

## PERANCANGAN AWAL SISTEM PENGUKURAN PARAMETER MESIN ELEKTRIK DAN PROPELER UNTUK PESAWAT TERBANG TANPA AWAK

Novita Atmasari<sup>1</sup>, Yusuf Giri Wijaya<sup>2</sup>, Try Kusuma Wardana<sup>3</sup>, Eries Bagita Jayanti<sup>4</sup>, Fuad Surastyo Pranoto<sup>5</sup>, Ardian Rizaldi<sup>6</sup>, Prasetyo Ardi Probo Suseno<sup>7</sup>

1.Pusat Teknologi Penerbangan, Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional, Jl. Raya LAPAN-Rumpin, Kab. Bogor, 16350, Indonesia

E-mail : novita.atmasari@lapan.go.id<sup>1</sup>, yusuf.giri@lapan.go.id<sup>2</sup>, tri.kusuma@lapan.go.id<sup>3</sup>, eries.bagita@lapan.go.id<sup>4</sup>, fuad.pranoto@lapan.go.id<sup>5</sup>, ardian.rizaldi@lapan.go.id<sup>6</sup>, prasetyo.ardi@lapan.go.id<sup>7</sup>

**Abstrak**-- Pusat Teknologi Penerbangan (Pustekbang) LAPAN memiliki salah satu program penelitian dan pengembangan pesawat tanpa awak. Salah satu komponen penting pada pesawat terbang tanpa awak adalah mesin elektrik dan propeler, yang berfungsi sebagai penghasil gaya dorong pesawat. Pengukuran parameter mesin elektrik dan propeler bertujuan untuk mengidentifikasi parameter-parameter mesin dan propeler yang nantinya akan digunakan untuk pembuatan model matematis mesin elektrik dan propeler, sehingga model matematis tersebut dapat memiliki respon output yang mendekati kondisi aslinya. Penelitian ini bertujuan untuk melaksanakan perancangan awal sistem pengukuran yang terdiri dari *platform* mekanis dimana mesin elektrik dipasang dan sistem akuisisi data. Metode penelitian yang dilakukan diawali dengan menentukan *requirement* untuk *platform* mekanis dan sistem akuisisi data, kemudian melakukan desain *platform* mekanis dan diakhiri dengan mendefinisikan sistem data akuisisinya. Hasil akhir perancangan sistem ini menunjukkan bahwa *platform* mekanis didesain untuk mesin elektrik dengan tenaga maksimum 4 HP dan torsi 3 Nm dan dilengkapi dengan *load cell* untuk menghitung *thrust*. Sedangkan sistem data akuisisi, terdiri dari sensor suhu, sensor tegangan dan arus, sensor RPM, potensiometer, dan sensor torsi atau torsi transduser. Semua sensor tersebut dihubungkan dengan perangkat keras sistem akuisisi data buatan National Instruments (NI) dan perangkat lunak LabView. Data – data yang dapat dihasilkan adalah *thrust*, torsi, RPM, suhu, tegangan dan arus serta posisi throttle mesin.

**Kata Kunci** : mesin elektrik, propulsi, *thrust*, torsi, labVIEW

### I. PENDAHULUAN

Pusat Teknologi Penerbangan (Pustekbang) sebagai lembaga penelitian di bidang teknologi penerbangan mempunyai peranan penting dalam penelitian, pengembangan, dan pemanfaatan teknologi penerbangan baik teknologi pesawat berawak maupun tanpa awak. Secara umum kegiatan penelitian dan pengembangan teknologi penerbangan meliputi penyusunan kebutuhan (*requirements*), perancangan (*design*), simulasi, pabrikasi, analisa, pengujian maupun verifikasi, hingga sertifikasi. Salah satu kontribusi terpenting dalam penelitian dan pengembangan teknologi pesawat terbang adalah terjaminnya keamanan sistem propulsi pesawat. Perancangan sistem propulsi meliputi analisa kebutuhan daya pesawat, yang menjadi acuan untuk pemilihan komponen yang akan digunakan dalam pesawat [1]. Selanjutnya setelah melalui proses pemilihan komponen berdasarkan analisa kebutuhan daya pesawat, maka perlu dilakukan pengujian terhadap komponen tersebut. Salah satunya adalah pengujian yang dilakukan terhadap mesin elektrik dan propeler yang digunakan untuk pesawat tanpa awak

bermesin elektrik sebagai objek penelitian [2]. Pengujian mesin elektrik dan propeler ini bertujuan untuk mengidentifikasi parameter mesin elektrik dan propeler diantaranya gaya dorong (*thrust*), torsi, RPM, suhu, tegangan dan arus, serta posisi *throttle* mesin [3].

Parameter-parameter tersebut nantinya akan digunakan untuk pembuatan model matematis mesin elektrik dan propeler sehingga model yang dihasilkan tersebut memiliki respon output yang mendekati kondisi aslinya. Untuk mengakomodasi pengukuran parameter-parameter yang dibutuhkan tersebut, pada penelitian ini akan dibuat perancangan awal sistem pengukuran yang terdiri dari *platform* mekanis dimana mesin elektrik dipasang dan sistem akuisisi data. Metode penelitian yang dilakukan diawali dengan menentukan *requirement* untuk *platform* mekanis dan sistem akuisisi data, kemudian dilanjutkan dengan melakukan desain *platform* mekanis dan diakhiri dengan mendefinisikan sistem akuisisi datanya. Dari hasil penelitian diperoleh bahwa *platform* mekanis didesain untuk mesin elektrik dengan tenaga maksimum 4 HP dan torsi 3 Nm yang dilengkapi dengan *load cell* untuk mengukur gaya dorong.

Sementara untuk sistem akuisisi data terdiri dari sensor suhu, sensor tegangan dan arus, sensor RPM, potensiometer, dan sensor torsi atau torsi transduser. Semua sensor tersebut dihubungkan dengan perangkat keras sistem akuisisi data buatan National Instruments (NI) dan perangkat lunak LabView sebagai tampilan antar muka. Data-data yang dapat dihasilkan dari pengujian yang dilakukan pada sistem pengukuran parameter mesin elektrik dan propeler yang telah dirancang adalah thrust, torsi, RPM, suhu, tegangan dan arus, serta posisi throttle mesin.

Penelitian serupa telah dilakukan oleh Sugiarto, dkk pada tahun 2015 yang membahas rancang bangun sistem pengujian kinerja motor *brushless* untuk aplikasi pada Solar LAPAN Surveillance UAV (LSU) menggunakan perangkat lunak LabVIEW. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa sistem yang dibangun mampu melakukan pengukuran dengan galat 1.27%, 0.61%, dan 5.65% masing-masing untuk pengukuran RPM, tegangan dan arus pada baterai [2]. Randis, dkk pada tahun 2017 juga melakukan penelitian mengenai rancang bangun alat uji gaya dorong (*thrust force*) untuk motor *Brushless* dimana terdapat dua buah mikrokontroler, masing-masing digunakan untuk mengatur besarnya RPM motor *brushless* dan mengolah sinyal masukan dari *load cell* dan *Hx 711* yang akan diteruskan menjadi keluaran berupa data gaya berat melalui *serial monitor* pada pc/laptop. Hasil penelitiannya berupa rancangan alat uji gaya dorong hingga 5kg dengan penggunaan motor *brushless* dan propeler yang dapat divariasikan [4]. Kemudian pada tahun 2018 Hermanto juga melakukan penelitian mengenai perancangan pengukur kekuatan motor *brushless* berbasis ESP8266. Hasil penelitiannya yaitu mendapatkan kemampuan maksimal dimana setiap kecepatan motor (*throttle*) dinaikkan maka akan menghasilkan nilai kemampuan daya angkat meningkat. Hasil lain yaitu penggunaan jenis propeller dari ukuran dan jenis berbeda akan mendapatkan kemampuan daya angkat yang berbeda [5].

Penelitian ini merupakan pengembangan dan penyempurnaan dari penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Sugiarto, dkk. Penelitian sebelumnya hanya mengukur parameter arus dan tegangan, gaya dorong, serta RPM dimana sensor-sensor yang digunakan masing-masing dihubungkan dengan tiga modul NI 9205, 9235, dan 9411 dengan data akuisisinya yaitu NI CDAQ 9178 yang dihubungkan dengan PC menggunakan kabel USB sebagai piranti komunikasi data. Sedangkan pada penelitian ini parameter yang diukur yaitu arus dan tegangan, gaya dorong, RPM, suhu, torsi, hingga posisi *throttle* menggunakan sensor potensiometer. Modul yang digunakan hanya dua yaitu modul NI 9237 dan 9205 dengan data akuisisi NI CDAQ 9184 yang dihubungkan dengan PC menggunakan kabel LAN (*ethernet*). Tujuan dari perancangan sistem pengukuran parameter mesin elektrik dan propeler yang merupakan

pengembangan dari penelitian sebelumnya adalah dapat menghasilkan data – data *thrust*, torsi, RPM, suhu, tegangan dan arus serta posisi throttle mesin dari hasil eksperimen atau pengujian.

## II. METODOLOGI PENELITIAN

Perancangan sistem pengukuran parameter mesin elektrik dan propeler pada pesawat terbang tanpa awak dimulai dari penyusunan *requirement* untuk *platform* mekanis dan sistem akuisisi data, kemudian dilakukan desain awal *platform* mekanis, dilanjutkan dengan mendefinisikan sistem akuisisi data. *Requirement* perancangan sistem ini didasarkan pada spesifikasi mesin elektrik yang akan dilakukan pengujian. Mesin elektrik yang digunakan dalam penelitian ini sebagai objek pengujian adalah mesin elektrik *brushless* tipe MFE 3520-KV500. Mesin *brushless* tersebut memiliki spesifikasi tegangan hingga 25V dan arus hingga 70A. Daya yang mampu dihasilkan mesin *brushless* tersebut mencapai 5400W atau setara dengan 2.5 hp dengan *thrust* maksimal yang dihasilkan sebesar 5400G. Mesin tipe MFE 3520-KV500 mempunyai rating KV (*constant velocity*) sebesar 500. Propeler yang digunakan pada penelitian adalah propeler 2 bilah berjenis APC1510 CW&CCW berukuran 14x8,5 [6].

Data spesifikasi mesin menjadi salah satu pedoman dalam penyusunan *requirement* yang meliputi sensor apa saja yang digunakan, sistem akuisisi data yang digunakan, integrasi sensor dengan sistem akuisisi data, keluaran atau parameter apa saja yang akan diukur, serta tampilan antar muka yang dikembangkan dalam sistem perangkat lunak.



Gambar 1. Mesin *brushless* tipe MFE 3520-KV500

Beberapa jenis sensor digunakan dalam sistem akuisisi data salah satunya adalah *load cell* untuk mengukur daya dorong yang dihasilkan mesin. Apabila *load cell* diberi beban pada inti besi maka nilai resistensi di strain gauge nya akan berubah yang dikeluarkan melalui empat buah kabel. Dua kabel sebagai eksitasi dan dua kabel lainnya sebagai sinyal keluaran ke kontrolnya. *Load cell* yang digunakan pada sistem ini memiliki spesifikasi dapat mengukur daya dorong hingga maksimal 10 kgf.



Gambar 2. Sensor *load cell*

Sensor-sensor lainnya yang digunakan dalam perancangan sistem pengukuran parameter mesin dan propeler ini diantaranya sensor RPM atau *tachometer* yang digunakan untuk mengukur rpm atau kecepatan putaran mesin. Sensor RPM yang digunakan merupakan sensor non kontak berbasis laser *Compaq Instrument Optical Sensor VLS7/T*. Sensor ini akan mengirimkan pulse setiap ada pantulan dari propeler. Karena propeler yang digunakan adalah propeler 2 bilah sehingga satu putaran propeler akan menghasilkan dua pulse.



Gambar 3. Sensor RPM

Kemudian sensor arus dan tegangan atau amperemeter dan voltmeter digunakan untuk mengukur besarnya arus dan tegangan yang mengalir ke mesin. Sensor ini menggunakan prinsip *magnetic fluxgate* dimana pengukuran arus dilakukan tanpa mengganggu aliran arus. Pengukuran dikenakan pada kuat medan magnet yang dihasilkan oleh arus yang mengalir melalui kabel kemudian dideteksi oleh IC dan dikonversi menjadi tegangan. Sensor arus dan tegangan ini dapat mendeteksi arus hingga 90A dan tegangan hingga 30V.



Gambar 4. Sensor arus dan tegangan

Sistem ini juga dilengkapi sensor torsi untuk mengukur besarnya momen putar pada mesin.



Gambar 5. Sensor torsi

Selain sensor-sensor yang digunakan untuk mengukur parameter-parameter mesin dan propeler, perangkat keras yang menunjang sistem pengukuran ini adalah perangkat keras akuisisi data. Perangkat keras akuisisi data yang digunakan adalah *CompaqDAQ-9184* buatan *National Instrument* yaitu perangkat akuisisi data yang memiliki 4 slot untuk modul-modul pengukuran sensor kecil, jarak jauh, maupun terdistribusi. Perangkat keras ini menggunakan ethernet atau kabel LAN sebagai piranti komunikasi data dengan PC [7]–[9].



Gambar 6. Perangkat NI CompaqDAQ-9184

Semua sensor yang digunakan dalam perancangan sistem ini dihubungkan ke perangkat keras *CompaqDAQ NI*. Sebelum masuk ke dalam *DAQ NI*, sinyal yang dihasilkan oleh sensor-sensor yang terhubung dengan mesin terlebih dahulu diproses melalui modul atau perangkat keras pemrosesan sinyal yang sesuai dengan tipe sensor [10]. Pada perancangan sistem pengukuran parameter ini modul yang digunakan adalah modul *bridge input* dan *analog input*.

Modul *bridge input* yang digunakan adalah NI-9237 yaitu *simultaneous bridge module* yang berisi semua pengkondisian sinyal yang diperlukan untuk memberi daya dan mengukur hingga empat sensor *bridge-based* secara bersamaan. Modul ini merupakan modul 4 kanal *half/full bridge analog input* 24 bit. NI 9237 dapat melakukan offset / null serta kalibrasi *shunt* dan sensor jarak jauh, menjadikan modul ini pilihan terbaik untuk pengukuran *strain* dan *bridge* [11]. Umumnya modul ini digunakan untuk sensor yang berjenis resistif. Pada perancangan sistem pengukuran parameter mesin dan propeler ini, modul NI-9237 digunakan untuk melakukan akuisisi data sensor yang memiliki keluaran *half/full bridge*, diantaranya adalah *load cell* dan sensor torsi yang menggunakan prinsip *wheatstone bridge* [12].



Gambar 7. Modul NI-9237

Sementara modul *analog input* yang digunakan adalah modul NI-9205. Modul tersebut merupakan modul AI 32 kanal dengan resolusi 16 bit. Modul ini dapat mengukur tegangan dari jangkauan  $\pm 0.2V$  sampai dengan  $\pm 10V$ . Pada perancangan sistem pengukuran parameter mesin dan propeler ini, modul NI-9207 digunakan untuk melakukan akuisisi data sensor RPM, sensor suhu, potensiometer, serta sensor tegangan dan arus [13].



Gambar 8. Modul NI-9205

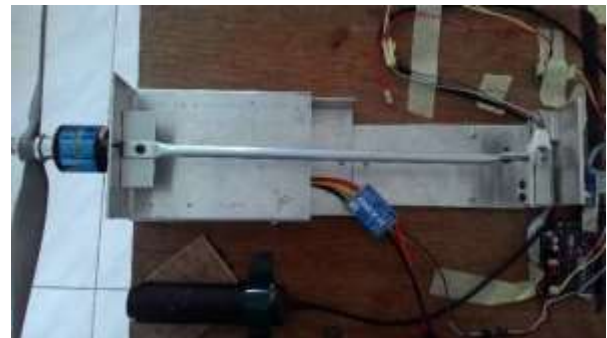
### III. PERANCANGAN SISTEM

Sistem pengukuran parameter mesin elektrik dan propeler untuk pesawat terbang tanpa awak menggunakan perangkat keras sistem akuisisi data buatan NI *CompaqDAQ-9184* serta perangkat lunak LabVIEW sebagai komponen perangkat lunak akuisisi data. Beberapa sensor yang digunakan untuk mengukur parameter-parameter mesin elektrik dan propeler adalah sensor *load cell* untuk mengukur *thrust* yang dihasilkan mesin, sensor RPM untuk mengukur kecepatan putar propeler, sensor suhu untuk mengukur suhu mesin, sensor arus dan tegangan untuk mengukur arus dan tegangan yang masuk ke mesin elektrik dari baterai, potensiometer untuk mengukur posisi throttle, serta torsi transduser untuk mengukur besarnya torsi yang dihasilkan.

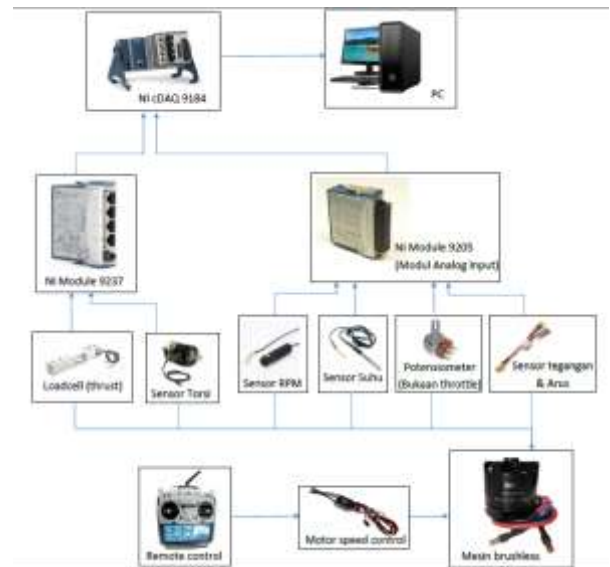
Sensor *load cell* dan sensor torsi akan diakuisisi melalui modul *bridge input* NI-9237 sementara sensor lainnya seperti RPM, suhu, potensiometer, serta suhu dan tekanan diakuisisi melalui modul *analog input* NI-9205. Untuk mengatur kecepatan motor digunakan *Remote Control* yang langsung terhubung dengan perangkat pengatur kecepatan elektronik atau *Electronic Speed Controller (ESC)*.

#### 3.1. Perancangan Platform Mekanis

Perancangan platform mekanis sistem pengukuran parameter mesin elektrik dan propeler dilakukan dengan memahami cara kerja perangkat yang akan dibangun. Selain sistem sensor dan perangkat akuisisi data dibutuhkan juga *test bed* sebagai tempat mesin elektrik akan diuji. Pada sistem ini *test bed* dirancang untuk dapat bergerak maju atau mundur mengikuti arah gaya dorong yang dihasilkan motor [14]. Desain tersebut juga dibuat untuk memudahkan pengambilan data sensor *load cell*.



Gambar 9. *Test bed* pengujian motor *brushless* [2]



Gambar 10. Diagram perancangan perangkat keras sistem akuisisi data

#### 3.2. Perancangan Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang digunakan dalam perancangan sistem pengukuran parameter mesin elektrik dan propeler untuk pesawat terbang tanpa awak adalah perangkat lunak *Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench (LabVIEW)*. Secara umum diagram alir perangkat lunak pada sistem ini dibagi menjadi tiga bagian diantaranya proses inialisasi, pengambilan data, dan pengolahan data. Pada proses inialisasi dilakukan inisiasi kanal modul-

modul pada CompaqDAQ, kemudian dilakukan inisiasi direktori penyimpanan file data hasil pengukuran [15]. Selanjutnya pada proses pengambilan dan pengolahan data, dilakukan pengambilan data dari sensor kemudian diolah menjadi tipe data atau besaran sesuai kebutuhan, untuk ditampilkan pada antarmuka yang telah didesain menggunakan LabVIEW seperti ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11. Tampilan antarmuka perangkat lunak sistem akuisisi data

Dalam menjalankan perangkat lunak yang telah dikembangkan seperti terlihat pada Gambar 11, diawali dengan memberikan perintah *filter* yang berfungsi untuk mengaktifkan *filter digital* yang ada pada LabVIEW. Selanjutnya melakukan *reset* yaitu mengatur ulang pembacaan awal agar dimulai dari nol. Perintah *save* untuk menyimpan data pengukuran dimana data hasil pengukuran disimpan dalam bentuk *excel*. Kemudian perintah *stop* diberikan untuk mengakhiri pengujian atau pengambilan data uji. Dalam tampilan antar muka yang telah dibuat, data-data hasil pengujian yang ditampilkan diantaranya *thrust* (dalam kgf), kecepatan (dalam RPM), torsi (dalam Nm), suhu (dalam Celcius), tegangan (dalam Volt), arus (dalam Ampere), serta posisi *throttle* mesin (dalam persen).

#### IV. KESIMPULAN

Perancangan awal sistem pengukuran parameter mesin elektrik dan propeler untuk pesawat terbang tanpa awak telah dilaksanakan. Sistem pengukuran yang dirancang terdiri dari platform mekanis dan sistem akuisisi data. Platform mekanis dirancang untuk mesin elektrik dengan daya maksimum 4 HP dan torsi 3 Nm yang dilengkapi dengan *load cell* untuk menghitung gaya dorong. Sensor yang digunakan diantaranya sensor suhu, tegangan dan arus, sensor RPM, potensiometer, dan sensor torsi atau torsi transducer. Semua sensor tersebut dihubungkan dengan perangkat keras sistem akuisisi data buatan National Instrument dan perangkat lunak LabView sebagai tampilan antar muka yang menampilkan hasil pengukuran parameter-parameter mesin elektrik dan propeler. Parameter yang ditampilkan diantaranya *thrust*, torsi, RPM, suhu, tegangan dan arus, serta posisi *throttle* mesin.

Rencana penelitian yang akan dilakukan selanjutnya antara lain merancang detail desain *test bench* mesin hingga membuat *test bench*. Kemudian melakukan pengujian menggunakan *test bench* tersebut dan membandingkan hasilnya dengan data saat uji terbang.

#### V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] North, A., Siegwart, R., and Engel, W., Autonomous Solar UAV for Sustainable Flights, in *Advances in Unmanned Aerial Vehicles*, 2008.
- [2] Sugiarto, T., Setyadewi, I. T., Marta, A., and Prabowo, G. S., (2015). RANCANG BANGUN SISTEM PENGUJIAN MOTOR BRUSHLESS UNTUK APLIKASI SOLAR-LAPAN SURVEILLANCE UAV BERBASIS LABVIEW. *J. Teknol. Dirgant.* vol. 13, no. 2. pp. 113–120.
- [3] Morris, A. S., (2001). Measurement and Instrumentation Principles. *Meas. Sci. Technol.* doi: 10.1088/0957-0233/12/10/702.
- [4] Randis, R., Dharmawan, I. B., and Syahrudin, S., (2017). Rancang Bangun Alat Uji Gaya Dorong (Trust Force) Motor Brushless. *JIT (Jurnal Teknol. Terpadu)*. doi: 10.32487/jtt.v5i2.271.
- [5] Hermanto, D., (2018). Perancangan Pengukur Kekuatan Motor Brushless Berbasis ESP8266. *JATISI (Jurnal Tek. Inform. dan Sist. Informasi)*. doi: 10.35957/jatisi.v5i1.109.
- [6] (MFE) aerial testing efficient custom dedicated 3520-KV500 brushless motor. <https://www.yoycart.com/>.
- [7] cDAQ-9184 CompactDAQ Chassis. <https://www.ni.com/>.
- [8] National Instruments, *SPECIFICATIONS NI cDAQ™-9184*. 2017.
- [9] National Instruments, *NI cDAQ™-9181/9184/9188/9191 User Manual*. 2017.
- [10] Wijaya, Y. G., Ula, N. M., and Muksin, (2019). Integrasi Sistem Akuisisi Data Untuk Uji Statik Roda Pendaratan Utama LSU-02 NGLD. *Siptekgan Xxiii-2019*. pp. 137–147. doi: dx.doi.org/10.30536/p.siptekgan.2019.v23.14.
- [11] National Instruments, *DATASHEET NI 9237*. 2015.
- [12] National Instruments, Use NI DAQ Devices for Load, Pressure, and Torque Measurements, 2020. <https://knowledge.ni.com/KnowledgeArticleDetails?id=KA03q000000x1jjCAA&l=en-ID>.
- [13] National Instruments, *DATASHEET NI 9205*. 2015.
- [14] Wirawan, A., Pengujian Gaya Dorong Motor Elektrik Untuk Solar UAV, 2015.
- [15] Computing Corporation, M., *Data Acquisition Handbook: A Reference For DAQ And Analog & Digital Signal Conditioning*, 2012.