

### III. ALTERNATOR DAN DEVICE TERKAIT PADA PESAWAT FOKER-27 MERPATI NUSANTARA AIRLINES

Tenaga listrik pada bus AC pesawat Foker - 27 disuplai oleh tiga sumber yang berbeda, yaitu:

- Dua engine-driven yang bertegangan 208 volt, 3 phasa, *alternator variable frequency* yang menghasilkan tenaga utama untuk pemanas listrik. Alternator-alternator tersebut tidak digabungkan secara paralel, namun dioperasikan secara sendiri-sendiri (*independently*).

Dua inverter utama, yang dikendalikan oleh motor DC, dengan suplai sebesar 115 volt, 3 phasa, inverter statis berfrekwensi esensial sebesar 400 Hz yang diinstall untuk operasi dari baterai pesawat terbang.

- Dua power converter yang disuplai listrik sebesar 115 volt, 400 Hz, phasa tunggal dengan power AC untuk peralatan penerangan

#### 1. SISTEM ALTERNATOR 208 VOLT

##### 1.1. Gambaran umum

208 volt tegangan AC, suplai 3 phasa disediakan untuk sistem pemanas listrik seperti mesin dan *propeller de-icing* dan *anti-icing*, *windshield* dan peralatan pemanas untuk *cockpit* ekstra.

Beban-beban ini sebenarnya bukan beban reaktif, karena itu suplai frekwensi tidak diatur (*unregulated*). Suplai ini disediakan oleh dua *alternator*, yang didesain agar dapat digunakan oleh tangan kiri dan

tangan kanan. Tiap-tiap *alternator* dihasilkan oleh *control inii*, *control switch*, berbagai macam alat ukur dan lampu indikator sebagai peringatan jika ada sesuatu yang tidak beres dan trafo yang terisolasi dan circuit breaker 3 phasa.

1.1.1. *Altemator*. *Altemator* yang digunakan pada pesawat Foker-27 Merpati Nusantara merupakan generator AC dengan tegangan 120/208 volt, 3 phasa, 12 KVA, *brushless assembly* (tanpa sikat), yang dipasangkan pada *gearbox* tambahan yang dihubungkan dengan mesin. Alternator ini relatif ringan jika dibandingkan dengan alternator pada umumnya dengan kapasitas yang sama (berat alternator umumnya sekitar 158 kg)<sup>28</sup>.

Unit ini pada dasarnya terdiri atas tiga bagian, yaitu sebuah generator magnet permanen ( PMG ), sebuah generator exciter, dan sebuah generator utama. PMG menghasilkan tenaga untuk sistem control. Generator exciter menghasilkan suplai eksitasi yang teratur untuk generator utama, yang menghasilkan output AC 3 phasa untuk peralatan yang menggunakan tegangan 208 volt. Selain itu, unit ini dihasilkan dengan sebuah overheat thermostat.

1.1.2. *Control Unit*. *Control unit* yang dilengkapi dengan transistor ditempatkan pada bagian plafon kompartemen cargo bagian depan sebelah kanan. Unit ini menghasilkan alternator dengan voltage regulation dan proteksi tegangan lebih. Intermedial power suplai untuk

<sup>28</sup> *Induction Motors*. TECO Electric Motor. JM

control unit diperoleh dari PMG. Switch OVERVOLTAGE TEST ditempatkan pada maintenance dan dilengkapi dengan panel test untuk menguji rangkaian tegangan lebih ( overvoltage circuit).

1.1.3. *Control Switch.* Switch ON/OFF dari alternator kutub tunggal disediakan pada panel yang ada diatas kepala bagian kiri. Switch ini mengontrol interaal power suplai pada kontrol unit.

1.1.4. *Circuit Breaker 3 Phasa.* Saluran pengisi alternator diproteksi dengan arus 50 ampere per phasa, dengan menggunakan circuit breaker 3 phasa. Circuit breaker ini disusun dalam kompartemen gearbox tambahan dari mesin yang terhubung.

1.1.5. *Trafo Isolasi.* Trafo isolasi disediakan untuk melindungi level tegangan dari kcontrol unit dengan menggimakan rangkaian-rangkaian dari gelombang (surge) dari tegangan busbar. Trafo tersebut adalah wye-to-wye, sama dengan mengubali rasio assembly yang terdiri dari rangkaian petepas resistansi-kapasitansi yang ditanahkan ke tempat dimana titik netral alternator dihubungkan. Trafo ini ditempatkan di dekat kontrol unit.

1.1.6. *Indikator Bahaya.* Indikator bahaya pada pesawat dapat disebabkan oleh beberapa sebab, yaitu:

1. Tidak beroperasinya *alternator*

Lampu tanda bahaya yang merranjikkan bahwa alternator INOP (tidak bekerja) adalah indikator merah "press to test" yang diletakkan pada panel yang ada di bagian atas sebelah kiri. Panel tersebut dikontrol oleh *relay altemator inoperative* yang diteinpatkan pada panel tegangan AC sebesar 208 volt.

2. Overheat

Tanda bahaya ini ditunjukkan oleh lampu merah. HEAT "press to test" warnmg light (lampu bahaya) ditermpatkan pada panel bagian atas sebelah kiri. Panel tersebut dioperasikan oleh *alternator overheat thermosiat*.

3. Tegangan lebih

Peringataii akan bahaya ini disediakan oleh indikator magnetik, ditempatkan pada panel test dan maintenance, dan dikontrol dengan rangkaian kontrol unit tegangan lebih. Dibawah kondisi normal, indikator akan terlihat berwarna hitam tetapi dengan kondisi tegangan yang berlebih, waraa merah akan miinciil pada kaca indikator.

1.1.7. AlatUkur

1. Voltmeter

Rating *altemator* adalali 120 volt line-to-netral (L-N) dan 208 volt line-to-line (L-L), pada terminal utama *alternator*.

Pada keadaan dimana hingga tegangan drop pada saluran pengisi (feeder lines), terminal ini menghasilkan tegangan sebesar 115 volt L-N dan 200 volt L-L pada titik regulasi.

Potensial 115 volt L-N dimonitor oleh voltmeter, satu untuk setiap *alternator*. Dua voltmeter tersebut ditempatkan pada panel atas sebelah kiri.

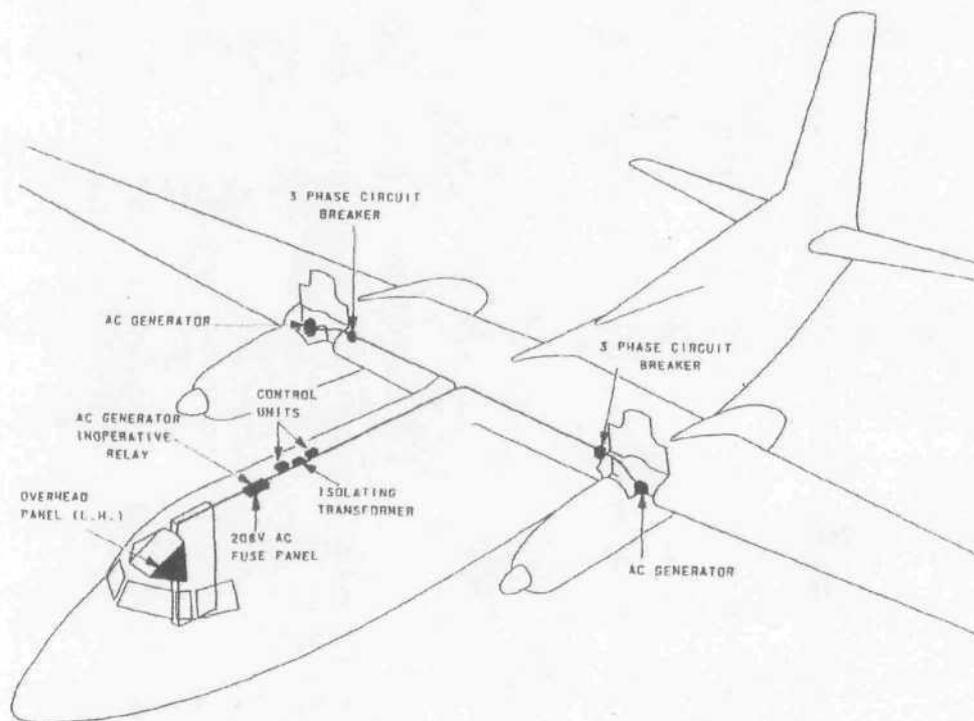
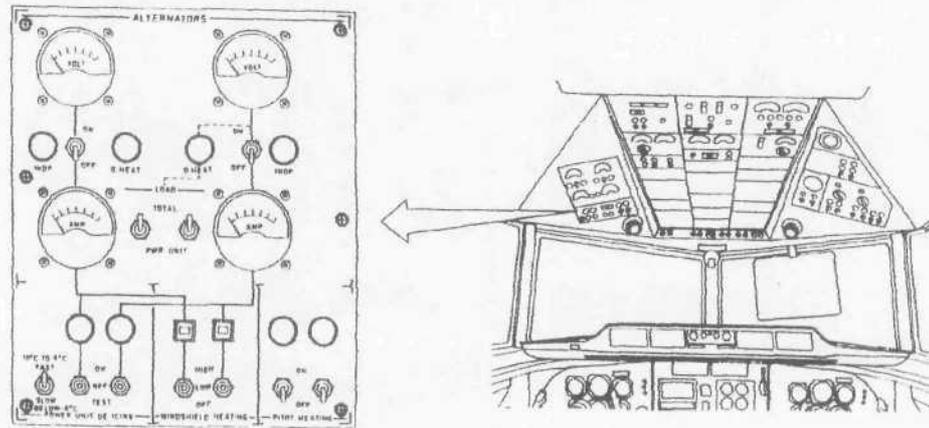
## 2. Ammeters

Anis beban dari *alternator* dimonitor oleh Ammeter yang ditempatkan pada panel atas sebelah kiri. Mereka digimakan dengan dihubungkan dengan *double pole, two position switch*, disusun berdekatan dengan Ammeters. Posisi *switch* dibubuhi keterangan TOTAL dan POWER UNIT. Pada posisi TOTAL, Aitimeter dalam keadaan hubiingan seri dengan trafo arus yang dihubungkan dengan phasa A dari rangkaian output dari alternator. Pada posisi POWER UNIT, Ammeter dihubungkan seri dengan trafo arus dalam rangkaian input *de-icing* dari *power unit*. Trafo arus TOTAL ditempatkan pada panel AC sebesar 208 volt.

*1.1.8. Test Point.* *Test point* disiapkan pada *maintenance* dan *panel test* untuk memonitor line-to-netral dan phasa-to-phasa dari tegangan output *alternator*.

*1.1.9. Alternator Load Distribution.* Setiap *alternator* dialokasikan beban terpisah. Alternator mengoperasikan secara bebas satu dengan

yang lain dan pada kejadian kegagalan dari salah satu *alternator*, *alternator* yang lain tidak dapat digunakan untuk menyuplai beban yang gagal (beban dari *alternator* yang rusak/failure).



F2T-24-6019

Gambar 3.1<sup>29</sup>

Lokasi Komponen-Komponen Pada Pesawat

<sup>29</sup> Maintenance Manual Foker – 27. Chap. 24-21-00, Hal. 2.

## 1.2. PENGOPERASIAN

Dengan mesin yang dinyalakan, *alternator* yang terhubung dengan rotor akan digerakkan dan PMG akan membangkitkan suplai AC untuk control unit. Suplai PMG merupakan full wave yang disearahkan oleh CR7 sampai dengan CR12. Suplai yang disearahkan ini menghasilkan tenaga untuk voltage regulator dan eksitasi dari medan kontrol generator. Dengan switch kontrol alternator untuk posisi ON, suplai tenaga PMG melewati medan kontrol menuju transistor Q4. Transistor Q4 dikontrol dengan *voltage regulator* (pengatur tegangan) dan membentuk pulsa on dan off pada frekuensi yang ditentukan oleh kondisi output utama AC yang merata.

Dengan Q4 pada kondisi "on" suplai medan kontrol dipenuhi dan generator eksitasi akan mensuplai medan generator utama dengan arus eksitasi. Generator utama akan menghasilkan suplai AC ke bus 208 volt. Selama output dari generator utama mendekati tegangan suplai nominal, *inoperative relay* dari *alternator* akan diberi energi dan lampu bahaya (warning light) dari *inoperative alternator* (INOP) akan padam. Suplai input dari pengatur tegangan (voltage regulation) diperoleh dari output utama via trafo isolasi dan dioda CR1, CR2 dan CR3 yang menghasilkan sinyal negatif *half wave* (setengah gelombang). Dioda CR4 dan CR5 menghasilkan sinyal bias untuk regulator. Dioda CR19, CR20 dan CR6 menghasilkan suplai untuk jaringan tegangan lebih (overvoltage network).

Ketika switch OVERVOLTAGE TEST ditekan, resistor R21 menjadi tidak berguna (ada short circuit) dan kondisi overvoltage dialihkan. Rangkaian overvoltage akan beroperasi dan meinberi energi relay overvoltage. Ketika relay overvoltage beroperasi, snpiai PMG diinterupsi dan indikator uiagnetik OVERVOLT akan mempunyai energi dan akan mengindikasikan bendera merah pada jendela (kaca). Suplai untuk medan kontrol juga akan diinterupsi dan output generator utama akan berhenti. Relay inoperative *alternator* akan kehilangan energi dan lampu bahaya (warning light) INOP dari *alternaior* akan menyala.



## 2. ALTERNATOR 208 VOLT

### 2.1. GAMBARAN UMUM

*Alternator* 208 volt merupakan generator AC type *brussless* yang merailiki tegangan 120/208 volt dan 3 phasa, yang menghasilkan 12 kVA, dengan power faktor sebesar 0,9 *lagging* pada *speed range* sebesar 6700 - 10000 rprn (10000 - 15000 rpm mesin). Frekwensi dari tegangan output sebesar 400 Hz pada 8000 rpm (12000 ipm mesin). Tegangan tunm output akan ditiirankan *alternator* pada kecepatan miniinum, yaitu sebesar 4020 rpm (6000 rpm raesin).

Efisiensi fan yang paling tinggi diset pada *cmti-drive* atau *air inlet end* dari generator. Udara dingin ditiupkan atau dipaksa masuk melalui generator. Oleh karena itu, fan dapat beroperasi dengan lebih efisien pada udara yang lebih banyak dan lebih dingin pada *inlet*, daripada udara yang dipanaskan oleh mesin.

*Thermostat* untuk *overheat warning* digabungkaii dengaii tiijuan untuk mengetabui temperatur keanginan (winding temperatiire) generator yang berkelebihan. Kegunaan *thermostat* yang merupakan *normalfy open circnit*, yang menutup ketika *winding temperature* mencapai titik kritis, yaitu pada  $374 \pm 10$  Fah ( $190 \pm 6$  Cel). Kontaktor digunakan untiik mengoperasikan OVERHEAT *warning light* pada panel atas sebelah kiri.

*AUernaio*r pada dasarnya terdiri dari tiga generator dalam satu unit, generator-generator itu adalab :

#### A. Permanent Magnet Generator (PMG)

Stator *wye-wound* 3 fasa dengan rotor induksi magnet permanen menghasilkan suplai power untuk kontrol dan eksitasi.

#### B. Generator Exciter

Memberikan medan arus pada generator utama dan, karena itu, pada konjungsinya dengan voltage regulator, melakukan kontrol terhadap output AC utama. Generator exciter terdiri dari kumparan stator DC dan kumparan rotor AC 3 fasa. Kumparan stator DC dihasilkan dari garis-garis pelepasan induksi paralel, dibentuk oleh dioda dan resistor. Ini untuk mencegah pulsa arus medan yang dari regulator berefleksi pada output AC utama. Tiga fasa, *wye-wound*, output AC dari rotor merupakan *half-wave* yang disearahkan dengan *rotating diode rectifier assembly*, output tersebut dilewatkan pada medan rotor dari generator utama.

#### C. Generator Utama

Stator *wye-wound* 3 fasa menghasilkan tegangan AC 208 volt (120 volt line-neutral), dengan rotor DC. Jumlah kumparan stator memiliki enam terminal output dan titik *wye* dibuat pada bagian luarnya. Ada dua stop kontak yang disediakan untuk hubungan luar yang lain ke *alternator*, satu untuk *thermostat*, dan yang lain untuk PMG dan *controlfield connection*.

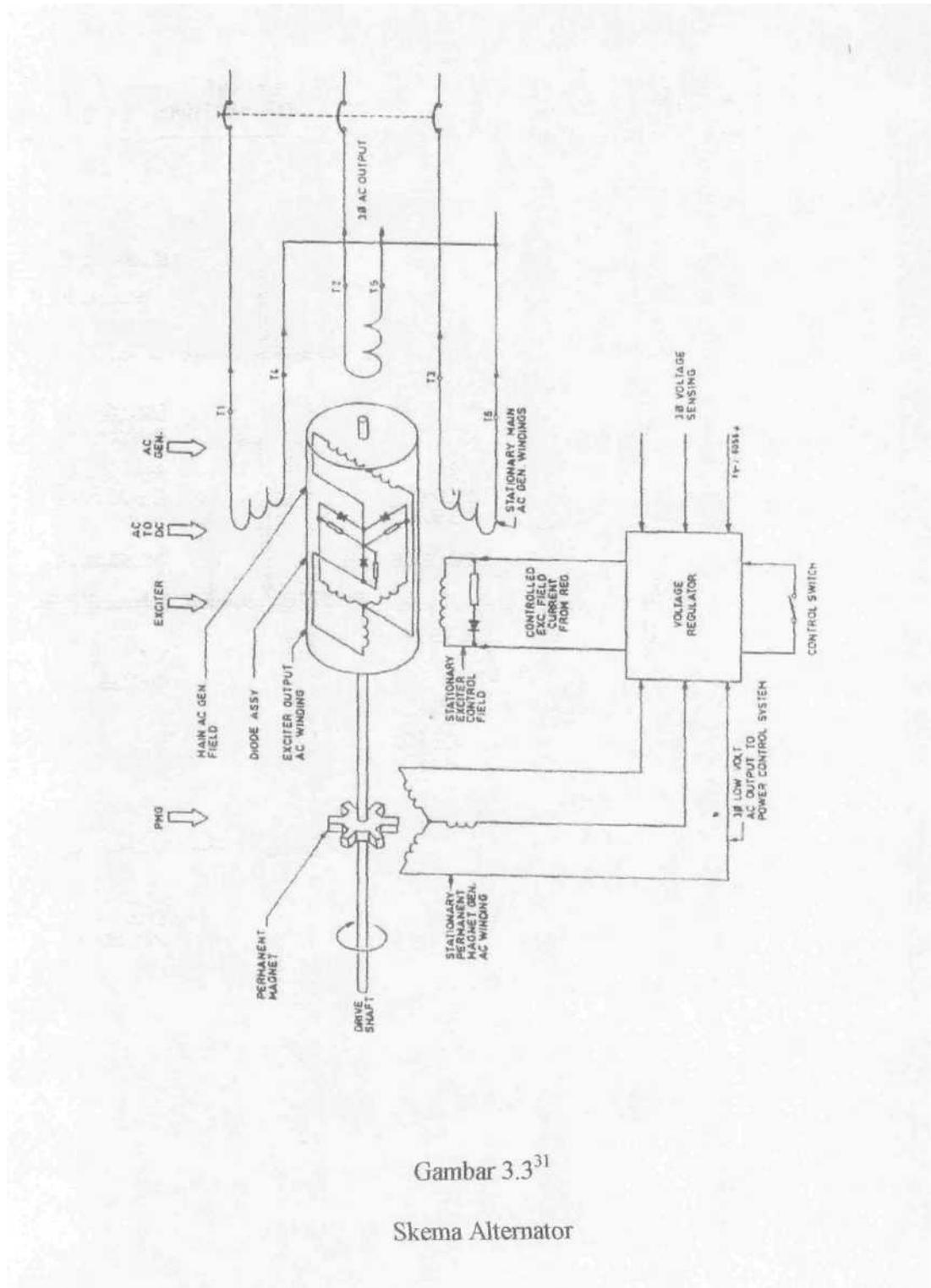
hubungan luar yang lain ke *alternator*, satu imtuk *thermostat*, dan yang lain untuk PMG dan *controlfield connection*.

## 2.2. PENGOPERASIAN

Output PMG menghasilkan power suplai untuk *voltage regulator*. *Voltage regulator* menghasilkan suplai yang dikontrol untuk digunakan pada *exciter generator control field*. AC tiga fasa diinduksikan pada rotor *exciter generator*. Suplai ini disearahkan dengan pemasangan dioda dan dilewatkan melalui medan rotor dan generator utama. Medan rotor dari generator utama mengmduksikan 208 volt nominal pada tiap-tiap generator tiga fasa. Output generator utama disalurkan ke busbar daii rangkaian *voltage seming* dari *voltage regulator*. *Voltage regulator* mengatur suplai arus dari medan kontrol tergantung level dari output generator utama. Titik netral dari generator yang dihubungkan dengan hubungan wye-wound itii menggunakan badan pesawat sebagai titik yang berpotensi nol.

## 2.3. SISTEM PENDINGIN

Sistem pendinginan generator menggunakan oli dan udara. Udara yang digunakan untuk pendinginan berasal dari udara luar yang masuk ketika pesawat sedang terbang. Sedangkan oli yang digunakan sebagai pendingin, merupakan sistem oil-self-contained (sistem pelumasan sendiri). Jadi tidak diperlukan pompa untiik mengalirkan pelumas.



Gambar 3.3<sup>31</sup>

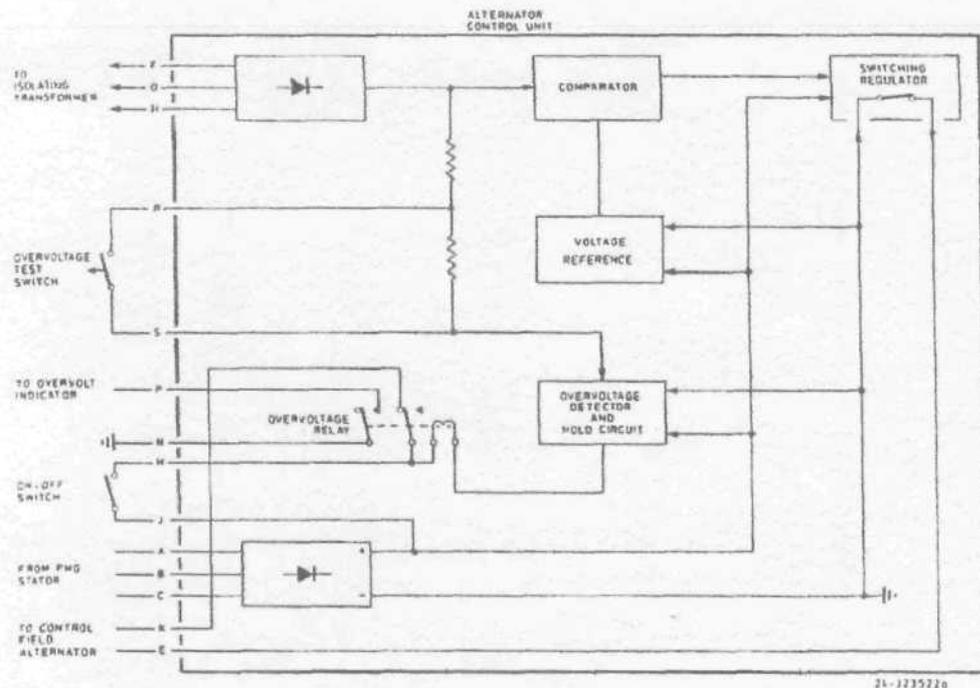
Skema Alternator

<sup>31</sup> Ibid. Hal. 3.

#### 2.4. ALTERNATOR CONTROL UNIT

Suplai utama untuk *control unit* ini tergantung dari PMG. Suplai ini menyearahkan dan menghasilkan tenaga untuk medan kontrol *alternator*, *voltage regulator* (pengatur tegangan), detektor tegangan lebih (overvoltage detector). Jika *switch* dari kontrol alternator ON, maka suplai positif pada medan kontrol terpenuhi, sedangkan yang hasil yang negatif dari medan kontrol dialirkan kembali melalui *switching regulator*. Tegangan *alternator* dikontrol dengan membandingkan bagian yang disearahkan dari output *alternator* dengan tegangan referensi. Output yang dihasilkan akan mengontrol *switching regulator*, yang mengontrol arus yang melalui medan kontrol.

Rangkaian proteksi tegangan lebih dipasang untuk mematikan alternator jika terjadi tegangan lebih. Tegangan lebih ini dideteksi dengan pendeteksi tegangan lebih dan rangkaian penahan, dimana kedua alat tersebut menyuplai tenaga pada relay. Kemudian relay ini akan menginterupsi arus yang mengalir melalui medan kontrol dari alternator dan mengurangi tegangan output hingga nol dan menyalakan indikator lampu merah pada indikator ALTERNATOR OVERVOLT yang terletak pada panel maintenance dan test. Indikator bahaya INOP juga menyala, karena bus AC 208 volt tidak lagi disuplai tenaganya. Untuk mereset *alternator* dapat dilakukan dengan menekan tombol switch pada posisi OFF kemudian ON lagi.

Gambar3.4<sup>32</sup>

## Blok Diagram Regulasi

**3. INVERTER****3.1. MAIN INVERTER (ROTARY IIWERTER)**

3.1.1. Gambaran Umum. Inverter berdaya 1500 VA ini mengiibali tegangan 26 menjadi 29 volt DC yang diinputkan pada tegangan nominal 115 volt, 400 Hz, tiga atau satu phasa. Unit ini terdiri dari sebuah raotor DC dan sebuah generator AC yang terletak dalam common shaft, namiui dikontrol secara electrical. Unit ini memiliki *self-contained starling* dan *control box* yang diletakkan di atas rangkaian generator.

Motor DC yang dipasangkan merapakan motor dengan lilitan kompon 4 sikat dan menghasilkan putaran sebesar 12000 rpm. Sedangkan

<sup>32</sup> Ibid. Chap 24-21-02. Ha! 2.

generator AC yang dipasangkan terdiri dari stator AC 3 fasa dan jangkar DC. Rotasi fasa stator adalah ACB dengan fasa B yang ditanahkan secara intemal. Fasa A dan C disambungkan ke terminal output melaliu relay output (S1). Suppiy DC dari jangkar ditransfer melalui 2 sikat dan slipring.

Pengaturan tegangan dan frekuensi dilakukan pada control box. Pengaturan tegangan diiakukan oleh variable resistor (potensiometer) R23, yang diletakkan pada bagian paiing atas sebelah hiar dari *coniro*l box.

Pengaturan frekwensi dilakukan oleh *variable resistor* (potensiometer) R5, yang disusun pada rangkaian pengatur tegangan frekwensi.

### 3.1.2. Pengoperasian

#### a. Starting

Input DC utama menggunakan terminal positif dan negatif . Ketika suplai DC 28 V dialirkan pada terminal SW, relay S1 dan S2 akaii diisi tenaganya. Supply DC akan dimasukkan pada jangkar motor dan raedannya melalui *aiailiary conia*ct dari relai S2.

*Aiailiary contacts* pada relai S1 melengkapi rangkaian yang digunakan untuk suplai output AC dari generator (stator). Motor mengendalikan medan putar dari generator AC yang menghasilkan output AC pada tenninal stator. Frekwensi dan pengaturan tegangan dicapai dengan mengontrol kecepatan dari motor DC dan level dari aras eksitasi pada medan putar generator AC.

b. Pengaturao Tegangan

Supply pengaturan ini tergantung dari fasa A dari output generator dan, *half-wave rectified*, dikurangi dengan sebuah pembagi tegangan dan diubah menjadi tegangan DC pulsa dengan *ripple*. *Ripple* ini difilter menjadi bentuk gelorabang gigi (*sawtooth wave*) dan berubah-ubah dengan adanya output tegangan AC dari generator. Rata-rata generator fasa A laingga tegangan tanah (*ground*) dibandingkan dengan jembatan referensi dan, output diferensial digunakan untuk mengendalikan 3-stage transistor amplifier.

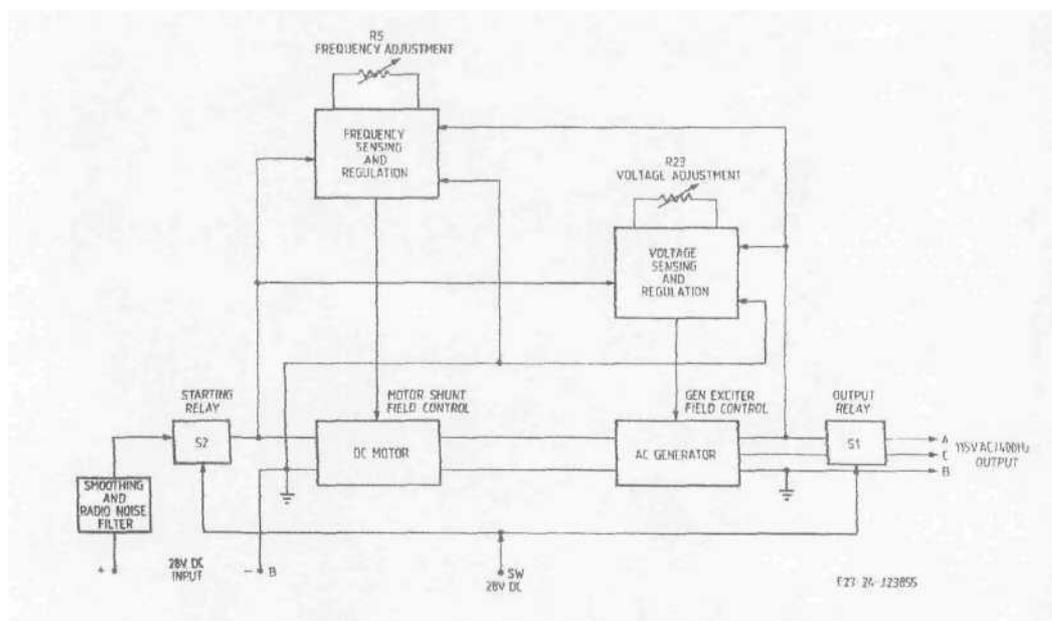
Output dari amplifier digunakan untuk menyuplai kumparan eksitasi dari generator DC. Ketika tegangan output generator naik, arus yang dikuatkan menjadi minimum, menyebabkan kurangnya arus sehingga tidak dapat mengalir melalui kumparan eksitasi, jadi output generator berkurang.

Ketika tegangan output generator turun, arus penguatan meningkat, menyebabkan lebih banyak arus yang mengalir melalui kumparan eksitasi, dengan demikian maka output generator bertambah. Suplai eksitasi efektifnya tergantung dari rangkaian dari pulsa dari lamanya modulasi. Potensiometer digunakan untuk mengatur tegangan output generator hingga tncapai harga nominal dengan toleransi pengaturan tegangan sebesar  $\pm 2,5$  V.

c. Pengaturan Frekwensi

Pengatur frekwensi ini beroperasi dengan cara yang sama dengan pengatur tegangan (*voltage regulator*). Rangkaian ini digtmakan

untuk mengontrol 2-stage current amplifier (penaik arus) dan dalam rangkaian ini output amplifier menyuplai raedan dari motor DC shunt. Rangkaian ini tergantung dari rangkaian referensi yang terdiri dari potensiometer "pengatur frekwensi" (adjust freq) dan sebuah frekwensi dependent turved circuit (rangkaian penyetel). Selama kondisi frekwensi rendah, sedikit arus yang dialirkan melalvri medan skunt dari motor DC, menaikkan kecepatan berarti menaikkan frekwensi dari generator. Selama kondisi frekwensi tinggi, banyak arus yang dialirkan melalui medan shunt dari motor DC, mengurangi frekwensi generator. Potensiometer (variable resistor) R5, digimakan untuk mengatur frekwensi output dari frekwensi generator hingga dicapai harga nonrinal dengan toleraansi sebesar  $\pm 10$  Hz.



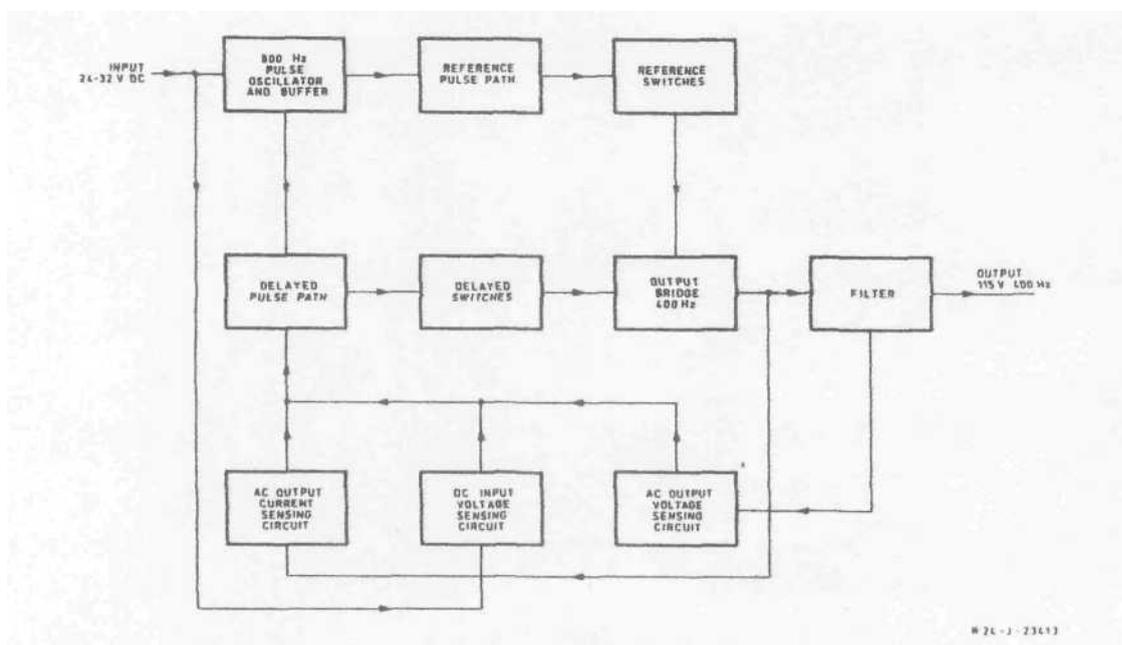
Gambar3.5<sup>33</sup>

### Block Diagram Inverter

### 3.2. POWER CONVERTERS (STATIC INVERTER)

3.2.1. Gambaran Uroum. Inverter ini terdiri dari beberapa bagian utama yaitu, Osilator yang memiliki buffer dengan frekwensi 800 Hz berbentuk pulsa, sebuah *reference pulse path* (jahir pulsa), *swilches*, sebuah *delayed pulse path*, *delayed switches*, sebuah rangkaian input tegangan AC, sebuah rangkaian output arus AC, *reclanguiar wave bridge* daii output filter.

3.2.2. Pengoperasian. Pada block diagram dapat dilihat bagaimana tegangan DC diubah menjadi tegangan AC dan bagaimana output AC diregulasikan secara simulasi. Osilator 800 Hz dan buffer menyediakan "clock" pulsa yang mengontrol output dasar dari uiverter sebesar 400 Hz. *Clock pulse* ini setelah memproses melalui jalur pulsa, mengontrol switch. *Delayed pulse path* juga menggunakan *clock* yang sama, dimana *delayed pulse* dihasilkan oleh rangkaian tegangan input DC dan tegangan arus output AC. Penundaan piilsa ini mengontrol *delayed switches*. Output dari bridge adalah 400 Hz dengan gelombang persegi, *Duty-cyle* yang bervariasi dari 100% pada tegangan input DC yang rendali dan arus beban yang tinggi, hingga *duty-tycle* yaiig rendah pada tegangan input DC yang tinggi dan tanpa beban. Setelah difilter, output final dari inverter adalah 400 Hz *sinewave* dengan amplitudo konstan diatas range dari line dan beban.

Gambar3.6<sup>34</sup>

## Blok Diagram Static Inverter

#### 4. CIRCUIT BREAKER

Masing-masing *alternator* diamankan oleh sebuah pemutus yang digunakan untuk memutuskan hubungan antara *alternator* dan bus beban.

Untuk menghitung pemutus yang dipakai digunakan rumus

$$I = \text{Watt} / (V \cdot \cos\Phi \times \sqrt{3}) \quad (4.1)^{35}$$

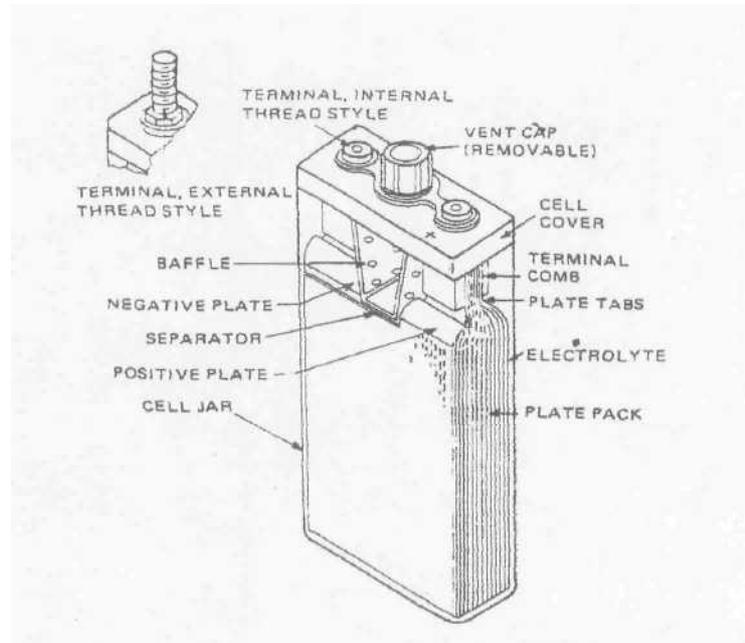
#### 5. BATERAI

Baterai digunakan untuk suplai utama pesawat pada saat mesin mati dan starter mesin pada saat mesin akan dinyalakan. Baterai ini memiliki tegangan 24 V. Pada pesawat Fokker - 27 digunakan 4 buah baterai nickel-cadmium

<sup>34</sup> Ibid. Chap 24-25-01. Hal. 3.

<sup>35</sup> Tumbelaka, Hanny. *Diktat Dasar Konversi Energi*, Elektro-UK Petra, 2000. Hal. 45.

yang dipasang secara paralel. Jadi, 2 baterai dipasang seri kemudian diparalelkan dengan 2 baterai yang diseri lainnya. Penentuan daya baterai disesuaikan dengan beban yang akan disuplai. Baterai ini ditempatkan pada kompartemen bagian depan. Selama pengoperasian normal, baterai diisi dari charger yang terhubung pada *ground service bus* melalui pemutus dan relai.



Gambar 3.7<sup>36</sup>

### Komponen Baterai

<sup>36</sup> Eismen, Thomas K, *Aircraft Electricity & Electronics*, McGraw-Hill International Editions, Fifth Edition. Chap. 3. Hal. 47