan 2000 No. 5 Vol V.

[5] Mac Kenzie J Scott, 1995, *The 8051 Microcontroller*, Englewood Cliffs: Prentice Hall.

[6] Malvino Albert Paul, Ph.D, 1991, Prinsip-Prinsip Elektronika, Edisi ke-2, Erlangga, Jakarta.

[7] Malvino Albert Paul, Ph.D, 1995 Elektronika Komputer Digital Pengantar Mikrokontroler, Edisi ke dua, Erlangga, Jakarta.

[8] Nugraha Arie, tak bertahun, Arsitektur Komputer, Diktat Kuliah M-3, FTI Universitas Jayabaya: Jakarta.

[9] RS232, Integrated Circuit Data Sheet Maxim.

[10] Trevor Housley, 1987, *Data Communications & Teleprocessing Systems*, Englewood Cliffs N.J. Prentice-Hall. Inc.

JURNAL ELEKTRONIKA dan TELEKOMUNIKASI, NO. 1 VOL. III JUNI - JULI 2003 ISSN 1411-8289

PERANCANGAN OSILATOR BAND-C MENGGUNAKAN DRO

Oleh: Pamungkas Daud), Yuyu Wahyu*)*

1. ABSTRACT

Communication system which used digital modulation need a signal output with low phase noise condition to avoid error signal or error code in further processing which ended at receiver block. The issued here is about dielectric oscillator for high frequency appilications which can be used for uplink satelite comunications system or else. Resonator dielectric component has a high quality factor (Q) and low phase noise (L), which can satisfy the requirement of digital modulation system.

2. INTISARI

Penggunaan sinyal RF untuk modulasi digital, memerlukan persyaratan keluaran osilator yang memiliki phase noise yang rendah. Dalam tulisan ini dibahas perancangan rangkaian osilator frekuensi tinggi pada *band - c* dengan menggunakan resonator dielektrik untuk pemakaian pada sistem *uplink satelit* atau sistem lainnya. Osilator yang digunakan pada daerah frekuensi kerja seperti di atas dapat direalisasikan antara lain dengan menggunakan resonator dielektrik (DR/*dielectric resonator*), dimana komponen resonator dielektrik (DR) memiliki faktor kualitas (Q) yang tinggi dan gangguan phasa yang kecil.

2. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi telekomunikasi pada daerah gelombang mikro (*microwave*) yaitu pada daerah frekuensi antara 1 GHz s/d 106 GHz membawa efek dalam memicu penguasaan teknologi rancang bangun (rekayasa) komponen-komponen gelombang mikro (*microwave devices*), salah satu komponen tersebut adalah *microwave Oscillator*. Osilator microwave yang dirancang disini akan direalisasikan dengan menggunakan komponen resonator dielektrik (DR) yang mempunyai faktor kualitas (Q) yang tinggi dan *phase noise* rendah, sedangkan untuk jalur-jalur transmisinya (*transmission lines*) digunakan mikrostip, sehingga secara keseluruhan struktur rangkaian osilator yang dibuat terdiri dari mikrostrip-line + Dielektrik Resonator + Transistor sebagai komponen aktif dari osilator frekuensi tinggi yang dirancang. Perancangan dilakukan dengan terlebih dahulu memilih dan menentukan jenis transistor yang akan digunakan, dimana transistor yang dipilih harus mempunyai range frekuensi kerja yang cukup lebar (*orde gigahertz*) dan *noise figure* rendah atau kecil. Pada tulisan disini pembahasan ditekankan pada tahap proses perancangan dan tahap hasil rancangan dalam bentuk simulasi, sementara tahapan implementasi rangkaian dan tahapan hasil pengukuran akan dilaporkan pada tulisan berikutnya.

Korespondensi:

*) Pamungkas Daud dan Yuyu Wahyu adalah Staf Peneliti Puslit Elektronika dan Telekomunikasi - LIPI. Jl. Cisitu 21/154D Bandung 40135.

4. PERANCANGAN

Merancang osilator *microwave* dengan menggunakan DRO (*dielectric resonant oscillator*) ini, melalui beberapa tahapan/urutan atau langkah-langkah pengerjaan yang dilakukan. Adapun langkah-langkah tersebut secara adalah sebagai berikut:

a. Menentukan Frekuensi resonan dari bahan dielektrik resonator (DR), dimana hal ini bisa dilakukan dengan dua cara:
   Mengatur besaran-besaran fisik dan nilai *permitivitas* bahan (ε_r) dari dielektrik resonator yang tercantum pada spesifikasi data bahan, kemudian dimasukkan ke dalam rumus dan dilakukan perhitungan.
   Melakukan pengukuran Langsung dengan menggunakan alat *Network Analyzer*.

b. Setelah frekuensi osilasi ditentukan, kemudian menentukan besaran parameter-s yang bersesuaian dengan frekuensi osilasi yang akan dirancang, dengan menggunakan *data book* dari transistor yang digunakan dan membuat rangkaian bias dari transistor tersebut dengan menggunakan bantuan *software "microharmonica"* untuk

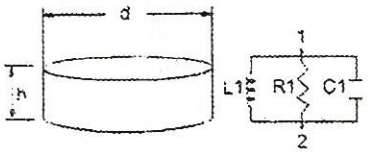
"microwave device design", kemudian dengan menggunakan nilai parameter-s tersebut dilakukan perhitungan perancangan.

Spesifikasi osilator Frekuensi Tinggi yang akan dibuat

Frekuensi Osilasi : 6.1025 GHz
Daya Keluaran : -10 dBmW
Phase Noise : -130 dBc/Hz - 55 dbc/Hz
Faktor Kualitas : > 100

Menentukan frekuensi kerja dari dielektrik resonator

Model dari Dielektrik Resonator yang akan digunakan adalah sebagai berikut:



Gambar 3.1 Model Dielektrik

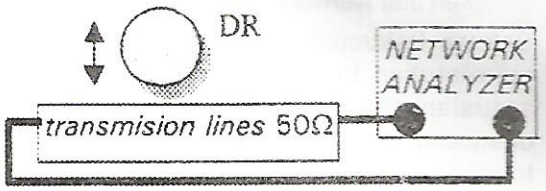
dimana:
h = tebal dari dielektrik Resonator [mm]
d = panjang diameter dari dielektrik Resonator [mm]

Dielektrik Resonator yang digunakan mempunyai besaran-besaran fisik ..... h = 025 mm. d = 9,37 mm dan ε_r = 37.

Dengan menggunakan rumus:

$$f_{[GHz]} = 34/h_{[mm]} \cdot \sqrt{\varepsilon_r} \cdot [h/d + 3.45] \text{ a.L dalam mm}$$

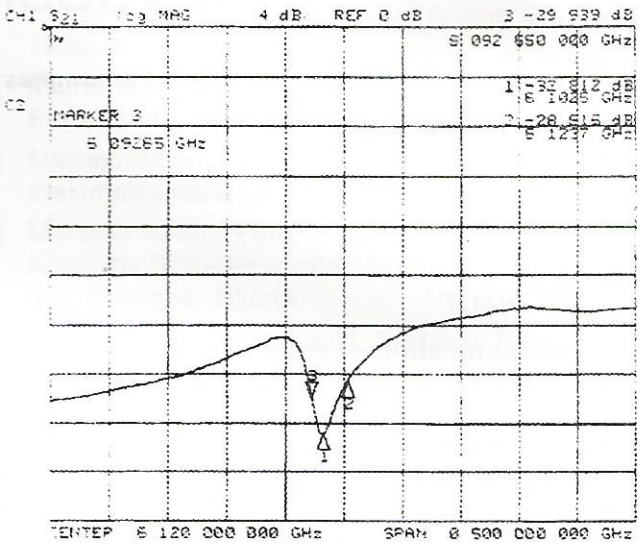
dan memasukkan data-data tebal Dielektrik Resonator/Dr (h[mm]). Panjang diameter Dielektrik Resonator/Dr (d[mm]) dan harga konstanta dielektrik dari bahan Dielektrik Resonator/DR (ε_r), maka frekuensi kerja dari Dielektrik Resonator tersebut dapat ditentukan. Cara lainnya adalah dengan melakukan pengukuran langsung menggunakan *Network Analyser*, dimana sebelumnya terlebih dahulu dibuatkan saluran transmisi sebesar 50 ohm (*microstrip transmission lines*) lalu DRO didekatkan pada saluran tersebut dan diatur posisinya sedemikian rupa sehingga dihasilkan suatu respon frekuensi berupa frekuensi resonansi yang sesuai dengan karakteristik resonansi dari bahan/campuran material (bahan) penyusun komponen Dielektrik Resonant/DR tersebut.



Gambar 3.2 Metode Pengukuran Frekuensi Resonansi Dielektrik Resonantor/DR.

Hasil Pengukuran Frekuensi Resonansi Dielektrik Resonator dengan menggunakan metode gambar 3.2:

- Beresonansi pada frekuensi 6.1025 GHz
- BW_{-3dB} = 11 MHz . Q = 196.53



Gambar 3.3 Hasil Pengukuran Respon Frekuensi Resonator Dielektrik (DR).

Menentukan Parameter - S pada frekuensi osilasi 6.1025 GHz

Komponen Aktif yang digunakan adalah Transistor Bipolar BFG480W NPN Widband. dengan data Parameter-s didapatkan dari Data Book hasil *Down Load Internet* (Tabel-1/terlampir). Setelah dilakukan "biasing" rangkaian dan simulasi (Tabel-2/listing program terlampir), didapatkan harga-harga parameter-s untuk frekuensi = 6.1025 GHz sebagai berikut:

Data Parameter-s BFG480W NPN Wideband transistor pada I_c = 50mA. V_{CE} = 2V. V_{CC} = 20V

$S_{11} = 0.848 \angle 111.1°$, $S_{21} = 0.536 \angle 175.1°$.

$S_{12} = 0.158 \angle 60.4°$, $S_{22} = 0.644 \angle 130°$.

Menentukan Struktur Rangkaian Osilator Frekuensi Tinggi dan menghitung nilai komponen-komponen penyusunnya.

Dengan menggunakan rumus-rumus berikut di bawah ini:

$\Delta = S_{11}.S_{22} - S_{12}.S_{21}$
$= 0{,}5503 \angle 241{,}1° - 0{,}0846 \angle 235{,}5°$
$= -0{,}2659 - 0{,}4818\,j - (-0\text{m}0479 - 0{,}0697\,j)$
$= -0{,}2179 - 0{,}4120\,j$
$= -0{,}4661 \angle 62{,}12°$

$$K = \frac{1+|\Delta|^2-|S_{11}|^2-|S_{22}|^2}{2|S_{12}S_{21}|}$$

$$= \frac{1+0{,}2172\angle 124{,}2464^\circ - 0{,}7191\angle 222{,}2^\circ - 0{,}4212\angle 260^\circ}{2\,|0{,}0846\angle 235{,}5^\circ|}$$

$$= \frac{1+0{,}2172\angle 124{,}24^\circ - |0{,}7190\angle 222{,}20^\circ| - |0{,}4210\angle 260^\circ|}{0{,}1693\angle 235{,}50^\circ}$$

$$= \frac{1+(0{,}1220+0{,}1793\,j)-(-0{,}5326-0{,}4829)-(-0{,}07314-0{,}4148\,j)}{0{,}1693\angle 235{,}50^\circ}$$

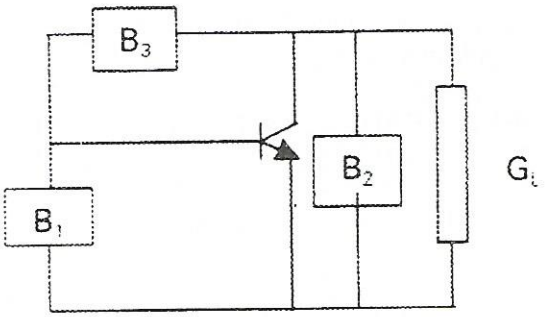
$$= \frac{1{,}4836+1{,}0771\,j}{0{,}1693\angle 235{,}50^\circ} = \frac{1{,}8333\angle 35{,}9786^\circ}{0{,}1693\angle 235{,}50^\circ}$$

$$= 10{,}8244\angle -199{,}5214^\circ$$

$$K = \frac{1+|0{,}4661|^2-|0{,}848|^2-|0{,}649|^2}{2|0{,}536.0{,}158|} = \frac{10{,}0769}{2|0{,}536\,.\,0.158|}$$

$$= 0{,}45428 \; < \Rightarrow \text{osilasi}$$

Struktur Rangkaian Osilator:



Gambar 3.4 Struktur Rangkaian.

Dengan memasukkan harga-harga parameter-s yang telah didapatkan sebelumnya:

$S_{11} = 0.848 \angle 111.1^\circ$, $S_{21} = 0.536 \angle 175.1^\circ$.

$S_{12} = 0.158 \angle 60.4^\circ$, $S_{22} = 0.644 \angle 130^\circ$.

Setelah memasukkan nilai-nilai parameter-s tersebut persamaan (2.26), maka nilai besaran-besaran B_1, B_2, B_3 dan G_L bisa ditentukan sebagai berikut:

Nilai-nilai parameter - Y yang didapatkan adalah sebagai berikut:

$Y_{11} = 0.2195 - j\,1.2472$ $\quad Y_{12} = 0.3242 + j\,0.1560$

$Y_{22} = -0.0214 + j\,0.1560$ $\quad Y_{22} = 0.9046 - j\,1.4560$

Dan besaran-besaran lainnya didapatkan sebagai berikut:

$A = 0.1910 + j\,0.5882$

$C_1 = -0.0658$ $\quad C_3 = -1.0101$

$C_2 = 1.4080$ $\quad C_4 = 0.96575$

$G_L = 0.8046$ $\quad B_2 = 1.967$

$B_1 = 1.4984$ $\quad B_3 = -0.1118$

sehingga:

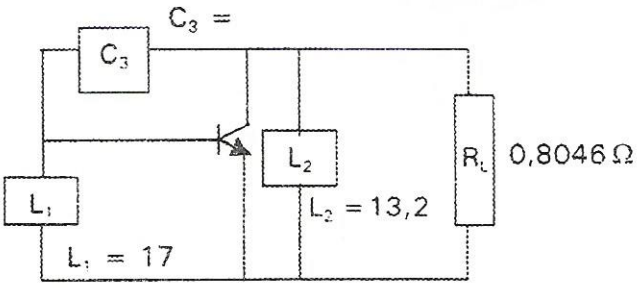
$L_1 = 0.017\,10^{-9} = 17$ pH $\quad L_2 = 0{,}0132.10^{-9} = 13.2$ pH

$C_3 = 2.907$ pF

$\text{Gain} = |S_{21}|^2 = 0{,}287296 = -5{,}416$ dB

$$G_{osc} = \frac{G-1}{\ln G} = \frac{0{,}287296-1}{\ln 0{,}287296} = 0{,}571423881 = -2{,}43\text{dB}$$

Sehingga struktur rangkaian menjadi:

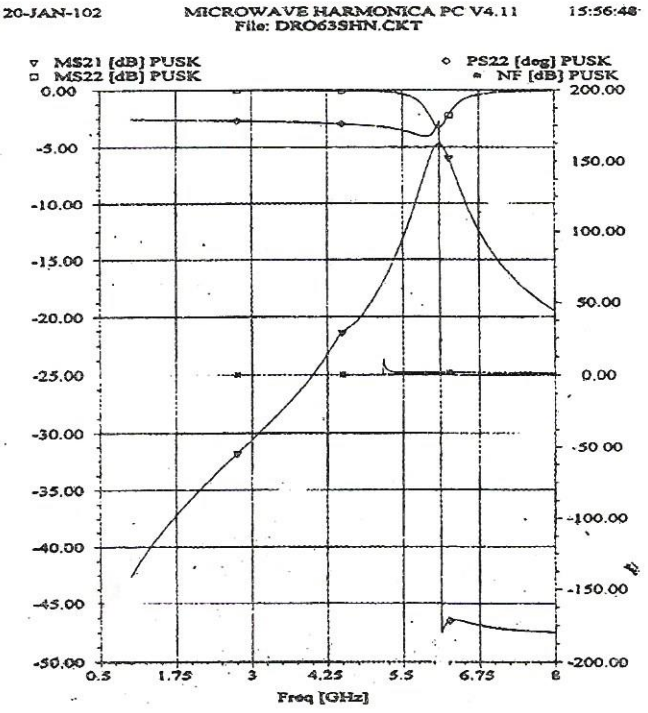


Gambar 3.5 Struktur Rangkaian Osilator dengan nilai *lumped element*-nya.

5. HASIL PERANCANGAN

– Bentuk simulasi

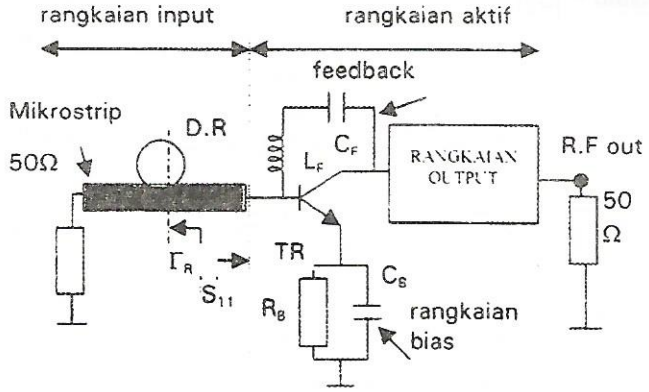
Respon frekuensi osilator dielektrik hasil simulasi diperlihatkan oleh kurva pada gambar berikut ini.



Gambar 3.6 Respon Frekuensi Osilator Dielektrik hasil Simulasi.

- **Bentuk Blok Rangkaian**

Hasil perancangan rangkaian secara blok rangkaian dapat digambarkan seperti pada gambar 3.7. dimana hasil perancangan rangkaian tersebut terdiri dari 2 blok rangkaian, yaitu blok rangkaian input dan blok rangkaian aktif.



Gambar 3.7 Blok Rangkaian Osilator DRO yang dibuat.

6. KESIMPULAN

- Frekuensi osilasi dari *Dielectric Resonant Oscillator* yang terukur di sekitar 6.1025 GHz.
- BW_{-3dB} = 310 MHz dan faktor qualitas Q = 196.5.
- Hasil simulasi rangkaian menunjukkan bahwa frekuensi osilasi yang terjadi sesuai dengan perencanaan yaitu f = 6.1 GHz (*Band-C*)
- Substrat yang akan digunakan untuk rangkaian osilator frekuensi tinggi ini terbuatdari *teflon* dengan nilai permitivitas ε_r = 2.25. tebal h = 0,06 mm serta direncanakan akan dikemas dalam kotak logam *Allumminium*, untuk menghindari efek medan dari sumber-sumber external yang tidak diinginkan.

7. DAFTAR PUSTAKA

- *"A Designer's Guide To Microwave Dielectric Ceramics."* TRANSTECH 1998.
- D.Kayfez and P. Gillon. *"Dielectric Resonator"*. VECTOR FIELDS. Oxford. Mississippi.
- T.C Edward. *"Fundamental for Microstrips Design"*. John Wiley Sons. New York 1987.
- *"Microwave amplifiers and oscillators"*. Christian gentili.
- *"Design of amplifiers and oscillators by the S-parameter method"*. George D. Vendelin. 1981.
- *"Perancangan dan Realisasi Osilator Band-C Menggunakan Resonator Dielektrik"*. Pamungkas Daud. Thesis Magister ITB. 2002.
- *"Microwave Harmonica"* untuk simulasi dan perancangan dari desain microwave device.
- *"Microwave Journal"* October 2001 Vol.44. No.10 Design of a low phase noise ku-band oscillator using a sige HBT.
- IEEE TRANSACTIONS ON MICROWAVE THEORY AND TECHNIQUES, VOL. MTT-31. NO. 4. APRIL 183 *"Large Signal Design of GaAs FET Oscillators Using Input Dielectric Resonators."*

PENGIRIM PENGENDALIAN STEPPER MOTOR JARAK JAUH

Oleh: Yaya Sulaeman, Arief Suryadi)*

ABSTRACT

Circuit has been designed to encode and transmit 49 MHz carriers for Controlled Stepper Motor of to six independent analog functions. Amplitude Shift Keying system is a complete six channal digital proportional encoder and RF transmitter intended as a low power, non voice, unlicensed communication device with a field strength of 10,000 µV/meter. Channal add logic is provided to control the number of encoded channels from three to six, allowing keypad circuit.

INTISARI

Rangkaian dirancang untuk dapat mengeluarkan pengkodean dan sinyal pembawa 49 MHz menggunakan prinsip pensinyalan ASK, yang diaplikasikan untuk mengontrol gerakan Motor Stepper.

Pengontrol jarak jauh merupakan sarana yang efektif untuk melakukan pengendalian suatu system. Alat ini dapat membantu dalam melakukan suatu pekerjaan yang memerlukan waktu lama. Dalam system kontrol ini, menggunakan teknik modulasi *Amplitudo Shift Keying* yang bekerja pada frekuensi 49 MHz dan daya dibawah –30dBm, dengan udara sebagai media transmisi untuk menyampaikan data. Komponen dan Layout sangat menentukan hasil rancangan sehingga sesuai dengan spesifikasi. Pengukuran menghasilkan empat jenis data yang diterima dan dimengerti oleh bagian *Receiver*. Selanjutnya data ini akan diproses kembali untuk digunakan sebagai penggerak *Motor Stepper*.

PENDAHULUAN

Semakin meningkatnya teknologi maka untuk berkomunikasi atau mengatur pekerjaan dengan jarak jauh pun sekarang bukan lagi lagi suatu masalah, bahkan komunikasi yang dikirim bukan hanya satu jenis informasi bahkan data dapat dikirimkan melalui fasilitas komunikasi.

Sistem pengontrol ini pada intinya terdiri dari dua bagian, yaitu bagian pengontrol dan pada sisi pengirim dan bagian yang dikontrol pada sisi penerima. Disini hanya akan merealisasikan bagian pengontrol pada sisi pengirim. Motor Stepper ini dapat diaplikasikan untuk bermacam-macam meringankan pekerjaan, seperti pada kamera, gerakan bor, menggerakan pintu, dan pekerjaan industri.

Rangkaian dirancang menggunakan system ASK karena lebih tahan terhadap noise atau gangguan sinyal lain saat transmisi di udara. Encoder menghasilkan empat buah sinyal yang nantinya akan mengatur gerakan Motor Stepper untuk empat arah dan frekuensi 49 MHz.

SPESIFIKASI ALAT DAN BLOK DIAGRAM

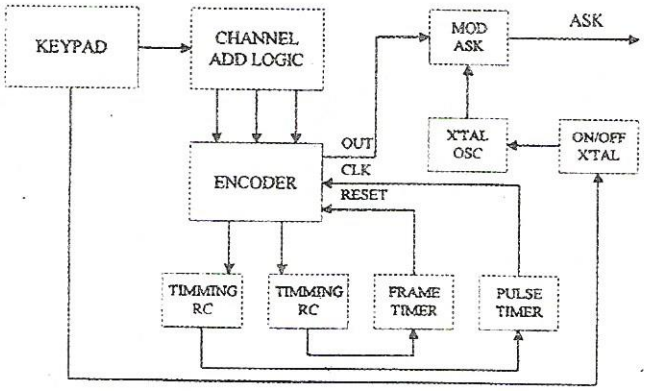
Spesifikasi dari Pengirim Pengendalian Stepper Motor Jarak Jauh adalah sebagai berikut:

- *Supply voltage* 5 Volt
- *Supply current* 58,6 mA
- *Frame Timer* 8 ~ 10,5 ms
- *Mod Time* 0,4 ~ 0,6 ms
- *Channel Time* 0,4 ~ 0,6 ms
- *Package Dissipation* 1600 mW
- *RF Output Level* 400 mV_{RMS}
- *Frequency* 49,860 MHz
- *Sync Time, T_X Channels* 1-6 3,5 ms
- *Sync Time, T_X Channels* 1-5 4,5 ms
- *Sync Time, T_X Channels* 1-4 5,5 ms
- *Sync Time, T_X Channels* 1-3 6,5 ms
- *Encoder Output Swing* 3,6 Vp-p
- *Pulse Timer Input Resistance* 27 M Ω

Blok Diagram Pengirim Pengendalian Stepper Motor Jarak Jauh:

Korespondensi:

*) Yaya Sulaeman dan Arief Suryadi S. adalah Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi - LIPI. Jl. Cisitu 21D/154 Komp. Sangkuriang Bandung 40135.



Gambar 1. Blok diagram pengendali *stepper motor.*

KEYPAD

Keypad terdiri dari gabungan beberapa gerbang logika yang bekerja aktif low dengan tujuan untuk memberikan masukkan pads Pengirim ASK. Gerbang logika yang digunakan pads alai terdiri dari

1. Gerbang AND tiga input
2. Gerbang AND dua input
3. Gerbang OR dua input

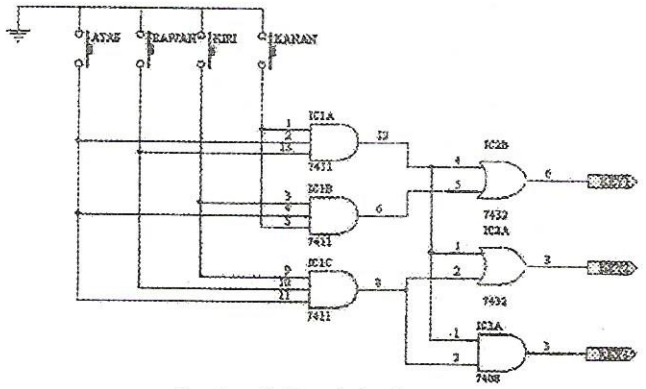
Karena pada Pengirim ASK memerlukan suatu data yang dapat mengatur kerja Channel Add Logic. Dengan adanya rangkaian Keypad keluaran RF yang terdiri dari empat sinyal dapat diatur.

Tahap pertama rangkaian ini terdiri dari rangkaian gerbang logika dasar AND tiga input, dimana jika salah sate input berlogik "0" keluarannya adalah "0". Sebaliknya jika semua input berlogik "1" akan menghasilkan keluaran "1" pula.

Untuk tahap kedua rangkaian ini, input diambil dari output rangkaian tahap pertama. Tahap kedua ini terdiri dari gerbang AND dua input dan gerbang OR dua input.

Pada output gerbang AND dua input akan berlogik "1" apabila input berlogik "1", sebaliknya jika salah satu input berlogik "0" keluarannya akan berlogik "0" pula. Untuk output gerbang OR akan berlogik "1" jika salah sam input berlogik "1", sebaliknya jika semua input berlogik "0" maka akan menghasilkan output yang berlogik "0" pula.

Gambar rangkaian Keypad adalah sebagai berikut:



Gambar 2. Rangkaian keypad.

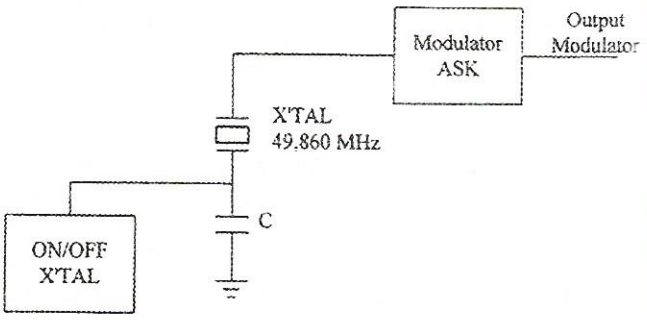
Data hasil keluaran dari gerbang OR dipergunakan untuk memberi bias pada transistor NPN, yang diperlukan untuk menggerakan Relay pada pengirim yang dapat mematikan dan menghidupkan kerja Osilator. Sedangkan keluaran data yang dihasilkan oleh gerbang AND dua input dipakai untuk Frame Timer Pengirim.

Tabel data input dan output Keypad

INPUT	OUTPUT		
Kondisi switch	A	B	C
Ion	0	0	0
2 on	1	0	0
3on	0	1	1
4 on	1	1	0
Semua off	0	0	1

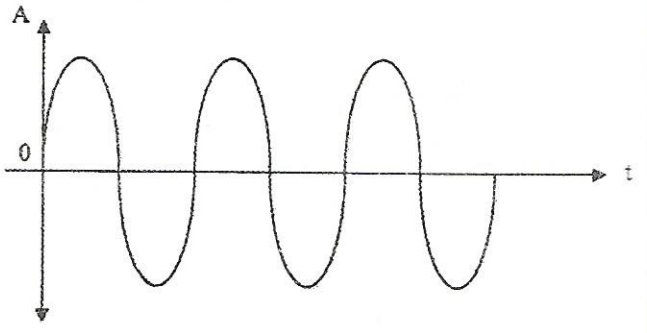
OSILATOR

Osilator yang digunakan memakai komponen kristal karena mempunyai nilai kestabilan yang tinggi. Konfigurasi osilasinya bekerja pada kelas C dengan konduksi sudut 140 sampai 160 derajat. Gambar rangkaian Osilator dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 3. Blok rangkaian osilator.

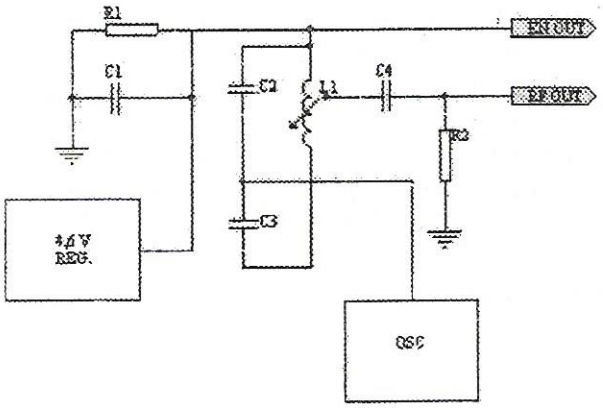
Bentuk keluaran osilator kristal ini dapat dilihat pada output modulator saat tjdak dimodulasi. Bentuk sinyal osilator kristal ini diperlihatkan pada gambar di bawah ini:



MODULATOR ASK

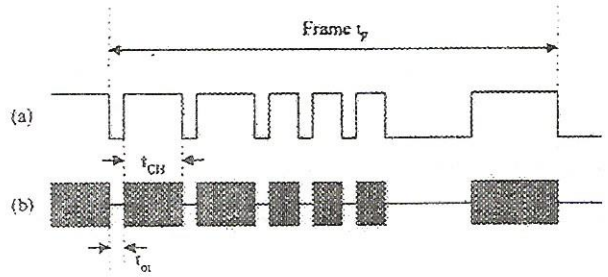
Modulator ASK yang digunakan dua buah komponen transistor, transistor pertama dipakai pada Osilator sedang transistor kedua berfungsi untuk memodulasi sinyal pembawa dengan cara menghidupkan dan mematikan kerja dari Osilator.

Rangkaian Modulator ASK ini menggunakan trafo modulator untuk mengkopel keluarannya. Pada lilitan sekundernya dipasang kapasitor sehingga membentuk sebuah tangki resonator yang frekuensi resonansinya adalah pada 49,860 MHz. Rangkaian resonator ini juga berguna untuk meredam harmonisa-harmonisa yang timbul.



Gambar 4. Blok diagram modulator ASK.

Bentuk keluaran modulator ASK saat dimodulasi oleh encoder out diperlihatkan pada gambar berikut:



Keterangan:

(a) Sinyal keluaran encoder
(b) Sinyal keluaran modulator saat dimodulasi oleh encoder

Kerja modulator ditentukan oleh persamaan di bawah ini:

$$t_{ms} = \frac{(\Delta V_{12})(C_M)}{I_{12}} = \frac{(3{,}8V)(0{,}01\mu F)}{500\mu A} = 76\mu S$$

Dimana

ΔV_{12} = Vpp pada pin 12 = 3,8 V
I_{12} = arus pada pin 12 = 500 µA
C_M = kapasitansi pada pin 12 = 0,01 µF

FRAME TIMER

Frame Timer terdiri dari rangkaian komparator dan transistor NPN yang bekerja sebagai switch, dimana akan tidak bekerja apabila pada C_F (timing capasitor) terjadi pengosongan. Komparator akan dapat bekerja apabila terjadi pengisian kembali pada komponen kapasitor C_F, karena transistor NPN akan kembali bekerja.

Rangkaian transistor Frame Timer akan bekerja selama ada modulasi pulsa (tm), hal ini menyatakan bahwa kapasitor C_F dalam keadaan pengisian yang penuh. Frame (tf), modulasi (tm) dan pengkanalan waktu (tch) ditentukan oleh persamaan:

$$tf = -\ln\frac{1{,}534}{4{,}6}(R_F R_F) + tm^{3-2}$$
$$= 1{,}1\, R_F R_F + tm$$
$$tm \text{ atau } tch = -\ln\frac{1{,}534}{3{,}06}(R_M \text{ atau } R_{CH})\, C_T^{3-3}$$
$$= 0{,}69\,(R_M \text{ atau } R_{CH})\, C_r$$

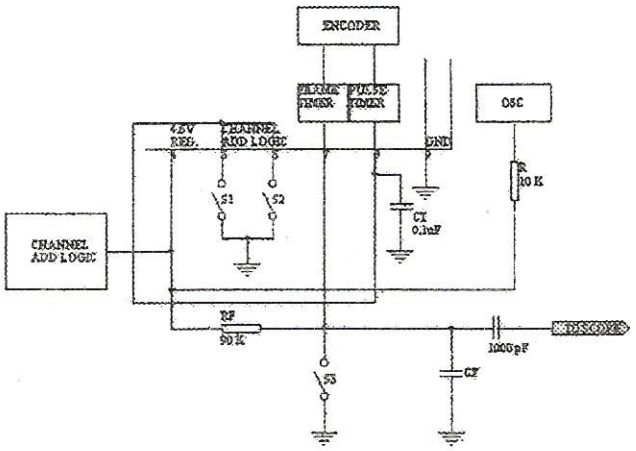
Jika harga komponen:

R_F = 7,5 KΩ
C_F = 100nF
R_M = R_{CH} = 180 KΩ
C_T = 100 nF

Maka:

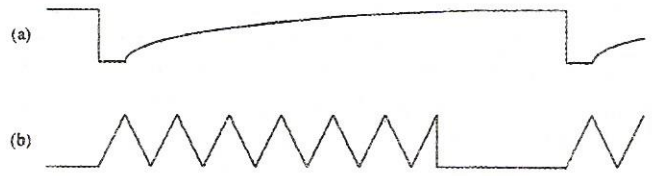
tm = 0,69 (7,5 K) 100 n
tm = 0,5 ms
tf = 1,1 (180 K) (100 n) + 0,5 ms
tf = 20,3 ms

Untuk lebih jelasnya rangkaian Timer Frame dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 6. Blok rangkaian *Timer Frame*.

Bentuk sinyal pada *Frame Timer* dan *Pulse Timer* pada pin 7 dan pin 8 diperlihatkan pada gambar berikut:



Gambar 7. a. Sinyal *Frame Timer*. b. Sinyal *Pulse Timer*.

Keterangan

(a) Sinyal Frame Timer pada pin 7, untuk membentuk pulsa-pulsa frame (tf)
(b) Sinyal Pulse Timer pada pin 8, untuk membentuk pulsa-pulsa channel (tch)

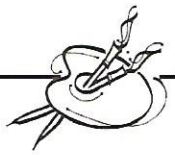
KESIMPULAN

Bentuk output Modulator ASK dikontrol oleh operasional sistem kerja switch pada blok bagian rangkaian Keypad, yang memiliki kombinasi empat bentuk sinyal. Untuk mendapatkan bentuk sinyal ASK lebih dari empat kanal ditentukan oleh output dari blok Encoder.

Untuk meningkatkan jarak jangkau alat, maka diperlukan rangkaian Amplifier RF dan antena dengan frekuensi kerja 49 MHz.

DAFTAR PUSTAKA

- FREEMAN, Roger L., 1991 *Telecommunication Transmission Handbook,* Third Edition. Wiley Interscience.
- LEE, Samuel C., terjemahan Sutrisno. 1990. *Rangkaian Digital dan Rangkaian Logika,* Jakarta: Erlangga.
- MALVINO, Albert Paul, Ph. D. dan Donald P. Leach, Ph. D., terjemahan In Irwan Wijaya. 1992. *Prinsip prinsip dan Penerapan Digital,* Edisi ketiga. Jakarta: Erlangga.
- SHWARTZ. Mischa. 1980. *Information Transmission, Modulation, and Noise,* Third edition. New York: Mc. Graw-Hill.



Catatan Penulis :

- Redaksi menerima naskah karangan berupa hasil penelitian, pengembangan, dan penerapan dalam bidang Ilmu Pengetahuan dan Teknologi, diutamakan hasil dari kelompok kerja penelitian.
- Naskah karangan ditulis dalam Bahasa Indonesia atau Bahasa Inggris, diketik rapi dengan jarak dua spasi.
- Setiap karangan harus dilengkapi dengan intisari yang ditempatkan di antara judul dan isi karangan, dan tidak melebihi 300 kata.
- Gambar harus diberi nomor berurutan, diberi keterangan ringkas dan disebutkan dalam isi karangan. Gambar harus disesuaikan dengan ukuran halaman majalah (A4) dan berkualitas bagus.
- Daftar Pustaka atau referensi ditulis mengikuti aturan sebagai berikut : nomor, nama pengarang, tahun penerbitan, judul karangan, nama jurnal/majalah/penerbit, jilid, nomor halaman.
- Redaksi berhak mengubah susunan naskah karangan tanpa mengubah isinya.