

PENGUKUR PERCEPATAN GRAVITASI MENGGUNAKAN GERAK HARMONIK SEDERHANA METODE BANDUL

Syahrul, John Adler, Andriana

Jurusan Teknik Komputer, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Komputer Indonesia
Jl. Dipatiukur No. 112-116, Bandung 40132; Telp: (022) 2503054
email: syahrul_syl@yahoo.com, johndadler2zz@yahoo.com

ABSTRAK

Pada tulisan ini dipaparkan rancang bangun peralatan untuk keperluan Praktikum Fisika Pengukur Percepatan Gravitasi dengan Gerak Harmonik Sederhana Metode Bandul. Metode bandul yaitu metode penghitungan percepatan gravitasi dengan menggunakan bandul seperti bola pejal dari besi yang terhubung dengan tali yang diikatkan pada tiang statip. Bandul ini diayunkan dengan sudut θ tertentu sehingga terjadi Gerak Harmonik Sederhana. Panjang tali diukur dari ujung statip ke pusat massa bandul yaitu di tengah-tengah diameter bandul. Pengganti alat stopwatch secara manual adalah menggunakan timer mikrokontroler basic stamp, kemudian input data (panjang tali dan banyak ayunan) melalui keypad dan pergerakan naik turun panjang tali bandul dilakukan oleh motor stepper serta hasil perhitungan percepatan gravitasi ditampilkan dalam Liquid Crystal Display (LCD). Untuk pengukuran panjang tali, waktu dan jumlah ayunan telah dilakukan secara otomatis pada mikrokontroler.

Kata Kunci : Percepatan Gravitasi, metode bandul, Mikrokontroler

I. PENDAHULUAN

Fisika dasar pada umumnya relatif sulit dipahami karena banyaknya rumus-rumus yang mesti dipelajari dan juga alat-alat praktikum fisika sederhana yang pengukurannya masih manual. Pada kegiatan praktikum fisika dasar kemudahan dan kepraktisan dalam proses pelaksanaannya merupakan satu tuntutan yang harus diperhatikan benar karena selain dapat meningkatkan kinerja paraktikum sekaligus juga dapat mengoptimalkan waktu kegiatan praktikum mahasiswa.

Dari latar belakang inilah penulis melakukan rancang bangun peralatan praktikum tersebut dengan memanfaatkan sensor infra merah untuk mendeteksi jumlah ayunan bandul dan waktunya. Pencatatan waktu dapat lebih aktual karena dalam rancangan ini digunakan perhitungan *timer system* yang terdapat dalam mikrokontroler.

Dengan adanya perancangan alat praktikum ini diharapkan dapat digunakan sebagai alat bantu pendidikan dan mempermudah mahasiswa yang mengikuti kegiatan praktikum dalam pencatatan hasil kegiatan. Hal ini dapat dilakukan oleh mahasiswa hanya dengan melihat langsung dari *display* yang disediakan yaitu berupa LCD yang menampilkan hasil praktikum berupa percepatan gravitasi.

II. RANCANGAN SISTEM

2.1. Gerak Harmonik Sederhana

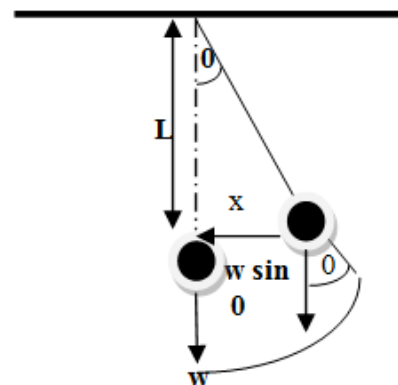
Bila suatu benda bergerak bolak balik terhadap suatu titik tertentu, maka benda tersebut dinamakan bergerak, atau benda tersebut bergetar. Dalam ilmu fisika dasar, terdapat beberapa kasus bergetar, diantaranya adalah gerak harmonik sederhana. Gerak Harmonik Sederhana (GHS)

adalah gerak bolak – balik benda melalui suatu titik keseimbangan tertentu dengan banyaknya getraran benda dalam setiap detik selalu konstan.

Gerak Harmonik Sederhana terjadi karena gaya pemulih (*restoring force*). Dinamakan gaya pemulih karena gaya ini selalu melawan perubahan posisi benda agar kembali ke titik setimbang. Karena itulah terjadi gerak harmonik. Pengertian sederhana adalah bahwa kita menganggap tidak ada gaya disipatif, misalnya gaya gesek dengan udara, atau gaya gesek antara komponen sistem (pegas dengan beban, atau pegas dengan setatipnya).

2.2 Sistem Bandul

Jika sebuah bandul diberi simpangan di sekitar titik setimbangnya dengan sudut ayunan Θ (dalam hal ini sudut Θ kecil), maka akan terjadi gerak harmonis, yang timbul karena adanya gaya pemulihan sebesar $F = m \cdot g \cdot \sin\Theta$ yang arahnya selalu berlawanan dengan arah ayunan bandul.



Gambar 1 GHS Sistem Bandul

Untuk nilai gravitasinya dihitung dengan menggunakan rumus :

$$g = 4 \pi^2 \cdot L/T^2$$

Perangkat Keras dan Perangkat Lunak

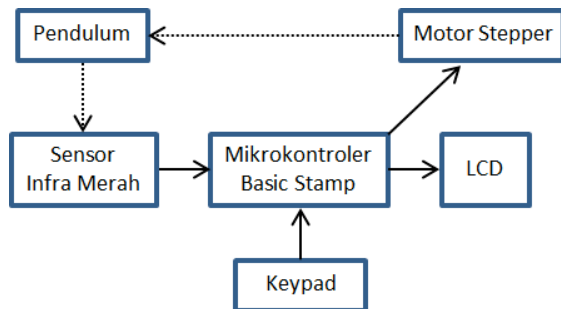
Perangkat keras yang digunakan meliputi:

- 1) Mikrokontroler BS2P40, berfungsi sebagai pengendali perangkat-perangkat yang terhubung dengan mikrokontroler tersebut. Spesifikasi mikrokontroler basic stamp:
 - Mikrokontroler *basic stamp* BS2P40 *InterpreterChip* (PBASIC48W/P40)
 - 8x2 Kbyte EEPROM.
 - Kecepatan prosesor 20MHz Turbo dengan kecepatan eksekusi program hingga 12000 instruksi per detik.
- 2) Motor Stepper merupakan motor DC yang tidak memiliki komutator. Kecepatan motor stepper pada dasarnya ditentukan oleh kecepatan pemberian data pada komutatornya. Semakin cepat data yang diberikan maka motor stepper akan semakin cepat pula berputarnya. gerakan pada rotornya itu dapat dikendalikan oleh pulsa dari mikroprosessor.
- 3) Sinar Infra Merah ialah sinar yang panjang gelombangnya lebih daripada cahaya nampak yaitu di antara 700 nm dan 1 mm.
- 4) Keypad sering digunakan sebagai suatu input pada beberapa peralatan yang berbasis mikroprosessor atau mikrokontroller. *Keypad* terdiri dari sejumlah saklar, yang terhubung sebagai baris dan kolom.
- 5) Tampilan LCD yaitu sebuah perangkat elektronik yang dapat digunakan untuk menampilkan angka atau teks.

Sedangkan perangkat lunak yang digunakan adalah bahasa BASIC yang berbasis pada mikrokontroler Basic Stamp BS2P40..

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Diagram blok sistem secara keseluruhan serta komponen pembangun pengukur percepatan gravitasi menggunakan gerak harmonik sederhana metode bandul diberikan pada Gambar 1.



Gambar 2 Diagram Blok Rancangan Sistem

Diagram blok rancangan sistem pengukur percepatan gravitasi dengan gerak harmonik sederhana metode bandul mempunyai otak Mikrokontroler BS2P40. Sistem ini memanfaatkan LCD sebagai tampilan, mikrokontroller sebagai pengolah informasi dari sensor infra merah, motor stepper sebagai penggerak naik turunnya tali dan keypad sebagai kontrol input panjang tali bandul dan jumlah getar yang diinginkan.

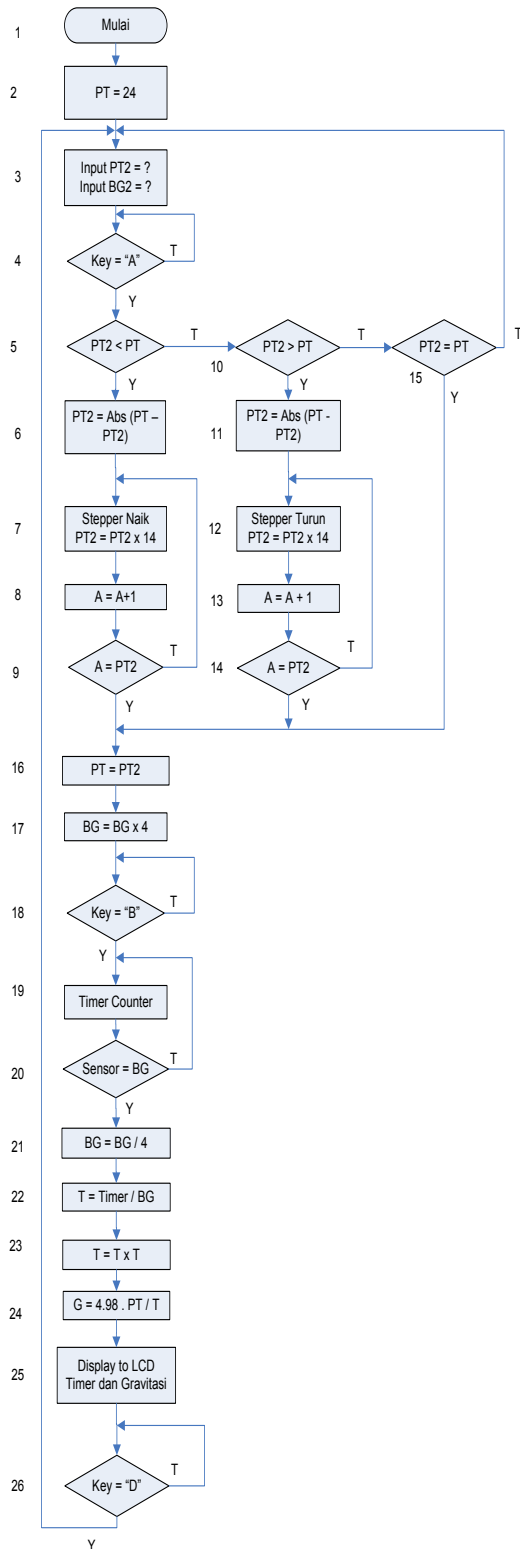
Keterangan Gambar 2:

- a. Blok keypad
Blok keypad ini berfungsi sebagai inputan panjang tali bandul dan berapa banyak getar yang diinginkan, kemudian akan dijadikan *database* oleh mikrokontroler yang akan ditampilkan pada LCD.
- b. Blok Mikrokontroller
Blok mikrokontroller ini berfungsi sebagai pengolah informasi dari sensor infra merah, pengolah input data dari keypad dan sebagai kontrol pada motor stepper.
- c. Blok LCD
Blok LCD ini berfungsi menampilkan masukan panjang untuk tali bandul, jumlah getaran yang diinginkan dan hasil perhitungan . LCD digunakan sebagai alat komunikasi antara user dengan peralatan yang dikontrol. Ketika sistem mulai diaktifkan maka proses yang dilakukan mikrokontroler adalah inisialisasi. Selama proses inisialisasi pada layar LCD akan ditampilkan baris pertama input panjang tali (≤ 24 cm) dan baris kedua input jumlah ayunan.
- d. Blok Motor Stepper
Blok motor stepper ini berfungsi sebagai penggerak, untuk menaikkan dan menurunkan panjang tali bandul.
- e. Blok Pendulum
Blok Pendulum ini berfungsi sebagai alat uji pada percobaan praktikum.
- f. Blok Sensor
Blok Sensor ini berfungsi sebagai alat untuk mendeteksi pergerakan bandul. Pada saat bandul mulai berayun, sensor bekerja untuk menghasilkan data pergerakan yang kemudian data hasil dari proses tersebut diolah pada blok mikrokontroler.

Diagram Alir Perangkat Lunak

Berikut ini adalah diagram alir perangkat lunak di sisi mikrokontroler

Pengukuran Percepatan Gravitasi Menggunakan Gerak Harmonik Sederhana Metode Bandul



Gambar 3. Diagram Alir Perangkat Lunak

IV. Analisis Perbandingan Secara manual dan Elektronik

4.1 Hasil dan Analisis Pengukuran Manual

Analisis secara analog dilakukan dengan melakukan pengukuran pada alat percobaan

percepatan gravitasi menggunakan metode bandul secara manual, yaitu pengambilan waktu getar (t) masih menggunakan *stopwatch* dan perubahan panjang tali bandul dilakukan secara manual serta perhitungan gravitasinya dihitung oleh praktikan yang biasa dilakukan pada praktikum fisika dasar seperti yang tertera pada Tabel 1:

Table1 Hasil percobaan secara manual

N O	L Sebagai Sumbu - x (cm)	t (detik)	T = t/bg	T ² Sebagai Sumbu - Y (detik)	L ²	L*T ²
1	24	9.97	0,997	0,994	576	23.856
2	20	9.03	0,903	0,815	400	16.308
3	15	7.88	0,788	0,621	225	9.315
4	10	6.41	0,641	0,411	100	4.109
5	5	4.50	0,45	0,202	25	1.012
Σ	74			3.043	1326	54.600

Keterangan Tabel 1

$$\begin{aligned} \Sigma L &= 74 \\ \Sigma T^2 &= 3.043 \\ \Sigma L^2 &= 1326 \\ \Sigma(LT^2) &= 54.600 \end{aligned}$$

Dari Tabel 1 data percobaan diatas, nilai gravitasi dapat diperoleh dengan menkonversi rumus tersebut dengan persamaan garis lurus $y = Ax + B$ dimana $B = 0$

$$T^2 = \frac{4\pi^2 \cdot L}{g}$$

$$y = Ax$$

Sehingga nilai gradient $A = 4\pi^2/g$, maka percepatan gravitasi g dapat diperoleh yaitu $g = 4\pi^2 / A$
Rumus untuk mencari nilai gradient A

$$A = \frac{N \cdot \Sigma xy - (\Sigma x)(\Sigma y)}{N \cdot \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2}$$

dikonversi menjadi :

$$A = \frac{N \cdot \Sigma LT^2 - (\Sigma L)(\Sigma T^2)}{N \cdot \Sigma L^2 - (\Sigma L)^2}$$

Perhitungannya sebagai berikut :

$$\begin{aligned} A &= \frac{(5 \cdot 54,600) - (74 \cdot 3.043)}{(5 \cdot 1326) - (74)^2} & A &= \frac{4\pi^2}{g} \\ A &= \frac{273.000 - 225.182}{6630 - 5476} & 0,041 &= 4 \frac{(3,14)^2}{g} \\ A &= \frac{47.818}{1154} & g &= \frac{39.438}{0.041} \\ A &= 0,041 & g &= 961,902 \text{ cm/s}^2 \\ & & g &= 961,902 / 100 \\ & & g &= 9.619 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan di atas didapat nilai g secara manual yaitu 9.619 m/s², dengan nilai tetapan ada dua buah nilai yaitu gravitasi 9.8 m/s² dan 10 m/s².

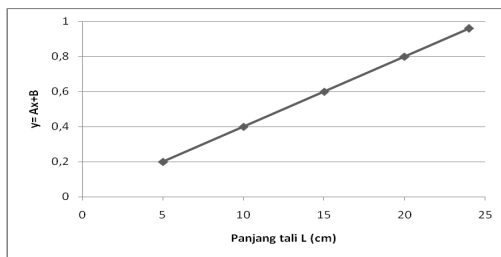
Untuk mengoreksi nilai data percobaan pada sumbu y dengan menggunakan nilai gradien kedalam persamaan garis lurus dengan nilai x dari data percobaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 y_1 &= Ax_1 + B & y_3 &= Ax_3 + B & y_5 &= Ax_5 + B \\
 &= 0,041 \cdot 24 + 0 & &= 0,041 \cdot 15 + 0 & &= 0,041 \cdot 5 + 0 \\
 &= 0,984 & &= 0,615 & &= 0,205 \\
 y_2 &= Ax_2 + B & y_4 &= Ax_4 + B \\
 &= 0,041 \cdot 20 + 0 & &= 0,041 \cdot 10 + 0 \\
 &= 0,820 & &= 0,410
 \end{aligned}$$

Tabel 2 Data percobaan Secara Manual

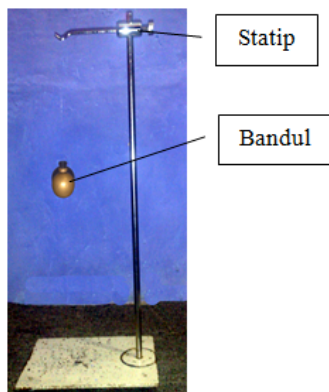
No	L dari percobaan (cm)	L setelah di Least Square (LS) (cm)
1	24	0,984
2	20	0,820
3	15	0,615
4	10	0,410
5	5	0,205

Maka dari Tabel 2 di atas dapat dibuat garis linier seperti pada Gambar 4 di bawah ini



Gambar 4 Grafik Least Square Secara Manual

Pada Gambar 5 diberikan bentuk fisik dari percobaan secara manual.



Gambar 5 Alat Percobaan Secara Manual

4.2 Hasil dan Analisis Dengan Alat Elektronik

Pengukuran secara elektronik dilakukan dengan alat percepatan gravitasi bumi

menggunakan metode bandul secara otomatis, yaitu pengambilan waktu getar (t) menggunakan timer dan perubahan panjang tali bandul menggunakan motor stepper serta perhitungan gravitasinya dihitung oleh perhitungan yang terprogram pada mikrokontroler yang hasilnya langsung muncul pada LCD. Yang hasilnya dapat dilihat pada tabel berikut:

Table 3 Hasil Pengukuran Dengan Alat Elektronik

NO	L sebagai sumbu - x (cm)	t (detik)	T = t/bg	T ² Sebagai Sumbu - Y (detik)	L ²	L*T ²
1	24	9,91	0,991	0,982	576	23.568
2	20	8,97	0,897	0,805	400	16.100
3	15	7,85	0,785	0,616	225	9.240
4	10	6,32	0,632	0,399	100	3.990
5	5	4,34	0,434	0,188	25	0.940
Σ	74			2.990	1326	53.838

Keterangan Tabel 3

$$\begin{aligned}
 \Sigma L &= 74 \\
 \Sigma T^2 &= 2.990 \\
 \Sigma L^2 &= 1326 \\
 \Sigma(LT^2) &= 53.838
 \end{aligned}$$

Dari Tabel 3 data percobaan di atas, nilai gravitasi dapat diperoleh dengan mengkonversi rumus tersebut dengan persamaan garis lurus $y = Ax + B$ dimana $B = 0$

$$\begin{aligned}
 T^2 &= \frac{4\pi^2 \cdot L}{g} \\
 \downarrow & \quad \downarrow \quad \downarrow \\
 y &= \quad A \quad x
 \end{aligned}$$

Sehingga nilai gradient $A = 4\pi^2/g$, maka percepatan gravitasi g dapat diperoleh yaitu $g = 4\pi^2 / A$ Rumus untuk mencari nilai gradient A

$$A = \frac{N \cdot \Sigma xy - (\Sigma x)(\Sigma y)}{N \cdot \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2}$$

dikonversi menjadi :

$$A = \frac{N \cdot \Sigma LT^2 - (\Sigma L)(\Sigma T^2)}{N \cdot \Sigma L^2 - (\Sigma L)^2}$$

Perhitungannya sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{(5 \cdot 53.838) - (74 \cdot 2.990)}{(5 \cdot 1326) - (74)^2} & A &= \frac{4\pi^2}{g} \\
 A &= \frac{269.190 - 221.260}{6630 - 5476} & 0,041 &= \frac{4(3,14)^2}{g} \\
 A &= \frac{47.930}{1154} & g &= \frac{39.438}{0.041} \\
 A &= 0.041 & g &= 961,902 \text{ cm/s}^2 \\
 & & g &= 961,902 / 100 \\
 & & g &= 9.619 \text{ m/s}^2
 \end{aligned}$$

Pengukuran Percepatan Gravitasi Menggunakan Gerak Harmonik Sederhana Metode Bandul

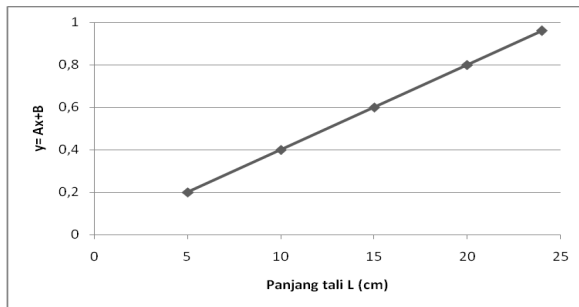
Dari hasil perhitungan di atas didapat nilai g manual yaitu $9,619 \text{ m/s}^2$, dengan ketetapan gravitasi antar $9,8 \text{ m/s}^2$ dan 10 m/s^2 . Maka kita dapat membuat suatu garis linier dalam sistem koordinat kartesian melalui persamaan linier berikut $y = Ax+B$ dimana $B = 0$.

$$\begin{aligned} y_1 &= Ax_1 + B & y_3 &= Ax_3 + B & y_5 &= Ax_5 + B \\ &= 0,041 \cdot 24 + 0 & &= 0,041 \cdot 15 + 0 & &= 0,041 \cdot 5 + 0 \\ &= 0,984 & &= 0,616 & &= 0,205 \\ y_2 &= Ax_2 + B & y_4 &= Ax_4 + B \\ &= 0,041 \cdot 20 + 0 & &= 0,041 \cdot 10 + 0 \\ &= 0,820 & &= 0,410 \end{aligned}$$

Tabel 4 Data Pengukuran Dengan Alat Elektronik

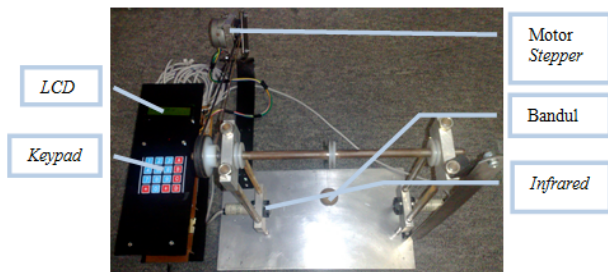
No	L dari percobaan (cm)	L setelah di <i>Least Square</i> (LS) (cm)
1	24	0,984
2	20	0,820
3	15	0,615
4	10	0,410
5	5	0,205

Dari Tabel 4 di atas dapat dibuat garis linier seperti pada Gambar 6 di bawah ini



Gambar 6 Grafik Least Square dengan Alat Elektronik

Pada Gambar 7 diberikan bentuk fisik dari percobaan dengan alat elektronik hasil rancang bangun.



Gambar 7 Alat Percobaan Elektronik

V. KESIMPULAN

Alat pengukur percepatan gravitasi menggunakan gerak harmonik sederhana dengan metode bandul dapat dirancang dan dibangun.

Nilai percepatan gravitasi hasil pengukuran menggunakan Alat yang dibuat yaitu $9,619 \text{ m/s}^2$, jika dibandingkan dengan nilai ketetapan gravitasi $9,8 \text{ m/s}^2$ maka memiliki error 1.846 %.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Ishaq, Mohamad Fisika Dasar Edisi 2, Graha Ilmu, Yogyakarta, 2007.
- [2]. Modul Praktikum Tim Dosen Fisika-I, Laboratorium Fisika-UNIKOM.
- [3]. Modul Praktikum Elektronika Lanjut-UNIKOM 2011.
- [4]. Modul Pelatihan Robot Tingkat Dasar. Bandung. Divisi robotika unikom. 2007.
- [5]. Sutrisno, Fisika dasar : Mekanika, Bandung: Penerbit ITB, 1997 x,260 h., 30 cm. (Seri Fisika).
- [6]. *Parallax Inc, Basic Stamp* informasi (http://translate.googleusercontent.com/translate_c?hl=id&sl=en&u=http://www.parallax.com/tid/214/Default.aspx&prev=/search%3Fq%3Dmateri%2Bbasic%2Bstamp.pdf%26hl%3Did&rurl=translate.google.co.id&usg=ALkJrhgMhOY1xYW_tmKB12shNk3hoUbnQ, diakses pada tanggal 5 Oktober 2010).