

JURNAL PENELITIAN

**Perubahan Konsep Radikal
tentang Listrik Arus Searah
Menggunakan *Dual Situated Learning Model***

Domi Severinus
T. Sarkim

**Sistem Telemetri Termodulasi Frekuensi
dengan Metode *Multi Tone***

A. Bayu Primawan
Martanto

**Prototipe Inkubator Bayi dan Sistem Pemantauan
Melalui Komputer**

Deradjad Pranowo

**Perbandingan Metode Pembacaan Standard
Sensor Photoelektrik untuk Pendeteksian Kain**

Eko Aris Budi Cahyono

**Pengujian unjuk Kerja Pengendali Posisi Pid
Berbasis Mikrokontroler pada Manipulator
Robot Scara**

Petrus Sutyasadi

**Optimasi Cetyl Alkohol dan Gliserin
dalam Formulasi Sediaan Liquid Foundation
Pati Bengkoang (*Pachyrhizus erosus* (L) Urb)**

Rini Dwiastuti

Jurnal Penelitian	Vol. 13	No. 1	Halaman 1 - 128	Yogyakarta November 2009	ISSN 1410-2071
-------------------	---------	-------	--------------------	-----------------------------	-------------------

JURNAL PENELITIAN

DEWAN REDAKSI

Pemimpin Redaksi:

Dr. G. Budi Subanar, S.J. Lic. Miss.
Ketua LPPM Universitas Sanata Dharma

Sekretaris Redaksi:

S.E. Peni Adji, S.S., M.Hum.
Kepala Pusat Penerbitan dan Bookshop Universitas Sanata Dharma

Anggota Redaksi:

Dr. I. Praptomo Baryadi, M.Hum.
Drs. H. Wahyudi, M.Si.
Aris Widayati, M.Si., Apt.
Dr. T. Priyo Widiyanto, M.Si..
Dr. Susento, M.S.
Dr. James J. Spillane, S.J.
R. Benedictus Dwiseno Wihadi, S.T., M.Si
Bambang Soelistijanto, S.T., M.Sc.
Drs. Silverio Raden Lilik Aji Sampurno, M.Hum.

Administrasi/Sirkulasi:

Agnes Sri Puji Wahyuni, Bsc.,
Maria Imaculata Rini Hendriningsih, S.E.,
Thomas A. Hermawan Martanto, Amd.

Alamat Redaksi:

LPPM Universitas Sanata Dharma
Mrican, Tromol Pos 29, Yogyakarta 55002
Telepon: (0274) 513301, 515352, ext. 1527
Fax: (0274) 562383.
E-mail: lemlit@staff.usd.ac.id

Jurnal Penelitian yang memuat ringkasan laporan hasil penelitian ini diterbitkan oleh Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Sanata Dharma, dua kali setahun: Mei dan November.

Redaksi menerima naskah ringkasan laporan hasil penelitian, baik yang berbahasa Indonesia maupun yang berbahasa Inggris. Naskah harus ditulis sesuai dengan format di *Jurnal Penelitian* dan harus diterima oleh Redaksi paling lambat dua bulan sebelum terbit.

KATA PENGANTAR

Gagasan kontemporer mengenai sistem hidup menyatakan bahwa pikiran serta kesadaran bukanlah sebuah objek atau entitas benda, namun merupakan sebuah proses. Proses ini adalah proses kognisi – proses untuk memahami – proses berkecerdasan, yang teridentifikasi dengan proses kehidupan itu sendiri. Demikianlah pendapat Humberto Maturana dan Fransisco Varela dengan sebutan Teori Kognitif Santiago. Hubungan antara pikiran, atau kognisi dengan proses hidup, merupakan hal yang relatif baru dalam dunia sains modern saat ini.

Dalam kerangka kesadaran bahwa kognisi merupakan proses hidup, Domi Severius dan T. Sarkim mencoba mengisi bagian dari proses hidup mahasiswa Program Studi Pendidikan Fisika USD dengan belajar listrik arus searah menggunakan metode *Dual Situated Learning Model* (DSLML). Hasilnya, terdapat perubahan radikal pada konsep mahasiswa. Metode DSLML mampu meningkatkan pemahaman mahasiswa dari rata-rata 38,7% dari skor maksimum menjadi 77%.

Lima artikel berikutnya dalam *Jurnal Penelitian* Volume 13 No. 1 ini, mengangkat hasil penelitian dalam bidang sains teknologi serta farmasi. Bayu Primawan dan Martanto merancang sistem telemetri termodulasi frekuensi dengan metode *multi tone*. Dari hasil pengujian pengukuran suhu, tekanan, dan kelembaban — diperoleh hasil yang belum sesuai dengan rancangan, sementara hasil pengujian masing-masing tapis dan pembanding — telah diperoleh hasil yang mendekati perancangan. Hasil pengujian sistem dengan sinyal terjumlah, tidak didapatkan keluaran akhir seperti yang diharapkan karena penggunaan tapis dengan orde bawah menyebabkan sinyal keluaran tapis masih terinferensi oleh frekuensi lain di luar batas frekuensi *cut-off* tapis.

Melalui penelitian prototipe inkubator bayi dan sistem pemantauannya melalui komputer, Deradjad Pranowo merekomendasikan bahwa rumah sakit(bersalin) sebaiknya menggunakan inkubator dengan sistem perekaman dan pengaturan suhu menggunakan kendali PIC. Sistem ini memungkinkan monitoring melalui komputer oleh operator di ruang inkubasi.

Eko Aris Budi Cahyono meneliti pendeteksian kain menggunakan sensor fotoelektrik dengan tiga pembacaan standar, yaitu *thru beam*, *reflective*, dan *diffuse*. Pembacaan *diffuse* mampu mendeteksi 80% dari 30 sampel yang ditentukan, dibandingkan *reflective* yang 67.67%, serta *thru beam* yang hanya 4%. Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa keseluruhan pembacaan standar pada sensor fotoelektrik tidak dapat mendeteksi kain yang tembus pandang.

Dalam penelitiannya, Petrus Sutyasadi merancang sebuah robot SCARA dengan bahan konstruksi aluminium batang yang digerakkan oleh dua buah motor DC. Robot ini dikendalikan menggunakan mikrokontroler PIC26F877 dengan algoritma PID dan dilengkapi dengan Graphical user Interface yang dibuat menggunakan Visual Basic 6. Uji repeatability menunjukkan bahwa robot ini mampu melakukan gerakan menuju posisi-posisi yang sudah terprogram dengan resolusi 1 derajat mengikuti resolusi sensor yang digunakan dan mempunyai tingkat repeability 2 derajat.

Jurnal Penelitian Vol.13 no 1 diakhiri dengan hasil penelitian dalam bidang farmasi oleh Rini Dwiastuti mengenai optimasi cetyl alkohol dan gliserin dalam formulasi sediaan *liquid foundation* pati bengkoang. Penelitian ini berakhir pada kesimpulan bahwa cetyl alkohol lebih dominan mempengaruhi daya sebar dan viskositas *liquid foundation*, dibanding gliserin dan interaksi keduanya; sementara itu gliserin lebih dominan dalam mempengaruhi daya lekat *liquid foundation*. Selain itu, dapat ditemukan area komposisi optimum cetyl alkohol dan gliserin melalui *contour plot super imposed* pada faktor dan level yang diteliti.

Enam artikel bertema sains teknologi dan farmasi yang hadir di hadapan pembaca ini, merupakan hasil pergulatan keilmuan dosen-dosen Universitas Sanata Dharma. Disadari bahwa hasil pergulatan keilmuan ini akan mengisi ruang-ruang pembentukan kognisi dalam proses hidup mahasiswa yang mereka didik. Dengan demikian, pikiran dan kesadaran mahasiswa mengenai keilmuan tersebut dihasilkan dari proses kognisi – proses untuk memahami – proses berkecerdasan dalam pembelajaran di kelas.

Redaksi

DAFTAR ISI

Kata Pengantar	iii
Daftar Isi	v
Perubahan Konsep Radikal tentang Listrik Arus Searah Menggunakan <i>Dual Situated Learning Model</i>	1 ~ 22
Domi Severinus, T. Sarkim	
Sistem Telemetri Termodulasi Frekuensi dengan Metode <i>Multi Tone</i>	23 ~ 48
A. Bayu Primawan, Martanto	
Prototipe Inkubator Bayi dan Sistem Pemantauan Melalui Komputer	49 ~ 63
Deradjad Pranowo	
Perbandingan Metode Pembacaan Standard Sensor Photoelektrik untuk Pendeteksian Kain	65 ~ 84
Eko Aris Budi Cahyono	
Pengujian unjuk Kerja Pengendali Posisi Pid Berdasarkan Mikrokontroler pada Manipulator Robot Scara	85 ~ 102
Petrus Sutyasadi	
Optimasi Cetyl Alkohol dan Gliserin dalam Formulasi Sediaan Liquid Foundation Pati Bengkoang (<i>Pachyrhizus erosus</i> (L) Urb)	103 ~ 128
Rini Dwiastuti	
Biografi Penulis	128-1

SISTEM TELEMETRI TERMODULASI FREKUENSI DENGAN METODE *MULTI TONE*

A. Bayu Primawan
Martanto

ABSTRAK

Sistem Telemetri Termodulasi Frekuensi dengan Metode Multi Tone dirancang untuk mendeteksi perubahan suatu parameter setiap saat dan kontinyu. Pemancar membangkitkan tone sebagai representasi data keluaran sensor. Penerima memisahkan masing-masing sinyal tone dengan tapis dari sinyal pembawanya untuk kemudian dikonversi menjadi data digital sebagai representasi data sensor dengan mikrokontroler.

Implementasi sistem telemetri multi tone ini terdiri dari bagian sensor, pengondisi sinyal, VCO penjumlah sinyal Tapis dan Penampil LCD. Sensor yang digunakan adalah sensor suhu LM335, sensor tekanan udara MPX4100 dan sensor kelembaban udara HS-15. Tapis Butterworth yang dipergunakan merupakan rangkaian tapis dan rangkaian pembanding. Sinyal hasil demodulasi pertama kali dipisahkan oleh tapis 20 kHz, yang kemudian dipisahkan oleh tapis pelewat bawah 7 kHz untuk data suhu, tapis pelewat bidang 8-13 kHz untuk data tekanan dan tapis pelewat atas 14 kHz untuk data kelembaban. Penampil data sensor ke LCD terdiri dari 2 bagian yaitu pencacahan dan penampilan. Pada bagian pencacahan, ketiga data sensor dalam bentuk frekuensi itu akan dicacah dan dikonversi oleh mikrokontroler AT89S52 dan kemudian akan dikirim ke bagian penampilan LCD grafik tipe ABG128064A dengan AT89S52 sebagai kontrolnya.

Dari hasil pengujian diperoleh hasil yang belum sesuai dengan rancangan. Pada pengukuran suhu, galat rata-rata pengukuran adalah 7,4077%. Pada pengukuran tekanan, galat rata-rata data

A. Bayu Primawan adalah dosen Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Sanata Dharma. Alamat Korespondensi: Kampus III Paingan, Maguwoharjo, Depok Sleman, Yogyakarta. Email: bayu@staff.usd.ac.id

Martanto adalah dosen Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Sanata Dharma. Alamat Korespondensi: Kampus III Paingan, Maguwoharjo, Depok Sleman, Yogyakarta. Email: martanto@staff.usd.ac.id

pengukuran dari pengondisi sinyal sampai VCO adalah 1,6683%. Pada pengukuran kelembaban, galat rata-rata pengukuran adalah 46,893%. Hasil pengujian masing-masing dari tapis dan pembanding telah bekerja mendekati perancangan. Pada LPF 20 kHz didapatkan frekuensi cut-off sebesar 18503,5 Hz, LPF 7 kHz didapatkan frekuensi cut-off sebesar 6852 Hz, BPF 8-13 kHz didapatkan frekuensi cut-off bawah sebesar 8408 Hz serta frekuensi cut-off atas sebesar 13176Hz dan HPF 14 kHz didapatkan frekuensi cut-off sebesar 13586 Hz. Hasil pengujian sistem dengan masukan sinyal terjumlah, tidak didapatkan keluaran akhir seperti yang diinginkan. Hal ini disebabkan oleh penggunaan tapis dengan orde bawah, sehingga sinyal keluaran tapis masih terinterferensi oleh frekuensi lain di luar batas frekuensi cut-off tapis. Data yang ditampilkan pada LCD grafik adalah data dalam bentuk grafik baru untuk tiap detiknya.

Kata kunci : *Telemetry, Multi Tone, Tapis, LCD*

1. PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Suatu informasi baik berupa data pengukuran atau hasil pengamatan yang dikirim dan diterima, kemudian diproses sangat membutuhkan sarana transmisi data yang cepat, akurat dan bisa dipindah – pindah. Sehingga pengiriman data dari tempat yang sulit dijangkau dapat dengan mudah diatasi. Pengiriman data dapat menggunakan berbagai media, salah satunya adalah dengan gelombang radio. Gelombang radio digunakan sebagai media transmisi karena bersifat fleksibel dan mempunyai rentang frekuensi yang cukup lebar. Selain itu juga mudah dipindahkan karena tidak terkait dengan jaringan kabel.

Sistem Telemetry dengan Metode *Multi Tone* menggunakan prinsip sinyal informasi yang direpresentasikan sebuah frekuensi *tone* untuk mewakili perubahan data hasil pengukuran sensor. Sisi pemancar membangkitkan frekuensi *tone* berdasar perubahan data keluaran sensor. Frekuensi-frekuensi tersebut kemudian dijumlahkan dan diumpungkan pada modulator frekuensi. Sisi penerima mengembalikan frekuensi yang diterima, kemudian memisahkan frekuensi tiap *tone* dengan tapis pelewat jalur bawah (LPF) , tapis pelewat jalur atas (HPF), dan tapis pelewat bidang (BPF). Frekuensi

hasil penapisan kemudian dicacah dengan mikrokontroler untuk mendapatkan data digital. Keluaran mikrokontroler berupa data hasil pengukuran yang kemudian ditampilkan pada LCD.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik masing-masing tapis dan pengaruhnya terhadap kualitas data hasil pengukuran yang diterima. Selain itu, penelitian ini untuk mengaplikasikan teknik konversi data dengan mencacah frekuensi masukan dengan mikrokontroler untuk memperoleh data digital. Hasil yang diperoleh akan menjadi acuan dalam pengembangan teknik transmisi dalam aplikasi telemetry dengan kualitas sistem yang baik.

I.2 Perumusan Masalah

Masalah yang akan diteliti adalah bagaimana kualitas sinyal diterima yang diakibatkan oleh orde penapisan dan jenis tapis dibandingkan dengan sinyal yang dikirim oleh pemancar, serta validitas data yang dikirim dengan data yang diterima terhadap nilai referensi standar. Selain itu, akan diteliti tingkat akurasi data pada teknik pencacah frekuensi.

I.3 Tujuan Penelitian

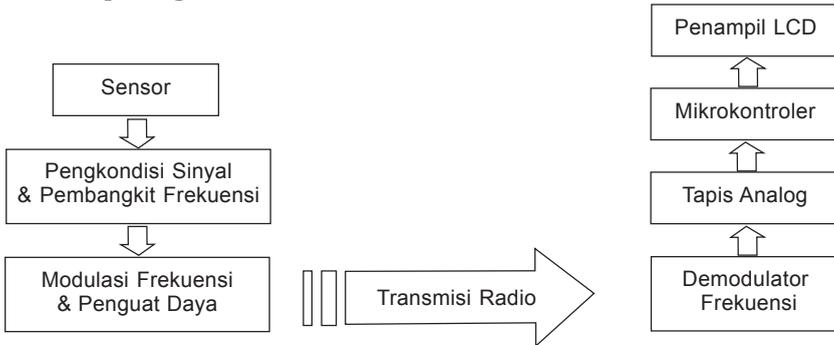
Penelitian ini bertujuan untuk:

- 1) menghasilkan *prototipe* sistem telemetry multi tone untuk multi sensor,
- 2) menghasilkan *prototipe* pencacah frekuensi dengan mikrokontroler,
- 3) menghasilkan *prototipe* penampil informasi sensor pada LCD,
- 4) menghasilkan karakteristik tapis dan hubungannya dengan kualitas penerimaan data.

2. LANDASAN

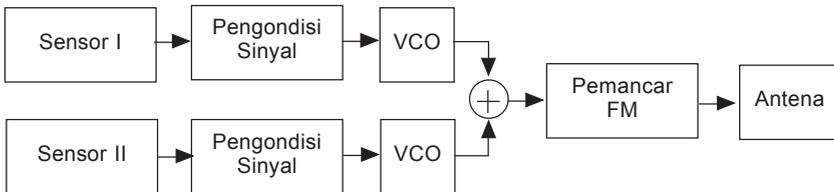
Sistem Telemetry sudah banyak dikembangkan dewasa ini. Rangkaian telemetry dapat dibangun berbasis rangkaian digital maupun rangkaian analog. Rangkaian telemetry berbasis rangkaian digital banyak dikembangkan dengan perangkat mikrokontroler. Rangkaian telemetry berbasis rangkaian analog dikembangkan

dengan penguat operasional. Sistem Telemetri yang akan dibangun merupakan penggabungan teknologi analog dan digital, seperti terlihat pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram Blok Sistem Telemetri

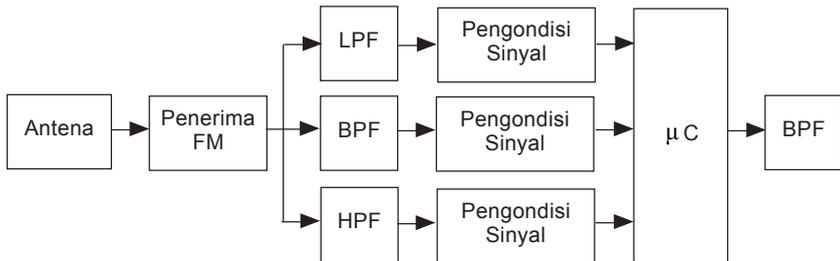
Metode Multi Tone yang dipergunakan dalam telemetri termulasi frekuensi mempunyai prinsip kerja sebagai berikut (gambar 2), data yang dihasilkan oleh sensor akan dikonversi menjadi *tone* oleh rangkaian VCO (Voltage Controlled Oscillator). Masing-masing sensor akan dihubungkan dengan sebuah VCO sebagai sumber data frekuensi, tone-tone tersebut kemudian diperkuat oleh penguat penjumlah untuk kemudian dimodulasikan dengan teknik modulasi frekuensi (Primawan dkk,2005).



Gambar 2. Blok Diagram Pemancar

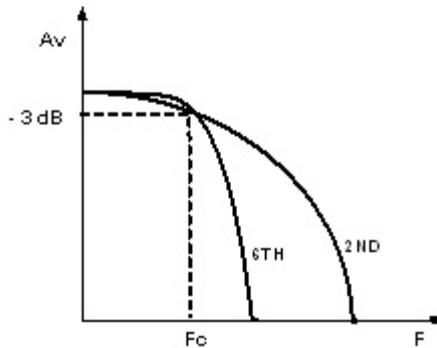
Sinyal termulasi frekuensi akan didemodulasi untuk kemudian ditapis guna mendapatkan sinyal audio *tone* asli (Martanto dkk, 2005). Sinyal audio tone kemudian dipisahkan oleh masing-masing tapis untuk mendapatkan sinyal tone dari dari masing-masing sumber data. Hasil penapisan akan diubah dari besaran frekuensi

menjadi besaran tegangan, yang hasilnya mewakili perubahan data pada masing-masing sensor (gambar 3).



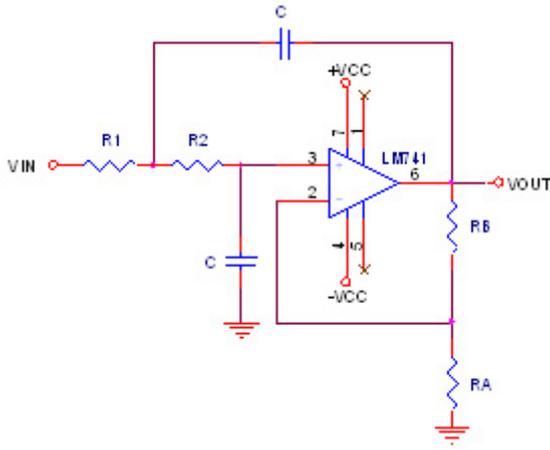
Gambar 3. Blok Diagram Penerima

Tapis pelewat bawah akan memberikan tegangan keluaran yang konstan dari DC hingga frekuensi *cut-off* (f_c) tertentu. Frekuensi *cut-off* disebut frekuensi 0,707, frekuensi -3db di mana frekuensi-frekuensi diatas (f_c) akan diredam atau diperkecil (Stanley, 1994). Kurva tanggapan frekuensi untuk Tapis Pelewat Bawah dapat diperlihatkan dalam gambar 4.



Gambar 4. Kurva Tanggapan Frekuensi Tapis Pelewat Bawah

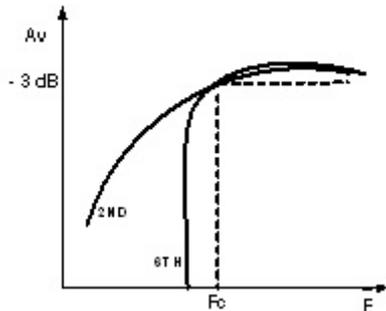
Penapis Butterworth Pelewat bawah orde kedua *Voltage Controlled Voltage Source* (VCVS) dengan “komponen sama” (*Equal component*) dapat ditunjukkan seperti dalam gambar 5 (Coughlin, 1998).



Gambar 5. Tapis Pelewat Bawah tipe *Butterworth* Orde Kedua

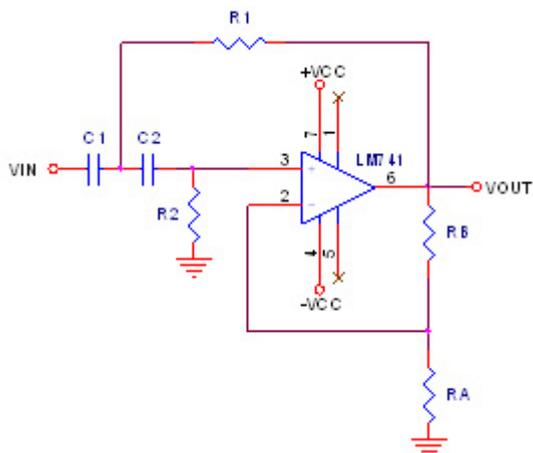
Tapis Pelewat bawah orde dua mempunyai nilai kecuraman – 40 dB/dekade yaitu untuk setiap satu dekade frekuensi, penguatan akan turun 40 dB dari penguatan pada frekuensi *cut-off*, demikian juga untuk orde yang lebih atas penguatannya akan turun sebesar nilai kecuramannya. Jumlah orde Tapis dari *Low pass Tapis* ditentukan oleh (R) dan (C) (Boylestad, 1999).

Tapis pelewat atas atau *High Pass Tapis* menampilkan fungsi kebalikan Tapis Pelewat Bawah. Tapis ini akan meredam semua frekuensi di bawah frekuensi *cut-off* (f_c) dan melewatkan semua frekuensi di atas f_c , seperti terlihat dalam gambar 6 (Stanley,1994).



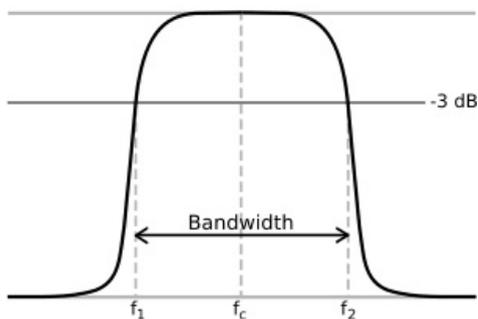
Gambar 6. Kurva Tanggapan Frekuensi Tapis Pelewat Atas

Pada tapis ini dalam prakteknya diambil tanggapan pada 70,7% tegangan keluaran maksimum. Tapis pelewat atas dapat memiliki kemiringan yang berbeda sesuai dengan perancangan yang diinginkan. Tapis Pelewat Atas tipe *Butterworth* orde kedua dapat ditunjukkan seperti gambar 7 (Coughlin,1998).



Gambar 7. Tapis Pelewat Atas tipe *Butterworth* Orde Kedua

Tapis pelewat bidang atau *Band Pass Tapis* menampilkan fungsi Tapis Pelewat Bawah dan Tapis Pelewat Atas. Tapis ini akan meredam semua frekuensi di bawah frekuensi bawah (f_L) dan frekuensi atas (f_H) dan melewatkan semua frekuensi pada bidang frekuensi antara f_L dan f_H seperti terlihat dalam gambar 8 (Stanley,1994).



Gambar 8. Kurva Tanggapan Frekuensi Tapis Pelewat Bidang

Pada tapis ini dibangun dengan mengkaskadekan Tapis Pelewat Atas dan Tapis Pelewat Bawah (Coughlin,1998).

3. METODE PENELITIAN

1. Pembuatan rangkaian telemetri dengan metode multi tone, dimulai dengan perancangan dan simulasi untuk mengetahui kebutuhan komponen dan perangkat pendukung. Hasil perancangan dan simulasi digunakan dalam implementasi perangkat telemetri suhu.
2. Pembuatan rangkaian pencacah frekuensi dengan mikrokontroler, kemudian hasil cacahan yang dikonversi menjadi informasi sensor yang ditampilkan dengan LCD
3. Pengukuran karakteristik tapis dilaksanakan untuk mendapatkan data unjuk kerja sistem secara keseluruhan maupun tiap-tiap blok penapisan pada penerima telemetri.
4. Pengukuran kualitas penerimaan data untuk mendapatkan data hasil pengukuran yang telah dikonversikan dalam bentuk tegangan sebagai representasi nilai yang diukur oleh sensor pada perangkat pengirim.
5. Perhitungan dan perbandingan data diterima dengan data referensi untuk mengetahui data yang terukur dan data yang diterima sehingga dapat diketahui unjuk kerja tapis dalam memilih data masing-masing tone.
6. Analisis unjuk kerja tapis dalam penerimaan data dilakukan dengan analisis regresi, korelasi dan varians sehingga diperoleh nilai pendekatan data diterima terhadap data referensi dari masing-masing tone.

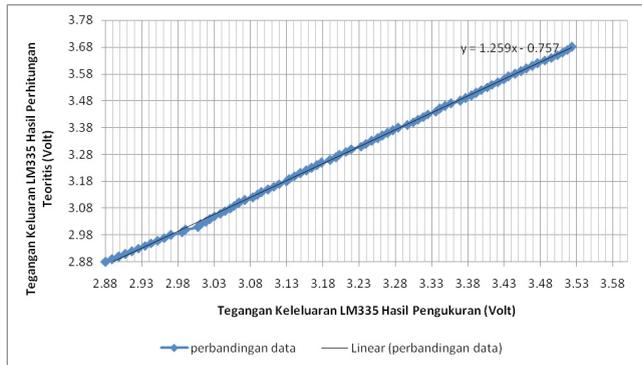
4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Sensor

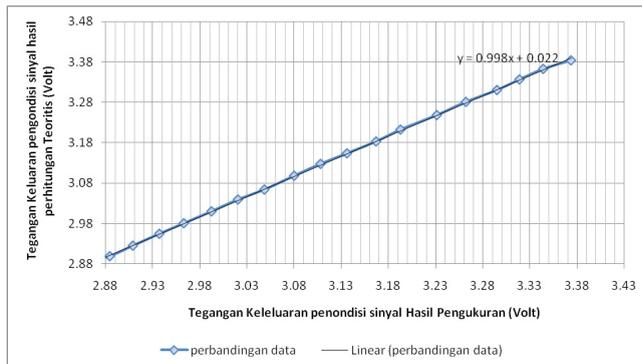
4.1.1 Sensor Suhu

Hasil pengujian kinerja alat tampak pada gambar 10. Hasil perbandingan tegangan keluaran LM335 yang dihitung secara teoritis dan diukur dengan acuan thermometer referensi GDM-396 (gambar 9.a.) menghasilkan tingkat kesalahan rata-rata sebesar 0,073 atau

7mVolt per K. Sedangkan hasil pengujian pengondisi sinyal (gambar 10.b.) dan berdasarkan persamaan pada perancangan pengondisi sinyal suhu, yaitu $Y = 3,674X - 9,559$ maka diperoleh tingkat kesalahan rata-rata sebesar 0,0188884 volt DC terhadap perancangan. Tingkat kesalahan yang dihasilkan masih dalam toleransi yang diharapkan sehingga tidak mempengaruhi kinerja sistem.



(a)



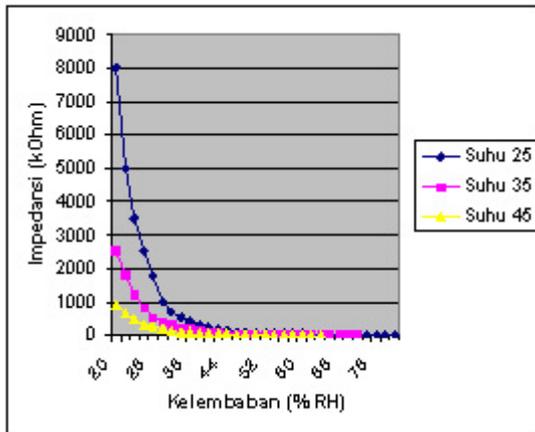
(a)

Gambar 9. (a) Kinerja Sensor Suhu; (b) Kinerja Pengondisi Sinyal

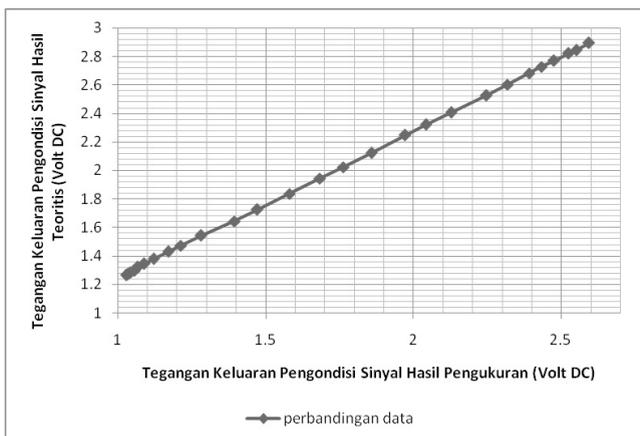
4.1.2 Sensor Kelembaban

Hasil pengujian kinerja alat dapat dilihat pada gambar 10. Pengukuran dilakukan dalam tiga kondisi yang dipengaruhi suhu, yaitu pada suhu $25^{\circ}C$, $35^{\circ}C$ dan $45^{\circ}C$, hasil pengujian menunjukkan kinerja sensor kelembaban (gambar 10.a.) belum

sesuai dengan data-sheet *sensor*. Hasil pengujian pengondisi sinyal untuk suhu 25° dapat dilihat pada gambar 10.b. dengan tingkat kesalahan rata-rata sebesar 0,251 volt DC, sedangkan pada suhu 35° dan 45° masing-masing sebesar 0,2666 volt DC dan 0,2644 volt DC antara hasil pengukuran dan perancangan. Hasil tersebut belum dapat memberikan kualitas data pengukuran yang baik. Keadaan tersebut terjadi karena sifat perubahan kelembaban udara yang tidak linear, sedangkan perangkat pengondisi sinyal bersifat linier.



(a)

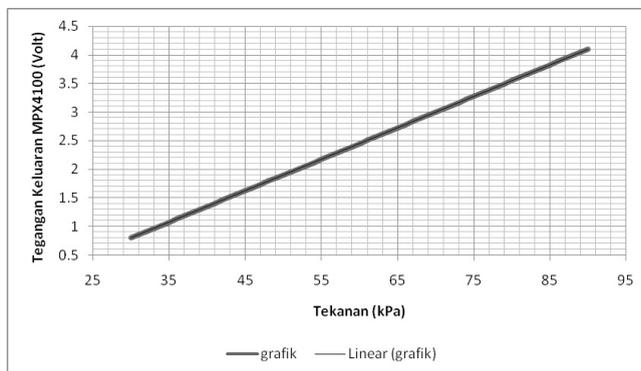


(b)

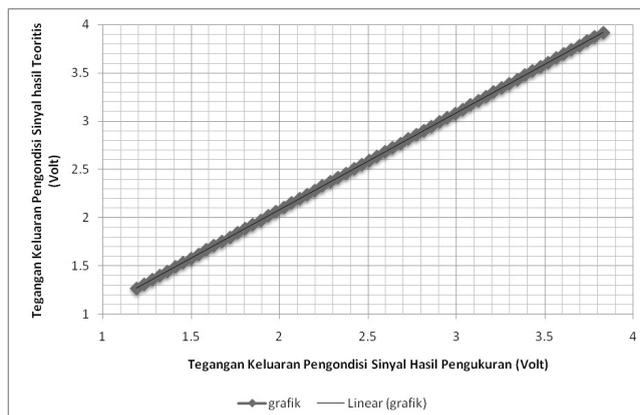
Gambar 10. (a) Kinerja Sensor Kelembaban; (b) Kinerja Pengondisi Sinyal

4.1.3 Sensor Tekanan

Pengujian kinerja sensor tekanan dilakukan dengan mengubah-ubah tegangan sesuai dengan tegangan keluaran sensor dengan menggunakan *Power Supply Variable* dengan asumsi awal tekanan 30kPa dengan tegangan keluaran pada sensor sebesar 0,8Volt DC sesuai dengan grafik pada data sheet sensor. Hasil pengukuran (gambar 11.a.) menunjukkan hasil yang sesuai dengan data sheet. Sedangkan hasil pengujian rangkaian pengondisi sinyal (gambar 11.b.) yang didasari atas persamaan pada perancangan pengondisi sinyal tekanan, yaitu $Y = 0,803X + 0,626$ diperoleh tingkat kesalahan rata-rata sebesar 0,084432 volt DC. Kondisi tersebut masih memberikan kualitas pengukuran tekanan yang baik.



(a)

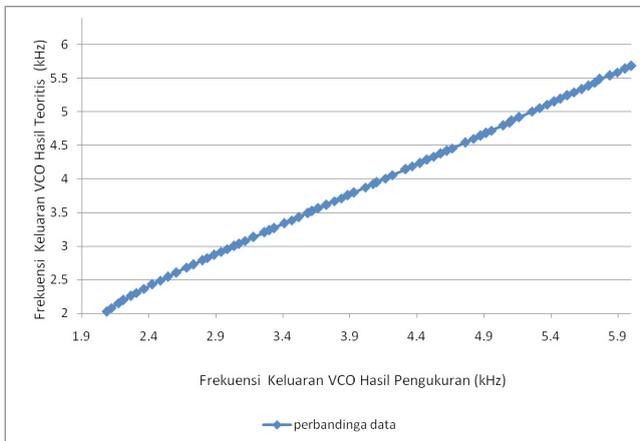


(b)

Gambar 11. (a) Kinerja Sensor; (b) Kinerja Pengondisi Sinyal

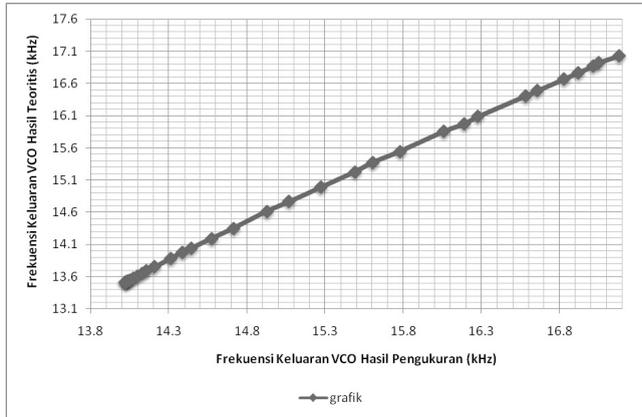
4.2 Pembangkit Frekuensi

Rangkaian penjumlah tiga masukan memperoleh masukan berupa sinyal tone dari masing-masing tone generator rangkaian sensor. Hasil pengujian untuk masing-masing pembangkit frekuensi memperlihatkan kinerja VCO Suhu (gambar 12.a.) memiliki tingkat kesalahan rata-rata sebesar 0,15415 kHz, sedangkan VCO Kelembaban (gambar 12.b.) memiliki tingkat kesalahan rata-rata sebesar 0,331 kHz (25°); 0,379 kHz (35°); 0,35997 kHz (45°) dan VCO Tekanan (gambar 12.c.) memiliki tingkat kesalahan rata-rata sebesar 0,10575 kHz. Pergeseran frekuensi kerja disebabkan pemilihan komponen dengan nilai toleransi yang cukup besar. Hasil diperoleh menyebabkan terjadinya interferensi antar data pengukuran pada daerah frekuensi perbatasan untuk data minimal dan maksimal setiap jenis pengukuran.

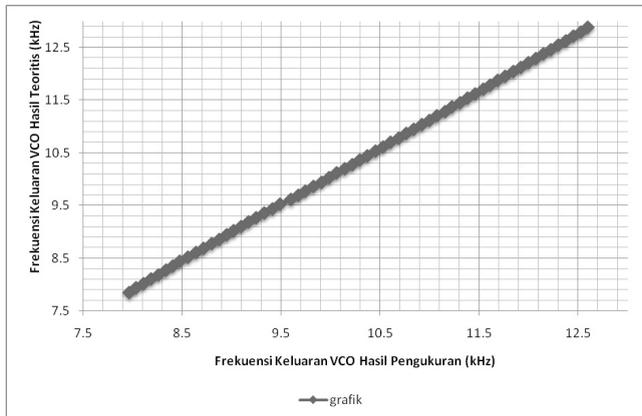


(a)

A. Bayu Primawan dan Martanto, *Sistem Telemetry Termodulasi*

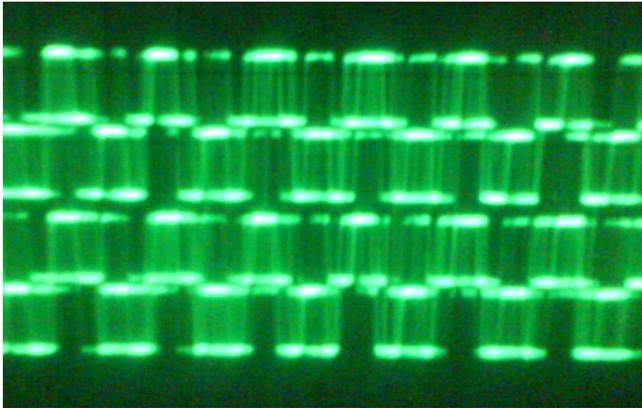


(b)



(c)

Gambar 12. Kinerja: (a) VCO Suhu; (b) VCO Kelembaban; (c) VCO Tekanan



Gambar 13. Sinyal Luaran Penjumlah Frekuensi

Hasil akhir keluaran penjumlah tiga masukan terlihat pada gambar 13. Hasil pengukuran level tegangan VCO pertama, kedua dan ketiga sebelum dimasukkan ke penjumlah adalah $5V_{PP}$, $4V_{PP}$ dan $3V_{PP}$ sehingga tegangan keluaran dari rangkaian penjumlah adalah:

$$V_{out} = -(5 + 4 + 3)$$

$$V_{out} = -12V_{PP}$$

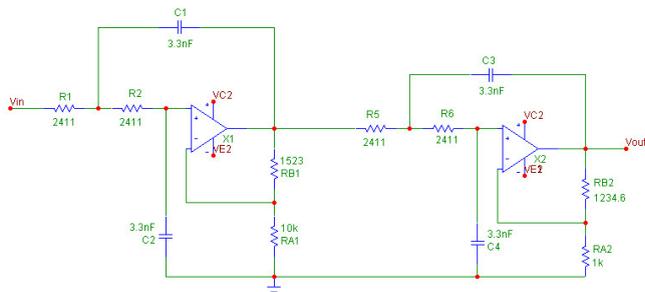
Sedangkan pada hasil pengukuran, tegangan maksimum keluaran yang terukur adalah sebesar 11, jadi terdapat selisih sebesar $1V_{PP}$. Kondisi tersebut disebabkan nilai penguatan mengalami perubahan, namun demikian secara sistem tidak mempengaruhi kinerjanya. Persoalan yang timbul adalah belum optimalnya nilai level tegangan yang digunakan. Sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut dalam optimalisasi level tegangan antar-jenis pengukuran.

4.3 Tapis

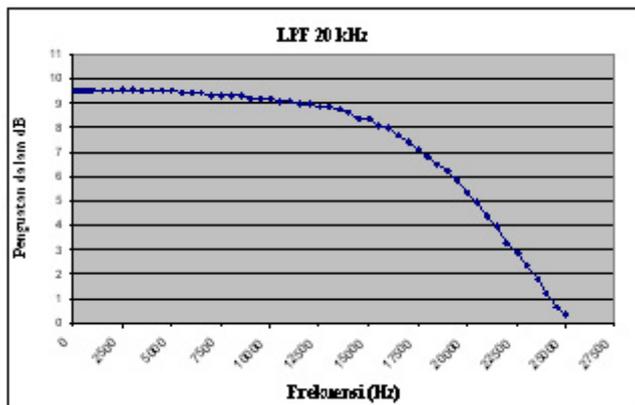
Kinerja Tapis yang digunakan dalam sistem telemetri dengan metode *multitone* dapat dijelaskan sebagai berikut:

4.3.1 Tapis Pelewat Bawah (LPF) 20 KHz

Rangkaian tapis Pelewat bawah 20 kHz dan kinerjanya tersaji pada gambar 14. Hasil tersebut memperlihatkan tapis bekerja dengan baik untuk melewatkan frekuensi *audio(tone)* yang dipergunakan pada sistem telemetri tersebut. Tanggapan frekuensi tapis pelewat bawah bekerja pada titik sumbat (cut-off) 18,5 kHz. Sehingga dapat disimpulkan terjadi pergeseran sebesar 1 kHz terhadap perancangan.



(a)

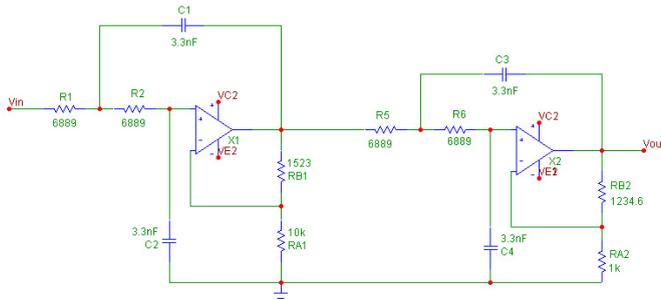


(b)

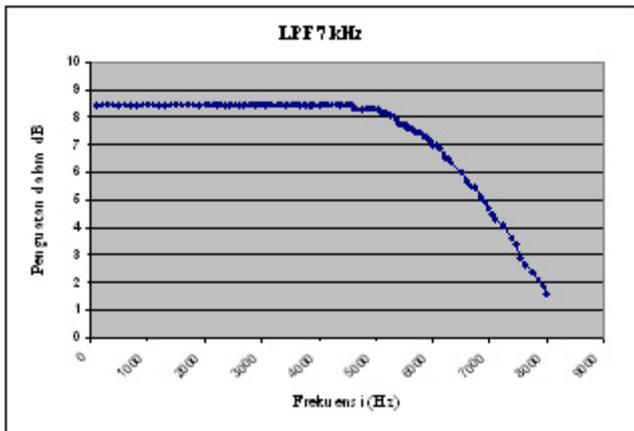
Gambar 14. (a) Rangkaian Tapis; (b) Tanggapan Frekuensi

4.3.2 Tapis Pelewat Bawah (LPF) 7 KHz

Hasil implementasi rangkaian tapis pelewat bawah 7 kHz dan kinerjanya tersaji pada gambar 15.



(a)



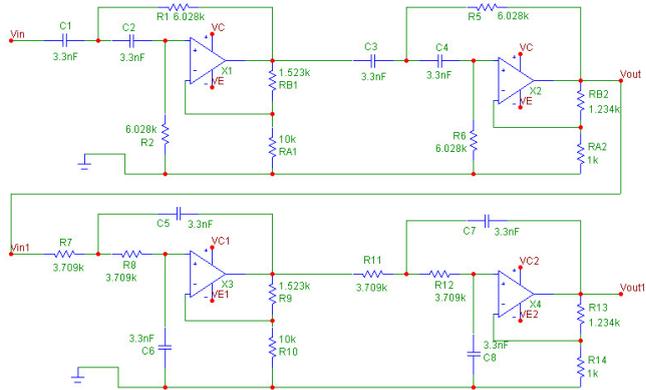
(b)

Gambar 15. (a) Rangkaian Tapis (b) Tanggapan Frekuensi

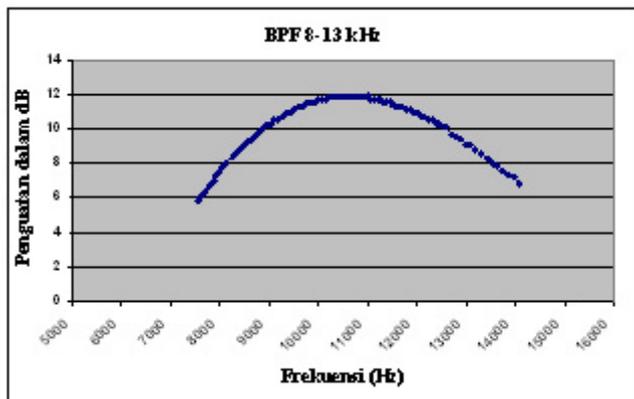
Hasil tersebut memperlihatkan tapis bekerja dengan baik untuk melewatkan frekuensi audio (tone) data suhu. Tanggapan frekuensi tapis pelewat bawah bekerja pada titik sumbat (cut-off) 6852 Hz. Sehingga dapat disimpulkan hasil implementasi bergeser 148 Hz terhadap perancangan. Keadaan tersebut disebabkan tingkat akurasi komponen yang dipergunakan masih belum optimal.

4.3.3 Tapis Pelewat Bidang (BPF) 8-13 KHz

Rangkaian tapis Pelewat bidang 8-13 kHz dan kinerjanya tersaji pada gambar 16. Hasil tersebut memperlihatkan tapis bekerja dengan baik untuk melewatkan frekuensi audio (tone) data tekanan. Tanggapan frekuensi Tapis Pelewat Bawah bekerja pada titik sumbat (cut-off) 8408 Hz dan 13176 Hz.



(a)



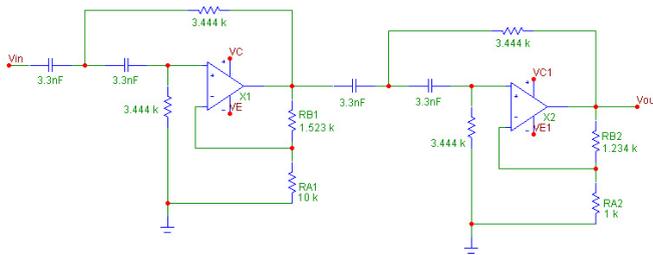
(b)

Gambar 16. (a) Rangkaian Tapis (b) Tanggapan Frekuensi

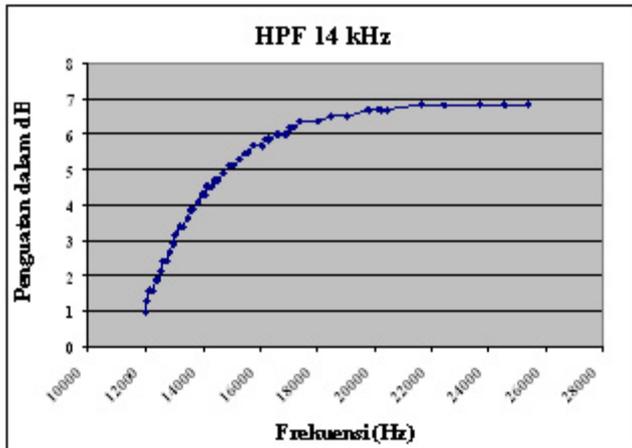
Dapat disimpulkan hasil implementasi mengalami pergeseran frekuensi terhadap perancangan. Keadaan tersebut disebabkan tingkat akurasi komponen yang dipergunakan masih belum optimal.

4.3.4 Tapis Pelewat Atas (HPF) 14 KHz

Rangkaian Tapis Pelewat Atas 14 kHz dan kinerjanya tersaji pada gambar 17. Hasil tersebut memperlihatkan tapis bekerja dengan baik untuk me-Pelewatkan frekuensi audio (tone) data kelembaban. Tanggapan frekuensi tapis Pelewat bawah bekerja pada titik sumbat (cut-off) 13586 Hz. Sehingga dapat disimpulkan hasil implementasi terjadi pergeseran 446 Hz terhadap perancangan.



(a)



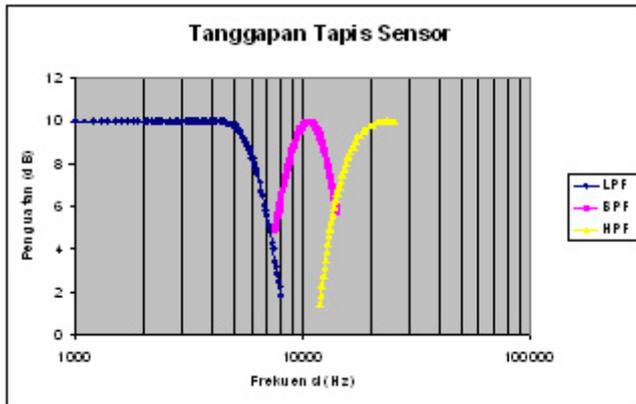
(b)

Gambar 17. (a) Rangkaian Tapis (b) Tanggapan Frekuensi

Tabel 1 Kinerja Tapis Secara Keseluruhan

Masukan		Penguatan Tegangan Keluaran (A_v)			
Vi(Vpp)	Frekuensi(Hz)	LPF 20 kHz	LPF 7 kHz	BPF 8-13 kHz	HPF 14 kHz
9	2000	3	2,64	-	-
9	4000	3	2,64	-	-
9	7000	2,923	1,68	-	-
9	7500	2,923	1,4	1,96	-
9	8000	2,923	-	2,44	-
9	10500	2,846	-	3,92	-
9	13000	2,769	-	2,84	1,44
9	13500	2,730	-	2,52	1,56
9	14000	2,692	-	2,2	1,64
9	17000	2,346	-	-	2,04
9	20000	1,846	-	-	2,16
9	20500	1,769	-	-	2,16
9	21000	1,653	-	-	2,2

Dari tabel 1 dapat diamati bahwa kinerja masing-masing Tapis masih terpengaruh oleh interferensi frekuensi Tapis lainnya. Karena pada frekuensi yang sama untuk LPF 7 kHz dan BPF 8-13 kHz serta BPF 8-13 kHz dan HPF 14 kHz ternyata penguatan tegangannya belum diredam sepenuhnya sehingga frekuensi di luar batas *cut-off* tapis masih dapat terbaca oleh tapis lainnya (gambar 18). Hal ini disebabkan penggunaan tapis dengan orde yang bawah dan *bandwidth* frekuensi pembatas antar-tapis terlalu sempit. Keadaan tersebut menyebabkan proses pencacahan frekuensi tidak optimal.

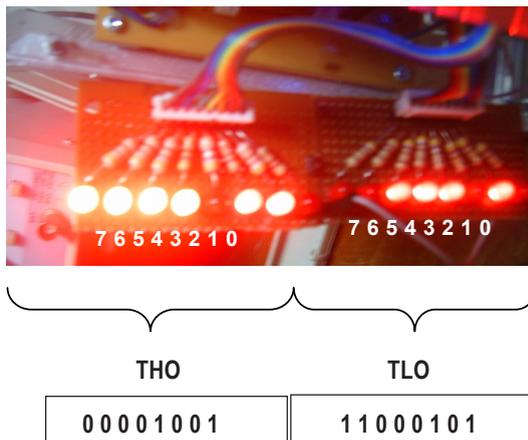


Gambar 18 Kinerja Tapis Keseluruhan Ternormalisasi

4.4 Pencacah Frekuensi

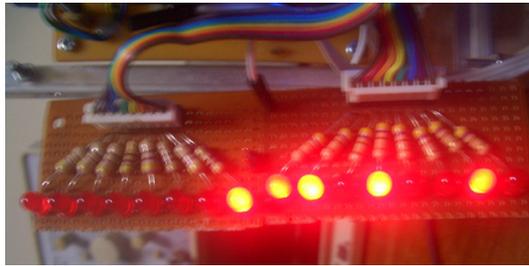
4.4.1 Rangkaian Masukan

Hasil pencacahan frekuensi terlihat pada gambar 19 untuk sampel frekuensi 2500 Hz mendapatkan nilai biner 00001001 11000101, yang kemudian dikonversi menjadi data suhu 00111110 00101101 yang nilai mewakili nilai suhu 26⁰ celcius(gambar 20).



Gambar 19. Hasil Pencacahan Frekuensi 2500Hz

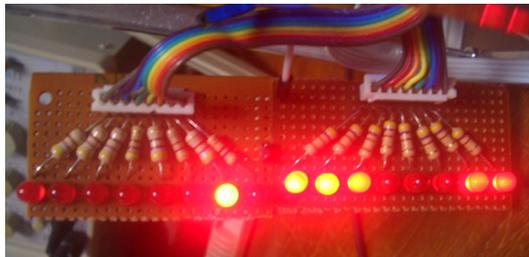
A. Bayu Primawan dan Martanto, Sistem Telemetri Termodulasi



-- 1 1 1 1 1 0	0 0 1 0 1 1 0 1
----------------	-----------------

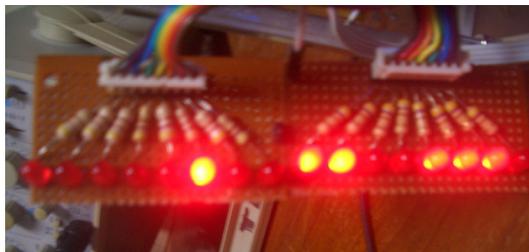
Gambar 20. Tampilan Hasil Perhitungan Data Suhu

Proses yang sama dilakukan untuk data tekanan 00111101 00011100 (gambar 21) yang mewakili nilai tekanan 30 kPa , serta data kelembaban 49% (suhu 25⁰) yang bernilai 00111011 00110001(gambar 22).



-- 1 1 1 1 0 1	0 0 0 1 1 1 0 0
----------------	-----------------

Gambar 21. Tampilan Led Hasil Perhitungan data Tekanan



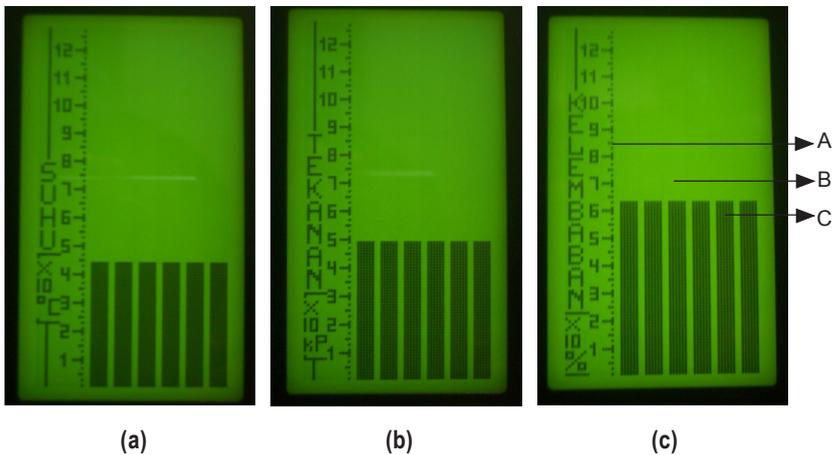
-- 1 1 1 0 1 1	0 0 1 1 0 0 0 1
----------------	-----------------

Gambar 22. Tampilan Led Hasil Perhitungan Data Kelembaban (Suhu 25⁰C)

Adapun konversi data frekuensi ke data suhu dan tekanan dilakukan dengan membuat persamaan, sedangkan data frekuensi ke data kelembaban dengan cara "look up table" pada suhu 25^o saja.

4.4.2 Rangkaian Penampil

Hasil penampil LCD dapat dilihat pada gambar 23, bagian penampil terdiri atas fungsi/pilihan tampilan (suhu/tekanan/kelembaban), nilai skala dan garfik batang untuk setiap waktu pengukuran.



Gambar 23. (a) Tampilan Suhu (b) Tampilan Tekanan (c) Tampilan Kelembaban

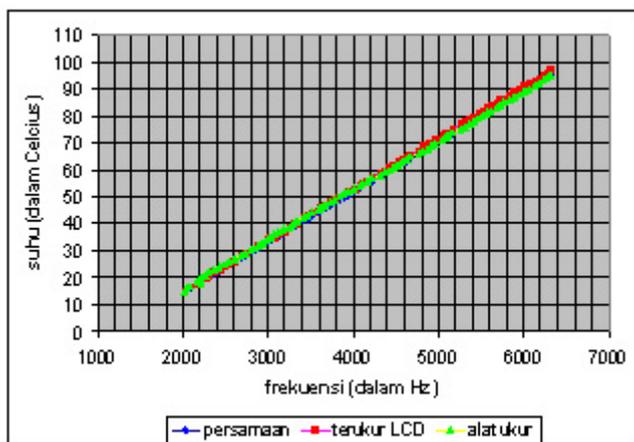
Keterangan:

- A : tampilan pilihan bahwa yang terukur data suhu./tekanan/kelembaban
- B : skala.
- C : grafik bar suhu.

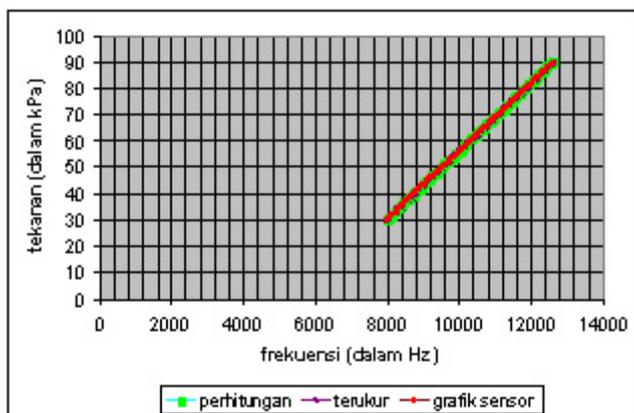
5. PENGUJIAN SISTEM

Hasil pengujian sistem secara keseluruhan dapat dilihat pada gambar 24-26. Hasil pengujian merupakan hasil pengujian sistem sensor secara independen, artinya sinyal keluaran sensor belum dijumlahkan.

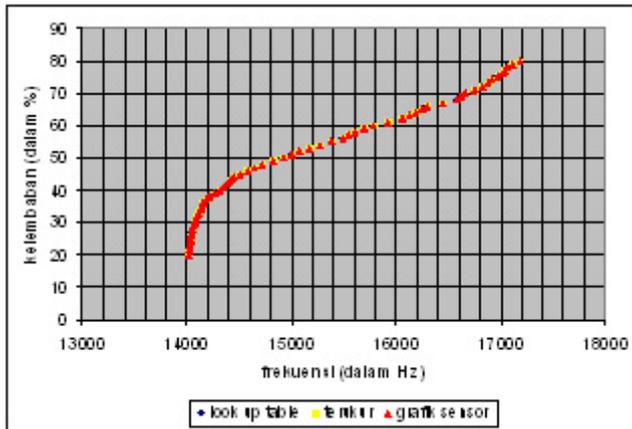
A. Bayu Primawan dan Martanto, *Sistem Telemetri Termodulasi*



Gambar 24. Perbandingan Suhu Terukur dan Tampilan LCD



Gambar 25. Perbandingan Tekanan Terukur dan Tampilan LCD



Gambar 26. Perbandingan Kelembaban Terukur dan Tampilan LCD

Dari hasil pengujian tersebut tampak bahwa sistem sensor dan penampil telah dapat bekerja sesuai dengan perancangan. Namun demikian ketika dilakukan pengujian sistem dengan menggabungkan semua sinyal informasi didapat hasil yang kurang memuaskan pada sisi penerima, sedangkan pada sisi pengirim telah berhasil diimplementasikan dengan baik. Kekurangan yang diperoleh pada sisi penerima dipengaruhi oleh kinerja tapis yang belum optimal karena pengaruh interferensi seperti yang telah dibahas di atas. Keadaan tersebut menyebabkan tidak diperoleh sinyal masukan pencacah yang baik, sehingga hasil pencacahan tidak sesuai dengan yang diharapkan.

6. PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Penelitian yang telah dilaksanakan memberikan hasil sebagai berikut.

- a. Perangkat sensor dan pembangkit tone dapat bekerja dengan baik, hal ini ditunjukkan dengan kinerja sensor suhu dengan galat rerata 7,4077% dan sensor tekanan dengan galat rerata sebesar 1,6684%, sedangkan sensor kelembaban belum sempurna dengan galat rerata sebesar 46,892%.

A. Bayu Primawan dan Martanto, *Sistem Telemetry Termodulasi*

- b. Rangkaian pengondisi sinyal mampu mengondisikan tegangan keluaran masing-masing sensor menjadi tegangan kendali bagi VCO, hal tersebut terlihat dari perbedaan daerah frekuensi keluaran untuk sensor suhu, sensor tekanan dan sensor kelembaban telah sesuai dengan perancangan.
- c. Perangkat tapis pada penerima belum dapat bekerja dengan baik, hal tersebut ditunjukkan dengan masih adanya pergeseran penapisan sebesar 1500 Hz (HPF 20 kHz), 146 Hz (LPF 7 kHz), 408 Hz dan 176 Hz (BPF 8-13 kHz) serta 414 Hz (HPF 14 kHz). Keadaan tersebut menyebabkan interferensi antar kanal. Hal ini karena faktor kualitas tapis yang jauh dari perancangan.
- d. Perangkat pencacah frekuensi dan konversi data dapat bekerja dengan baik, hal tersebut diperlihatkan dari hasil penampilan LCD yang sesuai dengan hasil pengukuran sensor. Proses konversi data frekuensi ke data suhu dan tekanan dilakukan dengan menggunakan persamaan, sedangkan data frekuensi ke data kelembaban dengan metode "*look up table*" pada suhu tertentu (25^o).
- e. Pengujian sistem secara keseluruhan menunjukkan hasil baik pada sisi pemancar dan hasil yang kurang baik pada sisi penerima karena interferensi sinyal yang ditapis.

6.2 Saran

- a. Penggunaan tapis pada sistem telemetry multitone membutuhkan orde tapis yang atas dan jarak antar sistem sensor lebih dari 1 kHz.
- b. Perlunya penambahan rangkaian *buffer* setelah rangkaian pembanding pada rangkaian tapis, sehingga dapat diperoleh sinyal masukan pencacah yang baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Boylestad, Robert L. 1994. *Introductory Circuit Analysis*, eighth edition. London: Prentice-Hall International, Inc.
- Boylestad, Robert L., Nashelsky, Louis. 1999. *Electronic Devices And Circuit Theory*, seventh edition, New Delhi.
- Coughlin, Robert F. 1998. *Operational Amplifiers and Linear Circuits*, fifth edition, London: Prentice-Hall International, Inc.
- Maddock, R.J, Calcutt, D M. 1994. *Electronic for Engineering*, second edition. Singapore: Longman Scientific & Technical.
- Martanto, A.Bayu Primawan, Dian M.Mulya. 2005. *Implementasi Penerima Telemetry Suhu Termodulasi Frekuensi*, Seminar Nasional Mekatronika 2005, Fak.Teknik USD, Yogyakarta.
- Nachbar, G H. 1998. *Rangkaian Elektronika Populer*. Jakarta: PT Elex Media Komputindo Kelompok Gramedia.
- Stanley, Wiliam D. 1994. *Operational Amplifier With Linear Integrated Circuit.*, third edition, London: Prentice-Hall International, Inc.
- Primawan, A.Bayu, Martanto, Dian M.Mulya. 2005. *Implementasi Pemancar Telemetry Suhu Termodulasi Frekuensi*, Seminar Nasional Mekatronika 2005, Fak.Teknik USD, Yogyakarta.