

## BAB V. HASIL DAN PEMBAHASAN

### V.1. HASIL PENELITIAN TAHUN KE-1 (2006)

#### V.1.1. Menentukan Nilai Kapasitansi Sensor Kapasitif

Pada penelitian ini telah dilakukan desain sensor kapasitif berbentuk silinder yang dipergunakan untuk menentukan ketinggian permukaan air sungai. Untuk itu, sebelum dilakukan simulasi, diperlukan studi literatur di internet untuk mengumpulkan data sebanyak mungkin tentang spesifikasi teknis, karakteristik material dan data sheet komponen yang dipakai sebagai bahan pembuat sensor.

Disamping itu telah dilakukan penelusuran data awal yang diperoleh melalui melalui instansi terkait (Kimpraswil Propinsi Riau, DPU) dan Badan Kajian Lingkungan Hidup „Rona Lingkungan“ Universitas Riaumengenai karakteristik sungai di Propinsi Riau, khususnya DAS Siak berupa tinggi maksimal pasang surut normal, karakteristik fisis dan kimia air sungai Siak seperti daya hantar listrik (DHL), periode banjir musiman serta faktor yang mempengaruhinya.

Sebelum dilakukan pembuatan sonde yang sebenarnya dilakukan beberapa perhitungan untuk menentukan panjang dan diameter sonde yang akan dibuat. Untuk itu dihitung besarnya kapasitansi yang akan diperoleh berdasarkan persamaan (4) dengan memvariasikan panjang sonde  $L$ , diameter elektroda terluar  $D$ , elektroda terdalam  $d$ , yang dihitung dengan asumsi dielektrisitas dari air adalah  $\epsilon_r=81$ . Adapun data-data untuk simulasi perhitungan kapasitansi diberikan dalam tabel 2 berikut:

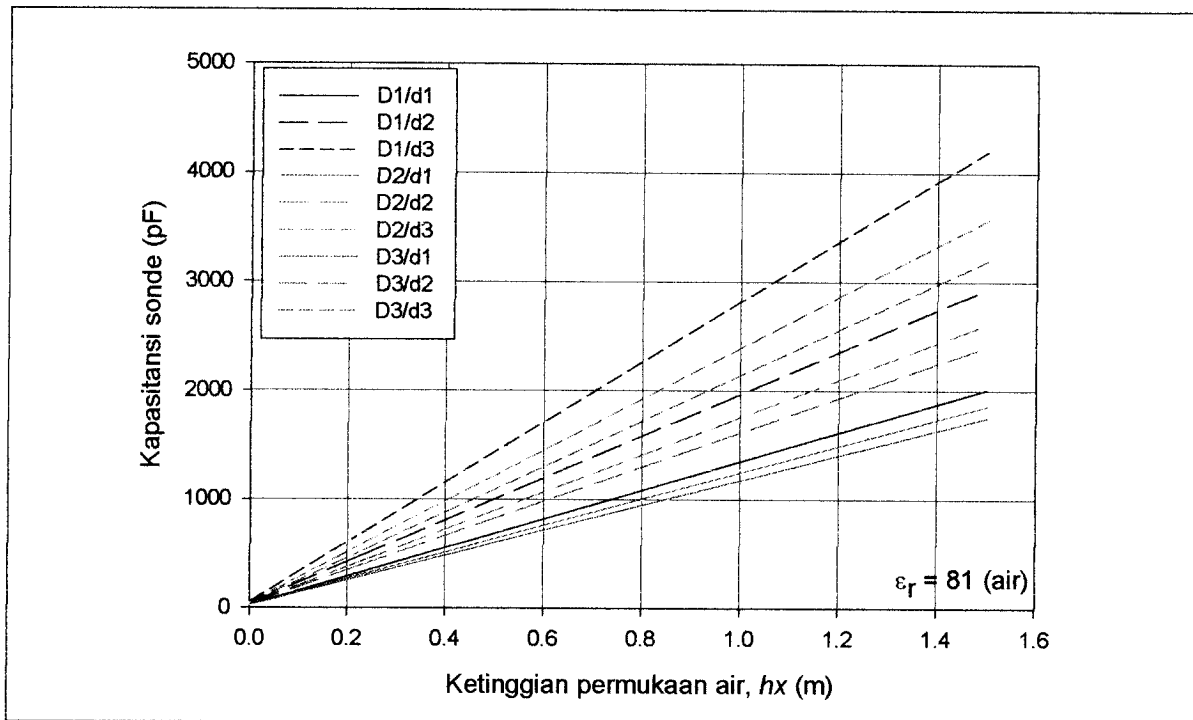
**Tabel 2.** Data-data simulasi perhitungan kapasitansi sonde

| No | Parameter                             | Nilai       |
|----|---------------------------------------|-------------|
| 1. | Panjang sonde luar dan dalam, $L$     | 1.5 m       |
| 2. | Dielektrisitas dari air, $\epsilon_r$ | 81          |
| 3. | Diameter sonde terluar, $D$           | 15 – 25 mm  |
| 4. | Diameter sonde terdalam, $d$          | 0.52 – 3 mm |

Simulasi dan perancangan model sensor mempergunakan program MathCad, MathLab dan SigmaPlot untuk mengetahui besarnya kapasitansi yang dapat diukur sesuai dengan kebutuhan panjang sonde pengukuran. Parameter simulasi

disesuaikan dengan ketersediaan bahan penelitian seperti ukuran diameter , dimensi silinder, ketebalan pelat serta jenis logam yang dipergunakan.

Dari hasil pengamatan dan eksperimen terlihat tidak terdapat perbedaan signifikan besarnya kapasitansi terukur antara penggunaan sonde dengan diameter yang sama tetapi berbeda bahan. Perbedaan penggunaan material pembuat sensor seperti stainless steel atau bahan tembaga hanya lebih dipengaruhi oleh faktor kekuatan (robustness) sensor yang dipasang pada aliran sungai yang relatif kuat berombak, faktor korosi pada penggunaan waktu yang lama serta berat sensor. Hasil dari perhitungan simulasi pengukuran kapasitansi sonde berdasarkan persamaan (4) diberikan pada gambar 5 berikut ini.



**Gambar 5.** Hasil perhitungan simulasi untuk menentukan besarnya kapasitansi probe sensor dengan  $D_1=15\text{mm}$ ,  $D_2=20\text{mm}$ ,  $D_3=25\text{mm}$  dan diameter sonde terdalam  $d_1=0,52\text{mm}$ ,  $d_2= 1,5\text{mm}$  dan  $d_3= 3\text{mm}$ , dengan permitivitas air  $\epsilon_r=81$ .

Dari gambar 5 terlihat bahwa perubahan kapasitansi total  $C$  yang merupakan kombinasi kapasitansi sensor pada kondisi kosong ( $hx = 0\text{m}$ ) yaitu  $C_0$  dan perubahan kapasitansi  $\Delta C$  yang merupakan fungsi ketinggian permukaan air  $hx$  naik secara linier terhadap perubahan besarnya ketinggian permukaan air dan mempunyai rentang nilai dari 2010,48 – 4199.73pF. Kenaikan ini akan lebih signifikan dengan meningkatnya ukuran diameter terluar  $D$  dari sensor. Perhitungan ini akan memberikan informasi tentang besarnya frekuensi ukur dari rangkaian osilator yang

akan mengubah besaran fisis ketinggian permukaan air menjadi kapasitansi dan frekuensi osilator tersebut. Namun demikian, setelah dilakukan pembuatan sensor, data hasil simulasi tidak bisa divalidasi dengan data yang diperoleh dari eksperimen. Hal ini disebabkan tidak dihitungnya parameter permitivitas dari bahan isolasi sonde terdalam yang terbuat dari bahan PTFE sehingga hasil simulasi dipergunakan untuk memperkirakan dimensi dari sensor yang akan dibuat.

Berdasarkan data yang diperoleh dari stasiun pengamatan banjir Kimpraswil Propinsi Riau diperoleh data bahwa DAS Siak mengalami ketinggian air pasang surut normal 1,5 – 2m setiap harinya. Ketinggian lebih besar daripada ketinggian pasang surut normal tersebut akan berimplikasi banjir di daerah pemukiman penduduk. Untuk itu direncanakan pemasangan sonde adalah pada stasiun ukur yang terdapat pada pinggiran DAS Siak dan mempunyai titik awal pengukuran adalah diatas tinggi air pasang surut tersebut sehingga perubahan yang dideteksi adalah perubahan kapasitansi akibat naiknya air diatas titik 1,5-2 meter tersebut.

#### **V.1.2. Pembuatan Sensor Kapasitif**

Hasil penelusuran diperoleh data bahwa konduktifitas (DHL) dari sungai Siak sangat variatif dari 18 – 80  $\mu\text{S}/\text{cm}$  yang disebabkan oleh berbagai faktor antara lain curah hujan, batuan dan material/bahan kimia terlarut sepanjang DAS, serta faktor lainnya. Berdasarkan hal tersebut diatas maka sonde ukur dari silinder terdalam dari sensor harus diberi selubung isolasi. Untuk itu pada penelitian ini dipergunakan probe sonde dari bahan kawat tembaga berukuran diameter  $\varnothing = 0.5 - 3 \text{ mm}$  yang diberi isolasi bahan PTFE.

Pada awal penelitian telah dilakukan pembuatan sensor dengan tipe pelat sejajar. Namun memberikan hasil tidak memuaskan meskipun material pembuat pelat telah diubah-ubah. Disamping itu, pelat sejajar kapasitor relatif tidak kuat menahan perubahan riak arus air sehingga terjadi perubahan geometri (jarak antara pelat) yang mengakibatkan perubahan kapasitansi sensor. Oleh sebab itu, pembuatan kapasitor pelat sejajar tidak diteruskan.

Kemudian penelitian dilanjutkan dengan membuat sensor kapasitif berbentuk silinder, seperti yang dijelaskan dalam persamaan (4). Pada penelitian ini telah dibuat sonde dari bahan pipa besi stainless steel tipe BS4127-ALSI304 serta silinder tembaga tipe IC:00179H-2005/I yang mempunyai diameter terluar  $\varnothing=15\text{-}25\text{mm}$ . Pada penelitian ini lebih ditekankan penggunaan sonde terluar dari bahan stainless

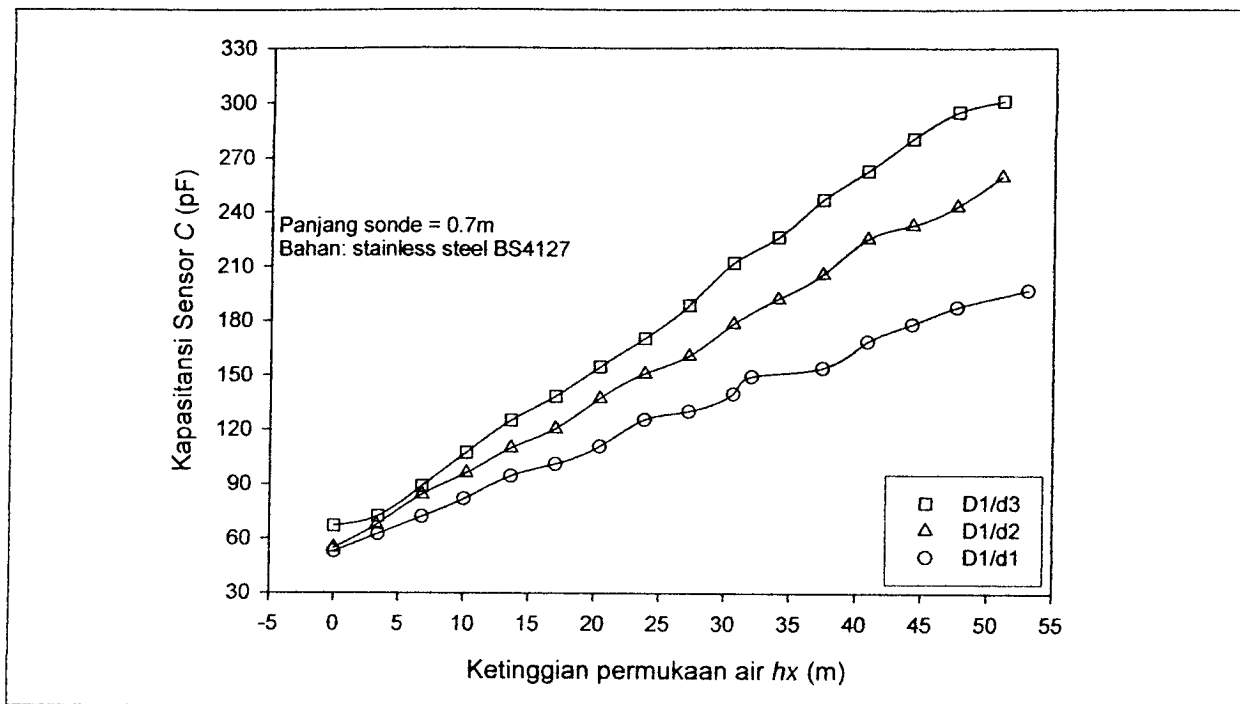
steel dibandingkan tembaga karena sifat-sifatnya yang lebih tahan terhadap korosi dan kuat, sementara logam tembaga mudah mengalami perubahan sifat karena korosi dan teroksidasi oleh udara. Disamping itu pemakaian sonde dari stainless steel dan bahan tembaga tidak memberikan perbedaan hasil perubahan kapasitansi yang signifikan. Oleh sebab itu selanjutnya dipergunakan silinder terluar dari bahan logam stainless steel. Sementara untuk sonde silinder terdalam terbuat dari bahan kawat tembaga berdiameter  $\varnothing=0.52 - 3.0\text{mm}$  yang dibungkus oleh isolasi PTFE karena sifat listrik (DHL) dari DAS Siak mempunyai angka lebih besar dari  $20\mu\text{S/cm}$ . Sonde dari kawat berisolasi PTFE ditempatkan di dalam sonde stainless steel dengan pembatas (spacer) dari bahan teflon untuk menghindari kontak antara silinder luar dengan sonde terdalam sehingga harga jarak,  $d$ , akan konstan selama pengukuran.

Air akan membentuk satu pelat kapasitor dari bahan silinder stainless steel, sementara kawat tembaga membentuk pelat lainnya, dimana isolasi PTFE berfungsi sebagai dielektrik. Akibat kenaikan permukaan air yang memasuki silinder sensor maka luas area dan juga kapasitansi akan berubah secara linier. Namun demikian terdapat juga kapasitansi yang relatif kecil antara kawat dan dinding tabung stainless steel yang akan menurun secara linier dengan ketinggian air. Karena kapasitansi sensor akan bervariasi terhadap ketebalan dan konstanta dielektrik dari isolasi maka penting untuk mempergunakan material yang stabil seperti bahan isolasi dari PTFE, yang juga tidak menyerap air. Disamping itu harus dijaga kapasitansi dari setiap sambungan kabel tetap konstan agar kapasitansi terukur merupakan perubahan akibat ketinggian permukaan air.

Untuk pengujian awal besarnya perbedaan kapasitansi akibat perbedaan diameter sensor maka pada penelitian ini telah dibuat sonde sensor dari berbagai bahan seperti stainless steel dan bahan tembaga dari berbagai diameter serta kawat tembaga terbungkus isolasi PTFE dengan berbagai panjang sonde. Panjang sonde disesuaikan dengan kemampuan rangkaian elektronik dalam mendeteksi besarnya perubahan kapasitansi akibat kenaikan air serta disesuaikan dengan kenaikan maksimum pasang air sungai.

Data hasil pengukuran Dinas Kimpraswil (DPU) Propinsi Riau memperlihatkan bahwa tinggi maksimum air pasang DAS Siak berkisar antara 1,5 – 2 m sehingga panjang sonde diharapkan menjangkau tinggi air pasang. Gambar 6 dan tabel 3 memperlihatkan hasil pengukuran besar kapasitansi sonde sensor dengan variasi

diameter silinder terluar dan sonde terdalam yang berbeda. Namun demikian, sonde terdalam menggunakan isolasi dari bahan yang sama yaitu PTFE untuk membandingkan hasil yang terbaik diantara variasi sensor yang ada.



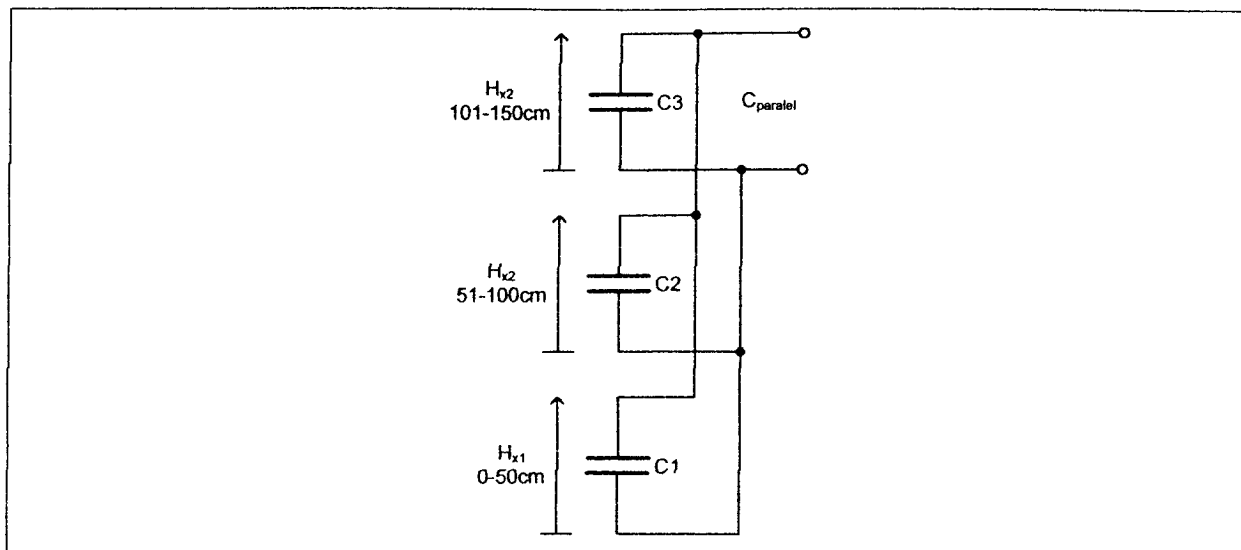
**Gambar 6.** Perubahan kapasitansi akibat kenaikan tinggi permukaan air. Diameter sensor terluar dan sonde terdalam divariasikan dengan  $D_1=25\text{mm}$ ,  $D_2=20\text{mm}$ ,  $D_3=15\text{mm}$ ,  $d_1=0.52\text{mm}$ ,  $d_2=1.5\text{mm}$  dan  $d_3=3\text{mm}$ . Kawat sonde terdalam diisolasi dengan bahan PTFE sebagai dielektrik

**Tabel 3.** Hasil pengukuran sensor kapasitif

| No | Parameter                 | Sensor #1<br>(D1/d1) | Sensor #2<br>(D1/d2) | Sensor #3<br>(D1/d3) |
|----|---------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 1. | Panjang sonde, L (m)      | 0.7                  | 0.7                  | 0.7                  |
| 2. | Kapasitansi awal (pF)     | 52.81                | 54.80                | 67.10                |
| 3. | Kapasitansi maksimum (pF) | 197.22               | 260.41               | 301                  |
| 4. | Sensitivitas (pF/mm)      | 0.283                | 0.403                | 0.458                |

Pada gambar 6 terlihat bahwa terjadi kenaikan yang relatif linier antara besarnya kapasitansi sensor C (dalam pF) terhadap naiknya permukaan air  $h_x$ . Demikian pula sensitivitas akan membesar dengan kenaikan besarnya sonde terdalam dari sensor. Besarnya ketinggian deteksi dibatasi untuk menghindari patahnya sonde dalam pemasangan serta untuk mempermudah desain rangkaian elektronik pengubah

besaran kapasitansi menjadi tegangan atau frekuensi. Untuk mengantisipasi tidak sensitifnya sonde ukur pada panjang maksimum air pasang maka direncanakan untuk memasang sensor secara bertingkat menyesuaikan dengan ketinggian muka air. Susunan ini sama dengan membuat sensor kapasitif dalam susunan paralel, seperti ditunjukkan dalam gambar 7 berikut ini.

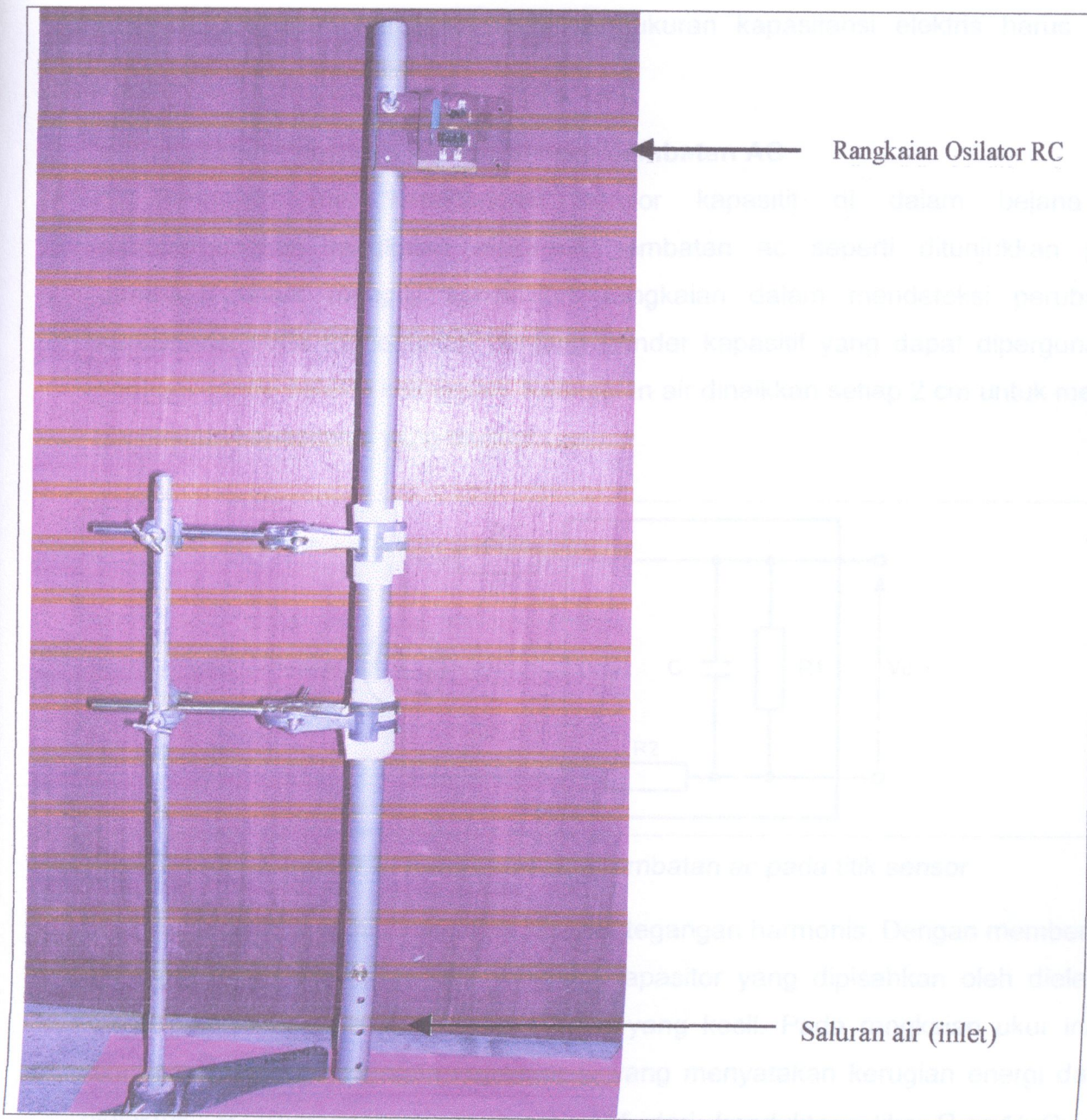


**Gambar 7.** Kapasitansi sonde dalam susunan paralel untuk pengukuran sampai dengan ketinggian permukaan  $h_x = 1,5\text{m}$

Setelah dilakukan pengukuran maka dilakukan karakterisasi sensor mempergunakan beberapa tipe rangkaian elektronik yaitu dengan mempergunakan rangkaian AC Bridge, Osilator RC/LC dan rangkaian pengubah dari kapasitansi ke frekuensi dan tegangan. Masing-masing kelebihan dan kekurangan dari rangkaian akan dijelaskan berikut ini.

Prototipe sonde sensor yang telah dibuat tanpa rumahan dari bahan PVC dengan dimensi  $L = 0.7\text{m}$ ,  $D = 25\text{mm}$  dan  $d = 1.5\text{mm}$  diberikan pada gambar 8 berikut ini. Sonde sensor pada rumahan ditempatkan pada silinder PVC yang berdiameter 250mm yang berfungsi sebagai rumahan dan untuk menjaga sonde dari benturan benda-benda keras yang ada pada DAS Siak. Disamping itu berfungsi utama untuk menjaga riak air yang masuk ke sonde relatif tenang, yang bergelombang akibat hilir mudiknya perahu dan speedboat sarana transportasi utama DAS Siak. Pada bagian bawah sensor terdapat lubang-lubang kecil untuk masuknya air sungai (inlet) untuk menjaga permukaan yang naik adalah permukaan pasang surut dan bukan diakibatkan oleh naiknya pasang mendadak akibat ombak. Untuk prototipe sebenarnya, sonde yang terendam di dalam air lebih panjang dari prototipe.





**Gambar 8.** Prototipe sensor kapasitif untuk mengukur tinggi permukaan air dengan rangkaian pengolah isyarat, dengan  $L=0.7\text{m}$ ,  $D=25\text{mm}$  dan  $d=1.5\text{mm}$ . Isyarat sensor diolah menggunakan osilator RC yang mengubah besarnya kapasitansi  $C$  menjadi frekuensi  $f$

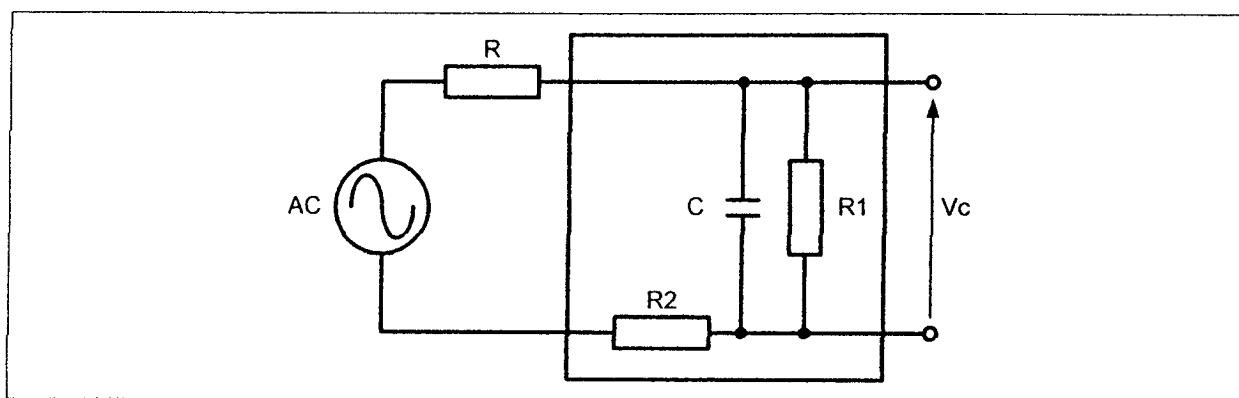
### V.1.3. Karakterisasi Sensor

Pengukuran dan pengujian sensor kapasitif (karakterisasi) dilakukan di dalam bejana air menggunakan beberapa metode pengolahan isyarat dengan rangkaian elektronik. Hal ini bertujuan untuk mengubah besaran fisis yang diukur berupa ketinggian air,  $h_x$ , menjadi besaran elektris kapasitansi, tegangan dan frekuensi. Sensor pengukur ketinggian air seharusnya tidak dipengaruhi oleh variasi

konduktivitas air sehingga metode pengukuran kapasitansi elektris harus tidak dipengaruhi oleh konduktivitas.

#### a. Rangkaian Pengolah Isyarat Sensor Jembatan AC

Pengujian dan karakterisasi sensor kapasitif di dalam bejana air mempergunakan rangkaian elektronik jembatan ac seperti ditunjukkan pada gambar 9 untuk menguji sensitivitas rangkaian dalam mendeteksi perubahan kapasitansi serta menentukan panjang silinder kapasitif yang dapat dipergunakan sebagai sonde deteksi ketinggian. Ketinggian air dinaikkan setiap 2 cm untuk melihat perubahan kapasitansi yang diukur.



**Gambar 9.** Rangkaian ukur jembatan ac pada titik sensor

Rangkaian ukur ini dicatu oleh sumber tegangan harmonis. Dengan memberikan tegangan sinus ke kedua pelat silinder kapasitor yang dipisahkan oleh dielektrik cairan akan menyebabkan rugi-rugi daya yang kecil. Pada rangkaian ukur ini  $R_1$  dihubungkan paralel dengan kapasitor  $C$  yang menyatakan kerugian energi dalam dielektrik.  $R_2$  menyatakan resistansi aktif dari konduktor. Jika  $R_1 \gg 1/\omega C$  dan  $R_2 \ll 1/\omega C$  maka rugi-rugi energi pada  $R_1$  dan  $R_2$  dapat diabaikan. Besarnya frekuensi osilasi ditentukan oleh panjang sonde ukur.

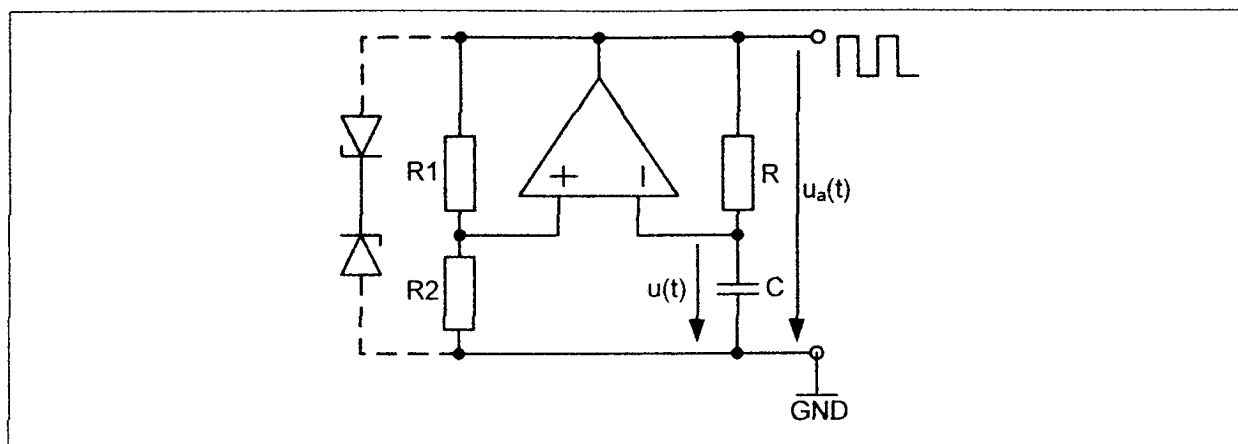
Pada penelitian ini telah dilakukan pengukuran mempergunakan jembatan ac dimana frekuensi dari sumber tiruan (dummy) berasal dari alat Fungsi Generator yang divariasikan antara 20Khz – 2 Mhz. Metode dengan jembatan AC tidak memberikan hasil yang memuaskan sehingga tidak diteruskan.

#### b. Osilator RC/LC

Penelitian dilanjutkan dengan mengkarakterisasi sensor mempergunakan rangkaian osilator RC dan LC. Pada kedua rangkaian pengolah isyarat ini, sinyal



output yang merupakan reaksi dari hasil pengukuran dalam bentuk perubahan kapasitansi dan resistansi dapat diubah menjadi sinyal frekuensi dengan osilator relaksasi. Osilator ini direalisasikan dengan mempergunakan suatu rangkaian multivibrator astabil seperti diperlihatkan dalam gambar 10 berikut ini:



**Gambar 10.** Rangkaian osilator relaksasi sederhana

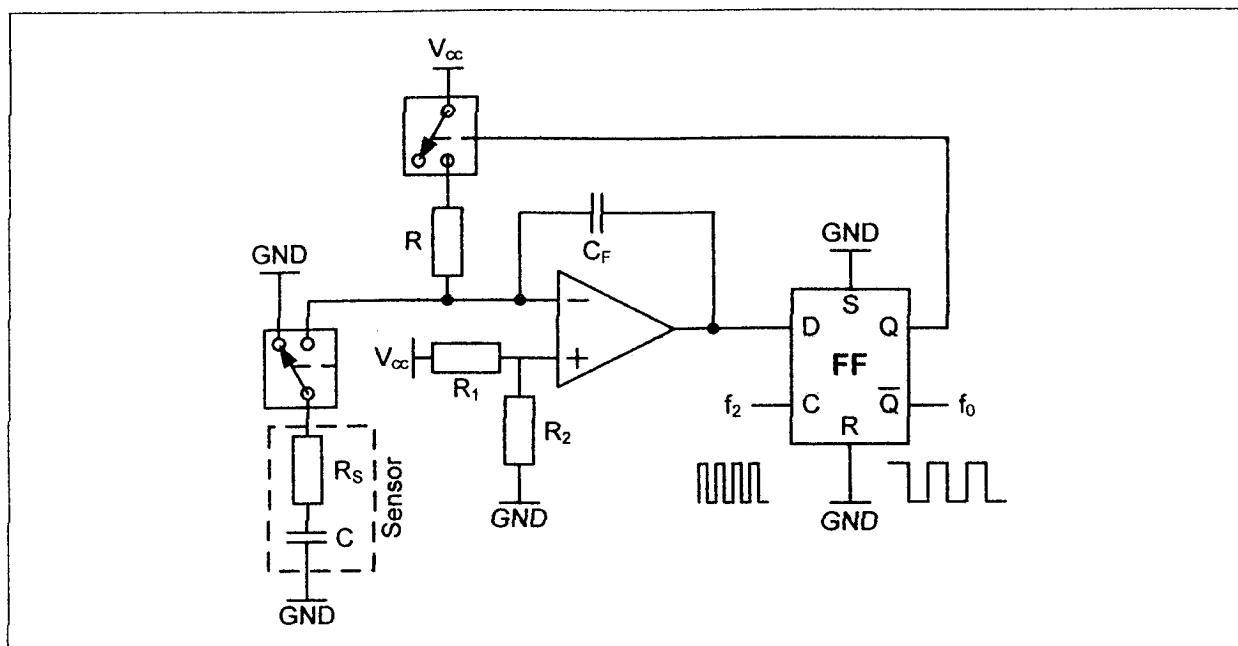
Pengisian dan pengosongan kapasitor secara berulang memberikan hasil pembangkitan gelombang persegi yang periodanya diberikan persamaan (5) berikut:

$$T = 2RC \cdot \ln \left[ 1 + 2 \cdot \left( \frac{R_2}{R_1} \right) \right] \quad (5)$$

Rangkaian ini memberikan hasil yang memuaskan seperti telah dipergunakan pada sonde sensor, namun osilator sangat mudah dipengaruhi oleh faktor suhu. Oleh sebab itu pada penelitian ini dilaksanakan percobaan mempergunakan konverter dari kapasitansi ke frekuensi dan tegangan.

### c. Pengubah Kapasitansi ke Frekuensi dan Tegangan (C/F dan C/V Converter)

Gambar 11 memperlihatkan rangkaian dasar pengubah dari kapasitansi ke frekuensi. Pengubahan ini untuk mempermudah pembacaan hasil pengukuran baik mempergunakan frequency counter maupun perangkat akuisisi data ke komputer. Disamping itu, untuk pengiriman data melalui jaringan transmisi gelombang radio (telemetry), pengubahan ke bentuk frekuensi mempermudah sinyal pengukuran ditumpangkan ke frekuensi carrier dari rangkaian pemancar.



**Gambar 11.** Rangkaian dasar untuk pengubah kapasitansi ke frekuensi menggunakan clock flip-flop D

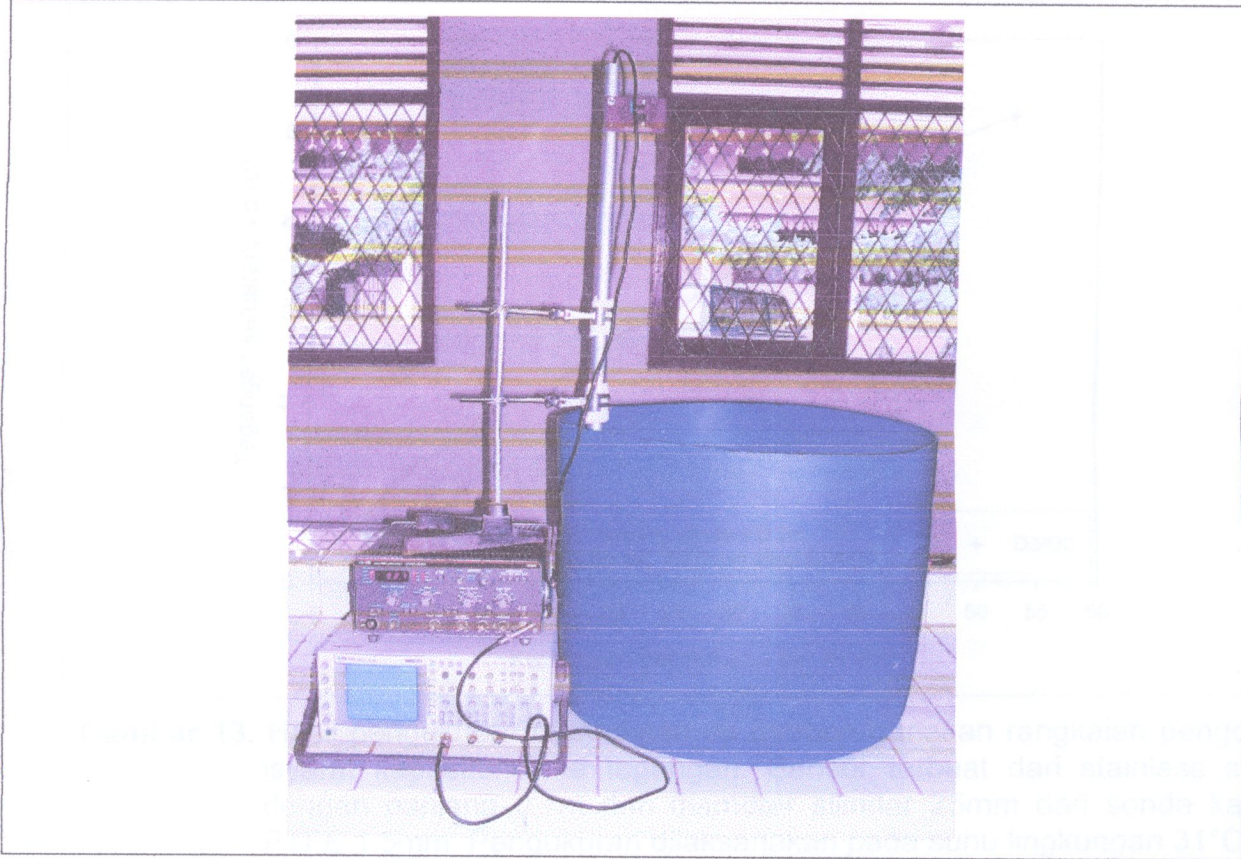
Pada rangkaian diperlihatkan rangkaian integrator mengisi kapasitor feedbacknya,  $C_F$ , menggunakan flip-flop D dan mensaklar sejumlah muatan tersebut ke masukannya jika tegangan keluaran diatas tingkat logika flip-flop. Sinyal arus diberikan dengan memuat berulang-ulang kapasitor sensor C dari input integrator dan kemudian membuangnya. Arus sinyal tidak bergantung pada tahanan seri pada sensor, yang memberikan waktu charge dan discharge cukup panjang ( $1/f_1 \gg R_S C$ ) dan juga tidak dipengaruhi oleh konduktivitas air. Frekuensi keluaran dari rangkaian diberikan oleh

$$f_0 = f_1 f_2 RC \quad (6)$$

Kapasitor umpan balik  $C_F$  harus dijaga tidak terlalu besar sehingga perubahan tegangan output masih dapat terjaga oleh flip-flop. Kualitas dari kapasitor umpan balik juga harus dari kualitas terbaik sehingga dapat mempertahankan keakuratan kesetimbangan muatan. Pada penelitian ini dipergunakan, untuk osilator referensi  $f_2$  menggunakan rangkaian osilator kristal dengan frekuensi 32.768KHz. Rangkaian dari konverter kapasitansi ke frekuensi dan ke tegangan diberikan pada lampiran.

Pengubahan kapasitansi ke tegangan juga dilakukan pada penelitian ini. Hal ini untuk mempermudah akuisisi data menggunakan ADC card ke komputer. Dengan demikian dapat mempermudah pengukuran. Adapun set up pengukuran

mempergunakan C/F converter dan C/V converter diperlihatkan dalam gambar 12 berikut ini.

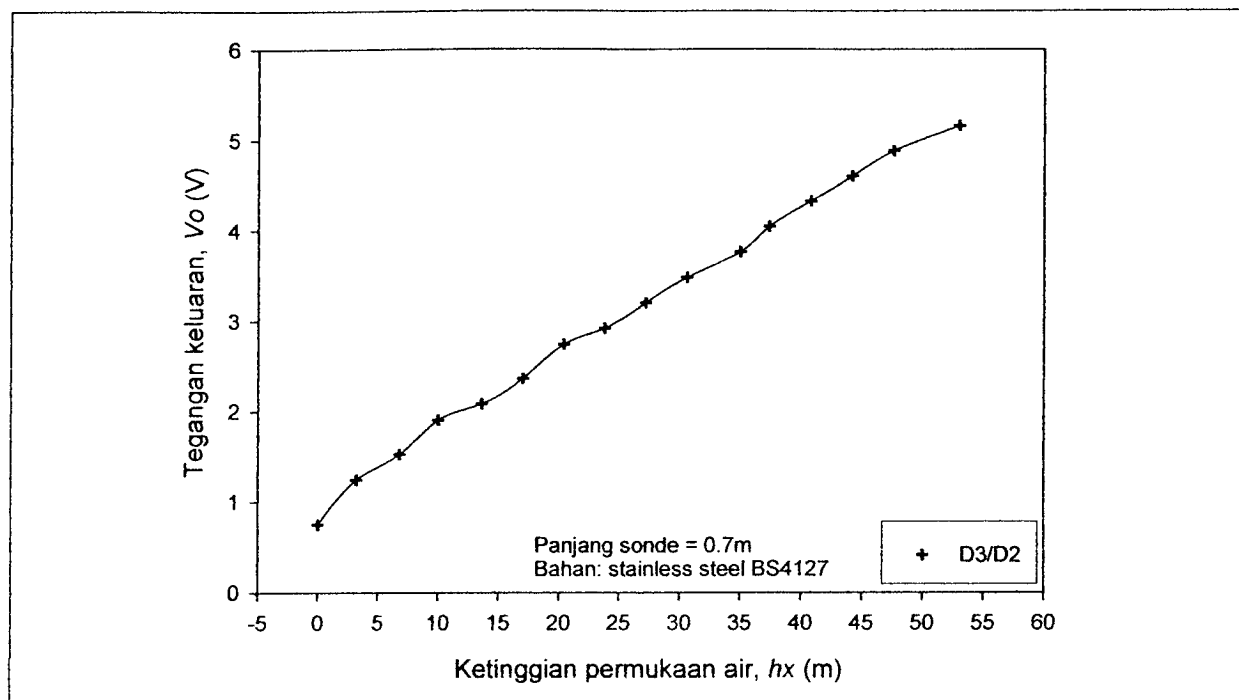


**Gambar 12.** Set up karakterisasi sensor kapasitif

Pengukuran dan karakterisasi sensor dilaksanakan pada skala laboratorium. Setelah dilakukan beberapa pengujian air sungai, terlihat tidak begitu besar perubahan antara sumber air pengukuran DAS di beberapa tempat di kota Pekanbaru, kecuali disekitar pembuangan limbah pabrik plywood dan pengolahan karet. Hal ini disebabkan perubahan dielektrik air yang besar diakibatkan zat-zat kimia yang terbuat ke dalam air. Disamping itu, permukaan sensor akan mudah menjadi berkarat.

Gambar 13 berikut memperlihatkan hasil pengukuran mempergunakan rangkaian konverter kapasitansi ke tegangan. Sensor yang dipergunakan mempunyai panjang 0.7 m dengan diameter silinder stainless steel terluar 25mm dan besar kawat tembaga terbungkus isolasi PTFE sebesar 1.5mm. Sensor memperlihatkan rentang pengukuran yang linier dari 0 – 530mm dengan tegangan keluaran bervariasi dari 0.75 – 5.15 Volt. Sensitivitas  $S$  sensor yang terukur diperoleh sebesar 9.72 mV/mm ketinggian permukaan air dan dapat ditingkatkan dengan

mengubah besarnya silinder terdalam sensor serta variasi isolasi pembungkus sonde terdalam dengan bahan lain selain PTFE.



**Gambar 13.** Hasil pengukuran permukaan air mempergunakan rangkaian pengolah isyarat kapasitansi ke tegangan. Sensor terbuat dari stainless steel dengan panjang 0.7m dan diameter silinder 25mm dan sonde kawat PTFE 1.5mm. Pengukuran dilaksanakan pada suhu lingkungan 31°C.

Pengukuran dilakukan pada suhu lingkungan 31°C (suhu Kotamadya Pekanbaru) dan hasil pengukuran pada variasi suhu air DAS memperlihatkan tidak ada perubahan yang signifikan. Hal ini disebabkan perubahan suhu gradien antara siang dan malam baik di udara maupun di air tidak begitu tajam.

Untuk membandingkan hasil dari sensor yang dikembangkan maka alat dibandingkan dengan alat kalibrator yang sudah ada dipasaran, seperti diperlihatkan pada lampiran. Dari gambar 13 terlihat bahwa kenaikan permukaan air sungai dapat terdeteksi dengan baik dan memberikan tegangan keluaran yang proporsional secara linier dengan kenaikan permukaan air yang memasuki sensor. Untuk mempermudah pengolahan selanjutnya, level tegangan keluaran disesuaikan dengan level tegangan TTL 5V dan dapat diubah disesuaikan dengan kebutuhan.

Dari hasil penelitian terlihat bahwa telah dihasilkan sensor kapasitif untuk mengukur ketinggian permukaan DAS yang handal dan murah. Pemasangan sensor pada DAS yang sulit dijangkau oleh manusia (remote area) memerlukan suatu sistem transmisi data sehingga dapat ditangkap pada stasiun penerima di daerah

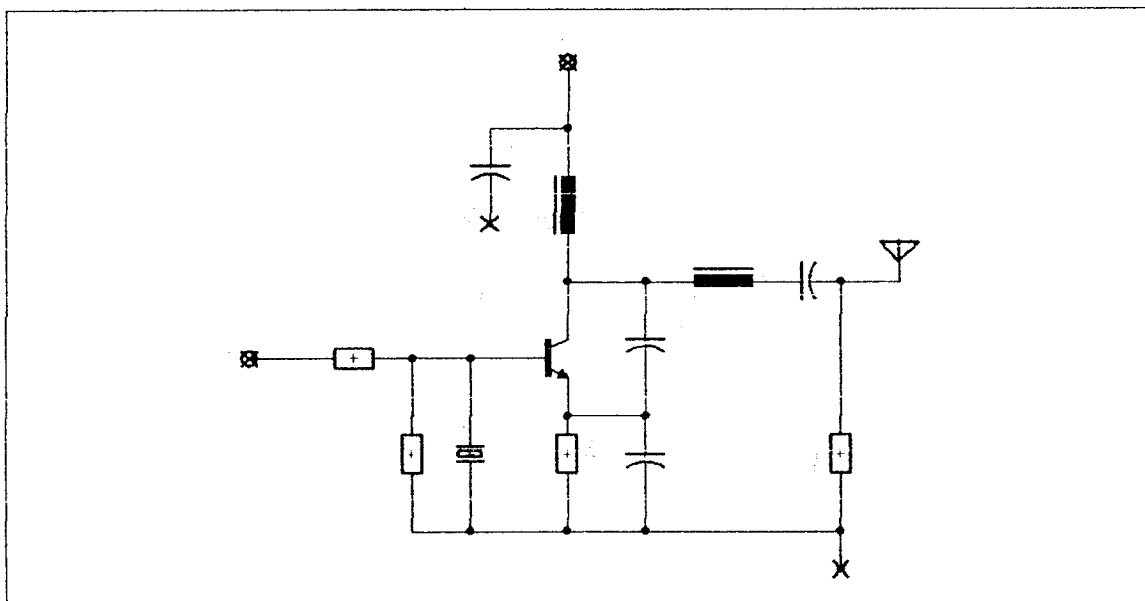
pemukiman penduduk, untuk diolah lebih lanjut dan diinformasikan kepada penduduk dalam bentuk peringatan dini seperti sirine, lampu dan alarm.

## V.2. TAHAP KEDUA (PENELITIAN TAHUN KE-2)

Pada tahun kedua (2007) ini, telah dilakukan serangkaian penelitian yang bertujuan untuk mengembangkan sensor kapasitif yang telah dibuat pada tahun pertama dengan maksud agar data yang telah diukur dapat dikirim melalui gelombang radio (wireless) dengan maksud untuk mengatasi keterisoliran DAS Siak. Adapun penelitian yang dilakukan dijelaskan sebagai berikut.

### V.2.1. Pengembangan Rangkaian Elektronik Transmisi Data

Pengembangan rangkaian elektronik untuk transmisi data. Pada tahap kedua ini didesain rangkaian elektronik pemancar yang bekerja pada panjang gelombang FM 70cm dan frekuensi 433MHz, yaitu berupa rangkaian osilator, modulator dan demodulator, pemancar dan penerima, desain antenna yang dipergunakan untuk mengirim data dari stasiun pendeteksi pada DAS dan stasiun penerima.



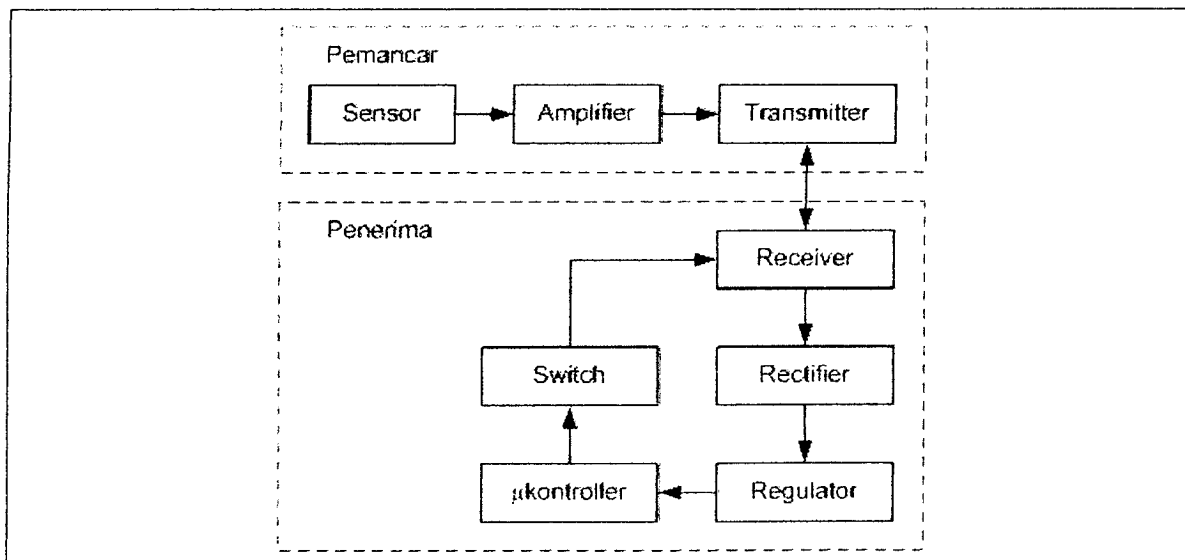
Gambar 14. Rangkaian sederhana pemancar SRD 433Mhz mempergunakan modulasi amplitudo

Pada penelitian ini awal dipergunakan rangkaian pengirim data yang bekerja pada panjang gelombang 70cm atau sekitar 433MHz. Frekuensi ini populer untuk pengiriman data mempergunakan daya rendah (SRDs, short range device) yang umumnya dipergunakan untuk ISM (Industrial, Scientific and Medical) serta tidak memerlukan perizinan untuk mempergunakan slot frekuensi. Rangkaian yang

dipergunakan diperlihatkan pada gambar 14 berikut.

Namun pada eksperimen diperoleh kesulitan untuk memperoleh komponen elektronika yang sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan serta alat untuk menguji apakah rangkaian telah bekerja dengan baik. Disamping itu pengerjaan pembuatan memerlukan kehati-hatian karena bekerja dengan gelombang RF dan faktor interferensi menyebabkan biaya pembuatan dan perakitan menjadi meningkat. Untuk itu pada pengerjaan, pembuatan sistem pengiriman data mempergunakan pemancar SRD ini tidak diteruskan dan diganti dengan sistem lainnya.

Pada penelitian berikutnya dirancang suatu rangkaian radio frekuensi (RF) yang terhubung ke mikrokontroler MSP430. Untuk itu dipergunakan RF Modem Module dengan dengan single board fast controller yang dilengkapi 6 kanal input sebagai pemancar dengan frekuensi 433MHz dan RS232 RF Modem Module-4 yang memungkinkan akuisisi data mempergunakan PC melalui serial bus. Module RF yang dipergunakan banyak tersedia di pasaran dan dapat diperluas untuk menambahkan multiplekser. Pada penelitian ini dipergunakan modul dengan MSP430 platform of ultra-low-power 16-bit RISC mixed-signal processors dari Texas Instrument yang memberikan kemungkinan akuisisi data sensor ketinggian air mempergunakan daya baterai.

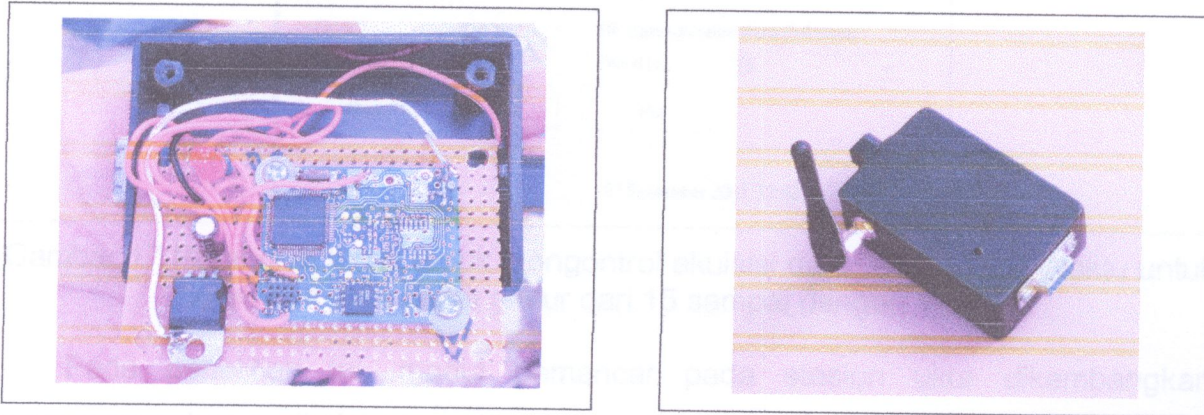


Gambar 15. Rangkaian sederhana pemancar SRD 433Mhz mempergunakan modulasi amplitudo

Dari hasil penelitian diperoleh suatu rangkaian pengukur yang ditempatkan pada stasiun ukur mempergunakan modul RF modem yang bekerja pada ISM Band dengan frekuensi carrier 433,92MHz berdasarkan modulasi frekuensi digital (GFSK)



dan digerakkan dengan catu daya 7-12Volt DC pada beban arus maksimum 100mA. Seperti yang dijelaskan sebelumnya bahwa besaran kapasitif dari sensor yang proporsional dengan ketinggian permukaan air sungai akan diubah menjadi tegangan (capacitance to voltage converter). Data tegangan akan diumpankan input modul RF modem yang berintikan MSP430 mikrokontroler dan dilengkapi dengan ADC 12 bit, sehingga dapat diperluas menjadi pengukuran multi sensor. Disamping itu modul mempunyai daya transmisi sebesar +14dBm sehingga dengan mempergunakan antenna mini omnidirectional seperti diperlihatkan pada gambar (16b) maka system pengukur akan dapat mentransmisikan data dari stasiun ukur sensor (pemancar) ke stasiun control ukur (penerima) dengan posisi antenna berhadapan tanpa halangan (los, face to face) sejauh 1km.

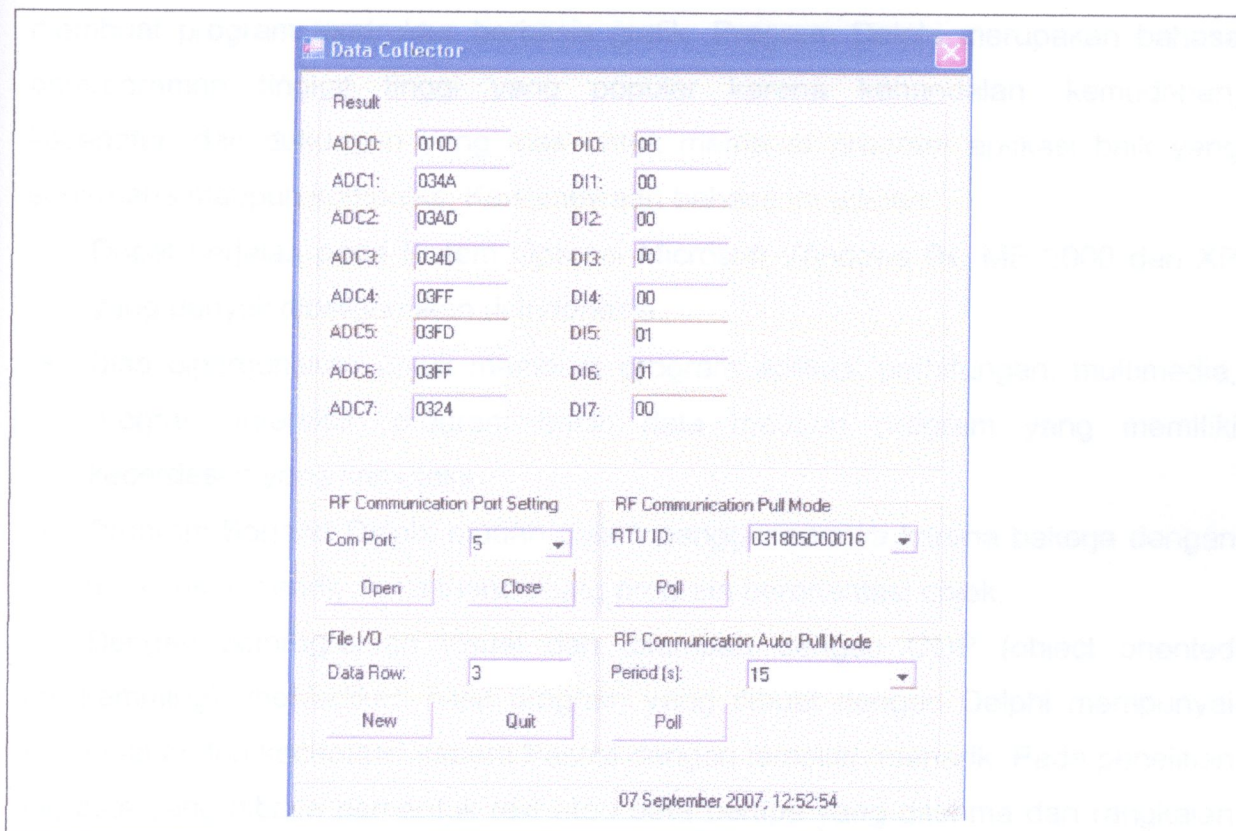


Gambar 16. (a). Rangkaian modul RF modem dengan MSP 430, (b) di dalam rumahan kedap air

Dengan mempergunakan modul MSP430 ini memungkinkan pengiriman data sampai maksimum transfer data 18200bps. Untuk daerah DAS yang terisolir dan terletak jauh dari pemukiman maka dimungkinkan perluasan daerah pancar pemancar dengan memperkuat daya transmisi serta dengan mempergunakan antenna Yagi.

Sementara pada stasiun penerima, modul RF modem TI dengan kontroler MSP430 dilengkapi dengan fasilitas aplikasi UART yang memungkinkan komunikasi serial dengan PC. Pada stasiun control (penerima), modul terhubung dengan PC mempergunakan antar muka serial RS232 dan dikontrol melalui perangkat lunak pengolah yang tersedia untuk menyimpan hasil pengukuran. Pada perangkat lunak, pengambilan data ketinggian permukaan air dapat diseting antara waktu 15-1800 detik pada program data collector, gambar (17).





Gambar 17 Perangkat lunak untuk mengontrol akuisisi data dari sensor. Waktu untuk meretrieve data dapat diatur dari 15 sampai dengan 1800s

Pada penelitian ini, modul pemancar pada stasiun ukur dikembangkan mempergunakan multiplexer menjadi 8 input sehingga memungkinkan tidak hanya pengukuran ketinggian permukaan air sungai melainkan juga dapat dipergunakan untuk mengukur besaran lainnya seperti suhu, kelembaban, kecepatan angin dan lain sebagainya.

Hasil data pengukuran berupa text dan data bertipe sehingga dapat diolah lebih lanjut mempergunakan program Excel. Untuk menampilkan hasil pemantauan ketinggian permukaan sungai pada hulu maka data yang telah diretrieve dari ADC modul MSP430 kemudian diolah mempergunakan program Borland Delphi sehingga dihasilkan tampilan yang memberikan Informasi tentang siaga banjir.

### V.2.2. Pengembangan Perangkat Lunak Display Banjir

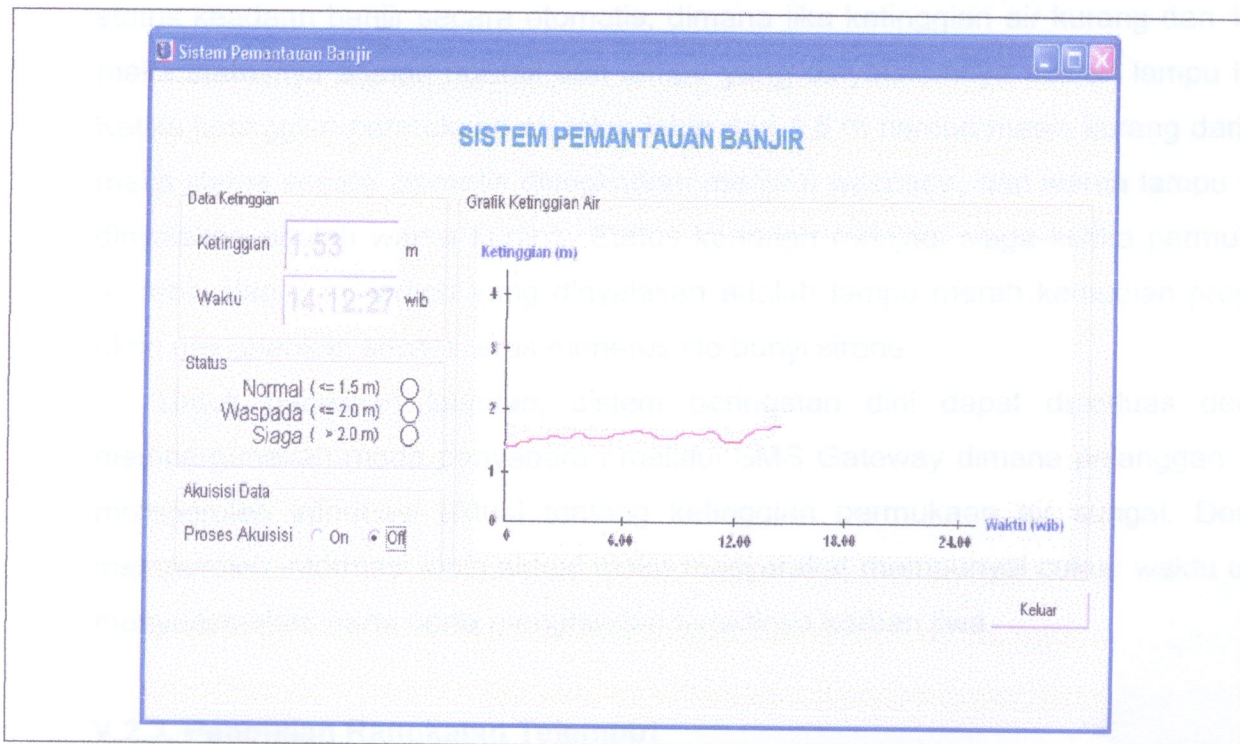
Pada penelitian ini telah dikembangkan suatu perangkat lunak yang dapat menampilkan data hasil pengukuran ketinggian air kapasitif, yang ditransmisikan melalui gelombang radio mempergunakan Program Borland Delphi. Program Delphi ini sendiri mempunyai tipe program prosedural dimana sangat memudahkan dalam



membuat program terstruktur berbasis grafik. Program Delphi merupakan bahasa pemrograman tingkat tinggi yang populer karena kehandalan, kemudahan, kecepatan dan dukungan yang luas untuk membuat program aplikasi baik yang sederhana maupun kompleks. Keistimewaan bahasa ini adalah:

- Dapat berjalan pada Sistem Operasi Microsoft Windows 9x, ME 2000 dan XP yang banyak dipergunakan di Indonesia.
- Bisa dipergunakan untuk membuat program aplikasi perhitungan, multimedia, program interaktif, program basis data maupun program yang memiliki kecerdasan yang kompleks.
- Program Borland Delphi mudah dalam penggunaannya karena bekerja dengan menu user friendly serta mendukung program berorientasi objek.

Dengan pemrograman visual dan ditambah dengan OOP (object oriented programming), menjadikan hasil program yang dibuat dengan Delphi mempunyai kehandalan dan kecepatan seperti Pascal dengan tampilan menarik. Pada penelitian ini, data yang dibaca berbentuk text atau data bertipe yang diterima dari rangkaian penerima telemetri dan kemudian ditampilkan seperti pada gambar 18 berikut ini:



Gambar 18. Tampilan menu Sistem Pemantauan Banjir yang memberikan informasi tentang ketinggian permukaan air sungai yang dikirim secara telemetri

Hasil ini kemudian ditampilkan sesuai dengan kurva kalibrasi sensor untuk yang pertama kali serta dengan mempergunakan data DPU Propinsi Riau tentang kriteria

banjir dan ketinggian muka air sungai Siak dimana memberikan informasi bahwa ketinggian DAS sangat fluktuatif berkisar antara 0,5-1,5 m. Jika permukaan air lebih besar dari 1,5m maka akan berakibat pada terjadinya banjir di beberapa tempat di kota Pekanbaru.

Aliran data yang diakuisisi dari ADC berupa data-data angka (digital) diterjemahkan dalam bentuk pasangan data waktu dan ketinggian yang ditampilkan dalam bentuk grafik real time waktu vs ketinggian. Pada bahasa pemrograman Delphi, grafik dibuat pada objek Paint Box dimana pasangan data waktu dan ketinggian ditampilkan pada properties canvas sebagai sebuah point (titik), point yang terus menerus ditampilkan akan membentuk grafik yang real time. Data yang diterima juga ditampilkan pada panel data ketinggian, sehingga dapat dilihat angka ketinggian air secara lebih teliti pada suatu saat.

Data yang diterima dapat disimpan didalam media penyimpan dengan memilih radio button on pada proses akuisisi, sebaliknya jika media penyimpan tidak mencukupi dapat dipilih radio button off.

Pada program sistem pemantauan banjir ini dibuat fasilitas untuk menentukan status keadaan banjir secara otomatis, dimana jika ketinggian air kurang dari 1,5 m maka statusnya adalah normal dan lampu yang dinyalakannya adalah lampu hijau. Ketika ketinggian permukaan air telah lebih dari 1,5 m namun masih kurang dari 2 m maka status secara otomatis ditingkatkan menjadi waspada, dan warna lampu yang dinyalakan adalah warna kuning. Status keadaan menjadi siaga ketika permukaan air lebih dari 2 m, lampu yang dinyalakan adalah lampu merah kemudian program akan menjalankan secara terus menerus file bunyi sirene.

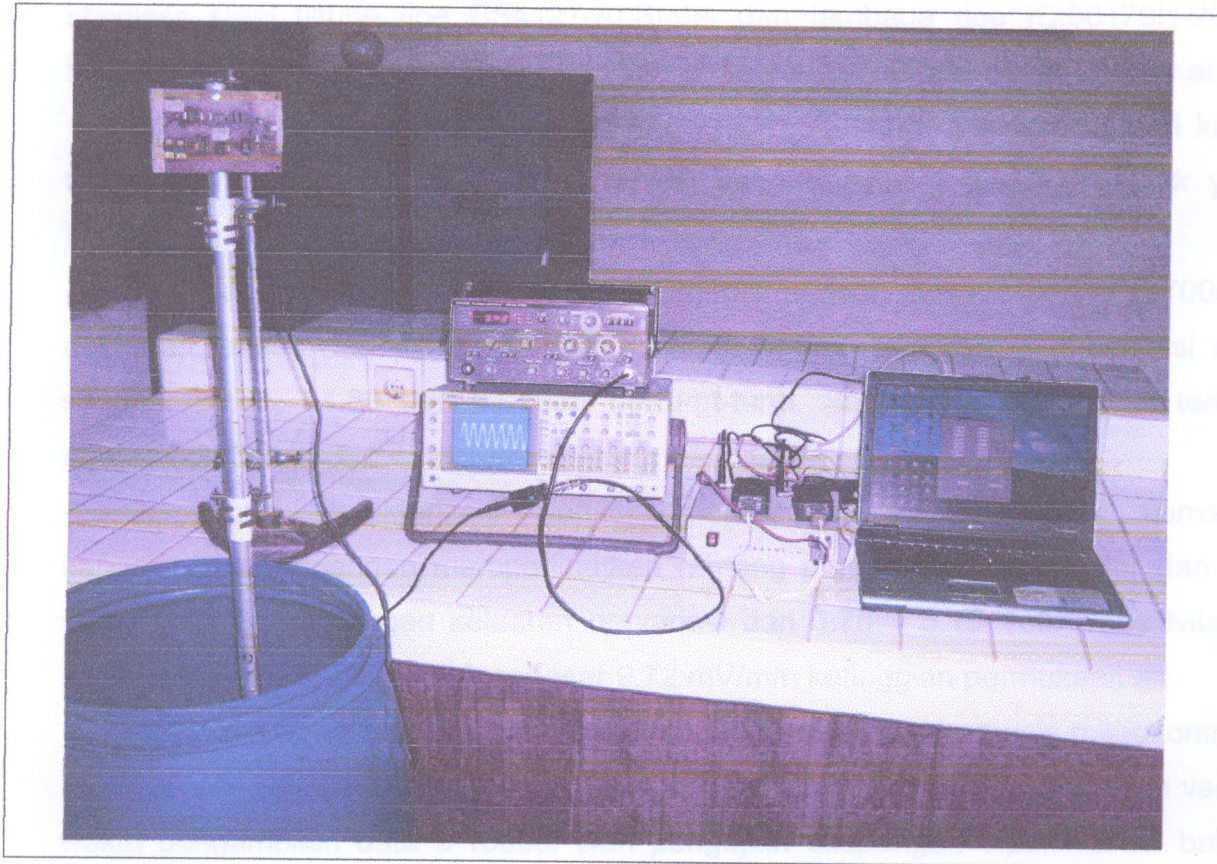
Untuk penelitian lanjutan, sistem peringatan dini dapat diperluas dengan mempergunakan moda penyebaran melalui SMS Gateway dimana pelanggan akan memperoleh informasi aktual tentang ketinggian permukaan air sungai. Dengan memperoleh informasi lebih aktual maka masyarakat mempunyai cukup waktu untuk menyelamatkan harta serta menghindari terjadinya korban jiwa.

### **V.2.3. Pengujian Rangkaian Telemetry**

Menguji sistem pengiriman data pengukuran mempergunakan stasiun pemantau dan stasiun penerima dengan mengubah-ubah posisi dan jarak antara kedua stasiun. Pada awalnya dipergunakan data *dummy* yang dihasilkan oleh fungsi generator untuk menggantikan fungsi sensor yang sebenarnya. Hasil dari pengiriman



kemudian di simpan untuk dibandingkan dengan data sebenarnya. Pada awalnya, pengujian dilakukan di laboratorium dengan jarak maksimum 5m seperti diperlihatkan pada gambar (19), setelah itu dilakukan pengujian di udara terbuka dengan memvariasikan jarak face to face antara kedua perangkat pemancar dan penerima.



Gambar 19. Susunan alat untuk pengujian system pendeteksi dini bahaya banjir di dalam laboratorium.

Dari hasil percobaan diperoleh gambaran bahwa sistem berjalan dengan sampai dengan jarak 500m. Kemungkinan besar penyebab tidak maksimalnya pengiriman data disebabkan oleh faktor penghalang seperti gedung, pepohonan dan lain sebagainya. Oleh karena daya yang dipancarkan modul RF modem relatif sangat kecil dan berhubungan dengan kebutuhan ISM maka diperlukan perluasan kemampuan daya pancar dari rangkaian serta dengan mempergunakan antena luar dengan satu arah seperti Yagi. Dengan demikian, jarak transmisi dapat diperluas untuk mencapai salah satu stasiun kontrol.