

RANCANG BANGUN *SOUND LEVEL METER* BERBASIS MIKROKONTROLER AT89S51

Wildian dan Rahmi Putri Wirman
Jurusan Fisika Universitas Andalas
wildian@fmipa.unand.ac.id

Abstrak

Bising merupakan bunyi yang termasuk dalam katagori polutan lingkungan dan dapat mengganggu kesehatan. Untuk mengukur tingkat kuat bunyi kebisingan ini diperlukan *sound level meter*. Telah dilakukan rancang bangun *sound level meter* berbasis mikrokontroler AT89S51 dengan mikrofon sebagai sensor dan *7-segment* sebagai penampil. Intensitas bunyi diubah menjadi tegangan analog dengan menggunakan mikrofon, dan dikondisikan dengan menggunakan penguat tak-membalik (*non-inverting amplifier*) serta rangkaian detektor puncak (*peak detector*). Sinyal analog keluaran rangkaian ini diubah menjadi sinyal digital dengan menggunakan ADC0804, dan kemudian diolah lebih lanjut oleh mikrokontroler AT89S51 dengan menggunakan bahasa *assembly* untuk ditampilkan pada penampil *7-segment*. *Sound level meter* hasil rancangan ini dapat digunakan untuk mengukur tingkat intensitas bunyi hingga 105,3 dB, dengan kesalahan relatif maksimum sebesar 2,9%.

Kata-kunci: *Sound Level Meter*, Intensitas Bunyi, Mikrokontroler, Bahasa Assembly

1. Pendahuluan

Bunyi terkait dengan indra pendengaran kita dan, oleh sebab itu, terkait dengan keadaan fisik telinga serta psikologi otak yang menerjemahkan sensasi yang tiba di telinga tersebut. Sensasi ini dapat disadari oleh otak jika terpenuhi tiga hal berikut. Pertama, harus ada sumber bunyi berupa obyek yang bergetar. Kedua, harus ada medium yang mentransfer energi (dalam bentuk gelombang longitudinal) dari sumber tersebut. Dan ketiga, harus ada 'sensor' atau 'detektor' yang menerima atau mendeteksi bunyi tersebut, yaitu telinga atau instrumen elektronik.

Untuk manusia, ada dua aspek bunyi yang mempengaruhi sensasi kesadarannya, yaitu kenyaringan alias tinggi-rendahnya bunyi (*pitch of sound*) dan kuat-lemahnya bunyi (*loudness*). Besaran fisis yang menentukan kenyaringan bunyi adalah frekuensi. Makin tinggi frekuensinya, makin tinggi/nyaring pula bunyi yang terdengar. Telinga manusia normal hanya mampu merespon bunyi dengan frekuensi antara 20 Hz hingga 20.000 Hz, yang dikenal sebagai rentang bunyi yang dapat didengar (*the audible range*).

Adapun kuat-lemah bunyi terkait dengan suatu besaran yang dapat diukur secara fisis, yaitu intensitas gelombang. Intensitas didefinisikan sebagai energi yang ditransportasikan oleh suatu gelombang per satuan waktu melalui satu satuan luas. Telinga manusia dapat mendeteksi intensitas bunyi serendah 10^{-12} W/m^2 dan setinggi 1 W/m^2 . Di atas rentang ini, meskipun masih dapat diterima telinga manusia, namun menyakitkan (Giancoli, 1998).

Untuk menyatakan tingkat intensitas bunyi biasanya digunakan skala logaritmik, dengan satuan desibel (dB).

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

dengan β = kuat bunyi (dalam dB); I = intensitas yang diterima (dalam W/m^2) dan I_0 = intensitas ambang pendengaran = $1,0 \times 10^{-12} \text{ W/m}^2$.

Dalam kehidupan sehari-hari, ada bunyi yang nyaman untuk dengar, ada pula bunyi yang bersifat mengganggu atau tak diinginkan (*unwanted sound*). Jenis bunyi yang terakhir ini dikenal dengan istilah bising.

"Bising" menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 48/MenLH/1996 adalah bunyi yang tidak diinginkan dari usaha atau kegiatan dalam tingkat dan waktu tertentu yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan dan kenyamanan lingkungan. Kebisingan dapat pula diartikan sebagai bentuk bunyi yang tidak sesuai dengan tempat dan waktunya, sehingga secara umum kebisingan dapat diartikan sebagai bunyi yang merugikan manusia dan lingkungannya. Bahkan, bising dapat dikategorikan sebagai polutan lingkungan, suatu buangan yang tak terlihat tapi berefek cukup besar (Gabriel, 2001). Oleh karena bising merupakan bunyi yang termasuk dalam katagori

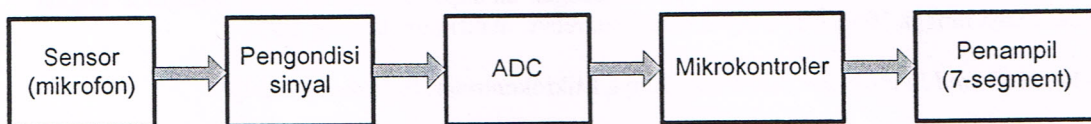
polutan lingkungan dan dapat mengganggu kesehatan, maka kita perlu mengetahui tingkat intensitas bunyi yang ada di lingkungan kita dan, oleh sebab itu, diperlukan alat untuk mengukur tingkat kuat bunyi kebisingan tersebut. Alat ini dikenal dengan nama *sound level meter* (selanjutnya disingkat: SLM).

SLM merupakan alat ukur dengan basis sistem pengukuran elektronik. Meskipun pengukuran bisa dibuat secara langsung dengan cara mekanis, sistem pengukuran elektronik memberikan banyak keuntungan untuk beberapa pengukuran, antara lain kecepatan sistem dalam mengambil, mengirim, mengolah, dan menyimpan data (Buchla dan McLachlan, 1992).

SLM banyak dijual di pasaran namun alat ini masih tergolong mahal. Penelitian ini bertujuan merancang-bangun suatu SLM dengan biaya yang relatif murah dan dapat diandalkan ketepatannya.

2. Metode

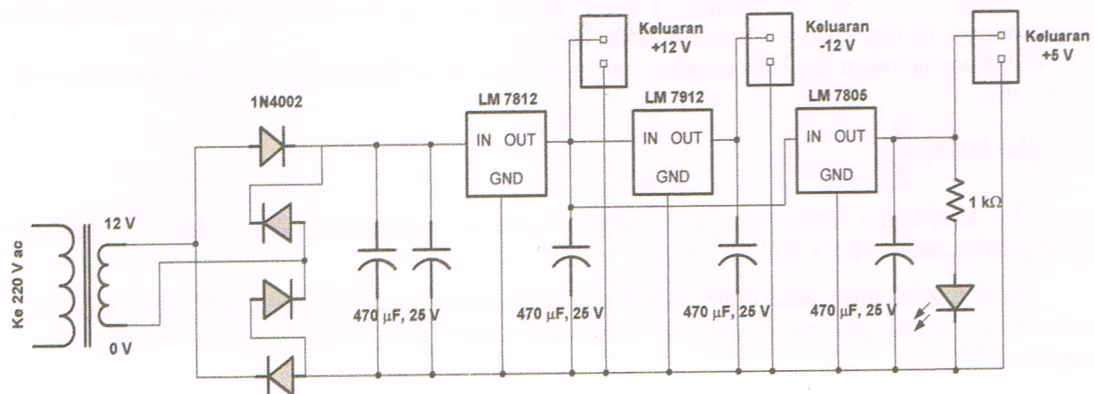
Penelitian ini dilakukan dengan metode perancangan perangkat-keras (*hardware*) dan perangkat-lunak (*software*) sistem pengukuran, serta pengujian alat pada tahap akhir. Perancangan perangkat-keras meliputi perancangan sistem sensor, rangkaian pengondisi sinyal, rangkaian pengonversi sinyal analog-ke-digital (ADC), rangkaian pengolah dan pengontrol (mikrokontroler), dan rangkaian penampil (display), seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1: Diagram blok rangkaian *sound level meter*

Untuk mengubah besaran fisis (dalam hal ini: bunyi) menjadi besaran listrik, digunakan sensor berupa sebuah mikrofon. Sinyal keluaran mikrofon (berupa tegangan listrik analog) kemudian dikondisikan sedemikian sehingga tegangan maksimum keluarannya mendekati atau sama dengan +5V. Sinyal keluaran pengondisi sinyal yang masih berupa sinyal analog ini kemudian diubah menjadi sinyal digital dengan menggunakan piranti ADC (*analog-to-digital converter*), yaitu ADC0804. Sinyal keluaran dari ADC ini selanjutnya diolah oleh mikrokontroler untuk kemudian ditampilkan dalam bentuk angka desimal oleh penampil. Penampil yang digunakan dalam perancangan ini adalah 3 buah piranti *seven segment*.

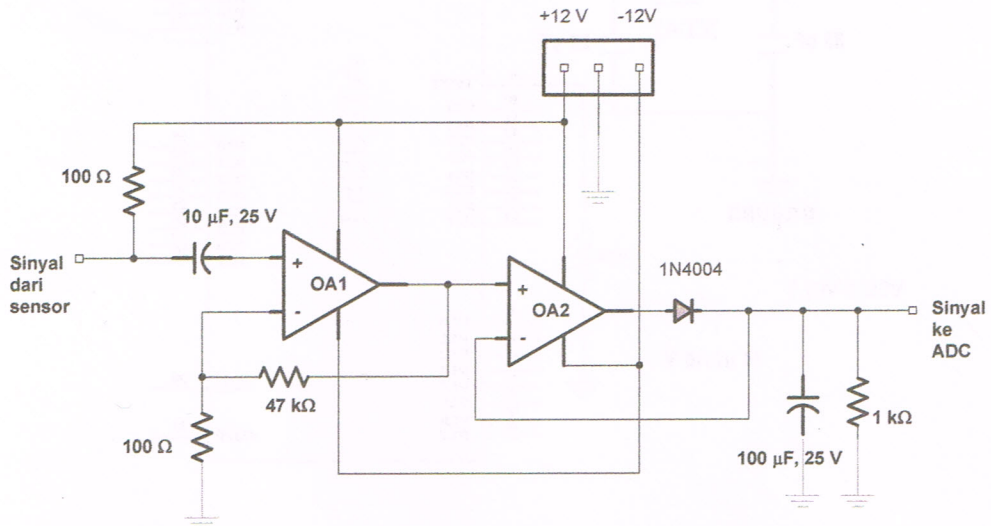
Rangkaian SLM ini dicatu dengan tegangan +5 V dan ± 12 V. Catudaya +5 V digunakan untuk mencatu ADC dan mikrokontroler, sedangkan catudaya ± 12 V digunakan untuk mencatu op-amp LM 741. Ketiga catudaya ini diperoleh dari sebuah trafo 12 V, setelah terlebih dahulu melalui IC regulator LM 7812, LM 7912, dan LM7805, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



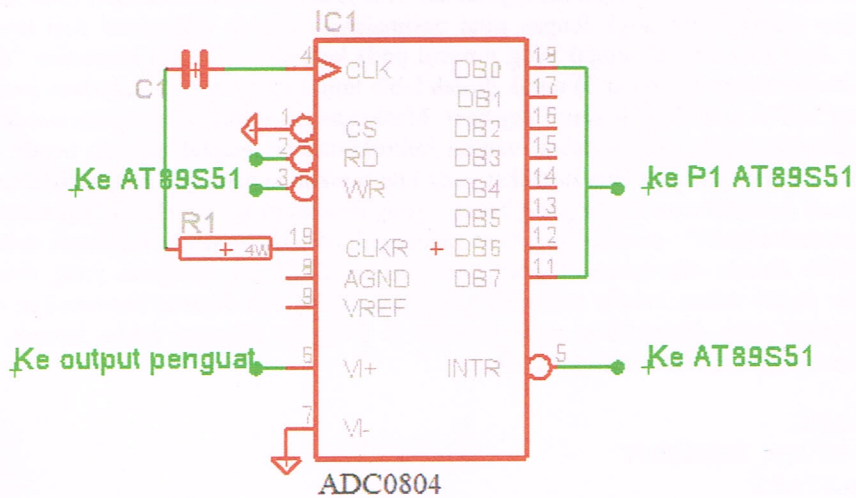
Gambar 2: Skematik rangkaian catudaya +5V dan ± 12 V

Sebelum dirakit menjadi satu kesatuan sistem alat ukur, masing-masing blok rangkaian diuji dan dikarakterisasi terlebih dahulu. Sensor (mikrofon) dikarakterisasi dengan membangkitkan bunyi

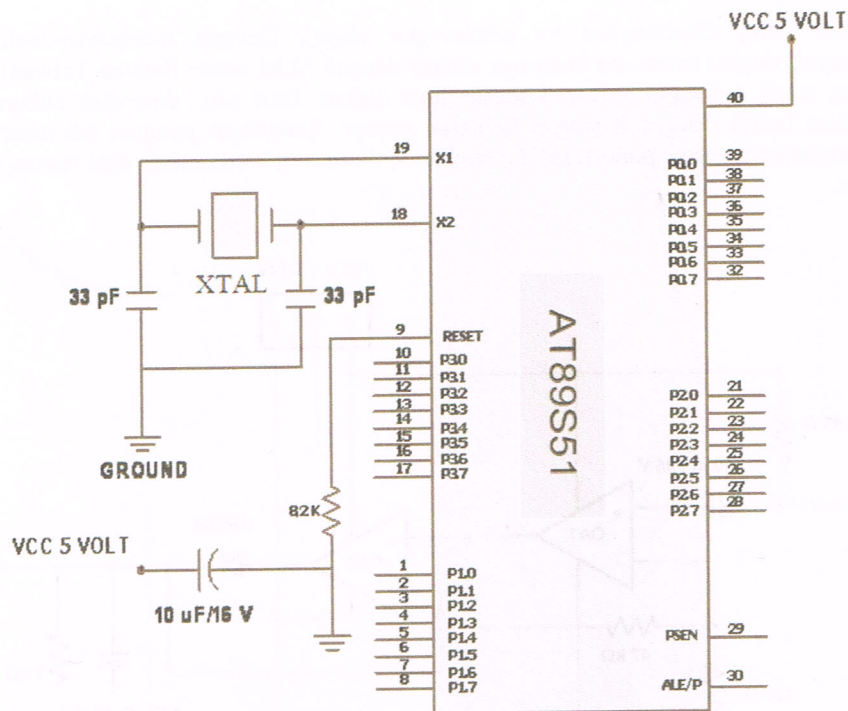
melalui speaker yang dihubungkan ke pembangkit sinyal. Dengan mengubah-ubah frekuensi pembangkit sinyal, tingkat intensitas bunyinya diukur dengan SLM acuan (buatan Taiwan). Pada saat dan jarak yang sama, tegangan keluaran sensor juga diukur. Dari sini diperoleh hubungan antara tingkat intensitas bunyi dengan tegangan keluaran sensor. Rangkaian penguat tak-membalik yang diikuti oleh rangkaian detektor puncak aktif (Gambar 3) dirancang berdasarkan data tegangan keluaran sensor tersebut.



Gambar 3: Skematik rangkaian penguat



Gambar 4: Skematik rangkaian ADC0804



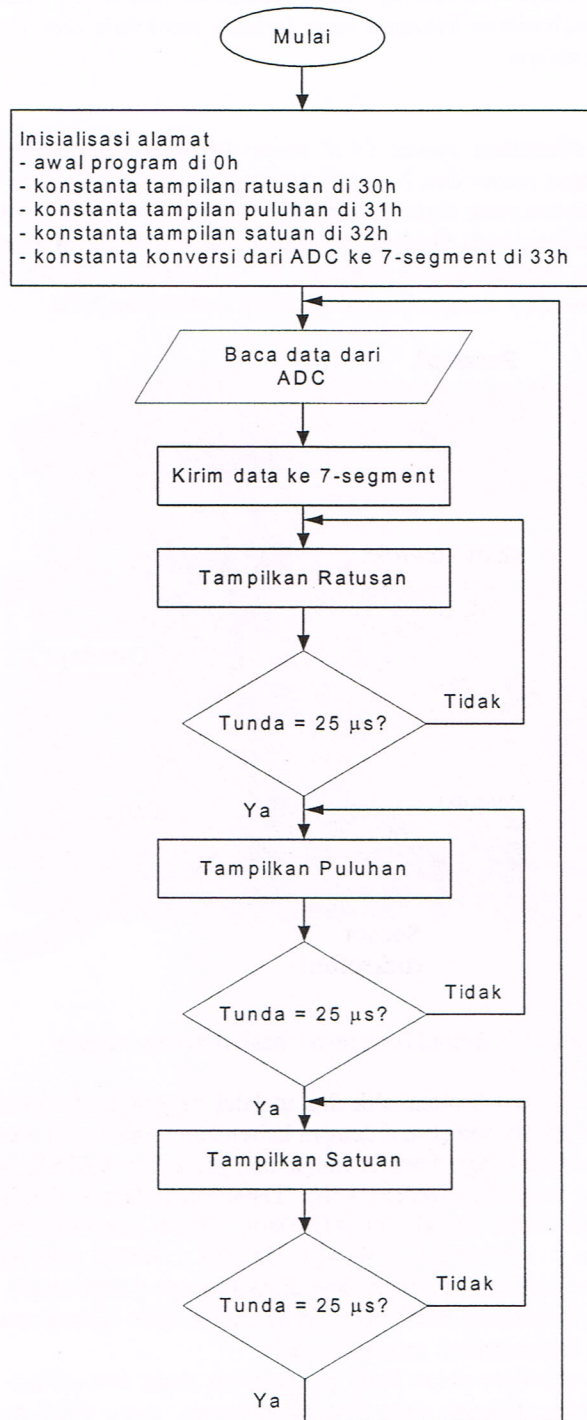
Gambar 5: Skematik rangkaian minimum mikrokontroler

Sinyal keluaran dari rangkaian ini dirancang sedemikian sehingga tegangan maksimumnya tidak melebihi +5 V. Sinyal ini kemudian diumpankan ke ADC (Gambar 4). Blok rangkaian ADC juga dikarakterisasi terlebih dahulu dengan menggunakan LED *tester* untuk memastikan linieritas hubungan antara tegangan masukan (analog) dengan nilai desimalnya—setelah dikonversi dari bentuk angka biner (*binary digit*, bit). Sinyal digital yang muncul pada keluaran ADC ini kemudian ”dibaca” oleh rangkaian mikrokontroler (Gambar 5) untuk diolah lebih lanjut agar dapat ditampilkan pada rangkaian penampil yang terdiri atas 3 buah *seven segment*. Meskipun memiliki kemampuan untuk melakukan pengolahan data dan kerja pengontrolan, namun mikrokontroler tetaplah sebuah benda mati—yang tidak dapat melakukan apa-apa tanpa instruksi yang kita berikan kepadanya. Instruksi-instruksi ini pun haruslah tersusun dalam urutan logika yang benar—yang disebut program. Untuk ”membaca” data dari ADC dan ”memerintah” piranti *7-segment* menampilkan data tersebut, misalnya, mikrokontroler haruslah terlebih dahulu diprogram. Dalam perancangan SLM ini, program yang ditanamkan ke mikrokontroler ditulis dalam bahasa *assembly* (Agfianto, 2004) dan disusun berdasarkan diagram alir (*flowchart*) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6. Program disusun dalam bentuk paket-paket subrutin, dengan program utama sebagai berikut:

START:

```
call ADC
call SEVEN_SEGMENT
sjmp START
```

Program yang telah dibuat kemudian ditanamkan ke mikrokontroler dengan menggunakan perangkat lunak AEC-ISP. Setelah itu, dilakukan pengujian terhadap alat ukur (SLM) hasil rancangan dengan menggunakan beberapa sumber bunyi dengan tingkat kebisingan yang bervariasi. Hasilnya dinyatakan dalam bentuk kesalahan relatif alat rancangan terhadap alat acuan.



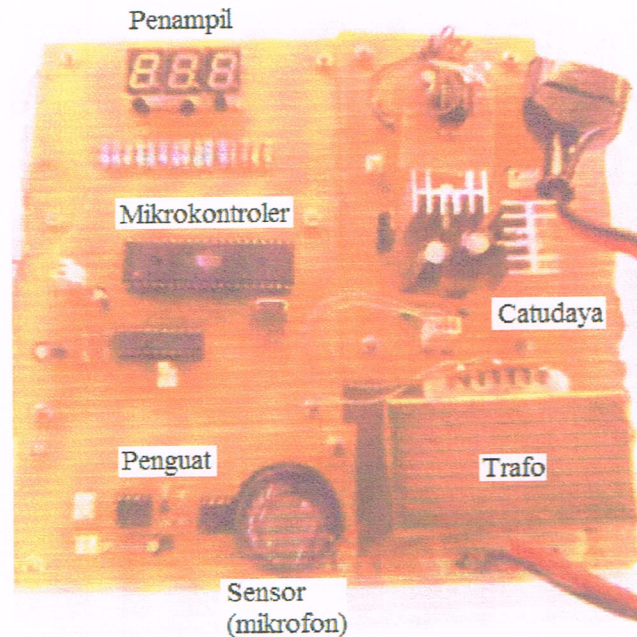
Gambar 6: Diagram alir program kerja mikrokontroler

$$Kesalahan\ relatif(\%) = \frac{SLM_{rancangan} - SLM_{acuan}}{SLM_{rancangan} (maks) - SLM_{rancangan} (min)} \times 100\%$$

Pengujian akhir dilakukan berupa uji reproduibilitas—suatu uji alat untuk mengetahui kemampuan alat dalam menghasilkan keluaran yang (relatif) sama bila diberi sinyal masukan yang sama dan pada kondisi yang serupa.

3. Hasil dan Diskusi

Pada penelitian ini telah dihasilkan *sound level meter* berbasis mikrokontroler AT89S51 yang menggunakan mikrofon sebagai sensor dan 7-segment sebagai penampil (Gambar 7). Dari karakterisasi sensor diperoleh bahwa mikrofon yang digunakan mampu mendeteksi tingkat kebisingan hingga 105,3 dB, dan linieritasnya ditunjukkan pada Gambar 8. Hasil karakterisasi ini menunjukkan bahwa sinyal keluaran sensor relatif linier, dengan fungsi transfer: $V_o = 0,0667x - 1,4488$ volt, dengan x adalah tingkat intensitas bunyi (dalam dB). dengan kesalahan relatif maksimum 2,9%.



Gambar 7: *Sound level meter* hasil rancang-bangun

Setelah dikuatkan dengan penguat tak-membalik dan melalui rangkaian detektor puncak aktif, sinyal keluarannya kini menjadi lebih baik dan sesuai dengan kebutuhan (Gambar 9). Dari grafik karakteristik sinyal keluaran tersebut diperoleh fungsi transfer rangkaian, yaitu $V_o = 4,9254 x - 0,0001$ volt, dengan x adalah tegangan masukan rangkaian (dalam volt). Tegangan keluaran dari pengondisi sinyal ini kemudian dikonversi menjadi sinyal digital oleh ADC0804. Piranti pengubah sinyal analog-ke-digital ini memiliki fungsi transfer $y = 51,879 x - 0,2461$, dengan x adalah nilai tegangan analog yang diumpangkan ke ADC, dan y adalah nilai desimal yang dihasilkannya (Gambar 10).

Sinyal digital yang dihasilkan ADC inilah yang diolah oleh mikrokontroler untuk kemudian ditampilkan pada 7-segment dalam bentuk angka desimal.

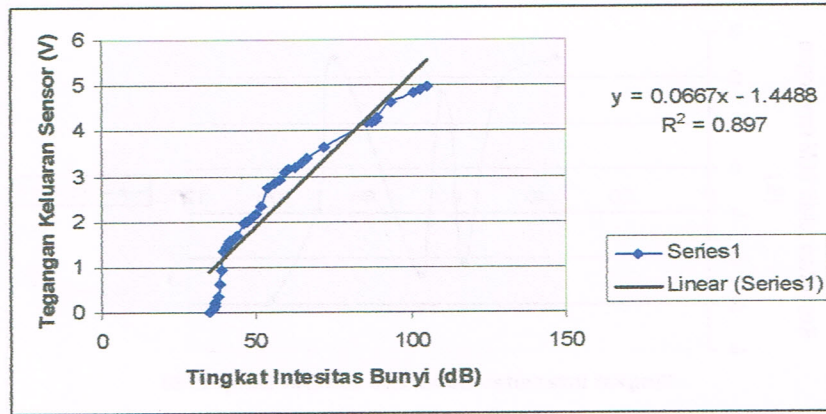
Untuk mengetahui seberapa dekat hasil pengukuran yang ditampilkan SLM rancangan ini dengan hasil pengukuran yang terbaca pada alat ukur acuan, maka dilakukan pengujian dengan menggunakan beberapa sumber bunyi dengan tingkat kebisingan yang bervariasi, mulai dari suasana rumah yang sepi, bunyi hentakan sepatu, bunyi gelas jatuh, bunyi mobil lewat, bunyi klakson motor, hingga bunyi mesin di pabrik roti. Hasilnya ditampilkan dalam bentuk grafik kesalahan relatif alat ukur rancangan terhadap alat ukur acuan (Gambar 11).

Dari hasil pengukuran diperoleh kesalahan relatif maksimum alat hasil perancangan sebesar 2,9%.

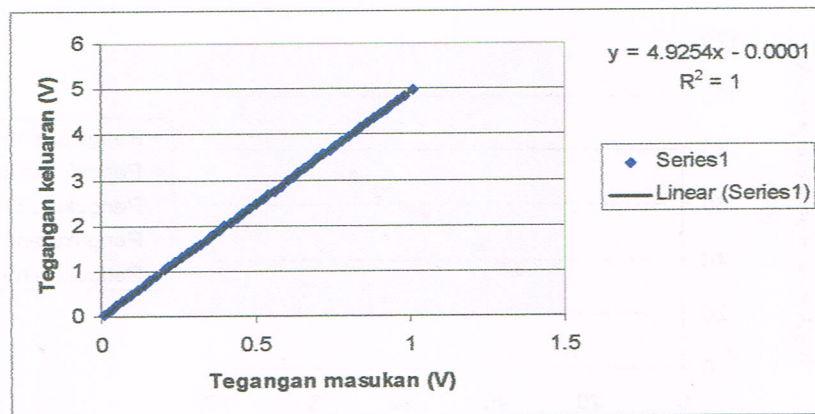
Dari hasil uji reproduibilitas, alat ukur yang dibuat ini terbukti mampu menampilkan hasil pengukuran yang konsisten (paling tidak untuk 5 kali pengukuran berulang), seperti ditunjukkan pada Gambar 12.

4. Kesimpulan

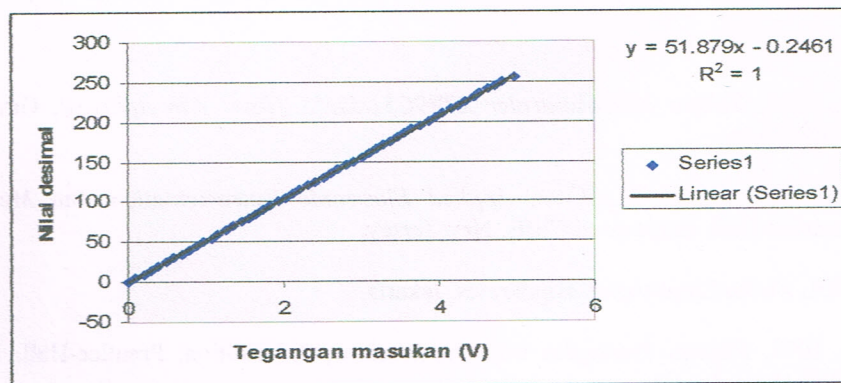
Berdasarkan data hasil pengukuran dan pengujian dalam penelitian ini dapat ditarik kesimpulan bahwa *sound level meter* yang telah dirancang ini dapat digunakan untuk mengukur tingkat intensitas bunyi hingga 105,3 dB, dengan kesalahan relatif maksimum sebesar 2,9%.



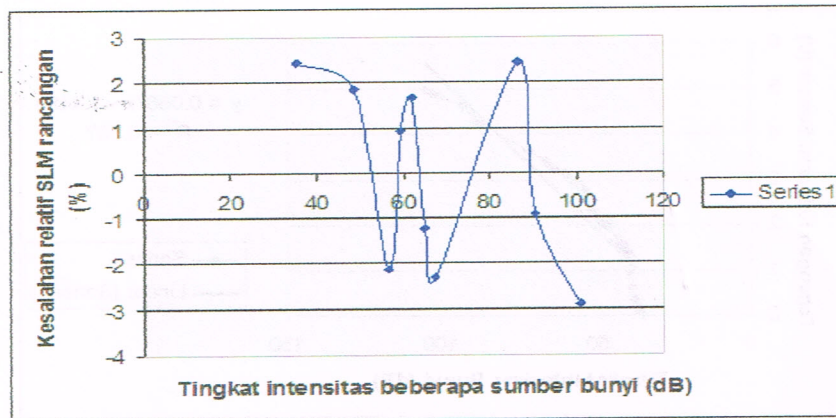
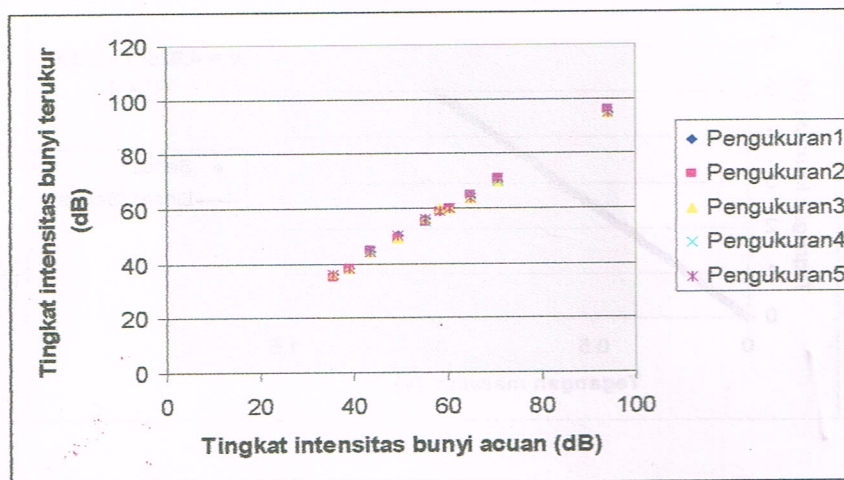
Gambar 8: Karakteristik fungsi tranfer sensor



Gambar 9: Karakteristik fungsi transfer penguat dan detektor puncak.



Gambar 10: Karakteristik fungsi transfer ADC0804

Gambar 11: Kesalahan relatif *sound level meter* rancanganGambar 12: Hasil uji reproduibilitas *sound level meter* rancangan

Daftar Pustaka

- Agfianto, E.P., 2004, *Belajar Mikrokontroler AT89C51/52/55 (Teori dan Aplikasi)*, Gava Medika, Yogyakarta.
- Buchla, D., and McLachlan, W., 1992, *Applied Electronic Instrumentation And Measurement*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Gabriel, J.F, 2001, *Fisika Lingkungan*, Hipokrates, Jakarta.
- Giancoli, D.C, 1991, *Physics Principles with Applications*, 3rd Edition, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Malvino, A.P., 1985, *Prinsip-prinsip Elektronika*, Jilid 2, Erlangga, Jakarta.